



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE
MEDICIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES EN
TIEMPO REAL CON GEOPOSICIONAMIENTO”**

AUTORA: GUANOTOA CEVALLOS, EVELYN STEFANY

DIRECTOR: DR. LARA CUEVA, ROMÁN ALCIDES

SANGOLQUÍ

2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES EN TIEMPO REAL CON GEOPOSICIONAMIENTO”*** fue realizado por la señorita ***Guanotoa Cevallos, Evelyn Stefany*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 13 de enero del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink is written over a dotted line. The signature is highly stylized and cursive.

Ing. Román Alcides Lara Cueva, PhD

C.C: 1713988218



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Guanotoa Cevallos, Evelyn Stefany*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES EN TIEMPO REAL CON GEOPOSICIONAMIENTO”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 13 de enero del 2020

Firma

.....

Evelyn Stefany Guanotoa Cevallos

C.C.: 1726667072



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Guanotoa Cevallos, Evelyn Stefany autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES EN TIEMPO REAL CON GEOPOSICIONAMIENTO" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 13 de enero del 2020

Firma

.....
Evelyn Stefany Guanotoa Cevallos

C.C.: 1726667072

DEDICATORIA

A mis padres Pepe Guanotoa y Zoilita Cevallos, ya que, gracias a su amor, su ejemplo, sus consejos y su apoyo incondicional pude salir adelante en cada etapa de mi vida, y hoy, poder culminar mis estudios universitarios. Todo lo que soy es gracias a ellos. Sin duda agradezco a Dios por regalarme a los mejores padres del mundo.

A mi familia por brindarme su amor y un abrazo alentador cada vez que lo necesitaba.

A mi mejor amiga Montse, por haber estado presente en mi vida desde primer grado escolar y a pesar de no poder compartir tiempo como antes, siempre hemos permanecido juntas.

A mi abuelita que está en el cielo, mi Quelita, sé que donde quiera que se encuentre está feliz y compartiendo conmigo este logro conseguido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen, por la vida, por bendecirme día a día, por guiarme por el camino del bien y jamás abandonarme.

Quiero agradecer a mis padres, por ser mi fortaleza, por confiar y creer en mí, por su amor y apoyo incondicional. Gracias por haber estado en cada etapa de este recorrido que hoy termina satisfactoriamente.

A Gustavo, por brindarme su amor, su apoyo, por no dejarme sola y ayudarme en todo. Él fue parte fundamental en la realización de este trabajo.

A mis amigos que son sus ocurrencias y las bromas diarias hicieron más llevadera la vida universitaria.

A mi angelito de la guarda, mi Quelita porque con su bendición nunca me dejó sola y me acompañó en cada paso de la carrera.

A mi querido tutor Dr. Román Lara por guiarme durante todo el proceso en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificado Del Director	i
Autoria De Responsabilidad.....	ii
Autorizacion	iii
Agradecimiento	v
Índice De Contenidos	vi
Abstract	xii
Capítulo I.....	1
Introducción	1
1.1.Antecedentes	1
1.2.Justificacion E Importancia	3
1.3.Alcance.....	4
1.4.Objetivos	5
1.4.1.Objetivo General	5
1.4.2.Objetivos Específicos.....	5
1.5.Organización Del Trabajo	7
Capítulo II	9
Marco Teórico	9
2.1.Señales.....	9
2.1.1.Señales Fisiológicas	9
2.1.1.1.Flujo Respiratorio.....	9
2.1.1.2.Temperatura Cutánea	10
2.1.1.3.Electrocardiograma	11

2.1.2.Señales Ambientales	11
2.1.2.1.Temperatura Ambiental.....	12
2.1.2.2.Presión Atmosférica	13
2.1.2.3.Radiación Ultravioleta (Uv)	13
Capítulo III	34
Metodología	34
3.1.Creación De La Aplicación Móvil	36
3.2.Creación De La Página Web	47
3.3.Protocolo Http	52
3.3.1.Programa De Transmision.....	52
3.3.2.Programa De Recepción.....	54
3.4.Protocolo Mqtt.....	54
3.4.1.Programa De Transimisión.....	54
3.4.2.Programa De Recepción.....	55
3.5.Protocolo De Pruebas	57
Capítulo IV	61
Análisis De Resultados.....	61
Capítulo V	86
Conclusiones Y Trabajos Futuros	86
5.1.Conclusiones	86
5.2.Trabajos Futuros.....	88
Referencias	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Categorías de Exposición de Índice UV	14
Tabla 2	Recomendaciones según el valor de Índice UV	14
Tabla 3	Límites máximos de Ruido Permisibles según uso del suelo	15
Tabla 4	Calidad de servicio del Protocolo MQTT	33
Tabla 5	Estudiantes de último nivel de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE	58
Tabla 6	Estudiantes de último nivel de la carrera de Electrónica	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vínculos de E-Health	18
Figura 2. Etapas de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles	20
Figura 3. Dispositivos Woreables.....	23
Figura 4. Internet of Things.....	26
Figura 5. Pasos para una transacción HTTP	29
Figura 6. Comandos de HTTP.....	30
Figura 7. Diagrama general del prototipo	35
Figura 8. Diagrama general del proyecto de investigación	36
Figura 9. Pantalla de carga en la aplicación	37
Figura 10. Pantalla Principal en la aplicación	40
Figura 11. Pantalla de Variables Fisiológicas en la aplicación	41
Figura 12. Gráfica de latidos por minuto en la aplicación	42
Figura 13. Mensaje de Alerta por Ritmo Cardíaco elevado	43
Figura 14. Mensaje de texto enviado	43
Figura 15. Pantalla de valores ambientales en la aplicación	44
Figura 16. Gráfica de temperatura en la aplicación	45
Figura 17. Mensajes de alerta para variables ambientales	46
Figura 18. IP asignada al Hosting creado.....	47
Figura 19. Ping a la IP asignada por Google.....	48
Figura 20. Base de datos	49
Figura 21. Interfaz gráfica de la página web	50
Figura 22. Gráficas ambientales de la página web	51
Figura 23. Gráficas fisiológicas de la página web	52
Figura 24. Buffer de datos en 30s	53
Figura 25. Función para enviar información mediante http	53
Figura 26. Programa de recepción de datos	54
Figura 27. Programa de transmisión en MQTT	54

Figura 28. Función de envío mediante MQTT.....	55
Figura 29. Función de recepción mediante MQTT.....	55
Figura 30. Código para establecer el intercambio de información mediante MQTT.....	56
Figura 31. Código de identificación de la instancia creada.....	56
Figura 32. Instancia creada en cloudMQTT.....	57
Figura 33. Temperatura ambiental promedio en 5 días.....	63
Figura 34. Humedad Relativa promedio en 5 días.....	64
Figura 35. Presión Atmosférica promedio en 5 días.....	65
Figura 36. Luminosidad promedio en 5 días.....	66
Figura 37. Índice UV promedio en 5 días.....	67
Figura 38. Campo magnético promedio en 5 días.....	68
Figura 39. Nivel de ruido promedio en 5 días.....	69
Figura 40. Concentración de CO2 promedio en 5 días.....	70
Figura 41. Latidos por minuto promedio en 5 días.....	71
Figura 42. Respiraciones por minuto promedio en 5 días.....	72
Figura 43. Movimiento corporal promedio en 5 días.....	73
Figura 44. Temperatura Corporal promedio en 5 días.....	74
Figura 45. Paquetes perdidos por protocolo.....	75
Figura 46. Paquetes perdidos del total de la muestra.....	76
Figura 47. Retardo por Protocolo.....	77
Figura 48. Retardo de HTTP del total de la muestra.....	78
Figura 49. Retardo de MQTT del total de la muestra.....	78
Figura 50. Retardo según las solicitudes enviadas al servidor.....	79
Figura 51. Variables ambientales y fisiológicas.....	80
Figura 52. Gráficas de variables ambientales en la aplicación móvil.....	81
Figura 53. Gráficas de variables fisiológicas en la aplicación móvil.....	82
Figura 54. Visualización de valores en la página web.....	83
Figura 55. Gráfica de variables ambientales en la página web.....	84
Figura 56. Gráfica de variables fisiológicas en la página web.....	85

RESUMEN

El presente proyecto de investigación evalúa el desempeño de un sistema de medición de señales fisiológicas y ambientales mediante el análisis del retardo y cantidad de paquetes perdidos con una comparación entre el Protocolo de Transferencia de Hiper Textos (HTTP) y uno nuevo que se emplea para *Internet of Things* (IoT) llamado *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). El procesamiento de las señales es en tiempo real, se busca optimizar la transmisión y evitar la menor pérdida de información posible para que los datos obtenidos sean confiables. La base de datos es creada para almacenar toda la información recibida, misma que se visualiza en una página Web con un Hosting de Google. A su vez, el celular muestra un mensaje de alerta si existiese el caso de una posible anomalía tanto de las señales ambientales como fisiológicas, si la alerta recibida es considerada como emergencia, se envía un mensaje de texto hacia los contactos elegidos por la persona que es monitorizada en ese instante junto a su ubicación actual. Como resultado se tiene que el protocolo más eficiente fue MQTT ya que la cantidad de paquetes perdidos fue menor con un 4% y, aunque el retardo fue mayor que HTTP, esta diferencia se considera despreciable dentro del presente proyecto debido a que no representó un problema significativo en el análisis de resultados.

PALABRAS CLAVE:

- **HTTP**
- **MQTT**
- **IoT**

ABSTRACT

This research project evaluates the performance of a physiological and environmental signal measurement system by analyzing the delay and quantity of lost packets with a comparison between the Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) and a new one used for the Internet of Things (IoT) called Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). The signal processing is in real time, it seeks to optimize the transmission and avoid the least possible loss of information so that the data obtained are reliable. The database is created to store all the information received, which is displayed on a Web page with a Google Hosting. In turn, the cell phone displays an alert message if there is a case of a possible anomaly of both environmental and physiological signals, if the alert received is considered an emergency, a text message is sent to the contacts chosen by the person who It is monitored at that moment next to its current location. As a result, the most efficient protocol was MQTT since the amount of lost packets was less with 4% and, although the delay was greater than HTTP, this difference is considered negligible within this project because it did not represent a problem significant in the analysis of results.

KEYWORDS:

- **HTTP**
- **MQTT**
- **IoT**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Estudios realizados recientemente afirman que ciertas variables medioambientales tales como la radiación UV (Leccese, Salvadori, Lista, & Burattini, 2018) , ruido ambiental, temperatura y presión atmosférica, entre otros, son posibles causas del deterioro de la salud de los seres humanos («OMS | Los efectos sobre la salud», s. f.) y de la alteración de las señales fisiológicas de los mismos (Sebastián, Javier, & Karla, 2018).

En (De 2017, s. f.), Mona Safarty, médica y directora de uno de los más grandes consorcios en Estados Unidos conocido como el Consorcio de la Sociedad Médica sobre el Clima y la Salud menciona que el cambio climático está generando personas enfermas. De la misma manera, en (Vargas Marcos, 2005), Francisco Vargas Marcos, Subdirector General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral explica que alrededor del 20% de enfermedades se los atribuye a factores medioambientales.

Mientras que, en (Revelo, Sebastián, Viteri, & Ricardo, s. f.), se realizó el diseño e implementación de un dispositivo portátil para la detección de arritmias cardíacas en base al sensado y análisis de la señal ECG, sin embargo, tuvo problemas con la transmisión y almacenamiento de los datos obtenidos del ECG debido a que no logró controlar las pérdidas de paquetes de información el cual se convierte en un prototipo poco confiable.

Además, en (Jiménez, s. f.) se describe el diseño e implementación de un dispositivo electrónico de lectura de signos vitales con ubicación geográfica y monitorización remota de datos en tiempo real. Este proyecto resultó ser de gran ayuda en cuanto a la medición de signos vitales y la implementación de un dispositivo GPS, sin embargo, la información únicamente llegó a visualizarse en un LCD, mas no se almacenó en ninguna base de datos. Tampoco contaba con su respectiva página web ni con mensajes de alerta inmediata.

A su vez, en (Mediavilla et al., 2018) diseñaron e implementaron una plataforma multisensado en donde se realizó la monitorización de sujetos sanos sometidos a un test de inducción de estrés. Las señales medidas se almacenaron en una base de datos y, aunque se determinaron algunas causas que generan estrés, no se realizó ningún estudio de una posible correlación entre el ruido climático y este trastorno. Cabe recalcar también que no se implementó un módulo GPS el cual hubiese sido de mucha ayuda para conocer los lugares exactos que provocan estrés en una persona.

Finalmente, en (Tapia, Lisette, Cepeda, & Daniel, s. f.) se presenta un trabajo con algunas características similares a las que se desea desarrollar en el presente proyecto de investigación. No obstante, es necesario mencionar los aspectos en los que se diferenciarían, por ejemplo, la monitorización de señales no solamente será de dióxido de carbono, sino también de la temperatura ambiente, la humedad, la iluminancia, la radiación UV, la presión atmosférica y señales fisiológicas como respiraciones y latidos por minuto además de la temperatura cutánea. Otra característica que se debe mencionar es la implementación de un módulo GPS y la generación de mensajes de alerta, así como la evaluación del rendimiento del sistema de transmisión.

Después de realizar el análisis de los trabajos relacionados con el presente proyecto de investigación, se ha concluido que, por el momento, no se ha realizado la comparación entre dos protocolos de comunicación para determinar cuál es el más eficiente en cuanto a cantidad de paquetes perdidos y retardo, aspectos que son importantes en la transmisión de señales fisiológicas y ambientales para tener una información más confiable y verídica.

1.2. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

VARIABLES ambientales afectan directamente a la salud del ser humano, por ello, es necesario conocer cuáles son para prevenir anomalías y tener precaución de ellas, («OMS | Conferencia de la OMS sobre salud y clima», s. f.) y que mejor si existe algún sistema que logre advertir a la persona acerca de los lugares en donde corre mayor peligro de ser propenso a recibir daños provocados por dichas variables. Pelallo Martínez y Amador D. Rocha afirman que es necesario realizar una inversión que sea destinada solamente a la investigación de los riesgos, causas y posibles soluciones a los diferentes padecimientos que son debido a factores ambientales. («Factores ambientales afectan salud pública», s. f.)

Además, debido a la gran afluencia de personas que acuden diariamente a centros de salud u hospitales, la atención a los pacientes se vuelve lenta e incluso ineficiente dando como resultado insatisfacción y molestia en ellos pues además de tener que movilizarse hacia el centro médico más cercano, deben esperar un tiempo considerable en ser atendido sin dejar de lado que, si su caso no es considerado como emergencia, no obtienen una atención inmediata; es por esto que se han

creado prototipos portátiles que sean capaces de monitorizar periódicamente las diferentes señales fisiológicas de los pacientes desde la comodidad de su casa, lugar de trabajo o estudio evitando así la interminable espera en hospitales.

Entonces, si los prototipos que se han creado tanto para señales fisiológicas como ambientales no aseguran Calidad de servicio (*QoS*) simplemente no son considerados confiables y, por ende, no funcionan para la necesidad que se desea satisfacer.

Dado que, si en estos prototipos existe un porcentaje alto de pérdida de datos o la información no es garantizada, se entregan resultados erróneos del paciente que afectan directamente su salud puesto que no recibiría una atención adecuada por parte del médico encargado si es que solamente se guía por los datos obtenidos por dichos prototipos.

1.3. ALCANCE

El presente proyecto de investigación evalúa el desempeño de un sistema de medición de señales fisiológicas y ambientales mediante el análisis del retardo y cantidad de paquetes perdidos con una comparación entre el Protocolo de Transferencia de Hiper Textos (HTTP) y uno nuevo que se emplea para *Internet of Things* (IoT) llamado *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). El procesamiento de las señales es en tiempo real, se busca optimizar la transmisión y evitar la menor pérdida de información posible para que los datos obtenidos sean confiables.

La base de datos es creada para almacenar toda la información recibida, misma que se visualiza en una página Web con un Hosting de Google. A su vez, el celular muestra un mensaje de alerta si existiese el caso de una posible anomalía tanto de las señales ambientales como fisiológicas, si la alerta recibida es considerada como emergencia, se envía un mensaje de texto hacia los contactos elegidos por la persona que es monitorizada en ese instante junto a su ubicación actual.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño de un sistema de medición de señales fisiológicas y ambientales en tiempo real con geoposicionamiento.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una aplicación móvil para visualizar los datos obtenidos tanto de las señales fisiológicas como ambientales.

- Diseñar el servidor web junto con la base de datos para almacenar toda la información en tiempo real.
- Optimizar la transmisión y recepción de datos para el procesamiento en tiempo real mediante la comparación del protocolo HTTP y MQTT.
- Diseñar un sistema de alerta para determinar si existe una anomalía en las señales tanto fisiológicas como ambientales.
- Analizar los lugares en donde se producen alteraciones de las señales mediante la utilización de geoposicionamiento dentro del campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Elaborar pruebas de comunicaciones para verificar la calidad de servicio del sistema mediante la evaluación de parámetros como el retardo y la cantidad de paquetes perdidos de información.

1.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

- **PRIMER CAPÍTULO**

En este capítulo se presentan los antecedentes que sirven como punto de partida para realizar este proyecto de investigación. Además, se define la justificación e importancia, alcance del proyecto seguido de los objetivos, tanto general como específicos, que se deben cumplir para llevarlo a cabo.

- **SEGUNDO CAPÍTULO**

Este capítulo expone el marco teórico necesario para comprender el desarrollo del presente proyecto de investigación y la finalidad por la cual se creó.

- **TERCER CAPÍTULO**

En este capítulo detalla la metodología que se debe seguir para cumplir los objetivos propuestos y realizar las pruebas necesarias.

- **CUARTO CAPÍTULO**

Este capítulo expone las pruebas de comunicación que se realizaron para llegar a una conclusión del presente proyecto.

- **QUINTO CAPÍTULO**

Finalmente se exponen las conclusiones, recomendaciones, y trabajos futuros que pueden complementar e incluso acrecentar el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SEÑALES

Dentro del área de las Telecomunicaciones existen varios tipos de señales la cuales son procesadas de distintas maneras dependiendo la finalidad y la importancia de cada una de ellas. En el presente proyecto de investigación se lleva a cabo la transmisión de señales fisiológicas y ambientales, mismas que se describen a continuación:

2.1.1. SEÑALES FISIOLÓGICAS

Las señales fisiológicas o también conocidas como señales biomédicas son importantes ya que gracias a ellas se extrae información del sistema biológico de las personas y con estos datos los profesionales de la salud dan un diagnóstico de prevención o cuidado de su paciente.

2.1.1.1. FLUJO RESPIRATORIO

La señal de flujo respiratorio se define como el flujo de aire que circula a través de vías aéreas que conforman el sistema respiratorio durante un determinado período de tiempo.

La variación del flujo respiratorio se diferencia dependiendo el estado de la persona, ya sea en reposo o por condiciones de esfuerzo intenso.

Es decir, para una persona que se encuentra en estado normal, las respiraciones por minuto (RPM) se encuentran entre 12 y 22 RPM.

Por el contrario, para una persona que se encuentra bajo una condición de esfuerzo físico, los valores alcanzan los 70 RPM. (Betancourt & Yépez, 2018)

2.1.1.2. TEMPERATURA CUTÁNEA

La temperatura cutánea se define como aquella que se encuentra en la superficie del cuerpo. Esta variable cambia dependiendo de factores ambientales externos o incluso con el ejercicio físico que se realice.

Así mismo, el cuerpo humano, al verse afectado por la temperatura ambiente o por el ejercicio físico, es capaz de compensar esa variación para equilibrar este parámetro y no sufrir daños.

Es así que el centro regulador del calor provoca que la piel de la persona se ponga roja y con esto empiece la sudoración haciendo que desaparezca el calor que está demás y poder refrescarse. (Garcia, 2018)

2.1.1.3. ELECTROCARDIOGRAMA

Para determinar si la persona monitorizada presenta algún problema es importante tener en cuenta los latidos por minuto del paciente. (Arias, 2018)

- **Extrasístole Ventricular:** es indiferente al ritmo cardíaco sin embargo presenta un ritmo irregular. La extrasístole ventricular se caracteriza por la presencia de latidos arrítmicos en la señal ECG.
- **Bradicardia:** esta condición se presenta cuando la frecuencia cardíaca disminuye. El ritmo cardiaco característico es menor a los 60 latidos por minuto.
- **Taquicardia:** esta condición se presenta cuando la frecuencia cardiaca aumenta y se ve acelerada debido a señales eléctricas producidas por el corazón. El ritmo cardiaco característico es mayor a los 100 latidos por minuto.
- **Taquicardia Ventricular:** el ritmo cardiaco característico es mayor a los 120 latidos por minuto. La señal del ECG presenta pérdidas de la onda P y T.
- **Fibrilación Ventricular:** el ritmo cardiaco característico es mayor a los 120 latidos por minuto con presencia de ritmo irregular. Además, pierde todas las características de la señal del ECG.

2.1.2. SEÑALES AMBIENTALES

Este tipo de señales son importantes debido a que, con su estudio, se determinan los cambios que está presentando el planeta y las acciones que se deben tomar a causa de su deterioro pues éste

afecta directamente a seres vivos. Hay que seguir una serie de recomendaciones dependiendo los valores que se obtengan de estas señales.

2.1.2.1. TEMPERATURA AMBIENTAL

Después de investigaciones realizadas se ha llegado a la conclusión que, en efecto, existe una relación importante entre la temperatura ambiental y la salud. Se ha determinado que diferentes patologías aparecen dependiendo de las estaciones del año, por ejemplo, afectaciones respiratorias, lesiones locales por frío se manifiestan en invierno mientras que la gastroenteritis, calambres y agotamiento por calor, síndrome neuroléptico maligno se presenta en verano. Además, diferentes tipos de enfermedades son el efecto de temperaturas ambientales elevadas. (Díez, 1996)

Según estudios realizados por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, la temperatura media se consolida en 16°C y para los valles de 18°C.

Los valores más bajos se presentan a las 6:00, comprendidos entre 12°C y 13°C. Las temperaturas más elevadas se registran a partir del mediodía siendo estas entre 22°C y 24°C. (Pazmiño, 2014)

2.1.2.2. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Los puntos de presión atmosférica más altos se ven reflejados en horas específicas del día. Entre 8:00 y 10:00; 15:00 y 17:00; 22:00 y 24:00; incluso en la madrugada entre 04:00 y 05:00.

Es así que, para la ciudad de Quito se considera una presión atmosférica de 714hPa. Mientras que, para los valles se ha concluido que el valor promedio de presión atmosférica se encuentra entre 760 y 768 hPa. (Pazmiño, 2014)

2.1.2.3. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV)

El estudio de la radiación ultravioleta y su afectación a la salud de las personas ha sido de mucha importancia. Según la Sociedad Americana del Cáncer, este parámetro es riesgoso y son la causa para gran parte de cánceres de la piel. (Equipo de redactores y editores médicos, 2017)

Los rayos ultravioletas son más dañinos aproximadamente entre 10:00 y 16:00 en los meses de verano. (Equipo de redactores y editores médicos, 2017)

El Instituto Nacional de Meteorología E Hidrología (INAMHI) clasifica al índice UV en categorías que se presentan en la Tabla 1. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017)

Tabla 1*Categorías de Exposición de Índice UV*

CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN	
Categoría	Valores
<i>Baja</i>	<2
<i>Moderada</i>	3-5
<i>Alta</i>	6-7
<i>Muy Alta</i>	8-10
<i>Extremadamente Alta</i>	11+

Según recomendaciones del INAMHI, se debe tomar ciertas precauciones dependiendo el valor del índice de radiación ultravioleta. Estas recomendaciones se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2*Recomendaciones según el valor de Índice UV*

INDICE UV	RECOMENDACIÓN
1-2	No existe riesgo
3-7	SUGERENCIA: Utilización de camisa, protector solar, sombrero y gafas para sol.
8+	OBLIGATORIO: Utilización de camisa, protector solar, sombrero y gafas para sol.

2.1.2.4. RUIDO AMBIENTAL

Se puede definir al ruido ambiental como un conjunto de sonidos molestos y poco agradables para las personas. Este conjunto de sonidos llega a ser incluso dañino para el oído del ser humano e incluso provocar daño en su salud.

El ruido ambiental, cuando es excesivo, llega a ser perjudicial y se lo conoce como contaminación acústica.

Con el pasar de los años, este concepto ha ido tomando más importancia dentro del área laboral, tal es así que incluso se reconoce a la hipoacusia o sordera un accidente laboral que es causado por el ruido. (OSMAN, ANDALUCÍA, & EUROPEA, 2015)

Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE se encuentra dentro de la zona educativa por lo cual los límites máximos de ruido ambiental se muestran en la tabla 3.

Tabla 3
Límites máximos de Ruido Permisibles según uso del suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN EL SUELO	LÍMITES DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [Db(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	55	45
Zona Residencial	60	50
Zona Residencial mixta	65	55
Zona Comercial	65	55
Zona Comercial mixta	70	60
Zona Industrial	75	65
Zonas de Preservación de Hábitat	60	50

Fuente: (Ley De Gestión Ambiental & Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental, 2018)

2.1.2.5. HUMEDAD RELATIVA

Se define como el grado de saturación de la atmósfera. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017) La humedad relativa cambia debido a dos variables, por la temperatura ambiente o por el cambio en la concentración de vapor de agua.

Aproximadamente entre las 24:00 a 07:00 y 18:00 a 24:00 se presentan los valores picos altos de humedad relativa. Walcek (Walcek, 2008) menciona que esta variable se relaciona directamente con la cantidad y cobertura de nubes. Es así que, en el mes de abril se presenta un valor de humedad relativa elevada puesto que es un mes de lluvias constantes.

Los valores picos altos de humedad relativa en meses de invierno se encuentran comprendidos entre 80% y 90%, mientras que, en verano alcanzan valores de 60% y 70%.

Los valores picos bajos se presentan entre las 13:00 y 14:00. Nuevamente, en invierno, meses menos secos, se tienen resultados entre 25% y 35%. (Pazmiño, 2014)

2.1.2.6. CONCENTRACIÓN DE CO₂

El dióxido de carbono (CO_2) forma parte de la naturaleza por lo que se encuentra en el aire con valores entre 300 y 550 partes por millón (ppm). Este valor depende del lugar donde sea medido, como entornos rurales o urbanos. (Instituto para la Salud Geoambiental, 2019)

El CO_2 provoca asfixia cuando el valor aumenta considerablemente, entre 30 000 ppm. Esto es debido a la concentración máxima de este gas lo que induce al desplazamiento de oxígeno. (Instituto para la Salud Geoambiental, 2019)

2.2. SENSORES

En el presente proyecto de investigación se aplica este concepto dentro de dos áreas importantes: la salud y el medio ambiente.

- **Salud:** los bio-sensores tienen un papel importante dentro de este campo ya que gracias a ellos se adquiere información del paciente y así, con esta información, dar un diagnóstico acertado y mantener a la persona monitorizada para prevenir enfermedades u otros factores que puedan alterar su bienestar. Estos bio-sensores también han sido de gran utilidad para el sector médico ya que, con su uso, se han reducido gastos y tiempo de las personas que deben estar constantemente monitorizadas pues ya no es necesario que acudan a un centro médico todos los días para mantenerla controlada por su doctor de cabecera.

En el presente proyecto de investigación, los bio-sensores de los cuales se transmitirán los datos son: Sensor acelerómetro magnetómetro BNO055, sensor de temperatura cutánea ADT7410.

- **Medio ambiente:** un problema actual es el deterioro del estado del Medio Ambiente el cual preocupa a sus investigadores, a los gobiernos de cada país y a los habitantes en general. Y es preocupante debido a que este deterioro está afectando directamente a las personas, factores como la radiación UV, los bajos niveles de humedad, la concentración de CO_2 , entre otros. Los sensores junto a IoT se utilizan para evitar e incluso combatir estos factores medioambientales. (Alcaraz).

En el presente proyecto de investigación, los bio-sensores de los cuales se transmitirán los datos son: sensor de luz ambiental Flora UV Si1145, sensor de luz ultravioleta VEML 6070, sensor de presión y temperatura MPL3115A2, sensor de humedad HTU21D, sensor de CO_2 SCD30, sensor de nivel de ruido SOUND DETECTOR SPARKFUN.

2.3. E-HEALTH

E-health es un término que integra a la tecnología dentro del área de la salud. Se crean diferentes productos y servicios como son las aplicaciones móviles, dispositivos *wearables*, telemedicina, *big data* entre otros, con el fin de satisfacer diferentes tipos de necesidades y así optimizar la atención médica de forma eficaz.

E-health hace uso de la información junto con la tecnología para aplicarla al cuidado de la salud del ser humano. (Jones, 2019). En la figura 1 se presentan diferentes utilidades vinculadas a eHealth, como aplicaciones móviles e historial del paciente que se utilizan en el presente proyecto.

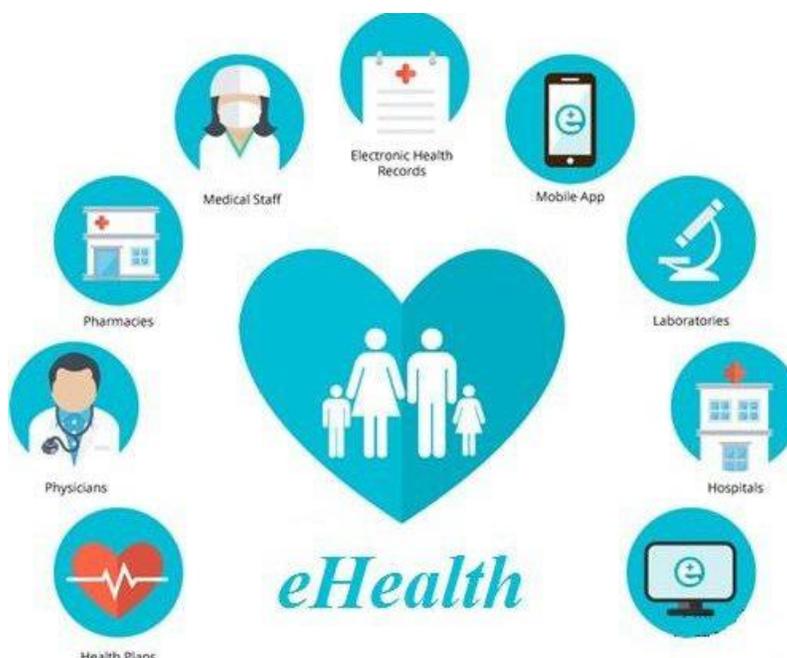


Figura 1. Vínculos de E-Health

Fuente: (Jones, 2019)

Estos productos y servicios fueron creados con el fin de que el conjunto de que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) sean un apoyo para la medicina en cuando a diagnóstico, monitorización, prevención y cuidado de pacientes además de mejorar los procesos de atención a personas y reducción de costos.

2.4. APLICACIONES MÓVILES

Para que una aplicación sea considerada certera y fiable debe cumplir con tres requisitos importantes como son: efectividad, eficiencia y satisfacción. (Enriquez & Casas)

En la figura 2 se muestra el proceso a seguir para crear aplicaciones móviles que tengan los requisitos mencionados de lo cual lo más importante es el diseño puesto que debe ser amigable para el usuario, y las pruebas de funcionamiento para que dichas aplicaciones sean confiables.

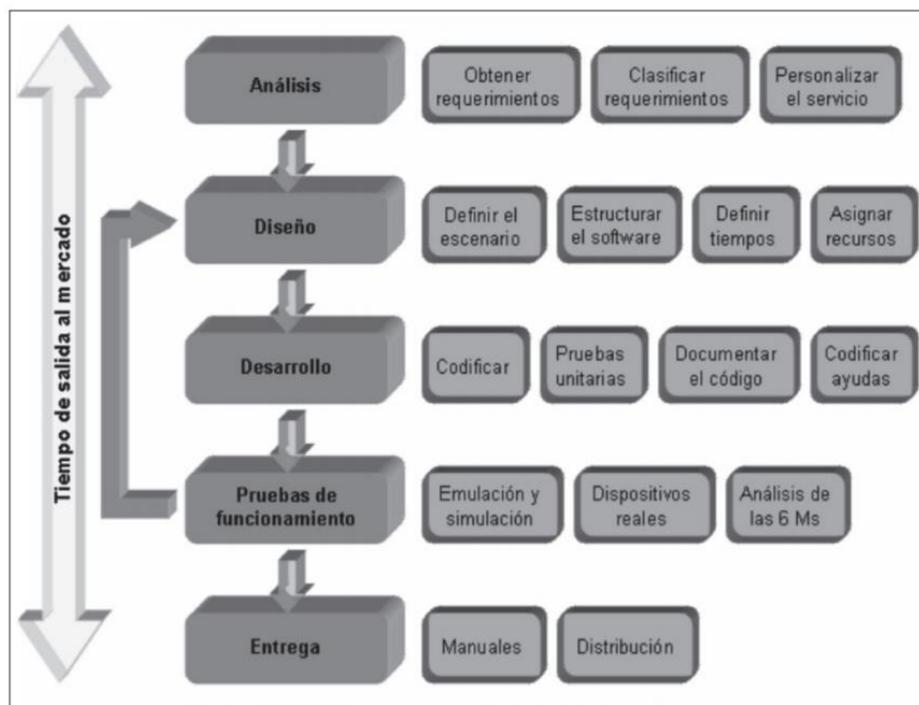


Figura 2. Etapas de la metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles
Fuente: (Santamaría & Hernández , 2015)

El área médica es uno de los campos donde más aplicaciones móviles se crean y se distribuyen de la siguiente manera: el 79% son de guías de medicamentos, 18% calculadoras médicas, 4% facturas y 4% relacionado a embarazo. (Santamaría & Hernández , 2015)

Con la tecnología móvil se puede obtener información del paciente en cualquier lugar en donde se encuentre gracias al Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) que vienen incluidos en los dispositivos.

Si bien estas aplicaciones móviles son útiles tanto para profesionales de la salud como para pacientes, existen también factores negativos como la seguridad de la información donde se ve afectada la integridad y privacidad de la persona que hace uso de dicha aplicación.

Otro factor negativo es la confiabilidad con la que cuentan las aplicaciones ya que estudios realizados demuestran que existe aproximadamente 30% de falla lo que implica que los resultados no sean confiables y que el procesamiento de la información no cumpla con QoS (Santamaría & Hernández , 2015).

2.5. PÁGINAS WEB

Una página Web es un documento HTML dentro de *World Wide Web* en donde se coloca información necesaria de un tema específico. Estas páginas Web están diseñadas para que, cualquier persona con acceso a Internet, pueda navegar dentro de éstas y así poder satisfacer su requerimiento informático siempre y cuando posea los permisos necesarios para ingresar a la página solicitada.

Las páginas web, debido a que son documentos HTML, tienen la opción de combinar texto con imágenes y así el sitio sea más dinámico y manejable para el usuario que navega en Internet ya que permite ejecutar varias acciones como pasar de un sitio a otro mediante links o hipervínculos, enviar mensajes, archivos, descargar documentación, etc. (Mendoza, 2002)

Dentro del área de la medicina, también se han creado páginas web que con el pasar del tiempo se han desarrollado de forma más sofisticada y se presentan de una forma más ordenada los valores médicos del paciente.

Es importante tener en cuenta la forma en la cual se presentan los datos pues es importante conocer hacia qué destinatario está dirigido, por ejemplo, una página web en la cual ingresan profesionales de la salud no puede ser la misma que a la que los pacientes tienen acceso, ya que no tienen entre sí la misma alfabetización en salud. (Blanco Perez & Gutierrez Couto, 2002)

2.6. SERVIDOR WEB

Dentro del presente trabajo de investigación se optó por utilizar el servidor web Apache ya que es el más común, además de que es uno de los más estables, robustos y fáciles de usar. Es un software multiplataforma, abierto tanto para Windows, Unix y MAC.

El objetivo principal de Apache es interconectar, mediante envío de información, el servidor con los sitios web como Firefox, Google, Opera, Safari, entre otros.

Y, a su vez, en el intercambio de información actúan tanto servidores como clientes. Esta comunicación se la realiza gracias al protocolo HTTP, pero Apache es quien garantiza que dicha comunicación se realice con fluidez y seguridad. (B, 2019)

2.7. DISPOSITIVOS WEAREABLES

Son dispositivos considerados como tecnología empleada para cuidar la salud de las personas. Éstos se definen como objetos o prototipos que se utilizan en cierta parte del cuerpo o incluso en la ropa, capaces de cumplir una tarea específica previamente programada.

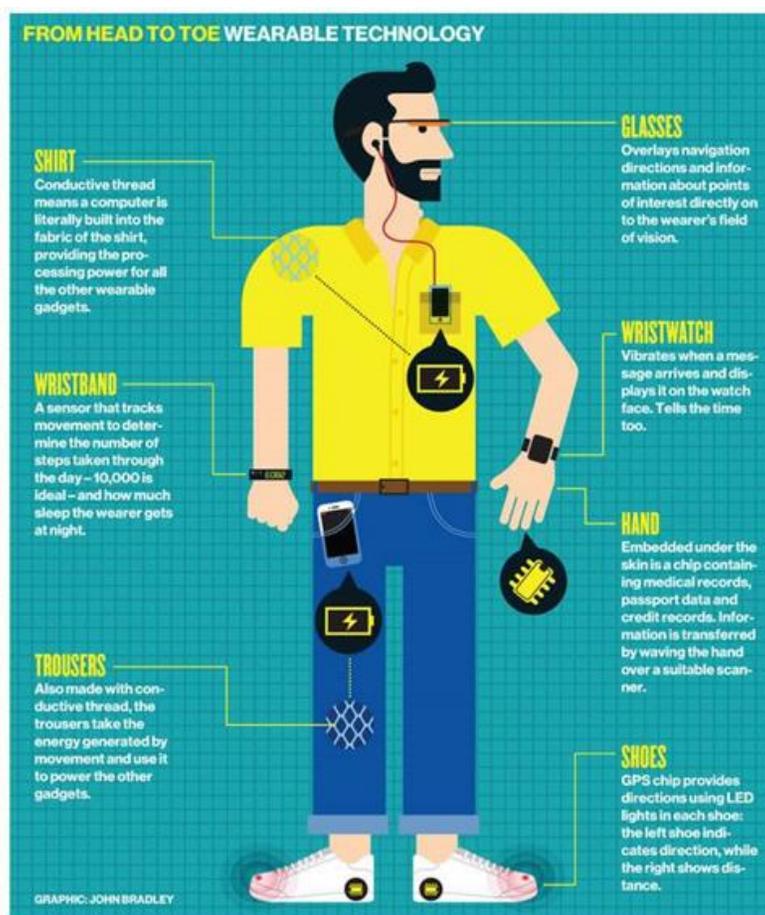


Figura 3. Dispositivos Wereables

Fuente: (Bradley, 2019)

Estos instrumentos pueden ser relojes, pulseras, colgantes, entre otros como se puede observar en la figura 3. Con el avance de la tecnología, estos dispositivos han logrado ser de gran

ayuda para el área médica ya que muchos de estos son considerados prototipos confiables para controlar aspectos de la salud ya sean ritmo cardiaco, pulsaciones, temperatura corporal, niveles de azúcar en la sangre, presión arterial, entre otros.

Uno de los dispositivos creados con mayor importancia fue en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), fue capaz de detectar ataques de personas epilépticas y también de enviar mensajes de alerta al médico de cabecera y a una persona de confianza del paciente (Blanco, 2018).

2.8. TELEMEDICINA

La telemedicina hace referencia a la inclusión de las Telecomunicaciones dentro de la medicina. Términos como telerrehabilitación, telemonitorización, entre otros, se aplican directamente a pacientes crónicos que necesitan mayor atención médica, pero con reducción en gastos hospitalarios, movilización y tiempo. (Santamaría & Hernández , 2015).

La importancia de la telemedicina radica en que ayuda a entregar servicios médicos a personas cuyo problema es encontrarse lejos de un centro de salud. Así pues, el profesional médico puede tener acceso a los datos del paciente mediante la transmisión y recepción de información gracias a la tecnología actual y, con estos valores, brindar un diagnóstico que podría prevenir patologías graves.

2.9. BIG DATA

Los Macrodatos, (big data) es, según la Fundación Telefónica, el campo de estudio más importante para los investigadores que se encuentran dentro de las TIC ya que no solamente influye la cantidad enorme de datos, sino también la variabilidad y velocidad de los mismos.

- **Velocidad:** se refiere a la velocidad con la que los datos se generan y también como se debe analizarlos.
- **Variabilidad:** hace referencia a la estructura heterogénea de un conjunto de datos. Este conjunto puede ser de datos estructurados, semi-estructurados y no estructurados.
- **Valor/cantidad:** hace referencia a la magnitud de los datos. Dichos datos se almacenan en terabytes y pentabytes. Cabe recalcar que la cantidad de datos varía dependiendo del tiempo y del tipo de dato (Gandomi & Murtaza, 2015).

Dentro del área médica, consiste en el procesamiento de una gran cantidad de datos con el fin de que, con los resultados obtenidos, se pueda realizar un diagnóstico mediante un análisis previo optimizando procesos y recursos (Santamaría & Hernández , 2015).

2.10. INTERNET OF THINGS (IoT)

En español, Internet de las cosas, se define como el intercambio de información entre dispositivos, ya sean físicos o virtuales, cercanos entre sí. Con este intercambio se consigue que

dichos dispositivos sean más independientes en cumplir sus tareas designadas y así liberar un poco de trabajo a las personas (Rivera, 2015).

IoT realiza la interconexión de dispositivos con el fin de crear todo tipo de aplicaciones que sean capaces de satisfacer las necesidades de los usuarios aprovechando las ventajas que posee como identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación de datos (Ramírez Madrid & Rodríguez Hernández, 2016).

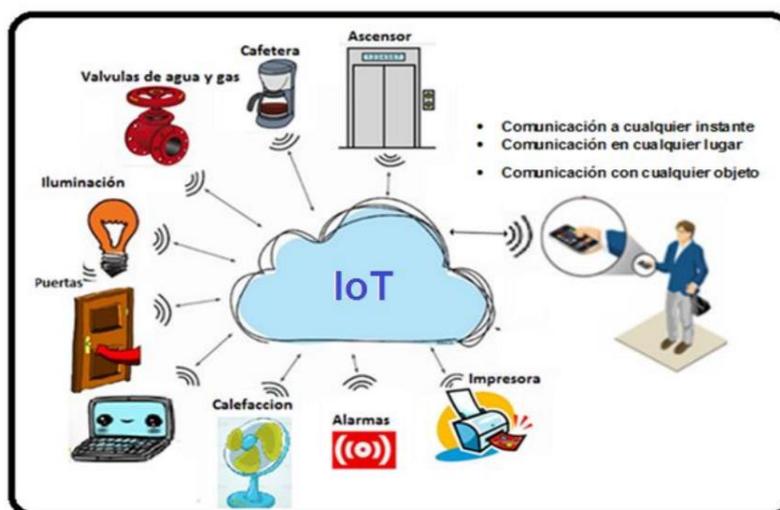


Figura 4. Internet of Things

Fuente: (Ramírez Madrid & Rodríguez Hernández, 2016)

En la Figura 4 se muestran las diferentes utilidades que tiene IoT al enviar información en cualquier instante, en el lugar que se desee, siempre y cuando cuente con Internet, y con cualquier objeto gracias a la red de sensores inalámbricos.

2.11. CLOUD COMPUTING

El *cloud computing* ofrece servicios informáticos a través de Internet. Estos servicios ofrecen escalabilidad y flexibilidad para satisfacer necesidades de los usuarios.

El *Cloud Computing* es un conjunto de servidores interconectados entre sí en el que participan tanto la parte de hardware como software. El objetivo de involucrar estos sistemas es para procesar la información recibida y, con eso, ofrecer servicios ya sean de control o monitorización (Campoverde, Hernández, & Mazón, 2015).

Las ventajas del *cloud computing* están orientadas en el ahorro de costos tanto en la infraestructura como en su mantenimiento, optimización de recursos, la tecnología garantiza seguridad y el sistema estará siempre actualizado. (Ciberseguridad, 2017)

2.12. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Se entiende por protocolo de comunicación a un proceso compuesto de reglas y pasos que se deben seguir para que uno o varios dispositivos sean capaces de intercambiar información. A continuación, se describen los protocolos que se utilizarán en el presente proyecto de investigación.

2.12.1. HTTP

HTTP es un protocolo de comunicación que permite el intercambio de información entre cliente y servidor por medio de La *World Wide Web* (www).

En un inicio fue creado con el fin de transmitir archivos tipo *HyperText Markup Language* (HTML), sin embargo, con el desarrollo del protocolo, ahora también es posible enviar imágenes, audio, pdf, entre otros.

Este protocolo ayuda a la transmisión de datos ya que, para la comunicación, coloca en un mismo lenguaje las peticiones que realiza el cliente con las respuestas que se tiene por parte del servidor.

Es importante mencionar que es un protocolo sin estado, lo que implica que el servidor no está en capacidad de guardar ninguna información perteneciente al cliente lo que hace que cada petición sea independiente una de la otra.

- **CLIENTE:** en inglés denominado *user agent*. Es quien realiza la petición para el intercambio de información.
- **SERVIDOR:** es quien establece las pautas y reglas que se deben seguir para iniciar la transmisión de datos.

PASOS DE UNA TRANSACCIÓN HTTP

Para transmitir información mediante este protocolo se debe seguir una serie de pasos que realizan la transacción HTTP como se muestra en la figura 5.

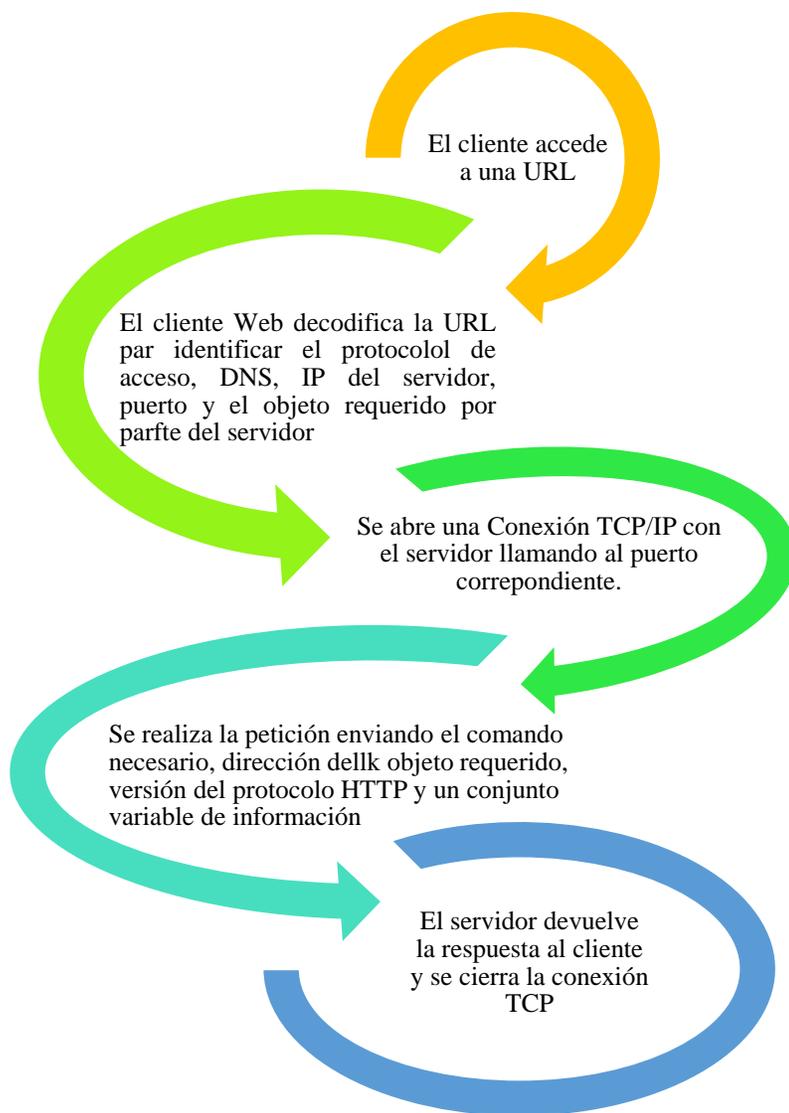


Figura 5. Pasos para una transacción HTTP
Fuente: (Prieto, 2007)

COMANDOS DE HTTP

La figura 6 presenta los diferentes comandos que se utilizan al transmitir información con este protocolo.

GET	<ul style="list-style-type: none"> • Recoge información del servidor. • Se utiliza al pulsar sobre un enlace o se teclea directamente a una URL.
HEAD	<ul style="list-style-type: none"> • Recoge información solamente de la cabecera del objeto ya sea tamaño, tipo, fecha, etc. • Se lo utiliza en gestores de caché de páginas y servidores proxy.
POST	<ul style="list-style-type: none"> • Envía datos de información al servidor.
PUT	<ul style="list-style-type: none"> • Almacena un objeto en la URL especificada. Con este comando se actualiza el contenido de un documento.
DELETE	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina el objeto especificado.
TRACE	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza un eco de la solicitud recibida para que el cliente conozca si servidores intermedios se encuentran añadiendo o modificando información de la petición.
OPTIONS	<ul style="list-style-type: none"> • Devuelve los métodos HTTP que soporta el cliente. Se utiliza para comprobar la funcionalidad de un servidor web.
CONNECT	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en los servidores proxy para establecer un túnel dinámicamente.
LINK	<ul style="list-style-type: none"> • Crea una relación entre documentos.
UNLINK	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina una relación existente entre documentos del servidor.

Figura 6. Comandos de HTTP

Fuente: (Prieto, 2007)

2.12.2. MQTT

MQTT, por sus siglas en inglés *Message Queuing Telemetry Transport*, es un protocolo de comunicación ideal para todo lo que implica IoT, especialmente M2M – *Machine to Machine*.

Este protocolo fue creado con el fin de facilitar la comunicación entre dispositivos cuyo problema principal es el rendimiento de la batería y aplicaciones con ancho de banda considerable.

MQTT se considera un protocolo ligero, simple y fácil de utilizar. Es adaptable a cualquier sistema operativo y cabe mencionar que es código abierto.

TOPOLOGÍA DEL PROTOCOLO MQTT

La arquitectura en la que se basa el protocolo MQTT es topología en estrella, debido a que posee un nodo central que, dentro de este protocolo se lo conoce como **BROKER**. Los clientes, crean mensajes conocidos como **TOPICS** los cuales son clasificados por el *broker* dependiendo de la información que tenga cada *topic*. Los nodos secundarios que deseen adquirir esta información deben suscribirse a cada *topic*. La comunicación que se establece puede ser punto-punto o multi-punto.

BROKER: Nodo central del protocolo con una capacidad de aproximadamente 10000 usuarios. Este nodo central gestiona la red de tal modo que se pueda enviar mensajes para que el canal se mantenga activo.

TOPIC: es representado por una cadena de caracteres, además de tener orden jerárquico por lo que se utiliza una barra inclinada (/) para poder separar los niveles de esta jerarquización. Estos tópicos son utilizados por el Broker para diferenciar los mensajes que cada cliente desea recibir y así poder filtrarlos dependiendo la categoría del mensaje.

CARACTERÍSTICAS DE MQTT

Las características más importantes dentro de MQTT se encuentran:

- Consumo mínimo de ancho de banda.
- Utilizado comúnmente en dispositivos empujados que poseen recursos limitados tales como CPU, RAM, entre otras.
- Optimización en la transmisión de datos siendo beneficioso para la descongestión del tráfico de la red.

CALIDAD DE SERVICIO DEL PROTOCOLO MQTT.

Dentro de cualquier protocolo de comunicación es importante conocer el QoS con el que cuentan y así el usuario pueda tomar decisiones importantes al momento de transmitir sus datos.

En el protocolo MQTT existen tres diferentes tipos de QoS para que los clientes analicen la mejor opción a convenir. Estos tipos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Calidad de servicio del Protocolo MQTT

QoS	DESCRIPCION	CARACTERÍSTICA
0	Como máximo 1	El mensaje se envía una única vez.
1	Al menos 1	El mensaje se envía hasta que se garantice la entrega aunque existe la posibilidad de que los mensajes se dupliquen.
2	Exactamente 1	Garantiza que cada mensaje se entrega al suscriptor y solamente una vez.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proyecto de investigación propuesto se consideró una metodología tanto cualitativa como cuantitativa para lograr los objetivos del mismo. En primera instancia se procedió a ejecutar una metodología cualitativa para el ámbito de la investigación y recopilación de información; tanto de señales fisiológicas y ambientales, Comunicaciones Inalámbricas, Internet de las Cosas, E-Health y todos los conceptos que se vieron necesarios explicar se encuentran en el capítulo 2 previamente expuesto.

Ahora, en este capítulo se lleva a cabo una metodología cuantitativa, en donde se explica la implementación física del sistema.

La figura 7 muestra el prototipo del proyecto de (Ruiz Tello, 2020). Dicho prototipo consta de dos dispositivos, uno de variables fisiológicas y otro de variables ambientales. Éste se coloca a la persona que será monitorizada y la información obtenida se visualiza en una aplicación móvil.

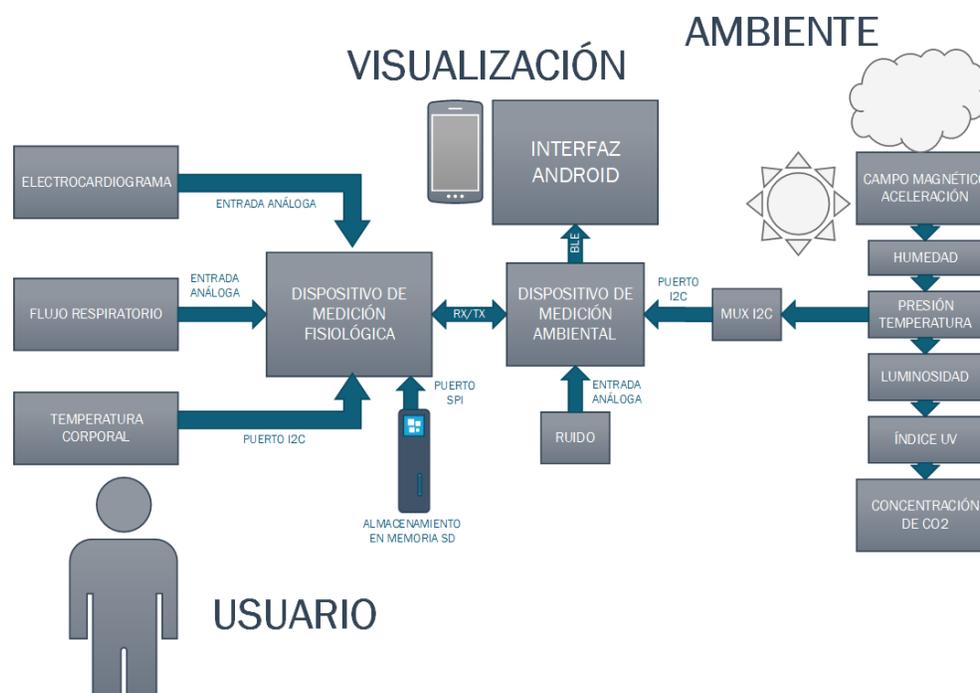


Figura 7. Diagrama general del prototipo
Fuente: (Ruiz Tello, 2020)

La figura 8 muestra el diagrama general del proyecto, las variables fisiológicas y ambientales del prototipo mostrado en la figura 7 se transmiten hacia una base de datos donde se almacena la información dependiendo si el envío fue por el protocolo HTTP o MQTT. Se utiliza el celular como Access Point. Esta transmisión es mediante el protocolo 802.11. Y por último se tiene dos opciones para la visualización de los datos obtenidos, mediante una página web y también una aplicación móvil.

El sistema de alarmas se activará cuando los datos obtenidos de las señales se encuentren fuera del rango normal, estos valores se explican en el capítulo 2 del presente proyecto.

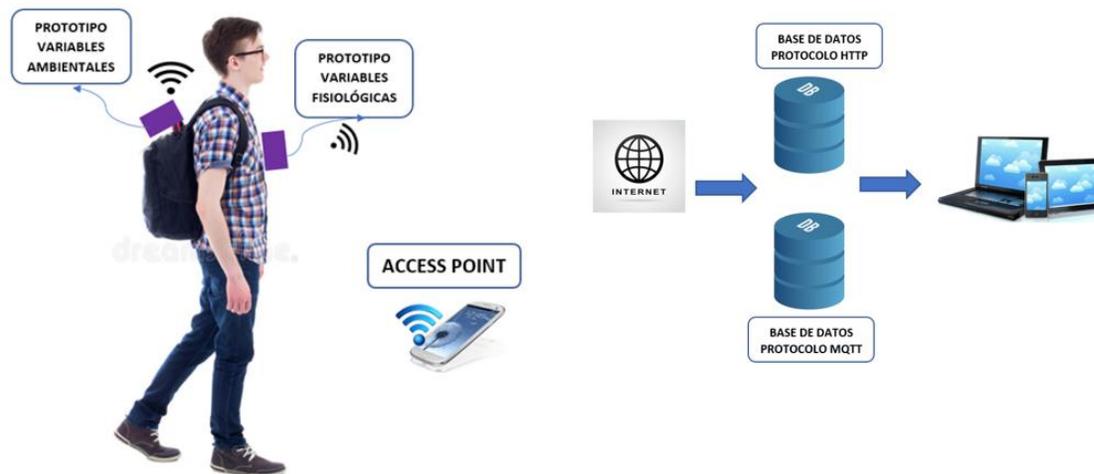


Figura 8. Diagrama general del proyecto de investigación

3.1. CREACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Para crear la aplicación móvil se utilizó la herramienta MIT App Inventor, software que es fácil de utilizar ya que emplea una programación en bloques.

Se crearon 4 pantallas: la pantalla de carga, la pantalla principal, la pantalla que contiene la información de las señales fisiológicas y la pantalla que contiene la información de las señales ambientales.

PANTALLA DE CARGA

La figura 9 muestra la pantalla previa a la principal donde se redirigirá cuando la aplicación se encuentre lista para su funcionamiento.



Figura 9. Pantalla de carga en la aplicación

PANTALLA PRINCIPAL

Dentro de la pantalla principal se realiza la conexión Bluetooth entre el celular y el prototipo multisensado de variables ambientales y fisiológicas.

Además, en la parte central de la pantalla muestra la ubicación actual de la persona monitorizada. En la figura 10 se observa la interfaz con estas características.

Se tomó como referencia los lugares más conocidos de la universidad como:

- Laboratorios de Biotecnología
- Laboratorios de Electrónica
- Bloque D (Entrada Lateral)
- Bloque D (Entrada Trasera)
- Centro de Investigación de Nanotecnología
- Edificio de Idiomas
- Centro Médico
- Biblioteca
- Parqueaderos Biblioteca
- Parqueaderos Edificio Administrativo
- Edificio Administrativo
- Plazoleta Principal
- Bloque A
- Restaurante y Salón 2000
- Innovativa
- Laboratorios de Mecatrónica
- Laboratorios de Mecánica
- Bloque B

- Canchas
- Residencia
- Centro de Investigación y Posgrados
- CICTE
- Coliseo General Miguel Iturralde

Si la persona se encuentra fuera de las coordenadas correspondientes a los lugares mencionados, su ubicación mostrará que se encuentra en Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE.

Por último, la pantalla muestra dos opciones para la visualización de los datos obtenidos. Se dirige a los valores de las señales fisiológicas o a los valores de las señales ambientales.



Figura 10. Pantalla Principal en la aplicación

PANTALLA DE VARIABLES FISIOLÓGICAS

En esta pantalla se registra el contacto de emergencia al cual le llegará el mensaje de alerta si la persona monitorizada se encuentra en peligro.

Muestra los valores obtenidos del ritmo cardiaco, ritmo respiratorio, movimiento corporal y temperatura cutánea como se observa en la figura 11.



Figura 11. Pantalla de Variables Fisiológicas en la aplicación

Además, se tiene como opción el poder visualizar en forma gráfica los valores obtenidos en tiempo real de la monitorización de la persona. Se tiene un ejemplo en la figura 12.

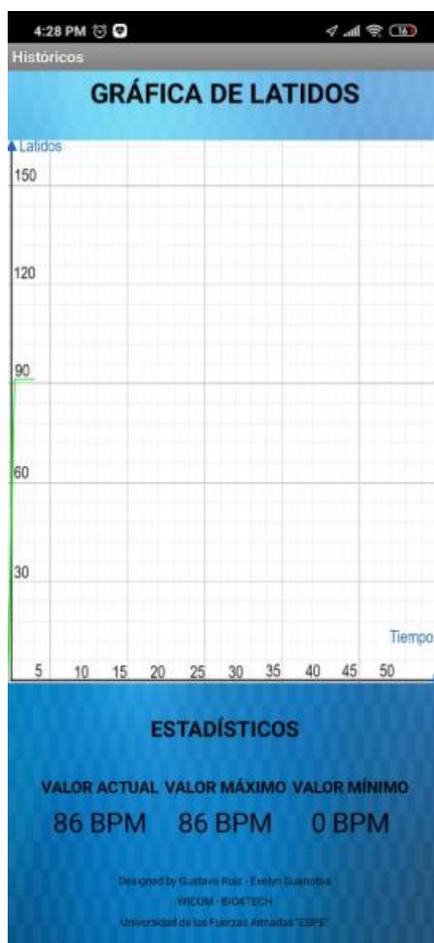


Figura 12. Gráfica de latidos por minuto en la aplicación

Las alarmas fueron programadas de acuerdo a los valores presentados en el capítulo 2. Para este sistema de alertas se tomó en cuenta solamente ritmo cardiaco.

La figura 13 muestra el mensaje de alerta al presentarse valores elevados en el ritmo cardiaco. Esta variable aumenta dado por dos factores, por la realización de actividad física o por problemas del corazón.

Si el ritmo cardiaco de la persona monitorizada está elevado y no se encuentra realizando ninguna actividad física, se envía un mensaje de alerta a un familiar indicando la posición actual de la persona como se muestra en la figura 14.

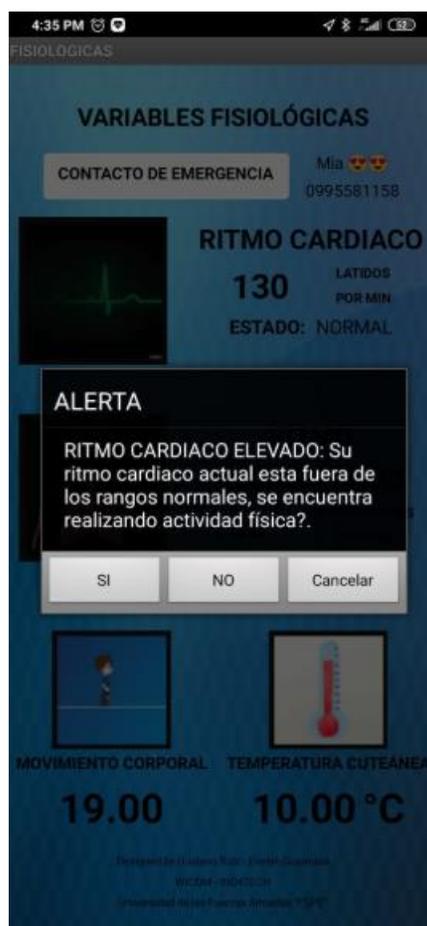


Figura 13. Mensaje de Alerta por Ritmo Cardiaco elevado

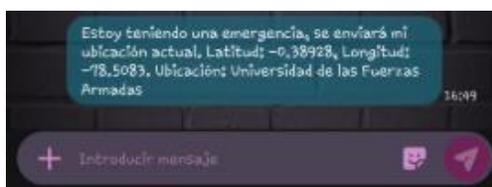


Figura 14. Mensaje de texto enviado

PANTALLA DE VARIABLES AMBIENTALES

En esta pantalla se presentan los valores obtenidos de los sensores. Se muestran los datos de temperatura, presión, humedad relativa, luminancia, concentración de CO_2 , campo magnético y nivel de ruido como se observa en la figura 15.

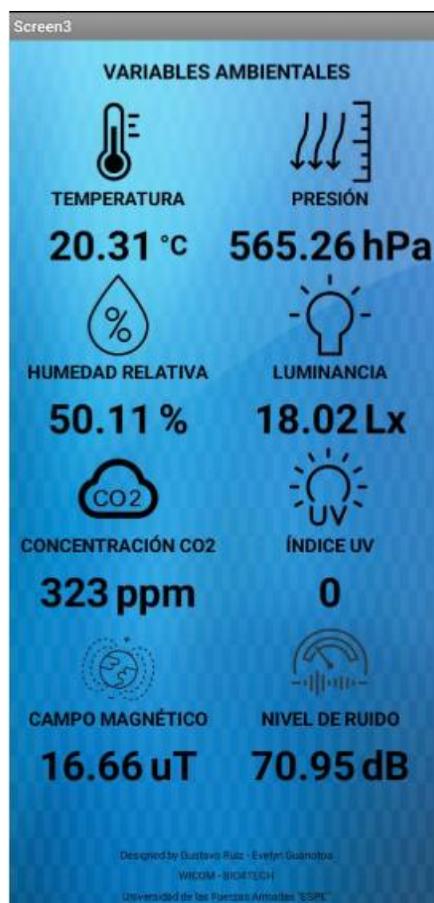


Figura 15. Pantalla de valores ambientales en la aplicación

Además, se tiene como opción el poder visualizar en forma gráfica los valores obtenidos de los sensores en tiempo real. También se observan el valor actual, el máximo y el mínimo de todos los datos recolectados en ese período de tiempo. Un ejemplo se muestra en la figura 16.

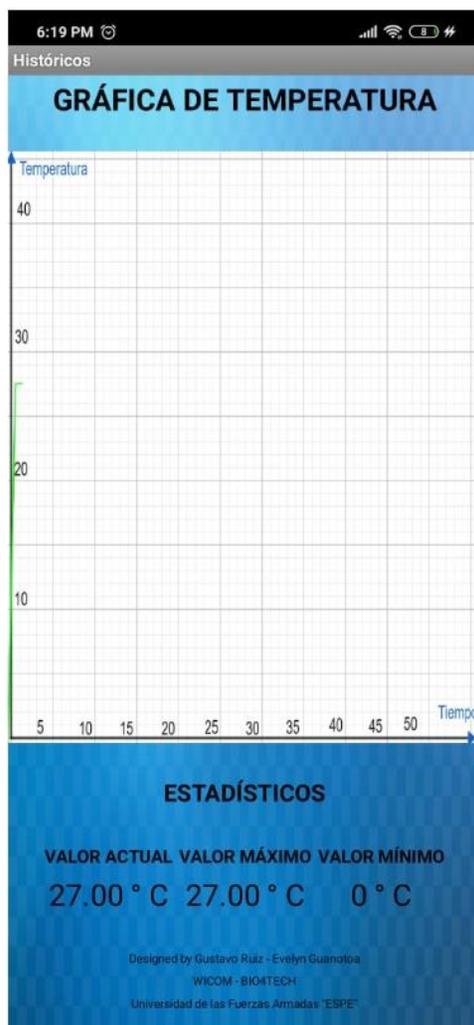


Figura 16. Gráfica de temperatura en la aplicación

Las alarmas fueron programadas de acuerdo a los valores presentados en el capítulo 2. Para este sistema de alertas se tomó en cuenta las siguientes variables: Concentración CO_2 , Índice UV y Nivel de Ruido. Estas alarmas se observan en la figura 17.

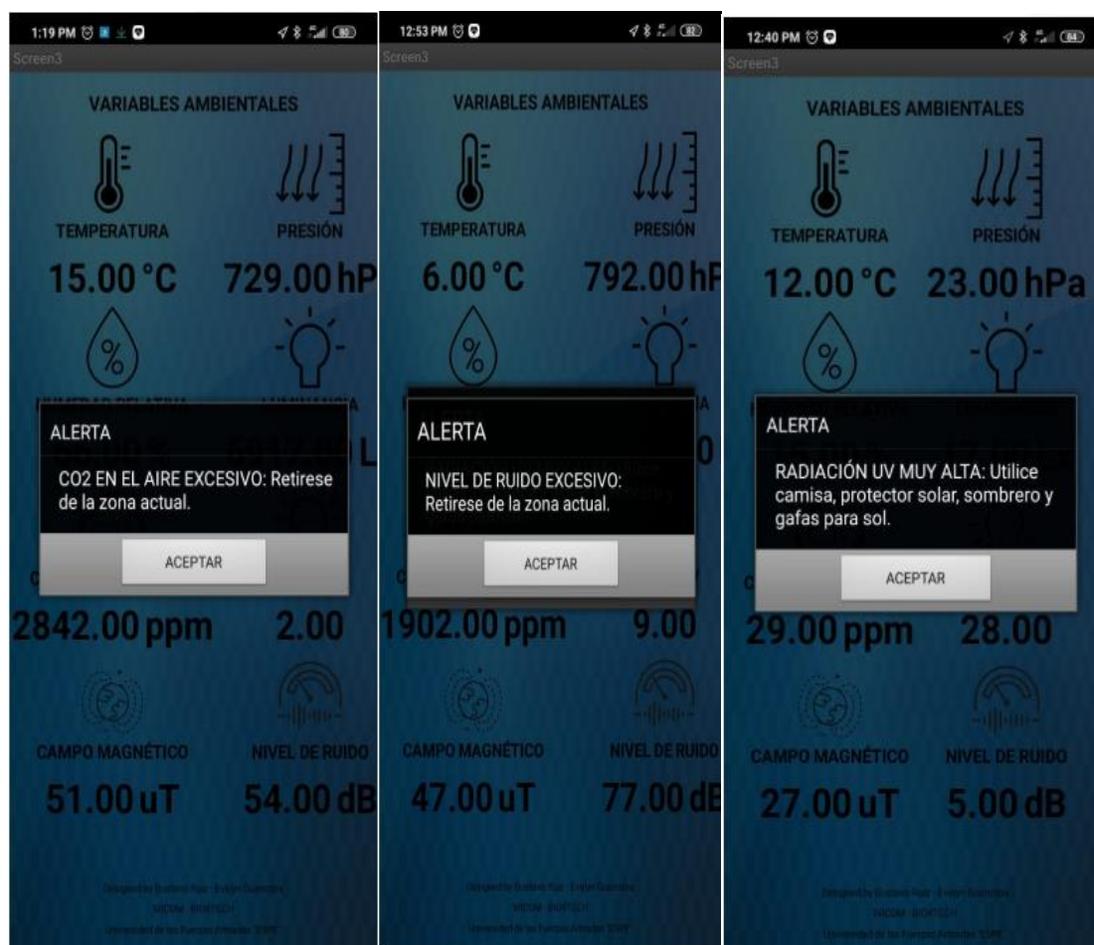


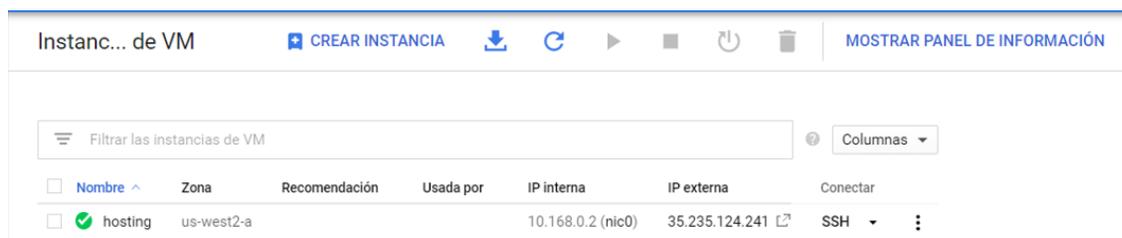
Figura 17. Mensajes de alerta para variables ambientales

3.2. CREACIÓN DE LA PÁGINA WEB

Para la creación de la página web, previamente se compró un hosting de Google en donde se montó el servidor mediante la creación de máquina virtual.

HOSTING

Al crear la máquina virtual, Google otorga una dirección IP la cual se utiliza para acceder a la página web. La IP otorgada para el presente proyecto es 35.235.124.241 como se muestra en la figura 18.



<input type="checkbox"/>	Nombre ^	Zona	Recomendación	Usada por	IP interna	IP externa	Conectar
<input checked="" type="checkbox"/>	hosting	us-west2-a			10.168.0.2 (nic0)	35.235.124.241 E	SSH ▾ ⋮

Figura 18. IP asignada al Hosting creado

Para comprobar que se tenga acceso a la IP otorgada por google se realiza un ping desde el cmd de un dispositivo externo que no pertenezca a la misma red como se muestra en la figura 19.

```
C:\Users\Evelyn Guanotoa>ping 35.235.124.241

Haciendo ping a 35.235.124.241 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 35.235.124.241: bytes=32 tiempo=131ms TTL=55
Respuesta desde 35.235.124.241: bytes=32 tiempo=128ms TTL=55
Respuesta desde 35.235.124.241: bytes=32 tiempo=126ms TTL=55
Respuesta desde 35.235.124.241: bytes=32 tiempo=135ms TTL=55

Estadísticas de ping para 35.235.124.241:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 126ms, Máximo = 135ms, Media = 130ms
```

Figura 19. Ping a la IP asignada por Google

BASE DE DATOS

Se encuentra creada una base de datos donde están almacenadas todas las variables que son medidas en el presente proyecto de investigación. Además, existen dos variables importantes que ayudan a realizar el análisis de resultados como son el protocolo (http o mqtt) y el tiempo de transmisión. Todas las variables utilizadas se pueden observar en la figura 20.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento
<input type="checkbox"/> 1	id 🗝️	int(11)	
<input type="checkbox"/> 2	tempamb	float(4,2)	
<input type="checkbox"/> 3	humedad	float(5,2)	
<input type="checkbox"/> 4	presion	float(6,2)	
<input type="checkbox"/> 5	luminosidad	float(8,2)	
<input type="checkbox"/> 6	campomagnetico	float(4,2)	
<input type="checkbox"/> 7	aceleracion	float(5,2)	
<input type="checkbox"/> 8	ruido	float(5,2)	
<input type="checkbox"/> 9	concentracionco	int(11)	
<input type="checkbox"/> 10	indiceuv	int(11)	
<input type="checkbox"/> 11	ecg	int(11)	
<input type="checkbox"/> 12	resp	int(11)	
<input type="checkbox"/> 13	tempCorp	float(4,2)	
<input type="checkbox"/> 14	nombre	varchar(100)	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> 15	protocolo	varchar(10)	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> 16	tiempo	timestamp	

Figura 20. Base de datos

Finalmente, la interfaz de la página web se muestra en la figura 21.



Figura 21. Interfaz gráfica de la página web

Al ingresar al comando “Gráficas Ambientales”, se tiene la opción de visualizar de manera gráfica los valores obtenidos de cada variable medida como muestra la figura 22.



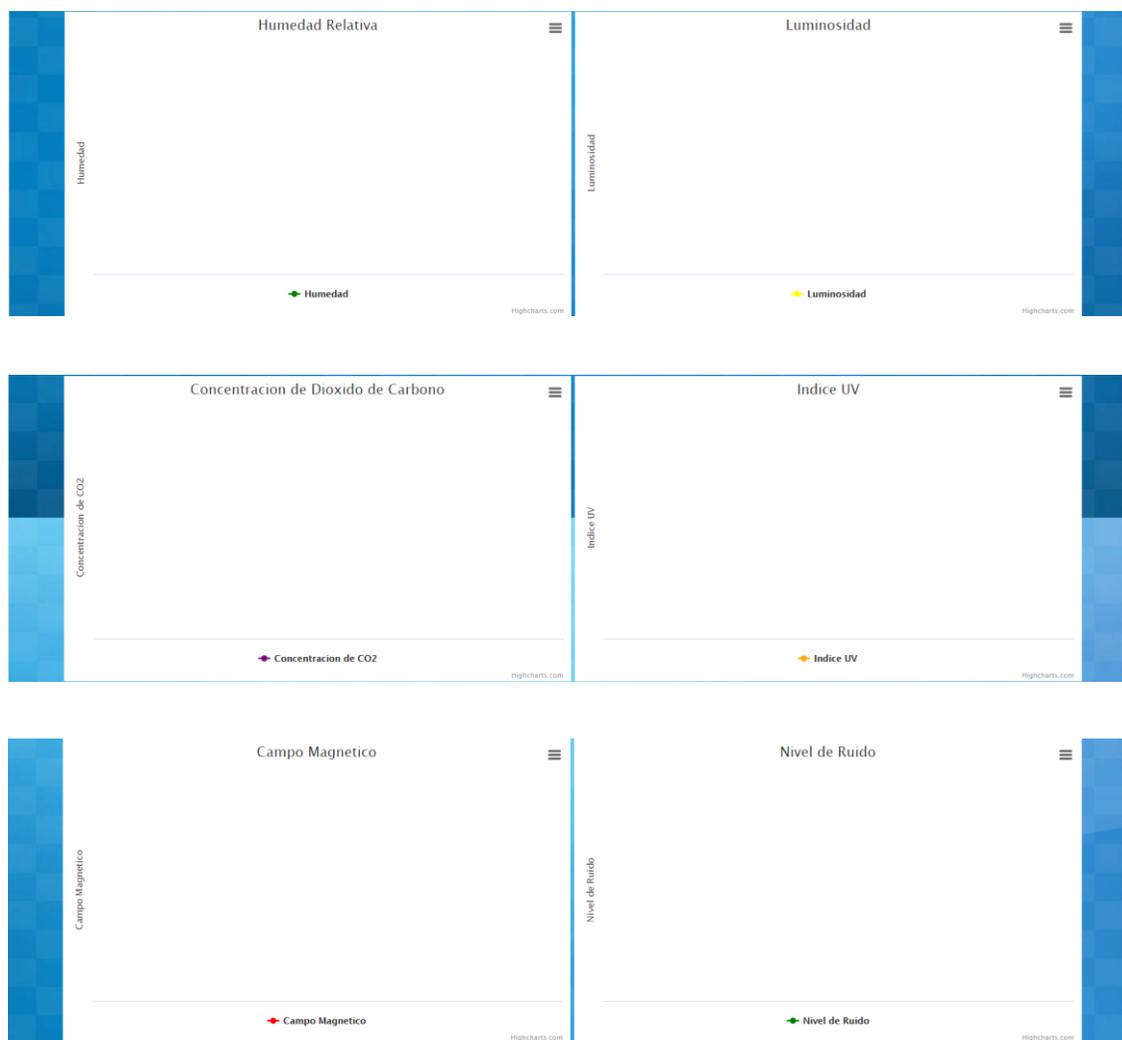


Figura 22. Gráficas ambientales de la página web

Al ingresar al comando “Gráficas Fisiológicas”, se tiene la opción de visualizar de manera gráfica los valores obtenidos de cada variable medida como muestra la figura 23.



Figura 23. Gráficas fisiológicas de la página web

3.3. PROTOCOLO HTTP

3.3.1. PROGRAMA DE TRANSMISION

En la figura 24 se encuentra la creación de un buffer de datos donde se almacenan los resultados de las variables obtenidas de los sensores durante 30 segundos para aprovechar el ancho de banda del estándar 802.11 correspondiente a WiFi.

Una vez almacenados los datos en la variable **bufferdedatos**, se llama a la función **enviopost** para transmitir la información mediante el protocolo http.

```

if (l<30) {
  auxTemp+=temp+", ";auxPres+=pres+", ";auxHum+=hum+", ";
  auxLuz+=luz+", ";auxUv+=uv+", ";auxCo+=co+", ";auxMag+=mag+", ";
  auxAcelin+=acelin+", ";auxRuido+=ruido+", ";auxBpm+=String(pico)+", ";
  auxRpm+=String(picoResp/2)+", ";auxTempCorp+=String(tempCorp)+", ";
  auxNombre+=nombre_paciente+", ";auxProtocolo=protocolo+", ";
  l++;
}else{
  auxTemp+=temp;auxPres+=pres;auxHum+=hum;auxLuz+=luz;
  auxUv+=uv;auxCo+=co;auxMag+=mag;auxAcelin+=acelin;
  auxRuido+=ruido;auxBpm+=String(pico);auxRpm+=String(picoResp/2);|
  auxTempCorp+=String(tempCorp);auxNombre+=nombre_paciente;auxProtocolo=protocolo;
  bufferededatos="tempamb="+auxTemp+"&humedad="+auxHum+"&presion="+auxPres+"&luminosidad="+
  auxLuz+"&campomagnetico="+auxMag+"&aceleracion="+auxAcelin+"&ruido="+auxRuido+
  "&concentracionco="+auxCo+"&indiceuv="+auxUv+"&ecg="+auxBpm+"&resp="+auxRpm+"&tempCorp="+auxTempCorp+
  "&nombre="+auxNombre+"&protocolo="+auxProtocolo;
  Serial.println(bufferdedatos);
  enviopost();
  l=0;
  auxTemp="";auxPres="";auxHum="";auxLuz="";auxUv="";auxCo="";
  auxMag="";auxAcelin="";auxRuido="";auxBpm="";auxRpm="";
  auxTempCorp="";auxNombre="";auxProtocolo="";
}

```

Figura 24. Buffer de datos en 30s

La función **enviopost** que se muestra en la figura 25 **manda** una petición de comunicación mediante la opción Post del protocolo http hacia la IP donde se encuentra montado el servidor junto con la página web.

```

void enviopost(){
  if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){
    http.begin("http://35.235.124.241/Tesis/recepcionTotal.php"); //Specify destination for HTTP request
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded"); //Specify content-type header
    Serial.println(bufferdedatos);
    int httpResponseCode = http.POST(bufferdedatos);
    if(httpResponseCode>0){
      String response = http.getString();
      Serial.println(httpResponseCode);
      Serial.println(response);
    }else{
      Serial.print("Error on sending POST: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    }
    http.end();
  }else{
    Serial.println("Error in WiFi connection");
  }
}

```

Figura 25. Función para enviar información mediante http

3.3.2. PROGRAMA DE RECEPCIÓN

En la figura 26 se muestra el código que permite guardar cada una de las variables que se obtuvieron en la monitorización de cada paciente. Estos valores son almacenados dentro de la tabla **valores** que pertenece a la base de datos denominada **prueba**.

```
for($i=0; $i<count($arregloTempcorp); $i++){
    $aux1 = $arregloTempcorp[$i];
    $aux2 = $arregloTempamb[$i];
    $aux3 = $arregloPresion[$i];
    $aux4 = $arregloHumedad[$i];
    $aux5 = $arregloLuminosidad[$i];
    $aux6 = $arregloCampomagnetico[$i];
    $aux7 = $arregloAceleracion[$i];
    $aux8 = $arregloRuido[$i];
    $aux9 = $arregloConcentracionco[$i];
    $aux10 = $arregloIndiceuv[$i];
    $aux11 = $arregloEcg[$i];
    $aux12 = $arregloResp[$i];
    $aux13 = $arregloNombre[$i];
    $aux14 = $arregloProtocolo[$i];
    mysql_query("INSERT INTO prueba `valores` (`id`,`tempamb`,`humedad`,`presion`,`luminosidad`,`campomagnetico`,`aceleracion`,`ruido`,`concentracionco`,`indiceuv`,`ecg`,`resp`,`tempCorp`,`nombre`,`protocolo`,`tiempo`) VALUES(NULL, '$aux2', '$aux4', '$aux3', '$aux5', '$aux6', '$aux7', '$aux8', '$aux9', '$aux10', '$aux11', '$aux12', '$aux1', '$aux13', '$aux14', CURRENT_TIMESTAMP);");
}
```

Figura 26. Programa de recepción de datos

3.4. PROTOCOLO MQTT

3.4.1. PROGRAMA DE TRANSMISIÓN

En la figura 27 se muestra el puerto, usuario y contraseña para establecer la conexión con cloudMqtt, software utilizado para visualizar los datos que se transmiten mediante este protocolo de comunicación.

```
const int mqtt_port = 11072;
const char *mqtt_user = "placal";
const char *mqtt_pass = "12345";
const char *topico = "/placal/temperatura";
```

Figura 27. Programa de transmisión en MQTT

El código de la figura 28 muestra la función de envío empleando la variable `bufferdedatos` la cual fue utilizada también en la transmisión mediante `http`.

```
void enviomqtt(){
  if (client.connected()){
    bufferdedatos.toCharArray(msg,10000);
    client.publish(topico,msg);
  }
}
```

Figura 28. Función de envío mediante MQTT

3.4.2. PROGRAMA DE RECEPCIÓN

En la función de la figura 29 se recibe los datos obtenidos mediante **post** para almacenarlos en el archivo **repcionTotal**, mismo que es utilizado también con el protocolo `http`.

```
function onMessageArrived(message) {
  if (message.destinationName == '/' + usuario + '/' + 'temperatura') { //acá coloco el topic
    mensaje = message.payloadString;
    console.log(mensaje);
    $.ajax({
      url: "repcionTotal.php",
      method:"post",
      data:mensaje,
      success: function(res){
        console.log(res);
      }
    })
  }
}
```

Figura 29. Función de recepción mediante MQTT

En el código de la figura 30 se configura el usuario y contraseña, las mismas que fueron establecidas en la figura 27 para que se establezca la conexión. Además, se programa para que la recepción acepte la información de todos los *topics* creados.

```
usuario = 'placa1';
contrasena = '12345';
// called when the client connects
var mensaje;
function onConnect() {
  // Once a connection has been made, make a subscription and send a message.
  console.log("onConnect");
  client.subscribe("#");
}
}
```

Figura 30. Código para establecer el intercambio de información mediante MQTT

Es importante verificar que se encuentre programado la instancia que fue creada previamente en cloudMQTT como se muestra en la figura 31, ya que, si no se lo hace, la comunicación no será lograda.

En la figura 32 se visualiza la instancia creada en cloudMQTT. Estos datos son los que deben ser programados en las líneas de comando que muestra la figura 31.

```
var clientId = "ws" + Math.random();
// Create a client instance
var client = new Paho.MQTT.Client("postman.cloudmqtt.com", 31072, clientId);
```

Figura 31. Código de identificación de la instancia creada

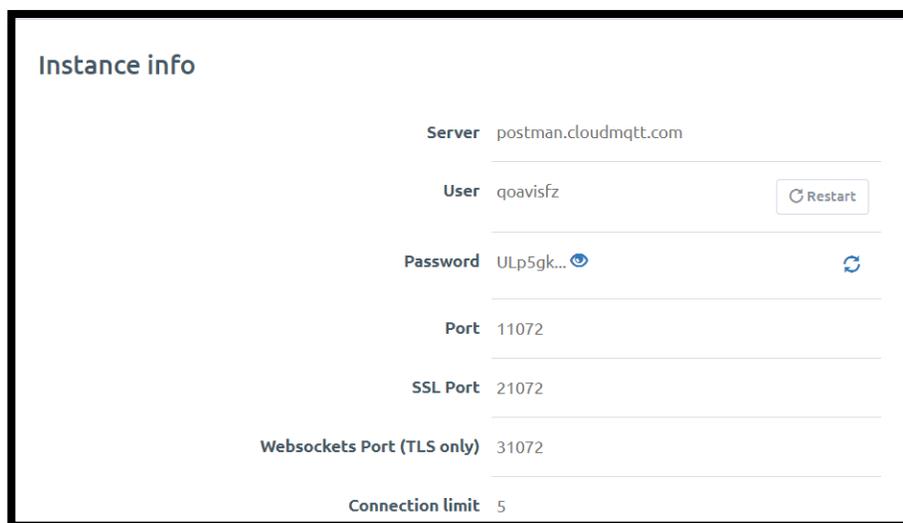


Figura 32. Instancia creada en cloudMQTT

3.5. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Dado que las pruebas se realizan dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se contabilizan a los estudiantes de todas las carreras.

Dentro de esta población se eligen a los estudiantes de último nivel ya que, debido a su carga horaria, tienen mayor disponibilidad de tiempo en realizar un recorrido alrededor de la Universidad.

Tabla 5*Estudiantes de último nivel de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE*

CARRERA	ESTUDIANTES
Sistemas	24
Civil	22
Geográfica	20
Telecomunicaciones	30
Automatización y Control	37
Mecánica	28
Mecatrónica	17
Bioteología	36
Educación Física	60
Educación Inicial	33
Administración de Empresas	102
Comercio Exterior	45
Finanzas y Auditoría	42
Turismo	29
Mercadotecnia	15
Comercial	93
Total: 663	

Para realizar las pruebas de comunicación del prototipo se tomó como población a los estudiantes de último nivel de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones e Ingeniería Electrónica en Automatización y Control.

Dado que el prototipo de (Ruiz Tello, 2020) debe estar completamente pegado al pecho de la persona monitorizada y éste tiene un tamaño de $12\text{cm} \times 12\text{cm}$, se optó por realizar las pruebas a los estudiantes de sexo masculino. La población total fue de 59 estudiantes.

Tabla 6
Estudiantes de último nivel de la carrera de Electrónica

Ingeniería Electrónica y	Hombres	23
Telecomunicaciones	Mujeres	6
Ingeniería Electrónica en	Hombres	36
Automatización y Control	Mujeres	1

Para sacar la muestra de la población se utiliza la ecuación estadística descrita a continuación (López, 2004):

$$m = \frac{N}{(N - 1) * K^2 + 1}$$

Donde:

m=Muestra

N=Población o universo

K=Margen de error, usualmente utilizado 10%

Entonces:

$$m = \frac{59}{(59 - 1) * 0.10^2 + 1}$$

$$m = 37$$

En casos donde la población es pequeña, se utiliza la siguiente fórmula correctora (Mateu, Mateu, & Casal, 2003):

$$\frac{1}{n'} = \frac{1}{n} + \frac{1}{N}$$

Donde:

n' = Tamaño de la muestra necesario

n = Tamaño de la muestra según la fórmula general

N = Tamaño de la población

Entonces:

$$\frac{1}{n'} = \frac{1}{37} + \frac{1}{59}$$

$$n' = 23$$

El total de estudiantes considerados para realizar las pruebas de funcionamiento son 23.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los 23 estudiantes considerados como muestra realizaron dos veces el recorrido por toda la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Un recorrido fue para la transmisión utilizando el protocolo HTTP y en el segundo recorrido se utilizó MQTT.

Se considera necesario mencionar que se dispuso de un solo prototipo por lo que se tomó en cuenta el número máximo de pruebas diarias posibles para que dicho prototipo no sufra ningún daño.

Además, cabe recalcar que el prototipo contiene 4 baterías, dos de 1500mA y dos de 8000mA. Lo que significa que, para que cada batería se encuentre totalmente cargada, necesita un tiempo de carga de 6 horas las de 8000mA y 3 horas para las baterías de 1500mA aproximadamente.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se llegó a realizar el siguiente análisis: la recolección de datos duró 10 días, se monitorizó 2 estudiantes por día, es decir, se recorrió la Universidad 4 veces diarias. Cada recorrido tuvo una duración de aproximadamente 1 hora.

4.1. SEÑALES OBTENIDAS

Cabe recordar que la información enviada por los dos protocolos se lo realizó por bloques; es decir, cada 30 segundos los datos fueron almacenados en la base de datos. Esto se lo hizo para aprovechar el ancho de banda y para evitar la menor pérdida de información.

Al recolectar todas las pruebas de los 23 estudiantes, tanto de las señales fisiológicas como ambientales, se percató que existía cierto grado de similitud en las dos semanas que se tomaron los datos. Y es debido a que el clima del Valle de los Chillos fue muy parecido en las dos semanas, es por esto que se decidió extraer los 5 días con mayor variabilidad de información para representarlos en el análisis.

En la figura 33 se presenta la temperatura ambiental promedio de los 10 días de pruebas, se observa que el día más caluroso fue viernes. Las pruebas se realizaron en la jornada matutina, es decir de 7am a 12:30pm.

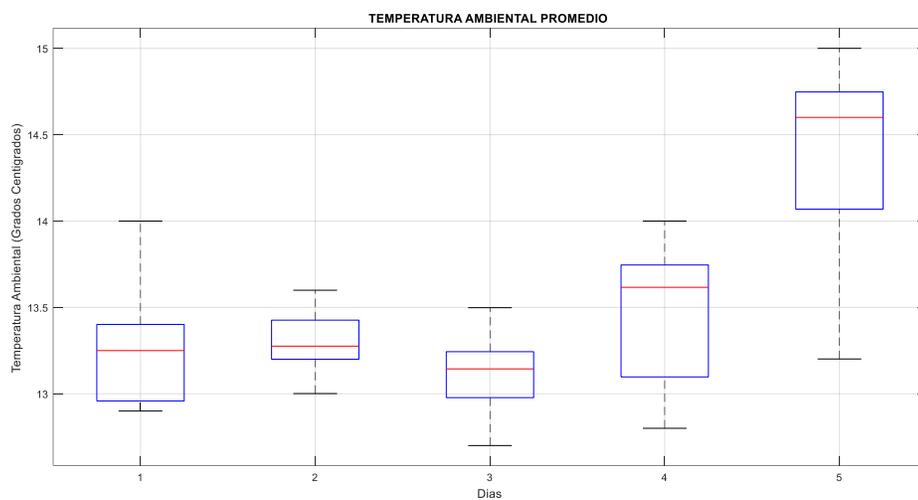


Figura 33. Temperatura ambiental promedio en 5 días

En la figura 34 se verifica que existe una relación directa entre la temperatura ambiental y la humedad relativa. Los puntos rojos que se encuentran fuera de la caja son valores atípicos que se descartan del análisis. Es por esto que esos valores se descartan del análisis.

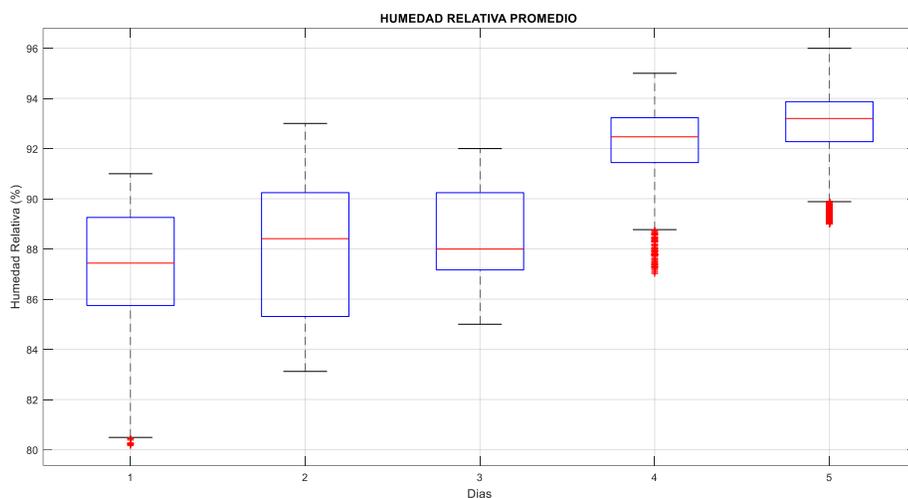


Figura 34. Humedad Relativa promedio en 5 días

En la figura 35 se presenta la presión atmosférica y se puede apreciar que esta variable es inversamente proporcional a la humedad relativa y a la temperatura ambiental. Mientras éstas aumentan, la presión atmosférica disminuye. De igual manera que el caso anterior, el sensor arrojó valores atípicos debido a que las mediciones de presión atmosférica no son muy variables y si estas mediciones cambian, aunque sea por decimales, éstas se ven reflejadas con asteriscos rojos en la gráfica.

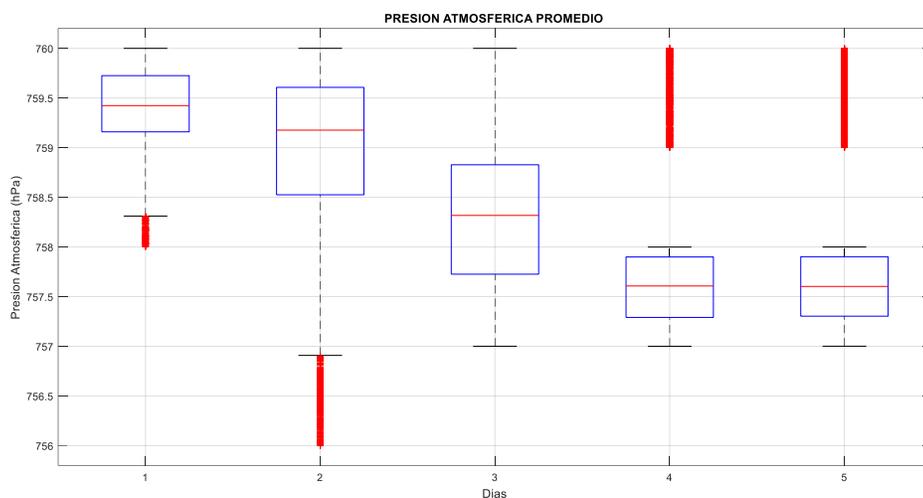


Figura 35. Presión Atmosférica promedio en 5 días

La figura 36 muestra la variable de luminosidad, se aprecia que es directamente proporcional a las variables de temperatura ambiental y humedad relativa. Se pudo notar que en esta variable la unidad de luxes tiene un rango de variación muy alta y es debido a esto que existen valores atípicos representados con asteriscos rojos dentro de la gráfica.

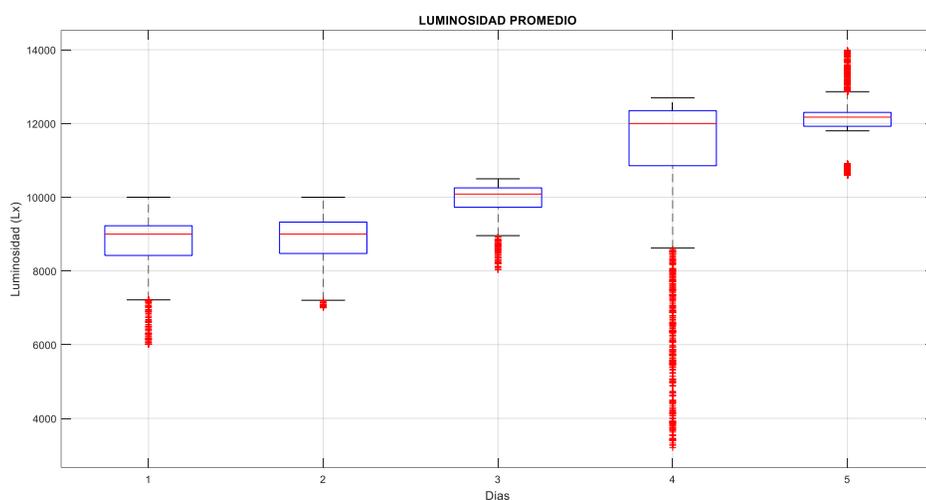


Figura 36. Luminosidad promedio en 5 días

De la misma manera, el índice UV presentado en la figura 37 también se ve que existe una relación directa con la luminosidad, temperatura ambiental, humedad relativa y es inversamente proporcional a la presión atmosférica. Se observa que el segundo día la mayoría de las mediciones se concentraron en el valor de índice UV de 4 y por esto que la caja es muy pequeña.

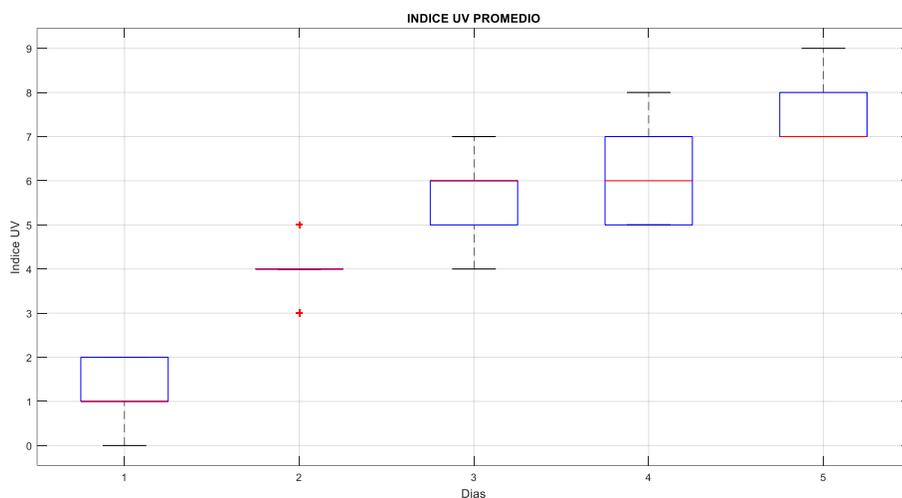


Figura 37. Índice UV promedio en 5 días

El campo magnético representado en la figura 38 no tiene relación con ninguna de las señales previamente explicadas, sin embargo, se verificó que los datos que se encuentran fuera del rango de medición se vieron alterados debido a que, en el instante de toma de datos, ingresaron llamadas y mensajes a las personas que estaban siendo monitorizadas en ese momento.

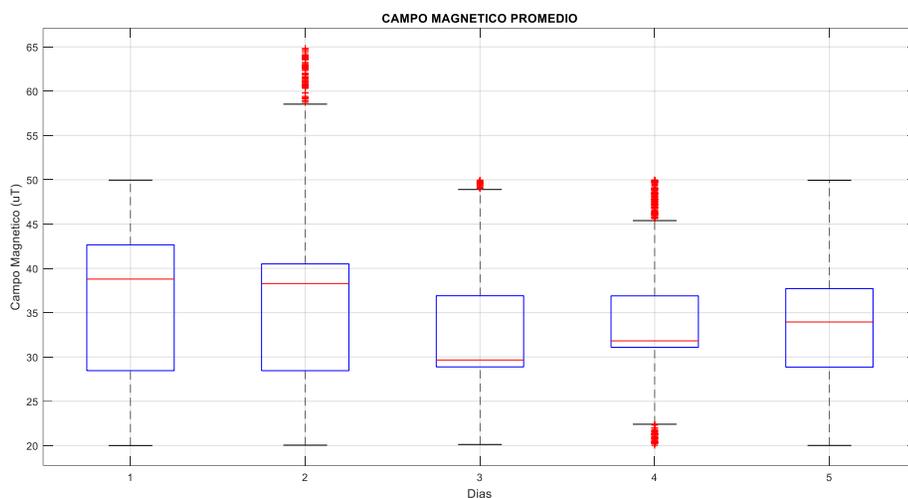


Figura 38. Campo magnético promedio en 5 días

La figura 39 representa el nivel de ruido promedio. Se observa que no tiene ninguna relación entre las demás variables.

En el día 3 se visualizan valores fuera del rango de medición y esto fue debido a que la persona que estaba siendo monitorizada en ese momento se encontraba en el ingreso a la Universidad, y fuera de ella varios automóviles estaban pitando constantemente por un autobús que interrumpía el tráfico. Al superar el rango permisible presentada en la tabla 3, saltó inmediatamente el mensaje de alerta en el celular indicando que se aleje del sitio por niveles de ruido excesivos.

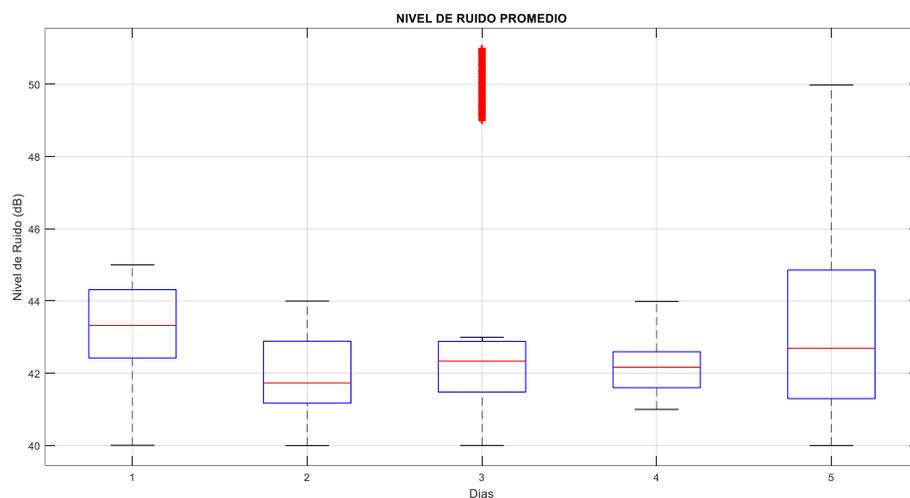


Figura 39. Nivel de ruido promedio en 5 días

En la figura 40 se presenta la concentración de dióxido de carbono en el aire. En esta imagen se puede verificar claramente que las mediciones se mantienen constantes excepto el día 1. Esto se justifica debido a que aquel día ingresó maquinaria a la Universidad, y en ese instante la persona monitorizada se encontraba dentro de este escenario y los valores se vieron alterados.

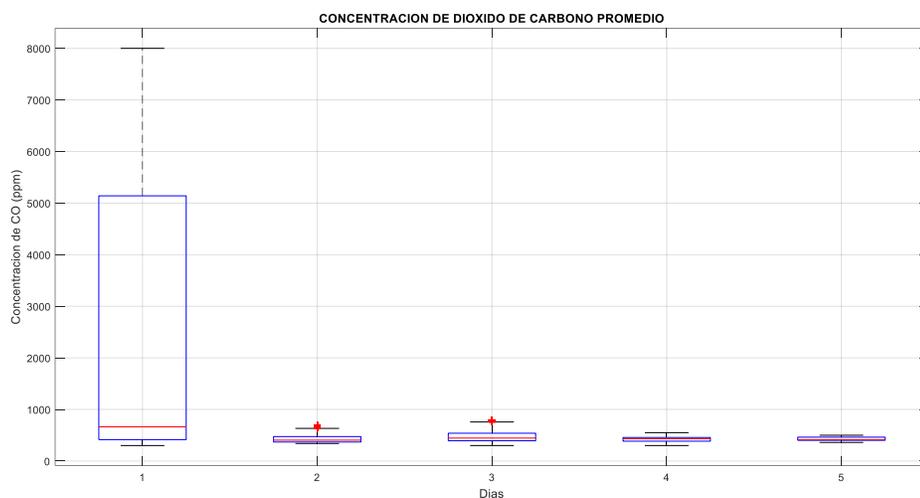


Figura 40. Concentración de CO₂ promedio en 5 días

La figura 41 muestra los latidos por minuto de los estudiantes monitorizados. Se observa que las personas del día 2 y 3 presentaron más variabilidad en sus latidos que los demás estudiantes.

Una vez que se analizaron los resultados obtenidos y se verificaron que las personas del día 2 y 3 tienen mayor variabilidad en sus latidos por minuto, se percató que aquellos estudiantes realizaron deporte minutos antes de ser monitorizadas lo cual justifica esta diferencia con los demás estudiantes.

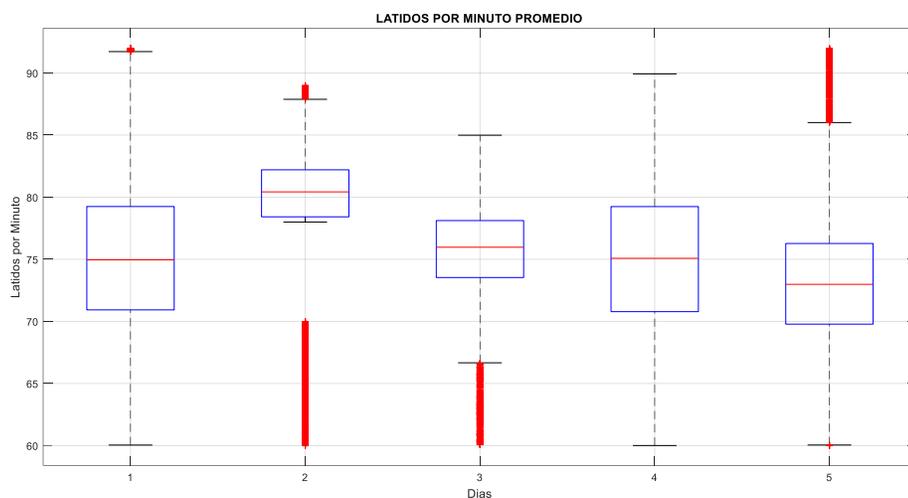


Figura 41. Latidos por minuto promedio en 5 días

Las respiraciones por minuto se ven reflejadas en la figura 42. Esta variable está relacionada directamente con el ritmo cardiaco, sin embargo, se verifica que esta condición no se cumple con el día 1. Esto se justifica con los resultados obtenidos en la figura 40 con la concentración de dióxido de carbono ya que se concluye que la respiración se ve afectada por el aumento de dicha variable.

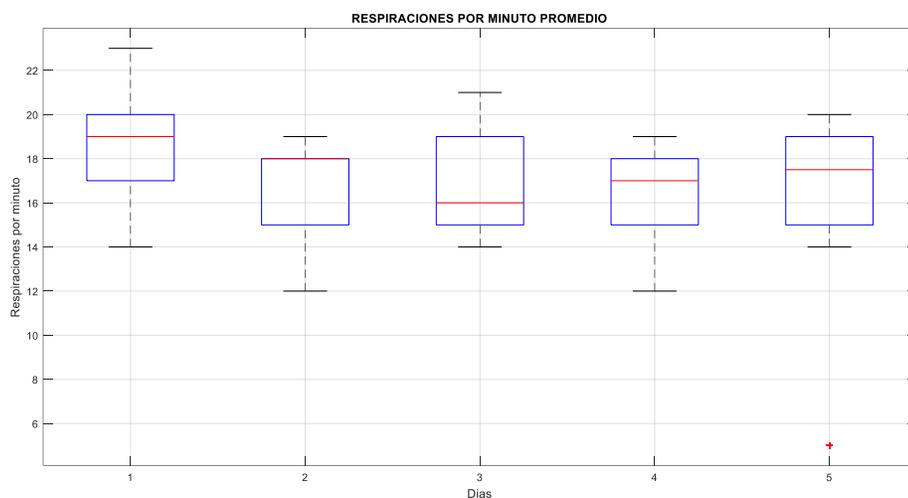


Figura 42. Respiraciones por minuto promedio en 5 días

La figura 43 muestra el movimiento corporal de las personas monitorizadas. Se observan valores fuera del rango de medición, esto es debido a que los estudiantes perdían el ritmo al caminar por responder llamadas o mensajes que llegaban a sus teléfonos celulares.

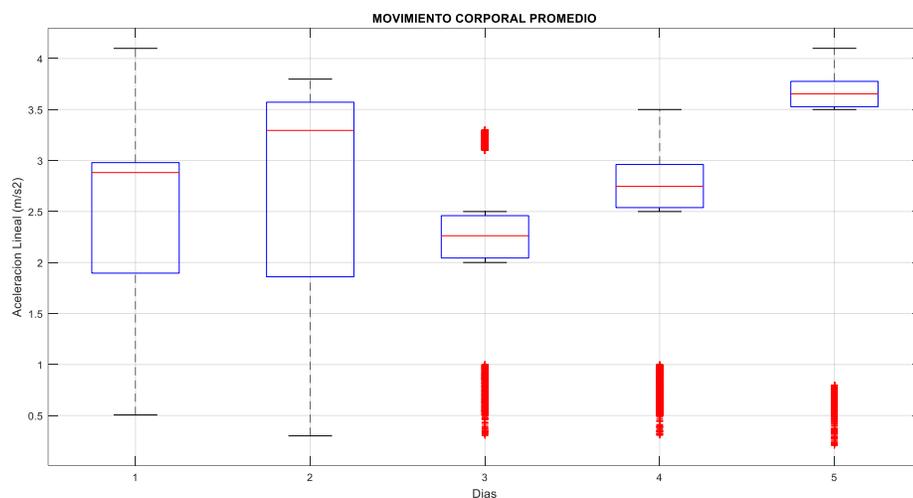


Figura 43. Movimiento corporal promedio en 5 días

Los valores de la temperatura corporal mostrados en la figura 44 se ven alterados y fuera del rango de medición, esto es debido a que las personas que estaban siendo monitorizadas, después de cierto tiempo, empezaron a sudar y, al estar el prototipo colocado directamente con la piel, el sensor arrojaba valores fuera de la información esperada.

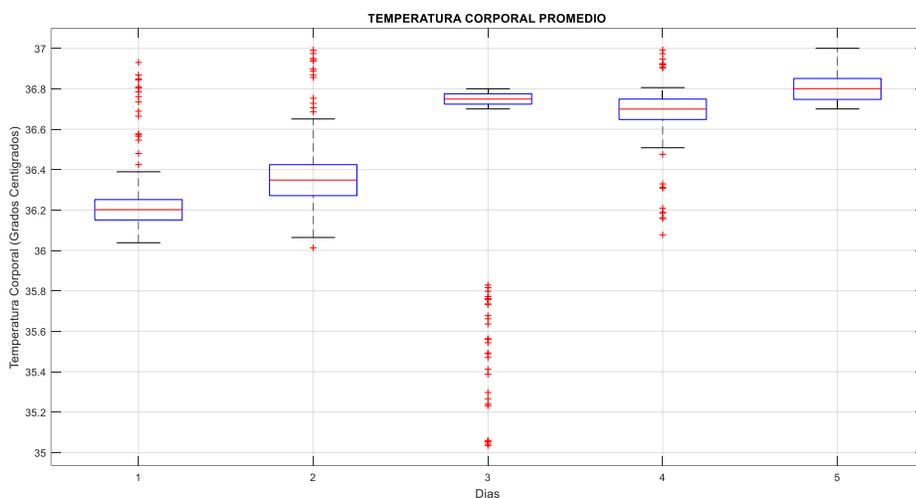


Figura 44. Temperatura Corporal promedio en 5 días

4.2. ANÁLISIS DE PAQUETES PERDIDOS

La figura 45 muestra una comparación entre el protocolo HTTP y MQTT de los paquetes perdidos obtenidos durante las respectivas pruebas de los 23 estudiantes. Se observa que el protocolo con mayores pérdidas fue HTTP.

Este protocolo es más sensible con respecto a MQTT y su varianza es mayor, es por esto que su caja es más amplia. La gráfica muestra pérdida de paquetes de HTTP entre 1% y 7% y su media se encuentra en 4%.

Por otra parte, el protocolo MQTT presenta pérdidas entre 1% y 3.5% y su media está establecida en 2.5%.

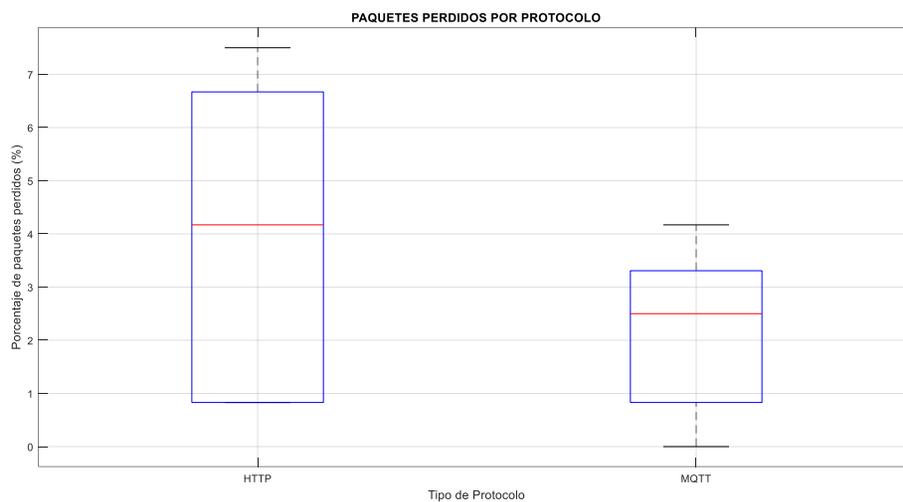


Figura 45. Paquetes perdidos por protocolo

La figura 46 muestra el porcentaje de paquetes perdidos de los datos recibidos del total de la muestra. El color azul indica el porcentaje del protocolo HTTP mientras que el rojo indica el protocolo MQTT.

Se verifica que en el protocolo HTTP se tiene un porcentaje de pérdidas de aproximadamente 8% mientras que el protocolo MQTT indica un 4% de pérdidas.

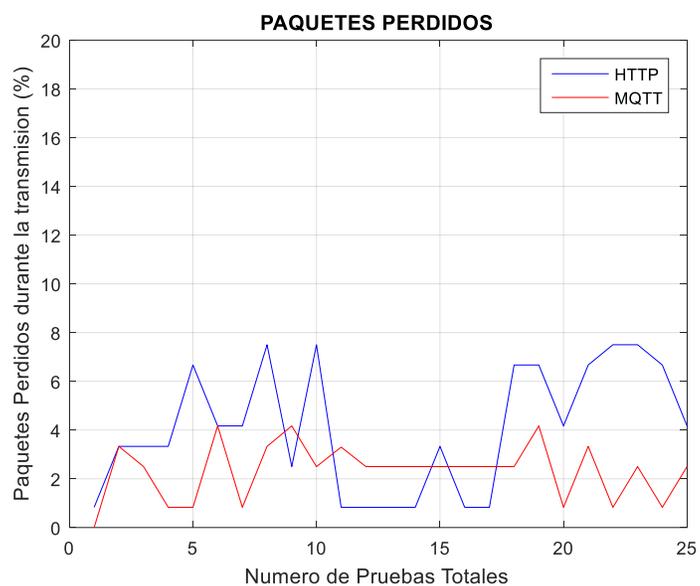


Figura 46. Paquetes perdidos del total de la muestra

4.3. Análisis de retardo

Las figuras 47 muestra que el protocolo con mayor retardo fue MQTT. Sin embargo, al realizar las pruebas correspondientes se percató que es casi imperceptible la diferencia que posee con respecto al protocolo HTTP.

La gráfica muestra que HTTP presenta un retardo entre 270ms y 280ms con una media de 275ms mientras que MQTT varía entre 285ms y 310ms con una media de 296ms.

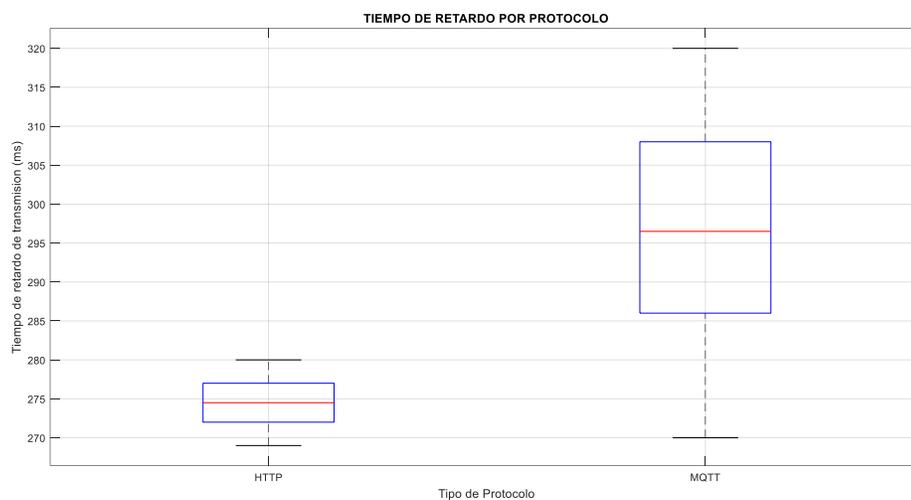


Figura 47. Retardo por Protocolo

En la figura 48 se visualiza de manera general el retardo de todos los estudiantes monitorizados utilizando el protocolo HTTP. Como se puede observar el retardo alcanza valores de 290ms.

Además, se aprecia que, a pesar de que HTTP presenta un menor retardo, existe mayor variación en él, lo que se conoce como Jitter.

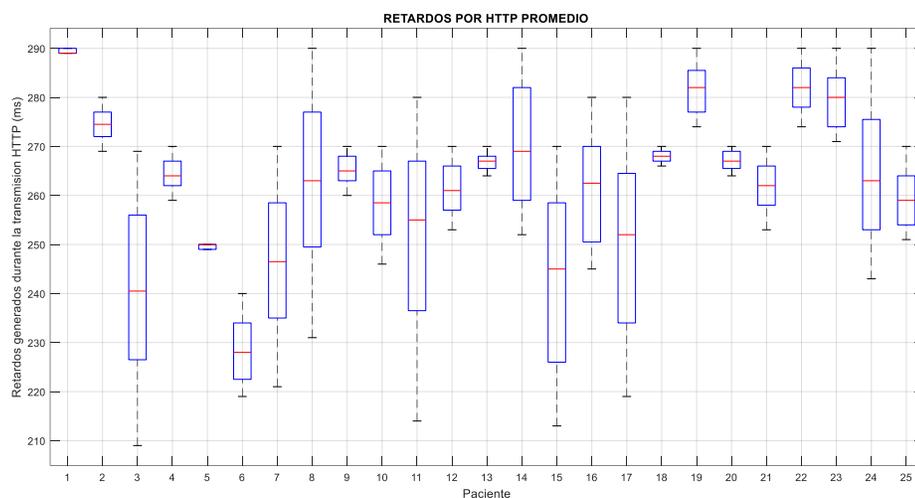


Figura 48. Retardo de HTTP del total de la muestra

En la figura 49 se visualiza de manera general el retardo de todos los estudiantes monitorizados utilizando el protocolo MQTT. Como se puede observar el retardo alcanza valores de 360ms, es decir, mayor que HTTP sin embargo presenta menor Jitter.

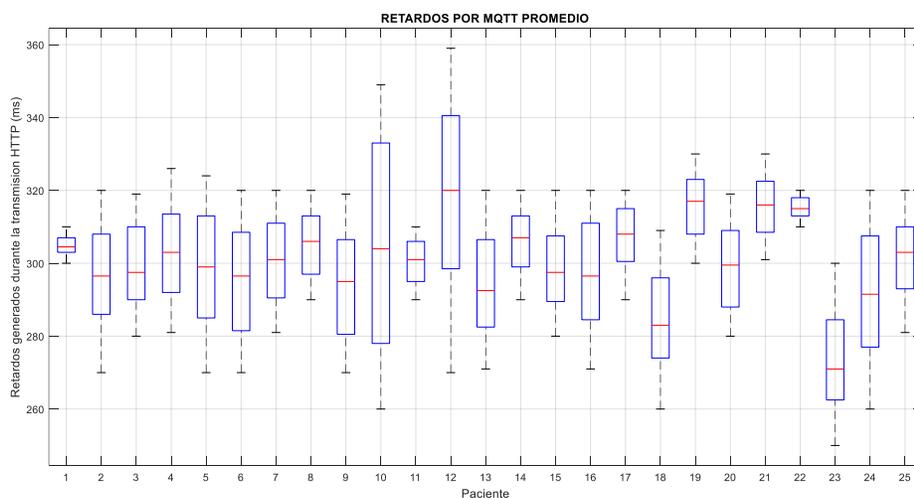


Figura 49. Retardo de MQTT del total de la muestra

Al analizar las peticiones enviadas al servidor de cada protocolo se observa de mejor manera en la figura 50 lo que se mencionaba anteriormente, que los retardos se encuentran muy similares entre los dos protocolos.

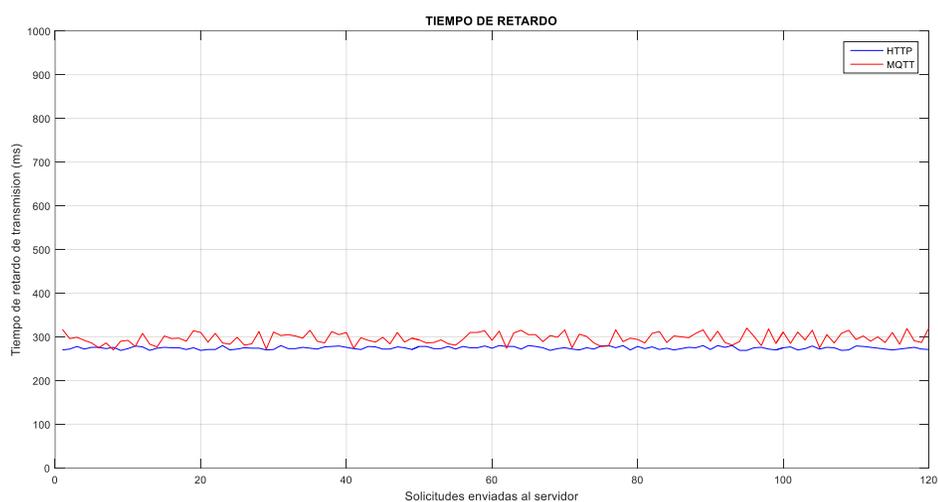


Figura 50. Retardo según las solicitudes enviadas al servidor

4.4. APLICACIÓN MÓVIL

Una vez recibidos los datos tanto del protocolo HTTP como del protocolo MQTT, se visualizan en la aplicación móvil los datos de cada una de las variables ambientales. La figura 51 muestra los resultados de uno de los días en donde se realizaron pruebas de comunicación con el prototipo.



Figura 51. Variables ambientales y fisiológicas

En la figura 52 se muestra un ejemplo de las gráficas obtenidas durante la toma de datos de las señales ambientales en el transcurso del día. Se visualizan el valor máximo, mínimo y el actual en tiempo real.

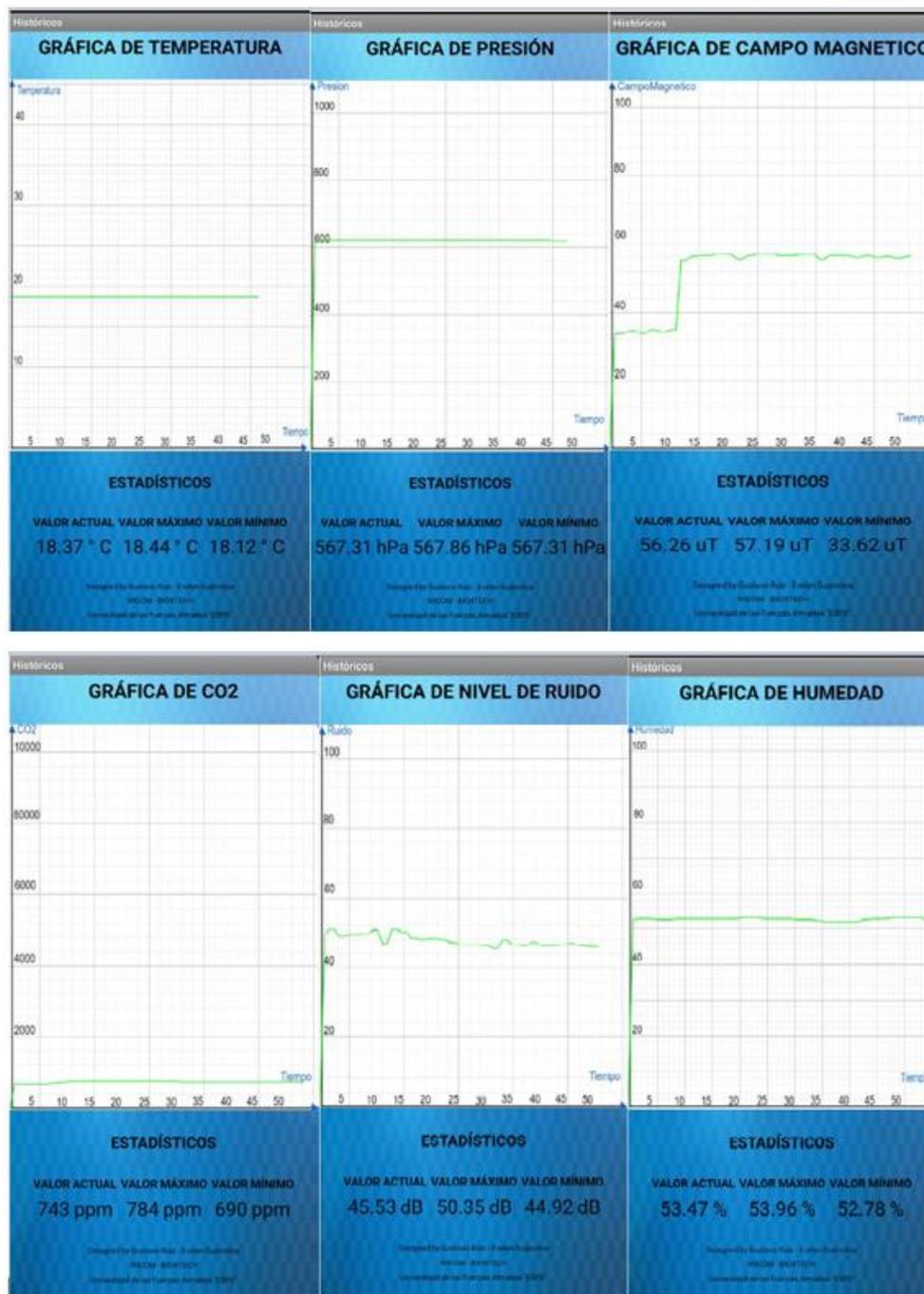


Figura 52. Gráficas de variables ambientales en la aplicación móvil

En la figura 53 se muestra un ejemplo de las gráficas obtenidas durante la toma de datos de las señales fisiológicas en el transcurso del día. Se visualizan el valor máximo, mínimo y el actual en tiempo real.

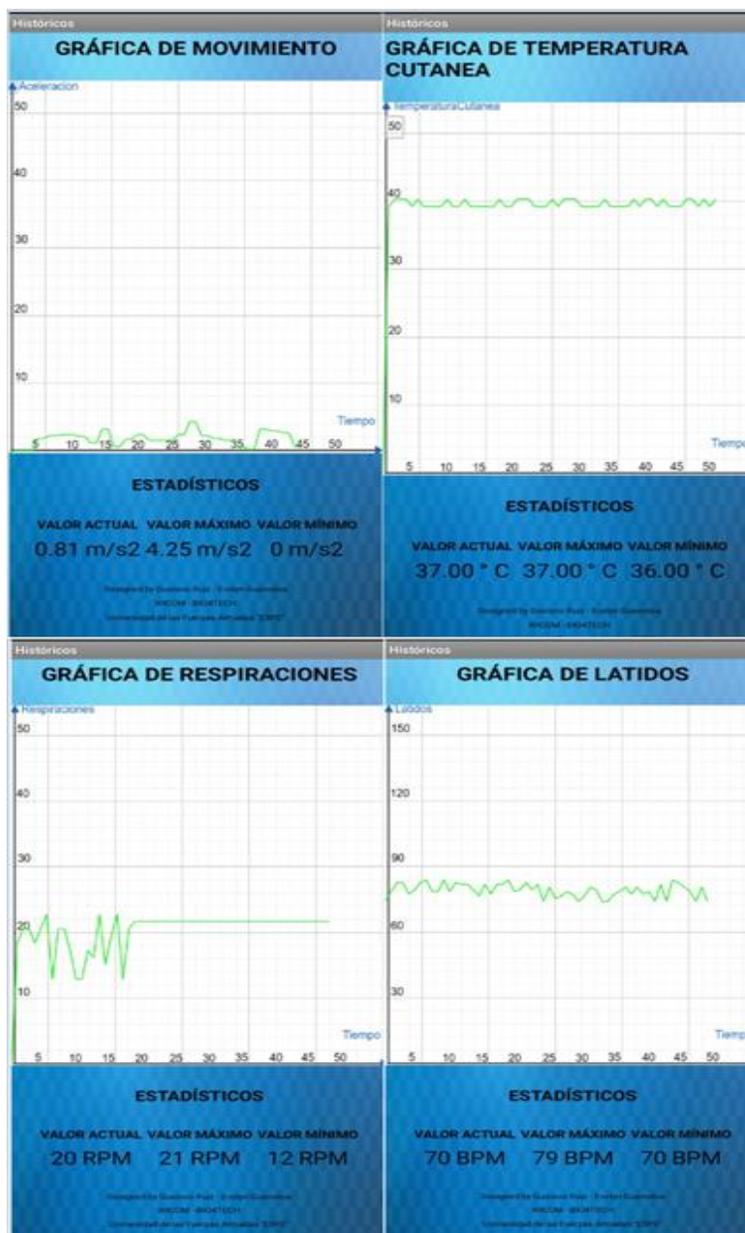


Figura 53. Gráficas de variables fisiológicas en la aplicación móvil

4.5. PÁGINA WEB

De la misma manera que en la aplicación móvil, los resultados también se visualizan en la página web <http://35.235.124.241/Tesis/index.php> como se muestra en la figura 54.

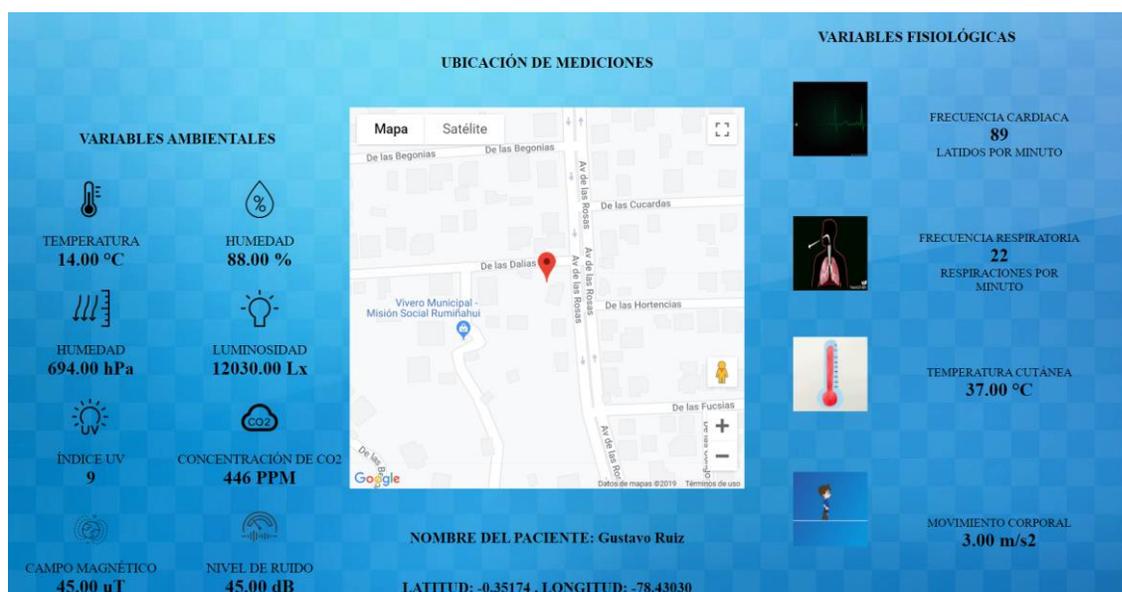


Figura 54. Visualización de valores en la página web

En la figura 55 se muestra un ejemplo de las gráficas obtenidas durante la toma de datos de las señales ambientales en el transcurso del día. Estas gráficas son visualizadas en la página web.

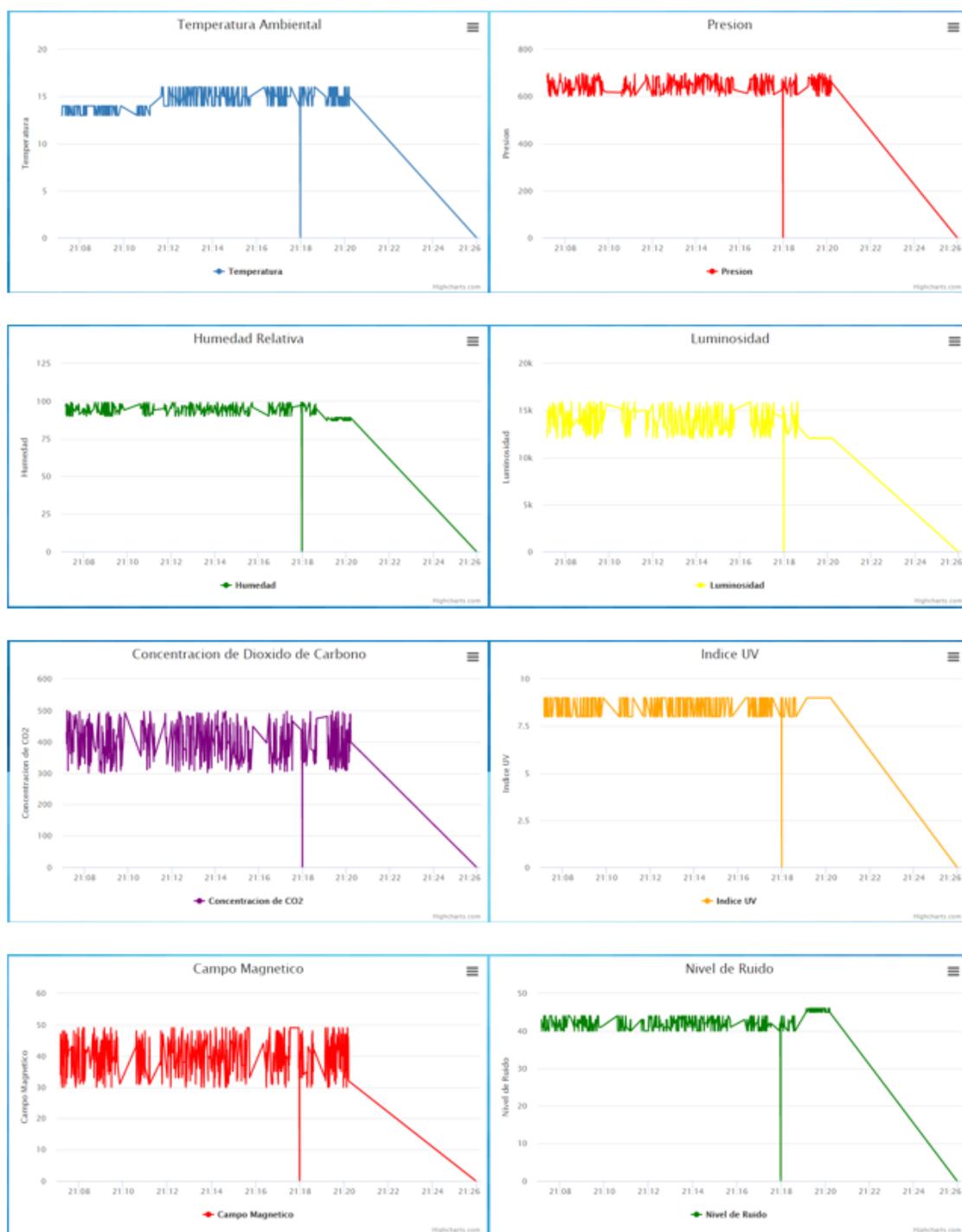


Figura 55. Gráfica de variables ambientales en la página web

En la figura 56 se muestra un ejemplo de las gráficas obtenidas durante la toma de datos de las señales fisiológicas en el transcurso del día. Estas gráficas son visualizadas en la página web.

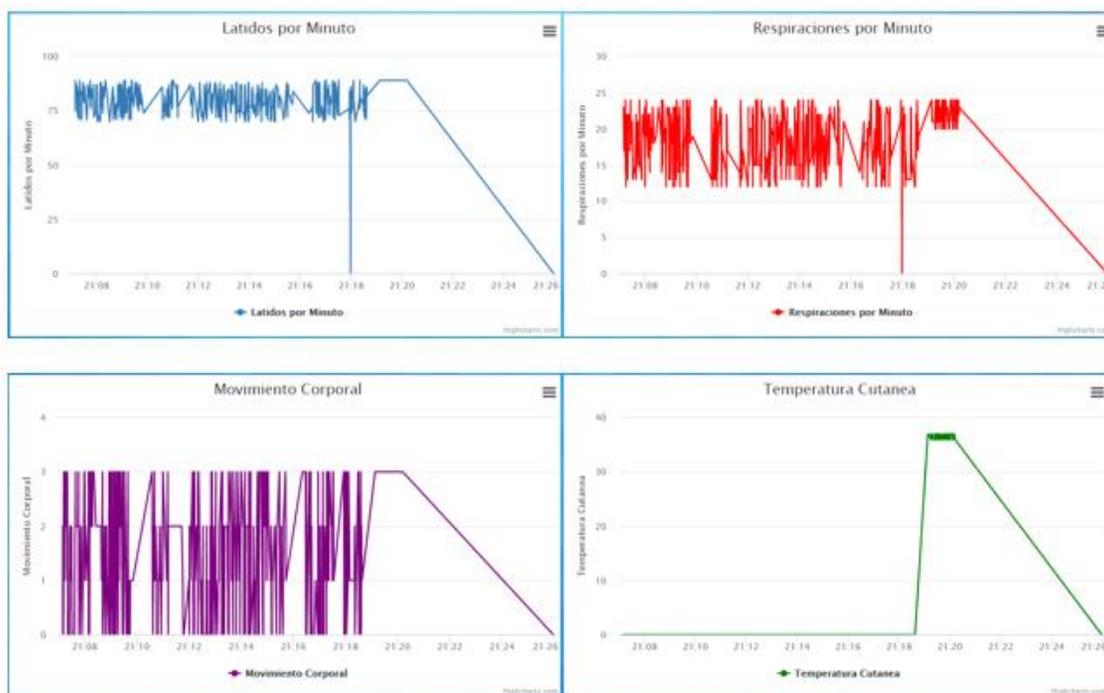


Figura 56. Gráfica de variables fisiológicas en la página web

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto de investigación se ha realizado la evaluación del desempeño de un sistema de medición de señales fisiológicas y ambientales, mediante el análisis del retardo y cantidad de paquetes perdidos con la comparación entre HTTP y MQTT.

Como resultado se obtiene que el protocolo más óptimo es MQTT pues en su transmisión y recepción de datos, la pérdida de paquetes fue menor que con HTTP. Según los resultados obtenidos, el protocolo HTTP tuvo un 8% de pérdidas contra un 4% correspondiente a MQTT. Además, cabe recalcar que con MQTT el rendimiento del prototipo fue mayor con un tiempo de duración de aproximadamente 6 horas.

A pesar de que el retardo con el protocolo HTTP fue menor, el retardo de MQTT no se ve afectado de manera significativa en este proyecto de investigación por lo que se descarta esta diferencia y una vez más se determina al protocolo MQTT como el más óptimo y viable para este tipo de transmisión.

Una conclusión a la que se llegó con la realización de este proyecto de investigación es que el uso de dispositivos móviles, al llegar mensajes o llamadas, el sensor de campo magnético se vio alterado dando como resultado datos fuera de la información esperada, lo que implica que ciertas mediciones no fueron válidas.

Se determinó que el lugar con mayor concentración de dióxido de carbono fue la entrada a la Universidad, y esto es debido a la afluencia de vehículos tanto de estudiantes como docentes y administrativos que ingresan a la jornada matutina. Además, es importante recalcar que esta variable afecta directamente a las respiraciones por minuto de las personas que se encuentren aspirando este gas.

Al crear la instancia de la máquina virtual en el Hosting de Google, asegurarse que la versión de Ubuntu sea de 14.04 ya que con otras versiones se llegó a tener problemas en configuraciones y al levantar el servidor. Esta versión fue la más estable y la más útil.

Optimizar los recursos de la red ya que el consumo energético de la transmisión mediante WiFi es alto y, por ende, la duración de las baterías del prototipo es reducida.

Una vez encendido el prototipo y se empieza a transmitir las señales, percatarse que el dispositivo se encuentre conectado a la nube. Una forma sencilla de verificar es la ubicación actual del paciente.

Se recomienda que, al momento de realizar el recorrido alrededor de la Universidad con la persona monitorizada, retirar los dispositivos móviles que no sean utilizados en ese instante ya que los datos obtenidos del campo magnético se ven alterados y otorgan valores atípicos que no se consideran en el análisis.

5.2. TRABAJOS FUTUROS

Evaluar la red mediante el análisis de Jitter y eficiencia para obtener un resultado más preciso y así tener un estudio completo junto a los parámetros presentados como paquetes perdidos y retardo.

Comparar el protocolo MQTT con uno más nuevo que involucre IoT y evaluar la red tomando en cuenta paquetes perdidos y retardo para determinar el protocolo de comunicación más óptimo.

Ampliar la cobertura del geoposicionamiento, es decir, registrar más lugares específicos para tener una base de datos más extensa y así, el prototipo sea utilizado incluso fuera de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Optimizar el tamaño del prototipo para realizar pruebas con mujeres, y así esté apto para cualquier persona que desee hacer uso de él.

Considerar el aumentar el número de veces que se realiza el recorrido por la Universidad, para así, reducir el error cuadrático medio.

Realizar un mayor número de pruebas de comunicación para determinar más lugares dentro de la Universidad donde se pueden producir alteraciones fisiológicas o ambientales.

REFERENCIAS

- Alcaraz, M. (s.f.). *Internet de las Cosas*. Asunción, Paraguay: Universidad Católica, Nuestra Señora de la Asunción.
- Arias, J. (2018). *Diseño e implementación de un dispositivo portátil para la detección de arritmias cardíacas en base al sensado y análisis de la señal ECG*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- B, G. (1 de Noviembre de 2019). *Tutorial Hostinger*. Obtenido de <https://www.hostinger.com.ar/tutoriales/que-es-apache/#Como-funciona-el-servidor-web-Apache>
- Betancourt, C., & Yépez, I. (2018). *Diseño e implementación de una plataforma multisensado para el monitoreo de sujetos sanos sometidos a un test de inducción de estrés*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Blanco Perez, A., & Gutierrez Couto, U. (2002). *Legibilidad de las Páginas Web sobre salud dirigidas a pacientes y lectores de la población en general*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Blanco, J. (31 de Marzo de 2018). *Salud Digital*. Obtenido de Tu revista de E-Health.
- Bradley, J. (2019). *NunkyWorld*. Obtenido de <https://www.nunkyworld.com/wearables-una-tendencia-en-auge/wearables2/#>
- Campoverde, A., Hernández, D., & Mazón, B. (2015). *Cloud Computing con herramientas open-source para Internet de las Cosas*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.

- Ciberseguridad, I. N. (2017). *incibe*. Obtenido de Cloud Computing, Una guía de aproximación para el empresario: https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/guia-cloud-computing_0.pdf
- De 2017, 15 De Marzo. (s. f.). Cómo afecta el cambio climático a la salud humana. Recuperado 25 de febrero de 2019, de Infobae website: <https://www.infobae.com/economia/rse/2017/03/15/como-afecta-el-cambio-climatico-a-la-salud-humana/>
- Díez, F. B. (1996). Meteorología Y Salud. La Relación Entre La Temperatura Ambiental Y La Mortalidad. *Rev Esp Salud Pública*, 70, 9.
- Enriquez , J., & Casas, S. (s.f.). Usabilidad en Aplicaciones Móviles. *ICT-UNPA*, 27.
- Equipo de redactores y editores médicos. (19 de Abril de 2017). *American Cancer Society*. Obtenido de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html>
- Factores ambientales afectan salud pública. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2019, de <https://www.milenio.com/estados/factores-ambientales-afectan-salud-publica>
- Gandomi, A., & Murtaza, H. (2015). *Big data concepts, methods, and analytics*. Toronto: International Journal of Information Management.
- Garcia, D. E. (06 de Marzo de 2018). *DKV Salud*. Obtenido de <https://quierocuidarme.dkvsalud.es/salud-para-todos/como-tomar-la-temperatura-corporal>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- Instituto para la Salud Geoambiental. (Marzo de 2019). *Dióxido de Carbono CO2*. Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>

- Jones, J. (25 de Septiembre de 2019). *Health Gazzette24*. Obtenido de <https://www.healthgazette24.com/ehealth-market-2019-unveils-plan-to-share-revenue-with-top-key-players-ibm-apple-mckinsey-co-motion-computing-inc/28660>
- Leccese, F., Salvadori, G., Lista, D., & Burattini, C. (2018). *Outdoor Workers Exposed to UV Radiation: Comparison of UV Index Forecasting Methods*. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2018.8494621>
- Ley De Gestión Ambiental, & Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental. (2018). *Norma Técnica Que Establece Los Límites Permisibles De Ruido Ambiente Para Fuentes Fijas Y Fuentes Móviles*. Quito.
- López, P. (2004). *Población, Muestra y Muestreo*. Cochabamba: Punto Cero.
- Mateu, E., Mateu, E., & Casal, J. (2003). *Tamaño de la Muestra*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Mendoza, J. (15 de Mayo de 2002). *Informática Millenium*. Obtenido de Páginas Web: <https://www.informaticamilenium.com.mx/es/temas/que-es-una-pagina-web.html>
- OMS | Conferencia de la OMS sobre salud y clima: Información de fondo. (s. f.). Recuperado 8 de marzo de 2019, de WHO website: <https://www.who.int/globalchange/mediacentre/events/climate-health-conference/about/es/>
- Osman, Andalucía, J. D., & EUROPEA, U. (2015). *Ruido y Salud*. Cataluña.
- Prieto, F. (2007). *Transmisión de Imágenes de Video mediante servicios Web XML sobre J2ME*. Sevilla: Escuela Superior de Ingenieros.

- Ramírez Madrid, D. A., & Rodríguez Hernández, E. D. (2016). *Diseño de un método para identificar necesidades y oportunidades para la implementación de Internet de las cosas (IoT) aplicable a oficinas de trabajo*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Rivera, N. (20 de Junio de 2015). *hipertextual*. Obtenido de Qué es el Internet of Things y cómo cambiará nuestra vida en el futuro: <https://hipertextual.com/2015/06/internet-of-things>
- Ruiz Tello, G. (2020). *Diseño e implementación de una plataforma multisensado portátil de variables ambientales y fisiológicas*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Santamaría, G., & Hernández, E. (2015). *Sistema de Información Científica*. Obtenido de Aplicaciones Médicas Móviles: definiciones, beneficios y riesgos: <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=81745378016>
- Sebastián, A., Javier, D., & Karla, R. (2018, marzo 28). Medio ambiente y salud: Factores ambientales que influyen en las condiciones de vida. Recuperado 28 de febrero de 2019, de Revista Vinculando website: <http://vinculando.org/salud/medio-ambiente-y-salud-factores-ambientales-que-influyen-en-las-condiciones-de-vida.html>
- Vargas Marcos, F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 117-127.
- Walcek, C. (2008). Cloud Cover and Its Relationship to Relative Humidity during a Springtime Midlatitude Cyclone. *American Meteorological Society*.