



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS  
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

DISEÑO DE PROTOTIPO "DOCTOR PI" PARA LA MEDICIÓN Y  
MONITORIZACIÓN DE SIGNOS VITALES EN ADULTOS MAYORES UTILIZANDO  
SENSORES BIOMÉTRICOS Y MÉDICOS ACOPLADOS A RASPBERRY PI.

**AUTOR:**

WILSON ANDRÉS VALENCIA ZAMBRANO

**DIRECTOR:**

MSC. CARLOS ALBERTO BOSQUEZ BOSQUEZ

GUAYAQUIL, MAYO DEL 2018

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Yo, Wilson Andrés Valencia Zambrano, portador de la cédula de identidad N° 0926414756, estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, certifico que los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, mayo del 2018

---

**Wilson Andrés Valencia Zambrano**

**C.I.: 0926414756**

## CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS

A través del presente certificado, se ceden los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y por su normativa institucional vigente.

Yo Wilson Andrés Valencia Zambrano, con documento de identificación N° 0926414756, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado: DISEÑO DE PROTOTIPO “DOCTOR PI” PARA LA MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE SIGNOS VITALES EN ADULTOS MAYORES UTILIZANDO SENSORES BIOMÉTRICOS Y MÉDICOS ACOPLADOS A RASPBERRY PI, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELECTRÓNICO, 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 mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Wilson Andrés Valencia Zambrano

Cédula: 0926414756

Fecha: mayo del 2018

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, MSC. Carlos Alberto Bosquez Bosquez declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “DISEÑO DE PROTOTIPO “DOCTOR PI” PARA LA MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE SIGNOS VITALES EN ADULTOS MAYORES UTILIZANDO SENSORES BIOMÉTRICOS Y MÉDICOS ACOPLADOS A RASPBERRY PI” realizado por Wilson Andrés Valencia Zambrano, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Guayaquil, mayo del 2018.

.....

Carlos Alberto Bosquez Bosquez

Cédula de identidad: 0921406765

## **DEDICATORIA**

La presente tesis va dedicada principalmente a Dios quien espiritualmente me ha dado las fuerzas para concluir mi carrera, a mis padres Gloria y Patricio quienes me han ayudado económica, física y moralmente en todo este largo trayecto para completar este ciclo universitario, a mi hija Juliet quien ha estado conmigo en el momento más importante de mi carrera; este mi trabajo de titulación. A todos mis compañeros, amigos, familiares, profesores que de una u otra manera han contribuido para llegar a obtener mi título de tercer nivel.

## RESUMEN

DISEÑO DE PROTOTIPO “DOCTOR PI” PARA LA MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE SIGNOS VITALES EN ADULTOS MAYORES UTILIZANDO SENSORES BIOMÉTRICOS Y MÉDICOS ACOPLADOS A RASPBERRY PI.

En el presente trabajo de investigación se diseñó y desarrolló un prototipo de telemetría de señales fisiológicas capaz de medir, procesar, transmitir y mostrar datos sobre el estado de un paciente al personal médico o cualquier persona interesada y autorizada que posea un dispositivo con sistema operativo Android y conexión a internet. El hardware está conformado por: Placa de sensores e-Health v2.0, Arduino Uno, Raspberry Pi, pantalla táctil Raspberry de 7”, sensores, módulo GSM/GPRS y cables de conexión. El Software está conformado por un sistema que incluye programación en el IDE de Arduino Uno y Raspberry Pi para la adquisición de datos de cada sensor y su transmisión al servidor web; de igual manera reproducción del proceso de la medición mediante un parlante, el mismo que indicará cuando la medición exceda los límites preestablecidos, cuando esto suceda se enviará un mensaje de texto y una llamada perdida reportando la anomalía al número registrado. Dentro del software también se incluye la programación web para el servidor que permite la lógica de almacenamiento y programación de una aplicación Android denominada Doctor Pi creada en Android Studio que sirve como interfaz de usuario, en la cual se pueden realizar mediciones y visualizar el historial de datos medidos por cada sensor, de igual manera también se podrá tomar mediciones desde cualquier computador por medio de la web y desde la pantalla táctil Raspberry PI de 7” integrada al equipo. Los datos adquiridos con el prototipo se compararon con equipos comerciales para validar los datos obtenidos y poder tener certeza sobre la confiabilidad del sistema, obteniendo un  $\pm 7\%$  con respecto a los equipos comerciales. Los resultados mostraron la factibilidad en el uso de hardware y software no comercial como herramientas efectivas para la integración de un sistema basado en sensores de parámetros fisiológicos.

**Palabras clave:** Telemetría, Arduino, Android, Raspberry Pi, Sensor biométrico, medicina electrónica.

## ABSTRACT

"DOCTOR PI" PROTOTYPE DESIGN FOR THE MEASUREMENT AND MONITORING OF VITAL SIGNS IN SENIOR ADULTS USING BIOMETRIC AND MEDICAL SENSORS COUPLED TO RASPBERRY PI.

In the present research work, a prototype of telemetry of physiological signals was designed, capable of measuring, processing, transmitting and displaying data of the state of a patient to the medical personnel or any interested person possessing a device with Android operating system and connection to Internet. The hardware consists of: e-Health v2.0 sensor board, Arduino Uno, Raspberry Pi, Raspberry 7" screen, sensors, GSM / GPRS module and connection cables. The Software consists of a system that includes programming in the Arduino Uno IDE and Raspberry Pi for the acquisition of data of each sensor and the transmission to the web server; likewise, reproduction of the measurement process using a speaker, which will indicate when the measurement exceeds the pre-established limits, when this happens a text message and a missed call will be sent reporting the anomaly to the registered number. The software also includes web programming for the server that allows the storage logic and the programming of an Android application named Doctor Pi created in Android Studio that serves as user interface, that can take measurements and display the data history measured by each sensor; in the same way you can also take measurements from any computer through the web and from the Raspberry Pi 7" touch screen integrated into the equipment. The data acquired with the prototype are compared with the commercial equipment to validate the data obtained and be able to be certain about the reliability of the system, obtaining a +- 7% with respect to commercial equipment. The results show in the feasibility in the use of non-commercial hardware and software as effective tools for the integration of a system based on sensors of physiological parameters.

**Keywords:** Telemetry, Arduino, Android, Raspberry Pi, Biometric sensor, electronic medicine.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
1. EL PROBLEMA .....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Importancia y alcances.....	3
1.4. Delimitación del problema.....	3
1.4.1. Delimitación espacial.....	3
1.4.2. Delimitación temporal.....	4
1.4.3. Delimitación académica.....	4
1.5. Justificación.....	4
1.6. Beneficiarios.....	5
2. OBJETIVOS .....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
3. ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. Salud electrónica (e-health).....	6
3.1.1. Estructura típica de una aplicación de salud electrónica.....	7
3.1.2. Beneficios de la salud electrónica.....	8
3.1.3. Marco legal de la salud electrónica.....	9
3.2. Medición de parámetros fisiológicos del cuerpo humano.....	9
3.3. Sensores.....	15
3.3.1. Clasificación de los sensores.....	16
3.3.2. Especificaciones.....	16
3.4. Placa v2.0 para sensores e-Health para Arduino y Raspberry Pi.....	17
3.5. Arduino Uno.....	18
3.6. GPRS.....	19
3.7. Raspberry Pi.....	20
3.8. Android.....	21
3.9. Programación de software libre.....	21
3.9.1. Ide Arduino.....	21
3.9.2. Putty.....	22
3.9.3. Visual Studio Code.....	22



3.9.4. Android Studio .....	23
3.9.5. Cpanel .....	24
4. MARCO METODOLÓGICO .....	24
4.1. Arquitectura del sistema .....	24
4.1.1. Adquisición de datos .....	25
4.1.2. Descripción, conexión y uso de sensores. ....	26
4.1.3. Resumen de conexión de sensores. ....	40
4.1.4. Conexión de placa e-health con arduino uno. ....	41
4.2. Librerías. ....	42
4.3. Transmisión y almacenamiento de datos. ....	43
4.4. Visualización de datos almacenados.....	43
4.4.1. Visualización en la aplicación android.....	44
4.4.2. Visualización en la pantalla Raspberry Pi de 7". ....	45
4.4.3. Visualización desde la web. ....	46
4.5. Alertas vía mensaje de texto (SMS) y llamada perdida.....	47
4.6. Alertas mediante voz. ....	48
4.7. Pruebas comparativas del prototipo. ....	49
5. RESULTADOS .....	49
5.1. Sensor pulso y oxígeno en la sangre (SPO2).....	49
5.1.1. Medición comparativa del sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2). .....	50
5.1.2. Interfaz visual del sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2). ....	50
5.1.3. Historial clínico para el sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2). .....	51
5.2. Sensor flujo de aire en la respiración.....	52
5.2.1. Medición comparativa del sensor de flujo de aire en la respiración. ....	53
5.2.2. Interfaz visual del sensor de flujo de aire en la respiración. ....	54
5.2.3. Historial clínico para el sensor de flujo de aire en la respiración. ....	56
5.3. Sensor temperatura corporal.....	56
5.3.1. Medición comparativa del sensor temperatura corporal. ....	58
5.3.2. Interfaz visual del sensor temperatura corporal.....	58
5.3.3. Historial clínico para el sensor de temperatura corporal.....	59
5.4. Sensor electrocardiograma. ....	60
5.4.1. Medición comparativa del sensor de electrocardiograma.....	61
5.4.2. Interfaz visual del sensor de electrocardiograma. ....	62
5.4.3. Historial clínico para el sensor de electrocardiograma. ....	63

5.5. Sensor glucómetro. ....	64
5.5.1. Medición comparativa del sensor glucómetro. ....	65
5.5.2. Interfaz visual del sensor glucómetro. ....	65
5.5.3. Historial clínico para el sensor glucómetro. ....	66
5.6. Sensor respuesta galvánica en la piel. ....	67
5.6.1. Medición comparativa del sensor de respuesta galvánica en la piel. ....	67
5.6.2. Interfaz visual del sensor respuesta galvánica en la piel. ....	69
5.6.3. Historial clínico para el sensor respuesta galvánica en la piel. ....	70
5.7. Sensor presión arterial. ....	71
5.7.1. Medición comparativa del sensor presión arterial. ....	71
5.7.2. Interfaz visual del sensor presión arterial. ....	72
5.7.3. Historial clínico para el sensor presión arterial. ....	73
5.8. Sensor posición del paciente. ....	73
5.8.1. Medición comparativa del sensor posición del paciente. ....	74
5.8.2. Interfaz visual del sensor de posición del paciente. ....	74
5.8.3. Historial clínico para el sensor de posición del paciente. ....	76
5.9. Sensor electromiograma. ....	76
5.9.1. Medición comparativa del sensor de electrocardiograma. ....	77
5.9.2. Interfaz visual del sensor de electromiograma. ....	78
5.9.3. Historial clínico para el sensor de electromiograma. ....	80
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	80
6.1. Adquisición de datos. ....	80
6.2. Transmisión y visualización de datos y alertas. ....	83
6.3. Pruebas del prototipo. ....	86
6.3.1. Pruebas comparativas para sensor pulso y oxígeno. ....	87
6.3.2. Pruebas comparativas para sensor flujo de aire en la respiración. ....	87
6.3.3. Pruebas comparativas para sensor temperatura corporal. ....	88
6.3.4. Pruebas comparativas para sensor electrocardiograma. ....	89
6.3.5. Pruebas comparativas para sensor glucómetro. ....	90
6.3.6. Pruebas comparativas para respuesta galvánica en la piel. ....	91
6.3.7. Pruebas comparativas para sensor presión arterial. ....	91
6.3.8. Pruebas comparativas para sensor posición y caída. ....	92
6.3.9. Pruebas comparativas para sensor electromiograma. ....	93
6.4. Preguntas para encuesta de satisfacción a adulto mayor en la ciudad de Guayaquil. ....	95
6.4.1. Encuesta de satisfacción del prototipo. ....	96

7. CONCLUSIONES .....	98
8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	99
9. BIBLIOGRAFIA.....	100
10. ANEXOS.....	102
10.1. Anexo1: Manual para utilizar la aplicación “Doctor Pi” .....	102
10.2. Anexo 2: Programación .....	108
10.2.1. Programación Raspberry pi. ....	108
10.2.2. Programación Arduino. ....	111
10.2.3. Programación servidor.....	113
10.2.4. Programación android.....	116
10.3. Anexo 3: Maqueta .....	119
10.4. Anexo 4: Glosario.....	124
10.5. Anexo 5: Certificaciones técnicas y médicas. ....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Delimitación espacial del proyecto técnico. ....	4
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de aplicación con salud móvil (mHealth). ....	7
<b>Figura 3.</b> Estructura típica de una aplicación de salud electrónica. ....	8
<b>Figura 4.</b> Intervalos de temperatura. ....	11
<b>Figura 5.</b> Ondas de un electrocardiograma. ....	11
<b>Figura 6.</b> Respuesta galvánica en la piel.....	12
<b>Figura 7.</b> Posiciones básicas de los pacientes. ....	14
<b>Figura 8.</b> Patrones cuando se tiene actividad de contracción progresiva muscular. a. Patrón simple; b. Patrón intermedio; c. Patrón interferencial.....	15
<b>Figura 9.</b> Placa v2.0 para sensores e-Health para Arduino y Raspberry Pi. ....	18
<b>Figura 10.</b> Arduino Uno. ....	19
<b>Figura 11.</b> GPRS con Arduino.....	20
<b>Figura 12.</b> Raspberry Pi. ....	20
<b>Figura 13.</b> Interfaz IDE.....	21
<b>Figura 14.</b> Interfaz Putty.....	22
<b>Figura 15.</b> Interfaz Visual Studio Code.....	23
<b>Figura 16.</b> Interfaz Android Studio.....	23
<b>Figura 17.</b> Interfaz Cpanel Valcorp.com.ec .....	24

<b>Figura 18.</b> Arquitectura del prototipo desarrollado.....	25
<b>Figura 19.</b> Conectores de la placa v2.0 para sensores e-Health. ....	27
<b>Figura 20.</b> Pulsioxímetro empleado en el proyecto.....	28
<b>Figura 21.</b> Funcionamiento del pulsioxímetro. ....	28
<b>Figura 22.</b> Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 1).....	29
<b>Figura 23.</b> Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 2).....	29
<b>Figura 24.</b> Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 3).....	29
<b>Figura 25.</b> Sensor de flujo de aire empleado en el proyecto.....	30
<b>Figura 26.</b> Conexión del sensor de flujo de aire a la placa v2.0.....	30
<b>Figura 27.</b> Conexión realizada entre el sensor y los terminales de placa v2.0.....	31
<b>Figura 28.</b> Sujeción del sensor de flujo de aire.....	31
<b>Figura 29.</b> Sensor de temperatura.....	31
<b>Figura 30.</b> Contacto entre la parte metálica del sensor y la piel. ....	32
<b>Figura 31.</b> Sensor de electrocardiograma empleado en el proyecto.....	32
<b>Figura 32.</b> Ubicación de los electrodos en el cuerpo para el electrocardiograma. ...	33
<b>Figura 33.</b> Glucómetro empleado en el proyecto.....	33
<b>Figura 34.</b> Obtención de gota de sangre para usar en el glucómetro. ....	34
<b>Figura 35.</b> Medición de glucosa. ....	34
<b>Figura 36.</b> Lectura del glucómetro.....	35
<b>Figura 37.</b> Sensor de respuesta galvánica empleado en el proyecto.....	35
<b>Figura 38.</b> Sensor de respuesta galvánica de la piel y su correspondiente uso.....	36
<b>Figura 39.</b> Sensor de presión arterial empleado en el proyecto.....	36
<b>Figura 40.</b> Colocación del esfigmomanómetro. ....	37
<b>Figura 41.</b> Muestra de medición del sensor de presión arterial en pantalla lcd.....	37
<b>Figura 42.</b> Sensor de posición empleado en el proyecto-.....	38
<b>Figura 43.</b> Conexión del sensor de posición a la placa v2.0.....	38
<b>Figura 44.</b> Uso del sensor de posición. ....	38
<b>Figura 45.</b> Sensor para electromiograma usado en el proyecto. ....	39
<b>Figura 46.</b> Ubicación de los electrodos para el electrograma. ....	39
<b>Figura 47.</b> Conexión de todos los sensores a la placa v2.0.....	40
<b>Figura 48.</b> Conexión de los sensores a la placa realizada por el autor. ....	40
<b>Figura 49.</b> Conexión entre la placa v2.0 y el Arduino Uno.....	42
<b>Figura 50.</b> Conexión entre la placa v2.0 y el Arduino Uno realizada por el autor....	42
<b>Figura 51.</b> Librerías eHealth en el directorio librerías de Arduino ....	43
<b>Figura 52.</b> Programación de Doctor PI en Android Studio. ....	44
<b>Figura 53.</b> Pantalla conectada a Raspberry PI. ....	45

<b>Figura 54.</b> Pantalla táctil Raspberry pi vista frontal.....	45
<b>Figura 55.</b> Programa Advance ip Scanner.....	46
<b>Figura 56.</b> Interfaz web. ....	46
<b>Figura 57.</b> Módulo GPRS modelo SIM900. ....	47
<b>Figura 58.</b> Módulo GPRS conectado al Arduino uno. ....	47
<b>Figura 59.</b> Arquitectura de alerta vía SMS y llamada perdida.....	48
<b>Figura 60.</b> Parlantes acoplados al prototipo. ....	48
<b>Figura 61.</b> Medición realizada con sensor pulso y oxígeno. ....	49
<b>Figura 62.</b> Medición realizada con sensor comparativo pulso y oxígeno. ....	50
<b>Figura 63.</b> Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en pantalla Raspberry Pi acoplada a prototipo “Doctor Pi”.....	50
<b>Figura 64.</b> Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en navegador web.....	51
<b>Figura 65.</b> Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en aplicación android. ....	51
<b>Figura 66.</b> Historial clínico sensor pulso y oxígeno en aplicación android. ....	52
<b>Figura 67.</b> Uso del sensor flujo de aire en la respiración. ....	52
<b>Figura 68.</b> Comportamiento del sensor flujo de aire y respiración utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino. ....	53
<b>Figura 69.</b> Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha). ....	53
<b>Figura 70.</b> Medición con respiración estable. ....	54
<b>Figura 71.</b> Medición con respiración más rápida. ....	54
<b>Figura 72.</b> Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en pantalla Raspberry acoplada a prototipo “Doctor Pi”.....	55
<b>Figura 73.</b> Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en navegador web. ....	55
<b>Figura 74.</b> Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en aplicación android. ....	55
<b>Figura 75.</b> Historial clínico sensor flujo de aire en la respiración en aplicación android. ....	56
<b>Figura 76.</b> Uso del sensor temperatura corporal utilizado por el paciente. ....	57
<b>Figura 77.</b> Comportamiento del sensor temperatura corporal utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino. ....	57
<b>Figura 78.</b> Medición realizada con sensor comparativo temperatura corporal. ....	58
<b>Figura 79.</b> Interfaz visual sensor temperatura corporal en pantalla Raspberry acoplada a prototipo “Doctor Pi”.....	58
<b>Figura 80.</b> Interfaz visual sensor temperatura corporal en navegador web.....	59

<b>Figura 81.</b> Interfaz visual sensor temperatura corporal en aplicación android. ....	59
<b>Figura 82.</b> Historial clínico sensor temperatura corporal en aplicación android. ....	60
<b>Figura 83.</b> Uso del sensor electrocardiograma utilizado por el paciente. ....	60
<b>Figura 84.</b> Comportamiento del sensor electrocardiograma utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino. ....	61
<b>Figura 85.</b> Medición realizada con sensor comparativo de electrocardiograma. ....	61
<b>Figura 86.</b> Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha). ....	62
<b>Figura 87.</b> Interfaz visual sensor electrocardiograma en pantalla Raspberry pi acoplada a prototipo "Doctor Pi".....	62
<b>Figura 88.</b> Interfaz visual sensor electrocardiograma en navegador web. ....	63
<b>Figura 89.</b> Interfaz visual sensor electrocardiograma en aplicación android.....	63
<b>Figura 90.</b> Historial clínico sensor electrocardiograma en aplicación android.....	64
<b>Figura 91.</b> Medición realizada con sensor glucómetro.....	64
<b>Figura 92.</b> Medición realizada con sensor comparativo glucómetro. ....	65
<b>Figura 93.</b> Interfaz visual sensor glucómetro en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".....	65
<b>Figura 94.</b> Interfaz visual sensor glucómetro en navegador web. ....	66
<b>Figura 95.</b> Interfaz visual sensor glucómetro en aplicación android.....	66
<b>Figura 96.</b> Historial clínico sensor glucómetro en aplicación android.....	67
<b>Figura 97.</b> Uso del sensor respuesta galvánica en la piel utilizado por el paciente.....	67
<b>Figura 98.</b> Comportamiento del sensor respuesta galvánica en la piel en valores representados por conductancia y resistencia utilizando la herramienta monitor serial de arduino.....	68
<b>Figura 99.</b> Comportamiento del sensor respuesta galvánica en coordenadas xy utilizando la herramienta serial plotter de arduino. ....	68
<b>Figura 100.</b> Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi". ....	69
<b>Figura 101.</b> Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en navegador web. ....	69
<b>Figura 102.</b> Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en aplicación android. ....	70
<b>Figura 103.</b> Historial clínico sensor respuesta galvánica en la piel en aplicación android. ....	70
<b>Figura 104.</b> Medición realizada con sensor presión arterial.....	71
<b>Figura 105.</b> Medición realizada con sensor comparativo presión arterial.....	71

<b>Figura 106.</b> Interfaz visual sensor presión arterial en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi" .....	72
<b>Figura 107.</b> Interfaz visual sensor presión arterial en navegador web. ....	72
<b>Figura 108.</b> Interfaz visual sensor presión arterial en aplicación android.....	72
<b>Figura 109.</b> Historial clínico sensor presión arterial en aplicación android.....	73
<b>Figura 110.</b> Uso del sensor posición del paciente utilizado por el paciente. ....	73
<b>Figura 111</b> Mediciones en varias posiciones obtenidas por el sensor posición del paciente.....	74
<b>Figura 112.</b> Interfaz visual sensor posición del paciente en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".....	75
<b>Figura 113.</b> Interfaz visual sensor posición del paciente en navegador web. ....	75
<b>Figura 114.</b> Interfaz visual sensor posición del paciente en aplicación android. ....	75
<b>Figura 115.</b> Historial clínico sensor posición del paciente en aplicación android. ...	76
<b>Figura 116.</b> Uso del sensor electromiograma utilizado por el paciente.....	76
<b>Figura 117.</b> Comportamiento del sensor electromiograma utilizando la herramienta serial plotter de arduino. ....	77
<b>Figura 118.</b> Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha) utilizando serial plotter de arduino.....	77
<b>Figura 119.</b> Medición tomada aplicando fuerza en el brazo una vez. ....	78
<b>Figura 120.</b> Medición tomada aplicando fuerza en el brazo varias veces.....	78
<b>Figura 121.</b> Interfaz visual sensor electromiograma en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi" .....	79
<b>Figura 122.</b> Interfaz visual sensor electromiograma en navegador web. ....	79
<b>Figura 123.</b> Interfaz visual sensor electromiograma en aplicación android.....	79
<b>Figura 124.</b> Historial clínico sensor electromiograma en aplicación android.....	80
<b>Figura 125.</b> Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor Flujo de aire. ..	81
<b>Figura 126.</b> Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor Electrocardiograma.....	81
<b>Figura 127.</b> Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor respuesta galvánica en la piel. ....	82
<b>Figura 128.</b> Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor temperatura corporal. ....	82
<b>Figura 129.</b> Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor electromiograma .....	83
<b>Figura 130.</b> Prueba de Conexión módulo GPRS/GSM con Arduino Uno.....	84
<b>Figura 131.</b> Monitor serie mientras se envía un SMS.....	84

<b>Figura 132.</b> SMS de prueba recibido en teléfono celular. ....	85
<b>Figura 133.</b> Llamada de prueba recibida en teléfono celular. ....	85
<b>Figura 134.</b> Llamada perdida fuera de rango sensor glucosa. ....	86
<b>Figura 135.</b> Sms fuera de rango sensor glucosa. ....	86
<b>Figura 136.</b> Equipo comparativo para medición de pulso y oxígeno. ....	87
<b>Figura 137.</b> Comparación en sensor de flujo de aire. ....	88
<b>Figura 138.</b> Equipo comparativo para medición de temperatura corporal. ....	89
<b>Figura 139.</b> Equipo comparativo para medición de electrocardiograma. ....	90
<b>Figura 140.</b> Equipo comparativo para medición de glucosa. ....	90
<b>Figura 141.</b> Comparación respuesta galvánica en la piel. ....	91
<b>Figura 142.</b> Equipo comparativo para medición de presión arterial. ....	92
<b>Figura 143.</b> Comparación sensor posición del paciente. ....	93
<b>Figura 144.</b> Comparación para medición de electromiograma. ....	94
<b>Figura 145.</b> Encuesta de satisfacción del producto. ....	96
<b>Figura 146.</b> Cedula del Sr. Tomas Delgado. ....	97
<b>Figura 147.</b> Pantalla de programa Fing donde se identifica la IP de la Raspberry. .....	102
<b>Figura 148.</b> Información de la IP de Raspberry. ....	102
<b>Figura 149.</b> Pantalla de inicio app. ....	103
<b>Figura 150.</b> Pantalla de conexión a internet. ....	103
<b>Figura 151.</b> Pantalla de bienvenida. ....	104
<b>Figura 152.</b> Pantalla de error de usuario. ....	104
<b>Figura 153.</b> Pantalla de creación de usuario. ....	105
<b>Figura 154.</b> Pantalla de tomar mediciones o ver estadísticas. ....	105
<b>Figura 155.</b> Pantalla de tomar mediciones. ....	106
<b>Figura 156.</b> Pantalla de ver estadísticas. ....	106
<b>Figura 157.</b> Pantalla sin mediciones. ....	107
<b>Figura 158.</b> Pantalla con mediciones. ....	107
<b>Figura 159.</b> Pantalla cerrar sesión. ....	108
<b>Figura 160.</b> Programación de la interfaz para crear usuario. ....	108
<b>Figura 161.</b> Programación de la interfaz para ver todos los sensores. ....	109
<b>Figura 162.</b> Programación para importar audio desde la librería gTTS. ....	109
<b>Figura 163.</b> Programación de interconexión Raspberry – Arduino (sensores). ....	110
<b>Figura 164.</b> Programación de recolección de los datos de los sensores. ....	110
<b>Figura 165.</b> Programación de rangos de las mediciones. ....	111
<b>Figura 166.</b> Programación para obtener medición del sensor flujo de aire. ....	112



<b>Figura 167.</b> Programación para obtener medición del electromiograma.....	112
<b>Figura 168.</b> Programación para lectura de datos de todos los sensores. ....	112
<b>Figura 169.</b> Programación para Sms y llamada perdida en caso que la medición este en rango no permitido. ....	113
<b>Figura 170.</b> Programación para conexión con la base de datos. ....	114
<b>Figura 171.</b> Programación para re direccionamiento de datos después de haber realizado una medición. ....	114
<b>Figura 172.</b> Programación para autenticación de usuario y poder ingresar a la página.....	115
<b>Figura 173.</b> Programación para registrar un usuario nuevo.....	115
<b>Figura 174.</b> Programación para interfaz gráfica ingreso de la app.....	116
<b>Figura 175.</b> Programación para interfaz gráfica sensores de la app.....	117
<b>Figura 176.</b> Programación para ingresar a la aplicación con usuario registrado...	117
<b>Figura 177.</b> Programación para seleccionar en la app si deseo tomar la medición o ver las estadísticas. ....	118
<b>Figura 178.</b> Programación para obtener las mediciones. ....	118
<b>Figura 179.</b> Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – parte baja.....	119
<b>Figura 180.</b> Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – cubierta.....	119
<b>Figura 181.</b> Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – completa. ....	120
<b>Figura 182.</b> Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – parte baja.....	120
<b>Figura 183.</b> Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – cubierta.....	121
<b>Figura 184.</b> Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – completa. ....	121
<b>Figura 185.</b> Maqueta diseñada en acrílico – parte baja. ....	122
<b>Figura 186.</b> Maqueta diseñada en acrílico – cubierta. ....	122
<b>Figura 187.</b> Maqueta diseñada en acrílico –prototipo final. ....	123
<b>Figura 188.</b> Certificación técnica Ing. Boris Betancourt, Jefe de mantenimiento Biomédico del Hospital Teodoro Maldonado Carbo. ....	126
<b>Figura 189.</b> Certificación medica Dr. Marcos Ortega Zambrano, Cardiólogo Intervencionista del Hospital Teodoro Maldonado Carbo .....	127
<b>Figura 190.</b> Certificación medica Dr. Darwin Aldas A., Neumólogo del Hospital Neumológico Alfredo J. Valenzuela. ....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores típicos de frecuencia respiratoria. ....	10
<b>Tabla 2.</b> Presión arterial. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Valores de pulso cardíaco.....	13
<b>Tabla 4.</b> Valores típicos de glucosa.....	14
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones de los sensores. ....	16
<b>Tabla 6 .</b> Características del Arduino Uno. ....	18
<b>Tabla 7.</b> Aplicabilidad de los sensores en la detección de 4 categorías comunes de enfermedades.....	26
<b>Tabla 8.</b> Resumen de sensores empleados y las variables asociadas a los mismos .....	41

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la electrónica avanza a pasos agigantados, particularmente en el área relacionada al diseño y software libre, un campo que hasta hace pocos años estaba poco valorado y explotado, sobre todo porque el consumidor tiene una confianza tradicional hacia los productos de diferentes marcas comerciales. No obstante, muchas investigaciones y proyectos han demostrado que el diseño y software libre está en la capacidad de realizar tareas de una manera tan efectiva y eficiente como los equipos comerciales de grandes empresas, siempre y cuando se desarrollen de una manera apropiada, cumpliendo con normativas y regulaciones, considerando al usuario y garantizando calidad.

La tecnología mencionada, tiene diversas áreas de aplicación, una de ellas es la salud, los avances obtenidos hasta ahora buscan transformar la medicina hacia la telemedicina, aquella que permite simplificar el cuidado médico de los pacientes, mediante la obtención de datos de una manera remota. Entonces, aparece la necesidad de enfocar la tecnología del diseño y software libre en crear prototipos que permitan impulsar el uso de la telemedicina en Ecuador, sobre todo apegado a la realidad económica de muchas familias que en ocasiones no pueden costearse viajes desde pueblos remotos hasta un centro de salud. Para ello se plantea en esta investigación un prototipo de salud electrónica, que combina la adquisición de datos con su procesamiento, transmisión y visualización en una aplicación Android.

## **1. EL PROBLEMA**

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

Actualmente en el Ecuador las enfermedades como la diabetes, hipertensión, hígado graso, arritmia cardíaca y problemas de respiración se han incrementado drásticamente, conllevando al aumento de las consultas médicas y una mayor demanda de exámenes clínicos, en especial para las personas adultas mayores. En estos casos, los médicos optan generalmente por monitorear constantemente la salud de la persona adulta mayor o a su vez contratar una enfermera particular.

Otro punto importante es la movilidad del paciente para poder trasladarse a una clínica u hospital para realizarse chequeos de salud rutinarios que en algunas ocasiones suelen ser semanales e incluso hasta diarios. Para las personas adultas mayores que padecen de alguna dolencia que les imposibilita total o parcialmente la movilidad, conlleva a una gran dificultad, esfuerzo, agotamiento, dolor para el paciente al trasladarse a su centro de salud, a pesar de que tenga el apoyo de un familiar o enfermera particular esto amerita que deben de tener una gran demanda de tiempo y esfuerzo para movilizar a la persona en cuestión.

### **1.2. Antecedentes.**

Desde hace décadas las enfermedades en personas adultas mayores han venido aumentando cada vez más, por lo que los pacientes tienen que tener un mayor control en sus chequeos de salud. Con el paso del tiempo también las tecnologías han ido evolucionando y nos han permitido interactuar más en el área de la salud.

Pacientes que tienen enfermedades como diabetes, hipertensión, colesterol elevado y demás enfermedades que van surgiendo con el paso de los años tienen que acudir a sus especialistas de manera muy rutinaria para poder estar estables y tener un adecuado tratamiento para estas y muchas más enfermedades, por lo que también se ven obligados a solventar todo tipo de inconvenientes al moverse a los centros de salud, comprar equipos médicos de altos costos, tener enfermeras las 24 horas del día y en algunos casos hacer ir al médico tratante a domicilio, esto incrementando el doble del costo de la consulta.

### **1.3. Importancia y alcances.**

Es de vital importancia destacar el uso que se le puede dar a este prototipo ya que con el mismo podemos tomar diferentes signos vitales, subirlos a la nube y visualizar los datos obtenidos desde cualquier parte, enviar alertas por mensajes de texto o llamadas perdidas a un número registrado en el software, todo esto en un solo equipo en la comodidad del domicilio, lo cual implica que el paciente podrá ahorrar tiempo ya que no tendrá que moverse de su hogar, de igual manera el paciente, el familiar o el médico tratante tendrán la facilidad de verificar todo el historial clínico del paciente desde un dispositivo Android.

Este proyecto va dirigido a las personas adultas mayores de escasos recursos económicos y movilidad reducida.

Con este proyecto podemos dar fe que en la actualidad la salud electrónica tiene un sin número de aplicaciones que son de gran ayuda para el ser humano, fortaleciendo de esta manera el conocimiento de las telecomunicaciones, la electrónica y la salud.

### **1.4. Delimitación del problema.**

El prototipo está delimitado para medir los signos vitales en las personas como pulso y respiración, temperatura corporal, oxígeno en la sangre, electrocardiograma, electromiograma, respuesta galvánica de la piel, posición del paciente, presión sanguínea y glucosa con una interface visual, experimental y teórica que interactúe con diferentes sensores y equipos que se plantean.

#### **1.4.1. Delimitación espacial.**

El proyecto será aplicado para una familia donde se encuentren una o más personas adultas mayores del barrio Cuba de la ciudad de Guayaquil de acuerdo a la figura 1.



**Figura 1.** Delimitación espacial del proyecto técnico.  
(Google Maps, 2018)

#### **1.4.2. Delimitación temporal.**

El proyecto será desarrollado en el periodo noviembre 2016 - mayo 2018.

#### **1.4.3. Delimitación académica.**

El proyecto consiste en monitorear signos vitales en adultos mayores subiendo a un servidor las mediciones de los sensores conectados a una placa principal E-Health, utilizando diferentes programas y equipos como; Putty y Visual studio code para Raspberry, Ide de Arduino, Android studio para la aplicación Android y programación general en nuestro servidor a través de la página web Cpanel.

#### **1.5. Justificación**

Al comprobar el actual incremento de enfermedades en el Ecuador como diabetes, hígado graso, cáncer de diferentes tipos, hipertensión, arritmia cardiaca, mala circulación de la sangre, problemas en la respiración, complicaciones pulmonares se plantea la necesidad de crear un acoplamiento virtual y físico con las tecnologías actuales ya que son de ayuda fundamental para la sociedad. Por tal motivo se ha diseñado el proyecto técnico como una herramienta para poder tener acceso remoto a exámenes clínicos, historial del paciente para que los especialistas puedan verificar los resultados de una manera más accesible.

Con este proyecto se apela a la gran ayuda que generará en las personas adultas mayores donde se simplificará tiempo, comodidad y dinero en un solo equipo.

### **1.6. Beneficiarios.**

Los beneficiarios de este proyecto técnico es una familia con una o más personas adultas mayores con movilidad reducida y escasos recursos económicos ubicados en el sector del Barrio Cuba al sur de la ciudad de Guayaquil que necesitan realizarse chequeos médicos rutinarios que suelen ser semanales y en contadas ocasiones hasta diarios, personas adultas mayores que no tienen los recursos para contratar una enfermera particular, personas que padecen de alguna enfermedad o hayan sufrido algún accidente que haya dejado su cuerpo parcial o completamente inmovilizado y que no les permita o sea complicado asistir a una clínica u hospital.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Diseñar un prototipo inteligente que permita medir y monitorear los signos vitales en adultos mayores, reproducir mediante un dispositivo de salida de audio un mensaje de voz indicando el proceso de la medición y si la misma esta fuera de rango; visualizar mediante una pantalla Raspberry táctil de 7" acoplada al prototipo, una aplicación celular e interfaz web los datos obtenidos por los sensores; reportar vía mensaje de texto y llamada perdida al médico de cabecera cuando las mediciones estén fuera de su rango permitido; utilizando sensores biométricos y médicos acoplados a tecnologías de software libre.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Configurar y programar Raspberry Pi e interfaz visual para almacenar digitalmente la información de la medición de los sensores de flujo de aire en la respiración, temperatura corporal, electrocardiograma, electromiograma, respuesta galvánica, posición; y manualmente la medición de los sensores de pulso y oxígeno en la sangre, glucómetro y presión arterial.

- Visualizar las mediciones obtenidas por los sensores mediante una pantalla Raspberry Pi táctil de 7" acoplada al prototipo, aplicación móvil e interfaz web para que cualquier persona autorizada que este al cuidado del paciente pueda tener acceso.
- Diseñar un sistema mediante voz que permita reproducir el proceso de la medición de los sensores y si la misma esta fuera de su rango permitido.
- Reportar vía mensaje de texto y llamada perdida al médico de cabecera cuando las mediciones obtenidas por los sensores estén fuera de su rango permitido.
- Realizar pruebas con equipos farmacéuticos certificados y calibrar el prototipo para poder comparar resultados.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Salud electrónica (e-health).

Con el avance en el procesamiento de datos, redes y comunicaciones se ha permitido el incremento en el desarrollo de aplicaciones de salud electrónica o e-health. La mejora en las tasas de transferencia entre redes (alámbricas o inalámbricas) así como en el procesamiento de datos ha permitido remover barreras para poder acceder a datos médicos como señales fisiológicas (Gutiérrez Rodríguez & Riveill, 2010, pág. 2).

La salud electrónica va mucho más allá de salud o medicina a distancia. Cubre el uso de datos digitales transmitidos electrónicamente con propósitos clínicos, educacionales y administrativos, tanto localmente como a distancia. El término salud electrónica surgió de la necesidad de describir la combinación del uso de comunicaciones electrónicas y tecnología de la información en el sector salud (Mitchell, 1999).

La e-health incluye la salud móvil (mHealth) que describe la práctica del cuidado de la salud mejorada y distribuida mediante el internet y las tecnologías relacionadas. (Federación Mundial del Corazón, 2014, pág. 1).

En la figura 2 se aprecia una aplicación móvil que permite medir la presión arterial y la frecuencia cardiaca.





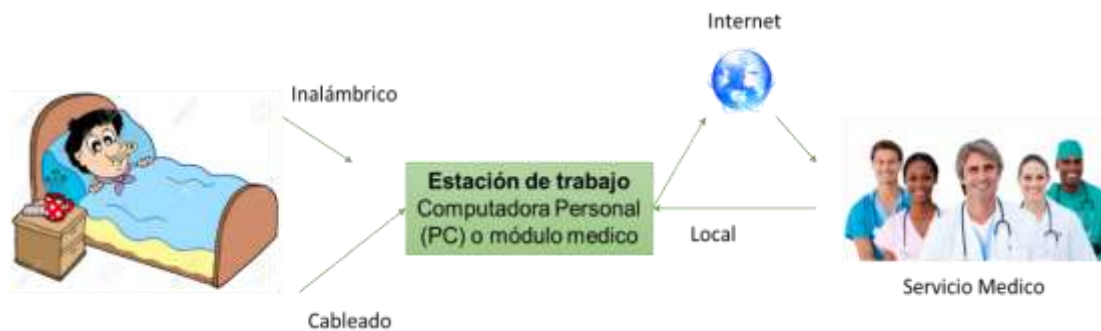
**Figura 2.** Ejemplo de aplicación con salud móvil (mHealth).  
(Mundo Ejecutivo Express, 2016)

De acuerdo a las definiciones planteadas, la salud electrónica combina las técnicas y mediciones tradicionales relacionadas al cuidado de la salud, pero añade un importante elemento de comunicación mediante el internet o tecnologías de comunicación relacionadas.

### **3.1.1. Estructura típica de una aplicación de salud electrónica.**

La estructura típica se ve como un proceso fin-a-fin independientemente del ambiente o contexto. En la figura 3 se muestra un ejemplo típico, en el cual los sensores conectados a un paciente se comunican con una estación de trabajo como una PC o cualquier módulo orientado al procesamiento de datos médicos, cableado o por telemetría, a este módulo los profesionales de la salud tienen completo acceso, remotamente o localmente, para poder planear y proveer el servicio de cuidado de salud.

Cuando un paciente padece de enfermedades crónicas es posible procesar y guardar continuamente sus signos vitales y/o la actividad diaria. En este caso, los datos se originan desde los sensores corporales y son transferidos en tiempo real o diferido por vía cableada o inalámbrica al módulo que realiza la función de servidor para ser analizados, monitoreados y manejados por el servicio medio. Esta estructura permite capturar síntomas o actividades atípicas de los pacientes en cualquier momento. De igual manera, se permite la accesibilidad al cuidado independientemente de la ubicación del paciente, siempre que se cuente con un sistema de comunicación (Gutiérrez Rodríguez & Riveill, 2010, pág. 2).



**Figura 3.** Estructura típica de una aplicación de salud electrónica.

El desarrollo de hardware específico ha permitido que la anterior estructura sea cada vez más sencilla y directa.

### 3.1.2. Beneficios de la salud electrónica.

La salud electrónica tiene la oportunidad de mejorar el seguimiento y control de accidentes cardiovasculares en un nivel de atención primaria y secundaria. Cada año millones de personas mueren alrededor del mundo debido a patologías crónicas o no comunicables como el accidente cerebrovascular, paros respiratorios, cáncer de pulmón, VIH y diabetes. Estas enfermedades están aumentando rápidamente como causas de muertes en países de bajo y medio ingreso, así como cerca del 40 por ciento en países de ingresos altos.

Considerando lo expuesto, la salud electrónica se perfila como una herramienta importante para ayudar en la prevención y detección temprana de las enfermedades mencionadas, así como otras relacionadas.

La salud móvil (M-health) puede ayudar a las personas con problemas de salud a adoptar un comportamiento más favorable a su salud, mediante el envío de textos o recordatorios de tomar los medicamentos.

De igual manera, dentro de los beneficios de la salud móvil es posible encontrar ventajas sobre los métodos tradicionales de cuidado de la salud al permitir acceso a información en tiempo real y de manera portátil. Los encargados de la salud de los pacientes pueden recibir una gran cantidad de información sobre el tratamiento y el comportamiento del paciente, gracias a aplicaciones móviles (apps). El manejo público de la salud también se ve beneficiado, puesto que la recolección de datos en

tiempo real y ya digitalizados permite facilitar las investigaciones y la eficiencia de los sistemas de salud al examinar patrones en larga escala. Los avances en las tecnologías móviles han permitido reducir los costos en el hardware y las apps han facilitado una interfaz con el usuario. Actualmente, una gran cantidad de pacientes son capaces de acceder mediante el teléfono móvil a la información apropiada. Los profesionales de la salud son capaces de acceder a la información del paciente y almacenarla en bases de datos para un control adecuado de la evolución de los signos vitales (Federación Mundial del Corazón, 2014, pág. 1).

### **3.1.3. Marco legal de la salud electrónica.**

Un marco legal apropiado es fundamental para que los pacientes confíen en el uso de la salud electrónica. Una ley o marco legal que permita la seguridad de los pacientes, particularmente relacionada a la protección de los datos y aspectos éticos relacionados a la recolección y uso de la información de los pacientes es necesario para crear una claridad y confianza en la relación entre proveedores de servicios de cuidado y los pacientes. Si bien es cierto, esta gran cantidad de información servirá para investigación es también importante la protección de los datos por parte de los profesionales de la salud. Es necesario que los usuarios conozcan el proceso de recolección de información, como y quien la usará posteriormente.

Lo reciente de esta tecnología ha traído como consecuencia falta de legislación en una cantidad importante de países. Se recomienda desarrollar en Ecuador una legislación actualizada que establezca estándares de transmisión y almacenamiento de datos en soporte de la salud electrónica, en adición a la definición del alcance de los servicios electrónicos que presten las empresas del sector salud. (Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud, 2016).

### **3.2. Medición de parámetros fisiológicos del cuerpo humano.**

El cuerpo humano puede analizarse como un generador de señales eléctricas o electromagnéticas o como un generador eléctrico al usar transductores. La adquisición de señales en la superficie o en el interior del cuerpo es llamada electrografía que resulta en una forma de onda llamada electrograma. La unidad básica del cuerpo es la célula, alguna de estas, como las neuronas, fibras nerviosas y musculares responden a estímulos exteriores. (Orha & Oniga, 2014).

Dentro de los sensores que miden la respuesta a los estímulos se encuentran aquellos que permiten medir los siguientes parámetros fisiológicos:

**a) Medición de pulso y oxígeno en la sangre (SpO<sub>2</sub>).**

Las lecturas de oxígeno en sangre deben estar 95% y 99% si se trata de un adulto sano, si la lectura está entre el 88% y el 94% las personas pueden tener problemas hipóxicos, mientras que lecturas mayores que 99% pueden ser indicativo de envenenamiento debido a monóxido de carbono. La medición del oxígeno en la sangre se hace típicamente en conjunto con la medición del pulso cardíaco, el cual según el apartado debe oscilar entre 60 y 100 latidos por minuto si se trata de un adulto en reposo. Cuando se tiene pulsaciones por debajo de 60 puede ser indicativo de una bradicardia, mientras que por encima de 100 puede estar oculta una taquicardia (Priego García, 2015).

**b) Medición de flujo de aire en la respiración.**

Una tasa anormal en la respiración, así como cambios bruscos son indicadores de inestabilidad fisiológica, en muchos casos, un flujo anormal de aire en la respiración es uno de los primeros indicadores en aparecer. Por ende, es crítico monitorear el flujo de aire en la respiración como un indicador importante del estado del paciente, puede ser indicativo de apnea o hipoxemia (Cookings Hacks, 2017).

En la tabla 1 se muestran los valores típicos de la tasa de respiración.

**Tabla 1.** Valores típicos de frecuencia respiratoria.  
(Consejo para la Educación Farmaceutica Continua, 2013)

Tasa de respiración	
Bradiapnea	<12 respiraciones por minuto
Normal (eupnea)	12 – 18
Taquipnea	>18

**c) Medición de la temperatura del cuerpo.**

La medición de la temperatura corporal se basa en el uso de un transductor como una termocupla, un termistor o algún semiconductor activo. En la figura 4 se muestra el comportamiento de la temperatura del cuerpo.



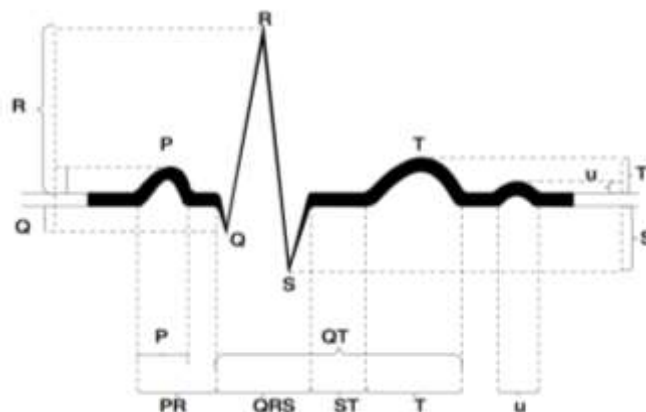
**Figura 4.** Intervalos de temperatura.

(Quesada, sf)

**d) Medición de la actividad cardiaca.**

El electrocardiograma es una herramienta que se emplea para medir las funciones eléctricas y musculares del corazón. El electrocardiograma permite valorar el corazón de una forma no invasiva. Se permite evaluar el sistema de conducción del corazón o músculo, así como indirectamente la aparición de ritmos patológicos debido a daños a los tejidos o diversos trastornos. El electrocardiograma permite la representación de 5 ondas (muy excepcionalmente 6), 3 espacios y 1 segmento, las ondas son llamadas ondas: P, Q, R, S y T. También presenta espacios P-Q (también llamado P-R), Q-T y T-P; así como segmento S-T (Infomed, 2017).

La interpretación de esta representación gráfica escapa del alcance de esta investigación; sin embargo, en la figura 5 se muestra el comportamiento esperado del electrocardiograma.

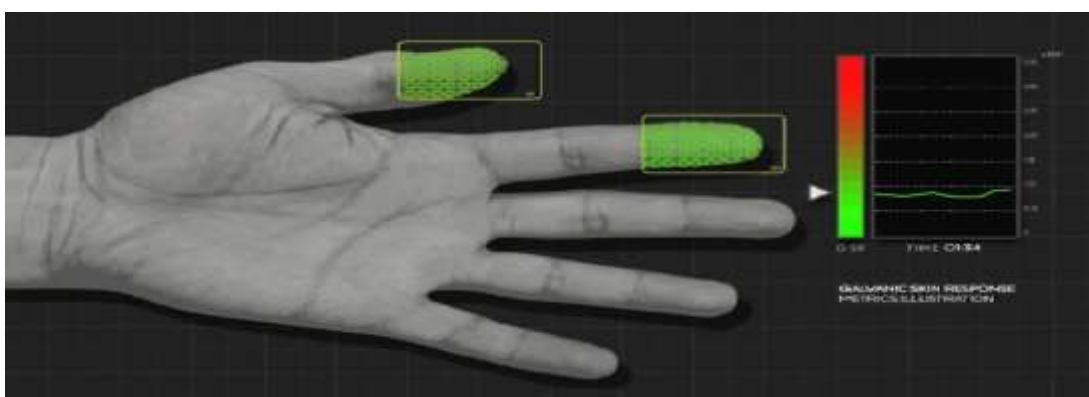


**Figura 5.** Ondas de un electrocardiograma.

(Infomed, 2017)

### e) Medición de respuesta galvánica en la piel.

La respuesta galvánica es una medición de la glándula de secreción de sudor en respuesta a un estímulo emocional. La resistencia de la piel puede realizarse mediante la medición de entre dos dedos de una de las manos como se muestra en la figura 6. Se emplea para comprobar el estado emocional del paciente. La conductancia de la piel indica el grado de excitación psicológica de un individuo, particularmente debido al miedo, ira o sentimientos. Los cambios en la conductancia obedecen a las glándulas sudoríparas que se encuentran en los dedos y en las manos, las cuales son controladas por el sistema nervioso. (Priego García, 2015)



**Figura 6.** Respuesta galvánica en la piel.  
(Intel Isef, 2017)

### f) Medición de la presión arterial y pulso cardiaco.

La presión arterial, como su nombre mismo lo describe, indica la presión en las arterias a medida que la sangre es bombeada alrededor del cuerpo por el corazón. Cada vez que el corazón late, se crea una presión en las paredes de las arterias. La presión arterial está compuesta de dos números, la presión sistólica, que tienen lugar cuando late el corazón y la presión diastólica que tiene lugar cuando el corazón se relaja entre latidos. La cifra superior es la relacionada a la presión sistólicas, mientras que la inferior está relacionada a la presión diastólica. La presión arterial debe ser idealmente igual o menor a 120/80 (Sociedad Americana de Hipertensión, 2010).

En la tabla 2 se muestra las medidas de la presión arterial, mientras que en la tabla 3 se muestran los valores típicos del pulso cardiaco.

**Tabla 2.** Presión arterial.  
(Cookings Hacks, 2017)

	<b>Sistólica (mm Hg)</b>	<b>Diastólica (mm Hg)</b>
<b>Hipotensión</b>	< 90	< 60
<b>Presión deseada</b>	90–119	60–79
<b>Pre hipertensión</b>	120–139	80–89
<b>Etapa 1 Hipertensión</b>	140–159	90–99
<b>Etapa 2 Hipertensión</b>	160–179	100–109
<b>Crisis hipertensiva</b>	≥ 180	≥ 110

**Tabla 3.** Valores de pulso cardiaco.  
(Consejo para la Educación Farmaceutica Continua, 2013)

Pulso cardiaco	Tasa
Bradicardia	<60 latidos por minuto
Normal	60-100 latidos por minuto
Taquicardia	>100 latidos por minuto

**g) Medición de glucosa (glicemia).**

La medición rápida, precisa y automática de la glucosa es de gran importancia para aquellos pacientes que padezcan de diabetes y en casos de pacientes en coma sin causas específicas. Esta medición permite determinar cuándo se debe administrar insulina a un paciente y analizar el comportamiento de la misma a lo largo del día. El principio de operación de los sensores se basa en el efecto colorimétrico que ocurre con la reflexión de la luz en una superficie. Los transductores miden el cambio en el color de una banda reactiva (en la cual se aplica una gota de sangre) dependiendo de la cantidad de glucosa. La relación color-concentración permite calcular directamente la concentración de glucosa en la sangre. El sensor que permite efectuar esta medición es llamado glucómetro. (Cookings Hacks, 2017)

La medición de la glucosa se hace típicamente en mg/dL o mmol/L, en la tabla 4 se muestran los valores de glucosa con su respectivo significado.

**Tabla 4.** Valores típicos de glucosa.  
(CardioSmart, 2012)

<b>Valores normales en adultos que no presentan pre diabetes o diabetes</b>	
Nivel de azúcar en ayunas	Menor o igual a 100 mg/dL o 5,55 mmol/L
2 horas después de comer	Menor que 140 mg/dL o 7,77 mmol/L si la persona tiene 50 años o menos; menor que 150 mg/dL o 8,32 mmol/L si tiene entre 50 y 60 años y menor que 160 mg/dL o 8,88 mmol/L si la persona tiene 60 años o más
Al azar	Los niveles dependerán de la última comida. Generalmente varia de 80 mg/dL a 120 mg/dL (4.44 mmol/L a 6.66 mmol/L) antes de la comida o al despertarse y entre 100 mg/dL y 140 mg/dL (5,55 mmol/L a 7,77 mmol/L) al momento de acostarse
<b>Valores normales en adultos que no presentan pre diabetes o diabetes</b>	
Nivel de azúcar en ayunas	Entre 70 y 130
2 horas después de comer	Menor que 180

#### **h) Medición de posición del paciente.**

Esta medición busca conocer la posición actual del paciente. El análisis de los movimientos del paciente durante la noche ayuda a determinar la calidad del sueño, así como patrones irregulares. (Cookings Hacks, 2017)



**Figura 7.** Posiciones básicas de los pacientes.  
(Paramedicine, 2008)

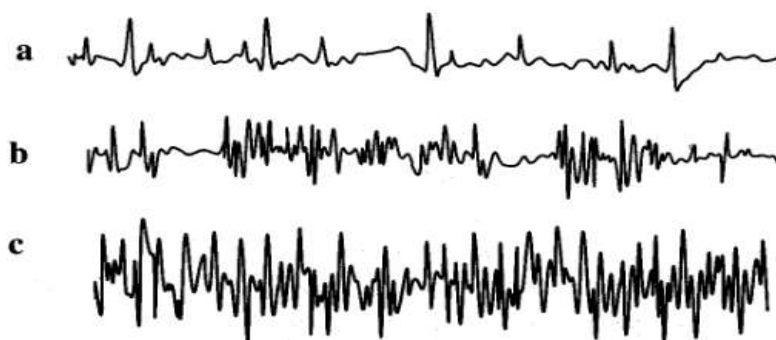


### i) Electromiografía.

La electromiografía permite evaluar y obtener información referida a la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos detectando el potencial eléctrico generado por las células musculares cuando son eléctricamente o neurológicamente activadas.

La electromiografía es útil para el diagnóstico de denervación, desórdenes de la neurona motriz, neuropatías periféricas, bloqueo neuromuscular y enfermedades musculares (Departamento de Electrónica: Universidad de Alcalá, s.f.).

La interpretación de la electromiografía esta fuera del alcance de esta investigación; no obstante, en la figura 8 se presenta el comportamiento esperado de un electromiograma (representación gráfica producida durante la electromiografía).



**Figura 8.** Patrones cuando se tiene actividad de contracción progresiva muscular.

a. Patrón simple; b. Patrón intermedio; c. Patrón interferencial.

(Departamento de Electrónica: Universidad de Alcalá, s.f.)

### 3.3. Sensores.

Un sensor es “un dispositivo que recibe un estímulo y responde con una señal eléctrica”. El estímulo puede ser una propiedad, cantidad o condición que se convierte en una señal eléctrica, lo anterior evidencia que un sensor es capaz de responder a la entrada de una propiedad física, convirtiendo dicha entrada en una salida que sea compatible con los circuitos electrónicos. Considerando los parámetros eléctricos más usados, la salida puede ser en forma de voltaje, corriente o carga. Además, para que sea correctamente descrita, es necesario establecer su amplitud, frecuencia, fase, codificación, de acuerdo a cada señal. En resumen, un

sensor provee salidas con propiedad eléctricas a entradas con propiedades de cualquier tipo. (Fraden, 2004, pág. 2)

### 3.3.1. Clasificación de los sensores

La clasificación varía de acuerdo al propósito del sensor. Una manera es clasificarlos en pasivos y activos. Los sensores pasivos no necesitan una fuente de energía adicional, por lo que generan la señal eléctrica directamente como respuesta al estímulo. Los sensores activos requieren una fuente externa de energía para su operación.

Considerando la referencia seleccionada, los sensores pueden clasificarse en absolutos y relativos. Los sensores absolutos son aquellos que detectan un estímulo teniendo como referencia una escala física absoluta que es independiente de las condiciones de la medición. Por otra parte, los sensores relativos generan una señal que se relaciona a algún caso especial. Otra manera de clasificar los sensores es de acuerdo a sus propiedades (Fraden, 2004).

### 3.3.2. Especificaciones

Una manera de comparar dos sensores entre sí es mediante las especificaciones de los mismos, particularmente la exactitud, calibración, sensibilidad y resolución. En la tabla 5 se muestran las especificaciones más usuales.

**Tabla 5.** Especificaciones de los sensores.  
(Fraden, 2004)

Sensibilidad	Resolución
Estabilidad	Selectividad
Exactitud	Condiciones ambientales
Rapidez de respuesta	Linealidad
Características de sobrecarga	Formato de salida
Histéresis	Banda muerta
Vida operacional	Otros
Costo, tamaño, peso	

#### **a) Exactitud**

Una de las características más importantes de un sensor es la exactitud, que relaciona la máxima desviación del valor representado por el sensor con respecto al valor real de la entrada (G. Webster, 1999).

#### **b) Calibración**

Una definición importante es la calibración, que se refiere a encontrar variables específicas que describan la función de transferencia del circuito entero, lo que incluye el sensor, la interfaz y los convertidores A/D (Fraden, 2004).

#### **c) Sensibilidad**

La sensibilidad de un sensor está dada por la pendiente de la curva de calibración. Usualmente cuando la entrada es mayor que cierto punto, la curva de calibración se vuelve menos sensitiva hasta que la señal de salida alcanza cierto valor límite, este comportamiento se denomina saturación, el sensor no puede ser utilizado más allá del valor de saturación (G. Webster, 1999).

#### **d) Resolución**

Es el menor cambio detectable en la medición que permite un sensor (G. Webster, 1999).

### **3.4. Placa v2.0 para sensores e-Health para Arduino y Raspberry Pi.**

Esta placa permite a los usuarios desarrollar aplicaciones biométricas y médicas, en las cuales el cuerpo se somete a un monitoreo mediante 9 diferentes sensores. La información recolectada puede ser usada para monitorear en tiempo real las condiciones de un paciente o para su análisis posterior por el equipo médico. La información puede ser transmitida por alguna de las 6 opciones disponibles: Wi-fi, GPRS, 3G, Bluetooth, 802.15.4 o ZigBee, el método de comunicación dependerá de la aplicación. (Cookings Hacks, 2017)



**Figura 9.** Placa v2.0 para sensores e-Health para Arduino y Raspberry Pi.  
(Cookings Hacks, 2017)

### 3.5. Arduino Uno

El Arduino Uno es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega328P. Posee 14 terminales de entrada/salida digital, de los cuales 6 pueden usarse para salidas con modulación de ancho de pulso (PWM), también posee 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, conexión USB, terminal de poder y botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para el correcto funcionamiento del microcontrolador, su uso es tan sencillo como conectarlo a la computadora mediante un cable USB o a corriente continua mediante un adaptador CA-CD o una batería (ArduinoWeb, 2017).

En la tabla 6 se detallan las características básicas del Arduino Uno, mientras que en la figura 10 se muestra una imagen del mismo.

**Tabla 6 .** Características del Arduino Uno.  
(ArduinoWeb, 2017)

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Terminales E/S digitales	14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)

Terminales E/S PWM digitales	6
Terminales de entrada analógica	6
Corriente DC por terminal E/S	20 mA
Corriente DC para terminal de 3,3 V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Rapidez de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Largo	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g



**Figura 10.** Arduino Uno.  
(ArduinoWeb, 2017)

### 3.6. GPRS

El módulo GPRS nos permite enviar y recibir llamadas y SMS ya que en su composición permite ingresar tarjetas SIM, crear conexiones TCP y UDP para enviar la información a internet. Los protocolos HTTP y FTP también están disponibles para enviar la información a la nube, adicional a esto, esta tarjeta se puede acoplar a la placa Arduino. (Cookings Hacks, 2017)

En la figura 11 se presenta el GPRS acoplado a Arduino.



**Figura 11.** GPRS con Arduino.

### **3.7. Raspberry Pi**

Raspberry Pi es una computadora de uso general muy pequeña. Con la Raspberry Pi se pueden crear una gran variedad de proyectos, requiriendo apenas un par de elementos físicos. La tarjeta soporta tres salidas de video: compuesto, HDMI y DSI. Esto facilita la interfaz con el usuario. También provee una salida de 3.5 mm para audio analógico. De igual manera es posible conectar un mouse y teclado mediante los puertos USB 2.0. Estos puertos USB también permiten conectar almacenamiento externo como memorias flash, discos duros, SSD u otro según sea necesario.

Otra característica importante del Raspberry Pi es que puede conectarse a un switch o hub gracias a que posee un conector RJ45, por lo tanto, tiene la facilidad de conectarse directamente a internet. También es posible usar cualquier adaptador USB para conexiones Wi-fi (Halfacree, 2012, págs. 18-27).

En la figura 12 se presenta el Raspberry Pi.



**Figura 12.** Raspberry Pi.  
(Raspberry shop, 2017)

### 3.8. Android

Es un sistema operativo como plataforma software que está basado en Linux, su principal objetivo son los teléfonos móviles. No obstante, las tablets, notebooks, reproductores de música y computadoras personales también pueden emplearlo, aunque es mucho menos común. Android permite la programación bajo un entorno de trabajo o framework en Java, así como aplicaciones sobre Dalvik.

La popularidad y el uso extendido de Android se debe a que es de código libre, por lo tanto, cualquier persona con conocimientos de programación en Java, es capaz de emplear la plataforma. (Báez, y otros, s.f.).

### 3.9. Programación de software libre

Software Libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. (Hispalinux, 2017).

#### 3.9.1. Ide Arduino

IDE es el programa que sirve para implementar y ejecutar los códigos que se verán reflejados en las funciones de Arduino, sus siglas significan "Entorno de Desarrollo Integrado", actualmente este IDE se puede descargar desde la tienda de Microsoft y se lo carga a la placa Arduino a través de USB para comenzar a trabajar de forma autónoma. (Openwebinars, 2017).

En la figura 13 se presenta la interfaz IDE.

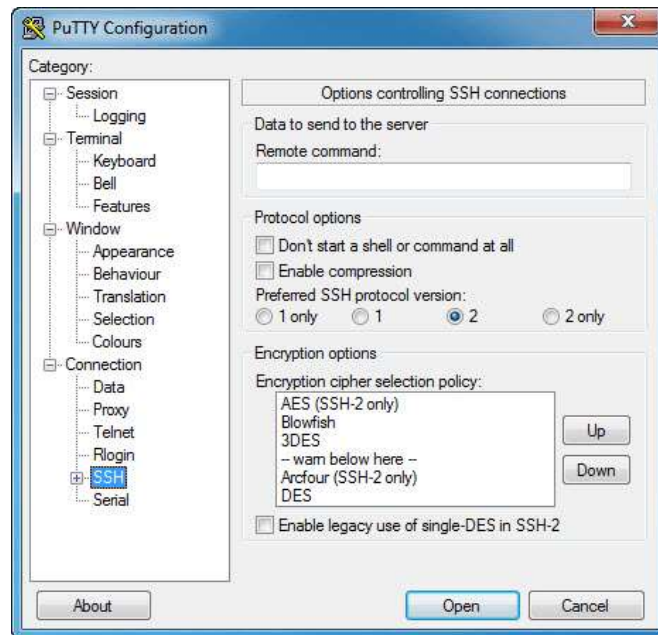


**Figura 13.** Interfaz IDE.  
(Openwebinars, 2017)

### 3.9.2. Putty

Este programa utiliza los protocolos SSH y Telnet, lo cual fue desarrollado inicialmente por Simon Tatham para el sistema Windows. Este software libre fue desarrollado y respaldado por un grupo voluntario. (Putty, 2017).

En la figura 14 se presenta la interfaz Putty.



**Figura 14.** Interfaz Putty.

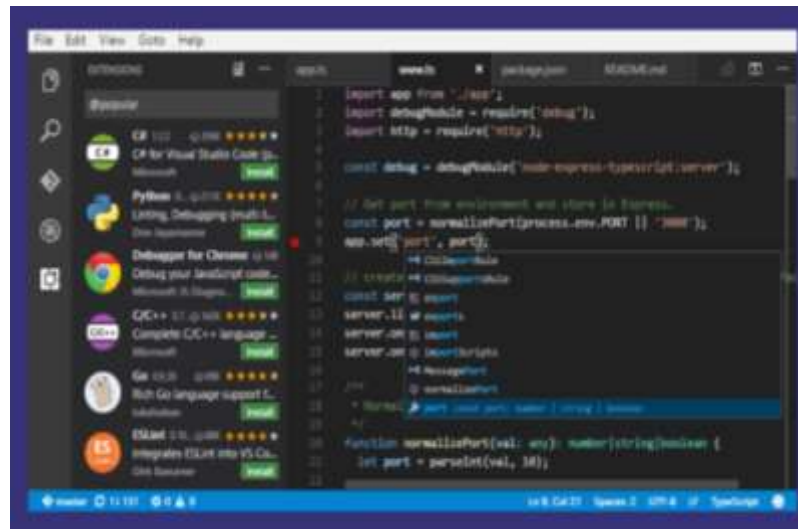
(Putty, 2017)

### 3.9.3. Visual Studio Code

Es un editor de códigos que se ejecuta tanto para Windows, MacOs y Linux, cuenta con soportes para Java y sus diferentes scripts y se puede programar en diferentes lenguajes como C++, C#, Java, Phytion, PHP). (Studio, 2017).

En la figura 15 se presenta la interfaz Visual Studio Code.



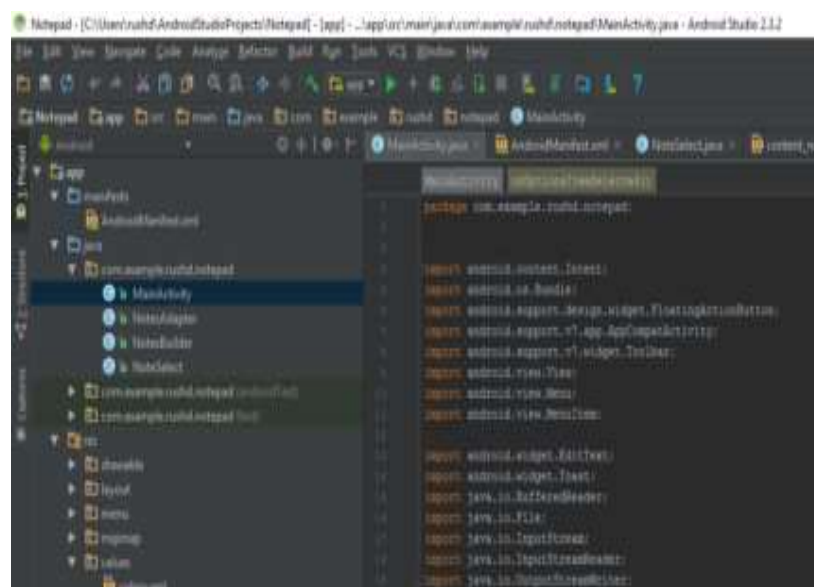


**Figura 15.** Interfaz Visual Studio Code.  
(Studio, 2017)

### 3.9.4. Android Studio

Es un entorno integrado IDE que se usa oficialmente para el desarrollo de Android, de igual manera es una gran herramienta para desarrolladores ya que tiene una gran línea de códigos que pueden ser programables en C++ y NDK, también cuenta con plantillas de código GitHub que sirve para compilar funciones comunes de app. (Android Studio, 2017).

En la figura 16 se muestra la interfaz de Android Studio.



**Figura 16.** Interfaz Android Studio.  
(Android Studio, 2017)

### 3.9.5. Cpanel

Cpanel está dedicado a gestionar nuestros servidores de manera eficaz, al igual que determinados dominios o cuentas de alojamiento, de igual manera utiliza WebHost para un control administrativo del servidor privado virtual VPS. (GoDaddy, 2017)

En la figura 17 se muestra la interfaz CPanel.

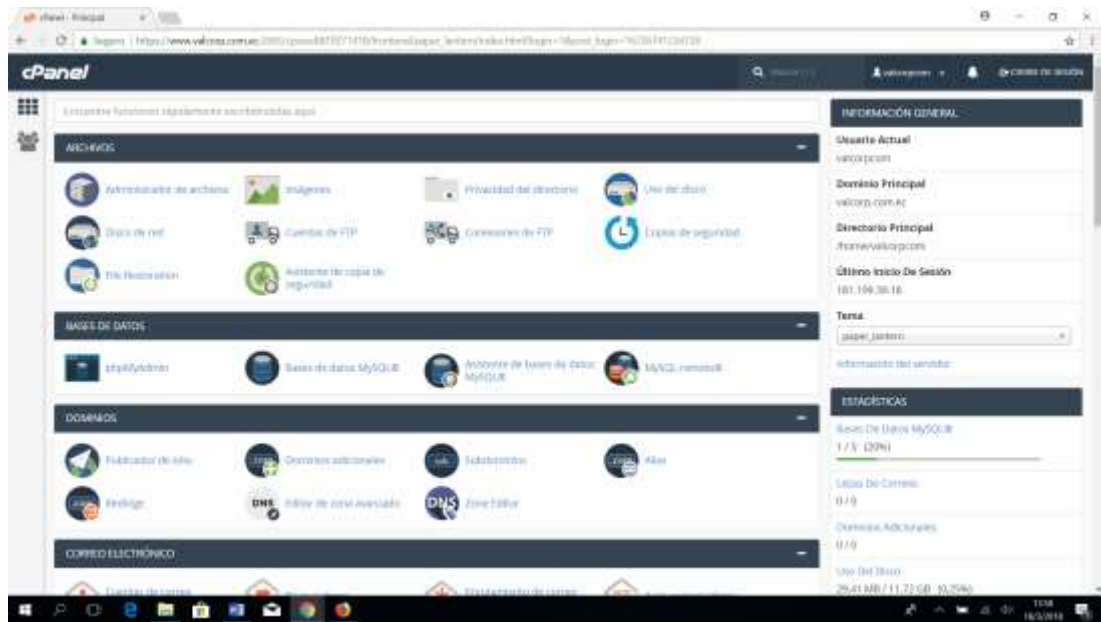
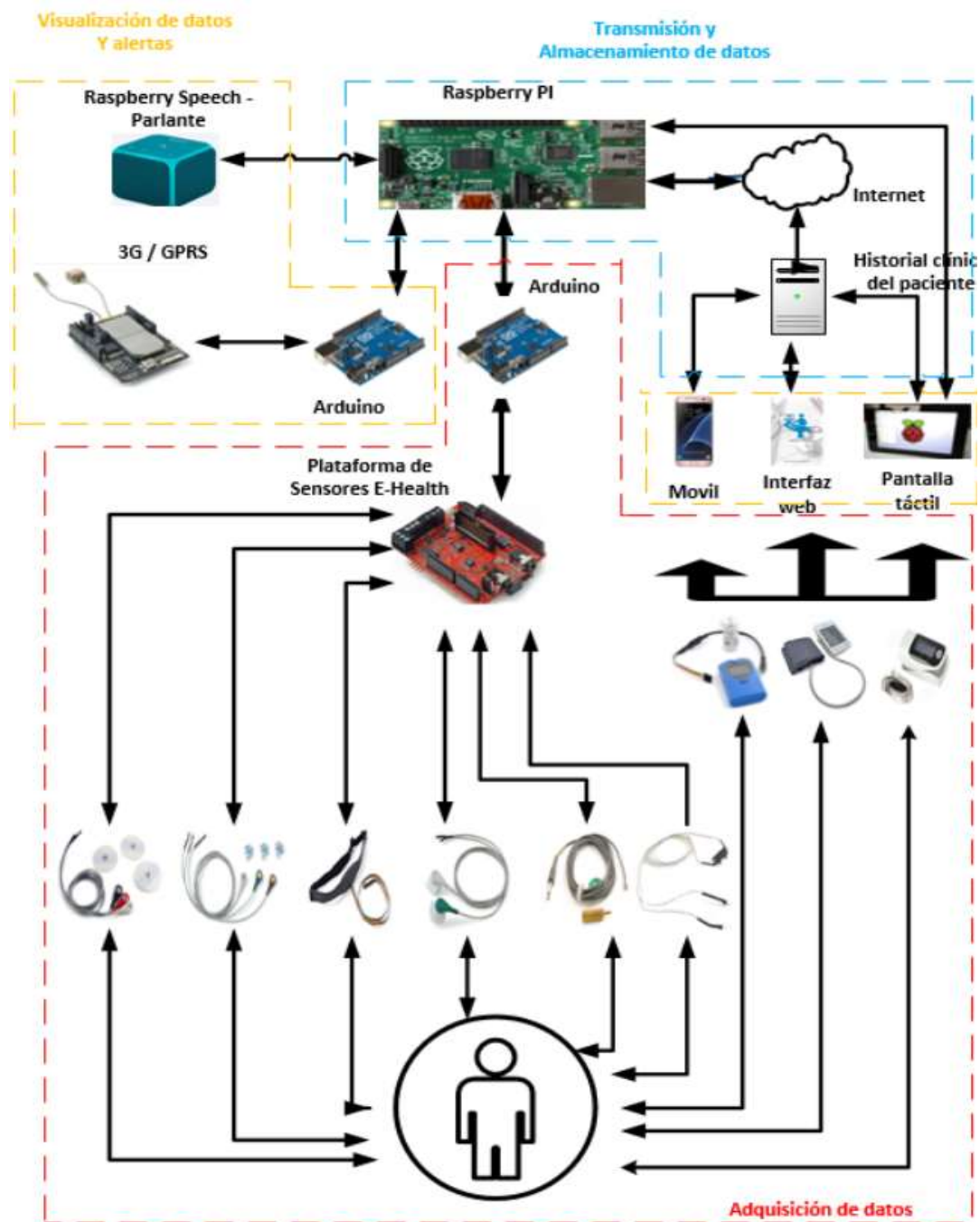


Figura 17. Interfaz Cpanel Valcorp.com.ec

## 4. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. Arquitectura del sistema

Se presentan los componentes del sistema, de forma general el prototipo se divide en: adquisición de datos, transmisión y almacenamiento de datos y visualización de datos y alertas, de acuerdo a lo mostrado en la figura 18.



**Figura 18.** Arquitectura del prototipo desarrollado

#### 4.1.1. Adquisición de datos

La adquisición de datos se realiza mediante una variedad de sensores que miden los parámetros fisiológicos. Estos sensores son conectados a la plataforma e-Health v2. Los datos obtenidos por los sensores empleados tienen aplicabilidad para el diagnóstico de cuatro enfermedades comunes según se indica en la tabla 7. Los sensores empleados son ligeros, pequeños y tratan de no impedir la libre movilidad

de los pacientes. Se seleccionaron sensores considerando que los que entran en contacto directo con la piel en diferentes partes del cuerpo logran medir una mayor cantidad de parámetros fisiológicos con una mejor exactitud. (Hassanalieragh, y otros, 2015)

**Tabla 7.** Aplicabilidad de los sensores en la detección de 4 categorías comunes de enfermedades.

(Hassanalieragh, y otros, 2015)

Sensor	Enfermedad cardiovascular	Enfermedad obstructiva pulmonar crónica	Enfermedades de Parkinson y Huntington	Diabetes
Electrocardiograma	XX	XX	X	X
flujo de aire en la respiración.	XX	XX	X	-
temperatura corporal.	X	X	X	X
Electromiografía	X	X	X	-
Sudoración	-	-	X	-
Presión arterial	XX	X	X	X
Glucosa	-	-	-	XX
Oxígeno	XX	XX	-	-
Andar-Movimientos (posición)	XX	XX	XX	-
XX Indica alta aplicabilidad X Indica media aplicabilidad - Indica aplicabilidad indeterminada				

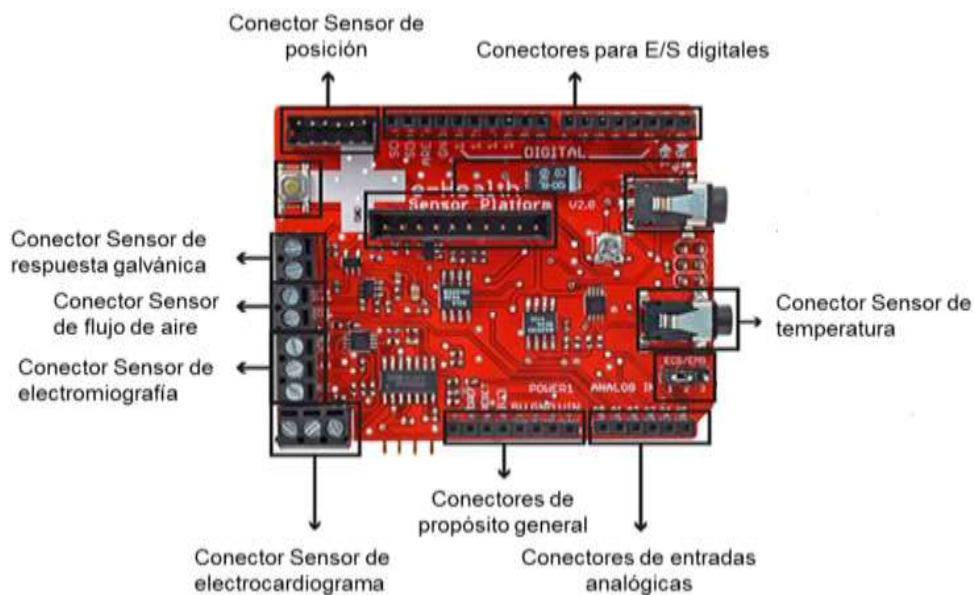
#### 4.1.2. Descripción, conexión y uso de sensores.

La placa v2.0 para sensores e-Health permite obtener datos de los siguientes sensores:

- ❖ Sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO<sub>2</sub>).
- ❖ Sensor de flujo de aire en la respiración.
- ❖ Sensor de temperatura corporal.

- ❖ Sensor de electrocardiograma.
- ❖ Glucómetro.
- ❖ Sensor de respuesta galvánica en la piel (GSR – Sudoración).
- ❖ Sensor de presión arterial.
- ❖ Sensor de posición del paciente (Acelerómetro).
- ❖ Sensor de electromiografía.

Esta placa ha sido desarrollada principalmente para efectos de investigación y experimentación, es decir, no es un producto comercial certificado para monitorear pacientes en estado crítico. En la figura 19 se muestran los conectores de la placa e-health para los sensores que almacenan sus datos digitalmente, cabe recalcar que los demás sensores como pulso y oxígeno, presión arterial y glucómetro, almacenan sus datos en el historial clínico después de digitar la medición manualmente.



**Figura 19.** Conectores de la placa v2.0 para sensores e-Health.  
(Cookings Hacks, 2017)

**a) Sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2).**

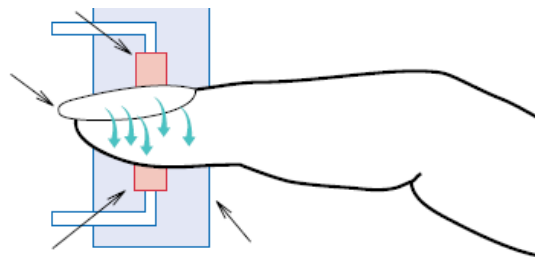
Este sensor usa un método no invasivo para indicar la saturación del oxígeno arterial de la hemoglobina funcional. La saturación de oxígeno se define como la medición de la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre a partir de la detección de hemoglobina y hemoglobina reducida o desoxihemoglobina. Se emplean dos

diferentes longitudes de onda para medir la diferencia entre la absorción de HbO<sub>2</sub> y Hb. El flujo sanguíneo es afectado por la concentración de la hemoglobina y desoxihemoglobina, sus coeficientes de absorción se miden empleando una longitud de onda de 660 nm y otra de 940 nm. (Cookings Hacks, 2017)

En la figura 20 se muestra una imagen del sensor también conocido como pulsioxímetro y en la figura 21 se muestra el principio de funcionamiento del mismo.



**Figura 20.** Pulsioxímetro empleado en el proyecto.  
(K&I Equipos Médicos, 2017)



**Figura 21.** Funcionamiento del pulsioxímetro.  
(International Primary Care Respiratory Group, 2010)

- **Conexión y uso del sensor.**

La conexión es inalámbrica tal como se muestra en la figura 22 ya que los datos reflejados en la pantalla tienen que ser ingresados manualmente en la interfaz visual ya sea desde la aplicación, la web o la pantalla Raspberry PI para así poder subir los datos a la red. El sensor solo tiene una manera posible de conectarse con el paciente

tal como se muestra en la figura 23. En la figura 24 se muestra el sensor ya funcionando.



**Figura 22.** Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 1).

Posteriormente se debe introducir el dedo en el sensor y presionar el botón de encendido.



**Figura 23.** Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 2).

Luego de un par de segundos, las mediciones aparecen en la pantalla del sensor.



**Figura 24.** Uso del sensor de pulso y oxígeno (paso 3).



## b) Sensor de flujo de aire en la respiración.

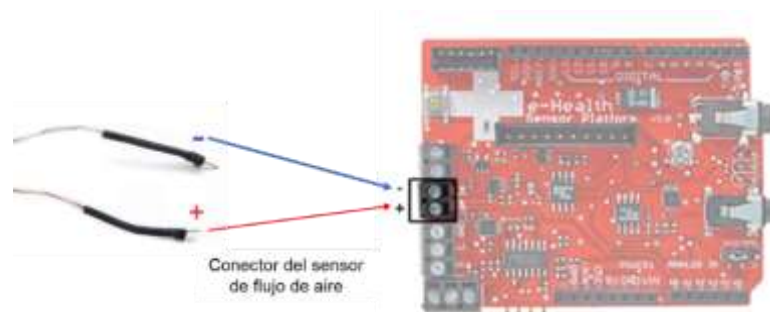
El sensor de flujo de aire nasal es un dispositivo que permite monitorear la tasa de flujo de aire. Este dispositivo consiste en un hilo flexible que se ajusta acorde a la posición en la que el paciente desea respirar, y un conjunto de dos puntas que se colocan en las fosas nasales. En la figura 25 se muestra el sensor empleado.



**Figura 25.** Sensor de flujo de aire empleado en el proyecto.

- **Conexión y uso del sensor.**

La conexión se debe realizar considerando el esquema presentado en figura 26. El sensor tiene dos terminales, uno positivo y uno negativo. Se debe conectar el cable rojo con el terminal rojo y el cable azul con el terminal azul.



**Figura 26.** Conexión del sensor de flujo de aire a la placa v2.0.





**Figura 27.** Conexión realizada entre el sensor y los terminales de placa v2.0.

Luego el sensor se debe colocar en la nariz sujetándolo a la parte posterior de las orejas de acuerdo a lo mostrado en la figura 28.



**Figura 28.** Sujeción del sensor de flujo de aire.

### c) Sensor de temperatura corporal

El sensor de temperatura mostrado en la figura 29 permite medir la temperatura corporal al ser ubicado en contacto directo con la piel.



**Figura 29.** Sensor de temperatura.

(Cookings Hacks, 2017)

- **Conexión y uso del sensor.**

Para realizar las mediciones primero se debe conectar el terminal del sensor al conector de placa. Posteriormente se debe hacer contacto entre la parte metálica del sensor y la piel, preferiblemente en la punta del dedo según se muestra en la figura 30.



**Figura 30.** Contacto entre la parte metálica del sensor y la piel.

**d) Sensor de electrocardiograma.**

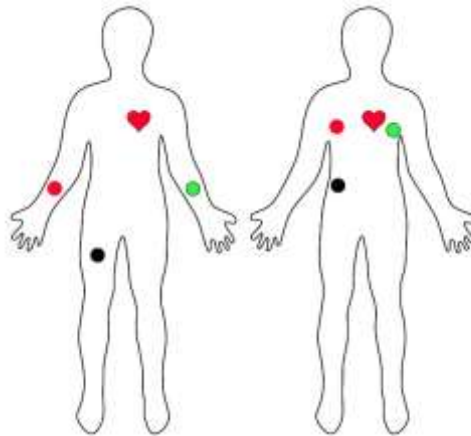
El electrocardiograma permite diagnosticar una gran variedad de patologías cardíacas que por décadas los científicos y médicos especializados han investigado. El sensor empleado cuenta con tres electrodos según se muestra en la figura 31.



**Figura 31.** Sensor de electrocardiograma empleado en el proyecto.

- **Conexión y uso del sensor.**

El terminal rojo es el positivo, el negro es el negativo, mientras que el verde es neutro. Se deben conectar a la placa acorde al diagrama de la misma. Posteriormente los electrodos se deben ubicar de cualquiera de las dos maneras que se muestran en la figura 32.



**Figura 32.** Ubicación de los electrodos en el cuerpo para el electrocardiograma.  
(Cookings Hacks, 2017)

**e) Glucómetro.**

El glucómetro empleado se muestra en la figura 33, el cual es muy similar a otros comerciales. Cuenta con varias bandas donde se deposita la sangre para la posterior medición de la glucosa.



**Figura 33.** Glucómetro empleado en el proyecto.

- **Conexión y uso del sensor.**

Primero se debe limpiar la punta del dedo con alcohol para posteriormente realizar una pequeña punzada con una aguja estéril, con el propósito de evitar infecciones. Luego se debe apretar suavemente el dedo para obtener una gota de sangre según la figura 34.



**Figura 34.** Obtención de gota de sangre para usar en el glucómetro.

Luego la gota de sangre se debe colocar en la parte superior de la banda según la figura 35. El glucómetro empleará algunos segundos en calcular y mostrar la medición de glucosa en la sangre.



**Figura 35.** Medición de glucosa.

La conexión es inalámbrica tal como se muestra en la figura 36 ya que los datos reflejados en la pantalla tienen que ser ingresados manualmente en la interfaz visual ya sea desde la aplicación, la web o la pantalla Raspberry PI para así poder subir los datos a la red.



**Figura 36.** Lectura del glucómetro.

**f) Sensor de respuesta galvánica en la piel (GSR – Sudoración).**

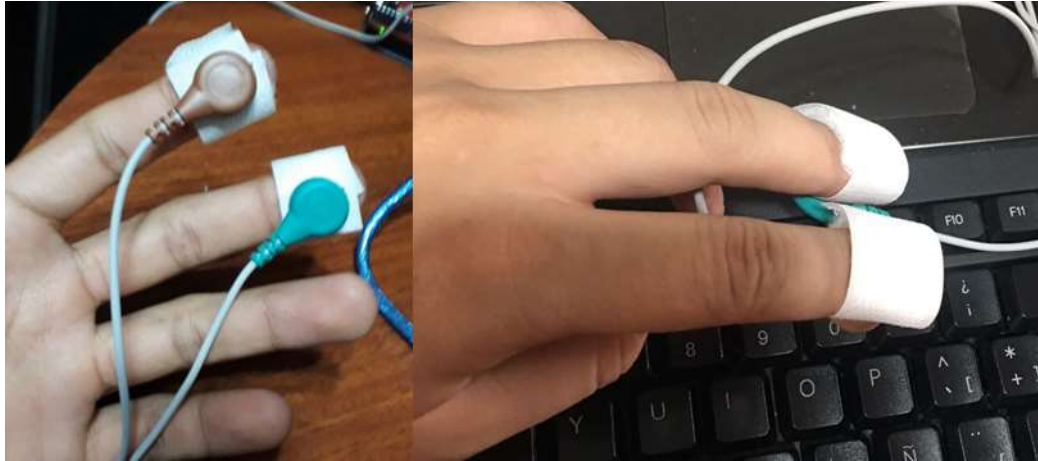
El sensor de respuesta galvánica en la piel empleado se muestra en la figura 37, el cual trabaja midiendo la conductancia entre dos dedos.



**Figura 37.** Sensor de respuesta galvánica empleado en el proyecto.  
(Cookings Hacks, 2017)

- **Conexión y uso del sensor.**

A diferencia de otros sensores como el de flujo de aire, el sensor de respuesta galvánica de la piel no tiene polaridad ya que trabaja como un óhmetro, midiendo la resistencia. Las puntas de los dedos se deben colocar justo encima de los contactos metálicos del sensor, el velcro se usa para garantizar que no se muevan o caigan los contactos, tal como se muestra en la figura 38.



**Figura 38.** Sensor de respuesta galvánica de la piel y su correspondiente uso.

**g) Sensor de presión arterial.**

El sensor de presión arterial empleado trabaja en conjunto con una pantalla LCD para mostrar las mediciones. Permite guardar 50 mediciones con los correspondientes datos y fecha. En la figura 39 se muestra el conjunto.



**Figura 39.** Sensor de presión arterial empleado en el proyecto.

- **Conexión y uso del sensor.**

Se debe colocar el esfigmomanómetro en el brazo, particularmente en el área del bíceps como se muestra en la figura 40.



**Figura 40.** Colocación del esfigmomanómetro.

Luego se debe presionar el botón de encendido en la pantalla para que el sensor comience la medición. Luego de un par de segundos el resultado se mostrará en la pantalla, tal como se muestra en la figura 41.



**Figura 41.** Muestra de medición del sensor de presión arterial en pantalla lcd.

#### **h) Sensor de posición.**

El sensor de posición es básicamente un acelerómetro que emplea las componentes vectoriales de la aceleración debido a la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) para poder calcular la posición en la que se encuentra un paciente. El sensor puede ser usado en las escalas de  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$  y  $\pm 8g$  donde  $g$  indica la aceleración de la gravedad.

En la figura 42 se muestra el sensor empleado.





**Figura 42.** Sensor de posición empleado en el proyecto-  
(Cookings Hacks, 2017)

- **Conexión y uso del sensor.**

El sensor tiene un conector que permite una conexión muy sencilla con la placa v2.0 según se muestra en la figura 43.



**Figura 43.** Conexión del sensor de posición a la placa v2.0.  
(Cookings Hacks, 2017)

El sensor posee una cinta que permite sujetarlo al cuerpo para evitar que se caiga, el sensor debe ubicarse sobre el centro del pecho de acuerdo a lo mostrado en la figura 44.



**Figura 44.** Uso del sensor de posición.



**i) Sensor de electromiografía.**

Este sensor cuenta con 3 electrodos (ver figura 45), similares a los empleados en el electrocardiograma.



**Figura 45.** Sensor para electromiograma usado en el proyecto.  
(Cookings Hacks, 2017)

- **Conexión y uso del sensor.**

Los electrodos deben ser colocados directamente sobre la piel. En la figura 46 se muestra un caso donde se ubican en el área del bíceps.



**Figura 46.** Ubicación de los electrodos para el electrograma.

#### 4.1.3. Resumen de conexión de sensores.

El conjunto de sensores se conecta a la plataforma o placa v2.0 para sensores e-Health según muestra la figura 47 y 48.



**Figura 47.** Conexión de todos los sensores a la placa v2.0  
(Cookings Hacks, 2017)



**Figura 48.** Conexión de los sensores a la placa realizada por el autor.

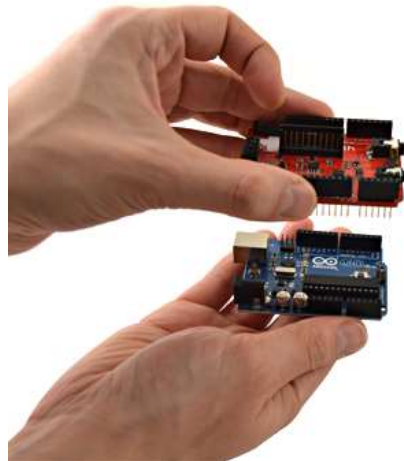
Es importante resumir todos los sensores y las variables asociadas a cada uno. Para ello se muestra la tabla 8, en la que se detallan. Es importante destacar que el Arduino Uno posee una resolución de 10 bits en las entradas analógicas como se detalla en la tabla 8, por lo tanto, se pueden obtener 1024 niveles digitales para un intervalo de 0 V a 5 V, lo que equivale a una precisión de +/- 2,44 mV.

**Tabla 8.** Resumen de sensores empleados y las variables asociadas a los mismos  
(El autor, 2017)

<b>Sensor</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2).	SPO2 BPM	% Oxígeno Cantidad de latidos por minuto
Sensor de flujo de aire en la respiración.	Flujo de aire	Entrada analógica que retorna un valor de 0 a 1023
Sensor de temperatura corporal.	Temperatura	Valor de coma flotante de lectura analógica
Sensor de electrocardiograma.	Voltaje ECG	Voltaje analógico de 0 a 5 V
Glucómetro.	Glucosa	Valor de glucosa en mg/dL o mmol/L
Sensor de respuesta galvánica en la piel (GSR – Sudoración).	Conductancia Resistencia	Valor de conductancia en la piel
Sensor de presión arterial.	Presión sistólica Presión diastólica BPM	Valor entero Valor entero Cantidad de latidos por minuto
Sensor de posición del paciente (Acelerómetro).	Posición	1- Decúbito dorsal o supino 2- Posición de decúbito izquierdo 3- Posición de decúbito lateral derecho 4- Posición de decúbito prono o ventral 5- Parado o sentado
Sensor de electromiografía.	Voltaje EMG	Voltaje analógico 0 V – 5 V

#### 4.1.4. Conexión de placa e-health con arduino uno.

La conexión entre las placas es muy sencilla, simplemente se debe ubicar la placa e-Health sobre el Arduino Uno y unir ambas placas según muestra las figuras 49 y 50.



**Figura 49.** Conexión entre la placa v2.0 y el Arduino Uno  
(Cookings Hacks, 2017)



**Figura 50.** Conexión entre la placa v2.0 y el Arduino Uno realizada por el autor

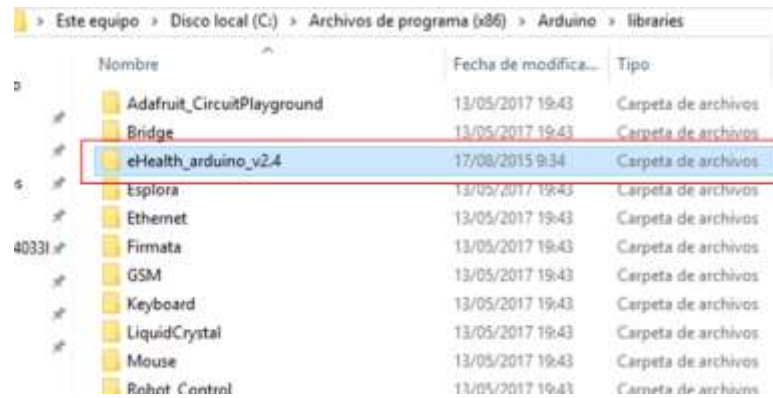
El Arduino se encarga de servir como centro de recolección de datos. Mediante la programación del mismo, se obtienen todas las variables relacionadas a los 9 sensores conectados a la placa e-Health, tanto las analógicas como las digitales, para su posterior envío al Raspberry Pi. En el Anexo 2 se muestra en detalle la programación de cada sensor.

#### **4.2. Librerías.**

La plataforma de sensores e-Health cuenta con librerías que permiten programar la lectura de los sensores de una manera fácil. Cabe destacar que estas librerías son de código abierto.

Desde el sitio web (Cookings Hacks, 2017) es posible descargar todas las librerías existentes para uso con el Arduino denominadas librerías ArduPi. Estas librerías,

disponibles en archivos .zip se deben descargar e incluir dentro del folder del IDE de Arduino, de manera que al momento de compilar los programas se puedan encontrar y emplear cada librería según se muestra en la figura 51.



**Figura 51.** Librerías eHealth en el directorio librerías de Arduino

### 4.3. Transmisión y almacenamiento de datos.

Luego de que el Arduino se encarga de procesar las mediciones y guardarlas en las variables respectivas, estos paquetes de datos son enviados al Raspberry Pi mediante la conexión del puerto serial USB, el Raspberry pi se encarga de enviar la información al servidor doctorpi.valcorp.com.ec donde se almacenan todos los datos. Considerando que la información personal del paciente es totalmente privada solo se permitirá acceso a esta base de datos a la persona autorizada, la misma que tendrá que autenticar sus credenciales de usuario y contraseña al momento de logearse desde los medios integrados para la visualización de datos.

### 4.4. Visualización de datos almacenados.

La visualización de los datos juega un papel sumamente importante ya que es necesario que el equipo médico cuente con una manera sencilla de ver y analizar los cientos e incluso miles de datos recolectados y transmitidos, particularmente la electromiografía y el electrocardiograma deben ser visualizados mediante una representación gráfica de todos los valores obtenidos de las mediciones. Los métodos de visualización entonces permiten una manera accesible de manejar y analizar los datos, evitando métodos tradicionales como historias clínicas o la gran cantidad de papeles archivados.

#### 4.4.1. Visualización en la aplicación android.

Se plantea la creación de una aplicación para el sistema operativo Android denominada Doctor Pi, la cual permite tener acceso a todas las variables obtenidas de los sensores e incluso también puede realizar las mediciones para cada paciente.

Doctor Pi presenta un interfaz de usuario amigable y muy sencilla de usar, puesto que se espera que sea empleada por pacientes con bajo conocimiento en el uso de aplicaciones móviles. Por ende, se permite cumplir el objetivo de visualizar mediante una aplicación móvil los datos obtenidos por los sensores para que cualquier persona autorizada que se encuentre al cuidado del paciente pueda tener acceso.

Para la programación de Doctor Pi se usó el Android Studio el cual es un entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial que sirve para el desarrollo de aplicaciones a ejecutar en Android basado en IntelliJ IDEA. Android Studio ofrece un editor de códigos y herramientas para desarrolladores de IntelliJ.

También ofrece más funciones para mejorar la productividad cuando se compilan las apps, tales como:

- Es compatible con C++ y NDK.
- Posee una gran variedad de herramientas y frameworks de prueba.
- Sistema de compilación basado en Gradle flexible.
- Posee herramientas Lint que permiten detectar problemas de rendimientos, así como usabilidad y compatibilidad de versión. (Android Studio, 2017)

En el Anexo 2 se muestra la programación empleada para obtener la aplicación. La figura 52 muestra un ejemplo del proceso de diseño y programación de Doctor PI.



Figura 52. Programación de Doctor PI en Android Studio.

#### 4.4.2. Visualización en la pantalla Raspberry Pi de 7”.

La pantalla Raspberry Pi táctil acoplada al prototipo es de vital importancia para el paciente o la enfermera que esta al cuidado del mismo ya que desde la parte frontal del prototipo, mediante el uso del teclado y mouse para una mayor comodidad se puede visualizar los datos obtenidos por los sensores del paciente en cuestión. De igual manera se puede realizar las mediciones al paciente para que así se puedan almacenar ya sea digital o manualmente y se archiven en la base de datos.

En la figura 53 y 54 se puede visualizar la pantalla conectada a la Raspberry Pi y la pantalla desde su vista frontal.



**Figura 53.** Pantalla conectada a Raspberry Pi.



**Figura 54.** Pantalla táctil Raspberry pi vista frontal.

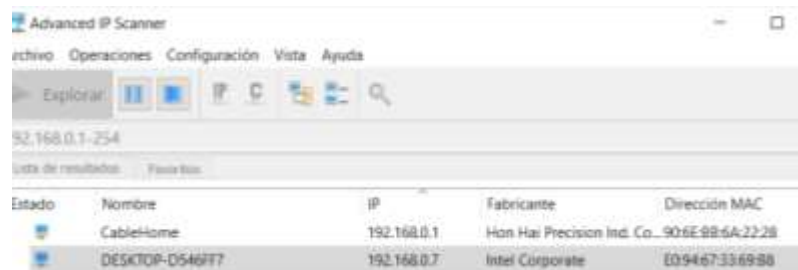


#### 4.4.3. Visualización desde la web.

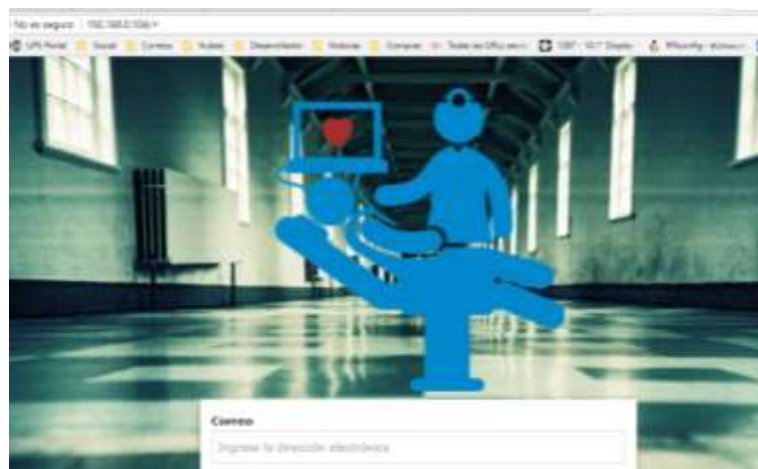
Si el paciente o la persona autorizada desea tomar la medición diaria con alguno de los sensores previamente mencionados, también lo puede realizar desde una computadora ingresando al navegador con la IP del prototipo, en si la dirección IP de la placa Raspberry PI.

Para saber la dirección IP de la Raspberry PI desde una computadora podemos hacerlo con el programa Advanced Ip Scanner y nos deberá reflejar todas las ip conectadas a nuestra red, pero con la diferencia que la que necesitamos debería indicar Raspberry Pi, o en su defecto la dirección Mac de toda Raspberry inicia con B8:27 y de ahí podemos visualizar la ip que necesitamos para el ingreso al navegador.

En la figura 55 y 56 se muestran la interfaz del programa Advanced Ip Scanner y la interfaz desde el navegador ya ingresada la ip.



**Figura 55.** Programa Advance ip Scanner.



**Figura 56.** Interfaz web.



#### 4.5. Alertas vía mensaje de texto (SMS) y llamada perdida.

Se empleó un módulo GPRS/GSM modelo SIM900 como el mostrado en la figura 57 el cual se coloca en la parte superior del de la plataforma e-Health que permite la conexión con el Arduino Uno de acuerdo a la figura 58.

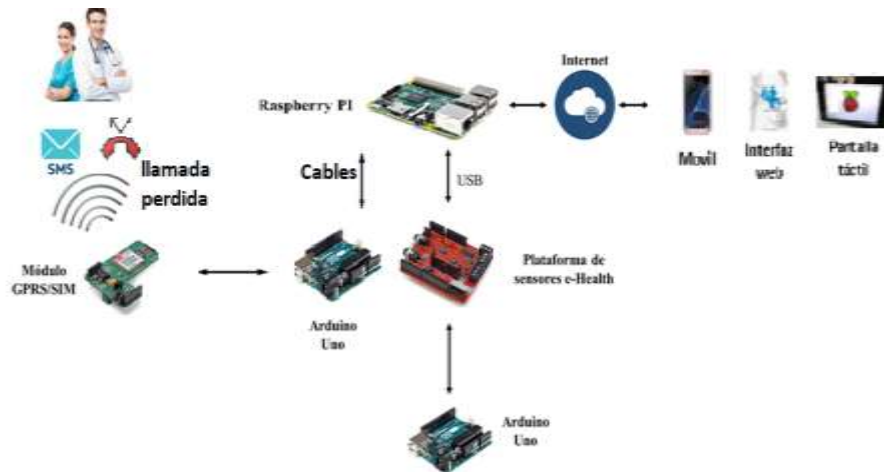


**Figura 57.** Módulo GPRS modelo SIM900.  
(Cookings Hacks, 2017)



**Figura 58.** Módulo GPRS conectado al Arduino uno.

Este módulo permite mediante el empleo de una Sim Card para el envío de mensajes SMS y llamada perdida a cualquier número telefónico previamente definido tal como se puede interpretar en la arquitectura del sistema de alertas GPRS mostrada en la figura 59. De esta manera, se busca cumplir uno de los objetivos planteados que es reportar vía mensaje de texto al médico de cabecera cuando las mediciones obtenidas por los sensores estén fuera del intervalo permitido.



**Figura 59.** Arquitectura de alerta vía SMS y llamada perdida.

Cabe recalcar que el chip utilizado para este módulo GPRS es perteneciente a la operadora Claro, registrando el número telefónico 0989496952.

#### 4.6. Alertas mediante voz.

Se acopló al prototipo un sistema de parlantes tal como se muestra en la figura 60 que enrute la salida de audio de la tarjeta Raspberry Pi en la cual reproduzcan el proceso de la medición “Su medición está siendo procesada” y cuando la medición este fuera de su rango permitido, es decir que presente alguna anomalía con algún paciente se han programado los parámetros para que se pueda reproducir el audio “Su medición esta fuera de rango” e inmediatamente actué el sistema GPRS previamente analizado, el cual enviará un mensaje de texto y llamada perdida al número programado en el Arduino.

Esta actividad busca cumplir uno de los objetivos específicos planteados que es diseñar un sistema mediante voz que permita reproducir el proceso de la medición de los sensores y si la misma esta fuera de su rango permitido.



**Figura 60.** Parlantes acoplados al prototipo.

#### **4.7. Pruebas comparativas del prototipo.**

El sistema fue puesto a prueba primeramente de manera intuitiva, considerando que los resultados se encuentren dentro de los parámetros esperados tomando en cuenta los valores típicos presentados en el marco teórico. Por ejemplo, se verificó que la temperatura indicará alrededor de 36°C para una persona sin fiebre; también la comparación visual entre la posición real del paciente y la indicada por la aplicación.

Para garantizar que el prototipo funciona adecuadamente también se realizó una comparación con productos comerciales certificados. No obstante, existe la limitante de las características técnicas ofrecidas por los fabricantes que son bastante reducidas. Además, esta actividad busca cumplir unos de los objetivos específicos planteados que es la comparación entre el prototipo y equipos farmacéuticos certificados.

### **5. RESULTADOS**

#### **5.1. Sensor pulso y oxígeno en la sangre (SPO2)**

En la figura 61 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo integrado del prototipo "Doctor Pi"



**Figura 61.** Medición realizada con sensor pulso y oxígeno.

### 5.1.1. Medición comparativa del sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2).

En la figura 62 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo comparativo para probar la funcionalidad del sensor pulso y oxígeno.



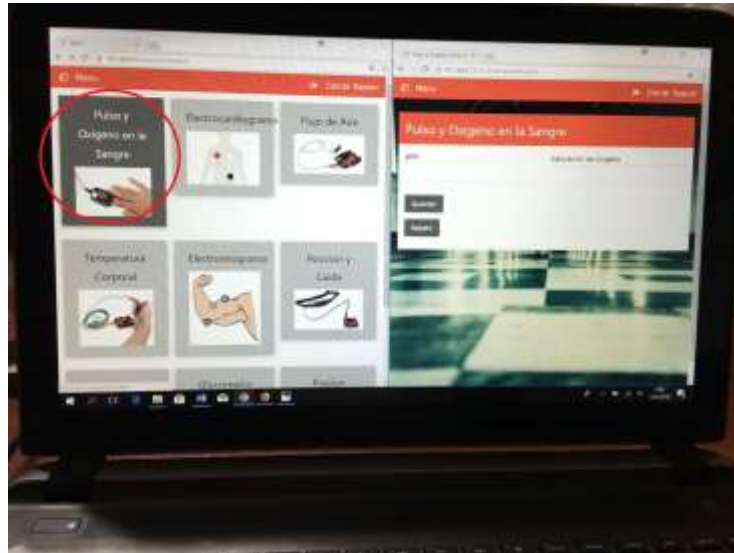
**Figura 62.** Medición realizada con sensor comparativo pulso y oxígeno.

### 5.1.2. Interfaz visual del sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2).

En las figuras 63, 64 y 65 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry Pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.



**Figura 63.** Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en pantalla Raspberry Pi acoplada a prototipo "Doctor Pi".



**Figura 64.** Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en navegador web.



**Figura 65.** Interfaz visual sensor pulso y oxígeno en aplicación android.

### 5.1.3. Historial clínico para el sensor de pulso y oxígeno en la sangre (SpO2).

Tal como se muestra en la figura 66, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor pulso y oxígeno de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor PI' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 66.** Historial clínico sensor pulso y oxígeno en aplicación android.

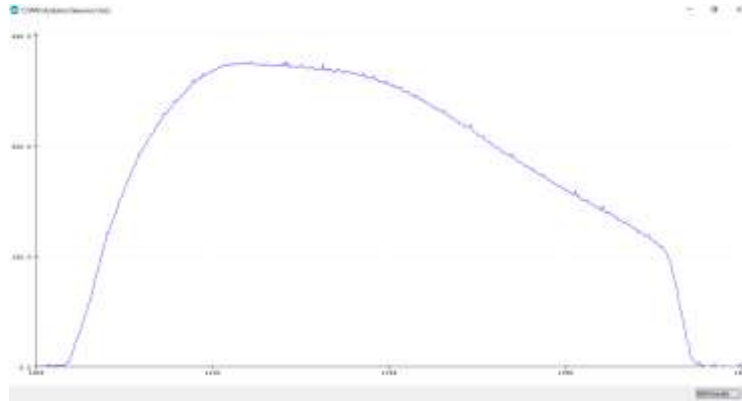
## 5.2. Sensor flujo de aire en la respiración.

En la figura 67 se visualiza el uso del sensor de flujo de aire en la respiración utilizado por el paciente, mientras que en la figura 68 se muestran los resultados gráficos para dicho sensor con un comportamiento adecuado al esperado utilizando la herramienta serial plotter de arduino.



**Figura 67.** Uso del sensor flujo de aire en la respiración.



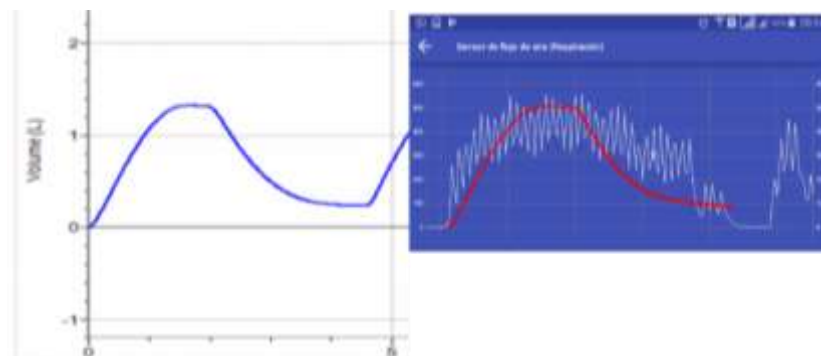


**Figura 68.** Comportamiento del sensor flujo de aire y respiración utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino.

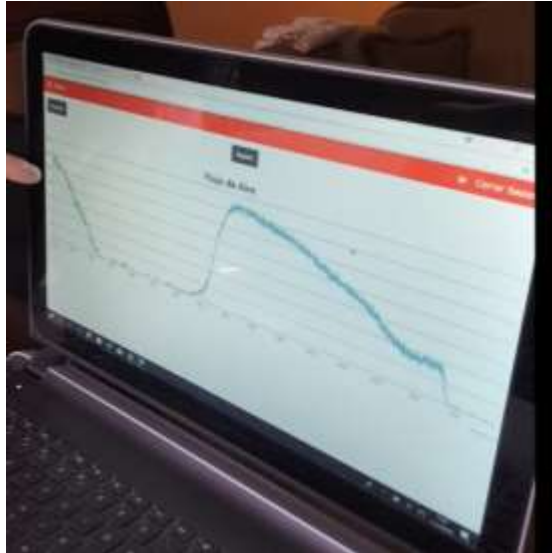
### 5.2.1. Medición comparativa del sensor de flujo de aire en la respiración.

Para probar el correcto funcionamiento del equipo se lo realiza de manera visual poniendo como ejemplo, en la figura 69 se muestra en la parte izquierda la medición ideal para un paciente estable y en la parte derecha los datos obtenidos por el sensor flujo de aire en la respiración acoplado al prototipo y visualizado desde la aplicación Android.

Otra manera de probar la funcionabilidad del equipo es tomando dos mediciones una como se muestra en la figura 70 realizando la medición con el sensor y respirando de una manera estable en la cual se visualiza una sola onda completa y la otra como se muestra en la figura 71 respirando de una manera más rápida en la cual se visualizan varias ondas.



**Figura 69.** Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha).



**Figura 70.** Medición con respiración estable.



**Figura 71.** Medición con respiración más rápida.

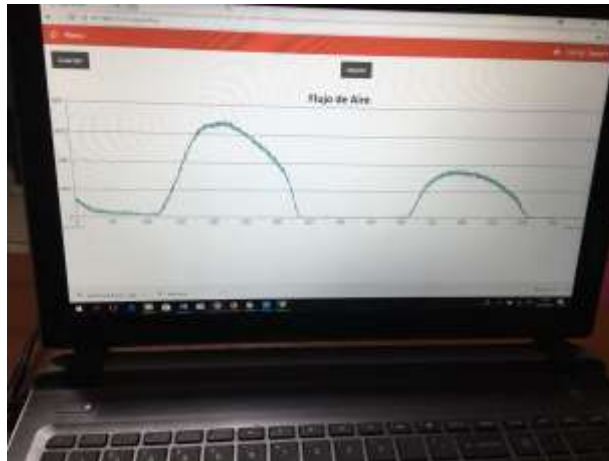
### **5.2.2. Interfaz visual del sensor de flujo de aire en la respiración.**

En las figuras 72,73 y 74 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.





**Figura 72.** Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en pantalla Raspberry acoplada a prototipo “Doctor Pi”.



**Figura 73.** Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en navegador web.



**Figura 74.** Interfaz visual sensor flujo de aire en la respiración en aplicación android.

### 5.2.3. Historial clínico para el sensor de flujo de aire en la respiración.

Tal como se muestra en la figura 75, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor flujo de aire en la respiración de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



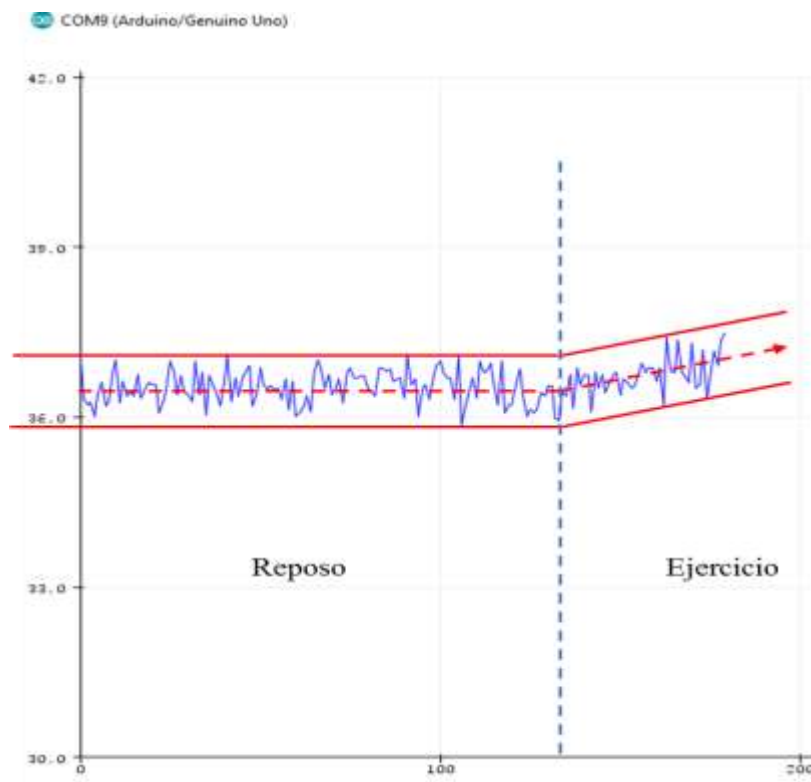
**Figura 75.** Historial clínico sensor flujo de aire en la respiración en aplicación android.

### 5.3. Sensor temperatura corporal.

En la figura 76 se visualiza el uso del sensor de temperatura corporal utilizado por el paciente, mientras que en la figura 77 los resultados obtenidos por el sensor muestran valores entre los  $35.9^{\circ}\text{C}$  y los  $37.1^{\circ}\text{C}$  con una media de  $36.6^{\circ}\text{C}$ , lo cual está de acuerdo a los valores descritos en la figura 4 para una persona en reposo, mientras que en ejercicio se incrementan los valores de temperatura.



**Figura 76.** Uso del sensor temperatura corporal utilizado por el paciente.



**Figura 77.** Comportamiento del sensor temperatura corporal utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino.

### 5.3.1. Medición comparativa del sensor temperatura corporal.

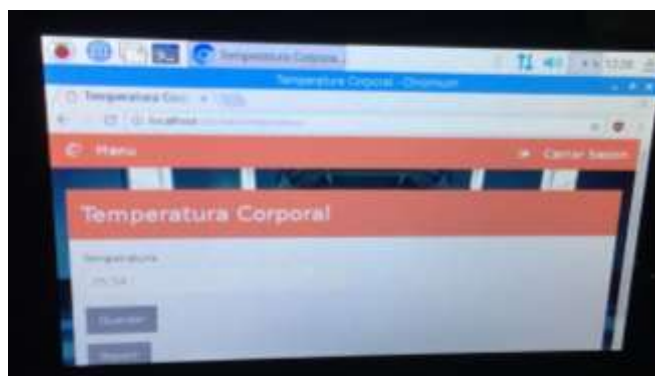
En la figura 78 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo comparativo para probar la funcionalidad del sensor temperatura corporal.



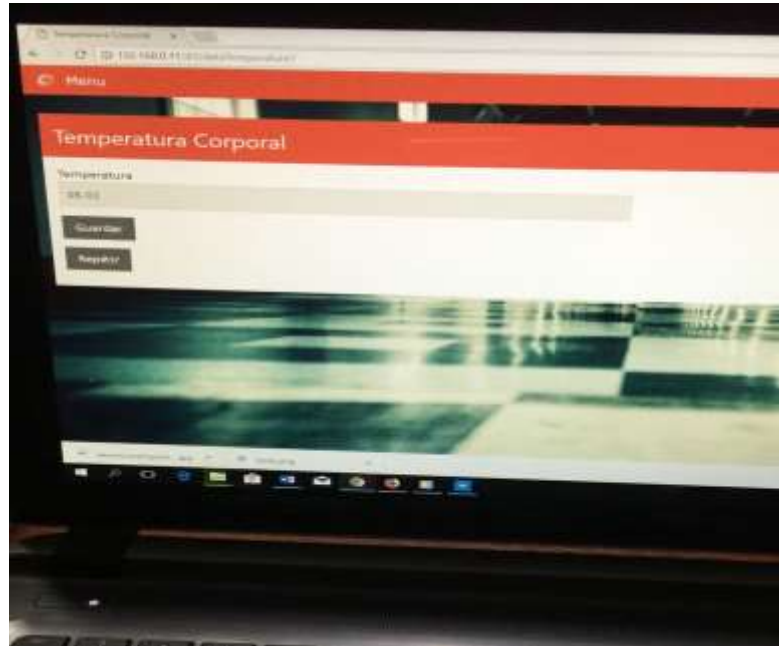
**Figura 78.** Medición realizada con sensor comparativo temperatura corporal.

### 5.3.2. Interfaz visual del sensor temperatura corporal.

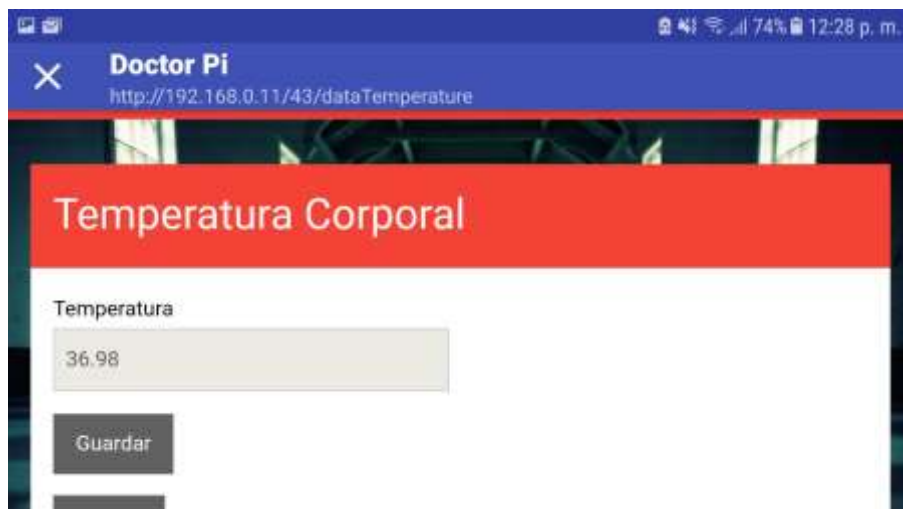
En las figuras 79, 80 y 81 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.



**Figura 79.** Interfaz visual sensor temperatura corporal en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".



**Figura 80.** Interfaz visual sensor temperatura corporal en navegador web.



**Figura 81.** Interfaz visual sensor temperatura corporal en aplicación android.

### **5.3.3. Historial clínico para el sensor de temperatura corporal.**

Tal como se muestra en la figura 82, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor de temperatura corporal de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



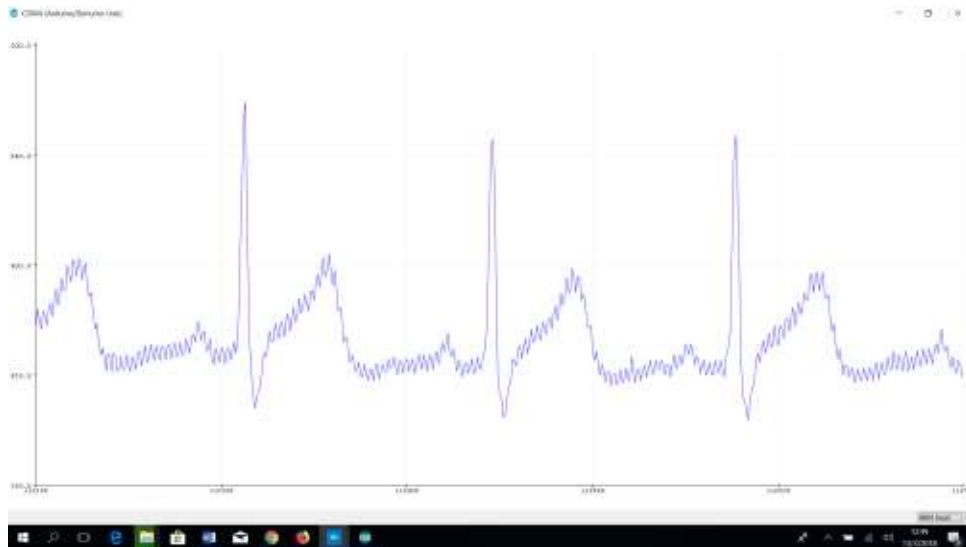
**Figura 82.** Historial clínico sensor temperatura corporal en aplicación android.

#### 5.4. Sensor electrocardiograma.

En la figura 83 se visualiza el uso del sensor de electrocardiograma utilizado por el paciente, mientras que en la figura 84 se muestran los resultados gráficos para dicho sensor con un comportamiento adecuado al esperado.



**Figura 83.** Uso del sensor electrocardiograma utilizado por el paciente.

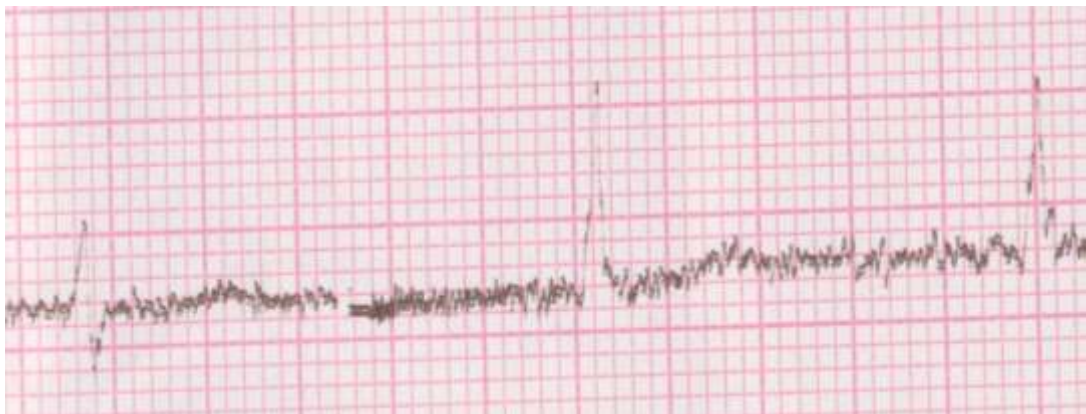


**Figura 84.** Comportamiento del sensor electrocardiograma utilizado por el paciente y graficado mediante la herramienta serial plotter de arduino.

#### **5.4.1. Medición comparativa del sensor de electrocardiograma.**

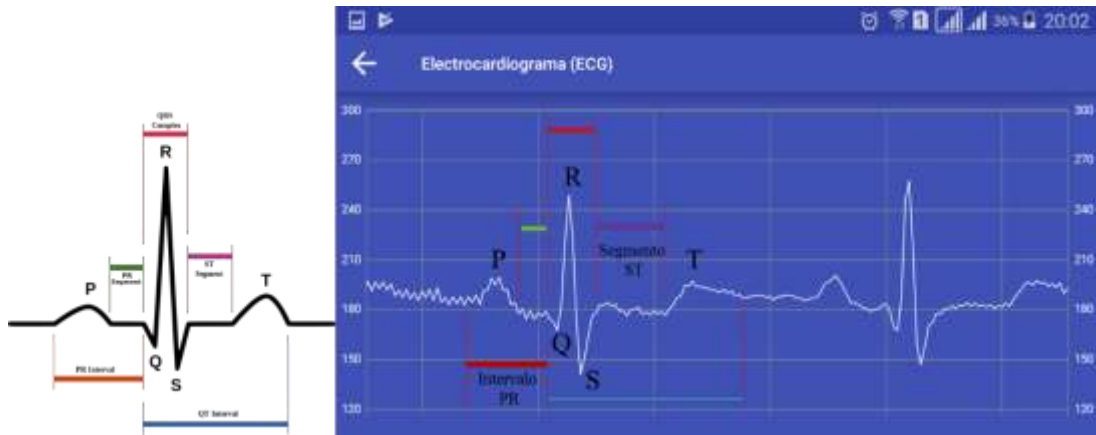
En la figura 85 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo comparativo para probar la funcionabilidad del electrocardiograma.

De igual manera en la figura 86 se muestra en la parte izquierda la medición ideal para un paciente estable y en la parte derecha los datos obtenidos por el sensor electrocardiograma acoplado al prototipo y visualizado desde la aplicación Android.



**Figura 85.** Medición realizada con sensor comparativo de electrocardiograma.

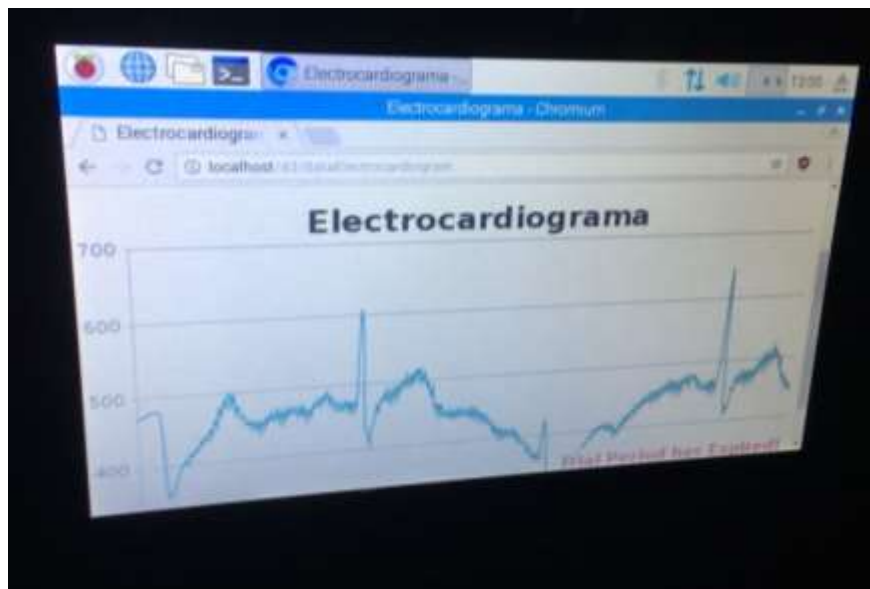




**Figura 86.** Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha).

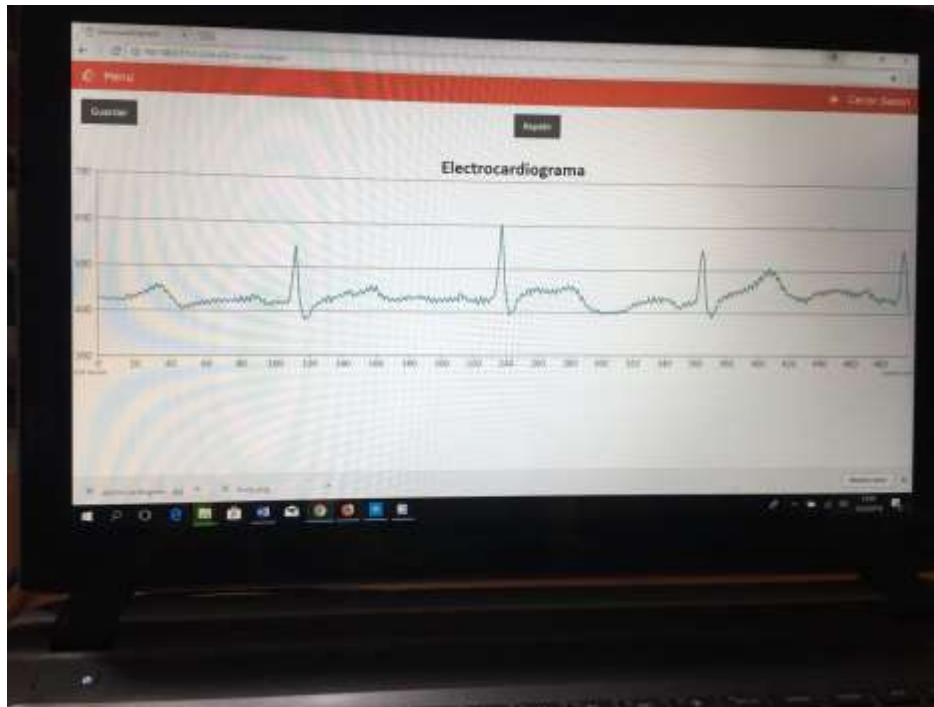
#### 5.4.2. Interfaz visual del sensor de electrocardiograma.

En las figuras 87, 88 y 89 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.

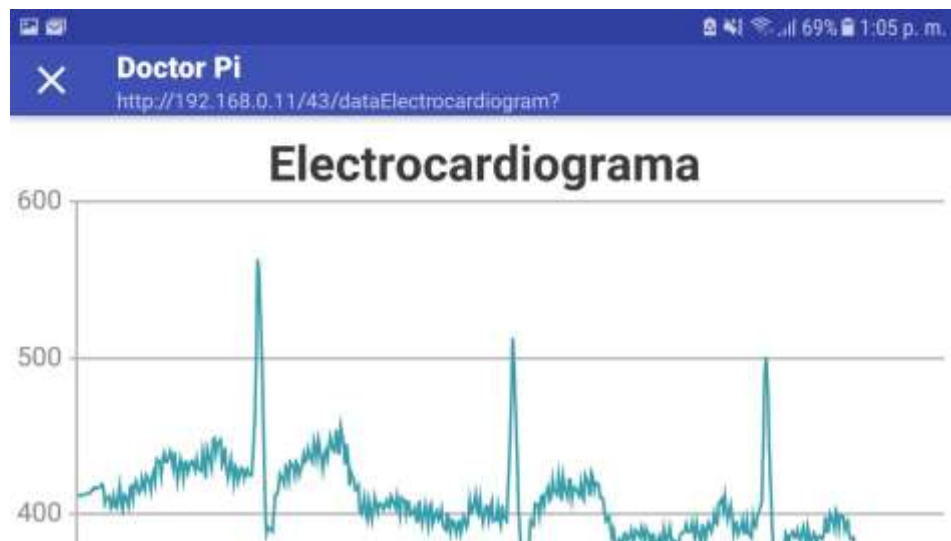


**Figura 87.** Interfaz visual sensor electrocardiograma en pantalla Raspberry pi acoplada a prototipo "Doctor Pi".





**Figura 88.** Interfaz visual sensor electrocardiograma en navegador web.



**Figura 89.** Interfaz visual sensor electrocardiograma en aplicación android.

#### **5.4.3. Historial clínico para el sensor de electrocardiograma.**

Tal como se muestra en la figura 90, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor de electrocardiograma de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son

almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 90.** Historial clínico sensor electrocardiograma en aplicación android.

### 5.5. Sensor glucómetro.

En la figura 91 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo integrado del prototipo "Doctor Pi"



**Figura 91.** Medición realizada con sensor glucómetro.

### 5.5.1. Medición comparativa del sensor glucómetro.

En la figura 92 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo comparativo para probar la funcionalidad del sensor glucómetro.



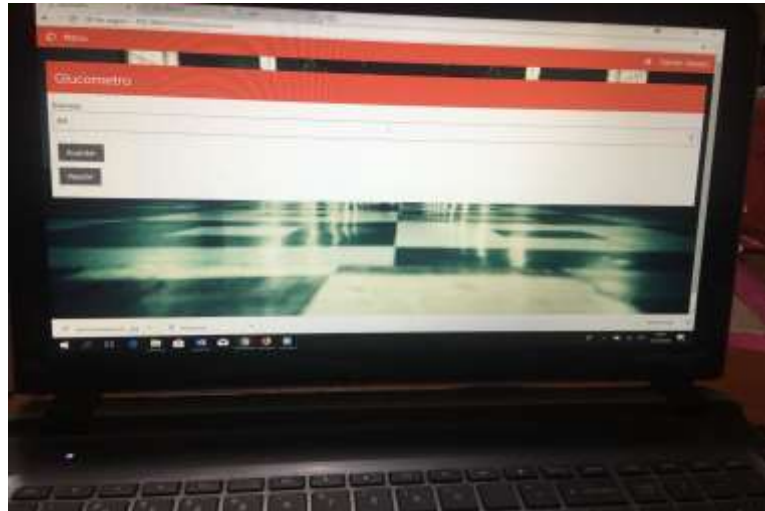
**Figura 92.** Medición realizada con sensor comparativo glucómetro.

### 5.5.2. Interfaz visual del sensor glucómetro.

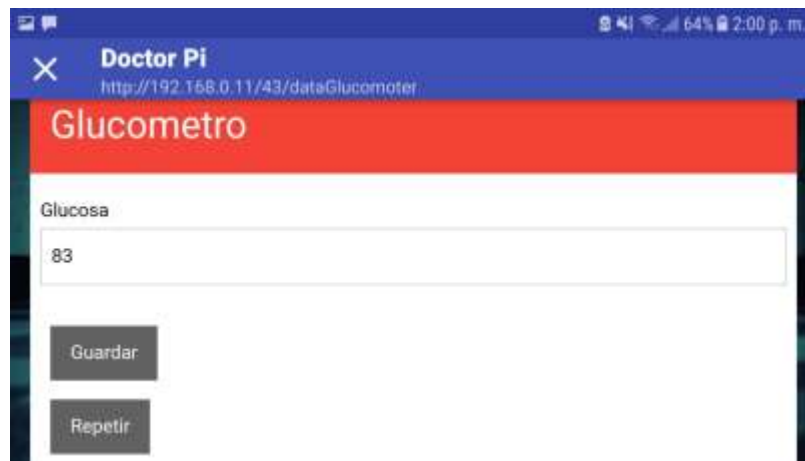
En las figuras 93, 94 y 95 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.



**Figura 93.** Interfaz visual sensor glucómetro en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".



**Figura 94.** Interfaz visual sensor glucómetro en navegador web.



**Figura 95.** Interfaz visual sensor glucómetro en aplicación android.

### **5.5.3. Historial clínico para el sensor glucómetro.**

Tal como se muestra en la figura 96, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor glucómetro de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 96.** Historial clínico sensor glucómetro en aplicación android.

### 5.6. Sensor respuesta galvánica en la piel.

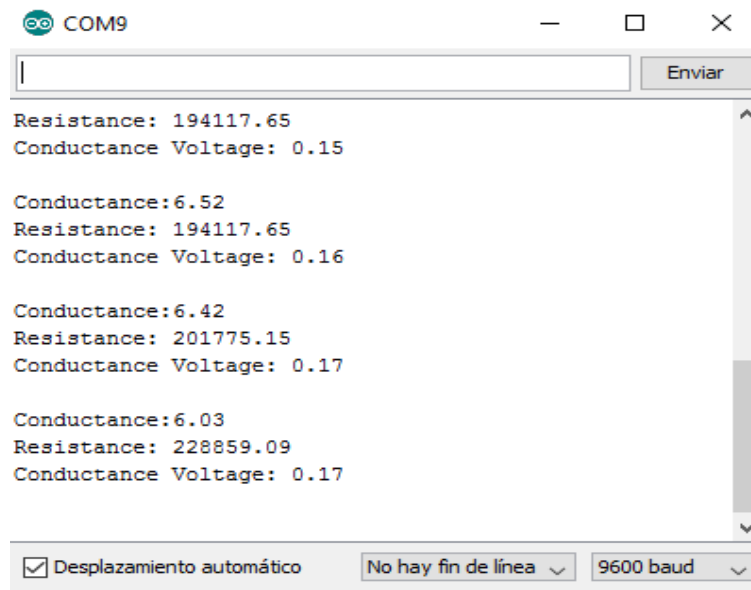
En la figura 97 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo integrado del prototipo “Doctor Pi”.



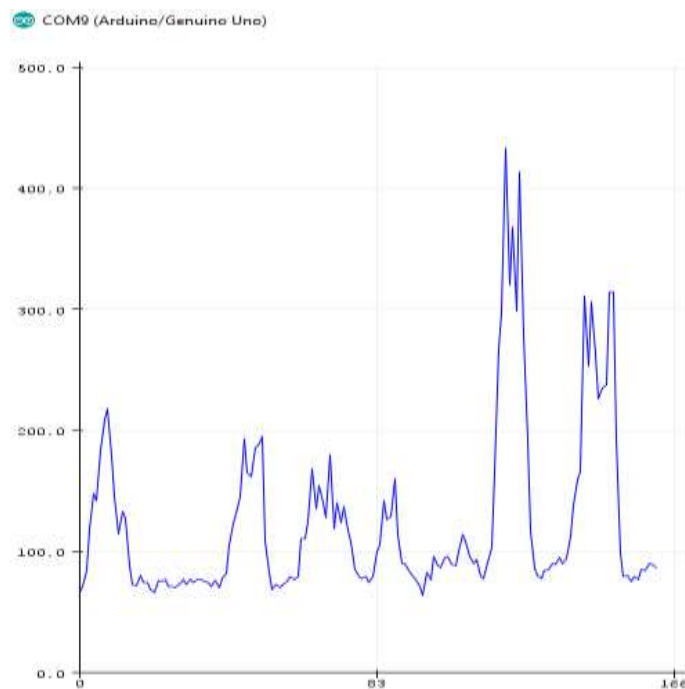
**Figura 97.** Uso del sensor respuesta galvánica en la piel utilizado por el paciente.

#### 5.6.1. Medición comparativa del sensor de respuesta galvánica en la piel.

Para probar la funcionalidad del sensor se lo realiza de manera visual tomando varias mediciones al paciente, estos valores son muy variables ya que mediante las glándulas sudoríparas se obtienen valores de estado emocional del paciente representados como resistencia y conductancia, tal como se muestra en la figura 98 se tomaron varias muestras con mediciones variables para el mismo paciente lo cual se lo ha representado en valores de conductancia y resistencia, mientras que en la figura 99 se lo ha representado en el plano xy.



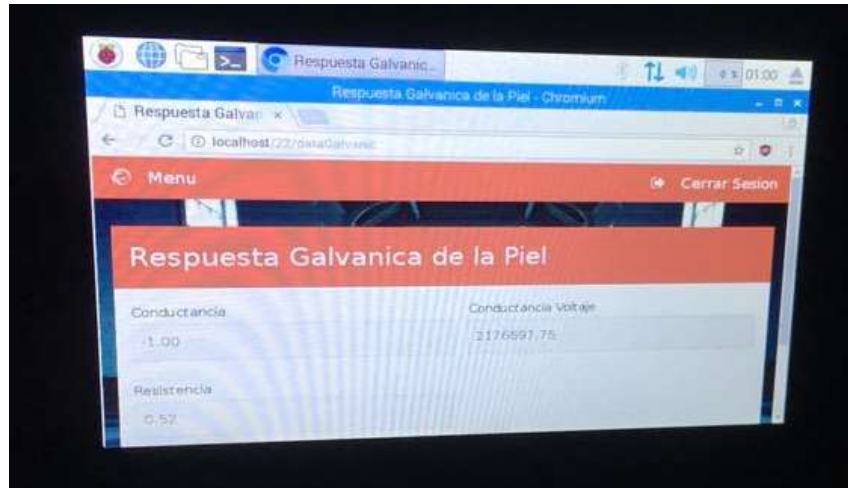
**Figura 98.** Comportamiento del sensor respuesta galvánica en la piel en valores representados por conductancia y resistencia utilizando la herramienta monitor serial de arduino.



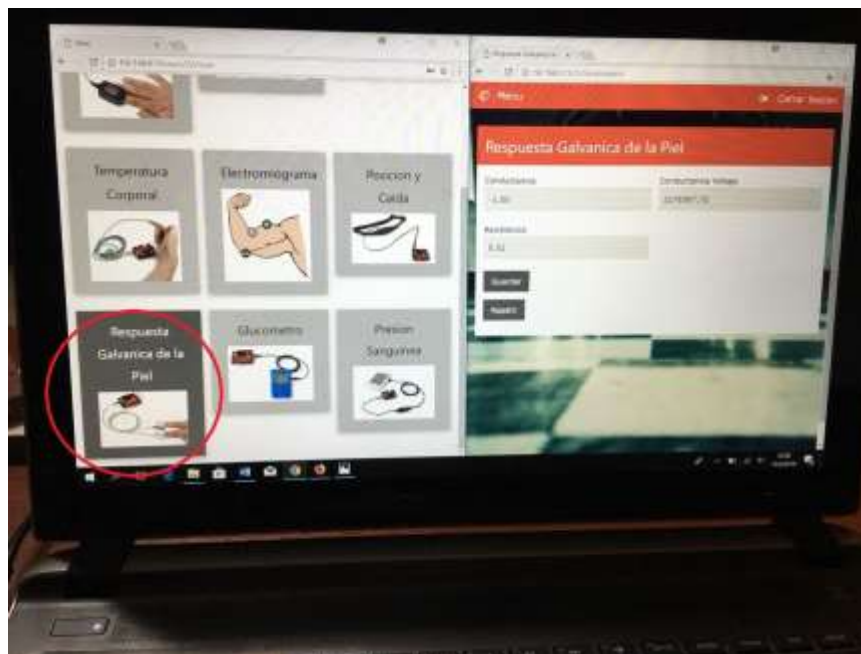
**Figura 99.** Comportamiento del sensor respuesta galvánica en coordenadas xy utilizando la herramienta serial plotter de arduino.

### 5.6.2. Interfaz visual del sensor respuesta galvánica en la piel.

En las figuras 100, 101 y 102 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.

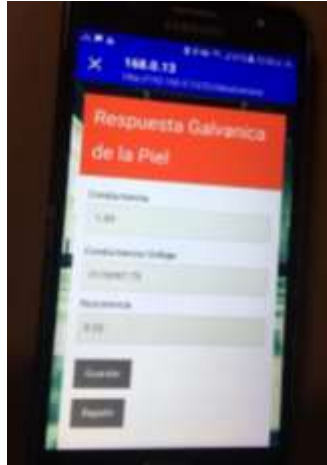


**Figura 100.** Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".



**Figura 101.** Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en navegador web.





**Figura 102.** Interfaz visual sensor respuesta galvánica en la piel en aplicación android.

### 5.6.3. Historial clínico para el sensor respuesta galvánica en la piel.

Tal como se muestra en la figura 103, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor respuesta galvánica en la piel de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 103.** Historial clínico sensor respuesta galvánica en la piel en aplicación android.



## 5.7. Sensor presión arterial.

En la figura 104 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo integrado del prototipo "Doctor Pi".



**Figura 104.** Medición realizada con sensor presión arterial.

### 5.7.1. Medición comparativa del sensor presión arterial.

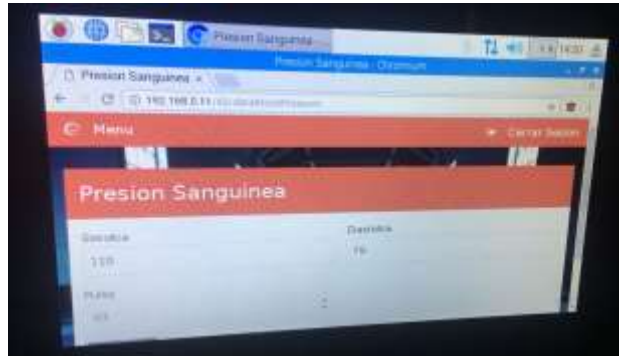
En la figura 105 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo comparativo para probar la funcionalidad del sensor presión arterial.



**Figura 105.** Medición realizada con sensor comparativo presión arterial.

### 5.7.2. Interfaz visual del sensor presión arterial.

En las figuras 106,107 y 108 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.



**Figura 106.** Interfaz visual sensor presión arterial en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".



**Figura 107.** Interfaz visual sensor presión arterial en navegador web.



**Figura 108.** Interfaz visual sensor presión arterial en aplicación android.

### 5.7.3. Historial clínico para el sensor presión arterial.

Tal como se muestra en la figura 109, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor presión arterial de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor PI' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 109.** Historial clínico sensor presión arterial en aplicación android.

### 5.8. Sensor posición del paciente

En la figura 110 se muestra la medición realizada al paciente con el equipo integrado del prototipo "Doctor PI"



**Figura 110.** Uso del sensor posición del paciente utilizado por el paciente.

### 5.8.1. Medición comparativa del sensor posición del paciente.

Para probar el correcto funcionamiento del equipo se lo realiza de manera visual tomando varias mediciones de las cuales según la posición actual del paciente ya sea abajo, arriba, de lado izquierdo o derecho tendrá que reflejarse en la interfaz visual desde la aplicación Android, navegador web o pantalla Raspberry según como se muestra en la figura 111.



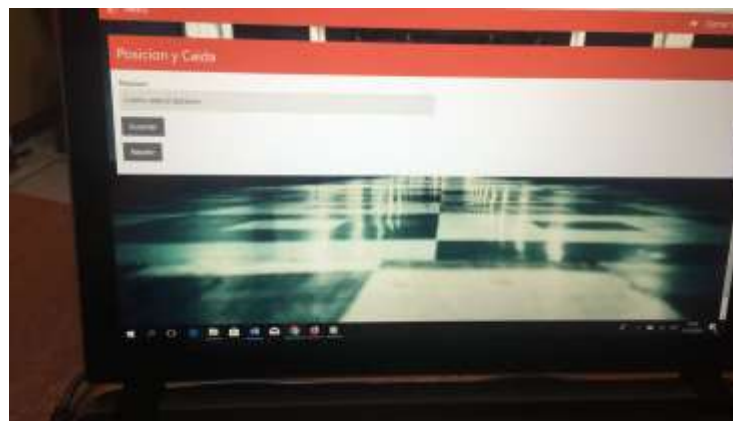
**Figura 111** Mediciones en varias posiciones obtenidas por el sensor posición del paciente.

### 5.8.2. Interfaz visual del sensor de posición del paciente.

En las figuras 112,113 y 114 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.



**Figura 112.** Interfaz visual sensor posición del paciente en pantalla Raspberry acoplada a prototipo “Doctor Pi”.



**Figura 113.** Interfaz visual sensor posición del paciente en navegador web.



**Figura 114.** Interfaz visual sensor posición del paciente en aplicación android.

### 5.8.3. Historial clínico para el sensor de posición del paciente.

Tal como se muestra en la figura 115, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor posición de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor PI' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.



**Figura 115.** Historial clínico sensor posición del paciente en aplicación android.

### 5.9. Sensor electromiograma.

En la figura 116 se visualiza el uso del sensor de electrocardiograma utilizado por el paciente, mientras que en la figura 117 se muestran los resultados gráficos para dicho sensor con un comportamiento adecuado al esperado.



**Figura 116.** Uso del sensor electromiograma utilizado por el paciente.

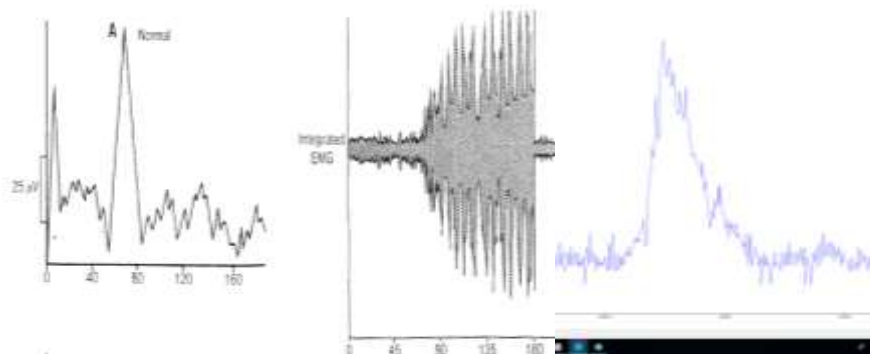


**Figura 117.** Comportamiento del sensor electromiograma utilizando la herramienta serial plotter de arduino.

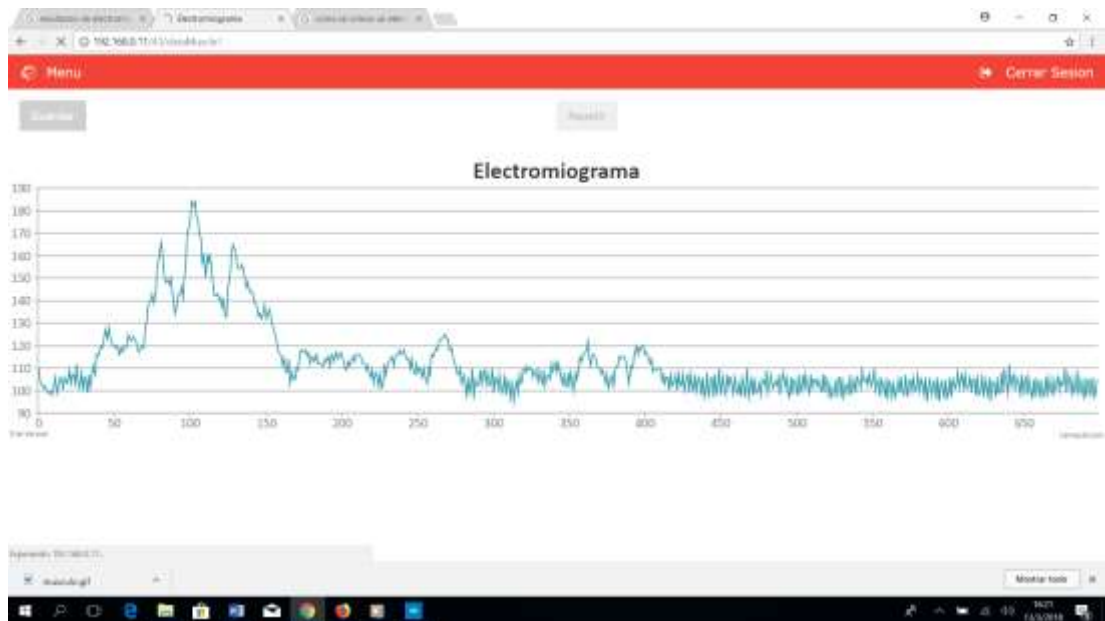
### 5.9.1. Medición comparativa del sensor de electrocardiograma.

Para probar el correcto funcionamiento del equipo se lo realiza de manera visual poniendo como ejemplo, en la figura 118 se muestra en la parte izquierda la medición ideal para un paciente estable y en la parte derecha los datos obtenidos por el sensor electromiograma acoplado al prototipo y visualizado desde el serial plotter de arduino.

Otra manera de probar la funcionabilidad del equipo es tomando dos mediciones una como se muestra en la figura 119 realizando fuerza con el brazo una vez, es decir de una manera estable en la cual se visualiza una sola onda completa y la otra como se muestra en la figura 120 realizando fuerza más veces, es decir de una manera no normal en la cual se visualizan varias ondas.



**Figura 118.** Medición ideal (izquierda) vs medición tomada por el sensor acoplado al prototipo (derecha) utilizando serial plotter de arduino.



**Figura 119.** Medición tomada aplicando fuerza en el brazo una vez.



**Figura 120.** Medición tomada aplicando fuerza en el brazo varias veces.

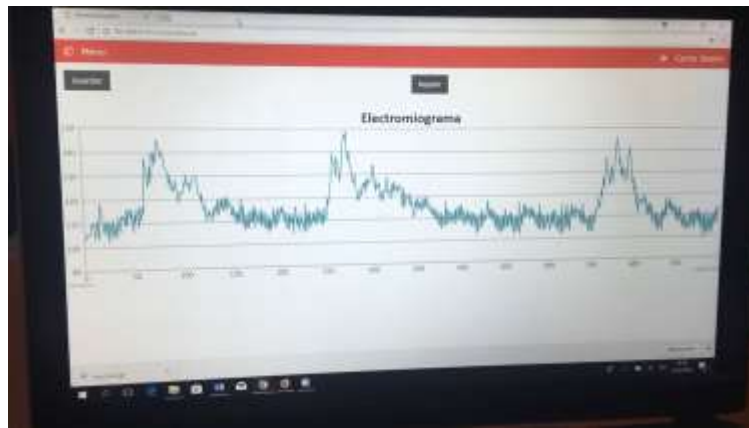
### 5.9.2. Interfaz visual del sensor de electromiograma.

En las figuras 121, 122 y 123 se puede observar la interfaz visual tanto en la pantalla Raspberry acoplada al prototipo "Doctor Pi", en el navegador web y en la aplicación android.

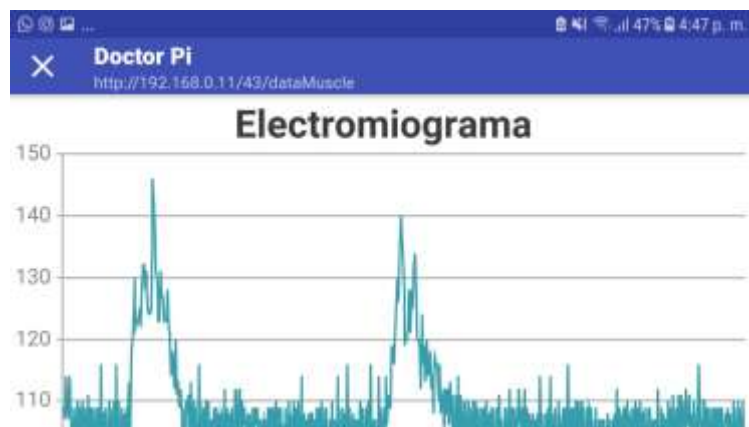




**Figura 121.** Interfaz visual sensor electromiograma en pantalla Raspberry acoplada a prototipo "Doctor Pi".



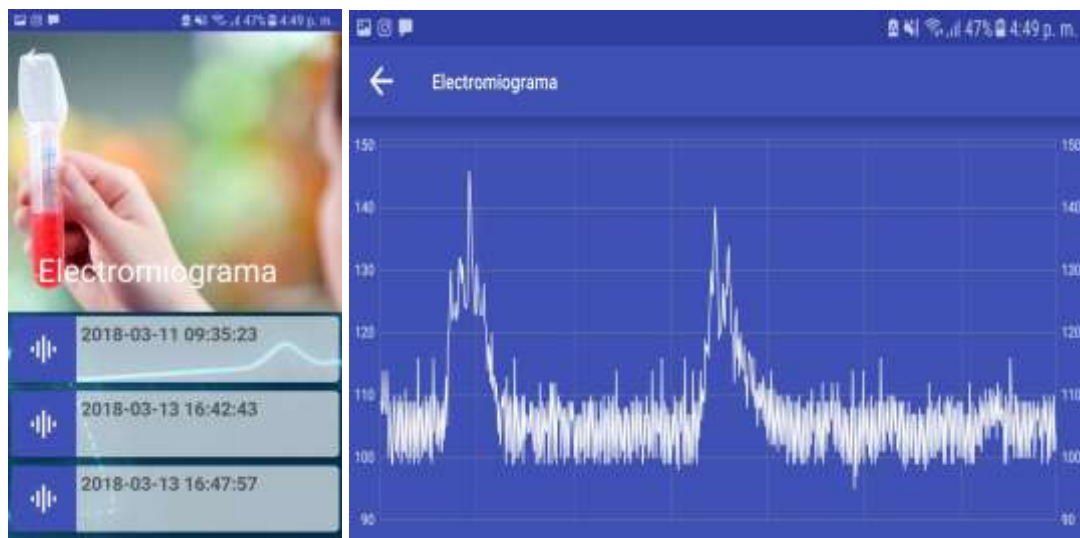
**Figura 122.** Interfaz visual sensor electromiograma en navegador web.



**Figura 123.** Interfaz visual sensor electromiograma en aplicación android.

### 5.9.3. Historial clínico para el sensor de electromiograma.

Tal como se muestra en la figura 124, en la interfaz de la aplicación Android se pueden visualizar todas las mediciones del sensor de electromiograma de un paciente determinado ingresando con el usuario y contraseña del mismo, las mismas que son almacenadas cada vez que se realiza esta medición en el servidor de 'Doctor Pi' descrito en la dirección mencionada previamente denominada como valcorp.com.ec.

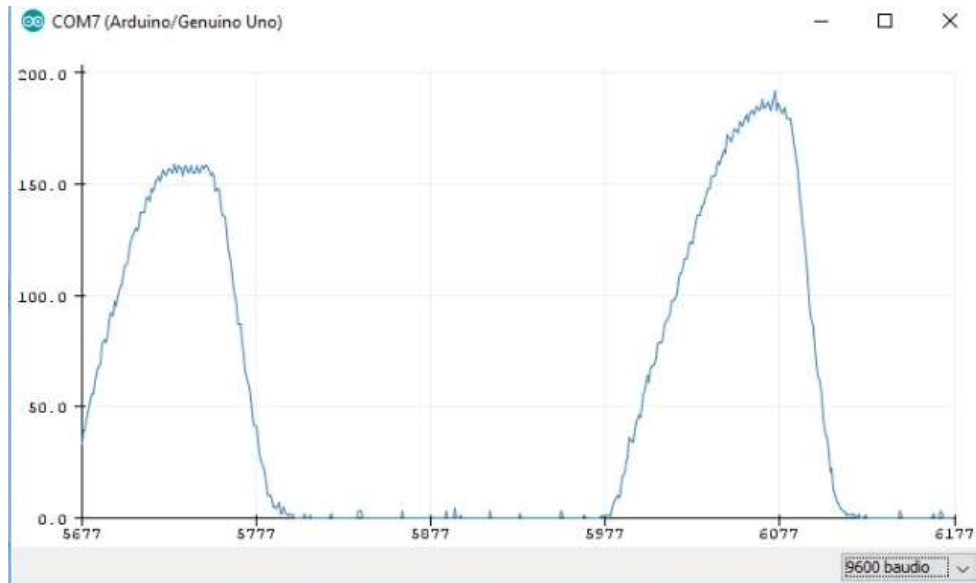


**Figura 124.** Historial clínico sensor electromiograma en aplicación android.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

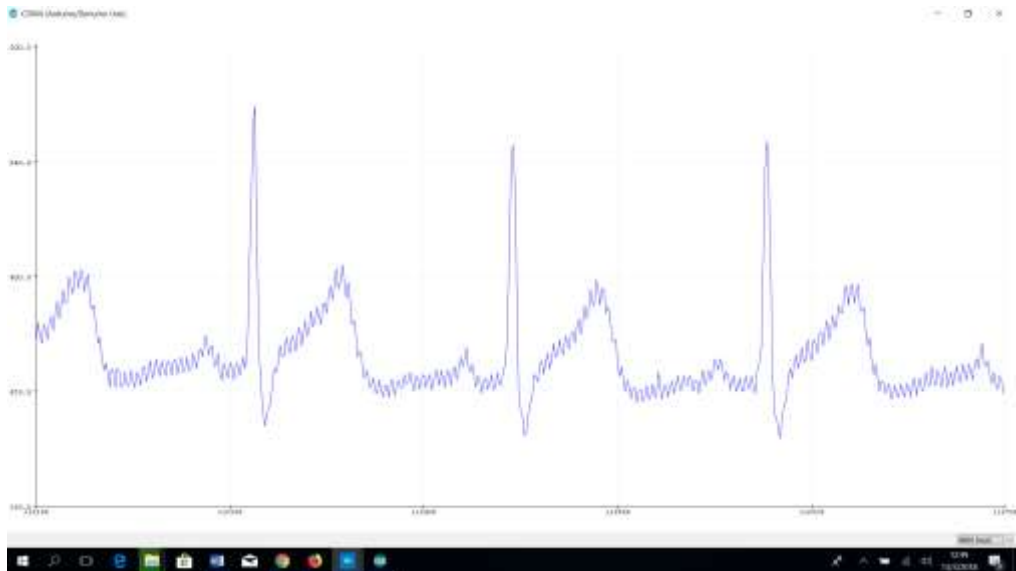
### 6.1. Adquisición de datos.

Se probaron todas las funcionalidades de los sensores, primeramente, se empleó el Serial Plotter disponible en el IDE de Arduino Uno, que facilita graficar los datos que está recibiendo de los sensores. En la figura 125 se muestra un ejemplo para el caso del sensor de flujo de aire, donde se puede apreciar la variación en el tiempo.

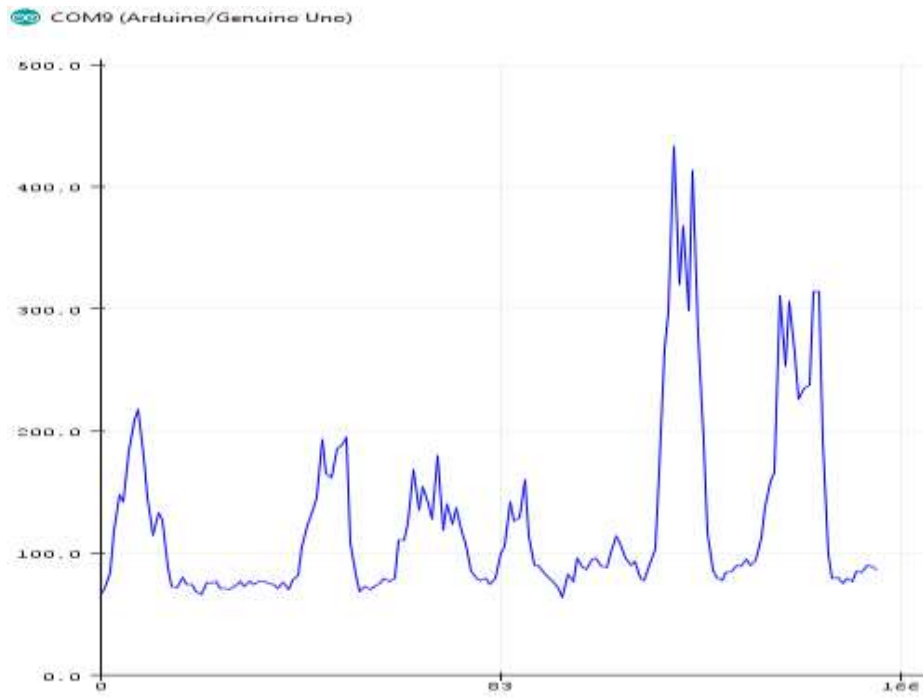


**Figura 125.** Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor Flujo de aire.

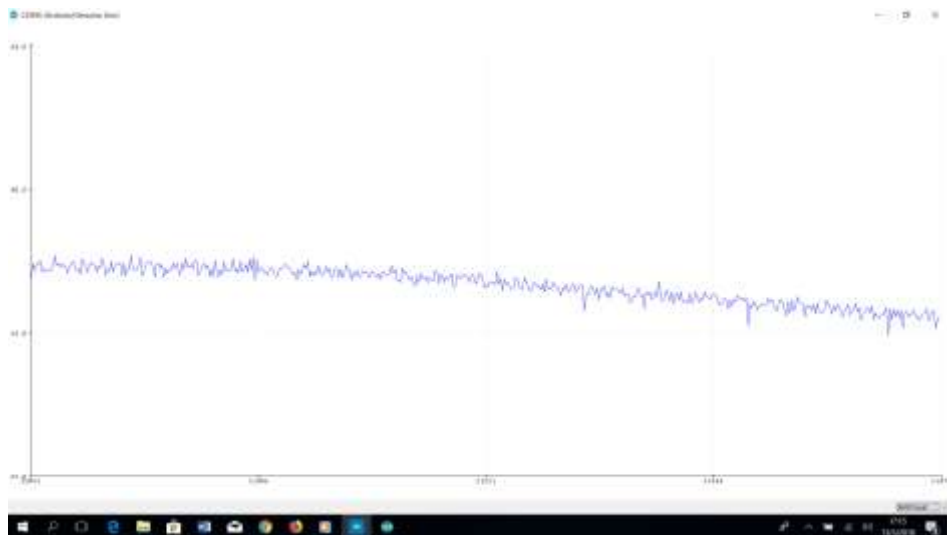
De igual manera en las figuras 126, 127, 128 y 129 se muestran ejemplos para los sensores de electrocardiograma, respuesta galvánica en la piel, temperatura corporal y electromiograma respectivamente.



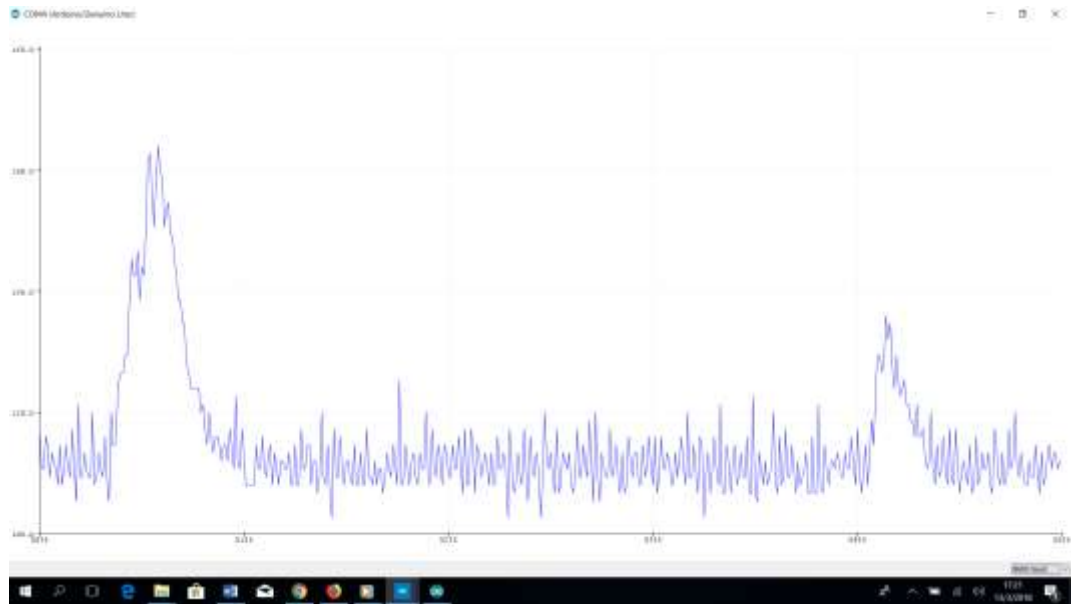
**Figura 126.** Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor Electrocardiograma.



**Figura 127.** Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor respuesta galvánica en la piel.



**Figura 128.** Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor temperatura corporal.



**Figura 129.** Adquisición de datos vistos en el Serial Plotter sensor electromiograma

De esta manera se pudo comprobar el correcto funcionamiento de la adquisición de datos, el IDE resultó ser una gran herramienta, particularmente en el caso del electrocardiograma y electromiograma, donde interpretar datos exclusivamente numéricos resulta prácticamente imposible.

## **6.2. Transmisión y visualización de datos y alertas.**

Se realizaron diversas pruebas para comprobar la programación que permite la comunicación entre el Arduino Uno acoplado al GPRS y cualquier teléfono celular. En la figura 130 se muestra la conexión de prueba con el Arduino Uno y GPRS. Mientras que en la figura 131 se muestra el monitor serie que permite monitorear el proceso de envío de SMS, con un mensaje de prueba “Hola Doctor Pi: D” el cual es enviado como se indica al número 0986961207.

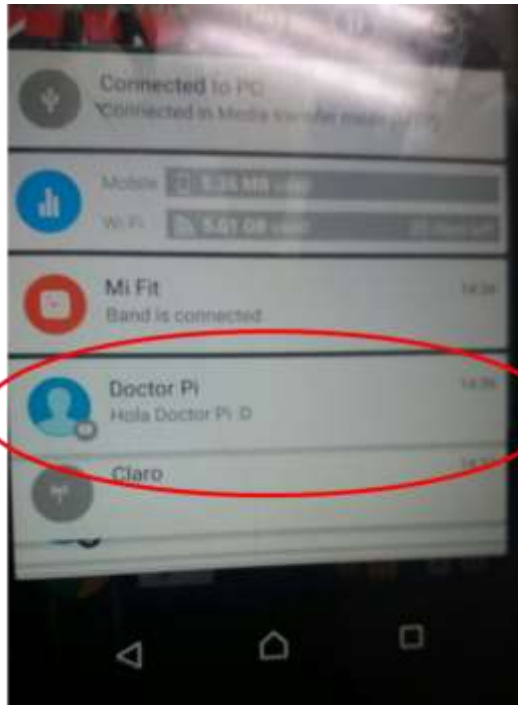


**Figura 130.** Prueba de Conexión módulo GPRS/GSM con Arduino Uno.

```
COM4
Starting...
AT
AT
AT+CPIN=1111
Connecting to the network...
AT+CREG?
Setting SMS mode...AT+CMGF=1
Sending SMS
AT+CMGS="0986961207"
Hola Doctor Pi :D
□
Sent
```

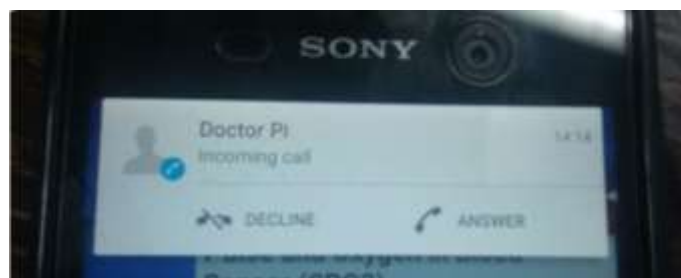
**Figura 131.** Monitor serie mientras se envía un SMS.

El numero indicado anteriormente recibe un mensaje de texto, tal como se muestra en la figura 132. De esta manera se comprueba el correcto funcionamiento en el envío de alertas vía SMS.



**Figura 132.** SMS de prueba recibido en teléfono celular.

También se verificó el uso de las llamadas para verificar la alerta por llamada telefónica, teniendo un resultado positivo según se muestra en la figura 133. Es evidente, que el sistema de alertas en teléfonos celulares funciona adecuadamente y servirá como herramienta para notificar al equipo médico de cualquier situación anormal.



**Figura 133.** Llamada de prueba recibida en teléfono celular.

Posteriormente se realizaron las pruebas reales con el prototipo con una medición fuera de rango del sensor de glucosa para que se realice una llamada perdida tal como se muestra en la figura 134 y un mensaje de texto indicando la novedad tal como se muestra en la figura 135. Cabe recalcar que el número de chip que tiene el prototipo es el 0989496952 de la operadora claro.



**Figura 134.** Llamada perdida fuera de rango sensor glucosa.



**Figura 135.** Sms fuera de rango sensor glucosa.

### 6.3. Pruebas del prototipo.

Se probó la correcta funcionabilidad de los sensores acoplados al prototipo "Doctor Pi" de manera satisfactoria, comparando los mismos con equipos farmacéuticos y de manera lógica visual.



### 6.3.1. Pruebas comparativas para sensor pulso y oxígeno.

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor pulso y oxígeno del prototipo "Doctor Pi" se ha utilizado el siguiente equipo:

Nombre del equipo: Pulsioxímetro

Marca: Contec

Modelo: CMS50DL

País de fabricación: China

En la figura 136 se muestra el equipo comparativo para medición de pulso y oxígeno.

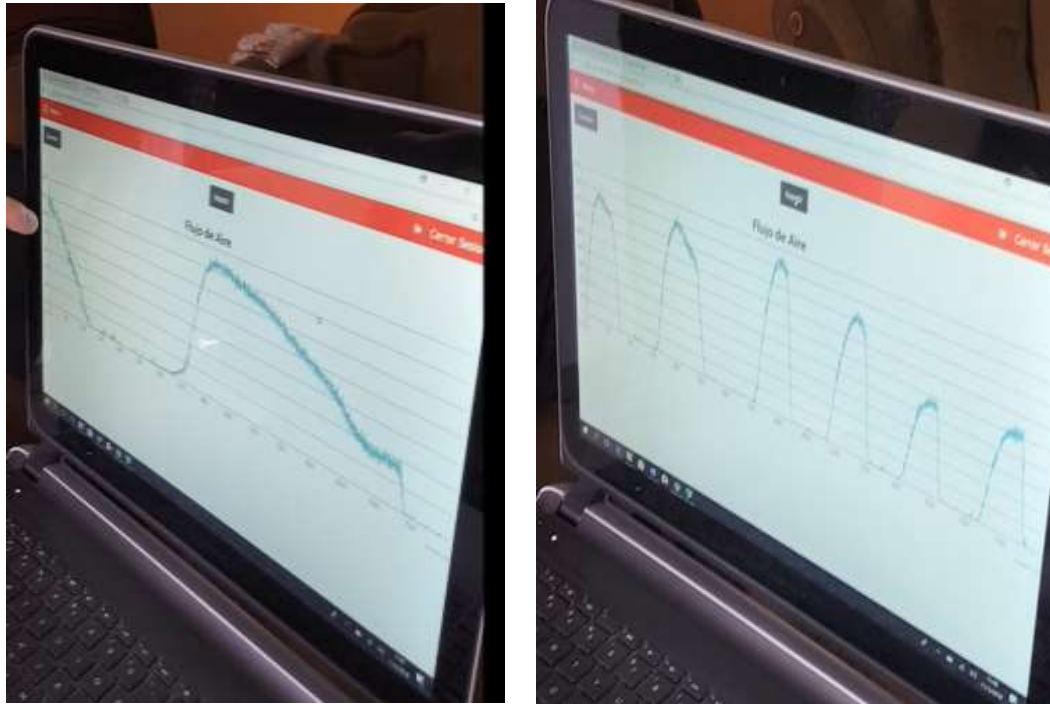


**Figura 136.** Equipo comparativo para medición de pulso y oxígeno.

### 6.3.2. Pruebas comparativas para sensor flujo de aire en la respiración.

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor de flujo de aire en la respiración se lo realizó visualmente ya que con una respiración calmada (paciente estable) aparecen en la gráfica obtenida por el prototipo "Doctor Pi" pocas ondas en intervalos de tiempos más largos, mientras que con una respiración más acelerada (paciente con algún problema respiratorio) aparecen en la gráfica obtenida por el prototipo "Doctor Pi" mayor número de ondas en intervalos de tiempos más cortos.

En la figura 137 se muestra la manera visual para comparar resultados del flujo de aire en la respiración.



**Figura 137.** Comparación en sensor de flujo de aire.

### **6.3.3. Pruebas comparativas para sensor temperatura corporal.**

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor temperatura corporal del prototipo "Doctor Pi" se ha utilizado el siguiente equipo:

Nombre del equipo: medidor temperatura corporal

Marca: Infra-red

Modelo: FT-100A

País de fabricación: USA

En la figura 138 se muestra el equipo comparativo para medición de temperatura corporal.



**Figura 138.** Equipo comparativo para medición de temperatura corporal.

#### **6.3.4. Pruebas comparativas para sensor electrocardiograma.**

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor electrocardiograma del prototipo "Doctor Pi" se ha procedido a solicitar al Dr. Alex José Fajardo Briones, cardiólogo de "Fundación damas del honorable cuerpo consular de Guayaquil" que emita a favor de la Sra. Gloria Zambrano con 58 años de edad una orden para realización de electrocardiograma para lo cual se utilizó el siguiente equipo:

Nombre del equipo: Electrocardiograma

Marca: Cardiofax

Modelo: ECG6551

Serie: 03069 A4

País de fabricación: Japón

En la figura 139 se muestra el equipo comparativo para medición de electrocardiograma.



**Figura 139.** Equipo comparativo para medición de electrocardiograma.

### **6.3.5. Pruebas comparativas para sensor glucómetro.**

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor glucómetro del prototipo "Doctor Pi" se ha utilizado el siguiente equipo:

Nombre del equipo: Glucómetro

Marca: Viva Chek Ino

Modelo: VGM01

País de fabricación: Irlanda

En la figura 140 se muestra el equipo comparativo para medición de glucosa.

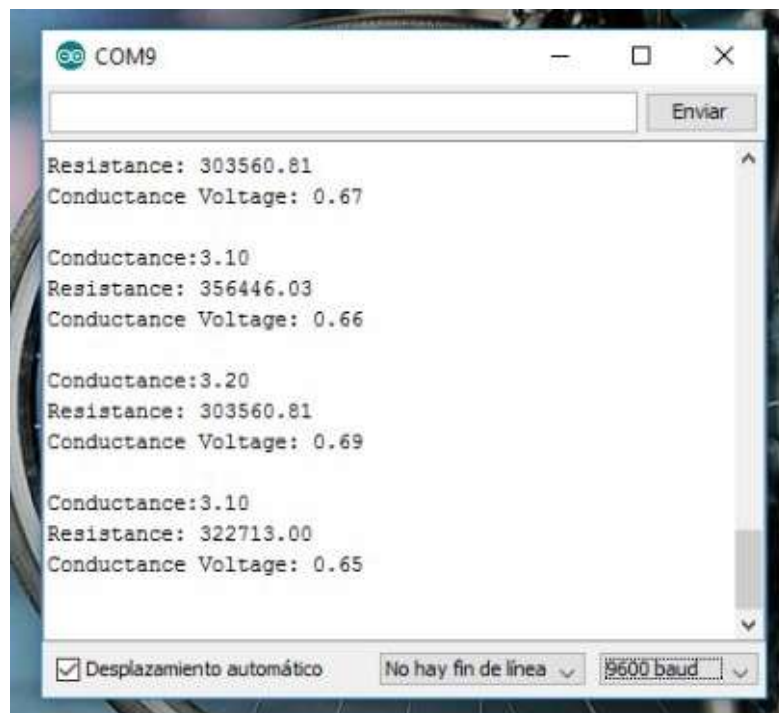


**Figura 140.** Equipo comparativo para medición de glucosa.

### 6.3.6. Pruebas comparativas para respuesta galvánica en la piel.

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor respuesta galvánica en la piel se lo realizo visualmente utilizando la herramienta serial monitor de arduino para verificar en tiempo real los datos que obtiene el prototipo sin ningún otro equipo comparativo ya que las mediciones son totalmente variables en cada prueba; este sensor respuesta galvánica en la piel va ligado con las glándulas sudoríparas las cuales abundan en las manos y dedos las mismas que en este caso expresan el estado de ánimo del paciente como el miedo, la ira, cansancio, desesperación, etc. Generando cambios en la resistencia eléctrica de la piel.

En la figura 141 se muestra la manera visual para comparar resultados del sensor de respuesta galvánica en la piel.



**Figura 141.** Comparación respuesta galvánica en la piel.

### 6.3.7. Pruebas comparativas para sensor presión arterial.

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor presión arterial del prototipo "Doctor Pi" se ha utilizado el siguiente equipo:

Nombre del equipo: Monitor de presión arterial

Marca: Kodea

Modelo: KD-202F

País de fabricación: China

En la figura 142 se muestra el equipo comparativo para medición de presión arterial.

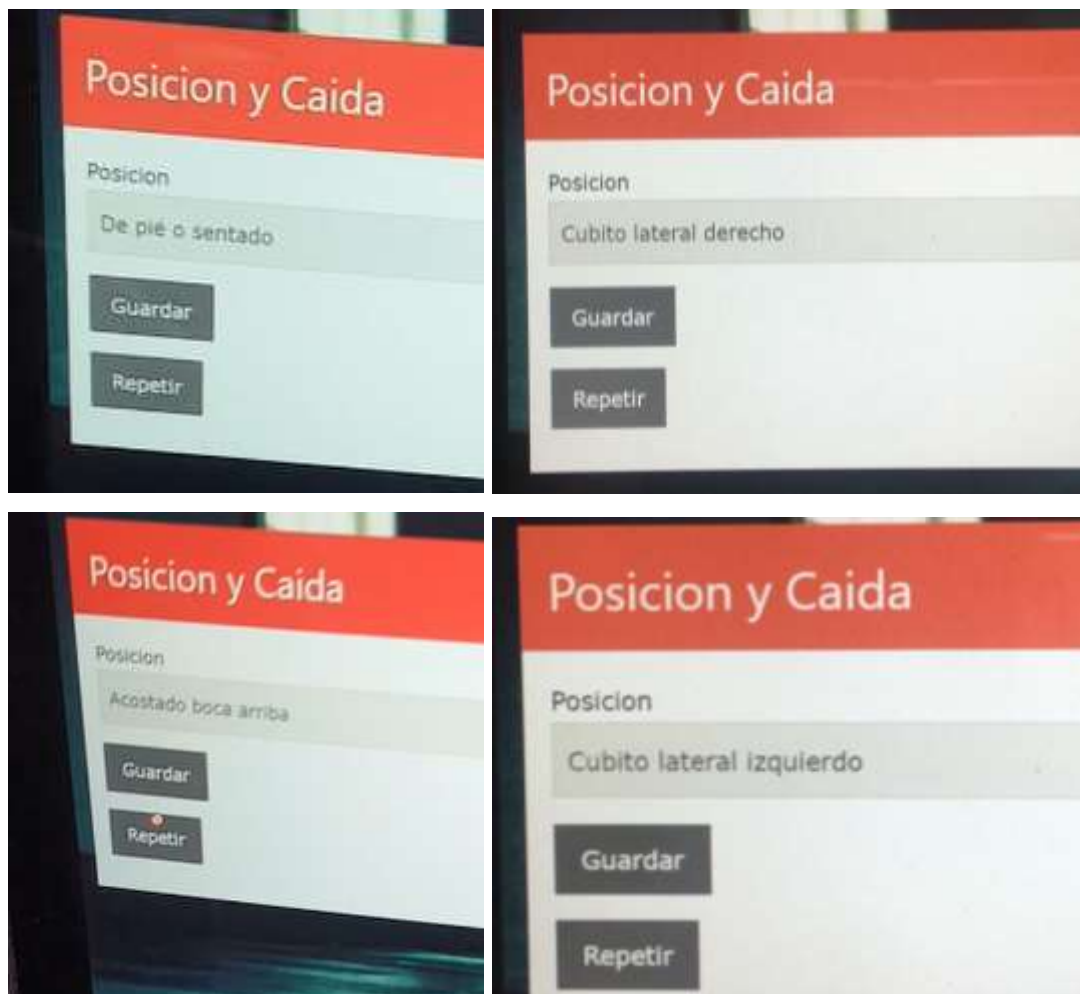


**Figura 142.** Equipo comparativo para medición de presión arterial.

### **6.3.8. Pruebas comparativas para sensor posición y caída.**

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor de posición del paciente se lo realizó visualmente ya que no hace falta otro equipo para comprobar la funcionalidad del mismo por el motivo de que si observamos que el sensor o el paciente está acostado boca abajo, acostado boca arriba, acostado de lateral izquierda o acostado de lateral derecha, se debe indicar en la interfaz visual del prototipo la posición tomada actualmente.

En la figura 143 se muestra la manera visual para comparar la funcionalidad del sensor de posición del paciente.



**Figura 143.** Comparación sensor posición del paciente.

### **6.3.9. Pruebas comparativas para sensor electromiograma.**

Para la comparación de los datos obtenidos por el sensor de electromiograma se lo realizó visualmente ya que al aplicar una fuerza sobre el musculo este refleja una onda en el prototipo, es decir el número de ondas reflejadas va en dependencia de cuantas veces se realiza la fuerza en el músculo del brazo.

En la figura 144 se muestra la manera visual para comparar resultados del sensor electromiograma mostrando primero la prueba aplicando fuerza varias veces y segundo aplicando fuerza solo una vez.



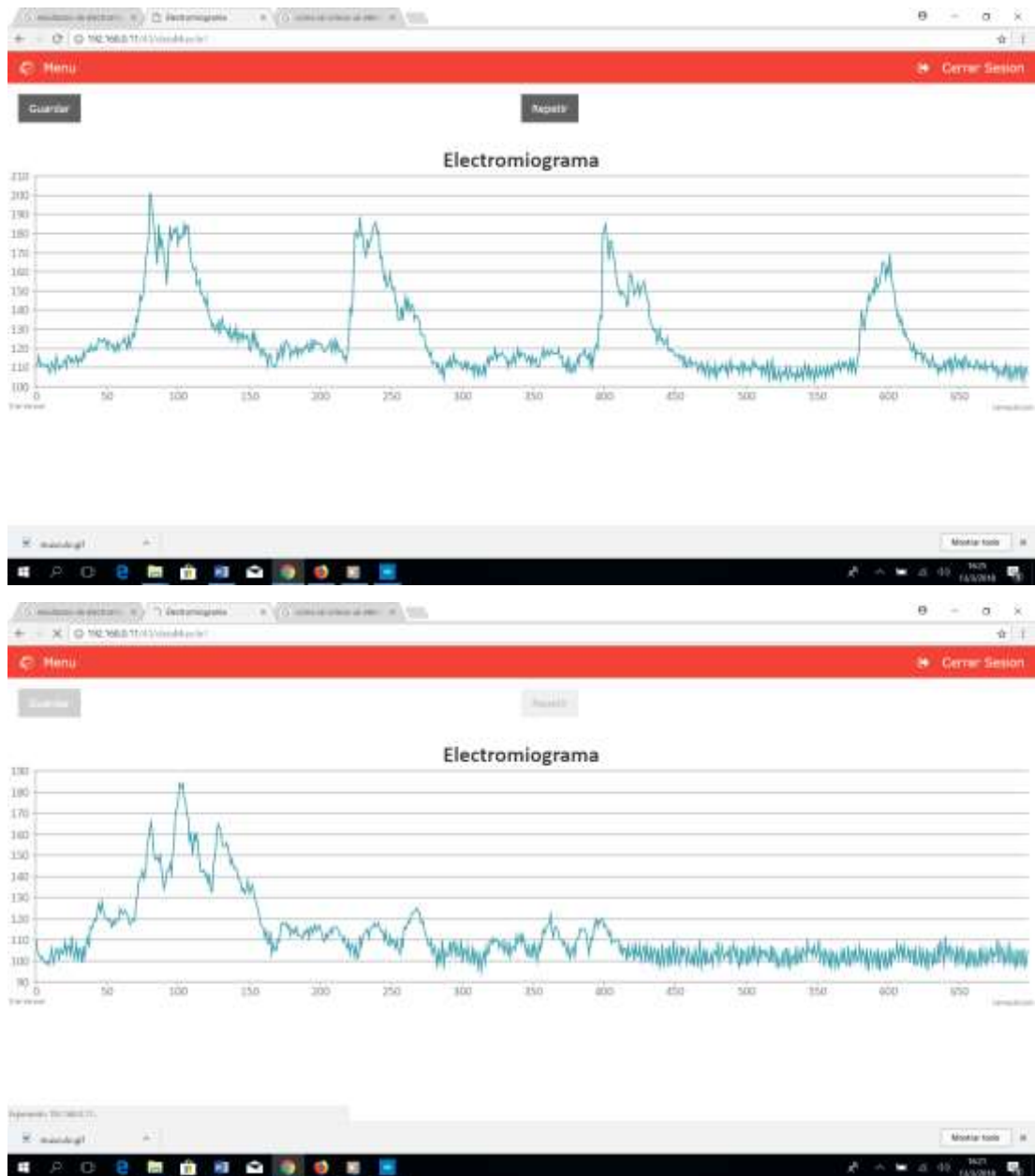


Figura 144. Comparación para medición de electromiograma.



#### **6.4. Preguntas para encuesta de satisfacción a adulto mayor en la ciudad de Guayaquil.**

Para tener conocimiento de la calidad del prototipo y de su eficacia ante la población delimitada llámese estos adultos mayores se realizó una encuesta en el sector Barrio Cuba de la ciudad de Guayaquil en donde se formularon 8 preguntas referente al prototipo Doctor Pi:

- I. ¿Cree usted que el prototipo Doctor Pi beneficia a los adultos mayores con movilidad reducida? Justifique su respuesta.
- II. ¿Cree usted que las mediciones fisiológicas que toma el prototipo Doctor Pi son de ayuda para el paciente? Justifique su respuesta
- III. ¿Con que frecuencia cree usted que usaría el prototipo Doctor Pi si lo tuviera en su domicilio? Justifique su respuesta.
- IV. ¿Cree usted que el prototipo Doctor Pi cumple sus expectativas para las mediciones que usted tiene que hacerse constantemente? Justifique su respuesta.
- V. ¿Cree usted que el prototipo tiene un uso amigable para el paciente? Justifique su respuesta.
- VI. ¿Cree usted que es mejor tener una base de datos con todo su historial clínico en la nube o prefiere recolectar las historias clínicas físicas que entregan en muchos hospitales?
- VII. ¿Cree usted que podría acceder a comprar el prototipo Doctor Pi, teniendo en cuenta que con un solo pago usted podría tener acceso a 9 mediciones medicas diferentes cuando usted crea necesario?
- VIII. ¿Confiaría usted en la veracidad de los resultados obtenidos por el prototipo Doctor Pi?

### 6.4.1. Encuesta de satisfacción del prototipo.

Se realizaron múltiples encuestas de satisfacción del prototipo 'Doctor Pi', entre una de ellas se muestra en la figura 145 la realizada al Sr. Tomas Delgado, morador del sector del barrio cuba de la ciudad de Guayaquil con 68 años de edad tal como se muestra en la figura 146.

ENCUESTA DE SATISFACCION DEL PACIENTE REFERENTE AL PROYECTO TECNICO PROTOTIPO DOCTOR PI

Nombre: *Tomas Washington Delgado Pinedo*  
Edad: *68 años*  
Fecha: *10/03/2018*  
Dirección: *Bonito Cuba*

1) ¿Cree usted que el prototipo Doctor Pi beneficia a los adultos mayores con movilidad reducida? Justifique su respuesta.  
*Si, ya que a nuestro medico de cabecera podemos llevarle los resultados e desde mi propia casa hacer que le resuelva por internet*

2) ¿Cree usted que las mediciones fisiológicas que toma el prototipo Doctor Pi son de ayuda para el paciente? Justifique su respuesta  
*Si son de mucha ayuda ya que puede estar bonito cuando mi salud constantemente sin necesidad de estar asistiendo a tantos doctores*

3) ¿Con que frecuencia cree usted que usaría el prototipo Doctor Pi si lo tuviera en su domicilio?  
*Si fuese de la parte para medir los valores que yo quisiera y por lo general lo utilizaría simultaneamente para cualquier buena situación medica*

4) ¿Cree usted que el prototipo Doctor Pi cumple sus expectativas para las mediciones que usted tiene que hacerse constantemente? Justifique su respuesta.  
*Cierto, cumple con todas las expectativas ya que con esto me ahorro un gran numero de consultas al consultorio que en este caso es el mio*

5) ¿Cree usted que el prototipo Doctor Pi tiene un interfaz y uso amigable para el paciente? Justifique su respuesta.  
*Si porque mantiene todas las informacion y el doctor se la hace facil y es amigable y lo puede operar con una expectativa respectiva*

6) ¿Cree usted que es mejor tener una base de datos con todo su historial clinico en la nube o prefiere recolectar las historias clinicas fisicas que entregan en muchos hospitales?  
*Si, es mejor que este en el internet que a que tengamos tantos papeles*

7) ¿Cree usted que podría acceder a comprar el prototipo Doctor Pi, teniendo en cuenta que con un solo pago usted podría tener acceso a 9 mediciones medicas diferentes cuando usted crea necesario?  
*Si es posible hacer un esfuerzo por este equipo, incluso si no es tanto en para mi familia*

8) ¿Confiaría usted en la veracidad de los resultados obtenidos por el prototipo Doctor Pi? Justifique su respuesta  
*Con lo que yo me le he hecho hoy estoy seguro que es confiable este equipo*

*[Firma manuscrita]*  
Firma del paciente  
*00904108420*

Figura 145. Encuesta de satisfacción del producto.



Figura 146. Cedula del Sr. Tomas Delgado.

## 7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implemento un prototipo formado por diferentes componentes dentro del hardware que incluyen: Arduino Uno, Raspberry Pi, sensores fisiológicos, módulo GSM/GPRS que permiten realizar funciones de adquisición, transmisión, almacenamiento y visualización de datos que cubren la deficiencia en accesibilidad y movilidad del paciente en un solo equipo.
- El prototipo cubre la carencia de interfaz con el paciente y uso amigable del mismo que en muchos equipos no es factible ya que solo lo puede operar y visualizar el médico encargado. Con el prototipo “Doctor Pi” el paciente, médico o familiar pueden tener acceso al equipo desde tres interfaces como un dispositivo móvil android, desde una computadora y desde el mismo prototipo, todos ellos configurados para que sean visualizados y usados amigablemente por el usuario.
- Se implementó un sistema de audio acoplado al prototipo que permita reproducir el proceso de la medición de los sensores fisiológicos y si la misma esta fuera de su rango permitido, y de igual manera cualquier tipo de audio que el prototipo pueda reproducir ya que también se lo configuro para que pueda ser usado como un navegador web.
- Se acoplo un módulo GPRS/GSM al prototipo para que permita enviar un mensaje de texto y una llamada perdida a cualquier numero programado para indicar que alguna medición esta fuera de su rango permitido, esto con la finalidad de que el médico de cabecera se encuentre al tanto de la situación del paciente en caso de que el prototipo detecte alguna anomalía en la medición.
- Debido a factores éticos y limitaciones legales, el prototipo no fue probado en pacientes con enfermedades crónicas. No obstante, se probó en personas con buenas condiciones de salud con lo que se verificó que los signos fisiológicos definidos fueron recolectados de una manera correcta, lo cual detalló en los resultados y dichas mediciones se las compararon con equipos farmacéuticos obteniendo resultados positivos.

## 8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- En vista de que el prototipo ha sido desarrollado con software de código abierto, se sugiere consultar expertos para posibles mejoras, así como la integración con otros sistemas ya desarrollados.
- Son prácticamente infinitas las posibilidades que puede tener la aplicación para involucrar herramientas de ayuda al paciente, entre una de ellas se sugiere que la aplicación móvil de la posibilidad que el equipo médico de recomendaciones al paciente.
- Se recomienda programar la salida de audio para que indique un recordatorio de las mediciones diarias que debe realizarse el paciente.
- Se recomienda que cuando la medición se encuentre en un rango no permitido se muestre un mensaje de alarma en la interfaz de la cual se realice la medición ya sea esta, la pantalla Raspberry pi acoplada al prototipo, el navegador web o la aplicación móvil.
- Entre las pruebas realizadas con los médicos especialistas se sugiere que para la siguiente mejora de prototipo Doctor Pi se implemente un electrocardiograma y electromiograma con más vías para que se pueda detectar más detalladamente alguna patología que sufra algún paciente determinado.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Android Studio. (2017). *Android Studio*. Obtenido de <https://developer.android.com/studio/index.html>
2. ArduinoWeb. (2017). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
3. Báez, M., Borrego, Á., Cordero, J., Cruz, L., González, M., Hernández, F., . . . Zapata, Á. (s.f.). *Introducción a Android*.
4. CardioSmart. (2012). *CardioSmart: Colegio Americano de Cardiología*. Obtenido de [www.cardiosmart.org](http://www.cardiosmart.org)
5. Consejo para la Educación Farmaceutica Continua. (2013). Obtenido de <http://www.ccpe-cfpc.com/>
6. *Cookings Hacks*. (2017). Recuperado el 16 de mayo de 2017, de <https://www.cooking-hacks.com>
7. Departamento de Electrónica: Universidad de Alcalá. (s.f.). *Bioingeniería*. Obtenido de <http://www.bioingenieria.edu.ar>
8. Federación Mundial del Corazón. (2014). E-health: What is e-health and why is it important? Melbourne.
9. Fraden, J. (2004). *Hanbook of modern sensors* (tercera ed.). Springer.
10. G. Webster, J. (1999). *The measurement, instrumentation and sensors*. CRC Press.
11. GoDaddy. (2017). *Go, Daddy*. Obtenido de <https://es.godaddy.com/help/que-es-cpanel-1174>
12. *Google Maps*. (2018). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-2.2327927,-79.8912811,15z?hl=es>
13. Gutiérrez Rodríguez, C., & Riveill, M. (2010). e-Health monitoring applications: What about Data Quality? Sophia Antipolis, Francia.
14. Halfacree, G. (2012). *Raspberry Pi User Guide*.
15. Hassanalieragh, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G., . . . Andreescu, S. (2015). Health Monitoring and Managment Using Internet-of-Things Sensing with Cloud-based Processing: Opportunities and Challenges. *Conferencia Internacional de Servicios Computarizados*.
16. Hispalinux. (2017). *Hispalinux*. Obtenido de <http://hispalinux.es/softwarelibre>
17. Infomed. (2017). *Infomed: Galerías*. Obtenido de <http://www.sld.cu/>
18. *Intel Isef*. (2017). Obtenido de <http://proyectorgp.blogspot.com/>

19. International Primary Care Respiratory Group. (2010). Uso Clínico de la Pulsioximetría: Referencia de bolsillo 2010.
20. *K&I Equipos Médicos*. (2017). Obtenido de <http://kiequiposmedicos.com/productos/equipos-de-diagnostico/oximetro-para-dedo/>
21. Mitchell, J. (septiembre de 1999). *Departamento de Comunicaciones y Tecnología de la Información*.
22. *Mundo Ejecutivo Express*. (2016). Obtenido de <http://mundoejecutivoexpress.mx/tecnologia/2015/01/20/aplicaciones-movil-salud-usadas-32-usuarios-internet>
23. Oficina Regional para Europa de la OMS. (s.f.). E-health: What is e-health and why is it important? Melbourne.
24. Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud. (2016). *FROM INNOVATION TO IMPLEMENTATION: eHealth in the WHO European Region*. Copenhagen.
25. Openwebinars. (2017). *Openwebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/tutorial-arduino-ide-arduino/>
26. Orha, I., & Oniga, S. (2014). Wearable sensors network for health monitoring using e-Health platform. *Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering*, 25-29.
27. Paramedicine. (2008). *Paramedicine*. Obtenido de <http://www.paramedicine.com>
28. Priego García, L. (2 de julio de 2015). Monitorización de variables fisiológicas mediante plataforma de bajo costo. La Laguna.
29. Prometec. (2017). *Prometec*. Obtenido de <https://www.prometec.net>
30. Putty. (2017). *Putty*. Obtenido de <http://www.putty.org/>
31. *Raspberry shop*. (2017). Obtenido de <https://www.raspberrypi-shop.es/>
32. Sociedad Americana de Hipertensión. (2010). *La presión arterial y su salud*.
33. Studio, V. (2017). *Visual Studio*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/>

## 10. ANEXOS

### 10.1. Anexo1: Manual para utilizar la aplicación “Doctor Pi”

Como primer paso para descubrir a fondo la aplicación, debemos conocer cuál es nuestra IP de la red a la cual nos conectamos y para eso usamos el programa Fing, el cual lo podemos descargar desde play store.



**Figura 147.** Pantalla de programa Fing donde se identifica la IP de la Raspberry.



**Figura 148.** Información de la IP de Raspberry.

Una vez identificada la IP se procede a abrir la aplicación la cual muestra brevemente la pantalla de inicio mientras carga la app.





**Figura 149.** Pantalla de inicio app.

Si no hay conexión a internet, aparecerá una pantalla informando que se necesita internet. Si la conexión la aplicación no será capaz de acceder a la basa de datos de los sensores.



**Figura 150.** Pantalla de conexión a internet.

En caso de que exista una conexión a internet aparecerá la pantalla de bienvenido donde el sistema pedirá al usuario el ingreso de una cuenta, mediante una dirección de email y contraseña. Luego de ingresar los datos se procede a hacer clic en el

botón iniciar sesión. En caso de que los datos ingresados sean correctos se abrirá la sesión, caso contrario se mostrará la pantalla error de usuario.



**Figura 151.** Pantalla de bienvenida.



**Figura 152.** Pantalla de error de usuario.

En caso de que se desee crear una cuenta, simplemente se debe hacer clic en el botón Crear cuenta, el cual llevara a otra pantalla donde se solicitará algunos datos básicos.



**Figura 153.** Pantalla de creación de usuario.

Luego de crear el usuario, nos muestra la pantalla donde podemos tomar mediciones, para lo cual debemos ingresar la IP previamente visualizada en el programa fing o podemos ver las estadísticas del usuario ingresado.



**Figura 154.** Pantalla de tomar mediciones o ver estadísticas.

En el caso de seleccionar la opción de tomar la medición y la IP ingresada sea la correcta de la Raspberry podemos desde la aplicación celular tomar la medición que se necesite.



**Figura 155.** Pantalla de tomar mediciones.

En el caso que se seleccione la opción de ver estadísticas se mostrará una nueva pantalla que permite el acceso a las lecturas de todos los sensores.



**Figura 156.** Pantalla de ver estadísticas.

El usuario podrá encontrar 9 opciones correspondientes a los 9 sensores empleados por el e-Health Shield. En caso de que recién se haya creado el usuario o en caso de que no se hayan efectuado mediciones de algún sensor en particular se mostrará una pantalla que así lo indica.



**Figura 157.** Pantalla sin mediciones.

En caso de que, si existen las mediciones, entonces se mostrarán en pantalla.



**Figura 158.** Pantalla con mediciones.

Cuando se desee cerrar la sesión, se debe ir a la pantalla principal y hacer clic en cerrar sesión.

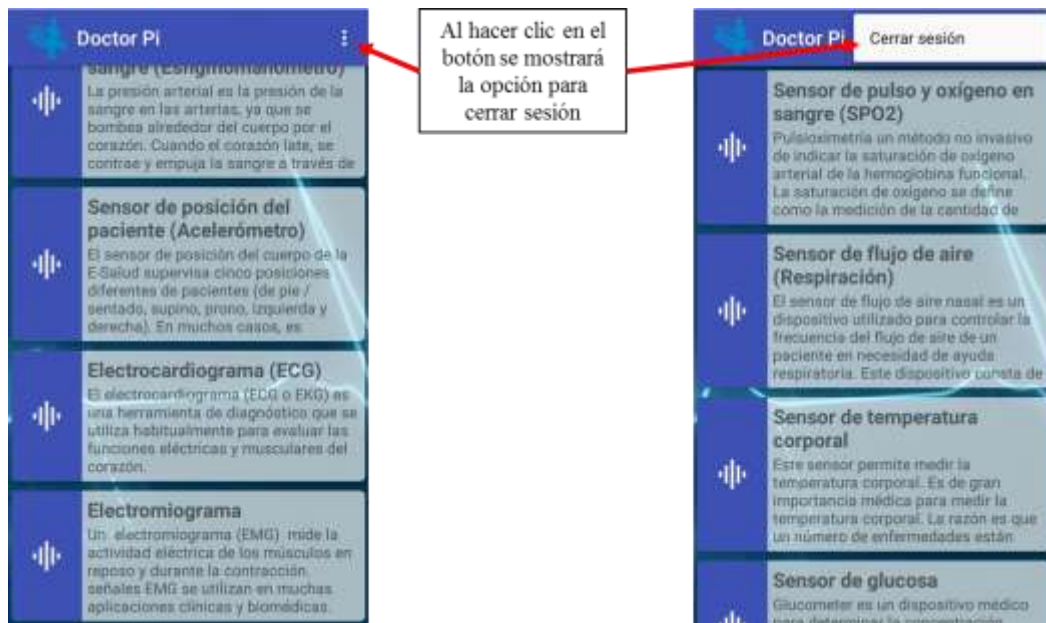


Figura 159. Pantalla cerrar sesión.

## 10.2. Anexo 2: Programación

En esta sección se describirán las diferentes programaciones que se realizaron para el prototipo “Doctor Pi”

### 10.2.1. Programación Raspberry pi.

Se programó la placa Raspberry utilizando el programa Putty, pero para un mejor entendimiento de la programación se reflejarán en las siguientes figuras un resumen general utilizando el programa Visual Studio Code.

```

config 58
database 59
plugins 60
public 61
resources 62
assets 63
lang 64
views 65
components 66
templates 67
dataAirflow.blade.php 68
dataBloodPressure.blade.php 69
dataElectrocardiogram.blade.php 70
dataGalvanic.blade.php 71
dataGlucometer.blade.php 72
dataMuscle.blade.php 73
dataPositionandfalls.blade.php 74
dataPulseandoxigen.blade.php 75

```

```

<label><strong>Contraseña</strong></label>
<input class="w3-input w3-border" onkeypress="return puls
<div id="botonlogin" class="w3-button w3-block w3-green w3-
</div>
</div>
<div class="w3-container w3-border-top w3-padding-16 w3-light-gre
<span class="w3-right w3-padding"><a href="#" onclick="docume
</div>
</div>
</div>
</div>
<div id="createuser" class="w3-modal">
<div class="w3-modal-content w3-card-4 w3-animate-zoom" style="max-width:
<div class="w3-center"><br>
<span onclick="document.getElementById('CreateUser').style.displa
</div>
<div class="w3-container">
<h3>Crear Usuario</h3>

```

Figura 160. Programación de la interfaz para crear usuario.

```

RASPBERRY 64 <!-- Second Photo Grid -->
65 <div class="w3-row-padding w3-padding-16 w3-center">
66
67     <div class="w3-third">
68         <div class="w3-card-4 w3-grey w3-hover-dark-grey w3-padding">
69             <div class="w3-container w3-center" style="padding-bottom:20px">
70                 <h3>Temperatura Corporal</h3>
71                 <a href="#" onclick="showConfirm('ur14')">
77         <div class="w3-card-4 w3-grey w3-hover-dark-grey w3-padding">
78             <div class="w3-container w3-center" style="padding-bottom:20px">
79                 <h3>Electromiograma</h3>
80                 <a href="#" onclick="showConfirm('ur19')">
86         <div class="w3-card-4 w3-grey w3-hover-dark-grey w3-padding">
87             <div class="w3-container w3-center" style="padding-bottom:20px">
88                 <h3>Posicion y Calda</h3>
89                 <a href="#" onclick="showConfirm('ur16')"><img src="{{__('images

```

Figura 161. Programación de la interfaz para ver todos los sensores.

```

RASPBERRY 5 import sys, json
6 import os, time
7 import RPi.GPIO as gpio
8
9 gpio.setmode(gpio.BCM)
10 gpio.setup(22, gpio.OUT)
11
12 tts = gTTS(text='la medicion se esta realizando, espere porfavor', lang='es', slow=False)
13 tts.save("realizar.ap3")
14 os.system("mp321 /var/www/html/realizar.ap3 &")
15
16 port=sys.argv[1]
17 baudRate=sys.argv[2]
18 sensor=sys.argv[3]
19
20 MaxBPM=1000;
21 MinBPM=100;
22 MaxOxygenSaturation=1000;
23 MinOxygenSaturation=100;
24
25 MinTemperature=100;
26 MaxTemperature=1000;

```

Figura 162. Programación para importar audio desde la librería gTTS.



```

RASPBERRY 39      pass
40
41      if sensor=='1':
42          arduino.write(sensor)
43          readsensor1=arduino.readLine()
44          readsensor2=arduino.readLine()
45          print json.dumps({"a":readsensor1,"b":readsensor2})
46          time.sleep(1)
47
48          if float(readsensor1)<MinBPM or float(readsensor1)>MaxBPM or float(readsensor2)<MinOxygen
49             tts = gTTS(text='La medicion esta fuera de rango', lang='es', slow=False)
50             tts.save("fuearaderango.mp3")
51             os.system("mpg121 /var/www/html/fuearaderango.mp3 &")
52             time.sleep(1)
53
54             gpio.output(22,True)
55             time.sleep(1)
56             gpio.output(22,True)
57
58      elif sensor=='2':
59          array=[]
60          arduino.write(sensor)
61          for index in range(0,1000):
62              readsensor=arduino.readLine()
63              array.append(readsensor)
64          array2json = {"fruits": array}
65          print json.dumps(array2json)
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

```

Figura 163. Programación de interconexión Raspberry – Arduino (sensores).

```

37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

```

```

function dataElectrocardiogram($id) {
    $public_path = public_path();
    header("Content-Type: application/json; charset=UTF-8");
    $json = json_decode(exec('sudo python '.$public_path.'/main.py /dev/ttyACM0 96
    return view("dataElectrocardiogram",[
        'json'=>$json->fruits,
        'user_id'=>$id,
        'medition'=>0,
        'array'=>[]
    ]));
}

function dataAirflow($id) {
    $public_path = public_path();
    header("Content-Type: application/json; charset=UTF-8");
    $json = json_decode(exec('sudo python '.$public_path.'/main.py /dev/ttyACM0 96
    return view("dataAirflow",[
        'json'=>$json->fruits,
        'user_id'=>$id,
        'meditions'=>0,
        'array'=>[]
    ]));
}

function dataTemperature($id) {
    $public_path = public_path();
    header("Content-Type: application/json; charset=UTF-8");
    $json = json_decode(exec('sudo python '.$public_path.'/main.py /dev/ttyACM0 96
    return view("dataTemperature",[

```

Figura 164. Programación de recolección de los datos de los sensores.



30	print audio done
31	
32	MaxGlucose=140;
33	MinGlucose=70;
34	
35	MaxBPM=95;
36	MinBPM=80;
37	MaxOxygenSaturation=100;
38	MinOxygenSaturation=70;
39	
40	MinTemperature=35;
41	MaxTemperature=37;
42	
43	MinConductance=1;
44	MaxConductance=3;
45	MinConductanceVoltage=0;
46	MaxConductanceVoltage=2;
47	MinResistance=400000;
48	MaxResistance=500000;
49	
50	MinSitolica=100;
51	MaxSitolica=135;
52	MinDiastolica=65;
53	MaxDiastolica=85;
54	MinPulso=60;
55	MaxPulso=130;
56	

Figura 165. Programación de rangos de las mediciones.

### 10.2.2. Programación Arduino.

Se programó la placa Arduino utilizando el programa IDE Arduino, pero para un mejor entendimiento de la programación se reflejarán en las siguientes figuras un resumen general utilizando el programa Visual Studio Code.

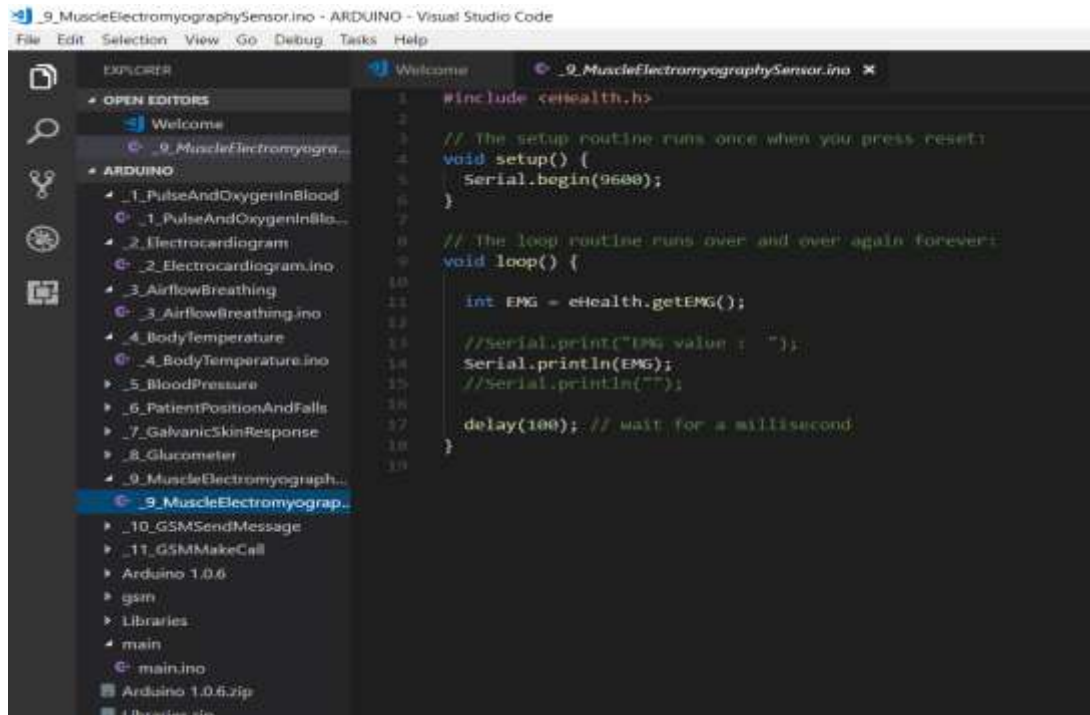
The screenshot shows the Visual Studio Code interface with an Arduino sketch open. The Explorer sidebar on the left shows a project structure under 'ARDUINO' with files numbered 1 through 11, including '1\_PulseAndOxygenInBlood', '2\_Electrocardiogram', '3\_AirflowBreathing', '4\_BodyTemperature', '5\_BloodPressure', '6\_PatientPositionAndFalls', '7\_GalvanicSkinResponse', '8\_Glucometer', '9\_MuscleElectromyograph...', '10\_GSMSendMessage', and '11\_GSMMakeCall'. The main editor window displays the code for '3\_AirflowBreathing.ino'.

```

1 #include <eHealth.h>
2 void setup()
3 {
4   Serial.begin(9600);
5 }
6 void loop()
7 {
8   int air = eHealth.getAirFlow();
9   Serial.println(air);
10  //eHealth.airFlowWave(air);
11 }
12

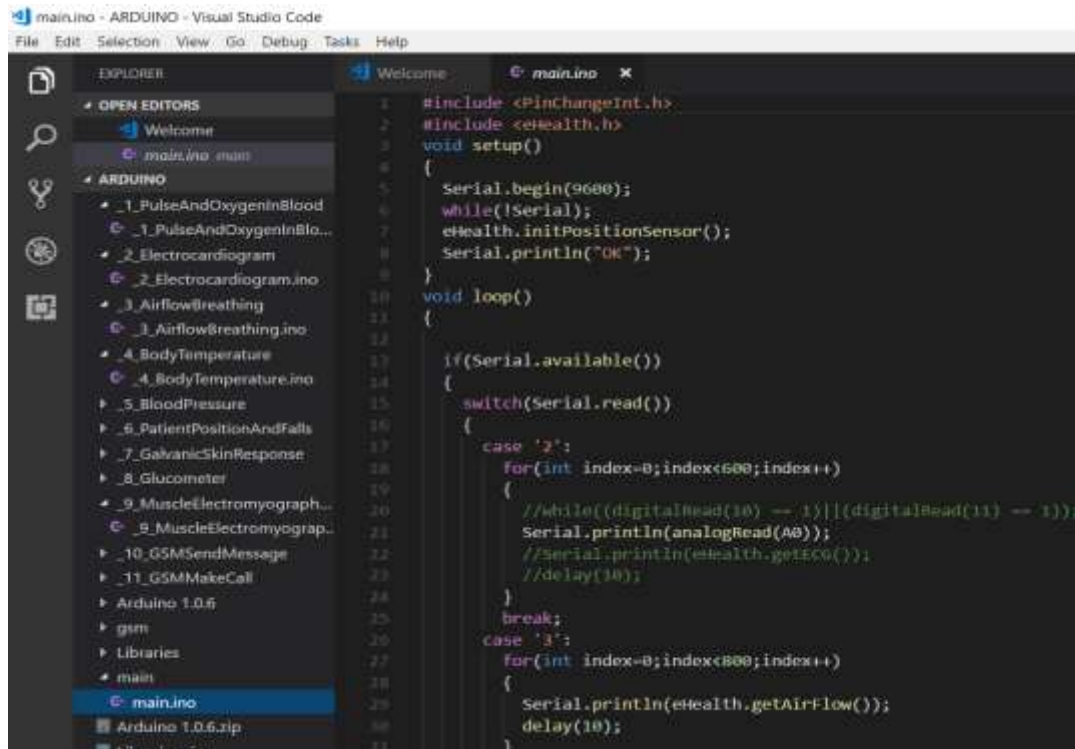
```

Figura 166. Programación para obtener medición del sensor flujo de aire.



```
1 #include <eHealth.h>
2
3 // The setup routine runs once when you press reset:
4 void setup() {
5     Serial.begin(9600);
6 }
7
8 // The loop routine runs over and over again forever:
9 void loop() {
10
11     int EMG = eHealth.getEMG();
12
13     //Serial.print("EMG value : ");
14     Serial.println(EMG);
15     //Serial.println("");
16
17     delay(100); // wait for a millisecond
18 }
19
```

Figura 167. Programación para obtener medición del electromiograma.



```
1 #include <PinChangeInt.h>
2 #include <eHealth.h>
3 void setup()
4 {
5     Serial.begin(9600);
6     while(!Serial);
7     eHealth.initPositionSensor();
8     Serial.println("OK");
9 }
10 void loop()
11 {
12     if(Serial.available())
13     {
14         switch(Serial.read())
15         {
16             case '2':
17                 for(int index=0;index<600;index++)
18                 {
19                     //while((digitalRead(10) == 1)||((digitalRead(11) == 1)))
20                     Serial.println(analogRead(A0));
21                     //Serial.println(eHealth.getECG());
22                     //delay(10);
23                 }
24                 break;
25             case '3':
26                 for(int index=0;index<800;index++)
27                 {
28                     Serial.println(eHealth.getAirFlow());
29                     delay(10);
30                 }
31
```

Figura 168. Programación para lectura de datos de todos los sensores.

```
1 #define DEBUG true
2
3 int8_t answer;
4 int onModulePin= 2;
5 char aux_string[30];
6 char pin[] = "1111";
7 char phone_number[]="0990088892";
8
9 #define PIN_RASPBERRY 5
10 #define PIN_RASPBERRY1 6
11 #define PIN_RASPBERRY2 9
12 #define PIN_RASPBERRY3 10
13 int num=0;
14 char sms_text0[]="Sensor de Pulso y Oxigeno en sangre fuera de rango";
15 char sms_text1[]="Sensor de Temperatura Corporal fuera de rango";
16 char sms_text2[]="Sensor de Glucosa fuera de rango";
17 char sms_text3[]="Sensor de Respuesta Galvanica de la Piel fuera de rango";
18 char sms_text4[]="Sensor de Presion de la Sangre fuera de rango";
19 String arrayText[]={sms_text0,sms_text1,sms_text2,sms_text3,sms_text4};
20
21 int estado=0;
22 int estadoAnt1=0;
23 int estadoAnt2=0;
24 int estadoAnt3=0;
25 int estadoAnt4=0;
26 int estadoAnt5=0;
27
28 void setup() {
29     pinMode(PIN_RASPBERRY,INPUT);
30     pinMode(PIN_RASPBERRY1,INPUT);
31     pinMode(PIN_RASPBERRY2,INPUT);
32     pinMode(PIN_RASPBERRY3,INPUT);
33     digitalWrite(PIN_RASPBERRY,HIGH);
34     digitalWrite(PIN_RASPBERRY1,HIGH);
35     digitalWrite(PIN_RASPBERRY2,HIGH);
36     digitalWrite(PIN_RASPBERRY3,HIGH);
37 }
```

Figura 169. Programación para Sms y llamada perdida en caso que la medición este en rango no permitido.

### 10.2.3. Programación servidor.

Se programó el servidor Valcorp.com.ec, el mismo donde reposan todas las mediciones y datos subidos a la nube. Para un mejor entendimiento de la programación se reflejarán en las siguientes figuras un resumen general utilizando el programa Visual Studio Code.

```

SaveData.php - SERVIDOR - Visual Studio Code
File Edit Selection View Go Debug Tasks Help

EXPLORER
  OPEN EDITORS
    Welcome
    SaveData.php
  SERVIDOR
    Php
    Autoload.php
    CreateDatabase.php
    CreateMeasurements.php
    CreateSensors.php
    CreateUsers.php
    Database.php
    Sql
    GenerateData.php
    GetMeasurements.php
    GetSensors.php
    LoginUser.php
    RegisterUser.php
    SaveData.php
    SaveDataGet.php

SaveData.php
11 $length = strlen($needle);
12 if ($length == 0)
13 {
14     return true;
15 }
16 return (substr($haystack, -$length) === $needle);
17
18 //echo $_SERVER['SERVER_ADDR'];
19
20 require_once 'Php/Autoload.php';
21
22 use Php\Database;
23
24 $db=new Database();
25
26 if(!isset($_POST['USER_ID']))
27 {
28     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'User id is require
29 ]));
30 }
31 if(!isset($_POST['SENSOR_ID']))
32 {
33     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Sensor id is requi
34 ]));
35 }
36 if(!isset($_POST['MEDITATION']))
37 {
38     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Meditation was not v
39 ]));
40 }
41
42 $user_id=$_POST['USER_ID'];
43 $sensor_id=$_POST['SENSOR_ID'];
44 $meditation=$_POST['MEDITATION'];

```

Figura 170. Programación para conexión con la base de datos.

```

SaveData.php - SERVIDOR - Visual Studio Code
File Edit Selection View Go Debug Tasks Help

EXPLORER
  OPEN EDITORS
    Welcome
    SaveData.php
  SERVIDOR
    Php
    Autoload.php
    CreateDatabase.php
    CreateMeasurements.php
    CreateSensors.php
    CreateUsers.php
    Database.php
    Sql
    GenerateData.php
    GetMeasurements.php
    GetSensors.php
    LoginUser.php
    RegisterUser.php

SaveData.php
53 die(json_encode(['state'=>'NO_USER','message'=>'The selected user do not exists']));
54 }
55
56 if(!startswith($_POST['MEDITATION'],'('))
57 {
58     $_POST['MEDITATION']='('.$_POST['MEDITATION'];
59 }
60 if(!endswith($_POST['MEDITATION'],')'))
61 {
62     $_POST['MEDITATION']=$_POST['MEDITATION'].')';
63 }
64
65 //die("INSERT INTO MEASUREMENTS (USER_ID,SENSOR_ID,MEASUREMENT) VALUES ('".$_POST['USER_ID'].','.$_POST['SENSOR_ID'].','.$_POST['MEDITATION'].')');
66
67 $db->exec("INSERT INTO MEASUREMENTS (USER_ID,SENSOR_ID,MEASUREMENT) VALUES ('".$_POST['USER_ID'].','.$_POST['SENSOR_ID'].','.$_POST['MEDITATION'].')");
68
69 //echo "meta http-equiv='refresh' content='0; url=http://".$_POST['SERVER']."/users/".$_POST['USER_ID']."/";"
70 echo "meta http-equiv='refresh' content='0; url=http://localhost/users/".$_POST['USER_ID']."/";"
71 echo "Datos Guardados, redireccionando inmediatamente";

```

Figura 171. Programación para re direccionamiento de datos después de haber realizado una medición.



```

1 <?php header('Access-Control-Allow-Origin: *');
2 <?php
3
4 require_once 'Php/Autoload.php';
5
6 use Php\Database;
7
8 $db=new Database();
9
10 if(isset($_GET['EMAIL']))
11 {
12     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Email is required']));
13 }
14 if(isset($_GET['PASSWORD']))
15 {
16     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Password is required']));
17 }
18
19 $email=$_GET['EMAIL'];
20 $password=$_GET['PASSWORD'];
21
22 $user=$db->query("SELECT ID FROM USERS WHERE EMAIL='".$email."' AND PASSWORD='".$password."'");
23 if(count($user)==0)
24 {
25     die(json_encode(['state'=>'NO_SUCH_USER','message'=>'No such user']));
26 }
27 $user=$user[0];
28

```

**Figura 172.** Programación para autenticación de usuario y poder ingresar a la página.

```

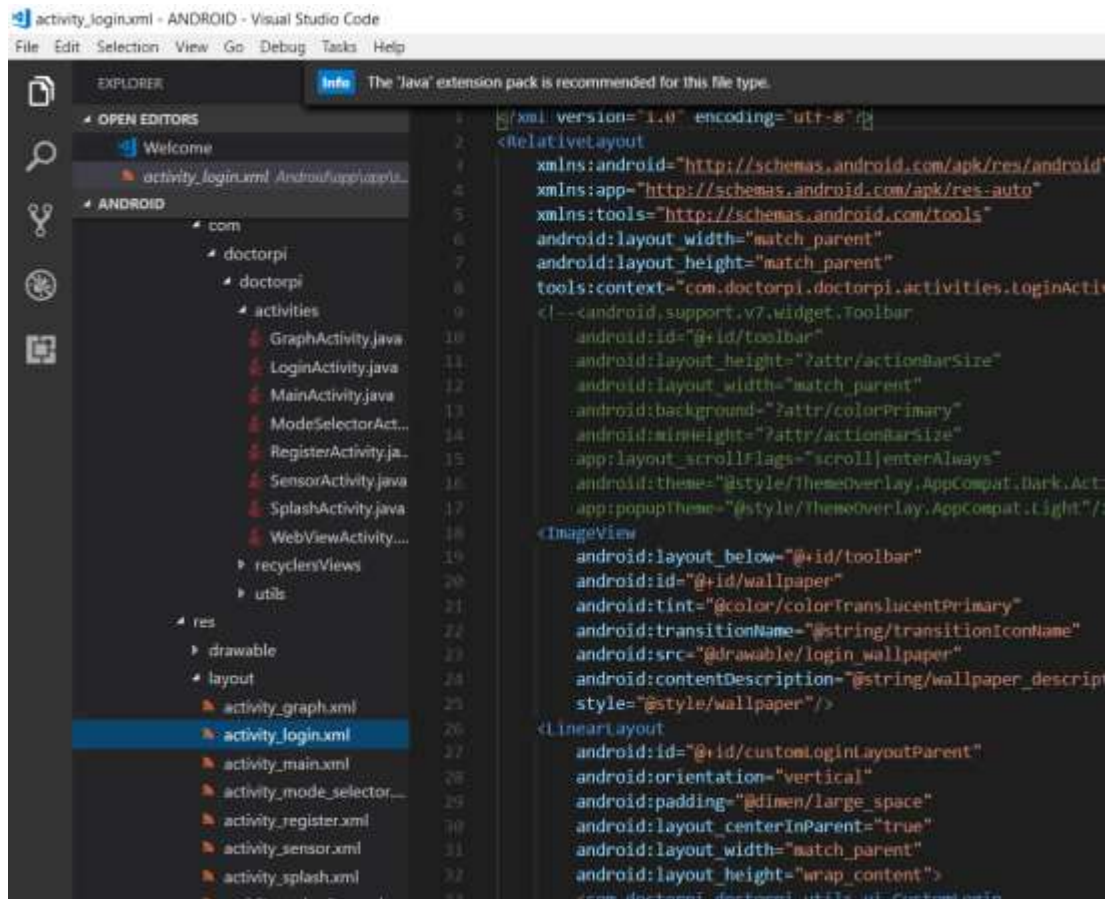
1 <?php header('Access-Control-Allow-Origin: *');
2 <?php
3
4 require_once 'Php/Autoload.php';
5
6 use Php\Database;
7
8 $db=new Database();
9
10 if(isset($_GET['NAME']))
11 {
12     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Name is required']));
13 }
14 if(isset($_GET['EMAIL']))
15 {
16     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Email is required']));
17 }
18 if(isset($_GET['PASSWORD']))
19 {
20     die(json_encode(['state'=>'MISSING_FIELDS','message'=>'Password is required']));
21 }
22
23 $name=$_GET['NAME'];
24 $email=$_GET['EMAIL'];
25 $password=$_GET['PASSWORD'];
26
27 $emails=$db->query("SELECT ID FROM USERS WHERE EMAIL='".$email."'");
28 if(count($emails)>0)
29 {
30     die(json_encode(['state'=>'EMAIL_TAKEN','message'=>'Email Taken']));
31 }

```

**Figura 173.** Programación para registrar un usuario nuevo.

#### 10.2.4. Programación android.

Se programó la aplicación móvil utilizando el programa Android Studio, pero para un mejor entendimiento de la programación se reflejarán en las siguientes figuras un resumen general utilizando el programa Visual Studio Code.



The image shows a screenshot of the Visual Studio Code editor. The title bar indicates the file is 'activity\_login.xml' in an 'ANDROID' project. The Explorer sidebar on the left shows a project structure with folders for 'com', 'doctorpi', 'activities', 'recyclersViews', 'utils', 'res', 'drawable', and 'layout'. The 'activity\_login.xml' file is selected in the 'layout' folder. The main editor area displays the XML code for the login activity layout, including namespace declarations, toolbar, wallpaper, and a custom login layout parent.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <RelativeLayout
3     xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
4     xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
5     xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
6     android:layout_width="match_parent"
7     android:layout_height="match_parent"
8     tools:context="com.doctorpi.doctorpi.activities.LoginActi
9 <!--<android.support.v7.widget.Toolbar
10     android:id="@+id/toolbar"
11     android:layout_height="?attr/actionBarSize"
12     android:layout_width="match_parent"
13     android:background="?attr/colorPrimary"
14     android:minHeight="?attr/actionBarSize"
15     app:layout_scrollFlags="scroll|enterAlways"
16     android:theme="@style/ThemeOverlay.AppCompat.Dark.Act
17     app:popupTheme="@style/ThemeOverlay.AppCompat.Light"/
18 <ImageView
19     android:layout_below="@+id/toolbar"
20     android:id="@+id/wallpaper"
21     android:tint="@color/colorTranslucentPrimary"
22     android:transitionName="@string/transitionIconName"
23     android:src="@drawable/login_wallpaper"
24     android:contentDescription="@string/wallpaper_descrip
25     style="@style/wallpaper"/>
26 <LinearLayout
27     android:id="@+id/customLoginLayoutParent"
28     android:orientation="vertical"
29     android:padding="@dimen/large_space"
30     android:layout_centerInParent="true"
31     android:layout_width="match_parent"
32     android:layout_height="wrap_content">
33 </LinearLayout>
34 </RelativeLayout>
35 </pre>
```

Figura 174. Programación para interfaz gráfica ingreso de la app.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<android.support.design.widget.CoordinatorLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".activities.SensorActivity">
    <ImageView
        android:src="@drawable/sensors_wallpaper"
        android:contentDescription="@string/wallpaper_descripti
        style="@style/wallpaper"/>
    <android.support.design.widget.AppBarLayout
        android:id="@+id/appbarLayout"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="@dimen/header_image"
        android:theme="@style/ThemeOverlay.AppCompat.Dark.Actio
    <android.support.design.widget.CollapsingToolbarLayout
        android:id="@+id/ctlLayout"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        app:layout_scrollFlags="scroll|exitUntilCollapsed"
        app:contentScrim="@attr/colorPrimary">
        <ImageView
            android:id="@+id/imgToolbar"
            android:contentDescription="@string/wallpaper_d
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="match_parent"
            android:scaleType="centerCrop"
            android:visibility="gone"
            android:src="@drawable/measurements_wallpaper"
            app:layout_collapseMode="parallax"/>

```

Figura 175. Programación para interfaz gráfica sensores de la app.

```

setupToolBar();
checkSession();

this.uiManager.setNavigationBarColor(R.color.colorPrimaryDark);
//Glide.with(LoginActivity.this).load(R.drawable.login_wallpaper).b
this.customLogin.setOnLoginListener(new CustomLogin.OnLoginListener
{
    @Override public void onLogin(String email,String password)
    {
        if(email.isEmpty())
        {
            String cannotBeEmpty=getString(R.string.cannotBeEmpty);
            customLogin.setEmailError(cannotBeEmpty);
            return;
        }
        if(password.isEmpty())
        {
            String cannotBeEmpty=getString(R.string.cannotBeEmpty);
            customLogin.setPasswordError(cannotBeEmpty);
            return;
        }
        if(password.length()<6)
        {
            String invalidPasswordMin=getString(R.string.invalidPas
            customLogin.setPasswordError(invalidPasswordMin);
            return;
        }
    }
});
ProgressDialog progressDialog=Dialogs.circularProgressDialog

```

Figura 176. Programación para ingresar a la aplicación con usuario registrado.



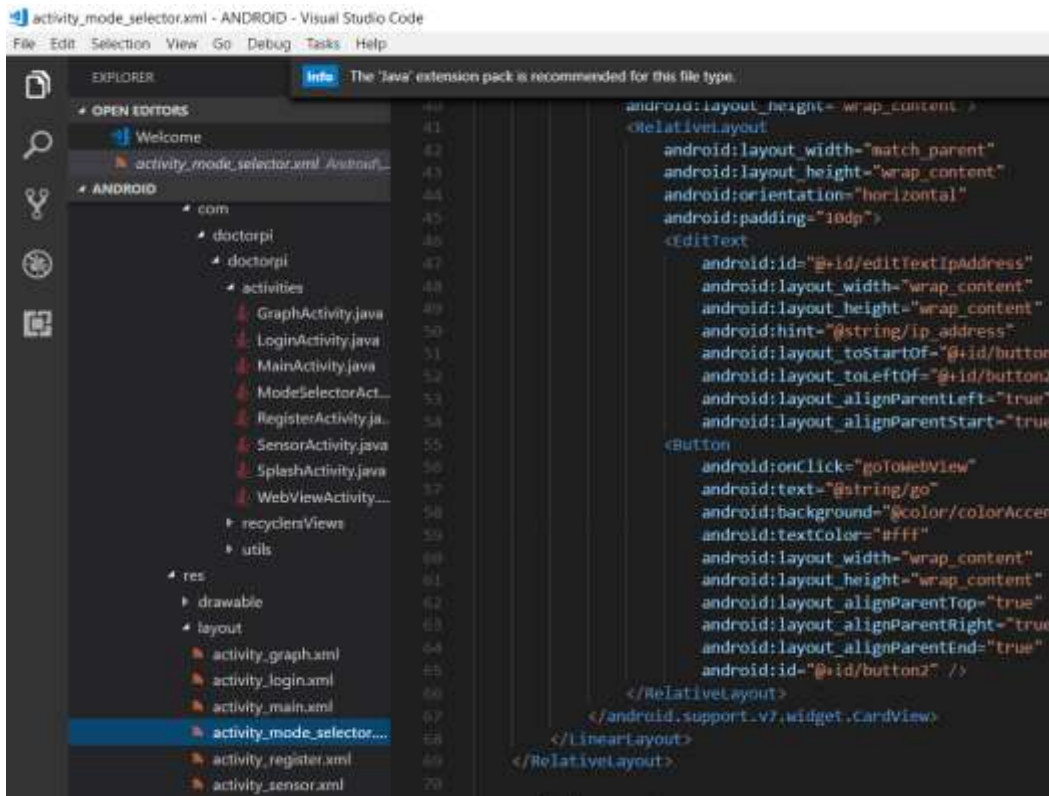


Figura 177. Programación para seleccionar en la app si deseo tomar la medición o ver las estadísticas.

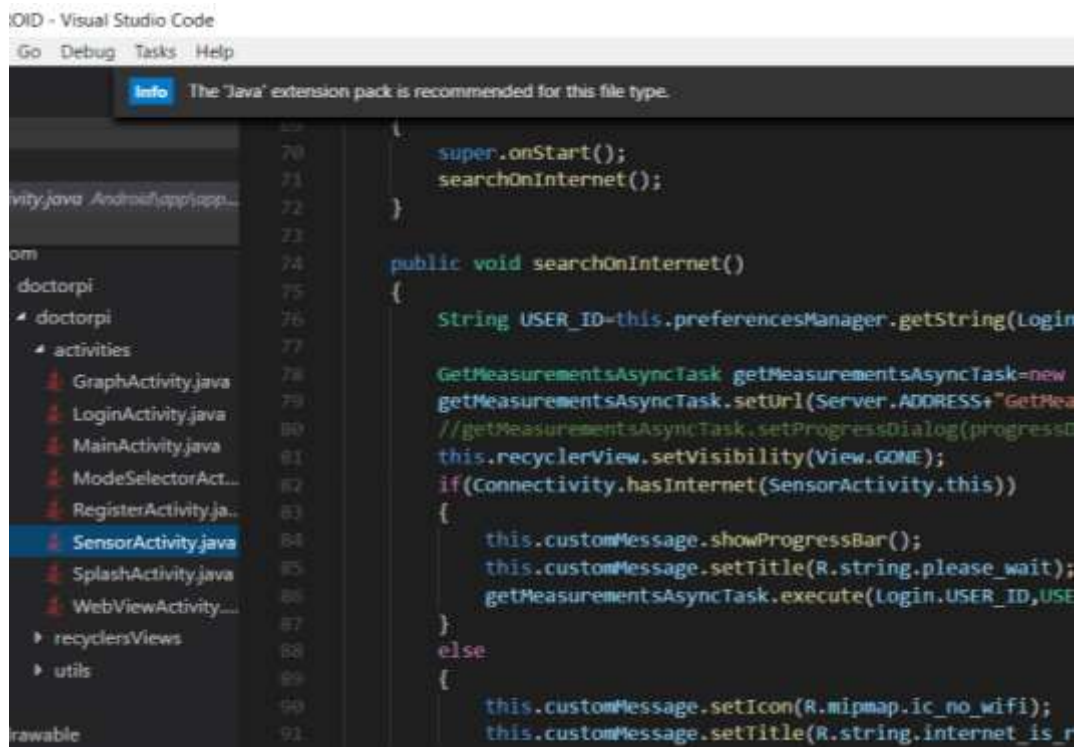


Figura 178. Programación para obtener las mediciones.



### 10.3. Anexo 3: Maqueta

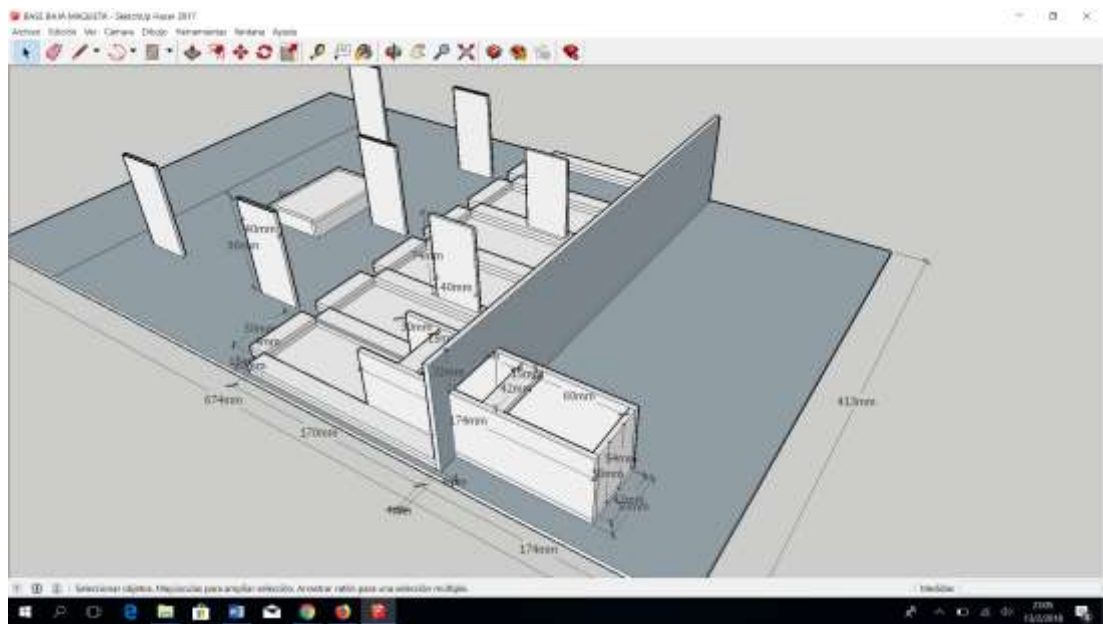


Figura 179. Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – parte baja.

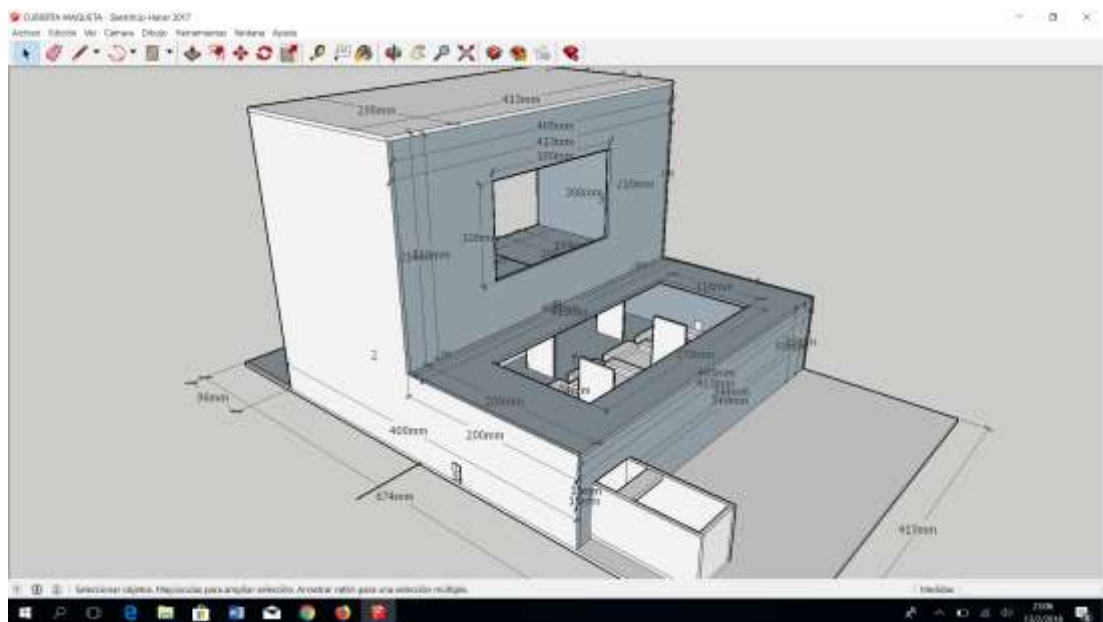
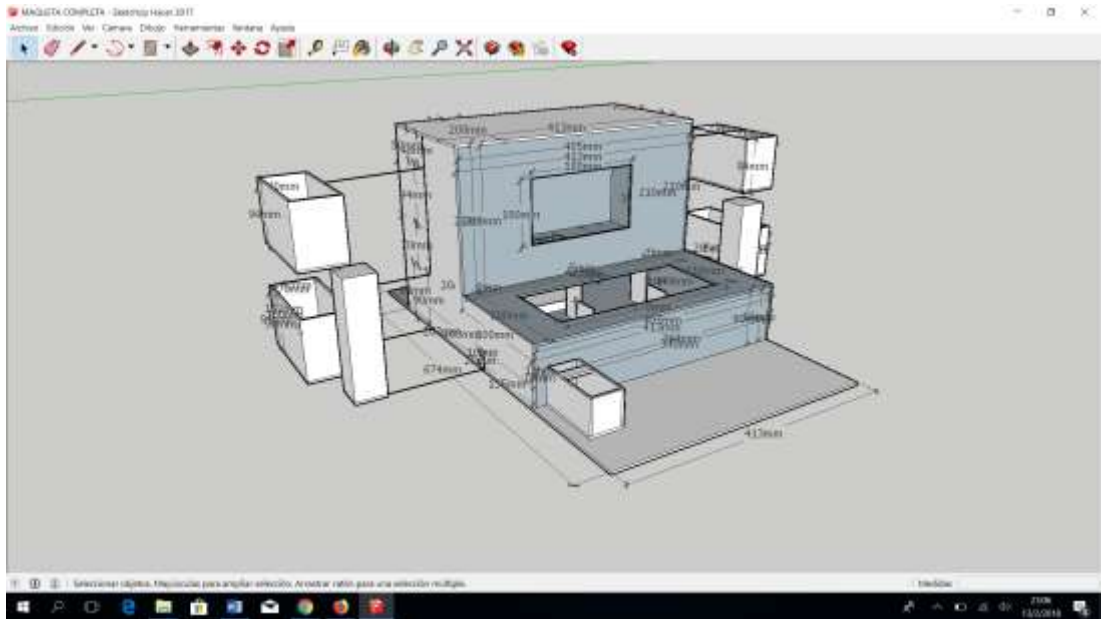


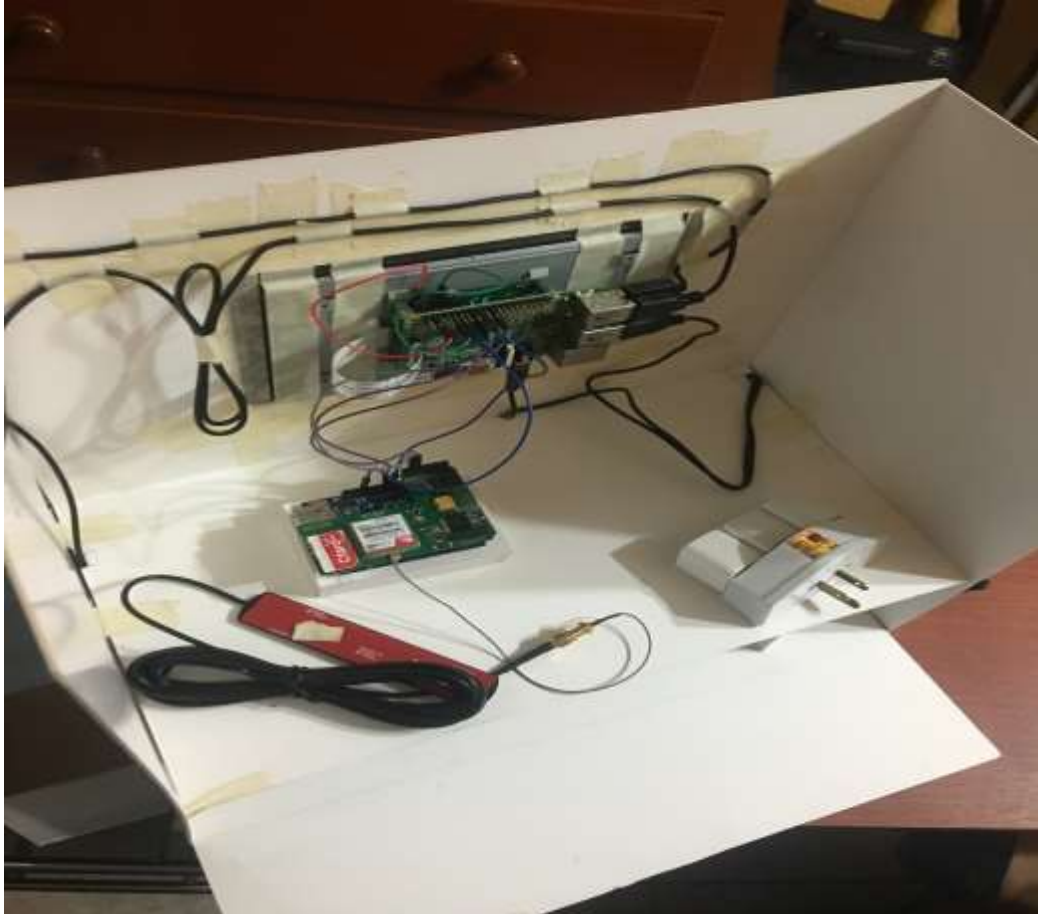
Figura 180. Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – cubierta.



**Figura 181.** Maqueta diseñada en programa Sketchup 2017 – completa.



**Figura 182.** Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – parte baja.



**Figura 183.** Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – cubierta.



**Figura 184.** Maqueta diseñada en cartulina de proyectos – completa.



**Figura 185.** Maqueta diseñada en acrílico – parte baja.



**Figura 186.** Maqueta diseñada en acrílico – cubierta.





**Figura 187.** Maqueta diseñada en acrílico –prototipo final.

#### 10.4. Anexo 4: Glosario.

**Apnea:** Es una suspensión momentánea de la respiración.

**Arritmia cardíaca:** Es una aceleración o alteración del ritmo cardíaco.

**Bradycardia:** Es un descenso de la frecuencia cardíaca normal.

**Crisis hipertensiva:** Es una elevación aguda de la presión arterial.

**Dalvik:** Es una máquina virtual que se usa en dispositivos android.

**E-Health:** se denomina así a la salud electrónica o ciber salud.

**Electromiograma:** Es una prueba que se usa para el estudio del funcionamiento del sistema nervioso periférico y los músculos.

**Esfigmomanómetro:** también llamado tensiómetro y sirve para medir la tensión arterial.

**Frameworks:** se denomina también así al diseño del software que hace más fácil escribir, mantener y escalar aplicaciones web.

**Glicemia:** Se define así a la cantidad de glucosa o azúcar en la sangre.

**GitHub:** Es una plataforma de almacenamiento de códigos fuentes de diversos usuarios.

**Gradle:** Es una herramienta para automatizar el proceso de construcción de un proyecto con android.

**Hipoxemia:** Es la disminución de la cantidad de oxígeno transportado por los glóbulos rojos en la sangre.

**Hipotensión:** También llamada presión arterial baja.

**Hipertensión:** También llamada presión arterial alta.

**IntelliJ Idea:** Es un ambiente de desarrollo integrado (IDE) para el desarrollo de programas informáticos con código abierto o software libre.

**M-Health:** Es la salud electrónica manejada desde algún dispositivo móvil.

**Monitor serial:** Refleja los datos numéricos del programa u operación que deseamos visualizar.

**NDK:** Es un tipo de programación en android.

**Óhmetro:** Es un instrumento que sirve para medir la resistencia eléctrica.

**Proceso fin-a-fin:** Se denomina así a los procesos que tienen varios fines establecidos.

**Resolución 10 bits:** Es el valor analógico que puede variar desde 0 a 1023.

**SPO2:** Es una medida del porcentaje de moléculas de hemoglobina unidas al oxígeno.

**Serial plotter:** Es una herramienta de Arduino que permite graficar algún proceso o medición en coordenadas XY.

**Taquicardia:** Es una velocidad excesiva de los latidos del corazón.

**Telemetría:** Es un sistema de medición remota de magnitudes físicas.

**Telemedicina:** Es la medicina practicada a distancia.

## 10.5. Anexo 5: Certificaciones técnicas y médicas.



**INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES TEODORO MALDONADO CARBO**

Guayaquil, 18 de mayo de 2018.

Universidad Politécnica Salesiana – sede Guayaquil  
Facultad de Ingeniería Electrónica

### **CERTIFICADO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO TECNICO "DOCTOR PI"**

Por medio de la presente yo Ing. Boris Betancourt, Profesional técnico y responsable de equipamiento biomédico del Hospital Teodoro Maldonado Carbo, entidad representada por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) certifico que el tesista de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Sr. Wilson Andrés Valencia Zambrano, con cedula de identidad 0926414756, realizo las pruebas y comparaciones con equipos médicos profesionales en las áreas de toma de exámenes clínicos y departamento de mantenimiento referente a su proyecto técnico denominado "Diseño de prototipo Doctor Pi para la medición y monitorización de signos vitales en adultos mayores utilizando sensores biométricos y médicos acoplados a Raspberry Pi".

Dentro de las pruebas se pudieron comparar resultados de ECG, pulso y oxígeno, temperatura corporal, presión arterial utilizando el monitor Ultraview SL de marca Spacelabs, equipo médico que utilizamos en la institución para operaciones y monitoreo de pacientes en unidad de cuidados intensivos (UCI) donde se pudieron observar resultados favorables y competitivos con referencia al prototipo "Doctor Pi", de igual manera se presentó la propuesta al Doctor Cardiólogo Marcos Ortega, Espc. Cardiólogo Hemodinamista del HTMC, demostrando la funcionabilidad y pruebas de los 9 procesos que realiza el prototipo en el cual pudo validar que el proyecto técnico es totalmente viable y de gran uso para hospitales, farmacias o en el hogar del paciente.

Dentro del presente certificado validamos el uso y el desarrollo constante que se le puede dar a esta investigación técnica y medica dando fe que el prototipo cumple con las funciones propuestas para el campo de la telemedicina.

Gracias de antemano por la atención a la presente.

Saludos Cordiales,

Ing. Boris Betancourt Figueroa  
Jefe de mantenimiento Biomédico  
Hospital Teodoro Maldonado C.

**Figura 188.** Certificación técnica Ing. Boris Betancourt, Jefe de mantenimiento Biomédico del Hospital Teodoro Maldonado Carbo.



Guayaquil, 18 de mayo de 2018.

Universidad Politécnica Salesiana – sede Guayaquil  
Facultad de Ingeniería Electrónica

**CERTIFICADO MEDICO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO TECNICO "DOCTOR PI"**

Por medio de la presente yo Dr. Marcos Ortega, de especialidad cardiólogo del Hospital Teodoro Maldonado Carbo, entidad representada por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) certifico que el tesista de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Sr. Wilson Andrés Valencia Zambrano, con cedula de identidad 0926414756, realizo las pruebas y comparaciones con equipos médicos profesionales en las áreas de toma de exámenes clínicos y departamento de mantenimiento referente a su proyecto técnico denominado "Diseño de prototipo Doctor Pi para la medición y monitorización de signos vitales en adultos mayores utilizando sensores biométricos y médicos acoplados a Raspberry Pi".

Dentro de las pruebas y comparaciones realizadas entre el prototipo Doctor Pi y el monitor Ultraview SL, equipo médico del hospital utilizado en varios procesos de un nivel medio-alto, se pudo apreciar que el prototipo realiza mediciones competitivas y de gran ayuda, de igual manera se realizó la comparación entre varios sensores como saturación de oxígeno, presión arterial, ECG, temperatura corporal, entre otros donde puedo dar fe que los parámetros médicos básicos establecidos para el prototipo son aceptables para los 9 procesos.

Referente al área de cardiología puedo indicar que la medición de ECG que realiza el prototipo cumple con la función del monitoreo al paciente, mas no podría definirse si el paciente padece de algún tipo de patología o tiene algún tipo de anomalía cardiovascular, ya que dentro de la propuesta el ECG del prototipo solo es de 3 vías, mientras que para poder dar un resultado más certero tendría que ser de más vías para tomar en consideración otros puntos del cuerpo, de igual manera se le indicó al tesista que dentro de sus recomendaciones puede sugerir que se amplíe la funcionabilidad del ECG poniendo más vías para que pueda definirse alguna patología que alerte al médico ya que con 3 vías no podría definirse alguna alerta, mas solo serviría como un monitor o seguimiento básico entre el paciente y el médico.

Gracias de antemano por la atención a la presente.

Saludos Cordiales,



**Dr. Marcos Ortega Zambrano**  
**CARDIOLOGO INTERVENCIONISTA**  
TEL. 200-2-2-02 C.I. 0801975640  
E.S.S. HOSPITAL DE ESPECIALIDADES T.M.C.  
E.S.S. HOSPITAL DE ESPECIALIDADES T.M.C.  
Cardiólogo Hemodinamista  
Hospital Teodoro Maldonado C.

**Figura 189.** Certificación medica Dr. Marcos Ortega Zambrano, Cardiólogo Intervencionista del Hospital Teodoro Maldonado Carbo

Guayaquil, 2 de mayo del 2018

Sres.

Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil

Carrera Ingeniería Electrónica

Asunto: Viabilidad del prototipo "Doctor Pi"

De mis consideraciones:

Por medio de la presente, yo Dr. Darwin Aldas Arguello de especialidad Neumólogo con cedula de identidad # 0908846041 con registro en el Ministerio de Salud Publica #9324 y registro del Senescyt #1006-14-5021, certifico que he revisado el proyecto técnico "DISEÑO DE PROTOTIPO DOCTOR PI PARA LA MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE SIGNOS VITALES EN ADULTOS MAYORES UTILIZANDO SENSORES BIOMÉTRICOS Y MÉDICOS ACOPLADOS A RASPBERRY PI", el mismo que fue diseñado en su total autoría por el Sr. Wilson Andrés Valencia Zambrano, con cedula de identidad# 0926414756, egresado de Ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil.

Después de haber realizado las pruebas médicas necesarias para verificar la funcionalidad del equipo, puedo validar que los resultados obtenidos hasta la fecha son aceptables y de gran ayuda para las personas que lo necesitan, además indico que los sensores se visualizan dentro de sus rangos médicos normales y establecidos para los nueve procesos que realiza el prototipo "Doctor Pi."

Hospital Neumológico  
"Alfredo J. Valenzuela"

Dr. Darwin Aldas A.  
C.M.G. 8206  
G.E.S.P.S.G. 9324

Saludos cordiales,

Dr. Darwin Aldas A.  
NEUMÓLOGO

Registro Senescyt #1006-14-5021



**Figura 190.** Certificación médica Dr. Darwin Aldas A., Neumólogo del Hospital Neumológico Alfredo J. Valenzuela.