



“Aplicación móvil para envío de peticiones automáticas de ayuda, mediante sensores electrónicos y mensajes de texto geolocalizados, aplicado en accidentes de tránsito - AuxiliaMe”

Pinto Jarrín, Cristhian Alejandro

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e Informática

Msc. Raura Ruiz, Jorge Geovanny

8 de noviembre del 2018



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_Pinto.docx (D64079917)
Submitted: 2/18/2020 9:52:00 PM
Submitted By: jbolanos@difusion.com.mx
Significance: 2 %

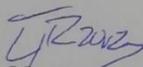
Sources included in the report:

1580333704_BFinal_Revelo_Naranjo.docx (D63168427)
TESIS_Diaz_Vasquez.docx (D63764620)
<https://www.slideshare.net/DarwinGutierrez/instrumentacin-industrial-mdulo1>
https://www.ecorfan.org/booklets/Booklets_CIERMMI_2019/06-%C3%81rea%20Ingenier%C3%ADa%20y%20Tecnolog%C3%ADa/CIER-327%20LISTO/CIER-327.pdf
[http://www.itene.com/blog/i/1863/239/reduccion-de-los-tiempos-de-respuesta-de-los-vehiculos-de-emergencia-a-traves-de-un-sistema-integrado-de-gestion-y-priorislas,](http://www.itene.com/blog/i/1863/239/reduccion-de-los-tiempos-de-respuesta-de-los-vehiculos-de-emergencia-a-traves-de-un-sistema-integrado-de-gestion-y-priorislas)
https://www.academia.edu/11322249/TIEMPO_DE_RESPUESTA_TIEMPO_DE_RETARDO_TIEMPO_DE_SUBIDA_TIEMPO_DE_ESTABLECIMIENTO_CONSTANTE_DE_TIEMPO_RESPUESTA_FRECUENCIAL_LINEALIDAD_VELOCIDAD_DE_RESPUESTA

Instances where selected sources appear:

9

Firma:


Msc. Geovanny Raura
Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Aplicación móvil para envío de peticiones automáticas de ayuda, mediante sensores electrónicos y mensajes de texto geolocalizados, aplicado en accidentes de tránsito - AuxiliaMe”** fue realizado por el señor **Pinto Jarrín, Crithian Alejandro** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 noviembre 2021

Msc. Raura Ruiz Jorge Geovanny

Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Pinto Jarrín Cristhian Alejandro**, con cédula de ciudadanía 1726834771, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Aplicación móvil para envío de peticiones automáticas de ayuda, mediante sensores electrónicos y mensajes de texto geolocalizados, aplicado en accidentes de tránsito - AuxiliaMe”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de noviembre 2021

Firma

Pinto Jarrín Cristhian Alejandro

C.C.: 1726834771



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Pinto Jarrín, Cristhian Alejandro**, con cédula de ciudadanía n° 1726834771, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Aplicación móvil para envío de peticiones automáticas de ayuda, mediante sensores electrónicos y mensajes de texto geolocalizados, aplicado en accidentes de tránsito - AuxiliaMe”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 11 de noviembre 2021

Firma

Pinto Jarrín Cristhian Alejandro

C.C.: 1726834771

Dedicatoria

A Dios por permitirme culminar una meta más e infundirme fuerzas y aliento de vida para continuar con mis proyectos y anhelos más deseados.

A mi madre, Gloria Jarrín que con su amor, paciencia y arduo esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño y meta más a mi vida, gracias por inculcarme excelentes valores como son la honradez, el esfuerzo, la valentía y la tenacidad para cumplir con mis metas.

A mis hermanos Diana y Steven, cómplices de vida, gracias por su fortaleza y su arduo trabajo para que nuestra familia sea ejemplar.

A mi Padre, a pesar de no estar siempre presente sé que sus deseos de que crezca me infundieron aliento para continuar.

A mi sobrino Ian Samuel, que con sus ocurrencias ha llegado a mi vida a infundirme felicidad y mucho amor.

A mi enamorada Jasmin, que con su paciencia y su día a día de ánimos y aliento me ayudo a culminar con esta gran meta que ha sido trascendental en mi vida. Al gran grupo de amigos del que soy parte desde mi primer día de clases en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, que con sus ánimos y aventuras hicieron que mi paso por la universidad fuera agradable e inolvidable, estoy totalmente convencido que se han convertido en familia y hermanos para mí. A mi gran Universidad que la llevaré en mi mente y corazón, con sus grandes maestros que infunden en mí el trabajo y el esfuerzo, como lo es con mi director de tesis Geovanny Raura, que con sus conocimientos durante el proceso de desarrollo me facilito el conocimiento de nuevas herramientas para culminar con la propuesta presente.

Agradecimiento.

Creo que no alcanzan las palabras para agradecer a Dios que ha sido y será mi pilar fundamental en la vida, quien con Jesucristo como mi ejemplo de vida ha marcado un antes y después en mi vida, gracias por estar siempre presente e infundirme aliento de vida.

Agradezco a mi madre Gloria, que con su incansable esfuerzo y trabajo han aportado para que pueda culminar con mis estudios universitarios, gracias por animarme e inculcarme que con Dios todo es posible, me van a faltar palabras para agradecer a mi madre por todo su apoyo y dedicación.

Agradezco a mi director de tesis que con sus conocimientos y experiencia aportaron para culminar con la presente investigación.

De igual manera agradezco a la empresa TOC y sus integrantes que han sido de apoyo con recursos y ánimos para culminar con mi carrera universitaria.

Por supuesto agradezco a mi amada Universidad y sus integrantes, por permitirme ser parte de la familia "ESPE" y culminar mi etapa universitaria

Gracias a todos aquellos que nombré y formaron parte de alguna manera de este proyecto, este logro no lo hubiera culminado si no fuera por ustedes.

Gracias.

Índice de Contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenidos	8
Índice de Tablas.	12
Índice de Figuras	13
Resumen.....	15
Abstract	3
Capítulo I – Planteamiento del Problema	9
Antecedentes.....	9
Planteamiento del Problema.....	10
Pregunta de Investigación.....	11
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos	12
Justificación	12
Estado del Arte	13
Planteamiento del estudio sistemático de literatura	13
Definición del grupo de control y extracción de términos	14

Construcción de la cadena de búsqueda	16
Selección de los estudios primarios	16
Elaboración del estado del arte	19
Hipótesis	23
Sub Preguntas de Investigación.....	24
Definición de la Investigación	25
Capitulo II – Marco Teorico.....	27
Sensores y Acondicionadores Eléctricos.	27
Herramientas necesarias en un Smartphone para comunicación externa vía bluetooth.	35
Internet de las cosas (IoT)	35
Capitulo III – desarrollo de la Propuesta	45
Análisis.....	47
Requisitos identificados.	48
Diagrama de casos de uso.....	55
Diseño	56
Diagrama de arquitectura.....	57
Diagrama de secuencia.	58
Implementación.	59
Selección de Herramientas.	60

	10
Implementación de Front-end.....	61
Implementación del Back-end.	63
Construcción del proyecto en Android Studio.....	67
Construcción del proyecto en Arduino IDE.....	71
Despliegue de la aplicación.	73
Capitulo IV – Evaluación.....	78
<i>Diseño de la Actividad</i>	79
Objetivo.	80
Objetivo Pedagógico.....	80
Participantes.....	80
Sesiones.....	80
Forma de evaluación.....	81
<i>Evaluación de la Solución</i>	82
Sesiones.....	82
Resultados.	85
Discusión de Resultados.	98
Capitulo V – Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.....	101
<i>Conclusiones</i>	101
<i>Recomendaciones</i>	102
<i>Trabajos Futuros</i>	103

Referencias Bibliográficas	105
----------------------------------	-----

Índice de Tablas.

Tabla 1 Artículos que conforman el Grupo de Control	14
Tabla 2 Estudios primarios.....	18
Tabla 3 Rangos de Impacto KY-031.....	32
Tabla 4 Requisito Funcional HU01	49
Tabla 5 Requisito Funcional HU02	50
Tabla 6 Requisito Funcional HU03	51
Tabla 7 Requisito Funcional HU04	53
Tabla 8 Requisito Funcional HU05	54
Tabla 9 Valores de pruebas por los sensores.	87
Tabla 10 Promedio de datos para intervalo 1	91
Tabla 11 Promedio de datos para intervalo 2	92
Tabla 12 Resultados de la sesión introductoria sobre "AuxiliaMe"	94
Tabla 13 Resultados de usabilidad y eficiencia de AuxiliaMe	96
Tabla 14 Ventajas y desventajas identificadas	99

Índice de Figuras

Figura 1 Proceso de la metodología investigación-acción	26
Figura 2 Sistema de Control.....	30
Figura 3 Modelo de IoT. Ilustración tomada de: (J Crespo, 2018)	41
Figura 4 Capas de IoT. Ilustración tomada de: (J Crespo, 2018)	42
Figura 5 <i>Ciclo de vida de un prototipo</i>	45
Figura 6 Caso de Uso "AuxiliaMe"	56
Figura 7 Diagrama de arquitectura "AuxiliaMe"	58
Figura 8 Diagrama de Secuencia "AuxiliaMe"	59
Figura 9 Front-End 1.....	62
Figura 10 Front-End 2.....	62
Figura 11 Front-End 3.....	63
Figura 12 Arquitectura detallada "AuxiliaMe"	64
Figura 13 Administración ADV	68
Figura 14 Características ADV	69
Figura 15 Ejecución "AuxiliaMe-APP"	70
Figura 16 Selección AVD	70
Figura 17 Selección puerto COM	71

Figura 18 Depuración de código Arduino.....	72
Figura 19 Carga de código Arduino a ESP32	72
Figura 20 Inicio de "AuxiliaMe"	74
Figura 21 Menús de "AuxiliaMe"	75
Figura 22 Inicio de "AuxiliaMe"	76
Figura 23 Mensaje de "AuxiliaMe"	76
Figura 24 Contactos de "AuxiliaMe"	77
Figura 25 Sección de Introducción	83
Figura 26 Sección 2: Uso del aplicativo.....	84

Resumen

El avance tecnológico en el mundo ha traído cambios fundamentales como lo es el “Internet de las cosas” (IoT), el cual involucra sensores electrónicos de por medio, actualmente los sensores electrónicos y la geolocalización son parte de la vida cotidiana de un individuo que tenga contacto con la tecnología, como lo es un Smartphone, hoy en día los Smartphone cuentan con sensores para facilitar su uso y la geolocalización es muy importante en estos. En consecuencia, este trabajo plantea brindar una mejor experiencia con la interacción entre usuario y sensores electrónicos por medio de una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, esta experiencia tendrá mayor visión en conductores de vehículos que tengan una interacción con el tráfico de Quito a diario. Para esta propuesta se usan herramientas que permitan al investigador tener una mayor visión de acción para desarrollar un proyecto que cumpla con los requisitos funcionales planteados, dentro de las herramientas utilizadas está el editor de texto y motor de desarrollo Android Studio que fue usado para el desarrollo de la aplicación móvil, esta interactúa con los sensores electrónicos configurados y programados en el IDE de Arduino, tanto el back-end como el front-end del aplicativo móvil “AuxiliaMe-APP” que fue desarrollado en Andorid Studio.

Palabras claves:

- **SENSORES ELECTRÓNICOS**
- **AUXILIAME**
- **ACCIDENTES DE TRANSITO**
- **MENSAJES GEOLOCALIZADOS**
- **MENSAJES DE AUXILIO**

Abstract

The technologies advance in the world has brought fundamental changes like is the "Internet of things" (IoT), which involves electronic sensors, currently the electronic sensors and the geolocalization are part the quotidian life of an individual who has contact with technology, like a smartphone, nowadays the Smartphones have sensors to facilitate their use and the geolocalization is very important in these. In consequence, this work proposes to provide a better experience with the interaction between users and electronic sensors through a mobile application developed in Arduino Studio, this experience will have greater vision in drivers of vehicle that has a interaction with the traffic of Quito on daily. For these proposals, tools are used that allow the investigator has a vision greater of action to develop a project that comply with the raised functional requirements, inside of the used tools is the editor of text and development engine Android Studio that was used to the develop of the mobile application, this interacts with the configured electronic sensors and programmed in the IDE of Arduino, both the back-end of "AuxiliaMe-APP" mobile application that was develop in Android Studio.

Key words:

- **ELECTRONIC SENSORS**
- **HELPME**
- **TRAFFIC ACCIDENTS**
- **GEOLOCATED MESSAGES**
- **HELP MESSAGES**

Capítulo I – Planteamiento del Problema

I. Antecedentes

Según (Telegrafo, 2016), actualmente los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muertes en Quito - Ecuador, ocupando el sexto lugar en la tasa de mortalidad con 3059 muertes, “donde el conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor)” y “conducir el vehículo superando los límites máximos de velocidad” son los que encabezan la lista de causas probables que ocasionaron el siniestro (ANT, 2017).

Un accidente de tránsito puede llegar a tener pérdidas materiales tanto como pérdidas humanas cuando no existe un aviso oportuno a unidades de auxilio o familiares de las víctimas que se encuentran en los vehículos.

En la ciudad de Quito – Ecuador, se ha identificado que existen 39 unidades de emergencia pública, siendo 16 vehículos de la entidad estatal, 18 de bomberos y 5 de la Cruz Roja, y se ha determinado que las unidades de auxilio acuden al accidente en un transcurso mínimo de 10 a 15 minutos dependiendo del tráfico y distancia a recorrer y un máximo de hasta 35 minutos. En horas pico y en variantes de distancia, este valor puede llegar a duplicarse o hasta triplicarse (Comercio, 2015). Se entiende que el tiempo de respuesta de las unidades de auxilio es crítico para salvar la vida de las personas accidentadas.

En este contexto, en el presente trabajo se propone una posible solución al problema, en base al desarrollo de una aplicación móvil vinculada a sensores de movimiento y choque, que permitan enviar mensajes automáticos de auxilio geolocalizados a contactos pre-seleccionados. Se espera que el aplicativo

pueda disminuir los tiempos de respuesta de las unidades de socorro a las víctimas, que por la magnitud del accidente no se encuentren en condiciones de establecer contacto por sí mismos.

II. Planteamiento del Problema

En la actualidad un accidente de tránsito puede ocasionar tantas pérdidas materiales, como también pérdidas humanas; sin un aviso oportuno a unidades de auxilio, familiares del conductor o de pasajeros que se encuentran en los vehículos.

La problemática principal en la que se ha enfocado la investigación son los tiempos de respuesta por las unidades de auxilio después de un siniestro de tránsito, las demoras en llegada de los cuerpos de emergencia al lugar en que se produce el accidente tienen un impacto significativo en los ciudadanos siniestrados que se encuentran en situación de emergencia. La reducción de los tiempos de respuesta por parte de los servicios de emergencia supone un declive en el número de víctimas mortales y en el número de lesiones graves, ya que muchas de estas lesiones pasan a ser leves o menos graves. Esto a su vez tiene un impacto importante en los equipos hospitalarios, que en su caso la mejora de los tiempos de respuesta puede llegar a reducir las tasas de mortalidad entre un 6 y un 11% (Herrero, 2017).

Conscientes de esta situación y de la importancia de la premura que requieren este tipo de actuaciones, en algunos países europeos han establecido por ley un tiempo máximo de llegada de los servicios de emergencia al lugar de un accidente. Así, en Alemania se garantiza que los servicios de urgencia lleguen antes de 12 minutos, en Gran Bretaña antes de 8 minutos y en Dinamarca en 5

minutos (Herrero, 2017). Mientras que en el Ecuador no se han regulado tiempos límites y han llegado a acudir a un siniestro de tránsito hasta 23 minutos después del mismo, el 59.68% de las víctimas encuestadas después del accidente critican el tiempo de respuesta de los servicios de emergencias (La Hora, 2013), en las estadísticas de la INEC el dato más actualizado que corresponde al 2014 reportan 5768 muertes por causas de traumas graves por accidentes de tránsito.

Una posible solución al problema es emitir alertas de emergencia para una pronta respuesta por parte de cuerpos de auxilio cuando los ocupantes del vehículo se queden inconscientes por un siniestro de tránsito.

Por la situación planteada, se formula la siguiente interrogante.

III. Pregunta de Investigación.

¿Es posible determinar la existencia de un accidente de tránsito mediante el uso de sensores y actuadores electrónicos para posteriormente emitir mensajes de alerta temprana?

IV. Objetivos

a. Objetivo General

Desarrollar un sistema de alerta temprana mediante el uso de sensores que permitan realizar peticiones de auxilio automáticas, mediante sensores electrónicos y mensajes de texto geolocalizados posterior a un siniestro de tránsito.

b. Objetivos Específicos

- i. Reconocer patrones de movimiento y vibración que son recurrentes en accidentes de tránsito con el fin de accionar automáticamente los avisos de auxilio.
- ii. Medir los niveles y decibeles de los sensores de golpe a fin de determinar los tipos de impacto que reconocerá la aplicación.
- iii. Sincronizar sensores que reconozcan movimientos irregulares, a un aplicativo móvil por medio de comunicación por bluetooth e interpretar los datos según el nivel de impacto, para que se envíe mensajes de texto con las coordenadas geográficas o notifique al usuario si desea solicitar ayuda.
- iv. Realizar simulaciones en un entorno elaborado a escala que permita determinar la efectividad del sistema.

V. Justificación

Las estadísticas de mortalidad de siniestros de tránsito son alarmantes, no solo por la imprudencia del conductor o peatones, sino también por los tiempos de respuestas de las unidades de auxilio, lo cual incrementa las posibilidades de pérdidas humanas.

Las respuestas de auxilio dependen mucho de la hora a la que se la solicita; en horas “pico” de la ciudad de Quito, las respuestas de las unidades son más tardías; muchas veces se ha registrado que pasan horas y hasta días en reportar un siniestro de tránsito, ya que los ocupantes del vehículo quedan inconscientes por el impacto. Este tiempo de espera para los ocupantes del vehículo es muy valioso, abriendo una gran brecha de posibilidades en pérdidas

como físicas, materiales y podría llegar hasta la pérdida de la vida (Herrero, 2017).

Se plantea una solución que emita avisos oportunos de auxilio, permitiendo que los ocupantes del vehículo tengan más probabilidad de conservar su vida y reducir el pos-impacto que tienen las heridas o fracturas. Se desarrollará un aplicativo móvil, cuyo objetivo es enviar mensajes de auxilio automáticos para que acudan unidades de emergencia al rescate de los individuos. Estas alertas de auxilio serán enviadas a contactos, basados en mensajes de texto donde conste la dirección del accidente y las coordenadas de geolocalización. Para validar la solución propuesta, se realizarán simulaciones en un modelo a escala, y se tomarán los datos de respuesta del aplicativo con el fin de determinar su efectividad según el impacto del automóvil.

VI. Estado del Arte

Tomando en cuenta la revisión de la literatura se hace referencia a las guías propuestas por Kitchenham, las mismas que se mencionan a continuación: (1) Planteamiento del estudio sistemático de literatura, (2) Definición del grupo de control y extracción de términos, (3) Construcción de la cadena de búsqueda, (4) Selección de los estudios primarios y (5) Elaboración del estado del arte (Kitchenham 2017). Las fases mencionadas se describen posteriormente:

5.1 Planteamiento del estudio sistemático de literatura

La fase inicial para el desarrollo del mapeo sistemático de literatura se realizó mediante la descripción del problema central, la definición de las

preguntas de investigación y la especificación de los criterios de inclusión y exclusión para la extracción de los estudios primarios.

5.2 Definición del grupo de control y extracción de términos

La segunda fase permite la identificación de los estudios que conforman el grupo de control de manera que deben estar estrechamente relacionados con los criterios de inclusión y exclusión, además de revisar bases digitales de impacto.

Luego de realizar el análisis de varios estudios científicos se logró la selección de los artículos que conforman el grupo de control, los mismos que se describen en la tabla 1:

Tabla 1

Artículos que conforman el Grupo de Control

Código	Título	Palabras clave
EC1	Poster abstract: Ambulatory real-time micro-sensor motion capture.	Real-time systems, Data integration, Animation, Motion segmentation, Magnetometers, Three-dimensional displays, Sensor Motion Capture.
EC2	Early Warning of Traffic Accident in Shanghai Based on Large Data Set Mining	Accidents, Data mining, Wind speed, Safety, Roads, data mining; traffic

		accident; regression analysis; incidence; safety levels Introduction.
EC3	High-g MEMS shock threshold sensor integrated on a copper filling through-glass-via (TGV) substrate for surface mount application.	Powders, Substrates, Electric shock, Glass, Micromechanical devices, Copper, Etching, MEMS, shock threshold sensor, high-g, copper filling, TGV, surface mount
EC4	Shock sensors design features for embedded systems	Electric shock, Vibration measurement, Accelerometers, Acceleration, Sensor systems, Digital signal processing, Power measurement, Computer interfaces, Computer displays, Signal analysis

Nota: El grupo de control (GC), permitió la selección de las palabras claves y con mayor frecuencia en los artículos científicos, considerando que deben encontrarse estrechamente alineadas al objetivo de la investigación, las cuales son: Real-time systems, Sensor Motion Capture, Accidents, traffic accident, Electric shock, Sensor systems, Signal analysis.

5.3 Construcción de la cadena de búsqueda

Identificados los términos, en esta fase se procede a crear y probar las posibles cadenas de búsqueda en la base digital escogida, para este caso es IEEE Xplore. Se construyó una cadena inicial como se muestra a continuación:

ALL ({Electric shock} OR {Sensor Motion}) AND ALL ({Sensor systems} OR {Accidents} OR {traffic accident}) AND ALL ({Signal analysis AND Real-time Systems} OR {Sensor Systems})

El retorno de la cadena de búsqueda es de 1879 artículos científicos, de manera que se afinó la cadena con el fin de que el retorno de los estudios posea una estrecha relación a la temática y la combinación de los términos clave utilicen los conectores específicos de la base digital IEEE Xplore acorde al contexto de la búsqueda.

ALL ({Electric shock} OR {Sensor Motion}) AND ALL ({Accidents} OR {traffic accident}) AND ALL ({Signal analysis} OR {Sensor Systems})

5.4 Selección de los estudios primarios

La búsqueda en la base digital IEEE Xplore, empleando la cadena final retornó 7 artículos científicos, en los cuales se encontró la mayor cantidad de artículos pertenecientes al grupo de control, considerando este aspecto se determinó como la cadena idónea.

Se aplicaron los siguientes filtros adicionales de manera que los estudios candidatos sean válidos al ser considerados como parte del estado de la temática:

5.4.1. Año: El año de publicación de los artículos candidatos debe ser a partir del 2000. Se decidió aplicar este filtro con el fin de conocer las posibles soluciones que han desarrollado durante los últimos dieciocho años, debido a que la afluencia de los sensores electrónicos se encuentra en un gran auge desde el año 2000.

5.4.2. Tipo de documento: El tipo de documentos que se consideraron son: Conferences y Journals & Magazines, debido al impacto que poseen dichos estudios a nivel mundial y documentos que intervengan con ferroviaria.

Con la adición de estos dos criterios de exclusión, se presenta a continuación la cadena de búsqueda generada por la base digital IEEE Xplore:

```
ALL ( {Electric shock} OR {Sensor Motion} ) AND ALL ( {Accidents} OR
{traffic accident} ) AND ALL ( {Signal analysis} OR {Sensor Systems} ) AND (
LIMIT-TO ( DOCTYPE , "conf" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "jor" ) ) AND (
LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2000 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) )
```

Esta cadena de búsqueda final presentó un número menor de artículos científicos candidatos, de los cuales se seleccionaron seis como estudios primarios y se detallan en la tabla 2.

Tabla 2*Estudios primarios*

Código	Título	Cita
EP1	Research paper on airbag deployment and accident detection system for economic cars.	J. M. S. Mulla, D. Gavade, S. S. Bidwai and S. S. Bidwai, "Research paper on airbag deployment and accident detection system for economic cars," 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT), Mumbai, 2017, pp. 846-849.
Código	Título	Cita
EP2	Sensors and microsystems of Wayside Monitoring System for rolling stock in motion.	N. Nenov, E. Dimitrov, N. Dodev and V. Vasilev, "Sensors and microsystems of Wayside Monitoring System for rolling stock in motion," 2016 39th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), Pilsen, 2016, pp. 418-423.
EP3	Railway obstacle detection and power storage using image processing and hybrid technology	S. Komalachitra, S. Bhargavi, R. Devika, S. Kumuthavalli and M. S. Narayani, "Railway obstacle detection and power storage using image processing and hybrid technology," 2017 IEEE

- International Conference on Electrical, Instrumentation and Communication Engineering (ICEICE), Karur, 2017, pp. 1-3.
- EP4 Test Methodology for Automotive Surround Sensors in Dynamic Driving Situations. A. Kamann, S. Hasirlioglu, I. Doric, T. Speth, T. Brandmeier and U. T. Schwarz, "Test Methodology for Automotive Surround Sensors in Dynamic Driving Situations," 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, NSW, 2017, pp. 1-6.
- EP5 A method for collision detection using mobile devices. J. Smolka and M. Skublewska-Paszkowska, "A method for collision detection using mobile devices," 2016 9th International Conference on Human System Interactions (HSI), Portsmouth, 2016, pp. 126-132.
- doi: 10.1109/HSI.2016.7529620

5.5 Elaboración del estado del arte

EPI Research paper on airbag deployment and accident detection system for economic cars.

Hoy en día, las instalaciones de transporte por carretera aumentan con

respecto al número de usuarios y también proporcionalmente la posibilidad de accidentes. La probabilidad de muerte también está aumentando con el tiempo. Una de las razones es la falta de herramientas de seguridad presentes en el vehículo, especialmente en automóviles de bajo presupuesto. En este tipo de automóviles, ni el sistema de airbag disponible para proteger a los conductores ni el sistema de notificación disponible para mostrar la posición real del automóvil después de un accidente. Debido a este problema, no hay ninguna comunicación entre familiares y personas lesionadas después de un accidente. Es posible aumentar la supervivencia después de un accidente solo cuando los servicios médicos llegan al lugar del accidente inmediatamente después de ocurrido el accidente. Esto se hace haciendo un indicador automático que detecta accidentes de tráfico automáticamente. En este documento, dicho sistema está diseñado para detectar automáticamente el lugar del accidente y enviar un mensaje de texto a los miembros de la familia de la persona lesionada, que envía las coordenadas de la posición real del lugar del accidente. Todo este trabajo lo realiza el controlador ARM7.

EP2 Sensors and microsystems of Wayside Monitoring System for rolling stock in motion.

El documento presentado está dedicado al desarrollo y aplicación de sensores y microsistemas para evaluar diversos parámetros del material rodante en movimiento. El propósito previsto de dicho sistema que comprende los sensores y microsistemas descritos y también conocido como Sistema de Monitoreo de Wayside para el Material Rodante en Movimiento, es identificar la condición general actual de los vehículos ferroviarios, incluidas las cajas

calientes (cojinetes de eje) y los frenos (frenos de las ruedas y frenos de disco), defectos de las ruedas (puntos planos, redondez, poligonización, etc.), pesaje dinámico y distribución de la carga, etc. Todo esto podría comprometer la seguridad del tráfico ferroviario, lo que podría ocasionar accidentes como el descarrilamiento de vehículos y mayor desgaste y daños de las pistas.

EP3 Railway obstacle detection and power storage using image processing and hybrid technology.

El documento trata sobre la reducción de los accidentes de locomotoras mediante la creación de un sistema de monitoreo y advertencia continua que detecta el obstáculo incluso antes de encontrarlo y recopila toda la información relacionada al respecto. La técnica de procesamiento de imágenes en la que se colocan cámaras a lo largo de la pista que captura la imagen cuando se detecta cualquier movimiento. Una vez que se detecte, el sistema enviará un correo generado automáticamente al conductor para intimidarle sobre el obstáculo para evitar accidentes. En primer lugar, se utiliza un sensor Peltier, que utiliza el calor liberado del motor. En segundo lugar, se coloca un cristal Piezo eléctrico en las ruedas, que utiliza las vibraciones mecánicas y, finalmente, los paneles solares se fijan sobre el techo del tren, que utiliza la energía de la luz del sol.

EP4 Test Methodology for Automotive Surround Sensors in Dynamic Driving Situations.

Los vehículos modernos utilizan sensores de sonido envolvente para medir su entorno local, la cual se procesa y se reenvía a funciones inteligentes

previas al choque o de automatización que mejoran la seguridad del vehículo o permiten la conducción automatizada. Las mediciones falsas o inexactas pueden llevar a consecuencias fatales para los humanos y los vehículos. Por lo tanto, los sensores de sonido envolvente del automóvil deben probarse en diversas situaciones de conducción. Este documento presenta una nueva metodología de prueba no destructiva y reproducible para probar sensores envolventes en situaciones de conducción altamente dinámica. Por lo tanto, se describió matemáticamente el movimiento del vehículo durante una situación de conducción con patines. La metodología de prueba se validó a través de experimentos realizados con un vehículo de prueba real. Finalmente, se presentan y discuten la configuración experimental y los resultados.

EP5 A method for collision detection using mobile devices.

ICall tiene como tarea la detección automática de accidentes e informar a los servicios de emergencia. Se puede usar un teléfono inteligente para enviar automáticamente información sobre la colisión, pero también permite la conexión automática de voz. Esto puede hacer posible / más fácil para las víctimas pedir ayuda. El sistema propuesto también puede realizar la función de la "caja negra" que registra la información en un vehículo en movimiento antes de la colisión. En lugar de servicios de emergencia, los familiares pueden ser notificados y, si es necesario, pueden notificar a los rescatistas. El método de reconocimiento del tipo de movimiento se utiliza para reducir el riesgo de una detección de colisión falsa. El método también se discute brevemente.

Resumen del Estado del Arte.

Tomando en cuenta la búsqueda de artículos correspondientes al tema planteado, estos se filtraron por medio de palabras claves que arrojaron estos mismos, se obtuvieron seis documentos en los cuales se concluye que la problemática ya ha sido identificada por otros autores y se han planteado posibles soluciones a esta. Dentro de estas soluciones se destacan los estudios:

- EP1, el cual identifica un siniestro de tránsito por medio de la activación del airbag para posteriormente remitir mensajes de texto a familiares.
- EP4, en el que se identifica accidentes de tránsito por medio de sensores de sonido envolvente e identifican que una mala precisión puede llegar a perjudicar a las víctimas.
- EP5, identifica movimientos para almacenarlos en caja negra y ocupa un sistema "ICall" para comunicar a servicios de emergencia.

Como se puede apreciar ninguna de las soluciones utiliza la interpretación de sensores de movimiento e inclinación vinculados entre sí, los cuales emitan señales que serán interpretados por una aplicación móvil para posterior al accidente enviar mensajes de auxilio geolocalizados, permitiendo que las víctimas siniestradas tengan más posibilidades de tener una respuesta rápida por parte de los cuerpos de rescate.

VII. Hipótesis

El desarrollo de una aplicación móvil que interprete las señales de sensores y actuadores electrónicos permitirá enviar mensajes de auxilio automáticos en caso de accidentes de tránsito a contactos pre-seleccionados.

VIII. Pregunta de Investigación

¿Es posible determinar la existencia de un accidente de tránsito mediante el uso de sensores y actuadores electrónicos para posteriormente emitir mensajes de alerta temprana?

IX. Sub Preguntas de Investigación

RQ1: ¿Existen patrones de vibración recurrentes en un accidente de tránsito?

RQ2: ¿Qué patrones de vibración son recurrentes en un accidente de tránsito?

RQ3: ¿Los intervalos de acción en un aviso automático son lo suficiente eficientes para alcanzar el objetivo propuesto?

RQ4: ¿Qué niveles y decibeles son los adecuados para manejar un estándar normal, medio y alto de golpe?

RQ5: ¿La sincronización de sensores y el aplicativo móvil mantiene riesgos latentes al momento mantener una conexión segura y constante?

RQ6: ¿Qué herramientas son necesarias en un Smartphone para que las coordenadas geográficas mantengan disponibilidad?

RQ7: ¿Qué aspectos en los entornos, tanto a escala como el real, serían variables y que lleguen a ser de impacto para la toma de decisiones del aplicativo móvil?

X. Definición de la Investigación

Para el desarrollo del proyecto es necesario la aplicación de varias metodologías que guíen cada una de las fases para la obtención de la solución: Metodología de la investigación bibliográfica, la investigación descriptiva y la aplicación de ingeniería de software experimental articulándose con la metodología de Investigación-acción.

La fase inicial del proyecto es de tipo investigativo en la que se debe proporcionar el conocimiento de las investigaciones ya existentes, de un modo sistemático, a través de una amplia búsqueda de: información, conocimientos y estudios relacionados con la temática (Rivas, 1994). Es decir, se debe realizar un estudio bibliográfico en bases digitales sobre accidentes de tránsito, el tiempo de respuesta de los cuerpos de rescate, alertas automáticas con mensajes de texto y los estudios relacionados sobre el tema de investigación, de manera que se conozca el estado de los estudios realizados y con ello orientar al proyecto al desarrollo de un modelo que sustente el problema mencionado.

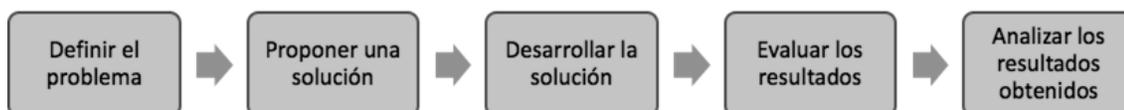
La segunda fase emplea la investigación descriptiva con el propósito de orientar a la extracción de los estudios realizados; las características con mayor incidencia en los accidentes de tránsito durante los últimos cinco años con el fin de conocer la situación actual y real para proponer una posible solución a los largos tiempos de espera por cuerpos de auxilio.

En la fase final se aplica ingeniería de software experimental, en la que se describirán los niveles de golpes que sufre un automotor después de un accidente y las acciones que toma la aplicación desarrollada para una posible mejora en el tiempo de respuesta por parte de auxilio.

Se plantea aplicar de forma general la metodología de investigación – acción, que se detalla a continuación (Figura 1).

Figura 1

Proceso de la metodología investigación-acción



Nota: Como se puede apreciar en la figura 1, esta metodología consta de cinco fases y es un proceso que inicia con la definición del problema de manera que la problemática esté claramente identificada. Posteriormente se debe proponer la solución que debe cumplir con las expectativas de dicho problema. A continuación, se desarrolla el diseño de la solución y se continúa con la evaluación y el análisis de los resultados.

Capítulo II – Marco Teórico

El presente capítulo se enfocará en ítems que intervienen con los sensores y actuadores utilizados, sus características, descripción y herramientas para el uso adecuado del proyecto. Por último, se tomará en cuenta información del tema IoT, este tema es la base principal del proyecto desarrollado.

I. Sensores y Acondicionadores Eléctricos.

A lo largo del tiempo los sensores electrónicos han permitido medir magnitudes, y su evolución ha mejorado la exactitud de sus medidas. Estos transductores son dispositivos que, a partir de su energía, emiten señales en función a su variable de medida. Siempre que hablemos de sensores no podemos dejar a un lado sus acondicionadores de señal, que son elementos del sistema de medida y ofrecen una señal a partir los sensores electrónicos que sea apta para ser manipulada o interpretada por medio del equipo o instrumento estándar. Es decir, los acondicionadores equilibran las características del rastro por parte del sensor y del circuito permitiéndole medir, procesar y actuar con dichas medidas (Areny, 2003).

Es importante mencionar que un actuador, es denominado así por interpretar y transformar diferentes tipos de energías direccionadas a un sistema automatizado, lo cual es fundamental nombrar actuadores que intervienen con los sensores usados, como son de choques, colisiones y vuelcos de vehículos; dentro de estos sus patrones de movimiento que ratificarán la existencia de los actuadores (Areny, 2003).

Patrones Recurrentes en un accidente de tránsito.

Según los Seguros Obligatorios de Asistencia de Tránsito (SOAT), el accidente de tránsito se lo denomina como: “Un suceso ocasionado en el que haya intervenido al menos un vehículo automotor en movimiento en una vía pública o privada, como consecuencia de su circulación, o que, por violación de un precepto legal reglamentario de tránsito, cause daño en la integridad física de las personas o bienes de manera voluntaria o involuntaria, de igual manera afectan la normal circulación de vehículos por la vía” (SuperGo, 2018). Una característica principal de los accidentes de tránsito al momento de una colisión, es la existencia de movimientos “bruscos”, por así llamarlos, que pueden ser identificados por “patrones de movimientos”. Un patrón de movimiento es considerado así por una serie de acciones organizadas en una secuencia de manera repetitiva (Oterino, 2014), en los cuales se identifican los patrones de choque. Para reconocer tales patrones es necesario diferenciar diferentes tipos, como son: choques y colisiones (Roa, 2017).

En primera instancia un **choque** es protagonizado por un vehículo en movimiento y un objeto estático, estos objetos estáticos puede ser postes, árboles e incluso automóviles detenidos. Para este caso, el automóvil que se choca sufre movimientos que se detallan en (Lorenzo & Menchaca, 1999), como son:

- Detención del automóvil de una manera brusca.
- Rozamiento de la carroza con las llantas al momento del freno brusco; es decir, cuando el automóvil al tener un impacto se detiene la carrocería por la velocidad que lleva, manteniendo la inercia del vehículo con el objetivo de continuar con su trayecto mientras que las ruedas se mantienen aferradas al

suelo, permitiendo que la carrocería no continúe con su trayecto y se adhieran a las llantas que se encuentran fijas.

- Vibración del volante de manera agresiva y vibración de las llantas hacia el suelo por un frenado casi instantáneo, obligado por el choque de manera “brusca”.

- Existen otros choques también involucrados como son: laterales, que mantienen patrones similares a los antes mencionados, vibraciones de llantas, vibración del volante, freno del automóvil de manera brusca, etc.

Por otra parte, también se toman en cuenta las **colisiones** que son considerados de esta manera por existir impacto entre un vehículo en movimiento y otro objeto en movimiento, como puede ser otro automóvil. En este caso existen patrones de movimientos y vibraciones que son repetidos en las llantas y volante del vehículo como en un choque, pero estos movimientos son más bruscos y alteran más al vehículo que pierde el control sin permitir que el conductor tenga una reacción efectiva. El patrón más común, es la reducción de velocidad de un vehículo de manera excesiva, por el mismo hecho de la colisión, el vehículo cambia de una manera radical su velocidad a 0km/h en fracción de segundos y el efecto rebote al ser empujado por el otro automotor que también colisiona en movimiento (Lorenzo & Menchaca, 1999).

Otro patrón de un accidente son los **vuelcos**, estos son denominados así por el movimiento del automóvil al tener giros en el accidente, y serán medidos por un sensor giroscopio para determinar si el vehículo ha sufrido este patrón (Lorenzo & Menchaca, 1999).

Mediciones del sensor MPU6050 y comunicación.

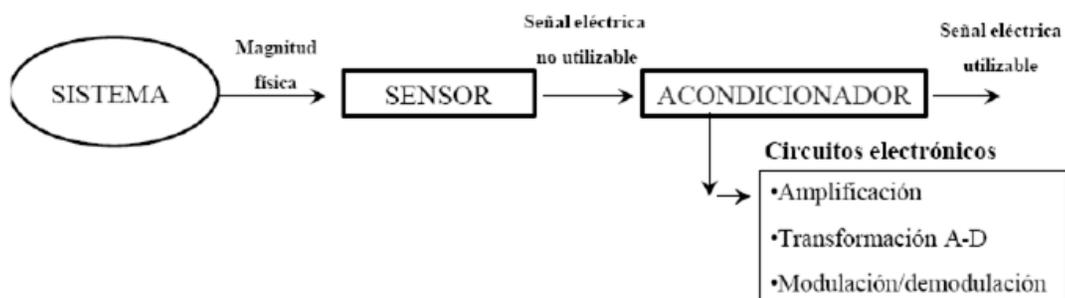
La información recabada es aplicable para los siguientes sensores que se ocuparan en la presente investigación.

- Sensor Acelerómetro.
- Sensor Giroscopio.
- Sensor de Fuerza.
- Dispositivo Bluetooth.
- Comunicación Móvil.

“Un sistema de medición, es aquel conjunto de elementos que forma un instrumento, capaz de convertir una variable física en una señal o indicación a ser interpretada por el hombre con mayor facilidad. Se puede decir que un sistema instrumentado es una extensión de la habilidad del ser humano para medir y controlar su entorno” (Islas & IIMPI, 2019)

Figura 2

Sistema de Control



Nota: En la figura 2, se muestra como las mediciones componen un elemento fundamental en el sistema de control.

Es importante conocer el tipo de señales que los dispositivos emplean, como son: digitales y analógicas. Las cuales mantienen diferentes tipos de respuestas ante un estímulo eléctrico en un sensor, según la medida en la que se mida se proporciona una señal de salida (voltaje), que se interpreta con un resultado del estímulo asociado al sensor.

Características Estáticas, de acuerdo a (Islas & IIMPI, 2019) las características son:

- Exactitud en el rango de medida.

Grado de conformidad en la salida con el valor ideal de la variable medida, donde se defina los límites de errores que se presentan cuando el sensor es utilizado en condiciones de referencia.

- Precisión.

El campo de medidas de entrada comprendido entre un rango de máximo y mínimo detectables por el sensor, con una tolerancia de error aceptable.

- Linealidad.

Es un intervalo donde es admisible la magnitud de la medida definiendo límite de errores donde el sensor es utilizado en condiciones normales en un periodo de un año, donde su alcance es la diferencia entre los valores numéricos superiores e inferiores de las medidas del instrumento y su error es la diferencia entre la magnitud medida y la lectura instrumental. Este error es definido mediante una lectura – valor real.

- Elevación a cero.

Son valores que se posicionan sobre la medida central, por lo cual son mayores a esta, como ejemplo 30°C, donde su valor central es el cero y esta medida es mayor a este valor central.

- Supresión a cero.

Son valores que se posicionan bajo la medida central, por lo cual son menores a esta, como ejemplo -30°C donde su valor central es el cero y esta medida es menor a este valor central.

Investigación similar con decibeles e indicadores de medida por los sensores de Vibración e Inclinación.

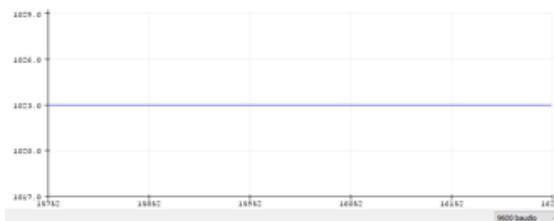
Estos valores son determinados por el sensor que sea seleccionado, como por ejemplo en un estudio realizado por el autor de la presente investigación, se utilizó un Sensor KY-031 (Sensor de Impacto), en los cuales se obtuvo niveles de impacto con sus respectivos rangos decibeles y niveles.

Tabla 3

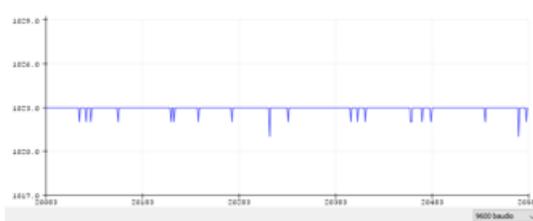
Rangos de Impacto KY-031

Sensor KY-031 – Niveles	
Nivel de Impacto	Rangos De Impacto
Bajo	801- 1024
Medio	301 - 800
Alto	0 - 300

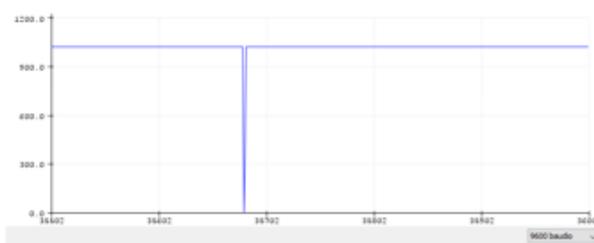
Donde en las siguientes imágenes perciben los tres niveles de impacto.



Img. 4. Reposo del Sensor KY-031



Img. 5. Sensor KY-031 percibe señales leves



Img. 4. Sensor KY-031 percibe impacto fuerte

Estas imágenes y la tabla anterior presentada, fueron determinadas por una investigación desarrollada por el presente investigador, donde se determinó tres niveles o estados del sensor de impacto; es un ejemplo al cual se desea llegar con cada sensor y determinar sus estados para así tomar decisiones.

Riesgos existentes en el ambiente.

El ambiente en el que trabaje el aplicativo en conjunto con el dispositivo, no siempre contará con las herramientas necesarias para que la solución propuesta funcione con eficiencia. Se identificarán estos riesgos para posteriormente dar posibles soluciones a las alertas que se puedan resolver.

Los riesgos identificados se describen a continuación:

- Un riesgo que proviene de una entidad tercera pero muy importante, es la señal móvil que el Smartphone debe contar siempre, es algo en lo que no se puede dar solución de manera directa, por lo tanto es notorio un limitante a la solución planteada en esta investigación. Es necesario que siempre exista cobertura celular para que el aplicativo pueda remitir SMS de auxilio, en caso de que no exista, el propio celular apenas tenga cobertura celular enviara el SMS, este hecho amplifica las probabilidades de fallo del objetivo de la investigación.
- Otro riesgo recurrente es que el dispositivo que cuenta con los sensores se quede sin abastecimiento de energía y sea necesario cambiar su pila. Una solución es emitir alertas al celular mostrando que la batería del dispositivo es baja.
- Otro riesgo presente es que la conexión entre el Smartphone y el aplicativo no exista, por diferentes motivos, como el no mantener encendido el bluetooth del celular o la falta de vincular entre si los dispositivos.

Intervalos de tiempo para conexión de un dispositivo móvil con un sensor externo bluetooth.

La conexión entre los dispositivos involucrados es muy necesaria, ya que sin esta conexión establecida la aplicación móvil no funcionaría, lo cual llega a tener una gran interrogante: ¿Cuánto tiempo es permitido que un dispositivo bluetooth mantenga una conexión exitosa?

Para responder a esta interrogante se identifica un factor importante y es la energía, el dispositivo bluetooth garantiza una conexión estable

mientras mantenga un abastecimiento continuo de energía, esto es según el diseño del mismo, siendo así el factor más importante. Se determinó que el dispositivo bluetooth no es tan importante a la hora de medir el consumo de batería de un Smartphone en caso de mantenerlo encendido, su consumo es realmente bajo (SOYTECNO, 2019).

II. Herramientas necesarias en un Smartphone para comunicación externa vía bluetooth.

Para que la solución propuesta tenga un resultado exitoso, es necesario contar con herramientas activas en el Smartphone que use el proyecto. Se refiere a los servicios de cobertura móvil y paquetería de mensajería instantánea (SMS) activos en el Smartphone, tanto así como un correcto funcionamiento de sensores adicionales, como son:

- Dispositivo Bluetooth.
- Batería en ambos dispositivos involucrados.
- Contar con SMS de texto en la línea móvil, la cual será utilizada y vinculada al dispositivo externo.
- Cobertura de red móvil en el Smartphone.

III. Internet de las cosas (IoT)

Desde que el Internet ha llegado al consumo cotidiano en nuestras vidas, ha ido evolucionando de manera veloz. En los comienzos del Internet, las velocidades se medían con tan solo bytes o kilobytes por segundo, hasta llegar al día de hoy donde sus frecuencias rondan los Gigabytes por

segundo. En la actualidad, se puede vincular el Internet con nuestro Smartphone, TV, GPS, impresoras, cámaras y muchos dispositivos electrónicos.

Internet de las cosas (IoT) se puede definir como la vinculación de objetos, entre ellos: vehículos, electrodomésticos, dispositivos mecánicos, calzados, maletas o cualquier objeto conectado al internet. Al mantenerse conectados al internet, es posible acceder o manipular su contenido desde cualquier lugar del mundo, como, por ejemplo: manipular cámaras de vigilancia y acceder al video desde el otro lado del mundo, o, manipular toda la casa por medio de un celular o PC, desde la puerta de ingreso hasta un foco.

Esto nos da una idea del alcance que tiene IoT y sus virtudes para evolucionar en el mundo actual, los avances tecnológicos pretenden alcanzar mejores niveles de comodidad y seguridad para los usuarios en diferentes ámbitos (Domodesk SL., 2014).

Lo cual nos permite plantearnos una gran interrogante:

¿Es posible conectar todo al Internet?

Con el actual protocolo IPv4, en el Ecuador es casi imposible conectar todo al internet ya que solo permite 2^{32} (un aproximado de 2,3 billones) de direcciones, algo que no sucede en otros países como Estados Unidos o España que en años anteriores ordenaron el despliegue de un nuevo protocolo denominado IPv6, el cual admite hasta 2^{128} (340 sextillones) de direcciones, cerca de 670 000 billones de direcciones por cada milímetro cuadrado de la superficie terrestre. Con el protocolo IPv6, es posible

conectar todo al internet y manipularlo desde cualquier lugar del mundo (Ucendo, 2015).

Protocolos de comunicación del Internet de las Cosas.

Existen varias opciones para los ingenieros de software o ingenieros electrónicos que pretendan trabajar con el sistema de IoT. Las opciones se las denominan protocolos, donde su finalidad tiene que ver con los objetos que nos rodean, estos deberán permitir: recolectar, procesar y enviar datos a otros objetos, aplicaciones o servicios.

Para que estos objetos puedan comunicarse entre sí, es importante que estén conectados al Internet, teniendo una dirección IP con la cual se le permitirá interactuar con otros objetos.

Tipos de Protocolos IoT.

Según (REPORTEDIGITAL, 2019), detalla varios de los protocolos usados en IoT, como se describen a continuación:

- **MQTT Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)**

Es usado en su mayoría para monitoreo remoto de IoT, su implementación es muy sencilla. Es implementada con dispositivos de potencia baja y su routing es compatible para un gran número de clientes conectados de forma simultánea.

- **Bluetooth Low-Energy (BLE)**

También denominado como Bluetooth Smart, conocido mayormente por conductores que portan de aplicaciones escalables y flexibles para mejorar la interacción con el automóvil u objetos en movimiento.

- **XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)**

El protocolo XMPP, fue diseñado especialmente para mensajería instantánea, basado en el: meta-lenguaje, denominado XML. Con XMPP queda establecida una plataforma para el intercambio de datos por medio de XML, con características heredadas de este meta-lenguaje, como son: adaptabilidad y sencillez.

- **Protocolo avanzado de Message Queue Server (AMQP)**

AMQP fue desarrollado para asegurar la integridad e interoperabilidad al momento de comunicarse entre departamentos corporativos. Este protocolo fue pensado para aplicaciones empresariales con mayor rendimiento y redes de baja latencia. Esto no es adecuado para el IoT con herramientas de bajos recursos.

AMQP tiene componentes que están conectados a cadenas de procesamientos para cumplir con su objetivo, estos componentes son:

1. Intercambio: Recibe los mensajes de aplicaciones basadas en publicadores.

2. Colas de mensajes: Enruta los mensajes obtenidos por el componente "Intercambio" y los almacena a manera de cola, hasta ser procesados por el aplicativo del cliente consumista.

3. Encuadernación: Finalmente se establece una relación entre los componentes "cola de mensajes" y el "Intercambio".

- **CoAP (Constrained Application Protocol).**

Es usado con dispositivos de baja capacidad, empleando HTTP con cabeceras reducidas, multicast, soporte UDP y sistemas adicionales de

seguridad. Es decir, es un protocolo que permite una comunicación vía Internet, con un modelo REST para sensores de bajo rendimiento.

- **Servicio de distribución de datos (DDS).**

Fue desarrollado por Object Management Group (OMG) y diseñada para comunicación máquina a máquina (M2M) en tiempo real, de manera confiable con un alto rendimiento e interoperabilidad a través de la metodología de publicación-suscripción.

Tomando en cuenta los protocolos CoAP y MQTT, DDS utiliza una arquitectura sin intermediarios, permitiendo la multifunción que brinda un IoT de alta calidad para sus aplicaciones.

Arquitecturas de IoT.

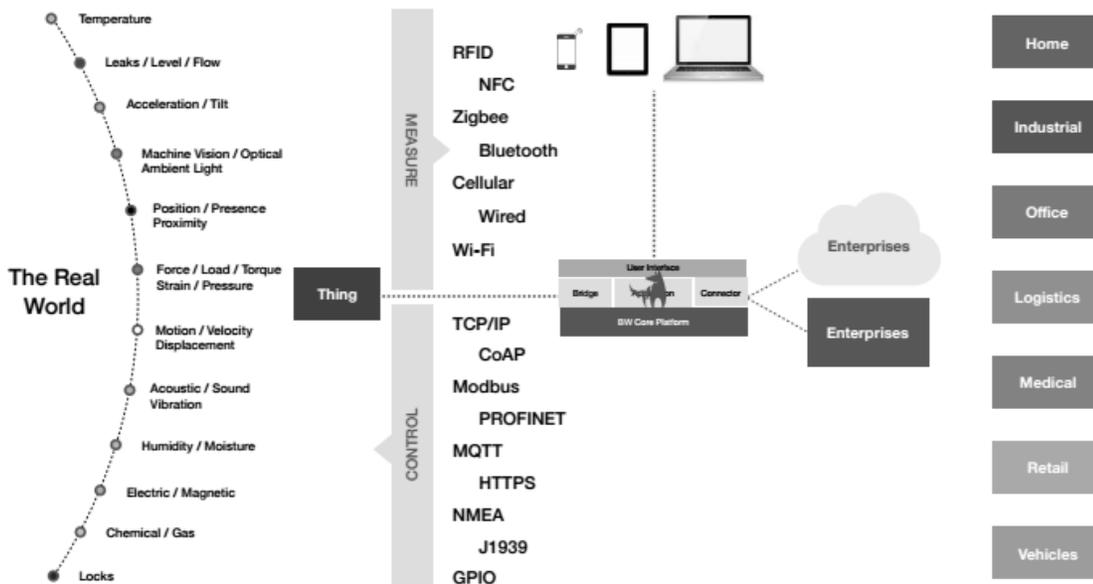
Para que la tecnología sea viable, es necesario que la arquitectura cumpla con varios requerimientos que son detallados en (J Crespo, 2018), como son:

- Conectividad y comunicación.
- Gestión y control de dispositivos.
- Desconectar un dispositivo robado.
- Actualizar el software de un dispositivo.
- Actualización de credenciales de seguridad.
- Autorizar o denegar algunas capacidades del hardware remotamente.
- Localizar dispositivos perdidos.
- Limpiar información confidencial de un dispositivo robado.

- Reconfigurar parámetros de Wi-Fi, GPRS u otras redes remotamente.
- Recolección, análisis y actuación de los datos.
- Escalabilidad.
- Flexibilidad.
- Alta disponibilidad.
- Integración.
- Seguridad.
- Riesgos inherentes de cualquier sistema de internet pero que los diseñadores IoT o de producto no tengan consciencia de ellos.
- Riesgos específicos de los dispositivos IoT.

Figura 3

Modelo de IoT. Ilustración tomada de: (J Crespo, 2018)



Nota: En la figura 3 puede identificarse el modelo IoT, el cual parte desde un sensor instalado a un objeto que se comunica por un protocolo, enviando señales hacia otro objeto que puede interactuar con un escenario mayor.

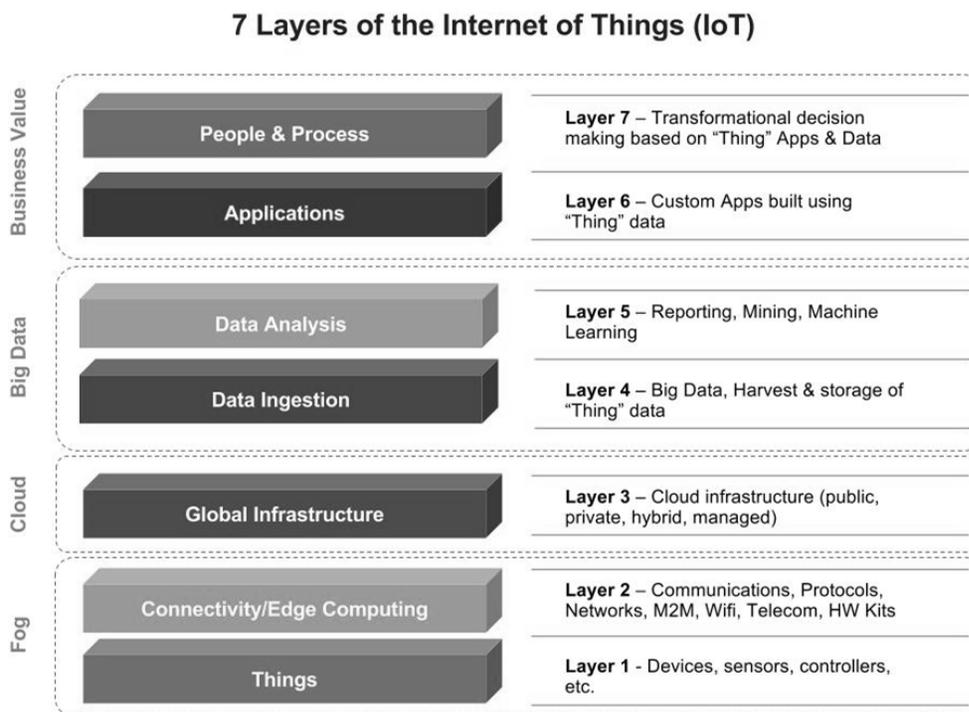
Una arquitectura describe una solución de IoT, incluyendo dos aspectos, como son:

- **Físicos:** Son aspectos de las cosas u objetos.
- **Virtuales:** Son aspectos de servicios y protocolos de comunicación.

IoT imita una arquitectura de 7 capas, como se detalla en la figura 4.

Figura 4

Capas de IoT. Ilustración tomada de: (J Crespo, 2018)



Nota: Una arquitectura con múltiples niveles permite tener mejor comprensión a la hora de conocer aspectos importantes y funcionales que se integran con la aplicación de IoT. Para ello se detalla a continuación las capas definidas en (Gerber, 2017), que se identificaron en la figura 4.

- **Capa de Dispositivos.**

Esta es la capa inferior de la arquitectura, donde existen varios sensores o dispositivos IoT, denominados así al momento de mantener una comunicación con el Internet. Para esto es necesario que cada dispositivo cuente con una identidad, que puede ser:

- Identificador único (UUID), grabado en el dispositivo electrónico.

- Un UUID proporcionado por el sistema que lo emplea, como puede ser la dirección MAC.
- Un token OAuth2, que puede ser un complemento de seguridad.
- O, un identificador grabado en memoria como una EEPROM.

- **Capa de Comunicaciones.**

En la capa de comunicaciones se establece la conectividad de los dispositivos por medio de múltiples protocolos, que fueron nombrados anteriormente.

- **Capa de Agregación.**

Esta capa es importante al momento de agregar una comunicación y traducir los mensajes de un dispositivo a otro, o a una red.

Existen tres principales razones por la que es una capa fundamental.

1. Es el soporte de un servidor HTTP y/o broker del protocolo de comunicación, que permite una interacción entre diferentes dispositivos.
2. Mantener una comunicación entre dispositivos diferentes, interpretando cada lenguaje de manera individual para continuar con su enrutamiento hacia un dispositivo específico.
3. Tener la habilidad de comunicarse entre diferentes protocolos, por ejemplo: API's basadas en HTTP que envían mensajes hacia un protocolo MQTT que se dirige a un dispositivo.

Finalmente, la capa de agregación cumple con un papel muy importante, como es la seguridad, usando recursos como: OAuth2 (por

medio de token) y también Policy Enforcement Point (PEP) para las políticas de acceso.

- **Capa de Procesamiento de Eventos y analítica.**

En esta última capa, se toma los datos del bus para ser procesados y actuar sobre estos. Una capacidad significativa, es almacenar la información recibida en una base de datos.

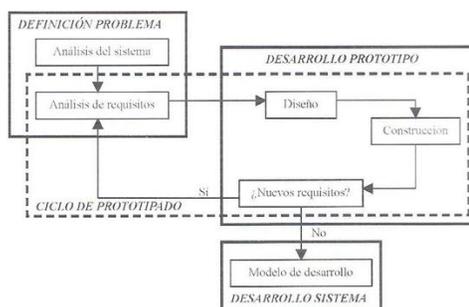
Capitulo III – desarrollo de la Propuesta

La metodología que se ha usado para desarrollar la solución está basada en prototipos; esta metodología tiene el mismo objetivo que cualquier otra, es decir, que cumple con las mismas etapas de análisis, diseño, implementación y evaluación de las metodologías tradicionales. Teniendo entre ellas una diferencia en el ciclo repetitivo, en el cual se va modificando y mejorando el prototipo hasta llegar a cumplir con los objetivos y requerimientos identificados por el usuario. Se requiere una destreza en comunicación, organización y control para llegar a cumplir con la construcción de prototipos útiles en cada repetición para no malgastar recursos (Mayhew P., 1992).

Un prototipo es una versión funcional o una parte de un proyecto, con el único objetivo de ser útil como modelo preliminar al original. Una vez en ejecución, el prototipo se mejorará e identificará errores para ser corregidos con mayor precisión llegando a cumplir con los requisitos funcionales. Al finalizar el diseño, este prototipo se convertirá en un proyecto refinado (mariCh, 2016).

Figura 5

Ciclo de vida de un prototipo



Nota: En la figura anterior se detalla las fases de la metodología a usar para brindar una solución propuesta a la problemática, las cuales son:

- **Análisis:** Para iniciar con este ciclo es importante como primer paso analizar la problemática y proponer soluciones a esta, con el fin de solventar los objetivos antes previstos sin necesidad de comprometer o arriesgar el éxito de las funciones. Para esto se identifican los requisitos funcionales del sistema a desarrollar, tomando en cuenta actores a intervenir y la secuencia que se debe seguir para completar con éxito un proceso. Debemos tomar en cuenta que esta metodología es un ciclo repetitivo, el cual permite iterar nuevamente cada fase con un enfoque diferente, dependiendo el problema a tratar.

- **Diseño:** Una vez identificada una solución, que se definió en el análisis del problema, se deberá seleccionar las herramientas con las que se diseñará la propuesta, en esta etapa se bosqueja arquitecturas y diagramas de componentes del sistema, tomando en cuenta los recursos que se van a utilizar y las guías que se definieron en la fase de análisis, con los actores y sus secuencias determinadas.

- **Implementación:** Después de culminar con el análisis y el diseño, se deberá comenzar con el desarrollo de la solución propuesta, tomando en cuenta las anteriores etapas. En este ítem se utilizan los recursos que se propuso usar para así tener un producto final el cual incluya la solución a la problemática identificada, se desarrollará un plan de trabajo tomando en cuenta las funcionalidades y las secuencias de estas para continuar con la siguiente etapa de evaluación.

- **Evaluación:** Como último paso se deberá evaluar si la propuesta implementada cumple con los objetivos sin poner en riesgo funcionalidades, en caso de que la propuesta sea exitosa se podrá determinar que el prototipo desarrollado a finalizado, pero en caso de existir errores o requerimientos que aún no están solventados con éxito, se deberá repetir las etapas con el enfoque

de solucionar estos inconvenientes hasta que el producto final cumpla con las funcionalidades antes planteadas.

I. Análisis

En el presente apartado se identificó la necesidad de dividir el proyecto en dos partes, primero un aplicativo móvil que se denominará “AuxiliaMe APP” y segundo un dispositivo electrónico que se denominará “Dispositivo AuxiliaMe” donde constan los sensores (acelerómetro y giroscopio), un microprocesador ESP32 y programación precargada a dicho microprocesador.

“AuxiliaMe APP”, será desarrollado con Android Studio, un software creado por Google. Para esto se usaron componentes de Android Studio que necesitaron ser preinstaladas para su uso, como es la extensión de SMS que se denominará “AxuliaMe SMS” y la extensión bluetooth, que consta de dos modos de uso:

1. Clásico Serial
2. Low Energy

Para la presente investigación se usará el “Clásico Serial”, el cual tiene un bajo consumo de energía de máximo 30 miliamperios y un rendimiento de hasta 2.1 megabytes por segundo, que es altamente efectivo en distancias cortas con un máximo de 10 metros (Kliszowski, 2017).

Esta aplicación se conecta vía bluetooth con “Dispositivo AuxiliaMe”, donde consta de un sensor MPU6050, que es una unidad de medición inercial de 6 grados de libertad donde se combina con un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes (Naylamp Mechatronics, 2016).

El MPU se conecta a un microprocesador denominado ESP32, el cual consta de dos CPUs que pueden ser programados con diferentes funciones. El ESP32 tiene incorporado el sensor bluetooth (Espressif Systems, 2019). Al primer CPU por defecto se precargó con programación, en lenguaje que interpreta Arduino IDE, para que el sensor MPU6050 reconozca el denominado “accidente” y proceda a enviar señales a “AuxiliaMe APP”, este tomará decisiones del envío de SMS geolocalizado o alertas al usuario.

Debido a que el alcance establecido está a escala de 1:12, el microprocesador ESP32 tiene una programación con indicadores de alerta para este tipo de ambiente y no para un ambiente real con recursos a escala normales, como son los automóviles, rugosidad de la carretera, fallos en la carretera, etc., este alcance limita a que la solución propuesta no pueda ser usada en la vida real.

Para la definición de los requisitos del sistema a desarrollar, se utilizarán casos de usos y diagramas de caso de uso que se describen a continuación:

a. Requisitos identificados.

Como se mencionó, los requisitos se describirán a modo de casos de uso con el fin de ser más detalladas y permitan describir las funcionalidades que deberían ser incorporadas en el proyecto, cuya implementación aporta valor al cliente. Los casos de usos descritos a continuación detallan las funcionalidades que contiene el aplicativo en general, tanto como el aplicativo móvil como el dispositivo electrónico propuesto por el investigador.

Tabla 4*Requisito Funcional HU01*

Id	HU01
Nombre	Nuevo Contacto.
Descripción	El usuario accede a la pestaña “Contactos”, donde se encuentra la lista de contactos agregados a la aplicación, los cuales recibirán un “AuxiliaMe SmS”, próximamente accede al botón “+”, el cual permite agregar contactos que están pre-grabados en el Smartphone.
Entradas	Números Celulares.
Salidas	Grabación del contacto en la aplicación móvil “AuxiliaMe”.
Proceso	<p>Acceso a la aplicación.</p> <p>Selección de la pestaña “Contactos”.</p> <p>Añadir Contacto con el Botón “+”.</p> <p>Selección del contacto pre-grabado en la lista que se muestra.</p> <p>Aceptar.</p>
Precondiciones	Al acceder a la aplicación es necesario mantener activo el GPS, Bluetooth y que soporte envío de SMS el Smartphone.

Es importante recalcar que se debe “Emparejar” el celular con el dispositivo electrónico “AuxiliaMe” antes de abrir la aplicación.

Prioridad Alta.

Rol que lo ejecuta Usuario.

Tabla 5

Requisito Funcional HU02

Id	HU02
Nombre	Grabar Mensaje.
Descripción	El usuario accede a la pestaña “Mensaje”, donde se encuentra la descripción del mensaje que la aplicación enviará por medio de un “AuxiliaMe SmS” agregándose la ubicación geolocalizada.
Entradas	Texto dactilografiado por el usuario.
Salidas	Grabación del contacto en la aplicación móvil “AuxiliaMe”.
Proceso	Acceso a la aplicación.

Selección de la pestaña “Mensaje”.

Escribir el mensaje que se enviará en el cuadro de texto.

Guardar el mensaje con el Botón “Guardar”.

Precondiciones Al acceder a la aplicación es necesario mantener activo el GPS, Bluetooth y que soporte envío de SMS el Smartphone.

Es importante recalcar que se debe “Emparejar” el celular con el dispositivo electrónico “AuxiliaMe” antes de abrir la aplicación.

Post Condiciones Es necesario que el Smartphone cuente con soporte para envío de SMS y por lo tanto mantenga activos estos para un envío correcto del SMS.

Prioridad Media.

Rol que lo ejecuta Usuario.

Tabla 6

Requisito Funcional HU03

Id HU03

Nombre Envió de “AuxiliaMe Sms”.

Descripción	<p>El usuario accede a la opción de “Configuración” que se encuentra a en la parte superior izquierda de la aplicación con un icono de tres puntos de forma vertical, donde se encuentra la opción “Enviar AuxiliaMe” donde la aplicación enviará un “AuxiliaMe SmS” agregándose la ubicación geolocalizada.</p>
Entradas	<p>Contactos.</p> <p>Mensaje Pre grabado.</p>
Salidas	<p>Envío de un SMS AuxiliaMe.</p>
Proceso	<p>Acceso a la aplicación.</p> <p>Selección de la opción “Configuración”.</p> <p>Selección de la opción “Enviar de AuxiliaMe”.</p>
Precondiciones	<p>Es necesario que el Smartphone cuente con soporte para envío de SMS y por lo tanto mantenga activos estos para un envío correcto del SMS.</p> <p>Al acceder a la aplicación es necesario mantener activo el GPS, Bluetooth y que soporte envío de SMS el Smartphone.</p> <p>Es importante recalcar que se debe “Emparejar” el celular con el dispositivo electrónico “AuxiliaMe” antes de abrir la aplicación.</p>

Post	Mantener señal celular de su operador.
Condiciones	Contar con el servicio activo de envío de SMS en su Smartphone.
Prioridad	Baja.
Rol que lo ejecuta	Usuario.

Tabla 7

Requisito Funcional HU04

Id	HU04
Nombre	Salir de la Aplicación.
Descripción	El usuario accede a la opción de “Configuración” que se encuentra a en la parte superior izquierda de la aplicación con un icono de tres puntos de forma vertical, donde se encuentra la opción “Salir” donde la aplicación se cerrará.
Entradas	Selección del Usuario.
Salidas	Cierre de la aplicación.
Proceso	Acceso a la aplicación.

	Selección de la opción “Configuración”.
	Seleccionar la opción “Salir”
Precondiciones	Mantener activo el GPS, Bluetooth y que soporte envío de SMS el Smartphone. Es importante recalcar que se debe “Emparejar” el celular con el dispositivo electrónico “AuxiliaMe” antes de abrir la aplicación.
Post	Salir de la aplicación.
Condiciones	
Prioridad	Alta.
Rol que lo ejecuta	Usuario.

Tabla 8*Requisito Funcional HU05*

Id	HU05
Nombre	Acerca de la Aplicación.
Descripción	El usuario accede a la pestaña “Acerca”, donde se encuentra la descripción de la aplicación.

Entradas	Selección de la opción.
Salidas	Pantalla con información de la aplicación.
Proceso	Acceso a la aplicación. Selección de la pestaña “Acerca”.
Precondiciones	Al acceder a la aplicación es necesario mantener activo el GPS, Bluetooth y que soporte envío de SMS el Smartphone. Es importante recalcar que se debe “Emparejar” el celular con el dispositivo electrónico “AuxiliaMe” antes de abrir la aplicación.
Prioridad	Alta.
Rol que lo ejecuta	Usuario.

b. Diagrama de casos de uso.

Un diagrama de caso de uso es un conjunto de escenarios que identifican los propósitos de la aplicación que se va a construir, estos diagramas consisten en describir la interacción del usuario con la aplicación (Pressman, 2010).

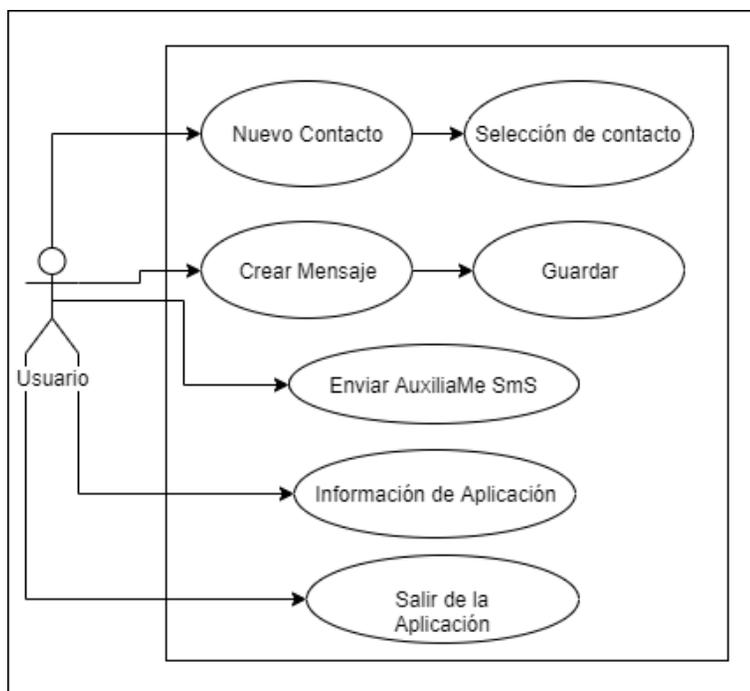
Para la aplicación construida se identificó a un único actor, el cual realiza cualquier actividad que contiene el aplicativo mediante una interacción con esta,

reflejando grabaciones de mensajes, grabaciones de contactos, envío de “AuxiliaMe SmS”, información de la aplicación y salida de la aplicación.

Para esto es prescindible que algunas acciones sean secuenciales, mientras que las otras no, tal como se indica en la figura siguiente:

Figura 6

Caso de Uso "AuxiliaMe"



II. Diseño

Después de identificar los requisitos funcionales y definir el diagrama de casos de uso para el usuario, se definen los diagramas de arquitecturas y de secuencia con el objetivo de demostrar la operatividad del aplicativo y la interacción con el usuario.

a. Diagrama de arquitectura.

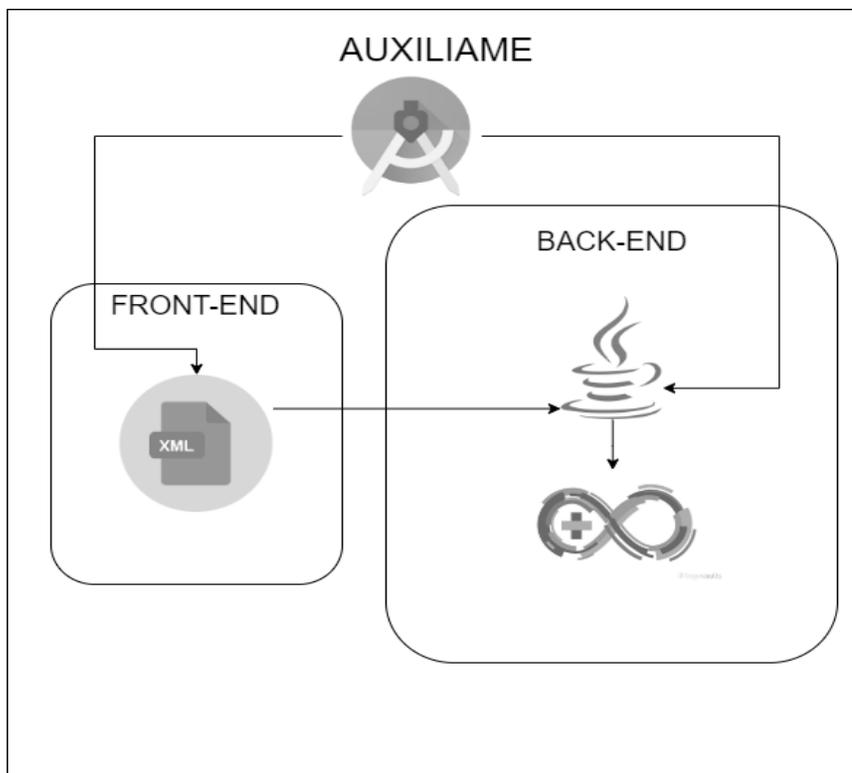
Un diagrama de arquitectura plantea una vista panorámica o completa del sistema que se va a desarrollar y construir (Pressman, 2010), es decir que nos permite tener una visión general del proyecto a desarrollar para organizar mejor el proceso en la creación del código.

La figura 7 muestra la arquitectura general del diseño de la aplicación, en la cual se visualiza la comunicación del back-end con el frond-end, donde el back-end constituye el código desarrollado funcional para “AuiliaMe-APP” con Android Studio y Java. Estas herramientas le permiten tener una depuración del código mientras se continua el desarrollo. El frond-end que de igual manera fue desarrollado con Android Studio usando XML para la presentación de vistas y su depuración en tiempo real.

Para el “Dispositivo AuxiliaMe” el back-end fue desarrollado en Arduino IDE, en esta herramienta su compilación y depuración solo se pueden ejecutar al momento de cargar el código hacia el ESP-32.

Figura 7

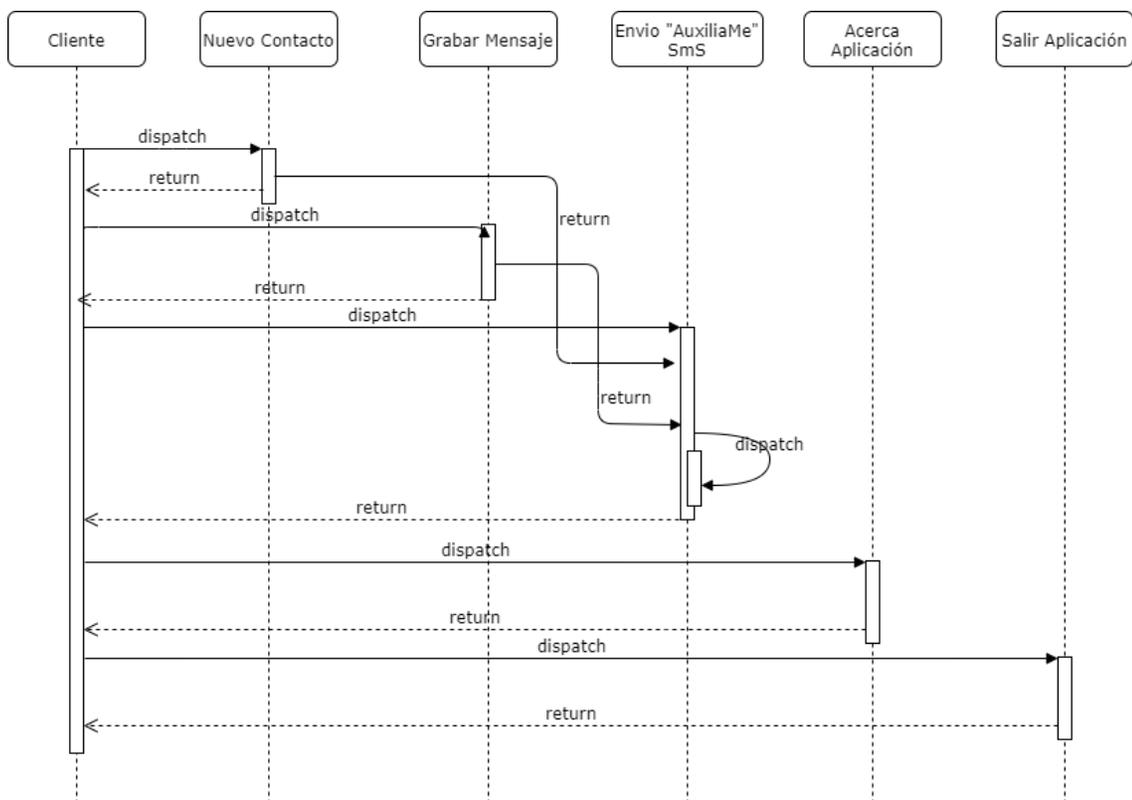
Diagrama de arquitectura "AuxiliMe"



b. Diagrama de secuencia.

Un diagrama de secuencia detalla la manera en la que un grupo de objetos interactúan entre sí a lo largo del tiempo de ejecución de un programa (Gutierrez, 2011).

El usuario que interactúe con "AuxiliaMe", deberá comunicarse como se observa en la figura 8, el usuario empieza activando los servicios del celular que sean necesarios para posteriormente abrir la aplicación y realizar cualquiera de las funciones implementadas.

Figura 8*Diagrama de Secuencia "AuxiliaMe"*

III. Implementación.

Después de culminar los puntos anteriores, esto es identificación de los requisitos funcionales en la etapa de análisis y la definición de los diagramas de arquitecturas y secuencia en la etapa de diseño, en esta sección se detalla la implementación del proyecto propuesto de acuerdo a los objetivos planteados.

a. Selección de Herramientas.

Para una selección correcta de recursos que agilizan el desarrollo e implementación del proyecto se tomaron en cuenta las herramientas que se detallan a continuación.

- **Android Studio.**

Para elaborar el sistema ya mencionado se utilizó Android Studio, que consiste en un entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android.

Android Studio está basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains y ha sido publicado de forma gratuita a través de la Licencia Apache 2.0. Está disponible para las plataformas Microsoft Windows, macOS y GNU/Linux. Ha sido diseñado específicamente para el desarrollo de Android (Android Studio, 2018).

- **Arduino IDE.**

Por otra parte, también se utilizó Arduino que según (CRESPO, 2017) es un microcontrolador de placa única, que permite la construcción de dispositivos digitales y objetos interactivos para detectar y controlar objetos en el mundo físico. Las herramientas del proyecto son denominadas hardware y software de código abierto, que están licenciados bajo la Licencia Pública General Reducida de GNU (LGPL) o la Licencia Pública General de GNU (GPL) (Mil y un Partes, 2018).

- **Dispositivo Bluetooth**

El módulo de bluetooth ofrece una buena relación de precio y características, es un módulo esclavo que permitirá recibir conexiones desde un ordenador. El módulo es de tamaño pequeño que permite mantener comunicaciones

bidireccionales, es decir tanto enviar como recibir los datos, mediante la tecnología Bluetooth sin necesidad de conectar ningún cable (Mil y un Partes, 2018).

- **Acelerómetro y Giroscopio (MPU6050).**

Este sensor es una medida de medición inercial con seis grados de libertad, que combina los 3 ejes para el acelerómetro y los otros 3 para el giroscopio. Este sensor es usado para estabilización, navegación, etc. (NAYLAMP, 2016).

- **Microprocesador ESP32.**

Es un microprocesador de dos núcleos, los cuales trabajan de manera independiente, proviene de la familia Espressif Systems, tiene un bajo consumo de energía con una serie de chips con capacidades de WiFi y bluetooth en modo dual. Sus dos núcleos trabajan en diferentes frecuencias, el principal trabaja a una frecuencia de 240Mhz. También consta de amplificadores de potencia, amplificadores de recepción con bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía. Fue diseñado para el uso con dispositivos móviles, portátiles y aplicaciones IoT (ESP32, 2019).

b. Implementación de Front-end.

La interfaz gráfica de Android Studio permite utilizar varios componentes para crear un entorno de desarrollo y diseño de la aplicación, para esto se usó un lenguaje de marcado para el diseño de vistas como lo es XML y el lenguaje de programación Java para la funcionalidad de la aplicación. En la figura 9, se presentará la interfaz de usuario definitiva, donde se mostrará primero el menú principal de la aplicación, luego la vista de contactos, mensajes y acerca de la aplicación.

Figura 9

Front-End 1

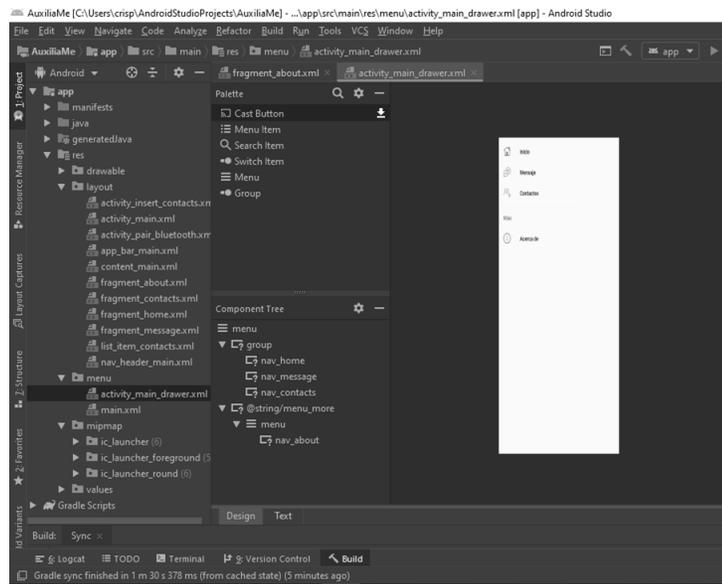


Figura 10

Front-End 2

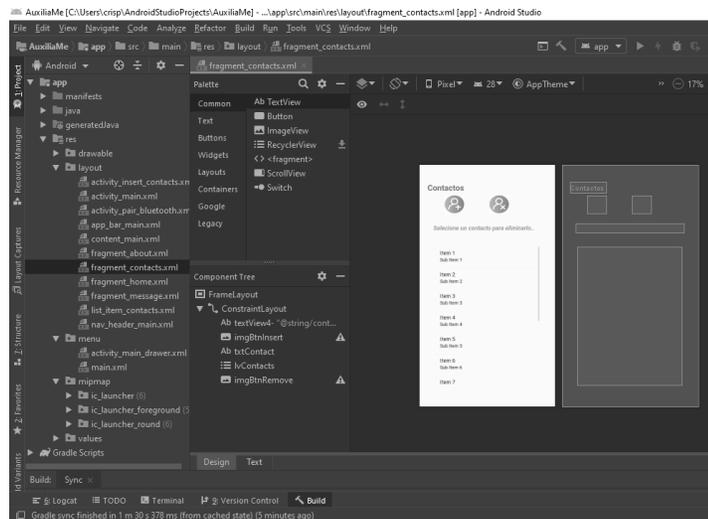
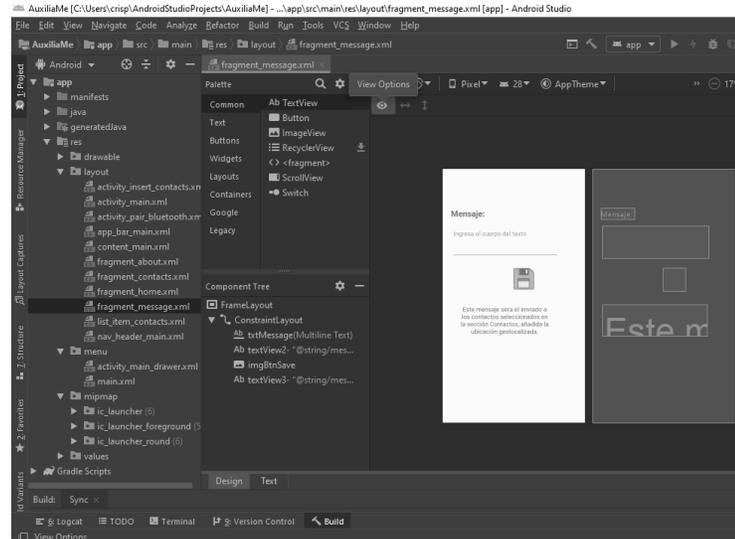


Figura 11

Front-End 3

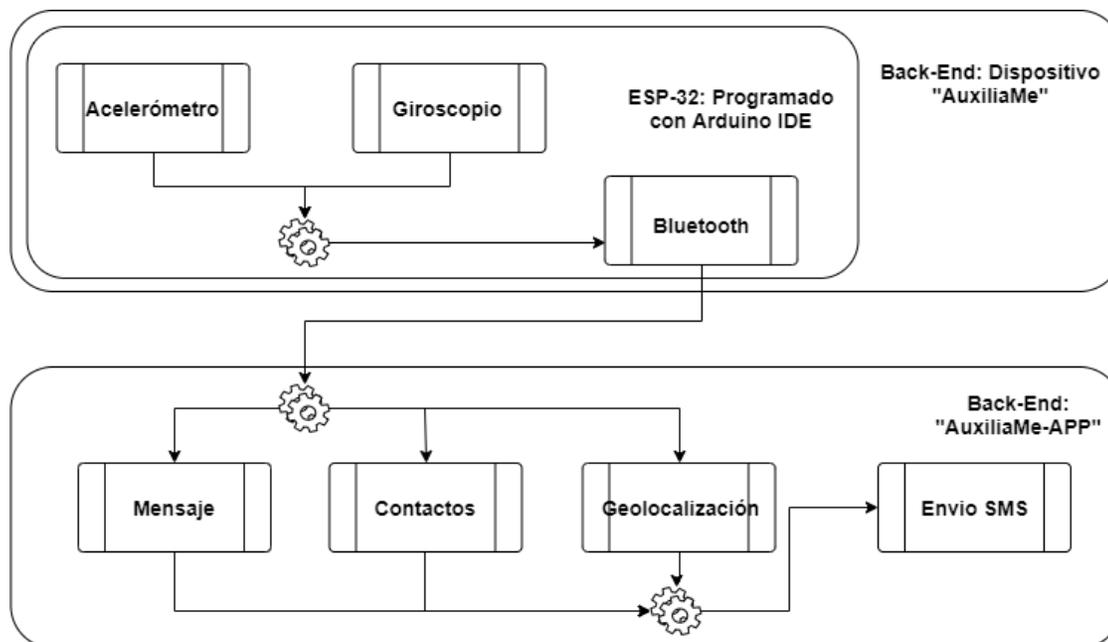


c. Implementación del Back-end.

La implementación del back-end está constituida por dos partes. La primera parte contiene código desarrollado en Android Studio con lenguaje Java permitiéndole realizar todas las funcionalidades propuestas, la segunda parte consta de programación con sensores en Arduino IDE. Para que la primera parte reaccione según sea conveniente, la segunda parte lee medidas de los sensores que se envían vía bluetooth a la primera parte y según los valores enviados pueda reaccionar. A continuación, se detalla en una figura lo antes dicho para una mejor comprensión.

Figura 12

Arquitectura detallada "AuxiliaMe"



Nota: En la figura 12, se presenta una arquitectura más detallada del back-end de "AuxiliaMe", con sus sensores y funciones, en las dos partes se detalla el back-end antes mencionado, en la primera: los sensores, el proceso y su comunicación con la segunda etapa, para continuar con la siguiente fase, la cual detalla la forma en la que interactúan las funcionalidades de la aplicación con una comunicación final entre ellas para el envío de mensajes de texto.

Primera Etapa: Lectura de valores con sensores.

Los sensores interactúan conectados por medio del microprocesador ESP32, este microprocesador contiene una precarga de un código realizado en Arduino IDE, el cual lee los indicadores de cada sensor y los convierte de un formato RAW a un formato más legible, como por ejemplo para el acelerómetro se

convierte a unidades de m/s² o el giroscopio a grados de inclinación, con el fin de interpretarlos de mejor manera y tomar decisiones según los datos leídos. En este caso se plantearon 3 niveles de acción:

1. Nivel Normal: En este nivel solo se leen los valores de los sensores y no se reacciona a nada ya que los sensores arrojan datos dentro de un rango determinado por cada sensor.

2. Nivel Medio: En este nivel, no solo lee los valores enviados por los sensores, sino que comunican que existió un movimiento irregular al aplicativo "AuxiliaMe" por medio del sensor de Bluetooth, para que este reaccione con una alerta al usuario.

3. Nivel Alto: Para este nivel se leen los datos enviados y se reacciona cuando ha sobrepasado los rangos excesivos de movimientos por los sensores, enviando una alerta a la aplicación "AuxiliaMe" para que esta de inmediato envíe un "AuxiliaMe-SmS".

Los valores leídos por los sensores se interpretan con el código en Arduino IDE, estos valores nos permiten tomar decisiones en diferentes niveles, cabe recalcar que los sensores toman pruebas con sus respectivas características, como, por ejemplo: el frenado inmediato del vehículo por medio de una desaceleración, o un volcamiento del vehículo por medio de un giro. Una vez que lee los datos procede al envío de información hacia "AuxiliaMe-APP" que continúa con el proceso de aviso inmediato por medio de un SMS geolocalizado o una alerta al usuario.

Segunda Etapa: Funcionalidades específicas de la aplicación.

Para la segunda etapa, la cual presenta las funcionalidades en la aplicación de los sistemas de entrada, se detalla cada uno de los sensores implementados, es importante mencionar que en esta etapa se recoge los datos por medio de una conexión bluetooth, brindándonos la posibilidad de personalizar las funciones según los datos enviados por la primera etapa.

Esto se la realiza a través de la programación con lenguaje Java y el IDE Android Studio, implementando funcionalidades que permiten al usuario interactuar con la aplicación y los sensores previamente mencionados.

Los niveles de acción son tres:

1. Nivel Normal: En este nivel la aplicación no relaciona con el dispositivo electrónico, ya que el presente nivel es tomado como un estado normal y regular.

2. Nivel Medio: En este nivel, se establece una alerta denominada “2”, que es enviada por la primera etapa con la comunicación bluetooth, en esta etapa se identifica un movimiento irregular que permite reaccionar con una alerta al usuario, el usuario tendrá la opción de aceptar o rechazar el envío del auxilio. En caso de no responder a la alerta que emite el aplicativo al usuario en el transcurso de cinco segundos, se procede a enviar un “AuxiliaMe-SMS”.

3. Nivel Alto: Para este nivel, se leen los datos enviados por la comunicación bluetooth, con el valor de “1” se identifica que ha sobrepasado los rangos de movimientos regulares planteados en el nivel medio, enviando de manera inmediata un “AuxiliaMe-SMS”.

d. Construcción del proyecto en Android Studio.

Después de la codificación de funcionalidades identificadas y su depuración, se compila la aplicación "AuxiliaMe-APP". Para esto es necesario crear un "AVD".

Un "AVD" es un dispositivo virtual de Android Studio, que se configura para otorgar características de un celular o Tablet Android, también permite virtualizar dispositivos diferentes como: Wear OS, Android TV o Automotive OS. Este "AVD Manager" es una interfaz que se puede ejecutar desde el IDE de Android Studio y también se permite administrar varios "AVD" (Android Studio Developers, 2019).

En figura 13, se visualiza la administración de dispositivos virtuales (AVD), en la cual se listan todos los dispositivos creados y opciones para editarlos, ejecutarlos, etc.

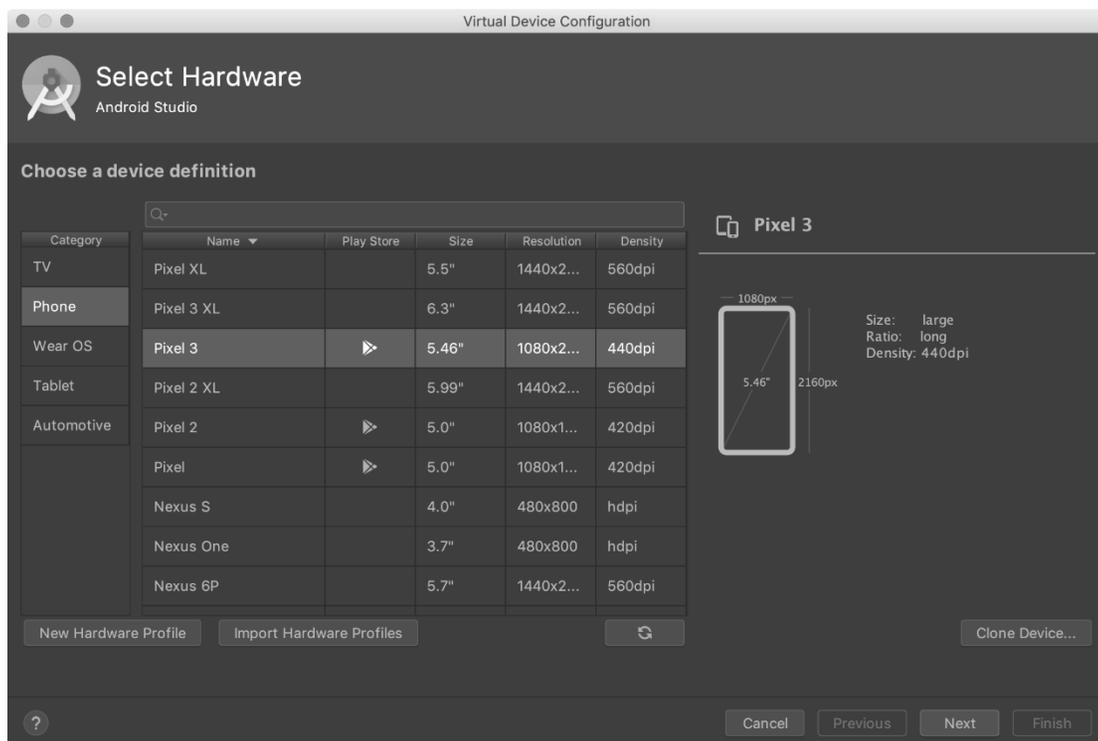
En la figura 13, entre lo más importante se encuentra:

- Listado de dispositivos virtuales creados.
- Tipo del dispositivo virtual creado.
- Nombre del dispositivo virtual creado.
- Resolución del dispositivo virtual creado.
- Hasta que API de Android es soportable el dispositivo virtual creado.
- Arquitectura del CPU (CPU/API) del dispositivo virtual creado.
- Espacio en ROM del dispositivo virtual creado.
- Una sección para editar el "AVD".
- Botón para la creación de un nuevo "AVD" (+ Create Virtual Device).

Figura 13*Administración ADV*

Nota: En la figura 14, se observa una lista de dispositivos virtuales disponibles con sus propias características, dentro de estos: TV, Celular, Wear OS, Tablet, Automotive OS. En la opción de celulares existe:

- Nombre del AVD.
- Si contiene la tienda de google (Play Store).
- Tamaño de la pantalla en pulgadas del AVD (Size).
- Resolución del AVD.

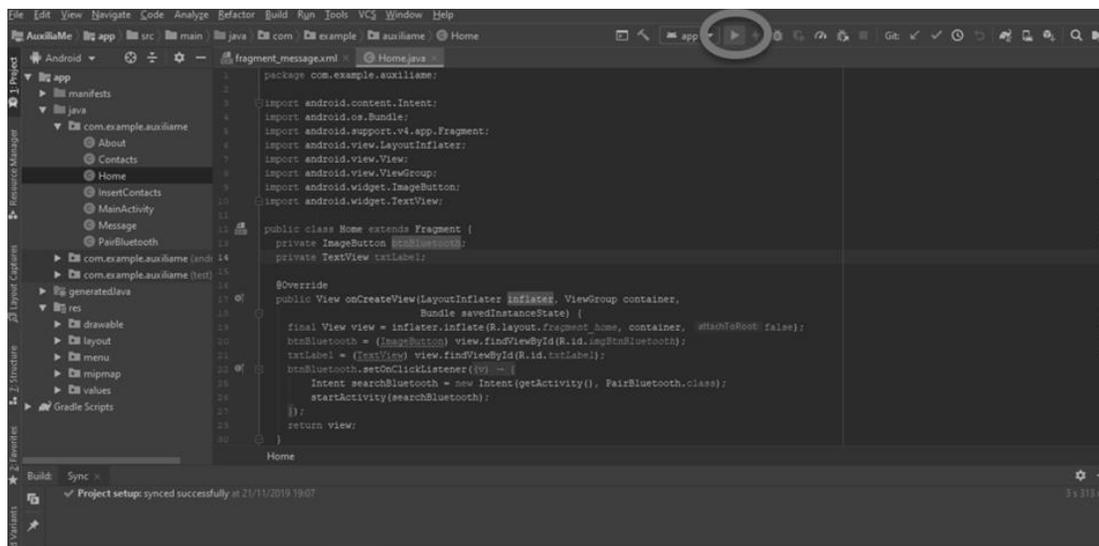
Figura 14*Características ADV*

Nota: A continuación, se ejecuta el proyecto creado, en este paso primero se ejecuta su compilación para que posteriormente se depure de manera automática.

Para ejecutar el proyecto se selecciona la opción "Ejecutar", como se observa en la figura 15.

Figura 15

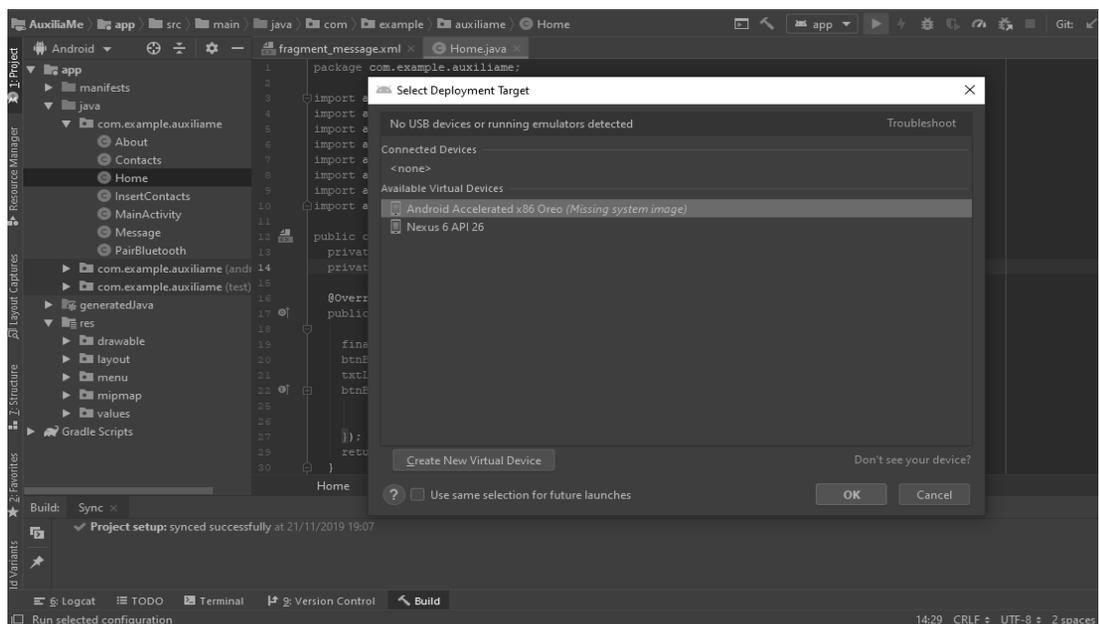
Ejecución "AuxiliaMe-APP"



Es importante escoger el "AVD" donde se ejecutará, como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Selección AVD



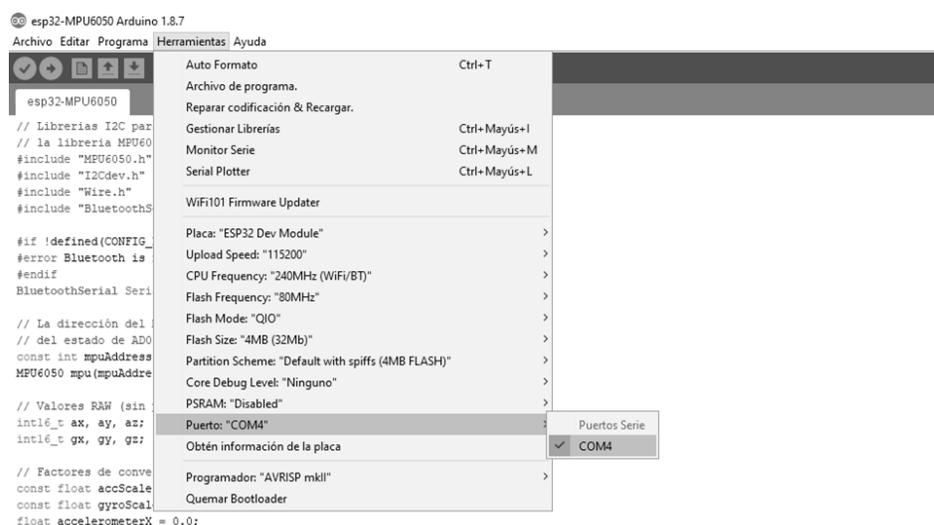
En el apartado “f”, se expone la depuración del desarrollo y el despliegue del aplicativo.

e. Construcción del proyecto en Arduino IDE.

De la misma manera que en la construcción del proyecto en Android Studio, Arduino IDE cuenta con la depuración, que posteriormente se ejecuta la compilación en el dispositivo seleccionado. En este dispositivo se tomará en cuenta el microprocesador “ESP32”, donde se cargará el código realizado en Arduino IDE. Previamente se debe seleccionar el “COM” por el cual deberá estar conectado el microprocesador, como se muestra en la figura 17.

Figura 17

Selección puerto COM



Posteriormente se depura el código, de la manera que detalla la figura 18.

Figura 18

Depuración de código Arduino

```

esp32-MPU6050 Arduino 1.8.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Verificar
esp32-MPU6050
// Librerías I2C para controlar el mpu6050
// la librería MPU6050.h necesita I2Cdev.h, I2Cdev.h necesita Wire.h
#include "MPU6050.h"
#include "I2Cdev.h"
#include "Wire.h"
#include "BluetoothSerial.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run 'make menuconfig' to and enable it
#endif
BluetoothSerial SerialBT;

// La dirección del MPU6050 puede ser 0x68 o 0x69, dependiendo
// del estado de AD0. Si no se especifica, 0x68 estará implícito
const int mpuAddress = 0x68;
MPU6050 mpu(mpuAddress);

// Valores RAW (sin procesar) del acelerómetro y giroscopio en los ejes x,y,z
int16_t ax, ay, az; // Acelerómetro
int16_t gx, gy, gz; // Giroscopio

```

Finalmente se debe cargar el código al dispositivo “ESP32”, que estará conectado al COM, como en la figura 19.

Cabe recalcar, una vez comience la subida del código, se debe pulsar el botón “boot” que se encuentra en el microprocesador “ESP32”, hasta que complete el 100% de su proceso.

Figura 19

Carga de código Arduino a ESP32

```

esp32-MPU6050 Arduino 1.8.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
esp32-MPU6050
// Librerías I2C para controlar el mpu6050
// la librería MPU6050.h necesita I2Cdev.h, I2Cdev.h necesita Wire.h
#include "MPU6050.h"
#include "I2Cdev.h"
#include "Wire.h"
#include "BluetoothSerial.h"

#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run 'make menuconfig' to and enable it
#endif
BluetoothSerial SerialBT;

```

f. Despliegue de la aplicación.

“AuxiliaMe-APP” se desplegará en el dispositivo “AVD” previamente seleccionado. “AuxiliaMe-APP” necesitará que en el dispositivo de despliegue, mantenga activo los servicios de:

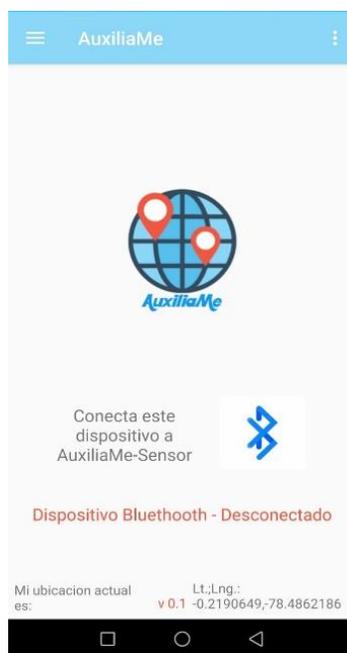
- GPS.
- SMS móvil.
- Bluetooth.
- WiFi o Datos Móviles (En caso de querer tener una mejor presión en la geolocalización).

La pantalla inicial consta de los siguientes elementos:

- En la parte superior izquierda un logo con tres barras horizontales, que representa el Menú principal de la aplicación.
- En la parte superior derecha con tres puntos en vertical, que representa el sub-menú de la aplicación.

Figura 20

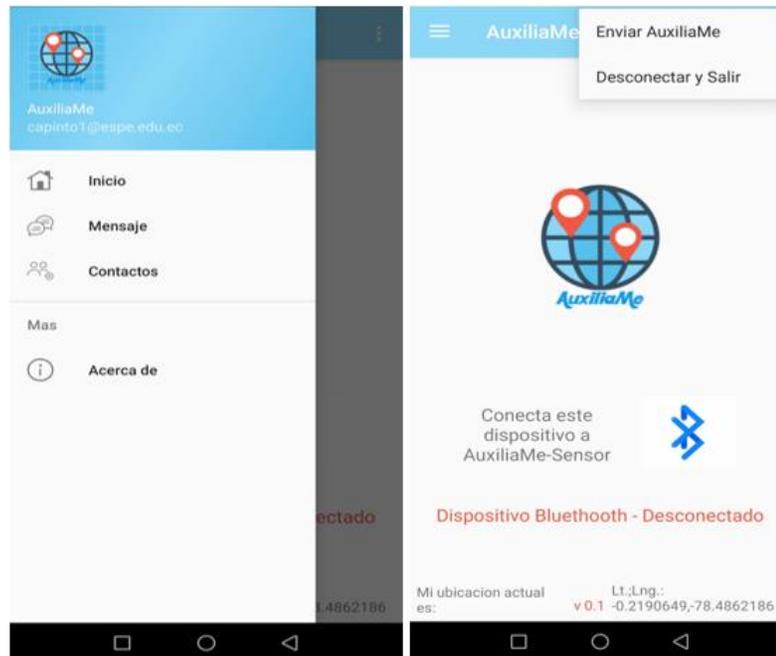
Inicio de "AuxiliaMe"



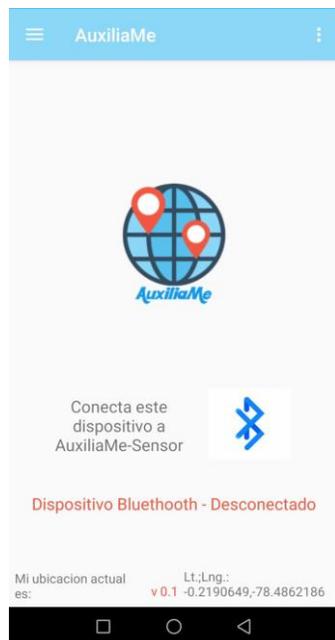
En la figura 21 se visualiza el despliegue de "AuxiliaMe-APP", donde el usuario puede interactuar con la aplicación por medio del menú y sub-menú.

Figura 21

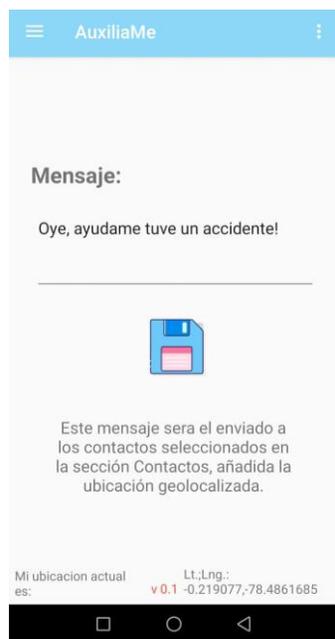
Menús de "AuxiliaMe"



Nota: En la figura 21 se identifican 2 secciones, a la izquierda el menú principal de la aplicación y a la derecha el sub-menú. El menú principal contiene las siguientes opciones:

Figura 22*Inicio de "AuxiliaMe"*

1. **Inicio:** El detalle inicial de la aplicación con el logo e información de geolocalización actual.

Figura 23*Mensaje de "AuxiliaMe"*

2. **Mensaje:** Un cuadro de dialogo con un mensaje, donde se puede tipear o visualizar el texto que se enviará por SMS, agregando la geolocalización.

Figura 24

Contactos de "AuxiliaMe"



- 3. Contactos:** Muestra una lista de contactos a los que se enviará el "AuxiliaMe-SmS". También cuenta con dos botones, estos permiten: agregar un contacto que está registrado en la agenda del celular, y borrar contactos registrados en esta sección.

Para las funcionalidades propuestas se desarrollaron las vistas antes descritas, con estas el usuario tendrá una comunicación directa entre el "AuxiliaMe-APP" y el "Dispositivo AuximiaMe". Es importante que mientras el aplicativo se encuentre en ejecución no se deshabiliten los servicios antes citados como: GPS, SMS, bluetooth e Internet; caso contrario el aplicativo no tendrá una función correcta y posteriormente se cerrará.

Una vez desplegada la implementación en el "AVD", "AuxiliaMe" se encuentra listo para la siguiente etapa de pruebas. En esta etapa se evaluará su funcionalidad y se reajustará el código en caso de fallos o escasa eficiencia.

Capítulo IV – Evaluación

Para solventar los objetivos planteados se desarrolló un prototipo denominado “AuxiliaMe”, el cual fue evaluado con individuos residentes en la ciudad de Quito-Ecuador y que interactúan con el tránsito de dicha localidad a diario.

En esta sección se describe la evaluación de la herramienta desarrollada “AuxiliaMe”, la misma que fue creada con el propósito de facilitar la comunicación entre los ocupantes de los vehículos accidentados y los contactos pre seleccionados en “AuxiliaMe-APP”, solicitando un pronto socorro.

“AuxiliaMe” busca aumentar las probabilidades de rescate y en mayor de los casos, salvar las vidas de los ocupantes de un automóvil en un accidente de tránsito. Los SMS geolocalizados son enviados desde “AuxiliaMe-APP” hacia contactos pre seleccionados, para que los contactos puedan socorrer a los ocupantes de los vehículos accidentados. Tomando en cuenta que el usuario deberá configurar “AuxiliaMe-APP” con contactos de auxilio y mensajes que se almacenan en la aplicación.

Se diseñó un experimento en un ecosistema a escala 1:12 para evaluar la aplicación, enfocándose en la efectividad de la respuesta y veracidad de la misma al producirse movimientos anormales por el vehículo a escala. Se instaló el “Dispositivo AuxiliaMe” en el automóvil y posteriormente se conectó a “AuxiliaMe-APP”, el cual recibe señales emitidas por los sensores vía bluetooth, y así poder tomar decisiones.

Tras plantearse y diseñar el ecosistema a escala, se inició la toma de datos arrojados por los sensores al momento de simular los choques con el automóvil y determinar rangos al existir choques o movimientos irregulares.

En este experimento no se presentaron inconvenientes en cuanto al despliegue de la aplicación, es más, para validar con datos y unidades de fuerzas se implementó un nuevo sensor de fuerza, denominado galga FSR 406, permitiendo medir en unidades Newton la fuerza del impacto con la que choca el vehículo y calcular el impacto promedio al existir un accidente en sentido frontal, es decir una colisión o choque frontal. Este sensor se usó para validar los datos e intervalos que se proponen en el presente documento como solución a la problemática, más no será incluido en la solución del prototipo. Los datos que se obtuvieron por parte de los sensores de aceleración, giroscopio y de fuerza se encontrarán en la “Evaluación de la Solución”, sesión: “b. Resultados”.

I. Diseño de la Actividad.

Se acondicionó un sitio de tres metros por tres metros con un suelo de poca fricción y con obstáculos, que produzca un accidente simulado. También se montó de forma fija el “Dispositivo AuxiliaMe” al automóvil a escala, posteriormente se conectó vía comunicación bluetooth a “AuxiliaMe-APP”; para esto, el celular debe tener habilitado los servicios mencionados en el tercer capítulo, como son:

- Sensor Bluetooth.
- GPS.
- Servicio de SmS.

- Internet, en caso de requerir mayor presión en la geolocalización.

A continuación, planteamos un objetivo a cumplir con la evaluación.

a. Objetivo.

Evaluar la eficiencia del proyecto “AuxiliaMe”, al existir movimientos inusuales por parte del automóvil, evaluando las lecturas de los sensores que intervienen con el “Dispositivo AuxiliaMe”, y analizando como interfaz de usuario el “AuxiliaMe-APP”, es decir, que los usuarios no cuenten con dificultad al momento de comunicarse con el aplicativo, para esto se evaluarán los datos obtenidos que confirmen la usabilidad y la eficiencia de la aplicación.

b. Objetivo Pedagógico.

El objetivo pedagógico planteado para la evaluación del prototipo “AuxiliaMe” con SMS geolocalizados, pretende que los usuarios obtengan conocimientos adecuados para usar la aplicación de forma correcta y simple, así también tener la costumbre de portar en los automóviles el “Dispositivo AuxiliaMe” y “AuxiliaMe-APP”. Así aumentar las probabilidades de rescate en casos de accidentes de tránsito, proporcionando al conductor una familiaridad con la tecnología y la oportunidad de aprovechar los beneficios del sistema desarrollado.

c. Participantes.

Esta actividad se planificó con la participación de 20 personas que interactúan a diario con el tránsito de la ciudad de Quito-Ecuador.

d. Sesiones.

Para evaluar esta actividad se realizaron dos sesiones.

En la primera sesión se dictó una reseña al usuario evaluador sobre el uso de la aplicación, así el evaluador tendrá una referencia de lo que se está realizando. Evaluando la usabilidad del aplicativo y la comprensión del mismo. Esta sesión se desarrolló en varios turnos y se destinó 10 minutos por cada uno.

En la segunda sesión los usuarios utilizaron tanto el dispositivo como el aplicativo “AuxiliaMe”, que les permitió culminar con la actividad. En el proceso de la actividad, el investigador observó que los usuarios no tenían mayor dificultad a la hora de manipular el aplicativo.

Al finalizar la actividad, los usuarios llenaron el cuestionario de usabilidad diseñado para “AuxiliaMe”.

e. Forma de evaluación.

Para evaluar esta actividad se han tomado como variables la atención prestada, la usabilidad, la accesibilidad, la motivación y la calificación obtenida en el resultado de la actividad. Para tomar los datos se han utilizado técnicas de obtención directa y cuestionarios de usabilidad como instrumentos de medición, así se reflejan los conocimientos y la aceptación de “AuxiliaMe” por parte de los usuarios.

Para evaluar los rangos y señales que emiten los sensores al momento de tener un accidente o movimiento inusual, se tomaron los valores y se diseñó intervalos probables que identifiquen un accidente.

Para tener una mejor medición se plantó un sensor de fuerza donde el automóvil a escala chocará, su impacto se medirá en unidades Newton, para posteriormente asociar la fuerza de impacto con las lecturas de los sensores

involucrados. Esto se repitió por varias veces, los datos se encontrarán en la “Evaluación de la Solución”, sesión: “b. Resultados”.

II. Evaluación de la Solución.

a. Sesiones.

Las sesiones de evaluación se planificaron con 20 personas que tienen una interacción diaria con el tránsito de Quito-Ecuador. Dado que no se realizó en una sola reunión sino en varias, se planificó un tiempo aproximado de 10 minutos por cada reunión para la introducción a “AuxiliaMe”, y un aproximado de 5 minutos para el resto de la evaluación.

Sesión 1: Introducción a “AuxiliaMe”.

En esta sesión se dio una introducción de “AuxiliaMe”, donde consta una reseña de la aplicación, un resumen de su contenido y su función. Se dio a conocer las principales capacidades de la aplicación.

Figura 25*Sección de Introducción*

Nota: En la figura 25, se observa a los encuestados en la sesión de introducción a “AuxiliaMe”, donde los participantes encuestados se notan animados a interactuar con toda la interfaz y su dispositivo “AuxiliaMe”, reflejando interés sobre el desarrollo y visión del proyecto.

Esta sesión fue la que más demandó tiempo por la explicación de conceptos a trabajar, la forma en la que debe interactuar el usuario con el aplicativo y el aplicativo como interactúa con el dispositivo de sensores.

Sesión 2: Uso de “AuxiliaMe” y desarrollo de la actividad.

En la presente sesión se dejó que el usuario interactúe con la aplicación y el automóvil a escala que portaba el dispositivo de sensores. Se planificaron turnos individuales por los usuarios y como se nombró anteriormente, se destinó alrededor de 5 minutos por cada usuario.

Figura 26*Sección 2: Uso del aplicativo*

Nota: En la figura 26, se observa a un usuario interactuando con “AuxiliaMe”. Varios usuarios se interesaron en adquirir el aplicativo para su uso, lo cual fue un índice positivo de aceptación. Uno de los resultados principales que se notaron al momento de realizar las pruebas, fue cuando se usó el aplicativo por primera vez, los usuarios se demoraron más que al usar por segunda y última vez. Se apreció que la mayoría de los usuarios agregaban muy pocos contactos (2 a 3 contactos) a la lista, la cual contiene los números celulares a donde envía el SMS la aplicación en caso de reconocer un accidente. Este era el objetivo del apartado “Contactos”, de no saturar una lista sino más bien agregar contactos de confianza al usuario que puedan auxiliarlo de ser el caso.

b. Resultados.

Los resultados que se obtuvieron fueron tomados de 20 personas que realizaron la actividad. Posterior a la actividad se solicitó llenar un cuestionario compuesto de 10 preguntas con el objetivo de evaluar aspectos básicos de la comunicación y eficiencia del aplicativo con el usuario.

Se tomaron en cuenta los datos obtenidos por las simulaciones de accidentes con el sensor de fuerza para evaluarlos y asignar intervalos para cada sensor, por ende, asignar intervalos de alertas que emitirá el “Dispositivo AuxiliaMe” hacia el “AuxiliaMe-APP”.

Resultados de pruebas para determinar intervalos.

Una vez implementados los escenarios a escala 1:12, se procede a realizar varias simulaciones de accidentes, con el fin de recabar datos que posteriormente son usados para plantear intervalos de acción que el “Dispositivo AuxiliaMe” los interpretará.

En la tabla 9 se presentan los valores que se tomaron de cada sensor, es necesario nombrar que los sensores leen su señal cada 300 milisegundos. Para una mejor comprensión de la tabla se describen las variables usadas de la siguiente forma:

- N°: Número de prueba realizada.
- Distancia Mts: Es la distancia recorrida por el vehículo, tomando en cuenta desde que inicia el trayecto, hasta su choque o colisión.
- Acelerómetro: En esta variable se refleja la aceleración del vehículo, para ello se definen dos identificadores que se detallan a continuación:

- Xo: El valor del sensor acelerómetro en el eje "X", 300 milisegundos antes del impacto.
- Xf: El valor del sensor acelerómetro en el eje "X", al momento del impacto.
- Giroscopio: En esta variable se refleja los giros o inclinaciones que pueda tener el vehículo. Se tomaron dos ejes que interactúan en el presente caso.
 - Xo: El valor del sensor giroscopio en el eje "X", 300 milisegundos antes del impacto o vuelco. En esta variable se identifica si el vehículo tiene giros de forma horizontal.
 - Zo: El valor del sensor giroscopio en el eje "Z", 300 milisegundos antes del impacto o vuelco. En esta variable se identifica si el vehículo tiene giros de forma vertical.
 - Xf: El valor del sensor giroscopio en el eje "X", al momento del impacto o vuelco.
 - Zf: El valor del sensor giroscopio en el eje "Z", al momento del impacto o vuelco.
- Tiempo Aprox.: Esta variable contiene el tiempo aproximado en segundos que se demoró el vehículo en su trayecto. Desde que inicia su recorrido hasta su impacto o vuelco.
- Accidente: En esta variable se identifica si hubo un accidente. En caso de existir el accidente su valor es "Sí", caso contrario "No".
- Fuerza: Para que se refleje esta variable es necesario que el vehículo se impacte con el sensor de fuerza. Esta variable contiene la fuerza de impacto con la que colisiona el automóvil en unidades Newton.

Tabla 9

Valores de pruebas por los sensores.

N°	Distan cia Mts	Acelerómet ro		Giroscopio			Tiem po Apro x.	Accid ente	Fuerza
		Xo	Xf	Xo	Zo	Xf			
Escenario con suelo liso sin impacto y con freno excesivo.									
1	3	12,5	-3,5	-5,4	-10,51	-5,5	-14,51	3	Si
2	3,5	-0,5	0,1	-1,1	-11,25	-4,1	-1,25	2,8	No
3	2,5	6,8	-2,7	-4,5	-1,5	4,57	-10,5	2,7	Si
4	2	-	1,1	0,12	-10,54	-1,2	-1,35	1,8	No
		0,54							
5	3,5	-2,5	-6,5	-6,5	-12,54	7,54	2,54	3	Si
6	3,5	4,2	-	-7,3	-12,4	-9,47	1,4	3	Si
		0,98							
7	2,5	-0,8	1,01	1,12	-11,25	1,25	-0,25	2,5	No
8	3,5	11,5	-9,7	-4,2	-2,2	-5,1	20,2	3	Si
9	3	10,7	-7,4	-6,8	-8,2	7,54	-18,2	2,7	Si
10	1,5	-	0,89	0,25	-10,51	0,01	0,25	1,25	No
		0,12							
11	3,5	9,4	-6,8	-	-4,5	-1,4	-40,5	3	Si
				10,5					
Escenario con suelo liso sin impacto y con freno excesivo.									
12	3,5	14,2	-	-	-8,6	1,4	18,6	3	Si

		8	10,5	15,8						
13	3	5,8	-4,5	-	-12,1	1,5	12,1	2.81	Si	
				18,1						
14	3,5	-4,1	-	-	-10,5	-8,2	11,5	3	Si	
			12,7	6,54						
Escenario con suelo liso e impacto.										
15	3,5	11,5	-	-5,4	-1,51	-10,5	-	3	Si	50
			13,5				150,2			
							5			
16	3	3,8	-	-4,5	-11,5	-14,57	-142,7	2.8	Si	55
			22,7							
17	3	-	1.2	-1.2	11.25	-1.5	10.27	2.8	No	
		0.25								
18	3,5	12,5	-	-6,5	-22,54	-17,54	-45,21	3	Si	53
			16,5							
19	2,5	6,2	-	-7,3	-2,4	-90,47	-89,5	3	Si	52
			10,9							
			8							
20	2.5	0.89	1.02	1.5	12.54	0.89	0.25	2.58	No	
21	2,5	9,5	-7,7	-4,2	-24,2	-15,1	-130,5	1.98	Si	54
22	3,5	11,7	-	-6,8	-18,2	-70,54	-124,5	3	Si	49
			12,4							
23	3	12,4	-	-	-14,5	-11,4	-154,4	2.9	Si	52
			16,8	10,5						
24	2	0.85	1.1	-1.2	1.25	-1.24	3.25	1.7	No	

25	3	11,2	-	-	-6,6	-21,4	-	2.89	Si	54
		8	11,5	15,8			100,1			
							2			
26	3	10,8	-	-	-11,1	-11,5	-122,4	2.58	Si	56
			14,5	18,1						
27	3,5	6,1	-	-	-12,5	-10,2	-	3	Si	56
			12,7	6,54			132,3			
							5			
Escenario en suelo con obstáculos sin impacto y con freno excesivo.										
28	3,5	12,5	-3,5	-5,4	-8,51	-5,5	-14,51	3	Si	
29	3	6,8	-2,7	-4,5	-6,5	4,57	-10,5	2.7	Si	
30	3	0.25	-0.2	0.25	5.25	-0.15	11.25	3	No	
31	3	2,5	-6,5	-6,5	-2,54	7,54	2,54	2.58	Si	
32	3	4,2	-	-7,3	-30,4	-9,47	1,4	2.89	Si	
			0,98							
33	3,5	11,5	-9,7	-4,2	-23,2	-5,1	20,2	3	Si	
34	3	-	0.25	1.25	-2.52	-0.25	1.25	2.9	No	
			1.01							
35	3.5	1.25	1.2	-	-10.25	-1.2	0.26	2.8	No	
				0.58						
36	3,5	10,7	-7,4	-6,8	-18,2	7,54	-18,2	3	Si	
37	3,5	9,4	-6,8	-	-24,5	-1,4	-40,5	3	Si	
				10,5						
38	3,5	14,2	-	-	-18,6	1,4	18,6	3	Si	
		8	10,5	15,8						

39	3,5	5,8	-4,5	-	-1,1	1,5	12,1	3	Si	
				18,1						
40	3,5	4,1	-	-	-17,5	-8,2	11,5	3	Si	
			12,7	6,54						

Escenario en suelo con obstáculos e impacto.

41	3,5	11,5	-	-5,4	-10,51	-120,5	-	3	Si	49
			13,5				150,2			
							5			
42	2,5	3,8	-	-4,5	-1,5	-145,57	-142,7	3	Si	45
			22,7							

Escenario en suelo con obstáculos e impacto.

43	2,5	12,5	-	-6,5	-12,54	-147,54	-45,21	3	Si	51
			16,5							
44	2	1,2	1,1	-1,1	-1,28	0,25	-1,25	1,58	No	
45	2,5	6,2	-	-7,3	-12,4	-90,47	-89,5	3	Si	49
			10,9							
			8							
46	3	9,5	-7,7	-4,2	-2,2	-115,1	-130,5	3	Si	46
47	3	11,7	-	-6,8	-8,2	-170,54	-124,5	3	Si	48
			12,4							
48	3,5	12,4	-	-	-4,5	-141,4	-154,4	3	Si	51
			16,8	10,5						
49	3,5	-	-	0,58	1,25	0,25	12,22	2,89	No	
		1,01	0,58							

									s
3,5	11,5	-	-	-10,51	-	-	2.8	Si	51
		13,5	75,4		120,5	150,25			

Nota: En la tabla 10, se detalla el promedio de los datos para el intervalo 1, este sirve para identificar que el intervalo entra en acción.

El intervalo planteado para el giroscopio en “x” es:

$$\text{giroscópio en } x = (-\infty; -60^\circ) \cup (60^\circ; \infty+)$$

En caso de tomar valores dentro del intervalo planteado, se determina que existió un volcamiento por parte del automóvil a escala y se enviará vía bluetooth al aplicativo el número “1”, detallando que es un volcamiento sufrido por el vehículo para la posterior acción de envío del SMS geolocalizado.

- **Intervalo “2”:** En este intervalo, la acción del aplicativo es ejecutar una alerta donde pregunta al usuario si desea enviar el SMS, ya que se identificó un movimiento anormal del automóvil a escala. En caso de no contestar en 5 segundos a la pregunta el aplicativo enviará el SMS geolocalizado a los contactos pre seleccionados. Para esto se detalla un promedio de los datos obtenidos para este caso:

Tabla 11

Promedio de datos para intervalo 2

Distanci	Acelerómet	Giroscopio Promedio	Tiemp	Acciden	Sensor
a Mts	ro		o	te	Fuerza
	Promedio		Aprox		-

	Xo	Xf	Xo	Zo	Xf	Zf	.		Newton
									s
3,5	-11,5	-	-5,4	-10,51	-	-	3	Si	53
		13,5			120,5	150,25			

Nota: En la tabla 11, se detalla el promedio de los datos para el intervalo 2, el cual nos sirve para plantear un intervalo que acciona esta opción, tomando en cuenta que existen dos intervalos en las que se activará el apartado, cualquiera de estos dos rangos activará la opción planteada.

El intervalo planteado para el giroscopio en “z” es:

$$\text{giroscópio en } z = (-\infty; -100^\circ) \cup (100^\circ; \infty+)$$

El intervalo planteado para el giroscopio en “x” es:

$$\text{giroscópio en } x = (-\infty; -60^\circ)$$

El intervalo planteado para el acelerómetro en “x” es:

$$\text{Acelerómetro en } x = (-\infty; -1.5 \text{ m/s}^2)$$

En caso de tomar valores dentro del intervalo planteado, se determina que existió un movimiento inusual por parte del automóvil a escala y se enviará vía bluetooth al aplicativo el número “2”, detallando que existió un choque y solicite al aplicativo emitir una notificación al usuario.

- **Intervalo “3”:** Para este intervalo se toman el rango de inició, es decir, cuando el automóvil está en quietud o con movimientos usuales.

$$\text{Acelerómetro en } x = (1; 1.4 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{giroscópio en } x = (-4.8^\circ; -4.3^\circ)$$

giroscópio en z = (-0.7°; -1°)

En este caso no se envía ninguna señal al aplicativo ya que el vehículo a escala se encuentra en reposo sin ningún contratiempo o accidente.

Es necesario tomar en cuenta que estos intervalos planteados son intervalos en un ambiente a escala, en caso de que el ambiente cambie, los intervalos también cambiarán, para esto deberán tomarse nuevas pruebas en el ambiente planteado.

Introducción a “AuxiliaMe”.

En la primera sección del cuestionario que se realizó a cada uno de los usuarios, se visualiza que el objetivo de las preguntas del cuestionario fue el enfoque en el conocimiento previo y motivación que tienen los usuarios para aprender sobre el desarrollo y los servicios que otorga “AuxiliaMe”.

Tabla 12

Resultados de la sesión introductoria sobre "AuxiliaMe"

Dimensión	Preguntas	Si	No
	¿Conoces o has usado aplicaciones móviles?	20 (100%)	No (0%)
Conocimiento previo	¿Conocías sobre la geolocalización?	12 (60%)	8 (40%)
	¿Conocías sobre sensores electrónicos?	6 (30%)	14 (70%)

	¿Has utilizado anteriormente alguna aplicación que use geolocalización?	16 (80%)	4 (20%)
Conocimiento	Preguntas	Si	No
previo	¿Has utilizado anteriormente alguna aplicación que use sensores electrónicos?	1 (5%)	19 (95%)
Motivación	¿Te gusto la sesión sobre geolocalización y sensores electrónicos?	20 (100%)	0 (0%)
	¿Te gustaría obtener y mantener mejor relación con aplicativos que interactúen con sensores electrónicos?	20 (100%)	0 (0%)

Nota: Los resultados de la sesión introductoria a “AuxiliaMe” que se presentaron en la tabla 12 son alentadores, debido a que todos conocen acerca de aplicaciones móviles y la mayoría sabe sobre geolocalización, otorgando una mayor facilidad al usuario al momento de comprender e interactuar con el aplicativo “AuxiliaMe”. Además, es muy importante tomar en cuenta que la introducción que obtuvieron los usuarios fue tomada muy en serio. La

satisfacción y gusto por los usuarios con la sesión introductoria fue del 100% y estuvieron muy interesados al respecto.

Uso de “AuxiliaMe” y desarrollo de la actividad.

Para evaluar la resolución de la actividad por parte de los encuestados, se aplicó el método de observación. Evaluando la eficiencia y usabilidad del aplicativo “AuxiliaMe”.

En la tabla 13 se detallan los resultados de usabilidad y eficiencia conseguidas por medio de los usuarios encuestados, en base a las preguntas de la segunda sección del cuestionario.

Tabla 13

Resultados de usabilidad y eficiencia de AuxiliaMe

Dimensión	Preguntas	Si	No
Usabilidad	¿Te ha sido fácil utilizar AuxiliaMe?	20 (100%)	0 (0%)
	¿Ha sido compleja realizar la actividad?	4 (20%)	16 (80%)
	¿Cree que en líneas generales el sistema se aprende a utilizar rápidamente?	20 (100%)	0 (0%)
	Usando el sistema, me he	Relajado	Frustrado

	sentido	18 (90%)	2 (10%)
	¿Has utilizado anteriormente alguna aplicación que use sensores electrónicos?	2 (10%)	18 (90%)
Eficiencia	¿El aplicativo respondió adecuadamente a las pruebas que realizó con choques simulados?	19 (95%)	1 (5%)
	¿El mensaje geolocalizado fue enviado correctamente a los contactos preseleccionados?	20 (100%)	0 (0%)
	¿En el mensaje enviado por el aplicativo, la información que contiene son datos verídicos?	20 (100%)	0 (0%)

El 100% de las personas que evaluaron “AuxiliaMe” comentaron que les fue fácil tener una comunicación con el aplicativo, concluyendo que mediante la sesión de introducción a “AuxiliaMe” se logró captar con la atención de las personas evaluadas y por ende se logró que aprendan el funcionamiento básico de “AuxiliaMe”.

También en la tabla 13, se observa que el 100% de los usuarios evaluados les fue fácil aprender a usar el aplicativo sin mucho esfuerzo.

Se visualiza que para la mayoría (95%) de los usuarios el aplicativo respondió de la mejor manera y con el contenido de ubicación muy exacto.

Fue muy interesante para los usuarios interactuar con dispositivos electrónicos que les ayude a comunicarse de manera automática con sus familiares o amigos en caso de un accidente de tránsito, encontrándose muy motivados e interesados en el desarrollo de aplicativos con interacción a sensores electrónicos.

c. Discusión de Resultados.

Los resultados obtenidos sobre la evaluación que se trataron en el anterior punto, denotaron claramente que la usabilidad y la eficiencia fue aceptable en la propuesta del aplicativo al interactuar con sensores electrónicos. La aplicación es muy fácil de utilizar e interactuar, el 100% de los usuarios evaluados coinciden que el manejo del aplicativo es sencillo y de rápido aprendizaje.

En su mayoría los usuarios presentaron un estado relajado al usar el aplicativo, contra pocos usuarios que se sintieron frustrados con la interacción, este sentimiento de frustración se debe a que sus Smartphone no respondían de mejor manera y rapidez con la interacción al dispositivo electrónico "AuxiliaMe", esto es por el bajo rendimiento de sus celulares inteligentes.

En cuanto a los tiempos para el manejo de la aplicación, los usuarios al momento de usar por primera vez una función se demoraba mucho más que al

usar por segunda vez la misma función u otra, lo que se puede concluir al respecto es que el uso continuo de la aplicación y el manejo permanente de la misma u otros aplicativos similares, permiten adquirir una familiaridad al momento de interactuar con el aplicativo y una reducción de tiempo considerable al ejecutar una función de “AuxiliaMe-APP”.

En la tabla 14 se presentan las ventajas y desventajas identificadas durante el desarrollo del proyecto:

Tabla 14

Ventajas y desventajas identificadas

Ventajas	Desventajas
<p>Alternativa de comunicación, entre los conductores en general y familiares después de un siniestro de tránsito.</p>	<p>Se debe tener acceso a internet en el Smartphone para que el aplicativo tenga una mayor exactitud en el mensaje geolocalizado.</p>
<p>Rapidez y exactitud de aviso automático posterior a un siniestro de tránsito, a familiares.</p>	<p>Para que el auxilio automático por medio del mensaje de texto geolocalizado cumpla con su objetivo, es necesario que el Smartphone tenga recepción y servicio en la potencia de señal emitida por parte de la empresa operadora de red celular (dBm).</p>

Ventajas	Desventajas
<p>“AuxiliaMe” presentó facilidad de uso, por lo que su accesibilidad y usabilidad está totalmente evidenciada.</p>	<p>Los sensores que toman miles de datos por segundo para una mejor eficiencia son altos en costos, lo cual limita la accesibilidad al dispositivo.</p>
<p>Promueve un aprendizaje implícito.</p>	<p>Es necesario que el Smartphone mantenga un paquete activo de SMS o saldo con su operadora, para permitir el envío de SMS.</p>
<p>Al referirnos de salvaguardar la vida o aumentar las posibilidades de rescate posterior a un accidente de tránsito, el uso de un Smartphone es factible y original.</p>	<p>Actualmente en Ecuador, el manejo de sensores poco comunes no tiene mayor investigación ni desarrollo. Al momento de implementar estos sensores a proyectos puede presentar verdaderos retos, como sucedió en el tema presente.</p>

Capítulo V – Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

I. Conclusiones.

- Se identificaron patrones de movimiento y vibración en base a la medición de variables de aceleración y giro para determinar si se produjo un posible accidente. Estas variables fueron obtenidas mediante pruebas con un modelo de vehículo a escala y sensores que se usaron en el desarrollo de prototipos con placas basadas en Arduino.
- Los niveles de impacto reconocidos fueron de colisión, choque y vuelco. Para su reconocimiento se utilizó el sensor MPU6050 que tiene incorporado un acelerómetro y giroscopio, datos que fueron capturados mediante los GPIO (General Purpose Input/Output, Entrada/Salida de Propósito General) de un microcontrolador modelo ESP32.
- El aplicativo móvil desarrollado se sincronizó adecuadamente con el prototipo electrónico con el cual se consiguió enviar los mensajes de texto geolocalizados vía bluetooth hacia los contactos predefinidos por el usuario, como un sistema de alerta temprana en caso de sufrir un accidente de tránsito.
- Para validar el prototipo se realizaron varias simulaciones utilizando un test de usabilidad, el mismo que arrojó un alto nivel de satisfacción por el usuario, aunque en los primeros intentos el usuario tenía ciertas dificultades para comprender el funcionamiento del aplicativo, lo cual resultó no ser un mayor inconveniente que merezca la realización de un cambio en el prototipo.
- El uso de la metodología por prototipos brindó la posibilidad de corregir fallos en el desarrollo del proyecto, dando al investigador la capacidad de mejorar el prototipo y solucionar bugs encontrados en la fase de pruebas. Se

obtuvo un producto que cumple con los requisitos funcionales determinados e identificados en la fase de análisis.

- La construcción del prototipo denominado “AuxiliaMe” no presentó mayor dificultad, ya que se desarrolló en lenguajes de programación con extensa información y plataformas de soporte. Una gran ventaja fueron los conocimientos que se adquirieron en el transcurso de la etapa universitaria, adicionalmente las plataformas seleccionadas para el desarrollo cuentan con un adecuado soporte y permitieron brindar soluciones a temas más avanzados.

- Finalmente, se puede concluir que “AuxiliaMe” llegaría a ser una aplicación favorable para conductores de vehículos que interactúan con el tránsito de Quito y que eventualmente podría ser de uso general en otras ciudades.

II. Recomendaciones.

- Se recomienda realizar evaluaciones de “AuxiliaMe” cada vez que cambia el ecosistema de ejecución, es decir, si el ecosistema a escala es diferente al que se usó en la presente investigación es necesario realizar nuevas evaluaciones con el fin de corregir los intervalos propuestos. Así los sensores reaccionarán de manera eficiente a movimientos irregulares por parte de los vehículos.

- Se propone realizar evaluaciones a personas que no tienen contacto con la tecnología o un Smartphone, con el fin de medir tiempos y facilidad de uso para posteriormente mejorar el prototipo en el aspecto de usabilidad.

- Para tener una mejor precisión con la reacción del dispositivo electrónico que identifica movimientos irregulares del vehículo, es necesario

identificar niveles y decibeles de los sensores los cuales serán clasificados para determinar rangos de acción. Se recomienda que los rangos de acción se sometan a múltiples pruebas, permitiéndoles ser más exactos en su reacción a movimientos irregulares. Esta recomendación se puede evidenciar en la sesión de evaluación.

III. Trabajos Futuros.

Mientras se desarrolló la solución al problema planteado, nacieron varias ideas que permitirán al proyecto mejorar su propuesta principal. Entre ellas, una herramienta de solución a la comunicación rápida posterior a un siniestro de tránsito con varios proyectos que tengan impacto desde la industria automotora. De estas ideas derivan unas posibles líneas de trabajo futuro:

- Se propone ampliar la propuesta, con una visión creciente en la comunicación que emite mensajes de texto geolocalizados a contactos seleccionados. Para esto su comunicación no solo será con SMS geolocalizados, sino también se pretende implementar una comunicación directa con cuerpos de rescate o entidades públicas de auxilio en casos de accidentes de tránsito, como: el cuerpo de bomberos o Cruz Roja.
- Aprovechando el desarrollo realizado, se puede ampliar el alcance de la aplicación hacia la mayoría del mundo, por medio del uso del dispositivo con empresas privadas automotoras que puedan tomar la idea desarrollada para implementar en sus vehículos y así bríndales una mayor posibilidad de rescate al momento de sufrir accidentes, es más, se puede monitorear los movimientos inusuales del automóvil e informar al conductor

sobre medidas que debe tomar para regular la estabilidad del vehículo y así prevenir un accidente.

- También se propone utilizar “AuxiliaMe” como un complemento obligatorio en un vehículo de dominio público y privado del Ecuador, monitoreando si el uso y manejo del mismo son adecuados para prolongar o mantener una vida útil del automotor de forma eficiente. Por ejemplo, monitorear que vehículos aptos para terrenos planos no se usen en terrenos montañosos.

Referencias Bibliográficas

Android Studio. (27 de Noviembre de 2018). *Android Studio Develop*. Obtenido de Android Studio Develop: <https://developer.android.com/docs/?hl=es-419>

Android Studio Developers. (Noviembre de 2019). *Google Developers*. Obtenido de Google Developers: <https://developer.android.com/studio/run/managing-avds?hl=es>

ANT. (Septiembre de 2017). *ant.com*. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/4350-siniestros-septiembre-2017>

Areny, R. P. (2003). Sensores y Acondicionadores de señal. En R. P. Areny, *Sensores y Acondicionadores de señal* (págs. 1-5). Barcelona: MARCOMBO BOIXAREU EDITORES.

Comercio, E. (20 de Junio de 2015). *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ambulancias-quito-emergencias-transito-ecu911.html>

CRESPO, J. (11 de Agosto de 2017). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Hardware Arduino para la Educación: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/microcontrolador/>

Domodesk SL. (2014). *Domodesk SL*. Obtenido de Domodesk: <https://www.domodesk.com/221-a-fondo-que-es-iot-el-internet-de-las-cosas.html>

ESP32. (Noiembre de 2019). *ESP32 Net*. Obtenido de ESP32 Net: <http://esp32.net/#Features>

Espressif Systems. (2019). ESP32 SERIES. En E. Systems, *ESP32 SERIES* (págs. 13-21). Espressif Systems.

Gerber, A. (04 de Octubre de 2017). *IBM*. Obtenido de Simplifique el desarrollo de sus soluciones de IoT con arquitecturas de IoT:
<https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-lp201-iot-architectures/index.html>

Gutierrez, D. (Mayo de 2011). *Code Compiling*. Obtenido de Code Compiling Net:
http://www.codecompiling.net/files/slides/UML_clase_06_UML_secuencia.pdf

Herrero, D. (Abril de 2017). *ITENE*. Obtenido de ITENE:
<http://www.itene.com/blog/i/1863/239/reduccion-de-los-tiempos-de-respuesta-de-los-vehiculos-de-emergencia-a-traves-de-un-sistema-integrado-de-gestion-y-prior>

Islas, D., & IIMPI. (2019). *AcademiaEDU*. Obtenido de AcademiaEDU:
https://www.academia.edu/11322249/TIEMPO_DE_RESPUESTA_TIEMPO_DE_RETARDO_TIEMPO_DE_SUBIDA_TIEMPO_DE_ESTABLECIMIENTO_CONSTANTE_DE_TIEMPO_RESPUESTA_FRECUENCIAL_LINEALIDAD_VELOCIDAD_DE_RESPUESTA

J Crespo. (11 de Noviembre de 2018). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Aprendiendoarduino.com:
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>

Kliszowski, D. (30 de Junio de 2017). *The Droidsonroids*. Obtenido de <https://www.thedroidsonroids.com/blog/bluetooth-classic-vs-bluetooth-low-energy-on-android-hints-implementation-steps>

La Hora. (14 de Agosto de 2013). *La Hora*. Obtenido de La Hora:

<https://lahora.com.ec/noticia/1101548674/ambulancias-an-no-cumplen-el-tiempo-optimo-de-respuesta>

Lorenzo, H., & Menchaca, C. (1999). *MEDYNET*. Obtenido de MEDYNET:

http://www.medynet.com/usuarios/jraguilar/Biomecanica_del_accidente_de_trafico.pdf

mariCh. (31 de Marzo de 2016). *BlogDiario*. Obtenido de BlogDiario:

<http://marich.blogspot.es/1459397526/metodologia-de-prototipos/>

Mayhew P., W. C. (1992). IEE Colloquium on Software Prototyping and Evolutionary Development. En W. C. Mayhew P., *Software prototyping: the management implications* (págs. 1-5). IEEE EXPLORER.

Mil y un Partes. (01 de 11 de 2018). *Mil y un Partes*. Obtenido de Mil y un Partes:

<http://milyunpartes.com/movimiento-aceleracion-velocidad-etc/48-arduino-ky-031-modulo-sensor-de-golpe.html>

Mil y un Partes. (01 de 11 de 2018). *Mil y un Partes*. Obtenido de Mil y un Partes:

<http://milyunpartes.com/movimiento-aceleracion-velocidad-etc/38-arduino-ky-020-modulo-interruptor-de-inclinacion.html>

Mil y un Partes. (01 de 11 de 2018). *Mil y un Partes*. Obtenido de Mil y un Partes:

<http://milyunpartes.com/modulos/125-bluetooth-transceptor-hc-06-rf-modulo-rs232-ttl-para-arduino.html>

NAYLAMP. (Juio de 2016). *NAYLAMP MECHATRONICS*. Obtenido de NAYLAMP

MECHATRONICS: https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-y-Giroscopio.html

- Naylamp Mechatronics. (Ocutbre de 2016). *naylampmechatronics*. Obtenido de
naylampmechatronics: https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-y-Giroscopio.html
- Oterino, D. G. (27 de Noviembre de 2014). Obtenido de
www.davidgarciaoterino.com/patrones-basicos-de-movimiento-la-funcion-frente-la-accion
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software, Un enfoque Práctico*. Mc Graw Hill.
- REPORTEDIGITAL. (13 de Enero de 2019). *REPORTEDIGITAL*. Obtenido de
REPORTEDIGITAL: <https://reportedigital.com/iot/protocolos-iot/>
- Roa, A. (04 de Octubre de 2017). *Compara Online S.A.* Obtenido de Compara Online
S.A.: <https://www.comparaonline.cl/blog/seguros/2017/10/diferencia-choque-colision-la-conoces/>
- SOYTECNO. (24 de Enero de 2019). *SOYTECNO*. Obtenido de SOYTECNO WEB:
<http://soytecno.com/dejar-prendido-wifi-y-bluetooth-todo-el-tiempo-en-el-movil-beneficios-y-contras/>
- SuperGo. (10 de Diciembre de 2018). *Superintendencia Financiera*. Obtenido de
SuperGO:
<https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/Normativa/Conceptos2008/2008053996.pdf>
- Telegrafo, E. (2016 de Septiembre de 2016). *El Telegrafo*. Obtenido de
(<http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo-dia/51/las-enfermedades-que-matan-a-los-ecuatorianos>)

Ucendo, C. R. (20 de Mayo de 2015). *Blogthinkbig*. Obtenido de Blogthinkbig.com:

<https://blogthinkbig.com/navegar-mas-rapido-gracias-ipv6>