

Monitoreo de la ubicación de efectivos del comando de operaciones de las FF. AA. del Ecuador mediante comunicación por redes LoRa y dispositivos móviles

Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera Ingeniería de Sistemas e Informática

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

Ing. Raura Ruiz, Jorge Geovanny, M.Sc.

01 de septiembre del 2020



Document Information

Analyzed document	ProyectedeTitulación_CristinaDiazV4.docx (D78424051)
Submitted	8/31/2020 10:48:00 PM
Submitted by	
Submitter email	jgraura@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	jgraura.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	FloresEdwin_Tesis.docx Document FloresEdwin_Tesis.docx (D63480381)		3
W	URL: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16897/1/UPS-ST003910.pdf Fetched: 12/16/2019 5:23:40 AM		1
W	URL: https://docplayer.es/94553206-Universidad-andres-bello-facultad-de-ingenieria-escu... Fetched: 11/20/2019 7:22:27 PM		1
SA	Propuesta_Tecnologica_2019_Pazmiño_Fuentes_Cumanda_Roxanna.docx Document Propuesta_Tecnologica_2019_Pazmiño_Fuentes_Cumanda_Roxanna.docx (D55065283)		1
SA	TESIS_FIE_EIETR_ANGEL ORLANDO CAIZA HIMBORAZO.pdf Document TESIS_FIE_EIETR_ANGEL ORLANDO CAIZA HIMBORAZO.pdf (D78167455)		1
W	URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8247601/references#referencesHeltec Fetched: 8/31/2020 10:59:00 PM		1
W	URL: https://riinet.upv.es/bitstream/handle/10251/112044/Risue%C3%B1o%20-%205umidero%20... Fetched: 12/2/2019 7:39:18 PM		1

1/38

Firma:

Ing. Raura Ruiz, Jorge Geovanny

C. C. 051773063



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**Monitoreo de la ubicación de efectivos del comando de operaciones de las FF. AA. del Ecuador mediante comunicación por redes LoRa y dispositivos móviles**" fue realizado por la señorita **Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina** 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, 31 de agosto del 2020

Firma:

 Firmado electrónicamente por:
JORGE
GEOVANNY
RAURA RUIZ

Ing. Raura Ruiz, Jorge Geovanny

C. C.0501773063.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina** con cédula de ciudadanía n° **1726781584** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Monitoreo de la ubicación de efectivos del comando de operaciones de las FF. AA. del Ecuador mediante comunicación por redes LoRa y dispositivos móviles"** 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, 31 de agosto del 2020

Firma:

...Cristina...Díaz.....

Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina

C. C. 1726781584



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina**, con cédula de ciudadanía n° **1726781584**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación:
Título: **"Monitoreo de la ubicación de efectivos del comando de operaciones de las FF. AA. del Ecuador mediante comunicación por redes LoRa y dispositivos móviles"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 31 de agosto del 2020

Firma:

...Cristina Díaz...

Díaz Arichavala, Cristina Ubaldina

C. C. 1726781584

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre y padre, quienes han estado siempre conmigo, me han formado con valores. Gracias por sus palabras y apoyo que me motivan a seguir cada día, son el motor para salir adelante en cada etapa de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por abrirme las puertas de sus aulas para poder adquirir todo el conocimiento, que me ayuda hoy a obtener mi título profesional. A cada maestro que me brindo sus conocimientos para culminar cada etapa estudiantil. En especial al Ingeniero Geovanny Raura quien me apoyó y orientó con el desarrollo de mi trabajo de titulación, y no dudó en compartirme sus conocimientos para culminar esta hermosa etapa llamada universidad.

Agradezco a mis padres, hermano, tía, primas, novio y amigos que, de alguna manera, aportaron en cada etapa de este proceso me apoyaron, guiaron, me dieron su tiempo y nunca dejaron de creer en mí.

Índice De Contenidos

Carátula.....	1
Análisis Urkund.....	2
Certificación	3
Responsabilidad De Autoría.....	4
Autorización De Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice De Contenidos	8
Índice De Tablas	15
Índice De Figuras.....	16
Resumen.....	18
Abstract	19
Capítulo I.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento Del Problema.....	21
Justificación	25
Objetivos	27
Objetivo General	27
Objetivos Específicos	27

Alcance	27
Hipótesis	29
Capítulo II.....	30
Marco Teórico	30
Señalamiento de variables	30
Categorización de variables	30
Variable dependiente	30
Variable Independiente.....	31
Tecnologías de la Información y Comunicación	31
Tipos de Redes de Comunicaciones Tradicionales	32
Redes WiFi.....	32
Redes Celulares	32
Primera Generación.....	32
Segunda Generación.....	32
Tercera Generación.....	33
Cuarta Generación.....	33
Quinta Generación.....	33
Computación en la Nube.....	34
FIWARE	35
Sistema de Posicionamiento Global	36
Arquitectura GPS	36
Funcionamiento	36
Mapas de cobertura	37

	10
Distancia entre dos puntos geográficos	37
Sistemas de alertas	38
Sistemas de monitoreo	38
Redes de datos.....	38
Redes LPWAN.....	39
LoRaWAN.....	39
Arquitectura.....	39
Clasificación de Dispositivos	40
Clase A.....	41
Clase B.....	41
Clase C	41
Especificaciones Técnicas.....	42
Ventajas	42
Modulación.....	43
Seguridad.....	43
Internet de las Cosas.....	44
Dispositivos Móviles	44
SmartWatch	45
Wear OS	45
Android Studio	45
Arduino.....	46
Raspberry Pi 3.....	46
Estado Del Arte	47

Planteamiento del estudio sistemático de literatura	47
Definición del grupo de control y extracción de términos	48
Construcción de la cadena de búsqueda.....	49
Selección de los estudios primarios.....	49
Elaboración del estado del arte.....	50
Resumen general y conclusión del estado del arte	54
Capítulo III.....	55
Desarrollo de la investigación	55
Metodología basada en prototipos.....	55
Análisis preliminar y especificación de requisitos	56
Diseño y desarrollo del prototipo inicial.....	56
Implementación del prototipo	56
Pruebas del prototipo.....	56
Mejoras del prototipo	56
Primera Fase: Análisis preliminar y especificación de requisitos	57
Introducción	57
Propósito del software	58
Alcance del software.....	58
Descripción general.....	58
Perspectiva del producto	58
Funciones del sistema	58
Actores	59
Restricciones.....	60

	12
Requisitos específicos.....	60
Requisitos funcionales	60
Requisito 1 Ingresar al sistema	60
Requisito 2 Modificar administrador	61
Requisito 3 Modificar soldado	62
Requisito 4 Modificar periodo GPS y FC.....	63
Requisito 5 Conexión de bluetooth	64
Requisito 6 Envío de mensajes	65
Requisito 7 Envío de alertas.....	66
Requisito 8 Recepción de mensajes	67
Requisito 9 Envío GPS y FC	68
Requisito 10 Recepción de mensajes en la sala de control	69
Requisito 11 Envío de mensajes desde la sala de control	70
Requisitos no funcionales.....	72
Requisitos comunes de las interfaces.....	72
Interfaces de usuario	72
Interfaces de hardware	73
Interfaces de software	74
Interfaces de comunicación.....	74
Segunda Fase: Diseño y desarrollo del prototipo inicial	74
Diseño inicial del prototipo	74
Interfaz de inicio de sesión	75
Interfaz del menú de opciones	75

	13
Interfaz de conexión bluetooth	76
Interfaz de envío de mensajes y alertas.....	77
Interfaz de modificación de periodo GPS y FC	77
Interfaz modificación administrador y soldado	78
Tercera Fase: Implementación del prototipo	79
Diagrama de arquitectura	79
Diseño y desarrollo de los componentes	80
Desarrollo del programa para el dispositivo móvil	80
Comunicación entre el reloj inteligente y LoRa.....	82
Gateway LoRa	83
Servidor de Red	85
Servidor de Aplicaciones y cliente.....	87
Cuarta Fase: Pruebas y mejoras del prototipo	94
Prueba de Requisitos Funcionales	95
Prueba de Interfaz Gráfica	95
Capítulo IV	97
Evaluación de Resultados	97
Análisis comparativo con otros estudios identificados en la literatura	102
Discusión	104
Capítulo V	107
Síntesis de las preguntas de investigación	107
Conclusiones.....	109
Recomendaciones	110

Bibliografia 111

Anexos 116

Índice De Tablas

Tabla 1 Artículos que conforma el Grupo de Control	48
Tabla 2 Estudios primarios.....	50
Tabla 3 Descripción de actores.....	59
Tabla 4 Ingresar al sistema	60
Tabla 5 Modificar administrador.....	62
Tabla 6 Modificar soldado	63
Tabla 7 Modificar periodo GPS y FC	64
Tabla 8 Conexión de bluetooth	65
Tabla 9 Envío de mensajes.....	66
Tabla 10 Envío de alertas	67
Tabla 11 Recepción de mensajes.....	68
Tabla 12 Envío GPS y FC.....	69
Tabla 13 Recepción de mensajes en la sala de control.....	70
Tabla 14 Envío de mensajes desde la sala de control.....	71
Tabla 15 Requerimientos no funcionales	72
Tabla 16 Equipos requeridos	73
Tabla 17 Herramientas de Software	74
Tabla 18 Pruebas de requisitos funcionales.....	95
Tabla 19 Prueba de interfaz gráfica.....	96
Tabla 20 Distancia entre puntos geográficos	101
Tabla 21 Comparación de diferentes soluciones de puerta de enlace LoRaWAN comerciales.....	103

Índice De Figuras

Figura 1	Mapa de cobertura red celular en el Ecuador.....	23
Figura 2	Mapa de la infraestructura de Fibra Óptica de TELCONET en el Ecuador	24
Figura 3	Flujo del proceso de Context Broker.....	35
Figura 4	Arquitectura LoRaWAN.....	40
Figura 5	Fases Metodología basada en prototipos.....	55
Figura 6	Diagrama de casos de uso.....	59
Figura 7	Inicio de sesión	75
Figura 8	Menú de opciones	76
Figura 9	Conexión bluetooth.....	76
Figura 10	Envío de mensajes y alertas	77
Figura 11	Modificación de periodo GPS y FC	78
Figura 12	Modificación administrador y soldado	78
Figura 13	Modificar contraseña	79
Figura 14	Arquitectura del sistema.....	80
Figura 15	Mensaje formato JSON	81
Figura 16	Mensaje externo	81
Figura 17	Módulo LoRa SX1276	82
Figura 18	Conexión PRI 2 Bridge RHF4T002 a Raspberry Pi 3.....	84
Figura 19	Datos almacenados en The Things Network.....	87
Figura 20	Configuración Suscripción.....	89

Figura 21 Configuración de dispositivos en FIWARE	90
Figura 22 Esquema de la base de datos CrateDB.....	91
Figura 23 Visualización datos en CrateDB.....	92
Figura 24 Configuración Base de Datos en Grafana	93
Figura 25 Configuración de métricas en Grafana	94
Figura 26 Dashboard Mapa en Grafana.....	98
Figura 27 Gráfico Distancia vs RSSI	99
Figura 28 Gráfico Distancia vs SNR	100
Figura 29 Cantidad de bytes enviados de posición GPS.....	105

Resumen

La comunicación en zonas donde no existe cobertura de redes inalámbricas tradicionales de comunicación como WiFi y redes celulares es un aspecto que no ha sido resuelto de forma eficiente en las operaciones táctico militares que realizan los efectivos de las Fuerzas Armadas del Ecuador en la selva ecuatoriana. El presente trabajo propone el uso de redes LoRaWAN que son de largo alcance y bajo consumo energético y un reloj inteligente que mediante sus sensores recolecta la posición GPS y frecuencia cardíaca del soldado, permitiendo además el envío de alertas y mensajes de texto, entre el soldado y el centro de control. Se desarrolló un prototipo de software en Android Studio como interfaz de comunicación de datos. Para comprobar el funcionamiento del prototipo desarrollado, se realizaron pruebas de campo con el envío de paquetes entre un nodo y un Gateway. Se obtuvieron variables para realizar análisis como son la relación señal ruido, fuerza de la señal recibida y la cobertura máxima de la red. Los resultados indican que la solución propuesta es viable en terrenos en donde se pudo conseguir una adecuada línea de vista entre los dispositivos empleados.

Palabras clave

- **LORAWAN**
- **GPS**
- **MONITOREO**
- **UBICACIÓN**

Abstract

Communication in areas where there is no coverage of traditional wireless communication networks such as Wi-Fi and cellular networks is an aspect that has not been resolved efficiently in the tactical military operations carried out by the troops of the Armed Forces of Ecuador in the Ecuadorian jungle. The present work proposes the use of long-range, low-energy LoRaWAN networks and a smart watch that, through its sensors, collects the soldier's GPS position and heart rate, also allowing him to send alerts and text messages between the soldier and the soldier. control center. A software prototype was developed in Android Studio as a data communication interface. To verify the functioning of the developed prototype, field tests were carried out with the sending of packets between a node and a Gateway. Variables were obtained for the analysis, such as the signal-to-noise ratio, the strength of the received signal, and the maximum network coverage. The results indicate that the proposed solution is viable in areas where an adequate line of sight can be achieved between the devices used.

Keywords

- **LORAWAN**
- **GPS**
- **MONITORING**
- **LOCATION**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La geolocalización la utilizan los geógrafos para ubicar a los objetos o seres humanos mediante su posicionamiento. Esta ha dado un nuevo giro a partir de la aparición de Internet y de los dispositivos móviles. La geolocalización está estrechamente relacionada con el uso de sistemas de posicionamiento, obteniendo no solamente un conjunto de coordenadas geográficas sino la posición significativa como por ejemplo la dirección exacta de una calle. Esta puede ser empleada para obtener la ubicación geográfica de un objeto, dispositivo móvil o un computador que se encuentre conectado a redes de comunicación que cuenten con Internet. (Beltrán, 2015)

Las telecomunicaciones y la tecnología evolucionan en función de las necesidades de las personas. A medida que pasa el tiempo, los requerimientos van aumentando y la tecnología va quedando obsoleta. Las redes LoRa WAN cada día se están considerando como el nuevo entorno tecnológico cada vez más usado, ya que ofrece una amplia cobertura entre 15-20 Km y de bajo consumo energético comparado con las redes tradicionales, además de ser un estándar abierto y disponible al público. (Alonso Villaverde, 2018)

La misión de las Fuerzas Armadas del Ecuador es la defensa de la soberanía, la integridad territorial y el bienestar de las comunidades limítrofes del país, dentro de esta se encuentra la región amazónica que en general es una zona de difícil acceso y donde no existen alternativas de comunicación tradicional como WiFi, o Redes Celulares.

(Comando Conjunto FF.AA, 2010)

Para enfrentar nuevos escenarios y cambios, que garanticen la seguridad, paz y el bienestar de la nación, las Fuerzas Armadas realizan el patrullaje enviando a grupos de soldados a controlar y precautelar los sucesos que ocurren en la frontera del país. Los grupos de soldados en operaciones son monitoreados por una estación de control mediante el uso de una radio a cargo del jefe de tropa, quien debe comunicarse para conocer su posición y el estado en el que se encuentran durante la ejecución de sus actividades.

Sin embargo, el monitoreo por parte de la estación de control no es precisa, debido a que no se conoce la ubicación en tiempo real de cada integrante de la tropa. Además, la falta de medios de comunicación entre cada miembro del grupo no permite enviar instrucciones mínimas para disminuir riesgos en operaciones.

Planteamiento Del Problema

Debido a las delicadas operaciones y entrenamientos que cumplen los efectivos de las Fuerzas Armadas del Ecuador, especialmente en la selva Amazónica, se encuentran propensos a sufrir varios inconvenientes que ponen en riesgo su seguridad física. En general están propensos a ser secuestrados al entrar en combate, sufrir algún accidente y en ocasiones deben realizar un repliegue de sus operaciones desviándose

de la ruta establecida. Los efectivos del comando de operaciones no disponen de un medio de geolocalización y de comunicación entre ellos o entre el grupo y su estación de control.

Las alternativas de comunicación tradicionales como redes celulares y WiFi que podrían utilizar los soldados para sus operaciones en la selva Amazónica del Ecuador es prácticamente nula. De acuerdo con el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (2018) “Ecuador presenta una geografía diversa con valles, selva tropical, cordilleras y áreas remotas, que representan una barrera para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones”. Por esta razón, es frecuente que las áreas rurales y urbano marginales carezcan de infraestructura básica para la prestación de servicios de telecomunicaciones, lo que constituye uno de los principales retos de las políticas públicas, planes y proyectos del Estado, en conjunto con los prestadores de servicios de telecomunicaciones.

En la **Figura 1** se aprecia el mapa de cobertura de redes celulares. Los puntos representan las diferentes coberturas de comunicación, el color azul 2G, el color verde 3G y el color naranja 4G con un alcance de 50 a 200 metros. Como se puede observar, en las zonas fronterizas del Ecuador la cobertura es escasa o prácticamente inexistente, y no se advierte que la situación cambie en el futuro inmediato.

Figura 1

Mapa de cobertura red celular en el Ecuador



Nota: La imagen muestra la cobertura de red celular en todo el Ecuador. Tomado de: (nPerf, 2020)

En la **Figura 2** se aprecia el mapa de la infraestructura de Fibra Óptica que ofrece TELCONET en el Ecuador. Se representa por puntos de color naranja y líneas blancas que representan la cobertura de comunicaciones que ofrece a nivel nacional. Como se puede observar en todo el país se cuenta con el servicio de fibra óptica, excepto las zonas fronterizas del Ecuador que solo cubre ciertos puntos por sectores, tornándolo escasa en su mayoría.

Figura 2

Mapa de la infraestructura de Fibra Óptica de TELCONET en el Ecuador



Tomado de (TELCONET, 2020)

Por otro lado, no solamente los efectivos de las Fuerzas Armadas del Ecuador en la selva son propensos a extraviarse en sus operaciones, sino que además existen estadísticas sobre personas extraviadas en otras zonas del Ecuador que no tienen cobertura de comunicación tradicional. Se reportan casos de andinistas y turistas nacionales e internacionales, los mismos que en muchos casos no encuentran retorno debido a varios factores como desviarse del sendero establecido. Al no contar con medios de comunicación, pueden permanecer horas o días sin ser encontrados por rescatistas y familiares. De acuerdo con la Secretaria de Seguridad de la Alcaldía de Quito, en agosto del 2017 al menos 70 personas se perdieron en las cumbres de Quito, determinando como principales causas a la falta de planificación y el incumplimiento de normas de los senderos. (EL COMERCIO, 2017) Estas personas no pudieron ser encontradas rápidamente por la falta de medios de comunicación.

Bajo este contexto, se propone el desarrollo de un sistema de monitoreo de ubicación y mensajería de los efectivos del comando conjunto de las FF. AA., mediante el uso de módulos GPS e infraestructura de redes LoRa. Se espera que la tecnología escogida permita determinar la ubicación aproximada de los soldados y el manejo de alertas necesarias para mejorar su seguridad en las operaciones que realizan especialmente en la selva. En caso de demostrar su efectividad, se espera además poder extender este tipo de alternativa hacia las personas civiles en caso de extraviarse en zonas donde no hay cobertura de comunicación tradicional.

Pregunta de Investigación.

¿El uso de tecnologías de redes LoRa es efectiva para monitorear la ubicación de los soldados de las Fuerzas Armadas del Ecuador en las operaciones que realizan en la selva?

Justificación

El Plan Estratégico de las Fuerzas Armadas del Ecuador entre sus lineamientos para la investigación y el desarrollo tecnológico, expresa que los requerimientos de investigación deben centrarse en las áreas claves o prioritarias como: entorno político estratégico, seguridad y defensa, modelos de mando y control, campo de batalla del futuro, inteligencia, tecnologías de la información y comunicaciones, modelos educativos, competencias y currículum, diseño de fuerzas y equipamiento, gestión institucional, sostenimiento y logística. (Comando Conjunto FF.AA, 2010)

En las áreas fronterizas del país los grupos de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador realizan el patrullaje aéreo y terrestre en la selva ecuatoriana a causa de los enfrentamientos irregulares que ocurren con grupos insurgentes y con la delincuencia organizada. En los operativos aéreos se han propuesto alternativas para el monitoreo, detección, identificación y localizaciones de señales radioeléctricas utilizadas por drones, para detectar la invasión en el espacio aéreo ecuatoriano. (Ponce & Ulloa, 2019)

En los operativos terrestres generalmente cuentan con una radio que permite la comunicación entre el jefe de tropa y el encargado de la sala de control, lo cual muchas veces no es suficiente para un adecuado control de operaciones. Es prioridad para las Fuerzas Armadas ecuatorianas mejorar las acciones de patrullaje y control fronterizo, mediante un soporte tecnológico efectivo que permita optimizar los recursos humanos, minimizar el riesgo y mantener el control de los soldados en operaciones.

El presente proyecto, tendría un impacto significativo en el monitoreo y control que realizan los soldados en las fronteras. Con el uso de un reloj inteligente y un módulo GPS basado en redes LoRa, la sala de control obtendrá la ubicación en tiempo real del soldado. Adicionalmente, se espera disminuir los riesgos a los que están expuestos mediante el envío de mensajes de alerta ante algún suceso detectado en sus operaciones. Por otro lado, la solución propuesta, no solo beneficiaría a los soldados sino también a personas civiles que se encuentran en lugares donde no existe cobertura de redes tradicionales y que pueden extraviarse de su ruta, necesitando muchas veces enviar mensajes de auxilio y su localización para ser rescatados en el menor tiempo posible.

Objetivos

Objetivo General

Monitorear la ubicación de los efectivos del comando de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador mediante comunicación por redes LoRa y dispositivos móviles para generar alertas a las unidades de apoyo.

Objetivos Específicos

- Analizar soluciones de mensajería y geoposicionamiento mediante redes LoRa en ambientes donde no exista comunicaciones tradicionales (redes celulares, WiFi).
- Desarrollo de un prototipo para el monitoreo de ubicación y envío de mensajes de alerta que sea usable por los efectivos del comando de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador.
- Determinar la efectividad de la solución propuesta en un entorno simulado de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador enviados a operaciones en la selva, mediante el empleo de pruebas de usabilidad.

Alcance

Para delimitar el alcance del proyecto de titulación a desarrollarse, se ha dividido en las siguientes fases:

- Analizar soluciones de mensajería y geoposicionamiento mediante redes LoRa en ambientes donde no exista comunicaciones tradicionales (redes celulares, WiFi).
 - ¿Cuál es la cobertura de comunicaciones tradicionales en el Ecuador?
 - ¿Qué soluciones existen sobre mensajería y geoposicionamiento mediante redes LoRa?
- Desarrollo de un prototipo para el monitoreo de ubicación y envío de mensajes de alerta que sea usable por los efectivos del comando de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador.
 - ¿Qué tipo de dispositivos se debe implementar para monitorear la ubicación de los efectivos del comando de operaciones?
 - ¿Qué herramientas de software se deben utilizar para el desarrollo de la investigación?
- Determinar la efectividad de la solución propuesta en un entorno simulado de operaciones de las Fuerzas Armadas del Ecuador enviados a operaciones en la selva, mediante el empleo de pruebas de usabilidad.
 - ¿Cuál será la distancia máxima obtenida de la red LoRaWAN en la investigación?
 - ¿Se puede enviar los paquetes de datos en tiempo real, entre los dispositivos?

Hipótesis

El Sistema basado en redes LoRa y dispositivos móviles permitirá, envío de alertas y monitoreo de ubicación de los efectivos de operación de las Fuerzas Armadas del Ecuador en ambientes donde no existen comunicaciones tradicionales.

Capítulo II

En esta sección se detalla el marco teórico y el estado del arte del presente trabajo. Se aborda las temáticas sobre tecnologías de la información, redes de comunicación, mapas de cobertura de redes móviles y fibra óptica en el Ecuador, además de herramientas de software utilizadas para el desarrollo de la solución propuesta.

Marco Teórico

De acuerdo con la hipótesis formulada, a continuación, se indican los aspectos que serán abordados en el marco teórico desde la perspectiva de clasificación de variables:

Señalamiento de variables

- **Variable dependiente:** Envío de alertas y monitoreo de ubicación de soldados en ambientes donde no existen redes tradicionales.
- **Variable independiente:** Sistema basado en redes LoRa y dispositivos móviles

Categorización de variables

Variable dependiente

- Tecnologías de la información
- Redes de comunicaciones tradicionales
- Computación en la nube
- Sistema de Posicionamiento Global
- Sistemas de alertas
- Sistemas de monitoreo

Variable Independiente

- Redes de datos
- Redes LPWAN
- LoRaWAN
- Dispositivos móviles

Tecnologías de la Información y Comunicación

Las Tics (Tecnologías de la información y la comunicación) son un conjunto de tecnologías que comienzan su desarrollo a partir de los avances científicos en las diferentes áreas de la informática y las telecomunicaciones, permitiendo el acceso, reproducción, tratamiento y comunicación de la información que se presenta en diferentes maneras como: texto, sonido, video o imágenes. (Ayala & Gonzales, 2017)

De acuerdo con Cabero (1998) “las tecnologías de la información y comunicación giran de forma interactiva en torno a tres medios básicos: la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas”

Las tecnologías de la información y comunicación se la pueden definir como la tecnología para almacenar, recuperar, procesar y comunicar información de manera digital. En la actualidad existen varios equipos electrónicos que forman parte de las Tics como: Teléfono, reloj, video, ordenador, TV. (Belloch, 2012)

Tipos de Redes de Comunicaciones Tradicionales

Redes WiFi

El WiFi es una red inalámbrica, que permite a los distintos dispositivos conectarse a una red determinada para tener acceso a Internet. Esta tecnología conecta diferentes equipos entre sí sin la necesidad de usar cables. Esta conexión inalámbrica se la obtiene gracias al uso de infrarrojos y radiofrecuencias, usados para la transmisión de información. Debido a esto la conexión es limitada ya que los dispositivos deben encontrarse dentro del alcance de la cobertura de dicha señal, la cual varía en un radio desde los 5 y 150 metros respecto al emisor. (SoftwareLab, 2019)

Redes Celulares

Primera Generación

Esta generación utiliza tecnología analógica y está orientada solamente para la voz, su velocidad es de 1kbps a 2,4 kbps y se la puede utilizar en la frecuencia 800 – 900 MHz. (Constain & Doni, 2019)

Segunda Generación

Esta generación utiliza la tecnología digital y está orientada a la voz y datos, usaba los protocolos GSM, TDMA, CDMA, D-AMPS o PHS, su velocidad es de 14kbps a 64 kbps y se la puede utilizar en la frecuencia 850-1900 MHz. (Constain & Doni, 2019)

Tercera Generación

Esta generación de telefonía móvil se caracteriza por permitir la transmisión de la voz y datos mediante el acceso inalámbrico a internet, dando soporte para aplicaciones multimedia y la transmisión de datos a bajo coste. Utiliza los estándares UMTS, CDMA y TD-SCDMA, su velocidad es de 384 Kbps a 2 Mbps y se la puede utilizar en la frecuencia 8 a 2.5 GHz, ancho de banda de 5 a 20 MHz. (Constain & Doni, 2019)

Cuarta Generación

Esta generación de telecomunicaciones es una tecnología que a través de redes inalámbricas permite la transmisión de datos y de voz a alta velocidad, alta capacidad, alta calidad, seguridad y servicios. Está basada en IP, su velocidad es de 100 Mbps cuando se encuentra en movimiento y 1 Gbps cuando es inmóvil, su banda de frecuencia va desde 700 hasta 2600 MHz dependiendo del país y su ancho de banda es de 5 a 20 MHz. (Constain & Doni, 2019)

Quinta Generación

Esta generación fue lanzada en el año 2015, la cual se conoce como una tecnología Open Wireless Architecture, se divide en la capa de red superior para el móvil y un nivel menor para la red de interfaz, todo basado en direcciones IP. Utiliza los estándares de banda ancha IP LAN, WAN, PAN y WWWW, su velocidad es de 1 a 10 Gbps, su frecuencia va desde 3 a 300 GHz y su ancho de banda es de 1.000 veces más

rápida por unidad de superficie. La Quinta Generación soporta Internet de las Cosas y M2M. (Universidad Internacional de Valencia, 2018)

Computación en la Nube

La computación en la nube o cloud computing es un paradigma que ofrece servicios de TI a través de Internet, estos servicios pueden ser software, plataformas o infraestructura. El beneficio de estos servicios es que uno puede acceder a ellos desde cualquier parte del mundo debido a que estos son servidores virtuales. Varias empresas se inclinan a esta tendencia ya que no deben preocuparse por el espacio físico para sus servidores. (León Velandia & RoseroMuñoz, 2014) Este paradigma se divide en tres capas:

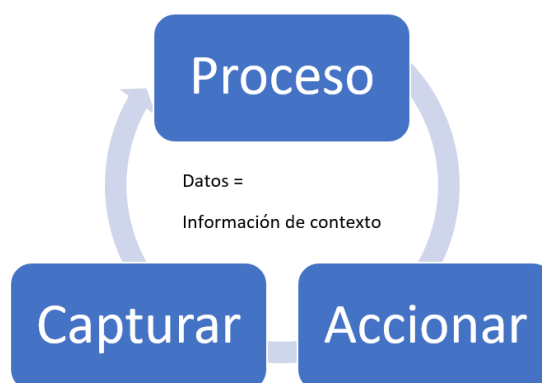
- **Software como servicio (SaaS):** Es un servicio por demanda, es decir se trata de una instancia básicamente un software que se encuentra alojado en el servidor del proveedor y los clientes solo pueden acceder mediante la Web.
- **Plataforma como servicio (Pass):** Es un servicio en el cual el proveedor ofrece un entorno en la nube y los usuarios pueden acceder a él y crear su propio software.
- **Infraestructura como servicio (IaaS):** Es un servicio que ofrece infraestructura de hardware, es decir servidores, almacenamiento, enrutadores, memoria, redes. Etc.

FIWARE

Es una plataforma en la nube, que brinda software como servicio, es de código abierto. Este software permite combinar componentes y datos entre dispositivos IoT y agentes de contexto FIWARE, proporcionando replicación e interoperabilidad de soluciones inteligentes. (Atos España SA, 2019). Para usar la plataforma FIWARE es necesario instalar su componente principal FIWARE Context Broker, este componente se conecta con dispositivos adicionales los cuales proporcionan datos mediante sensores, redes sociales, aplicaciones móviles entre otras. Este componente permite que los datos sean procesados, analizados y visualizados, como se ve en la **Figura 3**. La conexión Context Broker y los demás componentes se realizan a través de la API Restful FIWARE NGSI. La información almacenada entre los componentes se la puede visualizar en tiempo real. Adicionalmente FIWARE permite que otras aplicaciones puedan acceder a los datos almacenados. (FIWARE, 2020)

Figura 3

Flujo del proceso de Context Broker



Nota: Obtenida de (FIWARE, 2020)

Sistema de Posicionamiento Global

El sistema de posicionamiento global es un sistema de navegación basado en satélites, que proporciona varios servicios como posicionamiento, cronometría y navegación. El GPS funciona en cualquier condición del clima y en cualquier parte del mundo 24/7.

Arquitectura GPS

El sistema de posicionamiento global GPS, se compone por tres segmentos:

- Segmento espacio de responsabilidad militar: se forma de 24 satélites con una órbita e 26560 km de radio y un periodo de 12 h. (Pozo Ruz, y otros, 2000)
- Segmento control de responsabilidad militar: se forma de 3 antenas terrestres que transmiten las señales de los satélites, 5 estaciones monitoras, las cuales mantienen en órbita y supervisan el funcionamiento de los satélites, y la estación de expertos que supervisa las operaciones. (Pozo Ruz, y otros, 2000)
- Segmento usuario: está formado por receptores pasivos y por antenas, estos receptores mediante mensajes del satélite calculan la distancia y estiman posición y tiempo. (Pozo Ruz, y otros, 2000)

Funcionamiento

Según GARMIN (2020) "Su funcionamiento se basa en rodear la Tierra dos veces al día en una órbita precisa, cada uno de los satélites transmiten una única señal y parámetros orbitales que permiten a los dispositivos GPS decodificar y calcular la ubicación precisa del satélite. Los receptores GPS usan esta información y trilateración

para calcular la ubicación exacta de un usuario. Esencialmente, el receptor GPS mide la distancia a cada satélite por la cantidad de tiempo que lleva recibir una señal transmitida”.

Mapas de cobertura

La creación de mapas de cobertura se la puede realizar en una gran variedad de programas como Google Maps, CartoDruid, Collertor Classic, Qfield, Mappt, Grafanna.

Para representar cada punto de las ubicaciones se requiere de los siguientes datos:

- Latitud: Distancia angular entre la línea ecuatorial y el punto en la tierra.
- Longitud: Posición con respecto al meridiano de referencia, dividiendo entre este y oeste.

Estos valores permiten que se pueda calcular en donde se debe graficar el círculo que representa la ubicación de las coordenadas. (Grafana, 2020)

Distancia entre dos puntos geográficos

Para calcular la distancia entre dos puntos se necesita la longitud y latitud en el estándar decimal simple de los dos puntos. Se debe aplicar la siguiente fórmula de Haversine en donde *lat* es latitud y *lon* longitud, por lo cual *lat1* y *lon1* son del primer punto y *lat2* y *lon2* son del segundo punto. Este cálculo nos da el valor de la distancia en kilómetros.

$$d = 6371 * (\cos^{-1}(\cos(lat1) * \cos(lat2) + \sin(lat1) \sin(lat2) * \cos(lon1 - lon2)))$$

Sistemas de alertas

Los sistemas de alertas se componen por un conjunto de dispositivos que tienen como objetivo determinar posibles amenazas a una población. La importancia de estos sistemas es la prevención de bienes materiales y seres humanos, ya que mediante estos sistemas se pretende recolectar información que sea útil para realizar análisis y pronosticar la presencia de alguna amenaza a tiempo. Este tipo de sistema se puede implementar para fenómenos naturales o antrópicos. Mediante el monitoreo en tiempo real de indicadores o variables referentes al caso se puede conocer cuando está cerca una amenaza y dar una alerta temprana. (Vargas Losada, Tovar Rubiano, & Villanueva Muñoz, 2016)

Sistemas de monitoreo

Un sistema de monitoreo es un proceso sistemático el cual se encarga de recolectar y analizar datos obtenidos ya sea de equipos de hardware o servicios de software. Mediante estos datos y un proceso de análisis se puede enviar alertas si se determina que el comportamiento de uno de estos no es el indicado. El monitoreo se da en tiempo real y puede ejecutar alertas automáticas mediante software o alertas que dependan del análisis de un ser humano.

Redes de datos

La red de datos es una infraestructura que se diseñó para realizar la transmisión de información, mediante el intercambio de paquetes entre dos o varios dispositivos

mediante su red de comunicación. Estas redes de datos se clasifican en LAN, MAN, WAN y PAN. (Joskowicz, 2018)

Redes LPWAN

Es una tecnología inalámbrica LPWAN (Low- Power Wide-Area Network) pensada para desarrollar aplicaciones de IoT y M2M. Para redes de baja potencia y área extensa, trabaja en la banda ISM y no requiere de licencia. Esta red es utilizada para conexiones bidireccionales, bajo consumo de energía, bajas velocidades de datos, servicios de localización, baja frecuencia de transmisión, movilidad y largo alcance de comunicación. La arquitectura de esta red es de estrella. (Burbano, 2017)

LoRaWAN

LoRaWAN en los niveles de OSI es el nivel 2, más conocido como Media Access Control (MAC). Esta se encarga de gestionar los canales y parámetros de la conexión entre diferentes dispositivos LoRa como: ancho de banda, canal, cifrado de banda. La tecnología LoRa se encuentra en el nivel 1 de OSI. Esta permite el envío y recepción de la información punto a punto, las frecuencias que usa son basadas las de la banda ISM según el país en el que opere. (LoRaWAN, 2020)

Arquitectura

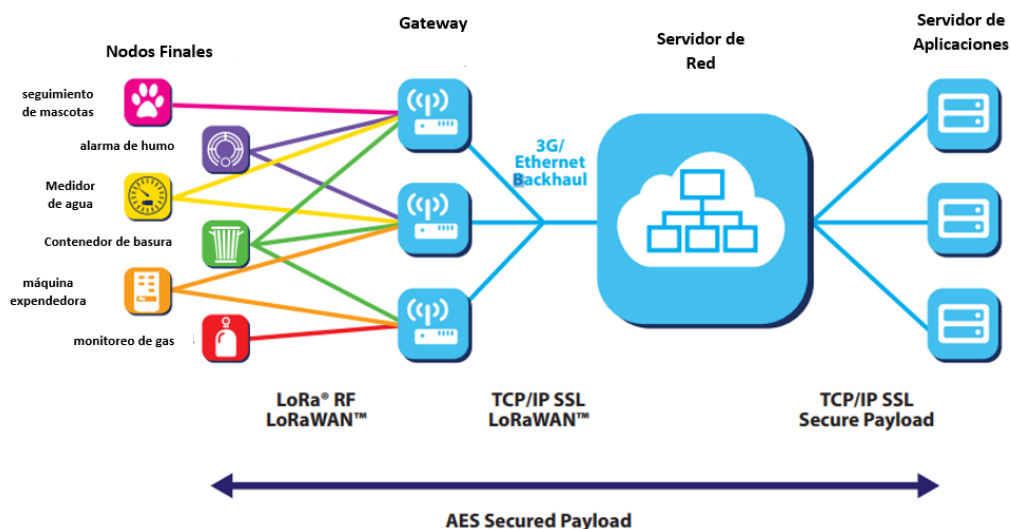
La arquitectura de red de LoRaWAN implementa una topología de estrella, en la cual sus puertas de enlace (Gateway) y un servidor central se conectan mediante conexiones IP estándar, permitiendo la retransmisión de los mensajes del dispositivo

final, el Gateway y los dispositivos finales se conectan aprovechando la comunicación inalámbrica LoRa, la cual permite una comunicación bidireccional.

En la **Figura 4** se muestra la arquitectura de la red LoRaWAN con sus componentes. (LoRa Alliance, 2020)

Figura 4

Arquitectura LoRaWAN



Tomado de (LoRa Alliance, 2020)

Clasificación de Dispositivos

Existen tres tipos de clases de nodo en el protocolo LoRaWAN:

Clase A

Los dispositivos de esta clase siempre se encuentran en modo de reposo, hasta que tengan algo que transmitir. Estos permiten comunicaciones bidireccionales de cada dispositivo final mediante un enlace ascendente, seguido por la programación del enlace descendente. Estos son los que tienen menor consumo de energía. (Moya Quimbita, 2019)

Clase B

Los dispositivos bidireccionales tienen ranuras de recepción periódicas, Además cuentan ventanas de recepción extra, estos dispositivos abren adicionalmente ventanas de recepción en horarios programados. Para iniciar a la hora que se programó la ranura de enlace descendente, recibe desde el Gateway una trama sincronizada. permitiéndole al servidor saber cuándo está escuchando el dispositivo final, reduciendo la latencia de los mensajes y con menos efectividad en el uso de energía. La latencia es programable y puede ser hasta de 128 segundos según la aplicación. (Moya Quimbita, 2019)

Clase C

Los dispositivos finales bidireccionales pueden escuchar casi todo el tiempo, excepto cuando se necesita transmitir. Los dispositivos finales tienen ranuras máximas de enlace descendente, este requiere una fuente de energía para operar siendo el menos eficiente en energía. La clase C es adecuada para aplicaciones que se mantienen conectadas a energía continuamente. (Moya Quimbita, 2019)

Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas de la tecnología LoRa, se detallan como solución IoT para múltiples aplicaciones (LUXIOT, 2020) como:

- Alta sensibilidad.
- Velocidad de transmisión entre 0.3 kbps a 50kbps
- Potencia baja de emisión.
- Inmunidad a interferencias.
- Enlaces hasta 166dBm.
- Tecnología inalámbrica de bajo consumo.
- Bidireccional.
- Paquetes hasta 256 bytes de información.
- Blocking immunity
- Recepción de bajo consumo 10 mA.
- Frecuencia desde 137 hasta 960MHz.
- Conexión punto a punto.

Ventajas

Según Casanova (2020) “Esta tecnología emplea espectros de frecuencia de uso público en la banda ISM, utiliza una modulación de espectro ensanchado en la banda menor al GHz lo que permite largo alcance con distancias de 10 a 20 Kilómetros, con alta capacidad de nodos (mayores a 100 nodos)”. LoRa es ideal para conexiones de redes IoT y a grandes distancias. Por ello es aplicado para ciudades inteligentes, lugares con escasa cobertura celular, o para la creación de redes privadas.

Modulación

LoRa se basa en la Modulación CSS (Chirp Spread Spectrum); esta ha sido utilizada durante décadas para comunicaciones militares y espaciales debido a la robustez de su interferencia y las largas distancias de comunicación que se puede lograr. Chirp consiste en modular el mensaje mediante una señal que continuamente varía en frecuencia. (Solera, 2018)

Seguridad

En términos de seguridad LoRaWAN se basa en IEEE 802.15.4 y utiliza 2 capas de seguridad una se la utiliza para la red y la otra para la aplicación:

- Network Session Key: se compone de una clave única de 128 bits compartida entre el dispositivo final y el servidor de red, asegurando la autenticidad del nodo. (LoRa Alliance, 2020)
- Application Session Key: se compone de una clave única de 128 bits compartida de extremo a extremo a nivel de la aplicación, asegurando que el operador tiene permiso para manejar la red. (LoRa Alliance, 2020)

Se emplea la encriptación AES-128 utilizando un Identificador IEEE EU164 con el intercambio de claves. Proporcionando autenticación e integridad en los paquetes al servidor de red y encriptación de extremo a extremo al servidor de aplicaciones. (Saari, Baharudin, Sillberg, Hyrynsalmi, & Yan, 2018)

Las claves de LoRaWAN se pueden activar de dos maneras: por personalización ABP en la línea de producción o puesta en marcha, y por activación por aire OTAA en el campo. (LoRa Alliance, 2020)

Internet de las Cosas

El Internet de las cosas (IoT) se lo define como una infraestructura que permite ofrecer servicios para la sociedad de la información, mediante la interconexión de dispositivos virtuales y físicos. (IoT, 2020)

IoT se basa en la conexión entre varios equipos tecnológicos. De acuerdo con Rivera (2015) "IoT tiene como objetivo que diferentes dispositivos se comuniquen entre sí, por lo cual son más independientes e inteligentes. Para ello, se debe utilizar el protocolo IPv6 y el desarrollo de nuevas tecnologías".

Dispositivos Móviles

Los dispositivos móviles son cualquier tipo de computador que pueda conectarse al Internet por medio de redes inalámbricas como WiFi o redes tradicionales. Se caracteriza por ser pequeño y de mano, estos dispositivos pueden ser tabletas, celulares, lectores electrónicos, reloj inteligente, entre otros. Estos dispositivos cuentan con un propio sistema operativo, en el cual se pueden ejecutar diferentes tipos de aplicaciones. (GCF GLOBAL, 2020)

SmartWatch

Es un reloj inteligente que funciona como un computador portátil en forma de reloj de pulsera, este proporciona una interfaz de pantalla táctil que se vincula con teléfonos inteligentes para hacer uso de aplicaciones e información de un teléfono celular. Este tipo de reloj permite conexiones WiFi o bluetooth, medición de la frecuencia cardíaca, contador de pasos, posicionamiento mediante GPS, envió de mensajes entre otras aplicaciones. (Quonty, 2018)

Wear OS

Es un sistema operativo basado en Android para dispositivos corporales, permite que un reloj tenga diferentes aplicaciones las que se obtienen desde la tienda Google Play Store, así como también permite que el reloj tenga las mismas características que un teléfono inteligente, como son reproductor de música, envió de mensajes, temporizador, y hasta contestar llamadas. (GOOGLE, 2014)

Android Studio

Android es un sistema operativo y una plataforma software, está basado en Linux para teléfonos móviles. Permite la programación en un entorno de trabajo de Java, aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik, estas aplicaciones se pueden ejecutar en celulares, reloj inteligente, tables, además de encontrarlas en Google Play Store. (Manuel, y otros, 2012)

Arduino

Es una plataforma de código abierto basada en hardware y software. Las placas Arduino que permite entradas y las convertirlo en una salida. Se puede establecer a la placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. (Arduino, 2019)

Raspberry Pi 3

Raspberry Pi es una placa de computadora del tamaño de una tarjeta de crédito, está basada en ARM y fue creada por la fundación Raspeberry Pi. Esta placa necesita de una tarjeta Micros SD, fuente de alimentación, monitor, teclado y ratón para funcionar como una computadora de escritorio. (Raspberry Pi, 2020)

Estado Del Arte

En este apartado, se presenta una revisión de literatura inicial basado en las guías de revisión sistemática de literatura propuestas por Kitchenham, las cuales son: planteamiento del estudio sistemático de literatura, definición del grupo de control y extracción de términos, construcción de la cadena de búsqueda, selección de los estudios primarios y elaboración del estado del arte. (Barbara & Stuart, 2007).

Planteamiento del estudio sistemático de literatura

En esta fase se realizó una breve descripción del problema de investigación para proporcionar un contexto en la búsqueda de estudios científicos; posteriormente se procedió a definir el objetivo de búsqueda seguido por el planteamiento de preguntas de investigación con relación al problema y finalmente se definieron los criterios de inclusión y exclusión.

Para el caso de la problemática identificada, el objetivo de la búsqueda es identificar artículos que muestren posibles soluciones para monitoreo y envío de mensajes utilizados por soldados en ambientes en donde no existe cobertura de redes de datos tradicionales. En base a este objetivo, se seleccionó un grupo de artículos (conocido como grupo de control) que sirve de base para la extracción de términos o palabras clave que se usarán para la conformación de una cadena de búsqueda en diferentes repositorios digitales.

Definición del grupo de control y extracción de términos

Un paso fundamental del mapeo sistemático de literatura es definir y delimitar los artículos que se consideren relevantes para la investigación, eliminando aquellos que solo mencionan el enfoque principal.

Después de realizar el análisis de varios estudios científicos referentes al tema, se han identificado como más relevantes los siguientes artículos que conforman el grupo de control, ver en la ***Tabla 1***

Tabla 1

Artículos que conforma el Grupo de Control

Código	Título	Palabras clave
EC1	Health monitoring and tracking system for soldiers using Internet of Things (IoT)	Arduino board, Biomedical sensors, GPS, IoT, Oxygen Analyzer, Remote health, monitoring, Tracking. Location, Soldiers
EC2	IoT-based Healthcare Monitoring System for War Soldiers using Machine Learning	Biomedical Sensors, Data Analytics, GPS, Tracking, IED Bomb Detector, LoRa WAN, Monitoring, Navigation, WBASNs, ZigBee, location, Soldiers, Tracking
EC3	IoT enabled tracking and monitoring sensor for military applications	Arduino, Battlefield, GPS, Healthcare, IoT, Security, Soldiers, Vital signs, location, Tracking

El grupo de control (GC), permitió la selección de las palabras claves, considerando que deben encontrarse estrechamente alineadas al objetivo de la investigación, las cuales son: monitoring, GPS, location, tracking, IoT, Soldiers.

Construcción de la cadena de búsqueda

Con las palabras clave que se obtuvieron de los artículos científicos del grupo de control se conformó la cadena de búsqueda:

(TITLE-ABS-KEY (iot)) AND ((((((monitoring)) AND (gps)) AND (location)) AND (tracking)) AND (soldiers))

Selección de los estudios primarios

Al aplicar la cadena de búsqueda en la base digital SCOPUS se obtuvo una serie de artículos relacionados con el tema.

Sin embargo, para reducir la cantidad de artículos obtenidos y con ello centrarse en lo más relevante, se aplicaron los siguientes filtros:

Año: Estudios realizados a partir del año 2014. Se eligió este año debido a que la tecnología avanza rápidamente, por lo que es necesario contar con investigaciones actualizadas.

Tipo de documento: Fueron elegidos únicamente estudios del tipo: technical report, conference paper y journal paper; debido a su relevancia.

Con la cadena de búsqueda final se seleccionaron 6 artículos como estudios primarios y se detallan en la ***Tabla 2***

Tabla 2*Estudios primarios*

Código	Título	Cita
EP1	Human health monitoring using wearable sensor	(Evangeline & Lenin, 2019)
EP2	Smart wrist band for women security using logistic regression technique	(Bhate & Parveen Sultana, 2019)
EP3	IoT enabled tracking and monitoring sensor for military applications	(Iyer & Patil, 2018)
EP4	IoT-based Healthcare Monitoring System for War Soldiers using Machine Learning	(Gondalia, Dixit, Parashar, Sengupta, & Sarobin, 2018)
EP5	IOT based monitoring system to detect the ECG of soldiers using GPS and GPRS	(Anuradha, Sheryl Oliver, Jean Justus, & Maheswari, 2018)
EP6	Health monitoring and tracking system for soldiers using Internet of Things (IoT)	(Iyer & Patil, 2018)

Elaboración del estado del arte**EP1 (Evangeline & Lenin, 2019): Human health monitoring using wearable sensor**

La investigación involucra una combinación de tres subsistemas que monitorean los parámetros humanos tales como: temperatura, frecuencia cardíaca, SpO2 y ubicación de la persona. Utiliza sensores que sirven para extraer los parámetros

humanos para posteriormente analizarlo mediante un subsistema informático por medio de Internet de las cosas (IoT) y comunicaciones móviles (GSM). Por lo tanto, el sistema de monitoreo permite una amplia comunicación entre el paciente y el médico, logrando resultados exitosos con relación al control del estado del paciente (temperatura humana, la frecuencia cardíaca, la SpO2 y la ubicación de forma continua utilizando el prototipo HHMS). La técnica es evaluada por los simuladores Proteus Professional 8 y LabVIEW para comprobar su confiabilidad para monitorear los parámetros.

EP2 (Bhate & Parveen Sultana, 2019): Smart wrist band for women security using logistic regression technique

El artículo se basa en brindar un sistema de seguridad para mujeres tomando en cuenta la problemática social de acoso femenino. El mismo que propone brindar seguridad a las mujeres mediante el uso de una banda inteligente basada en IOT, la cual implementa el uso de técnicas de aprendizaje automático. El dispositivo consta de sensores y un módulo GPS que está integrado a una placa Arduino UNO. El módulo GPS enviará una notificación a un miembro de la familia con la ubicación actual de la víctima, como resultado se proporcionará un llamado de alerta que será de gran ayuda a los familiares para actuar de manera rápida ante los sucesos que se presenten. La aplicación es una solución para disminuir los riesgos que tienen las mujeres al momento de ser secuestradas, a diferencia de otras investigaciones no necesita de conexión a Internet para obtener la ubicación exacta de la persona.

EP3 (Iyer & Patil, 2018): IoT enabled tracking and monitoring sensor for military applications

Mediante el uso del internet de las cosas se desarrolló un sensor de seguimiento y monitoreo habilitado para aplicaciones militares, a través de esta investigación se crea un sensor diseñado especialmente para satisfacer los requisitos de seguridad de los soldados en el campo de batalla, empleando una placa Arduino con varios sensores para medir los signos vitales y temperatura. Con la ayuda del seguimiento de ubicación el sensor proporciona la ubicación precisa del soldado en términos de longitud y latitud del lugar. Dicho sensor es una solución de bajo costo, portátil y confiable para las aplicaciones militares.

EP4 (Gondalia, Dixit, Parashar, Sengupta, & Sarobin, 2018): IoT-based Healthcare Monitoring System for War Soldiers using Machine Learning

Para precautelar el bienestar y salud de los soldados se creó un sistema que brinda la capacidad de rastrear la ubicación y monitoreo de la salud de los soldados en tiempo real. Minimizando el tiempo, los esfuerzos de operación de búsqueda y rescate de la unidad de control del ejército. Este sistema permite a la unidad de control del ejército obtener la ubicación y monitorear la salud de los soldados mediante un módulo GPS y redes inalámbricas de sensores del área del cuerpo (WBASN), como el sensor de temperatura y el sensor de latidos cardíaco. Este transmite de forma inalámbrica usando el módulo ZigBee entre la tropa. Además, mediante la red LoRa WAN se pueden comunicar entre el líder de la tropa y la unidad de control en zonas de guerra de gran altitud, donde la cobertura de la red celular está ausente o no permite la

transmisión de datos. Los datos recopilados se cargarán en la nube para realizar un análisis de datos y predicciones utilizando el algoritmo K-Means Clustering.

EP5 (Anuradha, Sheryl Oliver, Jean Justus, & Maheswari, 2018): IOT based monitoring system to detect the ECG of soldiers using GPS and GPRS

El objetivo principal de la investigación es que mediante el uso de un Walkie-Talkie se pueda crear el medio de comunicación entre las fuerzas armadas, durante la guerra y de esta manera poder alertar a las tropas en caso de emergencia. Este sistema se basa en la frecuencia del pulso del soldado, además de su posicionamiento (GPS) que tiene incorporado para identificar la ubicación del soldado durante la batalla mediante el uso de los valores de longitud y latitud. Si el sistema identifica que el pulso es normal la conexión se establecerá entre la estación de control y el walkie-talkie, caso contrario, el walkie-talkie se desconectará en tres minutos según la configuración de la estación de control. Así mismo la estación de control recibirá un mensaje de actualización del walkie-talkie del soldado cada dos minutos y se enviará una alerta al jefe de la tropa en situaciones críticas.

EP6 (Niket & Brijesh, 2017): Health monitoring and tracking system for soldiers using Internet of Things (IoT)

El documento presenta un sistema de monitoreo y seguimiento de la salud basado en Internet de las cosas (IoT) dirigido a los soldados. Este sistema puede ser incorporado en el cuerpo del soldado para obtener los datos de su estado de salud y ubicación actual mediante un módulo GPS. Esta información se transmitirá a la sala de control a través de IoT. El sistema está compuesto de pequeños equipos fisiológicos

portátiles, sensores y módulos de transmisión. Por lo tanto, con el uso del equipo propuesto, es posible implementar un mecanismo de bajo costo para proteger y resguardar la vida dentro del campo de batalla.

Resumen general y conclusión del estado del arte

En la revisión de la literatura antes mencionada, se evidencia que las soluciones propuestas principalmente se basan en el monitoreo de la ubicación y control de la salud de soldados, utilizando equipos fisiológicos portátiles, sensores y módulos de transmisión, mediante GPS, redes WiFi, sensores WBASN, mediante el uso de un Walkie-Talkie, e Internet de las cosas. (Niket & Brijesh, 2017) . La información que se obtiene se transmite a la sala de control, proporcionando la ubicación de los soldados y además se permite enviar alertas en situaciones críticas. Se ha identificado un solo estudio que utiliza una arquitectura de redes LoRa WAN para transmitir los datos del líder de la tropa a la unidad de control, debido a la ausencia de la cobertura celular. (Gondalia, Dixit, Parashar, Sengupta, & Sarobin, 2018).

El presente estudio busca ampliar el conocimiento en lo referente a la efectividad del uso de tecnología móvil y redes LoRa en ambientes reales de operaciones militares en la selva ecuatoriana, donde no existe cobertura de redes tradicionales.

Capítulo III

En esta sección se detalla la metodología de investigación seleccionada para el desarrollo del presente trabajo. La metodología utilizada es basada en prototipos y consta de cinco fases que son aplicadas a lo largo del desarrollo de este capítulo.

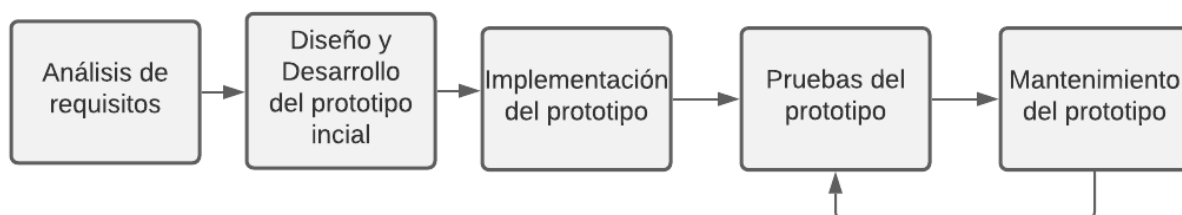
Desarrollo de la investigación

Metodología basada en prototipos

La metodología basada en prototipos también conocida como la metodología evolutiva de prototipos se enfoca en ayudar a la comprensión de los requisitos del usuario debido a la retroalimentación rápida después de cada evaluación del prototipo. Su objetivo es construir el producto en poco tiempo y sin utilizar muchos recursos. (Merlino, Rodríguez, Pytel, & García Martínez, 2011). En la **Figura 5** se puede visualizar las fases de la metodología.

Figura 5

Fases Metodología basada en prototipos



Esta metodología se compone de las siguientes etapas:

Análisis preliminar y especificación de requisitos

El primer paso de la metodología tiene como objetivo la comprensión de los requisitos básicos del producto de software, principalmente en términos de interfaz de usuario y aspectos básicos de la funcionalidad.

Diseño y desarrollo del prototipo inicial

En esta etapa se crea un diseño básico del sistema y se desarrolla un prototipo real con la información recopilada en la especificación de requisitos.

Implementación del prototipo

En esta fase se desarrolla el sistema en base al prototipo aprobado y se implementa en producción.

Pruebas del prototipo

En esta etapa se presenta al cliente la primera versión del prototipo. En este punto se analiza los cambios que se deben realizar para una nueva versión del prototipo, tomando en cuenta las sugerencias y comentarios del cliente.

Mejoras del prototipo

En esta etapa se realizan los cambios necesarios del prototipo y se evalúan nuevamente hasta que el cliente este de acuerdo con el prototipo.

Se eligió esta metodología debido a sus beneficios al momento de desarrollar un producto de software, algunas de sus ventajas son:

- Participación continua del usuario hasta el final de la implementación.
- Reducción del tiempo y costo, debido que se puede corregir los errores a tiempo.
- El usuario comprenderá la funcionalidad del producto, desde una etapa muy temprana.
- Ayuda al desarrollador encontrar funcionalidad faltante antes de la entrega final.
- El prototipo ayuda a alcanzar las necesidades del usuario en una etapa temprana.
- Los prototipos permiten una capacitación temprana sobre el funcionamiento del producto.

Primera Fase: Análisis preliminar y especificación de requisitos

Introducción

En esta fase se realiza la especificación de requisitos de software, debido a la necesidad de tener un conjunto de información relevante y necesaria para analizar y entender todos los requerimientos que se deben cumplir para satisfacer las necesidades de los clientes. En esta sección se utilizará el formato de la estructura estándar IEEE830.

Propósito del software

Establecer las bases entre el desarrollador y el usuario final, en relación con el funcionamiento y desarrollo del software, con el fin de comprender los requerimientos del usuario final.

Alcance del software

La especificación de requisitos está enfocada en definir de manera clara y precisa los requerimientos del software, alineado a garantizar la comunicación continua entre los soldados de tropa que son enviados a las operaciones con el centro de control, enviando la posición actual como mensajes de alerta desde el soldado hacia el centro de control y viceversa.

Descripción general

Perspectiva del producto

El software será desarrollado en Android y se ejecutará la aplicación en un reloj inteligente. Este permitirá el monitoreo de la ubicación obtenida mediante GPS y la frecuencia cardíaca además del envío y recepción de mensajes y alertas por parte del centro de control y la tropa, su comunicación debe ser mediante redes LoRaWAN y bluetooth.

Funciones del sistema

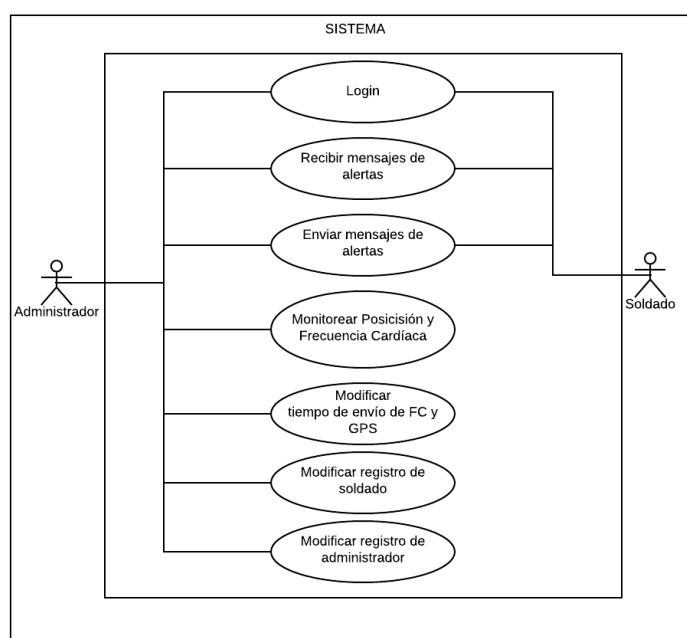
El software contará con diferentes funciones las cuales permitirán la modificación de los datos del soldado, del administrador, del tiempo de envío de la frecuencia

cardíaca y GPS, como también el envío y recepción de mensajes de alerta. En la

Figura 6 se detalla las acciones entre los usuarios finales.

Figura 6

Diagrama de casos de uso



Actores

Tabla 3

Descripción de actores

Actor	Descripción
Soldado	Persona que portará el reloj inteligente, tiene la opción de ingresar a la aplicación, enviar mensajes y alertas.
Administrador	Persona encargada de administrar la aplicación, puede ingresar al sistema, modificar el perfil del soldado, las operaciones de administración del sistema, periodo de envío de GPS y FC, enviar mensajes y alertas desde la aplicación y el sitio Web.

Restricciones

La aplicación se desarrollará para el sistema operativo Android y su comunicación será mediante bluetooth y redes LoRaWAN. Solo se permitirá el envío de la posición GPS y la frecuencia cardíaca obtenida por los sensores del reloj inteligente, además del envío y recepción de mensajes de alerta enviados desde el reloj hacia la plataforma Web y viceversa.

Requisitos específicos

Requisitos funcionales

Requisito 1 Ingresar al sistema

El sistema permite al administrador y soldado ingresar a la aplicación móvil, para que pueda acceder a sus funciones establecidas. El detalle en la **Tabla 4**

Tabla 4

Ingresar al sistema

Nombre Caso de Uso:	<i>Ingresar al sistema</i>		
Identificador	CU1		
Descripción	Permite al administrador y soldado ingresar a la aplicación móvil, para que pueda acceder a sus funciones establecidas.		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		

-
- Precondiciones**
- El administrador debe tener un patrón
 - El soldado debe tener un patrón

Flujo básico

Actor

2. Administrador o soldado ingresa el patrón de desbloqueo.

Sistema

1. Muestra el patrón de bloqueo de pantalla
 3. Valida la información ingresada, muestra en la pantalla el siguiente mensaje: "Password Correcta"
 4. Muestra en la pantalla un menú con las diferentes opciones:

Administrador:

- Conexión Bluetooth
- Envío de mensajes y alertas
- Modificación periodo GPS y ritmo cardiaco
- Modificación administrador
- Modificación soldado

Soldado:

- Conexión Bluetooth
- Envío de mensajes y alertas

Flujo Alternativo

- 3.a El sistema muestra en la pantalla el mensaje "Password incorrecto".
 3.b El sistema solicita otra vez el patrón.
-

Requisito 2 Modificar administrador

El sistema permite la modificación de los datos del administrador para que pueda acceder a sus funciones establecidas. El detalle en la **Tabla 5**

Tabla 5

Modificar administrador

Nombre	Caso	De	Modificar Administrador
Uso:			
Identificador	CU2		
Descripción	Permite modificar los datos del administrador		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe tener un patrón • El administrador debe tener un id de usuario • El administrador debe tener un id de operación • El administrador debe ingresar al sistema 		
Flujo básico			
Actor			Sistema
1.Administrador selecciona administrador.	selecciona	modificar	2.Muestra la pantalla con los siguientes campos para modificar <ul style="list-style-type: none"> • ID del usuario • ID de la operación • Patrón de ingreso
3. Modifica los datos.			5. Valida que los campos estén llenos.
4. Clic en el botón guardar.			6. Modifica los datos y muestra el siguiente mensaje “Los datos se modificaron”
Flujo Alternativo			
5.a El sistema muestra en la pantalla el mensaje “No se pueden registrar los datos”			

Requisito 3 Modificar soldado

El sistema permite la modificación de los datos del soldado al administrador, para que pueda acceder a sus funciones establecidas. El detalle en la **Tabla 6**

Tabla 6*Modificar soldado*

Nombre caso de uso:	Modificar soldado		
Identificador	Cu3		
Descripción	Permite modificar los datos del soldado		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	V 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El soldado debe tener un patrón • El soldado debe tener un id de usuario y operación • El administrador debe ingresar al sistema 		
Flujo básico			
Actor	Sistema		
1.administrador selecciona modificar soldado.	2.muestra la pantalla con los siguientes campos para modificar <ul style="list-style-type: none"> • Id del usuario • Id de la operación • Patrón de ingreso 		
3. Modifica los datos.	5. Valida que los campos estén llenos.		
4. Clic en el botón guardar.	6. Modifica los datos y muestra el siguiente mensaje “los datos se modificaron”		
Flujo alternativo			
5.a el sistema muestra en la pantalla el mensaje “no se pueden registrar los datos			

Requisito 4 Modificar periodo GPS y FC

El sistema permite la modificación de los datos de periodo de envío de la posición y frecuencia cardíaca al administrador. El detalle en la **Tabla 7**

Tabla 7*Modificar periodo GPS y FC*

Nombre Caso De	Modificar Periodo Gps Y Fc		
Uso:			
Identificador	CU4		
Descripción	Permite modificar el periodo de envío de la posición y frecuencia cardíaca.		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	V 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema 		
Flujo básico			
Actor		Sistema	
1.administrador selecciona periodo.	modifica	2.muestra la pantalla con los siguientes campos para modificar	
		<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo GPS • Tiempo frecuencia cardíaca 	
3. Modifica los datos.		5. Valida que los campos estén llenos.	
4. Clic en el botón guardar.		6. Modifica los datos y muestra el siguiente mensaje "los datos se modificaron"	
Flujo alternativo			
5.a el sistema muestra en la pantalla el mensaje "no se pueden registrar los datos"			

Requisito 5 Conexión de bluetooth

El sistema permite seleccionar un dispositivo para la comunicación por bluetooth al administrador y soldado. El detalle en la **Tabla 8**

Tabla 8*Conexión de bluetooth*

Nombre Caso De	Conexión De Bluetooth		
Uso:			
Identificador	CU5		
Descripción	Permite seleccionar un dispositivo para la comunicación por bluetooth al administrador y soldado.		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	V 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema • El soldado debe ingresar al sistema 		
Flujo básico			
Actor		Sistema	
1. administrador o soldado selecciona bluetooth.		2. muestra la pantalla con los siguientes botones	<ul style="list-style-type: none"> • On • Buscar
3. Clic en el botón On.		4. Enciende bluetooth	
5. Clic en el botón buscar.		6. Muestra el siguiente mensaje “actualizar” y una lista con los dispositivos disponibles.	
7. Seleccionar dispositivo deseado de la lista.		8. Conecta el dispositivo móvil con el dispositivo seleccionado.	
Flujo alternativo			
4.a el sistema muestra en la pantalla el mensaje “no se puede encender bluetooth”			

Requisito 6 Envío de mensajes

El sistema permite el envío de mensajes al administrador y soldado hacia el centro de control. Se detalla en la **Tabla 9**

Tabla 9*Envío de mensajes*

Nombre	Caso	De	Envío De Mensajes	
Uso:				
Identificador	CU6			
Descripción	Permite el envío de mensajes al administrador y soldado hacia el centro de control			
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.			
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0	
Autor:	Cristina Díaz.			
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020	
Frecuencia	Una vez al día			
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema • El soldado debe ingresar al sistema • El dispositivo debe estar emparejado a bluetooth 			
Flujo básico				
Actor		Sistema		
1.Administrador o soldado selecciona enviar mensaje.		2.Muestra la pantalla con el siguiente campo de texto:		
3. Escribir mensaje.		<ul style="list-style-type: none"> • El mensaje 		
4. Clic en el botón enviar.		5. Se envía el mensaje mediante conexión por bluetooth		
Flujo Alternativo				
5.a El sistema muestra en la pantalla el mensaje “Conexión fallo “				

Requisito 7 Envío de alertas

El sistema permite el envío de alertas al administrador y soldado hacia el centro de control. Se detalla en la **Tabla 10**

Tabla 10*Envío de alertas*

Nombre Caso De	Envío De Alertas		
Uso:			
Identificador	CU7		
Descripción	Permite el envío de alertas al administrador y soldado hacia el centro de control		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema • El soldado debe ingresar al sistema • El dispositivo debe estar emparejado a bluetooth 		
Flujo básico			
Actor		Sistema	
1.Administrador o soldado selecciona enviar mensaje.		2.Muestra la pantalla los siguientes botones:	
3. Clic en el botón de alerta.		<ul style="list-style-type: none"> • Abrir fuego • Reunión • Evasión • Detener fuego 	
		4. Se envía la alerta mediante conexión por bluetooth	
Flujo Alternativo			
4.a El sistema muestra en la pantalla el mensaje "Conexión fallida "			

Requisito 8 Recepción de mensajes

El sistema permite recibir mensajes al administrador y soldado desde el centro de control. Se detalla en la **Tabla 11**

Tabla 11

Recepción de mensajes

Nombre Caso De	Recepción De Mensajes		
Uso:			
Identificador	CU8		
Descripción	Permite la recepción de mensajes al administrador y soldado desde el centro de control		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema • El soldado debe ingresar al sistema • El dispositivo debe estar emparejado a bluetooth 		
Flujo básico			
Actor	Sistema		
	1. Muestra una notificación con el contenido del mensaje.		
Flujo Alternativo			
No existe			

Requisito 9 Envío GPS y FC

El sistema permite el envío de posición y frecuencia cardíaca del soldado o administrador hacia el centro de control. El detalle en la **Tabla 12**

Tabla 12

Envío GPS y FC

Nombre Caso De	Envío Gps Y Fc		
Uso:			
Identificador	CU9		
Descripción	Permite el envío de la posición y frecuencia cardíaca del soldado o administrador hacia el centro de control		
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.		
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0
Autor:	Cristina Díaz.		
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020
Frecuencia	Una vez al día		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema • El soldado debe ingresar al sistema • El dispositivo debe estar emparejado a bluetooth • El dispositivo debe tener encendido el sensor FC • El dispositivo debe tener encendido el sensor GPS 		
Flujo básico			
Actor	Sistema		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtiene la posición del GPS. 2. Obtiene la frecuencia cardíaca 3. Envía un mensaje por bluetooth hacia la sala de control por medio de bluetooth 		
Flujo Alternativo			
No existe			

Requisito 10 Recepción de mensajes en la sala de control

El sistema Web permite al administrador del centro de control recibir los mensajes y alertas que son enviados desde el dispositivo móvil. **Tabla 13**

Tabla 13*Recepción de mensajes en la sala de control*

Nombre	Caso	De	Recepción De Mensajes En La Sala De Control	
Uso:				
Identificador	CU10			
Descripción	Permite la recepción de los mensajes y alertas enviadas desde el dispositivo móvil hacia la sala de control.			
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.			
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0	
Autor:	Cristina Díaz.			
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020	
Frecuencia	Una vez al día			
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> El administrador debe ingresar al sistema 			
Flujo básico				
Actor			Sistema	
1. Ingresar a la plataforma Web			1. Muestra una notificación con el contenido del mensaje.	
Flujo Alternativo				
No existe				

Requisito 11 Envío de mensajes desde la sala de control

El sistema Web permite al administrador del centro de control enviar los mensajes y alertas al dispositivo móvil. **Tabla 14**

Tabla 14*Envío de mensajes desde la sala de control*

Nombre	Caso	De	Envío De Mensajes Desde La Sala De Control	
Uso:				
Identificador	CU11			
Descripción	Permite al administrador del centro de control enviar los mensajes y alertas al dispositivo móvil.			
Meta	Establecer una comunicación entre el administrador y el soldado, para el envío y recepción de mensajes.			
Estado:	Activo	Versión:	v 1.0	
Autor:	Cristina Díaz.			
Fecha creación	01-07-2020	Fecha modificación	01-08-2020	
Frecuencia	Una vez al día			
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El administrador debe ingresar al sistema 			
Flujo básico				
Actor			Sistema	
1. Ingresar al sistema			5. Envía el mensaje	
2. Seleccionar enviar mensaje				
3. Escribir mensaje				
4. Clic en enviar				
Flujo Alternativo				
No existe				

Requisitos no funcionales

Tabla 15

Requerimientos no funcionales

Código	Descripción
RN1	La aplicación enviara un mensaje a la sala de control una vez que obtenga los datos de la frecuencia cardíaca y posición GPS.
RN2	El reloj inteligente mediante su sensor capturara la frecuencia cardíaca.
RN3	El reloj inteligente mediante su sensor capturara la posición GPS.
RN4	La aplicación debe ejecutarse en un dispositivo móvil Android.
RN5	El sitio Web debe abrirse en un dispositivo móvil o un computador.
RN6	La aplicación necesita conexión bluetooth
RN7	El sistema necesita conexión LoRaWAN

Requisitos comunes de las interfaces

Interfaces de usuario

La interfaz de usuario debe ser óptima tomando en cuenta las medidas del dispositivo, cada ventana está relacionada a la operación que se va a realizar. Esta interacción entre el usuario y el dispositivo móvil se realizará mediante la pantalla táctil.

Las interfaces contarán con botones, cuadros de texto, cuadros de dialogo, mensajes informativos y de error.

Interfaces de hardware

La aplicación se ejecutará en un dispositivo móvil y la página Web en un computador con acceso a Internet. En la **Tabla 16** se detalla los equipos requeridos para la desarrollo e implementación del aplicativo.

Tabla 16

Equipos requeridos

EQUIPO	REQUISITOS
Computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo Windows 10 • 16 GB de RAM
Reloj inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo Android • Wear os • Sensor de frecuencia cardíaca • Sensor GPS • Bluetooth
Gateway module rhf0m301–868	
Pri 2 bridge rhf4t002	
Raspberry pi 3	<ul style="list-style-type: none"> • 4GB SD Card • WiFi • 5V 3A USB adaptador
LoRa module sx1276	<ul style="list-style-type: none"> • Display esp32 • WiFi • Bluetooth • LoRa antena • Compatible con Arduino

Interfaces de software

En la **Tabla 17** se detalla todas las herramientas que serán utilizadas en el desarrollo e implementación del aplicativo.

Tabla 17

Herramientas de Software

Software	Versión
Android Studio	4.0.1
Arduino	1.8.13

Interfaces de comunicación

La aplicación debe conectar el reloj inteligente y el módulo LoRa mediante conexión bluetooth, y este a su vez se debe conectar con el Gateway LoRa mediante comunicación LoRaWAN. El paquete de datos en el intercambio de mensajes es en formato JSON.

Segunda Fase: Diseño y desarrollo del prototipo inicial

Diseño inicial del prototipo

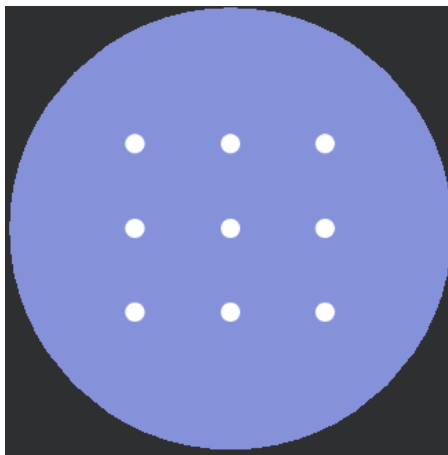
Al terminar la fase de registro de requisitos específicos funcionales y no funcionales se procedió a realizar las interfaces de usuario, para presentar al cliente y recibir la aprobación del prototipo propuesto. A continuación, se detalla cada interfaz y su funcionamiento.

Interfaz de inicio de sesión

El inicio de sesión se muestra en la **Figura 7**. Se realiza mediante un patrón que debe ser digitado en la pantalla táctil del dispositivo, este patrón se encuentra previamente registrado en la aplicación, una vez ingresada la contraseña esta es validada y muestra un cuadro de dialogo con un mensaje el cual puede ser “Password correcta” o “Password incorrecta”.

Figura 7

Inicio de sesión

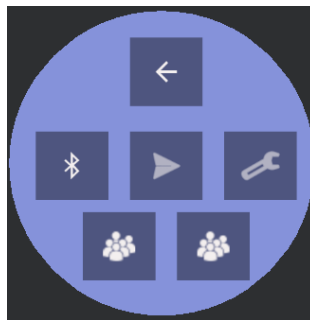


Interfaz del menú de opciones

El menú de opciones se muestra en la **Figura 8**. Se presenta todas las funcionalidades que tiene el administrador y soldado. En esta interfaz se encuentra cierre de sesión, la conexión de bluetooth, envío de mensajes y alertas, configuración del período de tiempo de envío de la posición GPS y frecuencia cardíaca, y la modificación de datos del administrador y soldado.

Figura 8

Menú de opciones

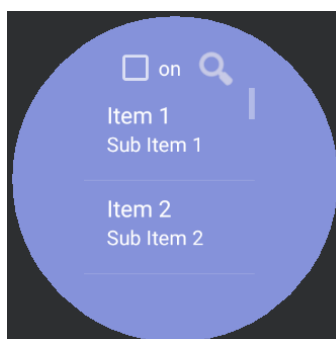


Interfaz de conexión bluetooth

La conexión de bluetooth se muestra en la **Figura 9**. Esta pantalla tiene tres componentes: el primero es un cuadro de selección para encender el bluetooth del dispositivo, el segundo es un botón con el símbolo buscar para actualizar la lista de los dispositivos disponibles y el último es una lista donde se muestran todos los dispositivos que se encuentran disponibles para emparejar por comunicación bluetooth.

Figura 9

Conexión bluetooth



Interfaz de envío de mensajes y alertas

El envío de mensajes se muestra en la **Figura 10** Se utiliza los componentes principales como el campo de texto que permite ingresar cualquier tipo de mensaje y el botón enviar. El envío de alertas se realiza mediante botones los cuales describen diferentes tipos de alertas: Abrir fuego, Reunión, Evasión y Detener fuego.

Figura 10

Envío de mensajes y alertas



Interfaz de modificación de periodo GPS y FC

La modificación de periodo del envío de la ubicación y de la frecuencia cardíaca se muestra en la **Figura 11**. Esta pantalla tiene tres componentes: un cuadro de texto para ingresar el tiempo para GPS, un cuadro de texto para el tiempo de la frecuencia cardíaca y el botón para guardar los cambios. Una vez modificados los valores el sistema mostrará un cuadro de dialogo con el siguiente mensaje “Los datos se modificaron”.

Figura 11

Modificación de periodo GPS y FC

**Interfaz modificación administrador y soldado**

La pantalla para modificación del administrador y el soldado se muestra en la **Figura 12**. Esta se compone de dos ventanas, la primera contiene un cuadro de texto para ingresar el id de usuario, uno para el id de operación, un botón para guardar los cambios y un botón para modificar la contraseña. Esta se muestra en la **Figura 13** en donde se debe seleccionar el nuevo código y el botón para guardar los cambios.

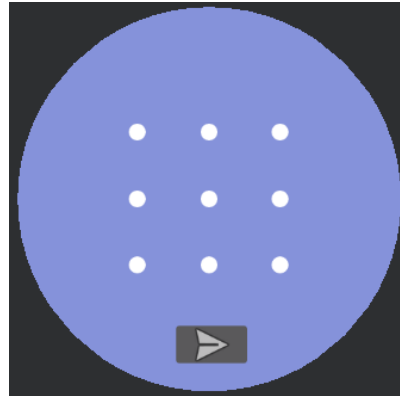
Figura 12

Modificación administrador y soldado



Figura 13

Modificar contraseña

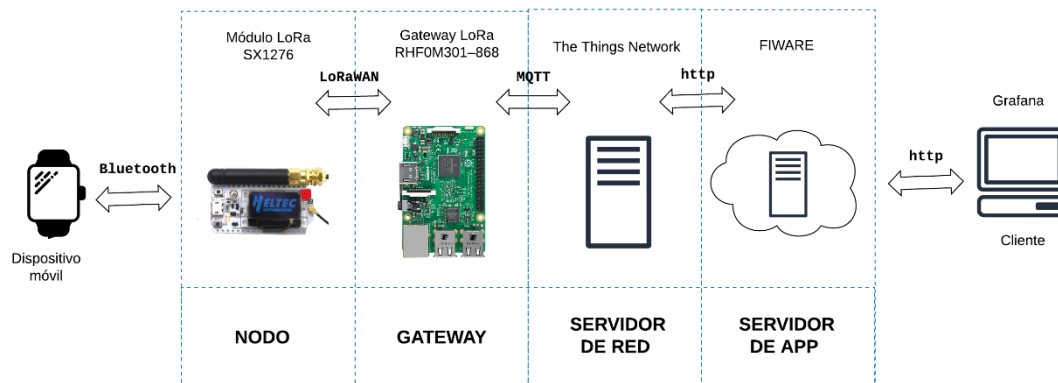


Tercera Fase: Implementación del prototipo

Diagrama de arquitectura

En la **Figura 14** se puede observar el despliegue de la arquitectura para el monitoreo de los soldados del comando de operaciones de las Fuerzas Armadas en basado en dispositivos móviles y redes LoRa. Esta comienza con la capa del usuario con la interfaz del dispositivo móvil, este se conecta mediante bluetooth con el módulo LoRa, una vez que llega al módulo se conecta con el Gateway LoRa mediante comunicación LoRa, y finalmente es presentado los datos al cliente en un browser.

Figura 14

Arquitectura del sistema*Diseño y desarrollo de los componentes***Desarrollo del programa para el dispositivo móvil**

Para el desarrollo del dispositivo móvil se usó la plataforma Android Studio, y los componentes Wear Os, debido que la aplicación debe ejecutarse en un reloj inteligente. El lenguaje de programación utilizado fue Java y el SDK API 28. El sistema se desarrolló para enviar mensajes y alertas al centro de control, envío de la frecuencia cardíaca y posición GPS, modificaciones del periodo de envío de GPS y FC, además de contar con funciones de mantenimiento de usuarios; todas estas funciones fueron detalladas en la fase uno.

Para el envío de mensajes, alertas, posición y frecuencia cardíaca se utilizó la conexión bluetooth entre el dispositivo móvil y el módulo LoRa. El paquete del mensaje se lo envió con el tipo de formato JSON como se visualiza en la **Figura 15**, este

mensaje es enviado automáticamente cada vez que se obtiene la posición y la frecuencia cardíaca, y cuando el usuario selecciona enviar mensaje o alerta.

Figura 15

Mensaje formato JSON

```

{
  "app_id": "espemilitartrack",
  "dev_id": "idreloj",
  "usr_id": "idusuario",
  "oper_id": "opercuhn23-yf",
  "com_type": "BLE",
  "counter": 0,
  "time": "2020-03-11T00:08:33.120154404Z",
  "metadata": {
    {
      "message": "vgtsunp-pisd",
      "alert": "A",
      "heart_rate": 70
      "gps": {
        lat: -0.390045
        lon: 78.000034
      }
    }
  }
}

```

ID de la aplicación
ID del reloj
ID del usuario
ID de la operación
Tipo de conexión bluetooth
Contador de mensajes
Fecha y hora del envío de cada mensaje
Mensaje que es ingresado desde la interfaz
Tipo de alerta seleccionada
Frecuencia cardíaca que es obtenida por el sensor
Latitud obtenida por el sensor
Longitud obtenida por el sensor

El programa también permite recibir mensajes externos los cuales llegan por medio de la conexión del módulo LoRa. Estos mensajes llegan en el mismo formato de la **Figura 15** y se muestra como notificación en el dispositivo móvil como se puede observar en la **Figura 16**.

Figura 16

Mensaje externo



Comunicación entre el reloj inteligente y LoRa

Para la conexión entre el dispositivo móvil y el Gateway LoRa, se empleó la tarjeta LoRa SX1276. Este es un receptor y transmisor inalámbrico de largo alcance. Cuenta con un Chip SX127 y trabaja en la frecuencia entre 900 a 931 MHz. En el desarrollo del prototipo se lo configuró en 915MHz ya que es la frecuencia permitida en el Ecuador. Su potencia de transmisión es de 10 a 20dBm, la sensibilidad de recepción es de -146dBm, el alcance de la distancia en línea de vista es de 3000m. Para la transmisión y recepción de señal, se debe contar con una antena de tipo SMA-K y una pila inalámbrica para el voltaje de alimentación. (Heltec, 2020)

Figura 17

Módulo LoRa SX1276



Tomado de (Heltec, 2020)

Para el desarrollo del software de comunicación del nodo se utilizó el programa Arduino, para lo cual se debe instalar la librería Heltec_ESP32. Esta biblioteca proporciona la implementación para LoRaWAN de clase A y C y es compatible solo con

productos ESP32. Este módulo permite enviar paquetes de datos mediante el Gateway LoRa a través del protocolo LoRaWAN. Se configuró el nodo a las frecuencias compatibles con US915 que son las autorizadas en Ecuador.

Una vez instalada la librería se debe configurar el módulo para que este permita la recepción y envío de mensajes vía bluetooth y la configuración para la comunicación mediante LoRaWAN. La configuración de bluetooth se realiza mediante la librería BluetoothSeriall.

Gateway LoRa

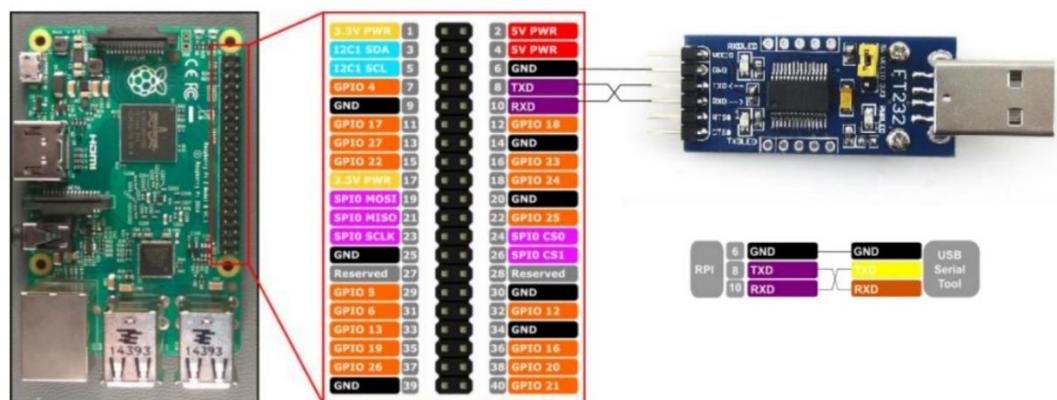
Para el desarrollo de la puerta de enlace más conocida como Gateway se empleó un módulo de puerta de enlace RHF0M301–868, un puente PRI 2 RHF4T002, que se conectan a una Raspberry Pi3.

El módulo LoRaWAN RHF0M301–868 es un módulo de 8 canales de comunicación y contiene un chip de puerta de enlace LoRa integrado. Contiene 24 pines, su banda de ancho va desde 434 a 915MHz. Es compatible con el protocolo LoRaWAN y las clases A, B y C. (The things network, 2020)

La conexión de estos dispositivos se la realizó de la siguiente manera: en primer lugar, se conectó el módulo de puerta de enlace RHF0M301–868 en el puente PRI 2 RHF4T002, una vez conectados se realizó la conexión entre el PRI 2 Bridge RHF4T002 a la Raspberry Pi 3, como se detalla en la siguiente **Figura 18**. La Raspberry Pi se debe conectar a una fuente de energía y una interfaz de ethernet para poder configurar el servidor.

Figura 18

Conexión PRI 2 Bridge RHF4T002 a Raspberry Pi 3



Tomado de (Seeedstudio, 2020)

Una vez realizadas las conexiones de hardware se procede a realizar la configuración del software:

- Mediante la herramienta PuTTY se debe crear una nueva sesión, seleccionar la opción Serial, conectar al puerto COM y a una velocidad de 115200.
- Una vez creada la sesión se debe encender la puerta de enlace e ingresar el usuario y contraseña.
- Conectar el módulo RHF2S001 mediante un cable de red a la interfaz de Ethernet para obtener una dirección IP.
- Para configurar la frecuencia del módulo se debe modificar mediante la herramienta Arduino, primero conectando el puerto COM y enviando los siguientes comandos.
 - AT+FDEFAULT=RISINGHF

- AT+DR=US915HYBRID
- AT+RXWIN2=923.3, DR8

Servidor de Red

El servidor se implementó mediante la plataforma de código abierto “The Things Network”, en esta se debe realizar como primer paso el registro del Gateway, para lo cual se requieren los siguientes datos:

- Protocolo: la plataforma tiene dos opciones que son Gateway connector o packet forwarder.
- Gateway ID: Identificador único del Gateway.
- Descripción: Descripción corta del Gateway.
- Frecuencia: La frecuencia a la que va a trabajar, en este caso 915 MHz.
- Locación: La ubicación geográfica del lugar donde se encuentra el Gateway.
- Antena: Especificar si la antena se encuentra en el interior o exterior.

El segundo paso es crear las aplicaciones para que éstas se comuniquen con los dispositivos, para esto se requiere los siguientes datos:

- Aplicación ID: Identificador único de la aplicación.
- Descripción: Una descripción corta para detallar la aplicación.

Una vez registrada la aplicación, se genera la aplicación EUI y las claves de acceso. Finalmente se debe registrar los dispositivos dentro de las aplicaciones creadas anteriormente, para esto se requieren los siguientes datos:

- Device EUI: Es una identificación única del dispositivo final. Está compuesta por 64bits.
- Device ID: Identificador único del dispositivo en la aplicación.
- AppKey: Es una clave única y es el cifrado entre el origen y el destino del mensaje.
- App EUI: Identificador único de la aplicación creada anteriormente.

Una vez realizado el registro del Gateway y del dispositivo final, se obtiene la clave de sesión de red y de aplicación, que se requieren para activar el dispositivo, para ello se realizó la activación con el método ABP que requiere los siguientes datos:

- Device Address: Dirección IP del dispositivo.
- Network Session Key: La clave específica para la sesión de red.
- App Session Key: La clave específica para la sesión de la aplicación.

A continuación, se debe configurar el esquema de datos que se va a utilizar para la codificación de información. En este proyecto se utilizó el formato CayenneLPP que proporciona una forma sencilla de envío de datos a través de redes LPWAN. Permite que el dispositivo envíe datos de varios sensores al mismo tiempo. (LoRa, 2020) Para la configuración se debe colocar el siguiente código:



- Incluir la librería `#include <CayenneLPP.h>`
- El constructor `TheThingsNetwork ttn (LoRaSerial, debugSerial, freqPlan)`.
- El tamaño de carga CayenneLPP App (Tamaño máximo de carga);
- Los datos que se requieren enviar `lpp.addGPS (canal, longitud, latitud, metros)`;

- El método de envío de datos `ttn.sendBytes (lpp.getBuffer (), lpp.getSize ())`;

Finalmente se tiene la conexión entre el dispositivo final y el Gateway, mediante la plataforma The Things Network con lo cual se realizaron pruebas de la recolección de los datos como se puede observar en la **Figura 19**.

Figura 19

Datos almacenados en The Things Network

Applications >  espeiotworkgroupapp > Devices >  twatchcicte > Data

APPLICATION DATA

Filters: uplink downlink activation ack error

time	counter	port		
17:46:26		1	confirmed	payload: 02 30
17:46:26	8	1		payload: 01 67 00 64 02 73 08 B6 03 03 17 0C analog_out_3: 59
17:46:05		1	confirmed	payload: 02 30
17:46:05	7	1		payload: 01 67 00 AA 02 73 74 18 03 03 1E 78 analog_out_3: 78
16:29:21		1	confirmed	payload: 02 30
16:29:21	6	1		payload: 01 67 01 22 02 73 24 68 03 03 0A 8C analog_out_3: 27
16:29:00		1	confirmed	payload: 02 30

Servidor de Aplicaciones y cliente

Para visualizar los datos enviados desde el dispositivo móvil se utilizó FIWARE Orion Context Broker y Grafana, en donde se almacenan los datos que llegan mediante el Gateway.

Grafana es un software abierto de análisis y visualización, este permite realizar consultas, visualización y exploración de métricas de los datos almacenados. (Grafana Labs, 2020)

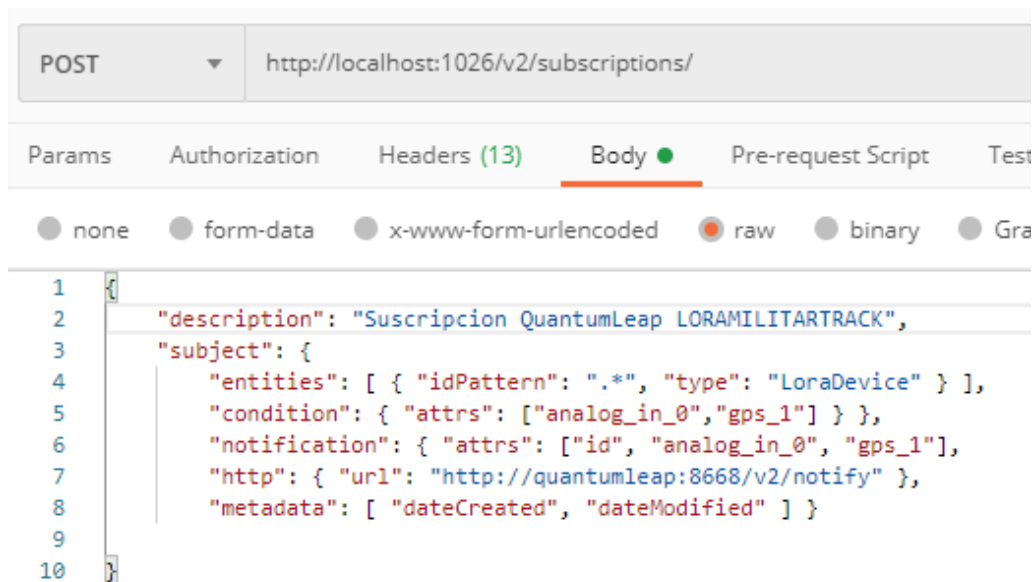
Para la configuración de FIWARE y Grafana se debe realizar los siguientes pasos:

- Instalar Docker
- Instalar Docker compose
- Crear carpeta donde se guardará el proyecto y dentro de esta crear el archivo `compose-demo.yml`
- En el archivo creado se debe definir los servicios orion, mongo, quantumleap, crate y grafana. Entre otros aspectos, se debe detallar su imagen, puerto, comandos, dependencias y variables de entorno.
- Levantar los servicios creados anteriormente mediante el comando `docker-compose -f docker-compose-demo.yml up -d`
- Los servicios quedan levantados y se puede acceder a ellos mediante las siguientes URLs:
 - Orion Context Broker: `localhost:1026/`
 - QuantumLeap: `localhost:8668/v2/`
 - CrateDB: `localhost:4200`
 - Grafana: `localhost:3000`
- Mediante Postman se realiza la configuración de la suscripción de entidades de Orion Context Broker, con la ayuda de la API QuantumLeap que permite almacenar información con un historial de actualizaciones y

esta configuración permite determinar cuando ocurre un cambio en la información y la notifica permitiendo tener datos en tiempo real. (FIWARE, 2020). En la **Figura 20** se puede observar que mediante el método POST se envía los datos a configurar en formato JSON. Para la configuración se debe indicar la descripción, además de recibir las notificaciones de cambio cuando se realice una actualización en la entidad LoRaDevice, y que la condición para el almacenamiento de datos sea cuando cambien las posiciones del GPS.

Figura 20

Configuración Suscripción



```
POST http://localhost:1026/v2/subscriptions/

Params Authorization Headers (13) Body Pre-request Script Test
● none ● form-data ● x-www-form-urlencoded ● raw ● binary ● Gra

1 {
2   "description": "Suscripcion QuantumLeap LORAMILITARTRACK",
3   "subject": {
4     "entities": [ { "idPattern": ".*", "type": "LoraDevice" } ],
5     "condition": { "attrs": ["analog_in_0","gps_1"] },
6     "notification": { "attrs": ["id", "analog_in_0", "gps_1"],
7     "http": { "url": "http://quantumleap:8668/v2/notify" },
8     "metadata": [ "dateCreated", "dateModified" ] }
9
10 }
```

- Para configurar los dispositivos también se la realiza mediante la herramienta Postman con el método POST, se debe describir los

atributos y la información para realizar la conexión con el servidor que se encuentra en The Things Network. Para realizar esta configuración se debe colocar los datos que se visualizan en la siguiente **Figura 21**, teniendo en cuenta los datos obtenidos en la configuración del servidor y el esquema de datos.

Figura 21

Configuración de dispositivos en FIWARE

```
{
  "devices": [
    {
      "device_id": "gpstrackingespeiot",
      "entity_name": "militartracking",
      "entity_type": "LoraDevice",
      "timezone": "America/Guayaquil",
      "attributes": [
        {
          "object_id": "analogin0",
          "name": "analog_in_0",
          "type": "Number"
        },
        {
          "object_id": "gps1",
          "name": "gps_1",
          "type": "geo:point"
        }
      ]
    },
    {
      "internal_attributes": {
        "lorawan": {
          "application_server": {
            "host": "us-west.thethings.network",
            "username": "espeiotworkgroupapp",
            "password": "xxx",
            "provider": "TTN"
          },
          "dev_eui": "XXXXX",
          "app_eui": "XXXX",
          "application_id": "espeiotworkgroupapp",
          "application_key": "XXXXX",
          "data_model": "cayennelp"
        }
      }
    }
  ]
}
```

- Se debe configurar el acceso a los datos en CrateDB, esta es una base de datos SQL distribuida y se encuentra construida en una plataforma NoSQL. (FIWARE, 2020) Se accede mediante la siguiente URL <http://localhost:4200>, En la **Figura 22** podemos observar el esquema de la base de datos donde se va a almacenar la información que se recolecta en el dispositivo móvil.

Figura 22

Esquema de la base de datos CrateDB

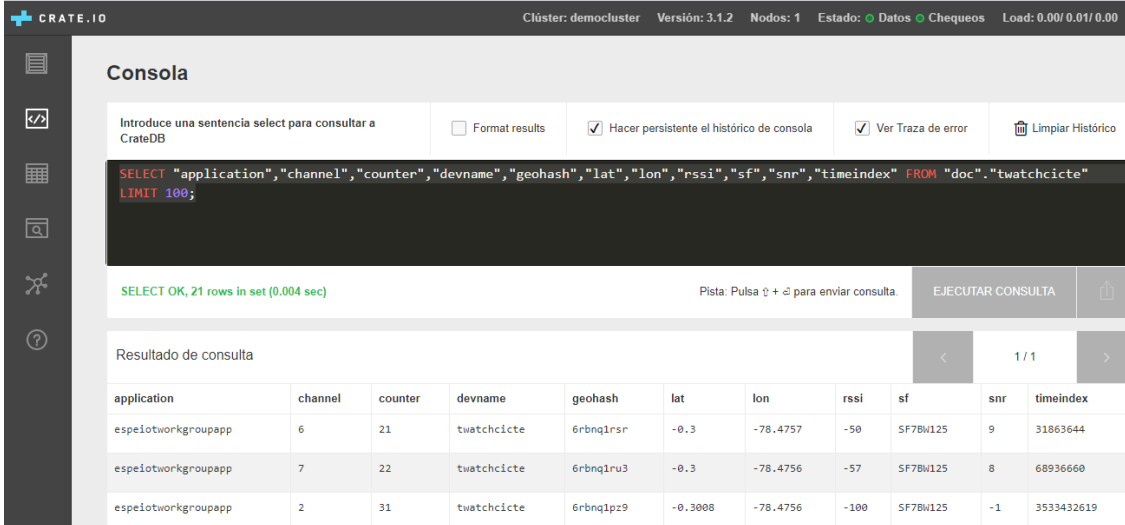
The screenshot shows the CrateDB web interface. The top bar displays 'CRATE.IO', 'Clúster: democuster', 'Versión: 3.1.2', 'Nodos: 1', 'Estado: Datos Chequeos', and 'Load: 0.00/ 0.02/ 0.00'. The left sidebar shows a 'Filter tables ...' search bar and a list of tables under 'Doc Tablas': 'etsmartbatteryinfo' (2,793 Registros, 387.2 KB, 4 Shards / 2-all Replicas), 'md_ets_metadata' (5 Registros, 33.4 KB, 4 Shards / 2-all Replicas), and 'twatchcicte' (21 Registros, 119.6 KB, 4 Shards / 0-1 Replicas). Below these are 'mtmilitartrack Tablas' and 'Blob Tablas'. The main content area is titled 'Esquema' and displays a table with the following columns and data types:

Nombre	Tipo
application	STRING
channel	INTEGER
counter	INTEGER
devname	STRING
geohash	STRING
lat	FLOAT
lon	FLOAT
rsst	INTEGER
sf	STRING
snr	INTEGER
timeindex	TIMESTAMP

- Para consultar los datos almacenados se lo realiza en la sección Consola de Create IO y mediante la sentencia SQL Select se obtienen los registros de los datos obtenidos por el dispositivo móvil, como se puede observar en la **Figura 23**.

Figura 23

Visualización datos en CrateDB



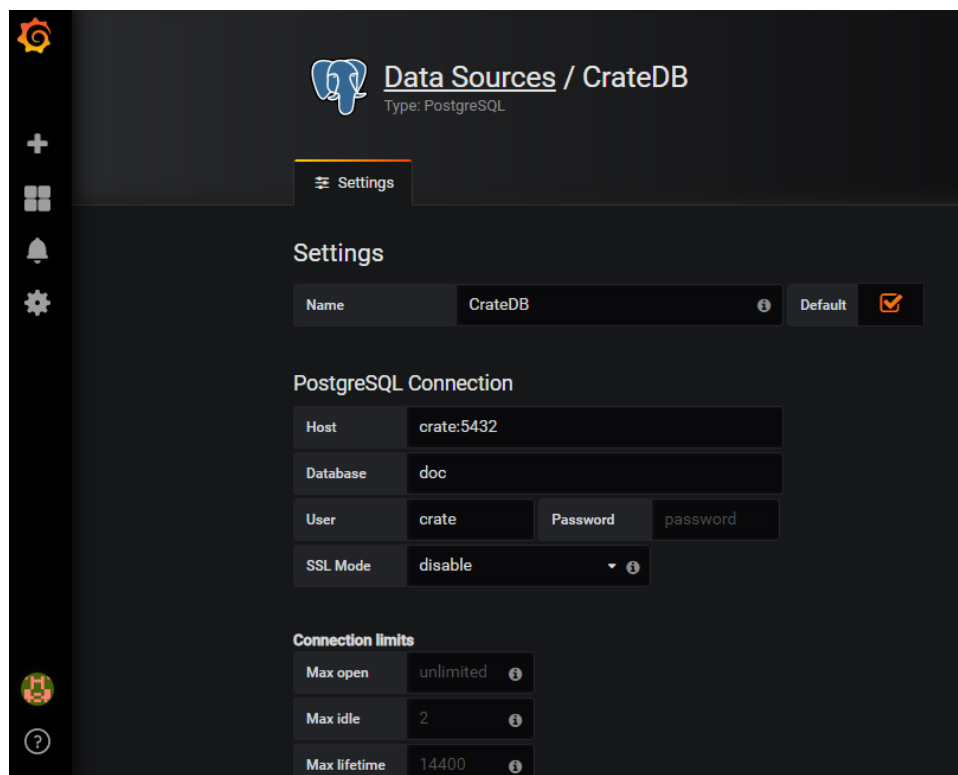
The screenshot shows the CrateDB console interface. At the top, it displays 'CrateDB' and system information: 'Clúster: democuster', 'Versión: 3.1.2', 'Nodos: 1', 'Estado: Datos', 'Chequeos', and 'Load: 0.00/0.01/0.00'. The main area is titled 'Consola' and contains a text input field with the SQL query: `SELECT "application", "channel", "counter", "devname", "geohash", "lat", "lon", "rssi", "sf", "snr", "timeindex" FROM "doc"."twatchcicte" LIMIT 100;`. Below the query, a status message reads 'SELECT OK, 21 rows in set (0.004 sec)'. To the right of this message is a 'Pista: Pulsa ⌘ + ↵ para enviar consulta.' and an 'EJECUTAR CONSULTA' button. Below the console, the 'Resultado de consulta' is displayed as a table with 11 columns: application, channel, counter, devname, geohash, lat, lon, rssi, sf, snr, and timeindex. The table contains three rows of data.

application	channel	counter	devname	geohash	lat	lon	rssi	sf	snr	timeindex
espeiotworkgroupapp	6	21	twatchcicte	6rbnq1rsr	-0.3	-78.4757	-50	SF78W125	9	31863644
espeiotworkgroupapp	7	22	twatchcicte	6rbnq1ru3	-0.3	-78.4756	-57	SF78W125	8	68936660
espeiotworkgroupapp	2	31	twatchcicte	6rbnq1pz9	-0.3008	-78.4756	-100	SF78W125	-1	3533432619

- Para la visualización amigable al usuario de los datos almacenados se utilizó Grafana. Para ingresar a esta herramienta se lo realiza mediante el URL `http://localhost:3000/` donde aparecerá un login se debe colocar las credencias que son por defecto `admin` tanto en el usuario como en la contraseña.
- Dentro de la herramienta se debe configurar la conexión de la base de datos, en donde se debe colocar el nombre, host, database, usuario y contraseña como se puede visualizar en la **Figura 24**.

Figura 24

Configuración Base de Datos en Grafana



- Una vez creada la conexión con la base de datos se creará un nuevo dashboard el cual permitirá la visualización de los datos de una forma más amigable, para esto existen varios tipos entre ellos gráficos, tablas, texto, mapas, etc. Para el prototipo seleccionamos la opción de gráficos de mapas. A continuación, se debe configurar la consulta de acceso a la base Crate.io y las métricas que se van a presentar con la ayuda de una sentencia SQL como se visualiza en la **Figura 25**.

Figura 25

Configuración de métricas en Grafana

```
SELECT
  timeindex AS "time",
  rssi AS metric,
  geohash,
  avg(rssi) AS "rssi"
FROM loracicte
GROUP BY 1,2,3
```

- Finalmente se puede visualizar los datos obtenidos desde el dispositivo móvil en la herramienta Grafana a manera de un mapa en donde se indica la posición de cada ubicación geográfica que se tiene almacenado en la base de datos. (Este gráfico junto con los datos obtenidos, se muestran en el siguiente capítulo)

Cuarta Fase: Pruebas y mejoras del prototipo

Para verificar la funcionalidad del aplicativo se realizó las pruebas de caja negra, debido a que esta se enfoca en los requisitos funcionales del software y no toma en cuenta la codificación. Par la validación del prototipo se realizó las pruebas de requisitos funcionales e interfaz gráfica, aplicadas al usuario final.

Prueba de Requisitos Funcionales

Para esta prueba se realizó la siguiente **Tabla 18** donde indica el requisito, si este cumplió con el objetivo y cuál es su estado aprobado o reprobado. Todos los requisitos fueron aprobados, debido a que su ejecución fue correcta y no existieron errores.

Tabla 18

Pruebas de requisitos funcionales

Requisito	Cumplió el requisito		Estado
	SI	NO	
Ingresar al sistema	X		Aprobado
Modificar administrador	X		Aprobado
Modificar soldado	X		Aprobado
Modificar periodo GPS y FC	X		Aprobado
Conexión de bluetooth	X		Aprobado
Envío de mensajes	X		Aprobado
Envío de alertas	X		Aprobado
Recepción de mensajes	X		Aprobado
Envío GPS y FC	X		Aprobado
Recepción de mensajes en la sala de control	X		Aprobado
Envío de mensajes desde la sala de control	X		Aprobado

Prueba de Interfaz Gráfica

Para esta prueba se realizó preguntas para verificar si la interfaz es del agrado del usuario, además de intuitiva, en la **Tabla 19** se pueden observar los resultados.

Tabla 19*Prueba de interfaz gráfica*

Pregunta	Cumplió el requisito		Estado
	SI	NO	
El diseño de la interfaz es adecuado para el dispositivo	X		Aprobado
La interfaz es amigable con el usuario	X		Aprobado
El manejo de la interfaz es fácil	X		Aprobado
La interfaz es intuitiva	X		Aprobado

Capítulo IV

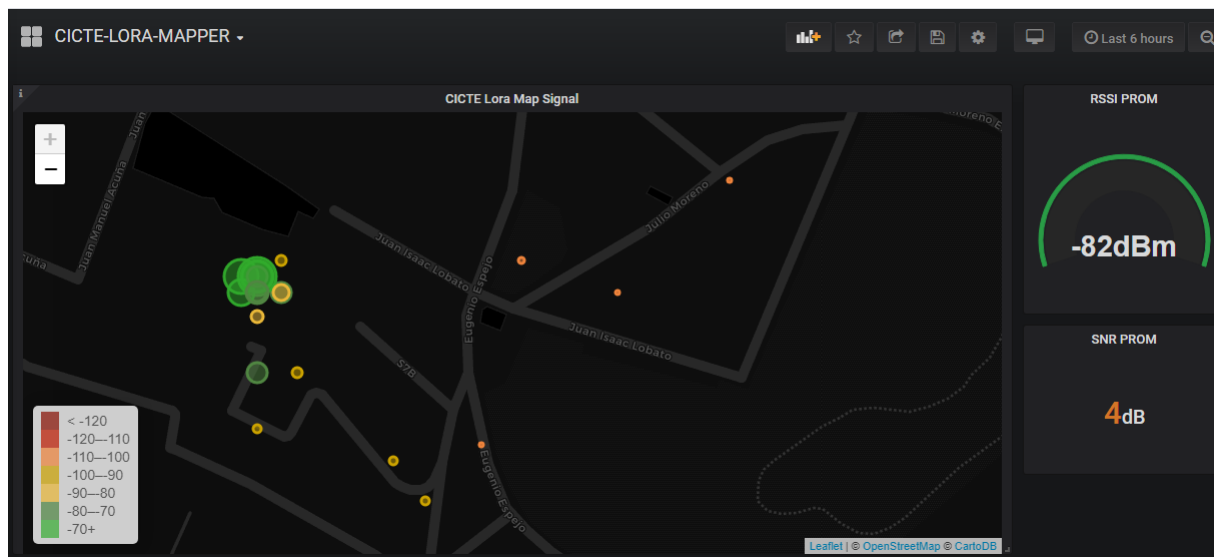
En esta sección se detalla la evaluación de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas para comprobar la funcionalidad del desarrollo del prototipo, un análisis de estudios similares para la comprobación de los resultados y la sección de discusión donde se detallan posibles factores que afectan el comportamiento de los dispositivos utilizados.

Evaluación de Resultados

Para la validación del funcionamiento del prototipo, se utilizó un reloj inteligente marca Fossil Gen 4 Explorist HR, el módulo LoRa SX1276 y el Gateway marca Seeeduno LoRaWan que contiene el módulo RHF0M301, Puente PRI 2 RHF4T002 y una Raspberry Pi 3. Con estos equipos se realizó las pruebas de distancia entre el módulo y el Gateway LoRa. Estas pruebas fueron realizadas en la ciudad de Quito y cada dato recolectado se almacena en la base de datos CreateDB y se la puede visualizar a manera de mapa en el dashboard creado en grafana como se puede observar en **Figura 26**. De cada ubicación recolectada se almacena la longitud y latitud, y se presenta en el dashboard como puntos en cada ubicación. Estos puntos toman diferentes colores dependiendo de la distancia que en la que se encuentra el nodo recolector y el Gateway LoRa. Además de las ubicaciones, el dashboard en Grafana muestra el indicador de intensidad promedio de fuerza de la señal recibida (RSSI) y la relación señal ruido (SNR).

Figura 26

Dashboard Mapa en Grafana



El indicador de intensidad de fuerza de la señal recibida se la utiliza como la medida para determinar la calidad de la señal entre un receptor y un remitente. Este indicador se mide en Dbm; este valor entre más cercano este al cero mejor será la señal. (Eric, 2020) En la **Figura 26** se puede observar que el valor obtenido en las pruebas es de -82dBm, es decir la cobertura de la señal es media, por lo cual el receptor escucha de manera clara la señal del remitente pero en zonas donde existe una línea de vista directa entre el nodo y el Gateway. Se puede ver también que la calidad de la señal se va perdiendo a medida en que el nodo se aleja del Gateway, tal como era previsible.

La relación señal ruido, se trata de la relación entre la potencia de la señal recibida y el nivel de la potencia del ruido que interrumpe. El valor de este indicador debe ser mayor a cero para indicar que su señal opera por encima del ruido y si es

menor a cero opera por debajo del ruido. (Eric, 2020) En la **Figura 26** se puede observar que el valor obtenido en las pruebas es 4dB, es decir es mayor a cero por lo tanto la señal que reciba será óptima, sin embargo, los valores óptimos son los que se acercan a 10dB.

En la **Figura 27** se puede visualizar la relación entre la distancia y RSSI de los datos obtenidos. Esta comparativa indica que entre más distancia entre el nodo y el Gateway el nivel de la fuerza de la señal será muy bajo llegando alcanzar hasta -100dBm, por lo cual la cobertura será baja.

En la **Figura 28** se visualiza la relación entre la distancia y SNR. Mediante esta comparativa de igual manera si la distancia entre el nodo y el Gateway es más extensa, la señal de recepción si tendrá varias interrupciones debido al ruido que genera entre el transmisor y receptor, debido que estas se encuentran en su mayoría bajo cero.

Figura 27

Gráfico Distancia vs RSSI

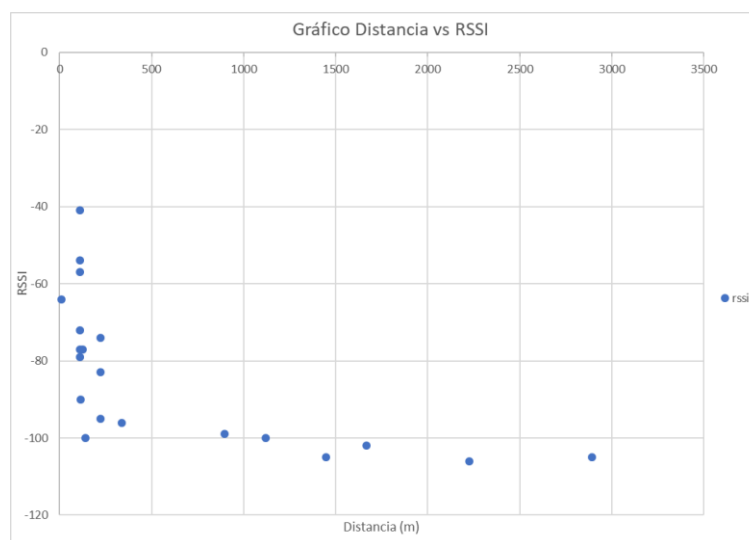
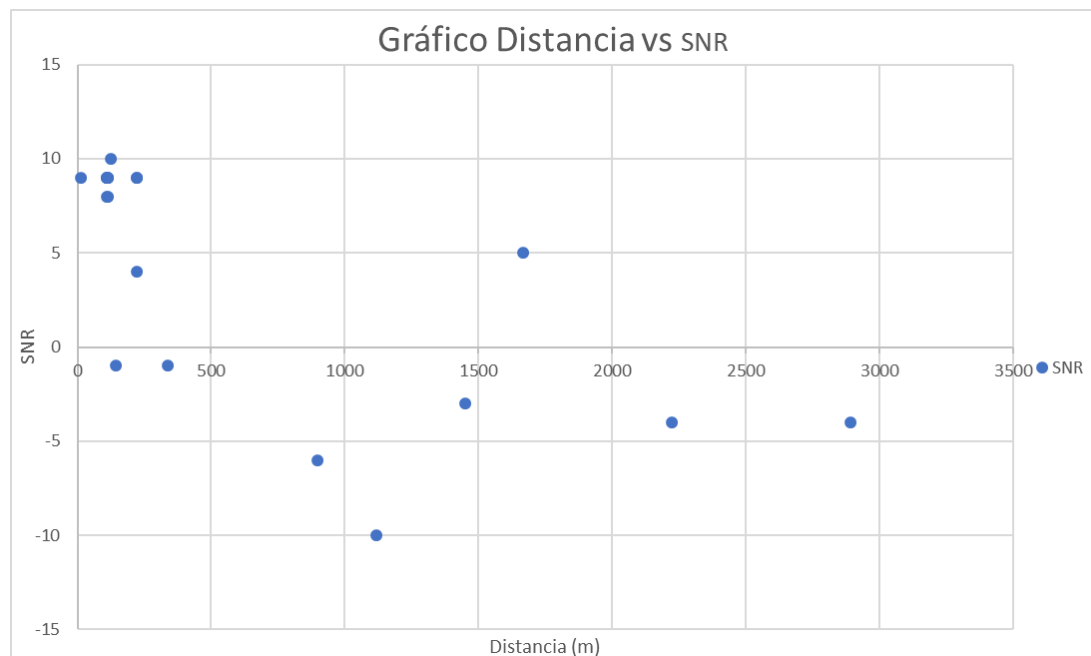


Figura 28

Gráfico Distancia vs SNR



Para calcular la distancia máxima alcanzada se realizó el envío de varios paquetes a diferentes distancias, sin embargo, únicamente 21 paquetes de datos fueron receptados por el Gateway. Con los datos obtenidos se realizó el cálculo de la distancia de cada punto en metros y kilómetros, obteniendo como resultado 295 metros la distancia máxima. Las coordenadas principales del Gateway son latitud: -0.30 y longitud: -78.475685. En la **Tabla 20** se puede visualizar los datos recolectados y la distancia calculada.

Tabla 20*Distancia entre puntos geográficos*

Latitud	Longitud	Distancia	Medida
-0.3001	-78.4757	2	m
-0.3001	-78.4756	10	m
-0.3001	-78.4756	10	m
-0.3	-78.4757	12	m
-0.3002	-78.4756	14	m
-0.3	-78.4756	16	m
-0.3	-78.4756	16	m
-0.3	-78.4756	16	m
-0.3	-78.4756	16	m
-0.3001	-78.4755	21	m
-0.3001	-78.4755	21	m
-0.2999	-78.4755	31	m
-0.3005	-78.4756	44	m
-0.3005	-78.4754	54	m
-0.3008	-78.4756	77	m
-0.301	-78.4749	132	m
-0.3012	-78.4747	163	m
-0.2999	-78.4742	167	m
-0.3009	-78.4744	168	m
-0.3001	-78.4737	221	m
-0.2995	-78.4731	295	m

La cobertura de red alcanzada se puede mejorar mediante la configuración del nodo y el Gateway tomando en cuenta siguientes consideraciones:

- Tamaño de la antena de los dos dispositivos.
- Tipo de antena de los dos dispositivos.
- Altura a la que se encuentra el Gateway.
- Configuración del Gateway banda ancha, factor de propagación, canal.
- Obstáculos intermedios como casas, edificios.

Análisis comparativo con otros estudios identificados en la literatura

Para validar los resultados obtenidos en las pruebas de campo, en esta sección se presentan comparativas con otros estudios encontrados en la literatura.

Como se muestra en la **Tabla 21**, un primer análisis realizado es una comparativa entre Gateway para uso en interiores y exteriores. Uno de los aspectos más importantes determinados es la escala de implementación (Deployment scale) la misma que varía dependiendo si el Gateway es para interior o exterior. Según su tipo, la cobertura puede ser óptima para utilizarla en una casa, en un campus o una ciudad. De acuerdo con Basford, Bulot, Apetroaie-Cristea, Cox, & Ossont (2020) el uso de un Gateway para interior como The Things Indoor Gateway, es ideal para uso doméstico o dentro de edificios. Mientras que el uso de un Gateway para exteriores como Kerlink iBST es la opción más adecuada para abarcar una cobertura de una ciudad. Sin embargo, no solamente existen Gateway prefabricados, también se puede implementarlos a la medida y a un bajo costo; estos se los utiliza generalmente con fines de pruebas. Además de la escala de implementación, en la tabla también se indica el número de canales que soporta cada Gateway, el costo aproximado, si tiene un GPS incorporado, entre otros aspectos. Se debe tomar en cuenta que para obtener un mayor alcance de la cobertura se debe utilizar un Gateway con mejores características, tomando en cuenta su alcance, así como también el uso que se lo va a dar ya sea para interiores o exteriores.

Tabla 21

Comparación de diferentes soluciones de puerta de enlace LoRaWAN comerciales.

	The Things Indoor Gateway	The Things Gateway	The Things Outdoor Gateway	Kerlink iBST
Simultaneous channels	8	8	≤ 16	≤ 16
Price (USD)	80	380	520	2500
Deployment scale	House	Campus	Country	Country
Uplink	WiFi	WiFi/Ethernet	Ethernet / GPRS	Ethernet / GPRS
Accurate time stamp	No	No	No	Yes
Onboard GPS enclosure	No	No	Yes	Yes

Nota. Recuperado de MDPI Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Southampton, Southampton SO16 7QF, UK

En la literatura también se encuentran estudios que prueban la cobertura de una red LoRa con diferentes niveles de Spreading Factor (SF). De acuerdo con las especificaciones para redes LoRa, un SF7 es el que menos tiempo de aire consume en el envío de una trama de datos, en tanto que un SF12 es el que mayor tiempo de aire utiliza. Para un SF12 la distancia máxima alcanzada entre un Gateway y el nodo fue de 400 metros, mientras que con una configuración de SF7 no se logró obtener comunicación. (Haxhibeqiri, y otros, 2017). En otro estudio similar, se utilizó un Gateway LoRa para exterior y con un SF12 se alcanzó distancias desde 300 metros hasta 1850 metros entre el Gateway y el nodo. Sin embargo, este alcance no fue lo que se esperaba debido a que LoRa en sus especificaciones indica como rango de comunicación en zonas urbanas de 2 a 5 kilómetros. (Erhati, Schiele, & Batke, 2018).

Discusión

En esta sección, se discutirá los posibles factores que afectaron para conseguir la cobertura de distancia entre el Gateway y el nodo que se encuentra en la especificación de LoRa. Entre los parámetros tenemos:

- Spreading factor (FC): Este parámetro va desde 7 a 12, mientras más bajo sea, mayor será la velocidad de transferencia, pero menor será el alcance de cobertura.
- Bandwidth (BW): Ancho de banda de frecuencia. LoRa utiliza tres anchos de banda: 125kHz, 250kHz y 500kHz.
- Data Rate (DR): LoRaWAN usa una configuración diferente de frecuencias, Spreading Factor, y anchos de banda dependiendo de dónde se encuentre en el mundo. En nuestro estudio se utilizó la frecuencia US915 que es la frecuencia habilitada para Ecuador.
- Canal: Se especifica dependiendo la banda de frecuencia.
- Coding Rate (CR): Forma para codificar la corrección de errores.

De los tres primeros parámetros (SF, BW, DR) depende la cantidad de bits por segundo que se pueden transmitir en un canal. Por ejemplo, para US915, se pueden transmitir 980 bits/s con un DR0, SF10/125kHz. En cambio, para un DR13 con SF7/500kHz, se pueden transmitir hasta 21900 bits/s.

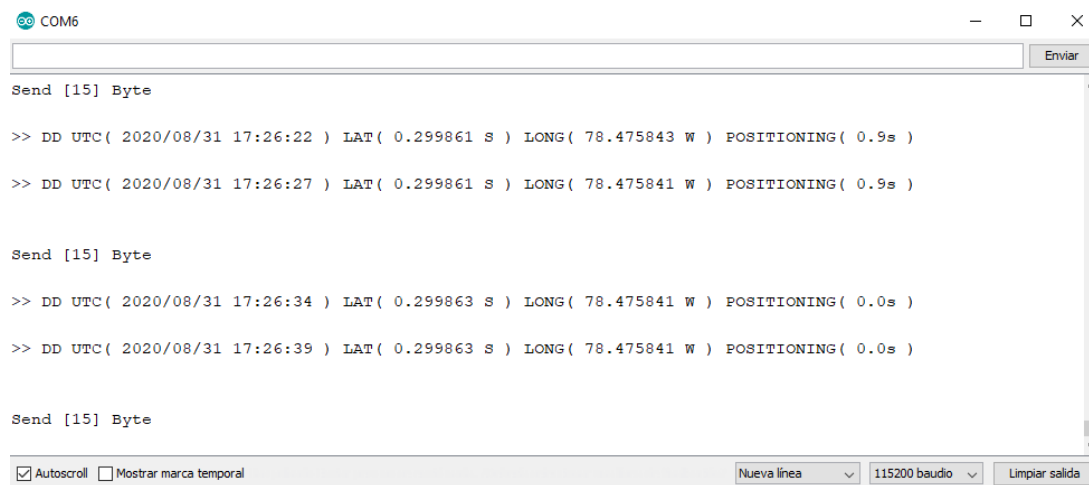
El establecer una comunicación LoRa punto a punto y a distancias cortas es relativamente sencillo. Sin embargo, para lograr un mayor alcance se debe tomar en cuenta antenas con mayor ganancia y que se encuentren en línea de vista con los nodos,

además de la correcta configuración del canal, velocidad, y SF tanto en el Gateway como en el nodo LoRa. (LoRaWAN, 2020)

En las pruebas de campo realizadas, se utilizó un Data Rate de 1 (DR1), esto implica un SF9 con un ancho de banda de 125kHz, de acuerdo con la configuración establecida para el plan de frecuencias US915 usado en Ecuador. Con este DR se puede transmitir hasta 1760 bits/s. Como se aprecia en la **Figura 29**, se envían 1500 bits/s para poder transmitir la longitud y latitud (si se configura un canal a un DR0 con SF7 no sería posible enviar esta cantidad de información).

Figura 29

Cantidad de bytes enviados de posición GPS



The screenshot shows a serial terminal window titled 'COM6'. The window contains the following text:

```
Send [15] Byte
>> DD UTC( 2020/08/31 17:26:22 ) LAT( 0.299861 S ) LONG( 78.475843 W ) POSITIONING( 0.9s )
>> DD UTC( 2020/08/31 17:26:27 ) LAT( 0.299861 S ) LONG( 78.475841 W ) POSITIONING( 0.9s )

Send [15] Byte
>> DD UTC( 2020/08/31 17:26:34 ) LAT( 0.299863 S ) LONG( 78.475841 W ) POSITIONING( 0.0s )
>> DD UTC( 2020/08/31 17:26:39 ) LAT( 0.299863 S ) LONG( 78.475841 W ) POSITIONING( 0.0s )

Send [15] Byte
```

At the bottom of the window, there are several controls: a checked 'Autoscroll' checkbox, an unchecked 'Mostrar marca temporal' checkbox, a 'Nueva línea' dropdown menu, a '115200 baudio' dropdown menu, and a 'Limpiar salida' button.

Mientras más cantidad de datos se requiere enviar, es necesario un mayor SF y en consecuencia se disminuye el alcance de comunicación entre el Gateway y el nodo. Por otro lado, se ha podido determinar que el tipo de Gateway usado (sea interior o exterior) también influye en el alcance de la señal ya que los Gateway para exteriores vienen con antenas que tienen mayor potencia. En este estudio se usó un Gateway de

bajo costo para interiores basado en una placa Raspberry PI, con lo cual la distancia máxima alcanzada fue de 295 metros, misma que se considera aceptable con las consideraciones antes mencionadas. Para operaciones de soldados en selva, necesariamente se debería utilizar un Gateway para exteriores y con ello mejorar la cobertura de la solución propuesta.

En resumen, en este trabajo se consiguió que mediante un reloj inteligente se envíen paquetes de datos como mensajes, posición geográfica y frecuencia cardiaca, hacia un módulo que a su vez lo retransmite a un servidor para que puedan ser visualizados en tiempo real en la plataforma Grafana. La comunicación utilizada se basa en LoRaWan, que puede ser desplegada en ambientes donde no existen comunicaciones tradicionales. Los resultados obtenidos comprueban la formulación de la hipótesis.

Capítulo V

En esta sección se detalla la respuesta de cada pregunta de investigación, las conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar el desarrollo e implementación del prototipo propuesto.

Síntesis de las preguntas de investigación

- **¿Cuál es la cobertura de comunicaciones tradicionales en el Ecuador?**

Las coberturas de comunicaciones tradicionales como redes celulares y fibra óptica cubren las principales provincias del Ecuador, en donde se puede encontrar cobertura tanto 2G como 4G. Sin embargo, en la investigación se pudo evidenciar que en las zonas fronterizas de la selva ecuatoriana las comunicaciones tradicionales son escasas o inexistentes.

- **¿Qué soluciones existen sobre mensajería y geoposicionamiento mediante redes LoRa?**

En la revisión de literatura preliminar se evidenció que las soluciones para el geoposicionamiento mediante redes LoRa hacen uso de sensores GPS y sensores para el área del cuerpo, permitiendo obtener la ubicación del soldado y sus signos vitales. Estos datos son enviados a la sala de control mediante un módulo ZigBee y redes LoRa, y permite la comunicación entre el líder de la tropa y la sala de control. Sin embargo, no se encontraron soluciones para el envío de mensajes mediante redes LoRa.

- **¿Qué tipo de dispositivos se debe implementar para monitorear la ubicación de los efectivos del comando de operaciones?**

Para monitorear la ubicación de los efectivos de las Fuerzas Armadas del Ecuador cuando se encuentran en las operaciones en la selva es necesario el uso de redes diferentes a las redes tradicionales debido a la inexistencia de estas en la selva ecuatoriana. En este estudio se ha implementado infraestructura de redes LoRa para realizar la comunicación con módulos y sensores y de esta forma obtener la posición geográfica de cada miembro de la tropa. En la presente investigación se utilizó además un reloj inteligente que mediante sus sensores recolecta la posición geográfica y la frecuencia cardiaca.

- **¿Qué herramientas de software se deben utilizar para el desarrollo de la investigación?**

Las herramientas de software que se utilizaron son Android Studio que permite la creación del programa que obtiene los datos del reloj inteligente, Arduino que permite la recepción y envío de datos entre el reloj inteligente y el Gateway, y las plataformas The Things Network y FIWARE que permiten el despliegue de datos hacia un centro de control.

- **¿Cuál será la distancia máxima obtenida de la red LoRaWAN en la investigación?**

En la presente investigación la distancia máxima obtenida es de 295 metros entre el nodo y el Gateway LoRa. Esta distancia ha sido lograda con un Gateway de bajo costo.

- **¿Se puede enviar los paquetes de datos en tiempo real, entre los dispositivos?**

Se ha conseguido enviar los datos en tiempo real por medio del sensor del reloj inteligente. Estos datos se envían automáticamente, hacia el módulo LoRa, y este se encarga del envío hacia el Gateway para ser almacenados en una base de datos que luego es consumido por un generador de reportes (dashboard) que muestra un mapa de cobertura y ubicación de puntos de acuerdo con las coordenadas GPS.

Conclusiones

- En la revisión preliminar de la literatura se evidenció que no existen soluciones de geoposicionamiento mediante redes LoRa en lugares donde no existen comunicaciones tradicionales en el Ecuador.
- Con el desarrollo del prototipo se demostró que la implementación entre dispositivos móviles y redes LoRaWAN, si es viable para el monitoreo de la ubicación de los efectivos de las Fuerzas Armadas del Ecuador, siendo una solución en el control de estos cuando se encuentran en operaciones en la selva. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la distancia de cobertura depende en gran medida de los dispositivos de comunicación, como puede ser el tipo Gateway y antenas utilizadas.
- Las pruebas realizadas en la zona urbana de la ciudad de Quito dieron como resultado un alcance máximo de 295 metros, el indicador de intensidad de fuerza de la señal recibida en promedio es de -82dBm y la sensibilidad al ruido en promedio es de 4dB entre el nodo y el Gateway.

Recomendaciones

- Considerar la frecuencia permitida de LoRaWAN para cada región con el fin de tener un correcto funcionamiento de la red.
- Para reducir costos de implementación de soluciones basadas en LoRa, existen diversas herramientas gratuitas, como por ejemplo se recomienda el uso de la plataforma The Things Network la cual permite el despliegue de manera rápida y sencilla tanto de nodos como de Gateway.
- Utilizar herramientas gratuitas como FIWARE y Grafana para permitir el acceso de los datos recolectados entre los dispositivos de una manera sencilla y amigable con el usuario final.
- En este trabajo no se han abordado aspectos de seguridad de redes LoRa, ya que sale del alcance planteado, sin embargo, se recomienda considerar que en las aplicaciones militares la seguridad de datos es de suma importancia, por lo tanto, se debería considerar que para que la solución planteada pueda utilizarse en un entorno real, se debería hacer un análisis específico sobre seguridades.

Bibliografía

- Alonso Villaverde, N. (2018). Provisión de servicios de la Internet de las Cosas sobre redes basadas en LoRa. *Universidad de Cantabria*.
doi:<http://hdl.handle.net/10902/14930>
- Anuradha, M. P., Sheryl Oliver, A., Jean Justus, J., & Maheswari, N. (2018). IOT based monitoring system to detect the ECG of soldiers using GPS and GPRS. *Biomedical Research (India)*, 3708-3714.
doi:<https://doi.org/10.4066/biomedicalresearch.29-18-1126>
- Arduino. (2 de Agosto de 2019). *WHAT IS ARDUINO?* Obtenido de <https://www.arduino.cc>
- Atos España SA. (3 de Agosto de 2019). *LORAWAN IOT AGENT*. Obtenido de <https://fiware-lorawan.readthedocs.io/en/latest/>
- Ayala, E., & Gonzales, S. (2017). *Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Lima: Fondo Editorial de la UIGV.
- Barbara, K., & Stuart, C. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineerin. *CiteSeer*.
- Basford, P., Bulot, F., Apetroaie-Cristea, M., Cox, S., & Ossont, S. (2020). LoRaWAN for Smart City IoT Deployments: A Long Term Evaluation. *MDPI and ACS Style*, 648.
- Belloch, C. (20 de Agosto de 2012). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje*. Obtenido de <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>
- Beltrán, L. G. (2015). La geolocalización social. *Polígonos*, 97-118.
doi:<http://dx.doi.org/10.18002/pol.v0i27.3290>
- Bhate, A., & Parveen Sultana, H. (2019). Smart wrist band for women security using logistic regression technique. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2215-2218.
- Cabero, J. (1998). *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Casanova, M. (20 de Agosto de 2020). *¿Qué es LoRa? Una tecnología LPWAN para IoT*. Obtenido de <https://alfaiot.com/blog/ultimas-noticias-2/post/que-es-lora-2>

- Comando Conjunto FF.AA. (2010). *Plan Estratégico Institucional de Fuerzas Armadas*. Obtenido de https://www.ccffaa.mil.ec/wp-content/uploads/sites/8/2019/04/k-anexo-1-PLAN-ESTRATEGICO-FF.AA_-2010-2021.pdf
- Constain, P., & Doni, D. (2019). Cobertura y capacidad en redes 2G, 3G y 4G. *RIUD*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/14691>
- EL COMERCIO. (8 de Agosto de 2017). *Últimas noticias*. Obtenido de <https://www.ultimasnoticias.ec/las-ultimas/numero-personas-perdidas-cumbres-quito.html>
- Erbati, M. M., Schiele, G., & Batke, G. (2018). Analysis of LoRaWAN technology in an Outdoor and an Indoor Scenario in Duisburg-Germany. *2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8463224>
- Eric, B. (6 de Agosto de 2020). *LoRa*. Obtenido de <https://lora.readthedocs.io/en/latest/>
- Evangeline, C. S., & Lenin, A. (2019). Human health monitoring using wearable sensor. *Sensor Review*, 39(3), 364-376. doi:<https://doi.org/10.1108/SR-05-2018-0111>
- FIWARE. (2 de Agosto de 2020). *DESARROLLA TU PRIMER APLICACIÓN EN FIWARE*. Obtenido de https://fiware-training.readthedocs.io/es_MX/latest/casodeestudio/descripcion/
- FIWARE. (20 de Agosto de 2020). *WHAT IS FIWARE?* Obtenido de <https://www.fiware.org/developers/>
- GARMIN. (2 de Agosto de 2020). *What is GPS?* Obtenido de <https://www8.garmin.com/aboutGPS/>
- GCF GLOBAL. (2 de Agosto de 2020). *What is a mobile device?* Obtenido de <https://edu.gcfglobal.org/en/computerbasics/mobile-devices/1/>
- Gondalia, A., Dixit, D., Parashar, S., Sengupta, A., & Sarobin, V. R. (2018). IoT-based Healthcare Monitoring System for War Soldiers using Machine Learning. *Procedia Computer Science*, 1005-1013. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.075>
- GOOGLE. (10 de Marzo de 2014). *9TO5GOOGLE*. Obtenido de <https://ww.9to5google.com/guides/wear-os/#>
- Grafana. (20 de Agosto de 2020). *Worldmap Panel*. Obtenido de <https://grafana.com/grafana/plugins/grafana-worldmap-panel>

- Grafana Labs. (3 de Agosto de 2020). *What is Grafana?* Obtenido de <https://grafana.com/docs/grafana/latest/getting-started/what-is-grafana/>
- Haxhibeqiri, J., Karaagac, A., Abeele, F. V., Joseph, W., Moerman, I., & Hoebeke, J. (2017). LoRa indoor coverage and performance in an industrial environment: Case study. *2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1-8. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8247601/references#references>
- Heltec. (03 de Agosto de 2020). *Heltec Automation*. Obtenido de <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>
- IoT. (10 de Agosto de 2020). *Internet of Things Global Standards Initiative*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- Iyer, B., & Patil, N. (2018). IoT enabled tracking and monitoring sensor for military applications. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 1294-1301. doi:<https://doi.org/10.1007/s13198-018-0727-8>
- Joskowicz, J. (20 de Agosto de 2018). *Redes de datos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose_Joskowicz/publication/266907714_REDES_DE_DATOS/links/544e350a0cf26dda088e75f1/REDES-DE-DATOS.pdf
- León Velandia, B. A., & RoseroMuñoz, M. A. (2014). Recomendaciones para contratar servicios en la 'nube'. *Facultad de Ingeniería*, 23(37), 93-108. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4139/413937008010>
- LoRa. (3 de Agosto de 2020). *Cayenne Docs*. Obtenido de <https://developers.mydevices.com/cayenne/docs/lora/#lora-cayenne-low-power-payload>
- LoRa Alliance. (25 de 07 de 2020). *What is it?* Obtenido de <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>
- LoRa Alliance. (25 de Agosto de 2020). *What is the LoRaWAN Specification?* Obtenido de <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- LoRaWAN. (20 de Agosto de 2020). *LoRaWAN Descubre la mayor revolución para el Internet de las Cosas (IoT)*. Obtenido de <https://lorawan.es/>
- LUXIOT. (3 de Agosto de 2020). *Tecnología IoT*. Obtenido de <https://luxiot.eu/tecnologia/>
- Manuel, B., Álvaro, B., Jorge, C., Luis, C., Miguel, G., & Francisco, H. (2012). *Introducción a Android*. Madrid.

- Merlino, H., Rodríguez, D., Pytel, P., & García Martínez, R. (2011). Ambientes de desarrollo de software basados en patrones de usabilidad. *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 675-678. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19554>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (02 de Octubre de 2018). *PLAN DE SERVICIO UNIVERSAL*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/11/Plan-de-Servicio-Universal.pdf>
- Moya Quimbita, M. A. (5 de Octubre de 2019). *Evaluación de pasarela LoRa/LoRaWAN en entornos urbanos*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/109791>
- Niket, P., & Brijesh, I. (2017). Health monitoring and tracking system for soldiers using Internet of Things(IoT). *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 1347-1352. doi:<https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8230007>
- nPerf. (30 de Mayo de 2020). *Mapa de cobertura 3G / 4G / 5G, Ecuador*. Obtenido de <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/-/signal/?ll=-1.67784229260434&lg=-83.615&zoom=6>
- Ponce, E., & Ulloa, J. (20 de Marzo de 2019). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/21104/T-ESPE-039755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pozo Ruz, A., Ribeiro, A., García Alegre, M., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). Sistema de posicionamiento global (GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga.
- Quonty. (29 de Enero de 2018). *Smartwatch funciones y características para la mejor elección*. Obtenido de <https://www.quonty.com/blog/smartwatch-funciones/>
- Raspberry Pi. (02 de Agosto de 2020). *Raspberry Pi 3 Model B*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- Rivera, N. (20 de Junio de 2015). *Qué es el Internet of Things y cómo cambiará nuestra vida en el futuro*. Obtenido de <https://hipertextual.com/2015/06/internet-of-things>
- Seedstudio. (03 de Agosto de 2020). *LoRa/LoRaWAN Gateway Kit*. Obtenido de https://wiki.seedstudio.com/LoRa_LoRaWan_Gateway_Kit/

- SoftwareLab. (4 de Agosto de 2019). *¿Qué es WiFi, qué significa y para qué sirve?*
Obtenido de <https://softwarelab.org/es/que-es-wifi-que-significa-y-para-que-sirve/>
- Solera, E. (27 de Agosto de 2018). *Modulación LoRa: Long Range Modulation*. Obtenido de <https://medium.com/pruebas-de-laboratorio-de-la-modulaci3n-lora/modulaci3n-lora-4ad74cabd59e>
- TELCONET. (2 de Agosto de 2020). *Red de Cobertura Nacional*. Obtenido de <https://www.telconet.net/index.php/telconetlatam/infraestructura/cobertura-nacional>
- The things network. (03 de Agosto de 2020). *RHF0M301 LoRaWAN Module*. Obtenido de <https://www.thethingsnetwork.org/marketplace/product/rhf0m301-lorawan-module>
- Universidad Internacional de Valencia. (21 de Marzo de 2018). *Evoluci3n de la red de comunicaci3n m3vil, del 1G al 5G*. Obtenido de <https://www.universidadviu.com/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>
- Vargas Losada, H. F., Tovar Rubiano, M. F., & Villanueva Mu3noz, J. C. (2016). Los SAT (Sistemas De Alertas Tempranas). *Revista Cient3fica*, 3(26), 21-28.
doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.11087>

