

Diseño e implementación de dispositivo portátil para el envío automático de mensajes de emergencia tipo SMS enfocado para el uso de personas de la tercera edad en situaciones de vulnerabilidad ubicadas en zona rural de Granada Meta

Oscar David Gómez Ochoa

Marlon Alexis Martínez Romero

Asesor

Iván Camilo Nieto Sánchez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones e Ingeniería de Electrónica

2025

Dedicatoria

Gracias Papa Dios. Gracias a mi mamá por traerme al mundo.

En memoria de Juan Mateo Guateque Díaz, quien con su amabilidad, bondad y disposición
contribuyó a la construcción de este proyecto.

"¡Una belleza prácticamente, pues!" "¡Yo soy malo!".

Resumen

En el desarrollo realizado del presente proyecto se llevó a cabo el análisis y evaluación de las condiciones geográficas, demográficas y culturales de la comunidad campesina de adultos mayores del corregimiento de La Playa, ubicado junto al río Ariari en el municipio de Granada, Meta. Se verificó la disponibilidad y cobertura de redes móviles locales, y se determinó la tecnología más idónea (entre GSM, 2G, 3G, 4G o variantes de baja potencia) para implementar un dispositivo portátil de bajo costo capaz de enviar mensajes de emergencia tipo SMS. Con esta solución se busca dar una alternativa o facilitar la comunicación de forma intuitiva, considerando la limitada adopción tecnológica y los desafíos de cobertura asociados a la geografía de la región.

En el análisis del aspecto social se identificó que numerosas comunidades rurales de adultos mayores en Colombia presentan escaso o nulo conocimiento de tecnología móvil contemporánea, con una adopción muy limitada de teléfonos inteligentes (“smartphones”). Esto se observa con mayor intensidad entre las personas analfabetas de la tercera edad, quienes en muchas ocasiones sólo manejan funciones básicas en móviles convencionales (“feature phones”), como contestar o colgar llamadas. Según datos del (DANE, 2023), el 32,2 % de los hogares rurales y de dispersión poblacional no cuenta con conexión a internet. Además, en estas zonas solo el 62,8 % de las personas de 5 años o más poseen teléfono celular, de las cuales aproximadamente el 87 % son smartphones. En el caso específico de la población mayor de 60 años, alrededor del 70 % no utiliza internet y un 64,6 % “no saber usarlo” como motivo principal. Asimismo, el 84,8 % de estos adultos no emplea computadoras de escritorio, portátiles o tabletas.

En consecuencia, el uso de smartphones está restringido fundamentalmente a funciones como llamadas de voz o envíos de SMS, especialmente cuando existe alfabetización tecnológica

mínima. Este panorama social evidencia que cualquier solución tecnológica para personas mayores debe contemplar interfaces extremadamente simplificadas, adaptadas a baja alfabetización digital y las necesidades cognitivas, así como a visuales específicas.

Palabras Claves: Redes Móviles, Envío Mensajes SMS, Tecnologías de Asistencia, Población Vulnerable, Zonas Rurales

Abstract

In the development of this project, an analysis and evaluation of the geographic, demographic and cultural conditions of the rural community of older adults in the village of La Playa, located along the Ariari River in the municipality of Granada, Meta, was carried out. The availability and coverage of local mobile networks was verified, and the most suitable technology was determined (GSM, 2G, 3G, 4G or low power variants) to implement a low-cost portable device capable of sending emergency SMS messages. This solution seeks to provide an alternative or facilitate communication in an intuitive way, considering the limited technological adoption and coverage challenges associated with the geography of the region.

In the analysis of the social aspect, it was identified that many rural communities of older adults in Colombia have little or no knowledge of contemporary mobile technology, with a very limited adoption of smartphones. This is observed with greater intensity among illiterate elderly people, who in many cases only manage basic functions in conventional cell phones (“feature phones”), such as answering or hanging up calls. According to data from (DANE, 2023), 32.2% of rural and sparsely populated households do not have Internet connection. Furthermore, in these areas only 62.8% of people aged 5 years or older own a cell phone, of which approximately 87% are smartphones. In the specific case of the population over 60 years of age, around 70 % do not use the Internet and 64.6 % “do not know how to use it” as the main reason. Likewise, 84.8% of these adults do not use desktop computers, laptops or tablets.

Consequently, the use of smartphones is fundamentally restricted to functions such as voice calls or sending SMS, especially when there is minimal technological literacy. This social panorama shows that any technological solution for the elderly must contemplate extremely

simplified interfaces, adapted to low digital literacy and cognitive needs, as well as to specific visual needs.

Keywords: Mobile Networks, Sending SMS messages, Assistive Technologies, Vulnerable Population, Rural Area.

Tabla de Contenido

Introducción	15
Planteamiento del Problema	16
Justificación	27
Objetivos.....	29
Objetivo General	29
Objetivos Específicos	29
Alcance del Proyecto	30
Criterios de Diseño e Implementación.....	31
Marco Conceptual.....	32
Sistema de Comunicación a través de Mensajes SMS.....	32
Brecha Tecnológica de Adultos Mayores en Zonas Rurales.....	32
Interfaz con Enfoque en Adultos Mayores.....	33
Marco Teórico.....	36
Definición y Contextualización sobre Tecnologías de Comunicación Móvil:	36
Tecnologías de Comunicación en Zonas Rurales:	41
Necesidades de la Población de la Tercera Edad y Tecnologías para la Inclusión Social:.....	42
Estado del Arte:.....	43
Metodología	46
Etapas del Desarrollo del Proyecto	46
Identificación de Necesidades de los Usuarios.....	46
Enfoque Metodológico Cuantitativo.....	46
Enfoque Metodológico Cualitativo.....	46

Diseño de Prototipo	46
Enfoque Metodológico Cuantitativo.....	46
Enfoque Metodológico Cualitativo.....	46
Desempeño del Prototipo en Condiciones Reales	46
Enfoque Metodológico Cuantitativo.....	46
Enfoque Metodológico Cualitativo.....	47
Optimización del Dispositivo	47
Enfoque Metodológico Cuantitativo.....	47
Enfoque Metodológico Cualitativo.....	47
Diseño e Implementación del Prototipo del Dispositivo	48
Criterio de Diseño y Evaluación de Tecnología del Mercado	48
Materiales y Componentes Utilizados.....	52
Componentes Electrónicos	52
Arduino UNO.....	52
Módulo SIM800L.	53
Resistencias.....	55
Capacitores.....	56
Batería.....	56
Pulsadores.....	58
Carcasa.....	59
PCB.....	59
Software Empleado.....	60
Arduino IDE [versión 2.3.2].....	60

Librerías Utilizadas.....	61
SoftwareSerial [Versión 15/06/2022].....	61
Diagrama de Flujo del Sistema	61
Especificaciones y Ensamble del Hardware.....	62
Código Desarrollado para Arduino.....	62
Plano Final del Dispositivo	64
Implementación del Dispositivo.....	64
Prototipo Inicial	64
Diseño Final.....	66
Pruebas de Campo y Resultados	67
Análisis de Resultados.....	69
Protocolo de Pruebas.....	70
Herramientas y Recursos:.....	71
Procedimiento de Pruebas por Tecnología.....	71
Pruebas en 2G (GSM).....	71
Pruebas en 3G (UMTS/WCDMA).....	71
Pruebas en 4G (LTE).....	71
Cambios y Mejoras Realizadas Durante la Implementación del Dispositivo	71
Cambios en Antena.....	71
Cambios en Batería.....	73
Cambios en PCB.....	73
Uso de Múltiples SIMs	73
Resultados de la Implementación.....	73

Desempeño del Dispositivo	73
Fundamentos Legales de Protección de Datos	74
Encuesta de Satisfacción	75
Datos Generales.	75
Satisfacción de Uso.....	77
Usabilidad	79
Conclusiones	82
Referencias Bibliográficas	85
Apéndices.....	93
Apéndice A	93
Apéndice B.....	94
Apéndice C	95
Apéndice D.....	96
Apéndice E	122

Tabla de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación La Playa (Centro Poblado/Caserío) con Respecto a Granada, Meta</i>	17
Figura 2 <i>Ubicación de El Pizuiño con respecto a La Playa</i>	18
Figura 3 <i>Diferentes veredas cercanas, pero más lejos de La Playa</i>	18
Figura 4 <i>Línea de vista desde la última antena/ de telefonía móvil de Claro más cercana a El Pizuiño</i>	19
Figura 5 <i>Cobertura de 4G/LTE en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a la señal en Granada, Meta</i>	20
Figura 6 <i>Cobertura de 3G/UMTS en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a la señal en Granada, Meta</i>	20
Figura 7 <i>Cobertura de 2G/GSM en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a la señal en Granada, Meta</i>	21
Figura 8 <i>Cobertura de 2G/GSM en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía</i>	22
Figura 9 <i>Cobertura de 3G/UMTS en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía</i>	23
Figura 10 <i>Cobertura de 4G/LTE en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía</i>	24
Figura 11 <i>Mapa de cobertura de telefonía móvil del proveedor Movistar en Granada, Meta con respecto a La Playa, en donde se evidencia que la presencia es nula en cualquier tecnología (4G, 3G y 2G)</i>	25
Figura 12 <i>Resistencia 330Ω con 5% de tolerancia y capacidad de dispersión de ¼ de vatio</i>	56
Figura 13 <i>Pulsadores de diferentes colores</i>	58

Figura 14 <i>Carcasa de acrílico tipo ensamble por paredes encajables.....</i>	59
Figura 15 <i>PCB de fibra de vidrio con pistas en cobre.....</i>	60
Figura 16 <i>Diagrama de flujo de la lógica de programación del dispositivo.....</i>	61
Figura 17 <i>Plano final del ensamble usado en el dispositivo con cada componente señalado..</i>	64
Figura 18 <i>Primer prototipo realizado para el envío de un mensaje con georreferenciación y llamada a un único destinatario</i>	64
Figura 19 <i>Segundo prototipo realizado para el envío de mensajes a diferentes destinatarios ...</i>	65
Figura 20 <i>Diseño e implementación final del dispositivo</i>	66
Figura 21 <i>Diagrama de barras con resultados de pruebas con SIM #1 comparando tiempo de respuesta con la potencia GSM</i>	68
Figura 22 <i>Diagrama de barras con resultados de pruebas con SIM #2 comparando tiempo de respuesta con la potencia GSM</i>	69
Figura 23 <i>Antena con adaptador para Módulo SM800L.....</i>	72
Figura 24 <i>Rango de edad.....</i>	75
Figura 25 <i>Nivel educativo</i>	76
Figura 26 <i>Experiencia previa en uso de dispositivos de envío de SMS.....</i>	77
Figura 27 <i>Nivel de satisfacción con el uso del dispositivo</i>	77
Figura 28 <i>Expectativas del dispositivo</i>	78
Figura 29 <i>Recomendación del dispositivo a otras personas.....</i>	79
Figura 30 <i>Aprendizaje de uso del dispositivo</i>	79
Figura 31 <i>Instrucciones de uso del dispositivo.....</i>	80
Figura 32 <i>Facilidad de uso del dispositivo</i>	80

Tabla de Apéndices

Apéndice A <i>Encuesta de satisfacción</i>	93
Apéndice B <i>Entrevistas a adultos mayores</i>	94
Apéndice C <i>Autorización de derechos de imagen</i>	95
Apéndice D <i>Pruebas de Campo con 2 SIM cards</i>	96
Apéndice E <i>Evidencias técnicas y videos de pruebas de cobertura en zonas rurales</i>	122

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Bandas de frecuencia del espectro electromagnético</i>	39
Tabla 2 <i>Evaluación de microcontroladores</i>	48
Tabla 3 <i>Pros y contras de microcontroladores</i>	49
Tabla 4 <i>Características de Arduino UNO</i>	53
Tabla 5 <i>Características de módulo SIM800L</i>	54
Tabla 6 <i>Cálculo de potencia del dispositivo</i>	57
Tabla 7 <i>Distribución de corriente y potencia de cada componente</i>	57
Tabla 8 <i>Características de pulsadores</i>	58
Tabla 9 <i>Características de la carcasa</i>	59
Tabla 10 <i>Características de la PCB</i>	60
Tabla 11 <i>Características de antena módulo SM800L mejorada</i>	72
Tabla 12 <i>Pruebas de funcionamiento en dispositivo con SIM #1 (+57) 322 218 2313</i>	97
Tabla 13 <i>Pruebas de funcionamiento en Dispositivo con SIM #2 (+57) 322 214 7487</i>	108

Introducción

En el presente informe de proyecto aplicado de grado se abarcaron todos los aspectos esenciales que permitieron identificar una problemática clave que puede ser solucionada a través de las ingenierías de electrónica y telecomunicaciones. Tras concretar los aspectos pertinentes de la problemática, se definieron los objetivos y metodología planteados en el desarrollo de un proyecto que permita dar solución a la problemática. En este caso, se tratará de un dispositivo portátil de comunicación para el envío automático de mensajes de emergencia tipo SMS enfocado para el uso de personas de la tercera edad en situaciones de vulnerabilidad. Para la realización del dispositivo se exploraron los criterios analizados durante el proceso de implementación del dispositivo, así como la evaluación de cada uno de sus componentes electrónicos. Finalmente, mediante su puesta a prueba se verificó la utilidad, confiabilidad, usabilidad y asertividad así como la acogida por parte de los adultos mayores que hicieron parte del proceso de prueba.

Planteamiento del Problema

En Colombia existen poblaciones de la tercera edad que no cuentan con una extendida adopción de tecnologías contemporáneas como el uso de celulares smartphones, especialmente poblaciones marginadas y vulnerables como las poblaciones campesinas analfabetas ubicadas en regiones rurales con geografías que representan desafíos técnicos de cobertura telefónica para los proveedores de servicios de telecomunicaciones terrestres. Los principales departamentos que presentan esta problemática son La Guajira, Chocó, Nariño, Cauca, Putumayo y Meta según el informe anual de calidad de vida del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, (DANE, 2023) Por tanto, el poco uso de nuevas tecnologías celulares por parte de las poblaciones mencionadas de la tercera edad y las dificultades técnicas de cobertura en sus regiones son las dos principales problemáticas que serán consideradas en esta propuesta.

El uso de celulares inteligentes (Smartphones) es un desafío para estas poblaciones por las complejidades técnicas y conocimientos básicos que deben tener para usar bien estos dispositivos. Incluso el uso de celulares convencionales (Featurephones o Flechitas) representa un reto para realizar el envío de mensajes SMS, entre otras funcionalidades. Además, las dificultades visuales que aparecen con la edad como la presbicia, las cataratas, el glaucoma o la DMAE (Degeneración Macular Asociada a la Edad) según (National Eye Institute, 2020) desincentivan y dificultan el uso de dispositivos con pantallas digitales.

Para la contextualización de la problemática; identificando una población real con las características mencionadas, se seleccionó como población de muestra las personas de la tercera edad en situación de vulnerabilidad de la vereda de El Pizúño ubicada a 5 minutos en moto del centro poblado o “caserío” de La Playa, estando este a su vez ubicado a 15 minutos en moto del municipio de Granada, departamento del Meta.

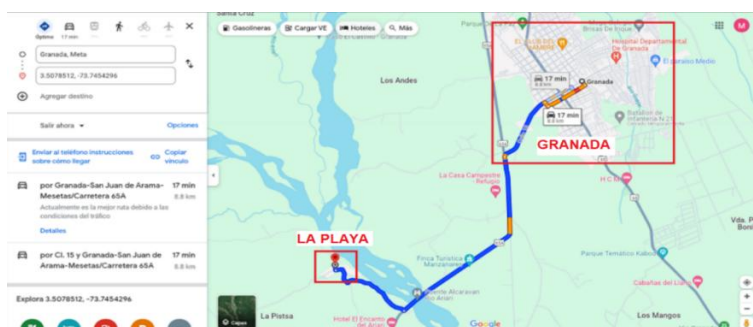
Adicionalmente, se indagó de forma preliminar a la población de la vereda El Pizuño, donde se contó con testimonios que indicaron contar con poco conocimiento en el manejo de los celulares convencionales conocidos como “flechitas”, habiendo casos en donde solo sabían cuál botón oprimir para contestar llamadas, desconociendo el proceso para realizar una llamada, el agendar y buscar contactos o como enviar un mensaje de texto SMS. Este primer acercamiento ejemplificó las dificultades técnicas que representa el hacer uso de este tipo de dispositivo en situaciones de emergencia donde requieran el contacto inmediato de cualquier contacto personal o línea de emergencia como 111 (Atención de Desastre), 123 (Línea Única Nacional de Emergencias), 119 (Bomberos) o 132 (Cruz Roja). Para conocer más detalles sobre los testimonios realizados consulte el Apéndice B; cada testimonio cuenta con la debida autorización de uso de derechos de imagen y pueden hallarse en el Apéndice C.

Dentro de la población de la tercera edad de la vereda de El Pizuño y veredas más lejanas como El Guape, La Mariela y El castillo se cuenta con personas analfabetas y con dificultades de visión que impiden la correcta visualización de las pantallas digitales de celulares convencionales y celulares inteligentes por igual.

A continuación, gracias a la facilidad que ofrece el servicio de vista geográfica por satélite de Google Maps, se ilustra la localización de las veredas mencionadas:

Figura 1

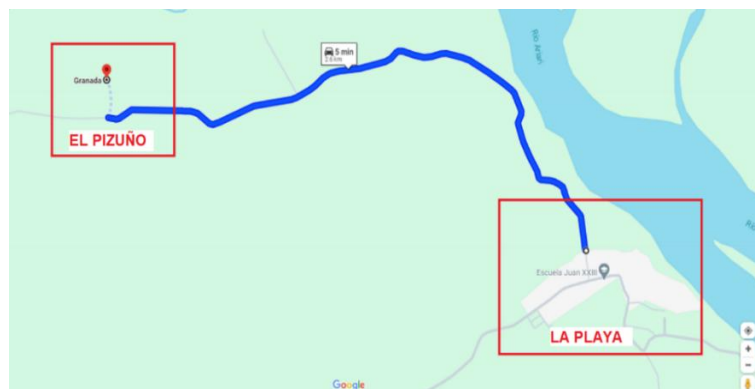
Ubicación La Playa (Centro Poblado/Caserío) con Respecto a Granada, Meta



Nota. En la Figura 1 se logra evidenciar la distancia relativa en transporte terrestre (15 minutos) desde el municipio de Granada hasta el centro poblado/caserío de La Playa. Tomado de Google Maps

Figura 2

Ubicación de El Pizuño con respecto a La Playa



Nota. La distancia entre el centro poblado/caserío de La Playa y la vereda El Pizuño es 5 minutos en transporte terrestre como se observa en la Figura 2. Tomado de Google Maps

Figura 3

Diferentes veredas cercanas, pero más lejos de La Playa



Nota. En la Figura 3 se observan las veredas La Mariela, El Silencio, El Guape y El Castillo, las cuales fueron analizadas dentro del estudio demográfico de la zona al estar relativamente cerca del centro poblado/caserío de La Playa. Tomado de Google Maps

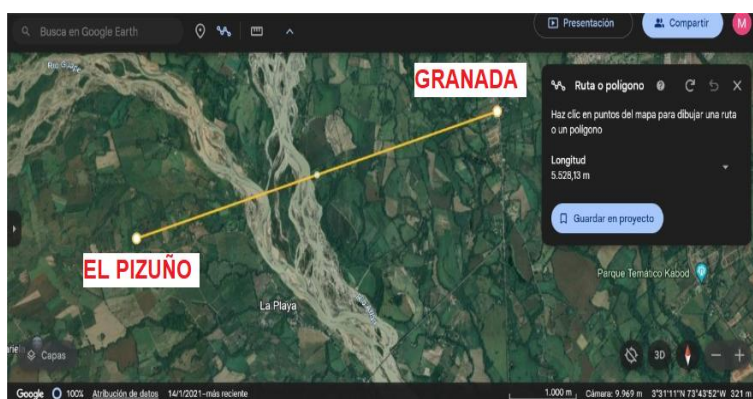
Este proyecto se limitó a considerar La Playa y el Pizúño como población campesina objetivo porque la cobertura móvil en las otras veredas era inexistente.

Las antenas y equipos más actuales de los operadores telefónicos Claro, Movistar, Tigo y Partners para el proyecto de modernización “LTE 700” del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic, 2018), la cual se basa en implementar tecnología 4G sobre el espectro de los 700 MHz, en donde dichos equipos con sus parámetros de potencia establecidos, tecnología e infraestructura tienen una cobertura de aproximadamente 3 kilómetros lineales.

La tecnología 2G o GSM cuenta con mayor cobertura, la cual, a pesar de ser soportada por equipos más antiguos, con su banda de trabajo o espectro de trabajo sobre los 850 MHz se puede llegar a tener una cobertura de aproximadamente 5 o 6 kilómetros lineales dependiendo de cada contexto o ubicación geográfica específica.

Figura 4

Línea de vista desde la última antena/ de telefonía móvil de Claro más cercana a El Pizúño

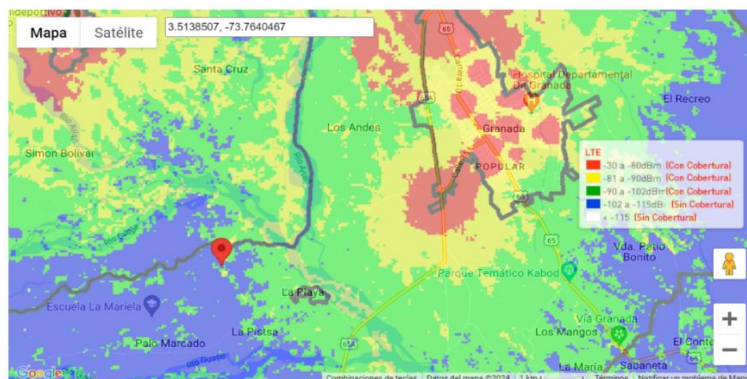


Nota. La línea de vista de la estación base (BTS por sus siglas en inglés) de telefonía móvil de Claro ubicada en Granada se observa en la Figura 4, siendo esta la BTS más cercana a La Playa, con una altura aproximada de 60 metros (en la que están los equipos y antenas de propagación), y una distancia lineal de 5.528 kilómetros al caserío. Tomado de Google Earth

A continuación se observa la cobertura que hay en esta zona y el rango de potencias de operación de cada tecnología con mapas de calor por parte del operador Claro desde su sitio web:

Figura 5

Cobertura de 4G/LTE en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a la señal en Granada, Meta

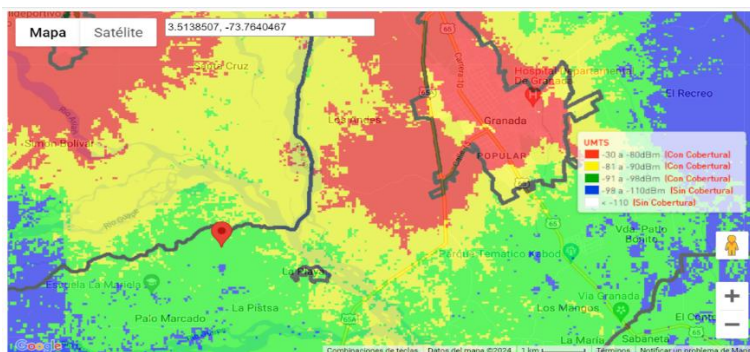


Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitioclaro, 2024)

Por otra parte, la cobertura en niveles de potencias, reflejado en mapas de calor de la tecnología 4G/LTE se muestra en la Figura 5 demarcando la ubicación de Granada (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de La Playa (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de -102 a -115 dBm o una presencia de señal nula, zonas en verde con una potencia de -90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de -81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de -30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible. Información tomada de la plataforma del operador Claro (Claro, 2024).

Figura 6

Cobertura de 3G/UMTS en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a la señal en Granada, Meta



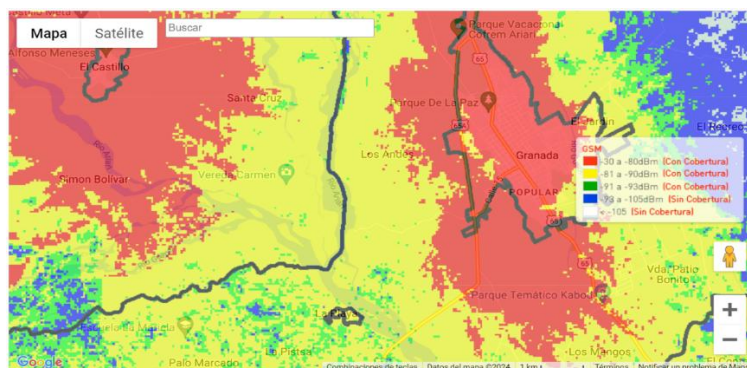
Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitoclaro, 2024)

En la Figura 6 se divide la cobertura en niveles de potencias, reflejado en mapas de calor de la tecnología 3G/UMTS, con respecto a la ubicación de Granada (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de La Playa (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de -102 a -115 dBm o una presencia nula de señal, zonas en verde con una potencia de -90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de -81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de -30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible. Información tomada de la plataforma del operador Claro (Claro, 2024).

Figura 7

Cobertura de 2G/GSM en la zona de El Pizúño y La Playa con respecto a la señal en Granada,

Meta

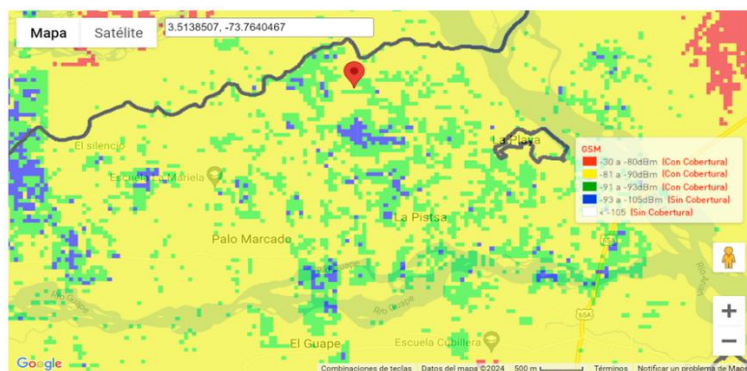


Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitoclaro, 2024)

Ahora bien, la cobertura en niveles de potencias en tecnología 2G/GSM puede ser visualizada en el mapa de calor de la Figura 7, con respecto a la ubicación de Granada (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de La Playa (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de -102 a -115 dBm o una presencia nula de señal, zonas en verde con una potencia de -90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de -81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de -30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible. Información tomada de la plataforma del operador Claro (Claro, 2024).

Figura 8

Cobertura de 2G/GSM en la zona de El Pizúño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía



Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitoclamo, 2024)

Siguiendo el análisis previo, la Figura 8 muestra la cobertura en niveles de potencias, reflejado en mapas de calor de la tecnología 2G/GSM, con respecto a la ubicación de La Playa (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de las veredas aledañas, La Playa, La Mariela y El Guape (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de -102 a -115 dBm o una presencia nula de señal, zonas en verde con una potencia de -90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de

–81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de –30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible (Claro, 2024).

Figura 9

Cobertura de 3G/UMTS en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía



Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitioclaro, 2024)

La cobertura en niveles de potencia de la tecnología 3G/UMTS, reflejado en mapas de calor sobre la Figura 9, con respecto a la ubicación de La Playa (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de las veredas aledañas, La Playa, La Mariela y El Guape (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de –102 a –115 dBm o una presencia nula de señal, zonas en verde con una potencia de –90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de –81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de –30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible. Información tomada de la plataforma del operador Claro (Claro, 2024).

Figura 10

Cobertura de 4G/LTE en la zona de El Pizuiño y La Playa con respecto a veredas en la cercanía



Nota. Mapa de cobertura del operador Claro. Tomado de (Minisitoclaro, 2024)

Por otra parte, la Figura 10 exhibe la cobertura en niveles de potencias, reflejado en mapas de calor de la tecnología 4G/LTE, con respecto a la ubicación de La Playa (periferia reflejada en Google Maps) y la ubicación de las veredas aledañas, La Playa, La Mariela y El Guape (chincheta de Google Maps), en donde las zonas en azul tendrán una potencia de -102 a -115 dBm o una presencia nula de señal, zonas en verde con una potencia de -90 a -102 dBm o con presencia de señal, pero deficiente, zonas en amarillo con una potencia de -81 a -90 dBm o con una señal aceptable y zonas en rojo con una potencia de -30 a -80 dBm, la cual es la mejor calidad de señal posible. Información tomada de la plataforma del operador Claro (Claro, 2024).

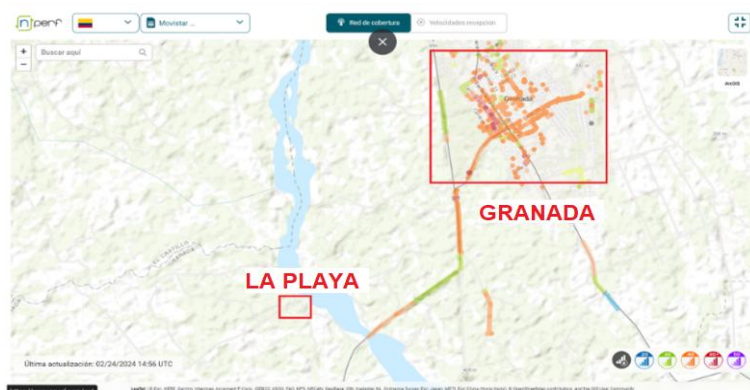
Gracias a que en las gráficas también se suministra el mapa de calor con los datos en potencias dBm con diferentes colores indicando la cobertura de cada tecnología en las diferentes zonas se puede ratificar la información que se ha informado, en donde se puede apreciar con claridad que la cobertura de 4G y 3G es nula, y la que más sobresale con una potencia y cobertura aceptable es la tecnología 2G, siendo esta sobre la cual se está realizando el

planteamiento de la posible solución, enfocada en esta debido o gracias al componente SIM800L, componente central para la construcción del dispositivo.

Para tener un panorama más amplio y con mayor imparcialidad, en la Figura 11 se puede observar la cobertura de Movistar, el cual es el segundo prestador de telefonía móvil en Colombia referente a usuarios y cobertura:

Figura 11

Mapa de cobertura de telefonía móvil del proveedor Movistar en Granada, Meta con respecto a La Playa, en donde se evidencia que la presencia es nula en cualquier tecnología (4G, 3G y 2G)



Nota. Mapa de cobertura del operador Movistar. Tomado de (Movistar, 2024)

La presencia de señal de 2G, 3G y 4G con respecto a la presencia de las tecnologías mencionadas Granda y La Playa es ilustrada en la Figura 11. Información tomada de la plataforma del operador Movistar (Movistar, 2024).

Se realizaron pruebas en sitio de cobertura en el centro poblado El Pizuño donde se logró establecer que la señal de telefonía móvil en la tecnología 2G (GSM) cuenta con un nivel aceptable para el envío de SMS (-86 a -100mB), aunque intermitente para llamadas, en cambio, la cobertura en la tecnología 3G (UMTS) es casi nula (más de -100mB), y la cobertura en la tecnología 4G (LTE) es inexistente. Por tanto, la tecnología 2G (GSM) es la alternativa de comunicación candidata en el proyecto planeado dado que el envío de mensajes de texto tipo SMS a través de redes 2G es fiable y con gran tolerancia a la latencia y usa poco ancho de banda; siendo dos características fundamentales para la comunicación en este tipo de territorios.

Se enumeraron las siguientes características que se hallaron al identificar la problemática y la población que deberán ser estudiadas, entendidas y trabajadas durante la elaboración del proyecto aplicado:

Falta de conocimiento y educación a personas campesinas de la tercera edad con respecto a la tecnología o usos de dispositivos móviles (aplicable a nivel Colombia).

Analfabetismo en parte de la población campesina de la tercera edad en esta zona.

Lejanía de las fincas o difícil salida y acceso ya que en su mayoría, los caminos que llevan a los lugares de residencia de esta población campesina son caminos “riales” o en trocha, caminos los cuales al estar contruidos al borde del río, en tiempos de invierno se caen o aíslan, dificultando la salida de esta población al casco urbano de Granada o centro poblado de La Playa, imposibilitando la comunicación rápida en casos de emergencia (sumando que son personas de la tercera edad que llegan a tener dificultades en su desplazamiento).

Cobertura de señal móvil en niveles deplorables en estas zonas geográficas con asentamiento de población campesina.

Finalmente, de acuerdo con la investigación preliminar que se realizó del contexto que vive la población campesina de la tercera edad en la zona rural de Granada, Meta, se planteó la siguiente pregunta a abordar en el desarrollo de este proyecto: ¿Cómo brindar una alternativa de comunicación en casos de emergencia a la población vulnerable de la tercera edad o con analfabetismo tecnológico, que sea fácil de usar, eficiente y automático a través de las telecomunicaciones y la electrónica?

Justificación

El proyecto tuvo como fin proponer un dispositivo alternativo de comunicación de emergencia que permita a estas poblaciones vulnerables realizar el envío de mensajes de urgencia de forma fácil e intuitiva. De esta forma, al revisar los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) de las naciones unidas, se puede identificar un acercamiento significativo al objetivo 10, “Reducción de las desigualdades”.

Al investigar sobre los avances nacionales y departamentales hechos por los más recientes gobiernos en Colombia, se identificaron los siguientes logros y dificultades. A nivel nacional, (DNP, 2019) indicó que en el Plan de Desarrollo 2018-2022 se establecieron compromisos para cerrar la brecha digital en el territorio nacional, especialmente en zonas rurales como los llanos orientales, incluyendo el Meta; el (DNP, 2023) estableció que en el Plan de Desarrollo 2022-2026 se propuso fortalecer la conectividad digital como herramienta para garantizar los derechos y promover el desarrollo territorial con justicia social. A nivel departamental, (Gobernación del Meta, 2020) a través del Plan de Desarrollo del Meta 2020-2023 llamado “Hagamos Grande al Meta” estableció metas claras sobre la cobertura de internet en zonas rurales y estrategias de alfabetización digital en alianza con el MinTic. (MinTIC, 2021) señaló que programas como “Zonas Digitales Rurales y Centros Digitales” han tenido presencia en municipios del Meta como Uribe, La Macarena y Puerto Rico. Finalmente, resaltando la principal dificultad encontrada, (MinTIC, 2018) en el Plan Nacional de Conectividad Rural se señaló “la baja densidad poblacional y las dificultades de acceso en zonas rurales representan un desafío significativo para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, lo que limita la cobertura y calidad de los servicios de conectividad” (p. 7). La relevancia del proyecto aplicado radica en la visibilidad de las problemáticas de telecomunicación de emergencia que enfrentan

las poblaciones de la tercera edad vulnerables especialmente las que cuentan con una baja o nula adopción de tecnologías móviles contemporáneas como el uso de celulares inteligentes “Smartphones”, dadas las condiciones socioeconómicas de la región según el reporte anual de calidad de vida en poblaciones campesinas del (DANE, 2023).

En el caso que una persona de la tercera edad ubicada en alguna de las veredas aledañas al municipio de Granada necesite comunicarse urgentemente con algún familiar; ya sea para pedir ayuda o el traslado inmediato al centro médico de La Playa o Granada, el dispositivo envía mensajes personalizados SMS que correspondan a la situación de emergencia.

Aplicando las disciplinas ingenieriles de electrónica y telecomunicaciones se establecieron los siguientes componentes en la construcción del dispositivo; un módulo de comunicación telefónica móvil como el componente SIM800L, un microcontrolador como el Arduino Nano, una batería de alimentación, botones físicos de goma fácilmente reconocibles y una carcasa de plástico de tipo ensamble por paredes. Consulte la Figura 13 para visualizar los botones físicos y la Figura 14 para la carcasa de plástico.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un dispositivo portátil que envíe mensajes SMS personalizados de emergencia, enfocado en población de la tercera edad en situaciones de vulnerabilidad como el analfabetismo, y problemas de visión.

Objetivos Específicos

Establecer las características geográficas, demográficas e infraestructura tecnológica presentes en el Pizúño y veredas aledañas entendiendo las dificultades técnicas de la región que influirían en el nivel de cobertura móvil y en el grado de aceptación del proyecto.

Seleccionar la tecnología móvil y banda de trabajo sobre la cual funcionará el dispositivo, luego del proceso de pruebas de potencia de señal móvil y nivel de cobertura ofrecida por los operadores de telecomunicaciones de las veredas aledañas a Granada, Meta.

Diseñar el prototipo del dispositivo, incluyendo su programación para el procesamiento de datos y el firmware del sistema de envío de mensajes.

Evaluar el funcionamiento del prototipo bajo condiciones normales de funcionamiento teniendo en cuenta aspectos como la fiabilidad, estabilidad y precisión mediante pruebas de campo en Granada, Meta.

Alcance del Proyecto

El alcance del proyecto abarcó como perfil de usuario la población vulnerable de adultos mayores ubicados en las zonas rurales de Granada, Meta. Dentro de su objetivo principal se buscó tener una alternativa de comunicación asistida a través de un prototipo de bajo costo de construcción y adquisición, que automatizara el proceso de envío de mensajes SMS en situación de urgencia con tan solo presionar un botón de goma. El diseño del dispositivo tuvo como propósito ser intuitivo y fácil de entender, como de usar, así mismo contando con accesibilidad visual y de tacto. Durante la ejecución del proyecto, la cobertura móvil de la SIM estuvo sujeta a la disposición de los operadores con interoperabilidad nacional y cobertura a través de red 2G GSM en las zonas rurales de Granada, Meta, como Claro Colombia (Comunicación Celular S.A. Comcel S.A.). Finalmente, el prototipo busca ser replicable o escalable a otras zonas rurales o comunidades con dificultades de cobertura móvil similares a las presentadas en las zonas rurales de Granada, Meta dentro de Colombia.

Criterios de Diseño e Implementación

Para el diseño e implementación del prototipo se plantearon tres ejes centrales sobre los cuales se evaluó la factibilidad del proyecto, siendo estabilidad del funcionamiento, costo unitario de construcción y aceptación por parte de la población a impactar:

Implementación de un dispositivo que cuente con un porcentaje de error en el envío de mensajes lo más bajo posible, siendo consistente y confiable para tener un medio de comunicación para situaciones de emergencia, impactando a su vez la percepción de las personas de la tercera edad frente en el uso de dispositivos alternativos.

Costo unitario de producción y comercialización accesible del dispositivo, implementando componentes de bajo costo, garantizando a calidad, estabilidad y confiabilidad en cuanto su funcionamiento.

Búsqueda de aceptación favorable por parte de la población objetivo a través de la implementación de una interfaz de fácil uso, intuitiva con un diseño amigable pensado para disparidades visuales producto de la edad avanzada.

Marco Conceptual

En este apartado se elaboró una revisión bibliográfica de conceptos prácticos a través de los cuales se centró el marco conceptual, definiendo como se relacionaron entre sí y cómo fueron utilizados en el proyecto:

Sistema de Comunicación a través de Mensajes SMS

El sistema de comunicación que usará el prototipo del proyecto se basa en la tecnología 2G GSM (Global System for Mobile), dado que esta tecnología cuenta con características llamativas en el envío de mensajes SMS en condiciones de cobertura marginales. Dentro de los estudios analizados bajo esta tecnología en zonas rurales, se encuentra el realizado por (GSMA, 2018), donde un proyecto de implementación llevado a cabo en Ghana y Kenia concluyó que la tecnología 2G GSM demostró ser efectiva en zonas rurales para garantizar servicios de voz y SMS. (PBEAXELL, 2024) expone que la tecnología 2G GSM proporciona ventajas significativas en la comunicación SMS, dado que requiere un ancho de banda mínimo de 200kHz por canal para operar efectivamente, así mismo permite la comunicación asincrónica, siendo esta una característica clave cuando la cobertura es limitada o intermitente por condiciones climáticas desfavorables.

Brecha Tecnológica de Adultos Mayores en Zonas Rurales

En el contexto colombiano sobre los adultos mayores en zonas rurales, (UNFPA, 2023) se analizó los datos del último Censo Nacional de Población y Vivienda publicado en el 2018 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), donde se reveló que aproximadamente el 13,4% de la población nacional eran adultos mayores de 60 años o más, sumando de esta forma aproximadamente 6 millones. Dentro de dicho conteo, el 22,7% eran adultos mayores que vivían en la ruralidad, estableciendo de esta forma la suma de 1,6 millones

de adultos mayores. El Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) pronosticó que el índice de envejecimiento va en aumento en zonas rurales, lo cual representa un desafío en materia de calidad de vida y acceso a servicios tecnológicos en comparación con las zonas urbanas.

En el ámbito de uso de dispositivos tecnológicos en nuestro país, los adultos mayores presentan una marcada brecha entre zonas urbanas y zonas rurales. Diversos estudios han analizado las barreras y desafíos que representan la integración al entorno digital por parte de los adultos mayores en zonas rurales, (Arboleda, W. & Orozco, L., 2017) reconocen el impacto y el esfuerzo de programas nacionales impulsados por el gobierno en el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en poblaciones de adultos mayores en zonas rurales, pero resaltan también las dificultades que atraviesan este tipo de población como la falta de habilidades básicas de informática, así como de manejo de dispositivos, y la poca disposición en participar activamente en actividades de capacitación.

(Zuluaga, D., 2020) enfatiza cómo la alfabetización digital en adultos mayores se convirtió en un aspecto clave durante y después de la pandemia del COVID-19 en el contexto nacional y mundial. Propone estrategias de capacitación que incluyen evaluaciones de habilidades, así como metodologías adaptadas a las características de los adultos mayores y espacios seguros para aprender sobre la tecnología de forma lúdica y simple. Además, destaca el rol de la interacción intergeneracional, donde familiares jóvenes pueden facilitar el aprendizaje digital de los adultos mayores.

Interfaz con Enfoque en Adultos Mayores

(Miñón, R., Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., Gamecho, B., & Garay, N., 2011) indican que la mayoría de las interfaces de usuario diseñadas para dispositivos tecnológicos no se

adaptan a las necesidades de personas con restricciones físicas, sensoriales o cognitivas, sino que enfocan su diseño en un usuario hipotético con características “normales”, causando esto indirectamente restricciones de uso en personas, como las personas mayores, entre otras con las restricciones antes mencionadas. Los autores señalan los siguientes requisitos para diseñar una interfaz de usuario que tome en consideración las necesidades especiales de personas con restricciones:

(Miñón, R., Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., Gamecho, B., & Garay, N., 2011)

indican que la mayoría de las interfaces de usuario diseñadas para dispositivos tecnológicos no se adaptan a las necesidades de personas con restricciones físicas, sensoriales o cognitivas, sino que enfocan su diseño en un usuario hipotético con características “normales”, causando esto indirectamente restricciones de uso en personas, como las personas mayores, entre otras con las restricciones antes mencionadas. Los autores señalan los siguientes requisitos para diseñar una interfaz de usuario que tome en consideración las necesidades especiales de personas con restricciones: Organización de elementos coherente, contando con cercanía de funcionales relacionadas, separación de paneles diferenciados por funcionalidad, etc.

Tamaño de textos y símbolos adecuados garantizando su correcta legibilidad. Siendo la tipografía, fuente y tamaño de texto a consideración del diseñador.

Interacción con el usuario optimizada, contando con una retroalimentación adecuada, utilizando componentes familiares.

Las interfaces pueden enfocarse en tres tipos según las características de los usuarios, siendo estas; interfaz textual, icónica y mixta. La interfaz textual cuenta con dos segmentos, el primero brinda las instrucciones de uso al usuario a través de textos descriptivos sobre el funcionamiento del dispositivo y la segunda etiqueta los módulos con los que puede interactuar

el usuario. Este tipo de interfaz puede ser leída por un lector de voz a través de software facilitando el uso de personas con limitaciones visuales. La interfaz icónica usa elementos visuales entendidos como “íconos” para describir la funcionalidad de cada apartado del dispositivo. Este tipo de interfaz es especialmente útil para personas con dificultades cognitivas, problemas auditivos o sordera tanto prelocutiva como por edad avanzada, y analfabetas.

Finalmente, la interfaz mixta combina características de la interfaz textual como de la interfaz icónica usando elementos visuales acompañados de textos descriptivos cortos. Este tipo de interfaz ayuda a personas con leves restricciones visuales y/o cognitivas, así como las personas mayores o poca experiencia en el uso de dispositivos móviles. Tanto el prototipo como el producto final del dispositivo del proyecto contó con una interfaz fácil de entender y usar por parte de los adultos mayores, haciendo uso de colores llamativos y símbolos simples que faciliten el uso a aquellos con problemas visuales propios de la edad, integrando una interfaz mixta.

Marco Teórico

El marco teórico fue enfocado en la exploración de los siguientes tres ejes; definición y contextualización de tecnologías de comunicación móvil, tecnologías móviles en zonas rurales y necesidades de la población campesina de la tercera edad.

Definición y Contextualización sobre Tecnologías de Comunicación Móvil

Como base para el presente literal se realizó la contextualización sobre la evolución que las comunicaciones inalámbricas han experimentado a lo largo de la historia, presentando cinco de los acontecimientos más importantes en dicha evolución, resaltando los hitos clave o rasgo más significativos con los que han revolucionado la forma en que se comunican las personas.

Según (Geographic, 2022), el 14 de mayo de 1897 Guillermo Marconi realizó la primera comunicación inalámbrica exitosa a través de mar abierto. Marconi logró la primera transmisión inalámbrica de señales de radio, sentando las bases de la radiocomunicación moderna, esto mediante el uso de ondas de radio basadas en las ecuaciones de Maxwell y los experimentos previos de Hertz, marcando así el inicio de la comunicación por radio, permitiendo la transmisión de información sin necesidad de cables. 4 años después, en 1901, Marconi lograría transmitir una señal de radio a través del Océano Atlántico.

El segundo hito se desarrolla en el contexto de la Segunda Guerra Mundial, con la inventora Hedy Lamarr, en colaboración con el compositor George Antheil, los cuales desarrollaron y patentaron un sistema de comunicación inalámbrica basado en espectro ensanchado por salto de frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) con el fin de permitir el control remoto de torpedos evitando la interceptación o interferencia de las señales de radio por parte de fuerzas enemigas. El sistema operaba mediante el cambio continuo y sincronizado de frecuencias portadoras entre el emisor y el receptor, siguiendo un patrón

pseudoaleatorio previamente compartido. Este hito se resalta ya que fue precursor de múltiples tecnologías modernas de comunicaciones inalámbricas, como Wi-Fi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1) y GPS, las cuales incorporan principios de espectro ensanchado para mejorar la seguridad, eficiencia espectral y confiabilidad en entornos con alta densidad de dispositivos.

El tercer hito, según (Márquez, 2011), destaca la primera comunicación establecida mediante la tecnología GSM (Global System for Mobile Communications), además de estar vinculado al presente proyecto. Este hito tuvo lugar el 1 de julio de 1991 en Finlandia. Esta comunicación fue realizada entre el entonces primer ministro finlandés, Harri Holkeri, y la alcaldesa de Tampere, Kaarina Suonio, constituyendo la primera llamada a nivel mundial utilizando una red de telefonía móvil digital bajo el estándar GSM. Esta tecnología, basada en conmutación de paquetes y transmisión digital, representó un punto de inflexión en la evolución de las telecomunicaciones móviles al permitir la interoperabilidad internacional de redes móviles. A partir de este evento, se consolidó el uso de la telefonía móvil digital como estándar global, cuyas especificaciones técnicas continúan vigentes en muchas implementaciones actuales.

Como cuarto hito histórico relevante para el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas, (Jeffery, 2024) destaca la introducción del Wi-Fi (Wireless Fidelity) como tecnología de red de área local inalámbrica (WLAN), con origen comercial en 1997. Sin embargo, su adopción masiva y estandarización fue posible a partir de 1999, con la fundación de la Wi-Fi Alliance, organización sin fines de lucro conformada por empresas tecnológicas como Nokia y Symbol Technologies, entre otras. Esta entidad tuvo como principal objetivo promover la interoperabilidad entre dispositivos y certificar equipos compatibles con el estándar IEEE 802.11b, el cual permitía velocidades de transmisión de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

Wi-Fi permitió el acceso inalámbrico a redes locales e internet, eliminando la necesidad de conexiones físicas, facilitando la expansión de infraestructuras de red inalámbrica en entornos residenciales, corporativos y educativos.

En secciones posteriores se hizo un énfasis más detallado del último hito, sin embargo, se quiso resaltar la relevancia que ha tenido la expansión de la tecnología 4G con su estándar LTE, la cual permitió el acceso a internet móvil de alta velocidad. Resaltando de igual forma la introducción, implementación y expansión gradual que ha tenido la tecnología 5G desde el 2019, en donde su mayor aporte ha sido habilitar la conectividad más rápida con latencia sustancialmente más baja y fiable para su mayor uso en tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT).

Actualmente, las comunicaciones inalámbricas permiten transmitir información sin la necesidad de cables físicos a través de ondas electromagnéticas propagadas por el espacio. Por tanto, es importante conocer los fundamentos físicos detrás de las comunicaciones inalámbricas para conocer mejor su funcionamiento.

De acuerdo con (Muñoz, J., 2017) las comunicaciones inalámbricas son posibles gracias a la capacidad de las ondas electromagnéticas de transportar información a través del aire, el vacío o el espacio; estos medios de propagación son conocidos como medios no guiados. La información puede ser transportada modulando las ondas electromagnéticas en amplitud, frecuencia o fase. La transmisión y recepción de las ondas electromagnéticas es realizada a través de antenas que convierten las señales eléctricas en ondas electromagnéticas y viceversa.

El espectro electromagnético es el rango de todas las frecuencias de radiación electromagnética. (WNDW, 2007) indica que en el contexto de las comunicaciones inalámbricas

cada rango de frecuencia o también conocida como banda de frecuencia tiene aplicaciones específicas.

A través de la Tabla 1 se pueden diferenciar las bandas existentes:

Tabla 1

Bandas de frecuencia del espectro electromagnético

Banda de Frecuencia	Rango de frecuencia	Aplicaciones
Baja Frecuencia (LF)	30 kHz – 300kHz	Radiodifusión de larga distancia
Alta Frecuencia (HF)	3 MHz – 30 MHz	Comunicaciones marítimas y aeronáuticas
Muy Alta Frecuencia (VHF)	30 MHz – 300 MHz	Radio FM y televisión analógica
Ultra Alta Frecuencia (UHF)	300 MHz – 3 GHz	Telefonía Móvil, Wi-Fi y televisión digital
Microondas	3 GHz – 30 GHz	Enlaces satelitales y comunicaciones punto a punto

Nota. Esta tabla especifica el rango de frecuencia y las aplicaciones de cada banda de frecuencia con la que cuenta el espectro electromagnético. *Fuente.* (WNDW, 2007)

Dentro de la comunicación inalámbrica se encuentra el concepto de redes móviles. (Rouse, 2011) plantea el funcionamiento de la infraestructura de redes móviles de la siguiente manera; este tipo de redes se realiza la separación de usuarios vinculados a través de celdas individuales, las cuales son segmentos de transmisión únicos para cada usuario proporcionados por la estación base BTS (Base Transceiver Station), la cual actúa como un centro de enrutamiento de las llamadas al controlador central de la BTS, vinculando la llamada con su

destino al interactuar con el centro de conmutación móvil MSC (Mobile Switching Center), siendo este el enrutador final de la información hacia su destino. Las BTS con sus equipos, infraestructura y diseño se caracterizan por brindar una cobertura lineal máxima que oscila entre los 14 hasta los 30 kilómetros, la cual puede disminuir debido a diferentes características intrínsecas de la zona, como obstáculos en la línea de vista de las antenas de propagación, otros sistemas de irradiación electromagnética o microondas en la cercanía, las necesidades que se tengan en la zona y demás factores. Otra de las características relevantes que resalta (Rouse, 2011) sobre las redes móviles es la capacidad que tienen de conmutar la llamada o servicio del cual se esté haciendo uso, asegurando la calidad y estabilidad debido a las conexiones internas que tienen los equipos existentes en las BTS, facilitando que el servicio migre de celda y sector dependiendo de la ubicación del dispositivo receptor y la potencia que este reciba, además de tener comunicación con las demás BTS adyacentes para hacer el paso de servicios en uso o suscriptores sin cortar la transferencia de datos.

Realizando un repaso de las tecnologías de redes móviles se puede entender su evolución en el tiempo y principal aporte de la siguiente manera. La primera generación (1G) permitió la comunicación móvil implementada exclusivamente para servicios de voz a partir del año 1979 desde su implementación en Japón por NTT. Posteriormente, la segunda generación (2G) optimizó la calidad de la comunicación al implementar la encriptación de voz y la introducción de los mensajes de texto tipo SMS a partir del año 1991 introducida por primera vez en Finlandia por Radiolinja. Con la llegada de la tercera generación (3G) en el año 2001 por NTT, se habilitó la conexión a internet y el acceso a diversas aplicaciones en dispositivos móviles. La cuarta generación (4G) lanzada en el año 2009 marcó un hito al ofrecer banda ancha móvil, lo que facilitó la reproducción de contenido multimedia en alta definición y el uso intensivo de servicios

en línea. Finalmente, la generación (5G) lanzada en el año 2019 representa un avance fundamental al proporcionar mayor velocidad, baja latencia y la capacidad de integrar el Internet de las Cosas (IoT), siendo clave para la evolución de las ciudades inteligentes, ya que permite la implementación de redes de sensores destinadas a optimizar la seguridad, la movilidad y la interconectividad en entornos urbanos (Flores, 2022).

Tecnologías de Comunicación en Zonas Rurales

La problemática de conectividad a internet fijo y telefonía móvil que se tiene en las zonas rurales de Colombia tiene impacto en el desarrollo y progreso de la sociedad, ya que como se ha resaltado, Colombia es un país que tiene sus cimientos en el agro, siendo este uno de los pilares más fuertes de la economía colombiana, ya que como señala (Quinchía, 2025), según el DANE, el sector con mayor aporte al PIB fue la agricultura, la ganadería, la caza, la silvicultura y la pesca, con un crecimiento del 8,1% (0,8 puntos porcentuales), luego la administración pública, la defensa, la educación y la salud con 4,2% (0,7 puntos), seguidas de las actividades artísticas y de entretenimiento con 8,1% (0,3 puntos). Por otra parte, en el cuarto trimestre de 2024, la economía creció un 2,3%, y el comercio, transporte, almacenamiento y servicios de comida un 4,4% (contribución de 1 punto), seguido de la administración pública y la salud (4,0%, 0,7 puntos) y finalmente la agricultura (6,5%, 0,6 puntos). Para contrarrestar el efecto negativo de la falta de infraestructura y conexión se deben de presentar diferentes formas de mitigación o de acción más avanzado y con más recursos destinados al mejoramiento de esta problemática. (MinTic, 2022) informó que el proyecto “Kioscos Vive Digital” implementado en el gobierno de Juan Manuel Santos entre los años 2010 y 2014 fortaleció los avances para brindar conectividad en zonas rurales de difícil cobertura o poco desarrollo tecnológico como una alternativa viable en algunas zonas como centros poblados o corregimientos. No obstante, dentro de este proyecto no

se tuvieron contempladas las fincas y las poblaciones que se encuentren más alejadas de los casos urbanos.

De acuerdo con (Bernal, 2025), anualmente cuando se realiza la subasta del espectro para comunicaciones móviles, el gobierno realiza la imposición de cláusulas en las cuales se obliga a los diferentes ISP presentes en Colombia como Claro, Movistar y demás, a realizar la implementación de sitios nuevos situados en comunidades de zonas rurales a nivel nacional en las cuales no se cuente con este servicio. Adicional a dicha implementación el MINTIC realiza el seguimiento de funcionamiento, monitoreo de la estabilidad y niveles de potencia de la señal que presente el sitio.

Necesidades de la Población de la Tercera Edad y Tecnologías para la Inclusión Social

Según lo expresa (Carpintero E, 2023) en la mayoría de sociedades de Latinoamérica, las personas mayores enfrentan cierta discriminación y exclusión en el apartado de capacitación y uso de nuevas tecnologías, por lo que la educación continua se presenta como una herramienta clave para su bienestar físico y emocional, en donde uno de los mayores desafíos en el aprendizaje de adultos mayores es generar la motivación y correcta comunicación asertiva sobre los beneficios que les puede brindar el uso de nuevas tecnologías. La educación no solo reduce el analfabetismo, sino que también es un medio de transformación personal y social, promoviendo la reevaluación y reflexión de sus propias experiencias. Además, permite el desarrollo de nuevas actividades, la asunción de nuevos roles y una mayor participación en la sociedad, reduciendo la exclusión social.

Según lo expresa (Carpintero E, 2023) en la mayoría de sociedades de Latinoamérica, las personas mayores enfrentan cierta discriminación y exclusión en el apartado de capacitación y uso de nuevas tecnologías, por lo que la educación continua se presenta como una herramienta

clave para su bienestar físico y emocional, en donde uno de los mayores desafíos en el aprendizaje de adultos mayores es generar la motivación y correcta comunicación asertiva sobre los beneficios que les puede brindar el uso de nuevas tecnologías. La educación no solo reduce el analfabetismo, sino que también es un medio de transformación personal y social, promoviendo la reevaluación y reflexión de sus propias experiencias. Además, permite el desarrollo de nuevas actividades, la asunción de nuevos roles y una mayor participación en la sociedad, reduciendo la exclusión social. La educación permanente está relacionada con el bienestar, la salud y la longevidad. Las personas con menos formación tienden a envejecer prematuramente, especialmente cuando han estado expuestas a condiciones socioeconómicas bajas, en donde la inclusión digital puede fomentar un envejecimiento activo y saludable al mejorar las relaciones sociales y la calidad de vida, además, estudios han mostrado que la exclusión digital está directamente relacionada con la edad, siendo un problema significativo en América Latina, donde las desigualdades sociales y económicas agravan esta brecha. En la actualidad, dominar las nuevas tecnologías es esencial para la inclusión social, pero en países como Colombia la tasa de inclusión digital sigue siendo baja.

En este apartado se introdujo un concepto muy relevante, la inclusión digital, la cual hace referencia a algo que va más allá del simple acceso a internet; implica la alfabetización digital y la apropiación de la tecnología para mejorar la vida cotidiana. Desde una perspectiva social, la inclusión digital está vinculada a la garantía de derechos y la democratización del uso tecnológico para mejorar la calidad de vida (Rosa, 2013), además de que la falta de acceso a la tecnología genera una nueva forma de exclusión social, poniendo en desventaja a quienes no tienen acceso a la información digital.

Estado del Arte:

En el segmento del concepto de analfabetismo de personas mayores en el manejo de herramientas digitales (David, 2018) planteó un proyecto en el cual presentó un instrumento que permite capacitar de manera pedagógica, interactiva y autodidacta al adulto mayor de 60 años en el manejo de herramientas tecnológicas exclusivamente de dispositivos con mayor accesibilidad: celulares y computadores. Iniciando con la búsqueda de las posibles causas que hacen que los adultos mayores no puedan o quieran usar dispositivos tecnológicos de fácil acceso como celulares móviles y computadores. De forma paralela se evidenció el impacto que tiene la adaptación y manejo de estos dispositivos, con los beneficios implícitos o explícitos que trae consigo el uso, siendo principalmente: la comunicación rápida y de fácil acceso con su entorno, la inclusión digital y laboral o de ocupación, brindando posibilidades de comercialización de productos del agro sin el uso de intermediarios.

Así mismo, al analizar los proyectos enfocados en poblaciones del campo colombiano, como el proyecto presentado por (Montoya J, 2022), donde plantean una problemática similar, con la distinción que en este se presentó una solución enfocada en la conexión a internet hogar o fija en los corregimientos de Guateque y Sutatenza, Boyacá en donde la alternativa que se implementó luego estudiar y analizar diferentes propuestas es la construcción de micro nodos sectorizados con radio enlaces que tienen la desventaja de encontrarse situados en diferentes zonas geográficas difíciles. A través de esta alternativa fue posible mejorar la conexión en el enlace de comunicaciones entre el cliente y la base principal aumentando la capacidad (Throughput) de transmisión de datos, mejorando la calidad, estabilidad y rendimiento del servicio de internet a los usuarios, además la instalación de micro nodos en sitios estratégicos donde no hay demasiada contaminación del espectro electromagnético garantizó que las señales según su frecuencia fueran limpias y efectivas evitando interferencias e intermodulaciones.

En el apartado de la conectividad móvil se tomó en cuenta la postulación de (Camelo A, 2022), en donde se enfatizó en la importancia o diferentes usos y finalidades que jóvenes de la Amazonia y de la Orinoquia colombiana como procesos de transformación social a través de las nuevas plataformas tecnológicas para la comunicación en la red digital, únicamente con el requisito de que se deba de contar con una buena señal o accesibilidad a redes de conexión a internet.

En un enfoque más centralizado sobre herramientas de la telefonía móvil, como aplicaciones tecnológicas de fácil acceso para la gran mayoría de la población, se a formulo una opción en la cual se lleva un proceso formativo y educativo con el uso de WhatsApp y conexión a internet, se ve expuesto en (Gari M, 2022).

Metodología

Se planteó una metodología mixta según los lineamientos de (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P., 2014), dado que es la más adecuada para este proyecto dado que permite combinar datos técnicos precisos como la cobertura de red, la velocidad de envío de SMS y la duración la batería con la comprensión de las necesidades, la percepción de uso y las experiencias de los adultos mayores en zonas rurales.

Etapas del Desarrollo del Proyecto

Identificación de Necesidades de los Usuarios

Enfoque Metodológico Cuantitativo. Encuestas estructuradas a una muestra representativa de personas de la tercera edad en la zona rural de Granada, Meta, para conocer sus hábitos y necesidades en situaciones de emergencia.

Enfoque Metodológico Cualitativo. Entrevistas semiestructuradas a familiares de personas de la tercera edad en la zona rural de Granada, Meta, para identificar barreras de adopción y preferencias de diseño del dispositivo.

Diseño de Prototipo

Enfoque Metodológico Cuantitativo. Selección de componentes con base en el análisis de la eficiencia energética, compatibilidad con redes móviles y costo-beneficio.

Enfoque Metodológico Cualitativo. Pruebas iterativas con usuarios para evaluar la ergonomía, facilidad de uso y percepción de confiabilidad del prototipo.

Desempeño del Prototipo en Condiciones Reales

Enfoque Metodológico Cuantitativo. Medición de tiempos de respuesta en envío de mensajes SMS, pruebas de cobertura en diferentes entornos rurales. Pruebas de cobertura en diferentes entornos rurales. Evaluación de la duración de la batería en distintos escenarios de uso

según su intensidad y autonomía.

Enfoque Metodológico Cualitativo. Pruebas de campo con usuarios evaluando la activación del dispositivo y comprensión de uso. Encuestas de satisfacción de uso al finalizar las pruebas.

Optimización del Dispositivo

Enfoque Metodológico Cuantitativo. Evaluación de costos de producción en pequeña escala.

Enfoque Metodológico Cualitativo. Focus groups con usuarios para validar mejoras en ergonomía y funcionalidad.

Diseño e Implementación del Prototipo del Dispositivo

Criterio de Diseño y Evaluación de Tecnología del Mercado

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de evaluación para seleccionar el microcontrolador más adecuado para el proyecto:

Compatibilidad con módulo SIM800L

Dimensiones físicas

Consumo de energía

Capacidad de procesamiento y RAM

Costo y disponibilidad en mercado

En la Tabla 2 se evaluaron las características principales de los 6 microcontroladores más utilizados en el mercado:

Tabla 2

Evaluación de microcontroladores

Microcontrolador	Procesador	RAM	Consumo de energía	Precio Aproximado (COP)	Dimensiones (Largo × Ancho × Alto)
Arduino UNO	ATmega328P	2 KB	Bajo (~50mA)	~40.000	68.6 mm × 53.4 mm × ~15 mm
Arduino Nano	ATmega328P	2 KB	Bajo (~19mA)	~33.000	45 mm × 18 mm × ~8 mm
ESP8266 (NodeMCU)	ESP8266	80-160 MHz	Medio (~70-200mA)	~20.000	58 mm × 31 mm × ~13 mm

Microcontrolador	Procesador	RAM	Consumo de energía	Precio Aproximado (COP)	Dimensiones (Largo × Ancho × Alto)
ESP32	Xtensa Dual-core 240 Hz	520 KB	Medio (~160mA)	~40.000	58 mm × 25 mm × ~13 mm
Raspberry Pi Pico	RP2040 (Dual core, 133 MHz)	264 KB	Bajo (~50mA)	~20.000	51 mm × 21 mm × ~3.9 mm
Raspberry Pi 4B	Quad-core Cortex-A72 1.5 GHz	2-9 GB	Alto (~600mA)	~206.000	85.6 mm × 56.5 mm × ~17 mm

Nota. Esta tabla muestra las características esenciales de cada microcontrolador evaluado que brindan un vistazo general de sus capacidades técnicas, precios y dimensiones. *Fuente.* Autoría Propia

Adicionalmente, se analizaron individualmente los microcontroladores en base a sus pros y sus contras en la Tabla 3:

Tabla 3

Pros y contras de microcontroladores

Microcontrolador	Pros	Contras
Arduino UNO	- Muy fácil de programar (IDE de Arduino)	- Solo un puerto UART (se necesita SoftwareSerial para SIM800L)
	- Bajo consumo energético	- RAM muy limitada (2 KB)

Microcontrolador	Pros	Contras
Arduino Nano	- Gran cantidad de documentación	- Mismos problemas que el UNO (1 UART, poca RAM)
	- Similar al UNO pero más compacto	- Alimentación independiente para módulo SIM800L
	- Menor consumo energético	- Solo un puerto UART
	- Compatible con WiFi, lo que permite extender funcionalidad	- Mayor consumo energético que un Arduino
ESP8266 (NodeMCU)	- Más potencia y RAM que los Arduinos	- Mayor consumo energético (~160mA)
ESP32	- Mayor potencia y más UARTs que ESP8266	- Programación más compleja que un Arduino
	- WiFi + Bluetooth integrado	- Menos bibliotecas y soporte que Arduino
Raspberry Pi Pico	- Mayor capacidad de memoria	- Requiere MicroPython o C++
	- Bajo consumo energético	
	- Más puertos UART (2)	

Microcontrolador	Pros	Contras
Raspberry Pi 4B	<ul style="list-style-type: none"> - Potente y con múltiples UARTs - Puede ejecutar software avanzado 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo energético - Excesivo para solo enviar SMS

Nota. A través de esta tabla se establece una comparativa dicotómica entre pros y contras del uso de cada microcontrolador evaluado donde uno de los aspectos centrales fue el consumo energético. *Fuente.* Autoría Propia

Los microcontroladores Raspberry Pi Pico y 4B son dispositivos robustos y pueden cumplir con las necesidades del sistema, sin embargo, su nivel de complejidad de configuración y programación, así como su alto costo hacen que sean inviables para el prototipo.

Los microcontroladores ESP8266 y ESP32 pueden ser alternativas viables por su bajo costo y fácil adquisición, no obstante, al ser comparados con los microcontroladores Arduino flaquean en dos aspectos: mayor consumo energético y programación más compleja con respecto a Arduino.

En contraposición, los microcontroladores Arduino UNO y Nano son fáciles de programar, cuentan con una librería de base de conocimientos extensa, foros de comunidad activos, tienen un bajo costo y son relativamente sencillos de adquirir, el Arduino Nano se destaca por su tamaño compacto y menos consumo energético, no obstante, el consumo reducido del Arduino Nano resulta contraproducente al querer alimentar el módulo SIM800L a través del puerto de alimentación anidado dado que su corriente de salida es insuficiente. Por este motivo, si se usa el Arduino Nano, se debe garantizar un circuito de alimentación independiente para el módulo SIM800L, ocasionando que las baterías de alimentación deban garantizar la estabilidad

de los dos componentes por separado. Adicionalmente, dentro del foro de comunidad de Arduino, diferentes usuarios han manifestado problemas de alimentación al intentar energizar el módulo SIM800L a través del Arduino Nano. En contraste, el Arduino UNO garantiza que el módulo SIM800L pueda ser energizado a través de su puerto de alimentación permitiéndole al sistema contar con un único circuito facilitando el cálculo de potencia y autonomía a través de baterías en paralelo.

Finalmente, y teniendo en cuenta el análisis realizado anteriormente, el microcontrolador Arduino UNO fue seleccionado en la materialización del proyecto respondiendo a los criterios de ingeniería solicitados como su consumo energético, fácil adquisición, número de entradas y salidas en función de las necesidades del problema, capacidad de procesamiento y facilidad de programación; aspectos que pueden ser consultados en la

Tabla 4 y

Tabla 5.

Materiales y Componentes Utilizados

Componentes Electrónicos

Arduino UNO.

Tabla 4

Características de Arduino UNO

Apartado	Características
Microcontrolador	ATMega328P
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Límite)	6-20V
Pines Digitales I/O	14, de los cuales 6 tiene salida PWM
Pines Digitales PWM I/O	6
Pines Analógicos de entrada	6
Corriente DC por pin I/O	20 MA
Corriente DC para pin 3.3V	60MA
Memoria flash	32KB en ATMega328P, ocupando 0,5KB para arranque
SRAM	2KB en ATMega328P
EEPROM	1KB en ATMega328P
Velocidad de reloj	16MHz
Longitud/Ancho/Peso	68,6mm / 53,4mm / 25g

Nota. A través de esta tabla se puede identificar las características técnicas de cada apartado del microcontrolador Arduino UNO. *Fuente.* (Arduino, Arduino datasheet, 2025)

Módulo SIM800L.**Tabla 5**

Características de módulo SIM800L

Apartado	Características
Voltaje de funcionamiento	3.4~4.4V
Bandas de frecuencia	Quad-band: GMS 850, EGSM 900, DCS 1800 & PCS 1900. SIM800L puede buscar 4 bandas de frecuencias automáticamente. Conforme a la fase 2/2+ de GMS
Potencia de transmisión	Clase 4 (2W) para GMS 850 y EGSM 900 Clase 1 (1W) para DCS 1800 y PCS 1900
Conectividad GPRS	GPRS multi-slot clase 12 (Predeterminado) GPRS multi-slot clase 1~12 (Opción)
Rango de temperatura	-40°C ~ +85°C
Datos GPRS	Transferencia de recepción de datos GPRS (data downlink transfer): max. 85.6 kbps Transferencia de envío de datos GPRS (data uplink transfer): max. 85.6 kbps Esquema de código: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4 Protocolo PAP para conector PPP Integra el protocolo TCP/IP Soporte de PBCCH (Packet Broadcast Control Channel) Tasa de transferencia CSD: 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kbps
CSD	Soporte de transmission CSD

Apartado	Características
USSD	Soporte de USSD (Unstructured Supplementary Services Data)
SMS	MT, MO, CB, texto y modo PDU Almacenamiento SMS: SIM Card
Interfaz SMS	Soporte para SIM Card: 1.8V y 3V
Puerto Serial y Puerto Debug	Puerto Serial Interfaz full modem con líneas de control y estado, desbalanceadas y asincrónicas 1200bps a 115200bps Soporte de tasa de Autobauding (ABR) desde 1200bps a 57600bps Firmware actualizable Puerto Debug USB-DM y USB-DP Puede ser usado para “Debuging” Firmware actualizable
Kitool de aplicación SIM	GMS 11.14 release 99
Longitud/Ancho/Grosor/Peso	15.8mm / 17.8mm / 2,4mm / 1.38g

Nota. Esta tabla establece las características técnicas de cada componente del módulo SM800L.

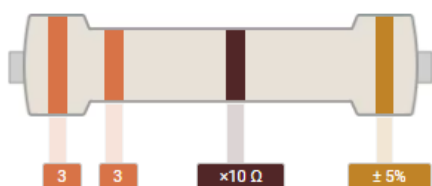
Fuente. (SIMCom, 2013)

Resistencias. Se usaron 2 resistencias de 330Ω , con una tolerancia de 5% y una capacidad de disipación de una $\frac{1}{4}$ de vatio para limitar la corriente que fluye por el circuito,

evitando sobrevoltajes o picos de corriente para proteger el circuito en fallos. Los colores que identifican a la resistencia pueden ser visualizados en la Figura 12.

Figura 12

Resistencia 330Ω con 5% de tolerancia y capacidad de dispersión de ¼ de vatio



Nota. Representación gráfica de una resistencia de 330Ω con su código de color. Tomada de (Digkey, 2025)

Capacitores. Se utilizaron 2 capacitores de 1000μF 16V para estabilizar la tensión de alimentación del módulo SIM800L, mitigando posibles reinicios provocados por fluctuaciones de corriente durante las transmisiones. Los capacitores no fueron considerados en el cálculo total de potencia del sistema dado que no presentan un consumo de potencia continua (siendo elementos que solo absorben corriente durante el proceso de carga inicial).

Batería. Para la alimentación del dispositivo, y conforme al cálculo de potencia requerido, se implementaron dos baterías recargables de litio de 3.7 V y 1.5 A cada una. Esta configuración permite cubrir los picos de consumo de hasta 2 A que se presentan durante el envío del mensaje. Adicionalmente, se realizaron pruebas con baterías de 3.7 V y 1.2 A para evaluar la compatibilidad con opciones más accesibles y disponibles en el mercado donde se concluyó que ambas alternativas son viables sin que afecten la funcionalidad del dispositivo.

A continuación se establecen tanto el cálculo de potencia como la distribución de potencia realizado para el dispositivo teniendo en cuenta cada componente

Tabla 6

Cálculo de potencia del dispositivo

Componente	Voltaje de operación	Corriente de operación	Potencia
			$P = V * I$
Arduino UNO	5V	$45 \leq mA \leq 50$	$= 5V * 0.05A$ $= 0.25W$
		$1 \leq A \leq 2$	$P = V * I$
	$\leq V \leq 4.2$	Rango de operación	$= 4V * 2A$
SIM800L	Voltaje de operación típico: 4V	normal 1.5A con picos de hasta 2A	$= 8W$
		$I_1 = \frac{V}{\Omega} = \frac{7.4V}{330\Omega}$	P_T
		$= 22.42 mA$	$= 7.4V$
Resistencia	La fuente de alimentación es de 7.4V	$I_T = 2 * 22.42 mA$	$* 44.84 mA$
		$= 44.84 mA$	$= 0.33W$

Nota. Esta tabla establece la comparativa de voltaje, corriente y potencia de operación de cada componente activo del dispositivo. *Fuente.* Autor

Tabla 7

Distribución de corriente y potencia de cada componente

Componente	Corriente (A)	Potencia (W)
Arduino UNO	0.05	0.25
SIM800L	2	8

Resistencias	0.044	0.33
Capacitores	0	0
TOTAL	2.094	8.58

Nota. Esta tabla establece la comparativa de voltaje, corriente y potencia de operación de cada componente activo del dispositivo. *Fuente.* Autor

Pulsadores. Se utilizaron 2 pulsadores de 4 pines de diferentes colores fácilmente reconocibles entre sí como los que se pueden visualizar en la Figura 13.

Figura 13

Pulsadores de diferentes colores



Nota. Los pulsadores de 4 pines son fabricados en diferentes colores. Tomada de (Electrosena, 2025)

Tabla 8

Características de pulsadores

Características	Descripción
Número de pines	4
Tipo de encapsado	Through Hole
Fuerza nominal para activación	260gf (gramos fuerza)

Características	Descripción
Dimensiones (Ancho x Largo)	12mm x 7.3mm
Rango de temperatura de operación	-25C° hasta +70C°

Nota. Esta tabla instaura las características de los pulsadores. *Fuente.* (Electrosena, 2025)

Carcasa.

Figura 14

Carcasa de acrílico tipo ensamble por paredes encajables



Nota. La carcasa es de acrílico con medidas fabricadas a medida. Tomada de (Ubuy, 2025)

Tabla 9

Características de la carcasa

Características	Descripción
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	19cm x 12.5cm x 6.5cm
Material	Acrílico
Tipo de Montura	Ensamble

Nota. Esta tabla muestra las características de la carcasa usada en el dispositivo. *Fuente.* (Ubuy, 2025)

PCB.

Figura 15

PCB de fibra de vidrio con pistas en cobre



Nota. La PCB es fabricada en fibra de vidrio. Tomada de (Pexels, 2008)

Tabla 10

Características de la PCB

Características	Descripción
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	17,5cm x 11cm x 1.6mm
Material Cuerpo	Fibra de vidrio
Material Pistas	Cobre
Material Aislante	FR-4

Nota. Esta tabla incorpora las características de la PCB impresa y usada en el dispositivo.

Fuente. Autoría Propia

Software Empleado

Arduino IDE [versión 2.3.2]. Se implementó el software Arduino IDE (Integrated Development Environment), esta es una aplicación de código abierto compatible con sistemas operativos como Windows, macOS y Linux. Según (Wikipedia, 2025) el software Arduino IDE permite programar y cargar códigos en placas Arduino a través de lenguajes de programación como C y C++. IDE cuenta con una biblioteca de software que facilita procedimientos comunes de entrada y salida. El software contiene una consola que permite la visualización de mensajes, una barra de herramientas con funciones comunes y menús operativos jerárquicos. El código

fuente de IDE se distribuye bajo la Licencia Pública General de GNU, versión 2, lo que permite a los desarrolladores crear sus propias versiones y extensiones del entorno.

Librerías Utilizadas

SoftwareSerial [Versión 15/06/2022]. De acuerdo con (Arduino, 2022), esta librería permite la comunicación serial entre los puertos digitales de la tarjeta Arduino replicando la funcionalidad de un puerto serial físico a través de software. Para incluir la librería en Arduino, el código debe incluir la línea “#Include <SoftwareSerial.h>”.

Diagrama de Flujo del Sistema

A través de la Figura 16 se puede visualizar el algoritmo del programa usado en el dispositivo.

Figura 16

Diagrama de flujo de la lógica de programación del dispositivo



Nota. El diagrama de flujo permite conocer la lógica de funcionamiento del dispositivo. *Fuente.*

Autoría propia

Especificaciones y Ensamble del Hardware

Código Desarrollado para Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial Sim800_RxTx(10,11);

byte Pul_1 = 5;

byte Pul_2 = 7;

int EstadoPul_1,EstadoPul_2 = 0;

void setup()

{

  Serial.begin(9600);

  Sim800_RxTx.begin(9600);

  pinMode(Pul_1, INPUT);

  pinMode(Pul_2, INPUT);

  Serial.println("Iniciando Control Sim800L...");

}

void loop()

{

  EstadoPul_1 = digitalRead(Pul_1);

  EstadoPul_2 = digitalRead(Pul_2);

  if (EstadoPul_1 == LOW) {

    Serial.println("Enviando mensaje a numero 1");

    EnviarMensaje("573xxxxxxx", "ALERTA Estoy en peligro");

    delay(2000);

  }

}
```

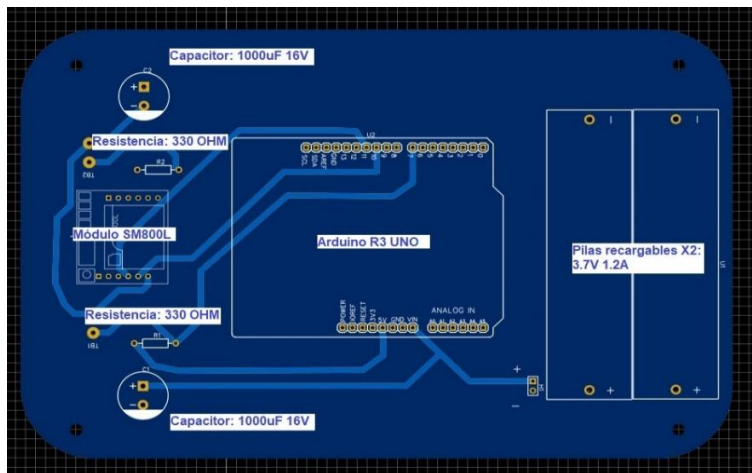
```
}  
  
if (EstadoPul_2 == LOW) {  
    Serial.println("Enviando mensaje a numero 2");  
    EnviarMensaje("573xxxxxxx ", "ALERTA Estoy en peligro");  
    delay(2000);  
}  
}  
  
void EnviarMensaje(String StrNumTelf, String StrMensaje)  
{  
    String StrTramaAT = "AT+CMGS=\"" + StrNumTelf + "\"\r";  
    Serial.println("Se esta enviando el mensaje ...");  
    Sim800_RxTx.print("AT+CMGF=1\r");  
    delay(100);  
    Sim800_RxTx.print(StrTramaAT);  
    delay(500);  
    Sim800_RxTx.print(StrMensaje);  
    delay(500);  
    Sim800_RxTx.print((char)26);  
    delay(500);  
    Sim800_RxTx.println();  
    Serial.println("Texto Enviado.");  
    delay(500);  
}
```

Plano Final del Dispositivo

Para el plano definitivo del dispositivo se definió el uso de una placa PCB ubicando cada componente electrónico de la forma más eficiente posible como se representa en la Figura 17.

Figura 17

Plano final del ensamble usado en el dispositivo con cada componente señalado



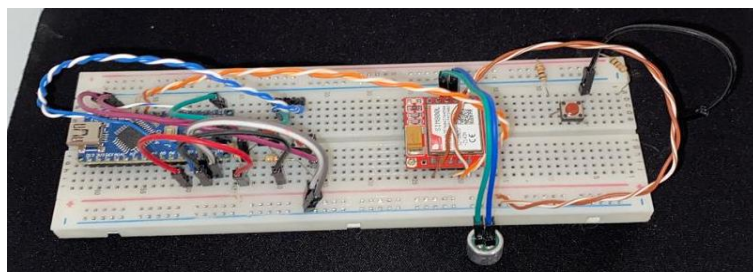
Nota. Este plato muestra la ubicación de cada componente dentro de la PCB, así como su interconexión a través de pistas de cobre. *Fuente.* Autoría propia

Implementación del Dispositivo

Prototipo Inicial

Figura 18

Primer prototipo realizado para el envío de un mensaje con georreferenciación y llamada a un único destinatario



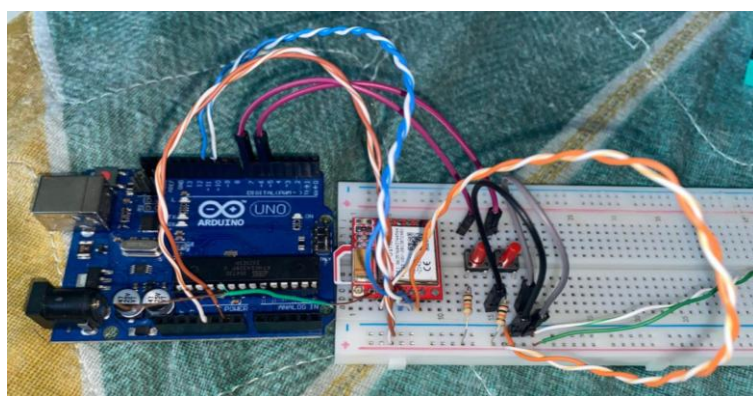
Nota. El primer prototipo fue desarrollado sobre una protoboard, haciendo uso del microcontrolador Uno Nano, *Fuente.* Autoría propia

En la Figura 18 se puede observar el primer prototipo desarrollado incorporó dos funcionalidades, en donde con el accionar del primer botón, el prototipo envía un mensaje de texto a un destinatario configurable. En donde el contenido del mensaje es personalizable e incluye la ubicación geográfica actual del dispositivo obtenida a través del módulo GPS Neo 6M. Al presionar un segundo botón, el prototipo realiza una llamada de voz hacia un número telefónico personalizable que puede coincidir o no con el destinatario del mensaje de texto.

Se descartó la implementación de este dispositivo debido a la complejidad de su sistema de alimentación. La integración del módulo GPS y la funcionalidad de llamadas incrementaba significativamente el consumo energético, lo que requería una fuente de energía más robusta y, por tanto, poco práctica para un dispositivo con la finalidad de ser portátil y con autonomía que respalde su funcionamiento.

Figura 19

Segundo prototipo realizado para el envío de mensajes a diferentes destinatarios



Nota. El segundo prototipo fue construido sobre una protoboard, haciendo uso de un microcontrolador Arduino Uno. *Fuente.* Autoría propia

El segundo prototipo es enseñado en la Figura 19, el cual fue una solución más

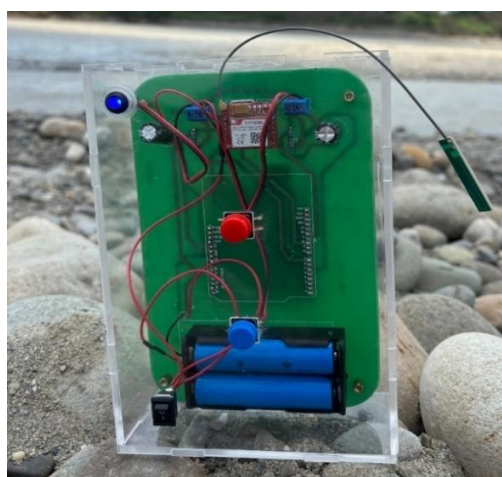
económica y eficiente, tanto en términos de recursos como de consumo energético. Esto se logró al utilizar únicamente el microcontrolador Arduino UNO y el módulo SIM800L como componentes activos, en donde la funcionalidad de este se centra en brindar la posibilidad de elegir o tener dos opciones para el envío de mensajes SMS con contenido y destinatario personalizables los cuales pueden coincidir o no con el otro, todo dependiendo de la elección o necesidad del usuario.

Este dispositivo fue elegido e implementado debido sus dos características más relevantes, como lo es su bajo consumo energético y el bajo costo de construcción. Su bajo consumo energético abre la posibilidad a tener diversas opciones de alimentación. Además, presenta una solución más viable desde el apartado comercial, esto gracias a su menor costo de implementación al no tener el módulo GPS (el cual es reemplazado con la opción de tener dos destinatarios de envío totalmente personalizables) y a su mayor accesibilidad económica.

Diseño Final

Figura 20

Diseño e implementación final del dispositivo



Nota. El diseño final contó con una carcasa de acrílico y todos los componentes descritos anteriormente. *Fuente.* Autoría propia

Se decidió tomar el segundo prototipo como base para el diseño final del dispositivo en función de las características y necesidades identificadas en la población objetivo. Se concluyó que el dispositivo debía ser portátil, especialmente considerando que será utilizado por trabajadores del sector agrícola durante sus jornadas laborales. Asimismo, se estableció que el sistema debía contar con una autonomía energética adecuada, por tanto se realizó el cálculo de potencia adecuado, dichos cálculos pueden ser consultados en la Tabla 6 y la Tabla 7.

Además, se priorizó la facilidad del uso del dispositivo con botones fácilmente identificables que pueden ser consultados en la Tabla 8, esto con el objetivo de evitar posibles barreras tecnológicas entre los usuarios de la tercera edad, garantizando una experiencia intuitiva y libre de complicaciones complejas. Bajo estos criterios, se optó por un diseño estructural en una caja de acrílico con características específicas que pueden ser consultadas en la Tabla 9 así mismo se implementó una tarjeta de circuito impreso (PCB) que puede ser consultada en la Figura 15 y sus características técnicas pueden ser verificadas en la Tabla 10 a través de la cual se garantizó un ensamblaje más práctico, estético y funcional.

Pruebas de Campo y Resultados

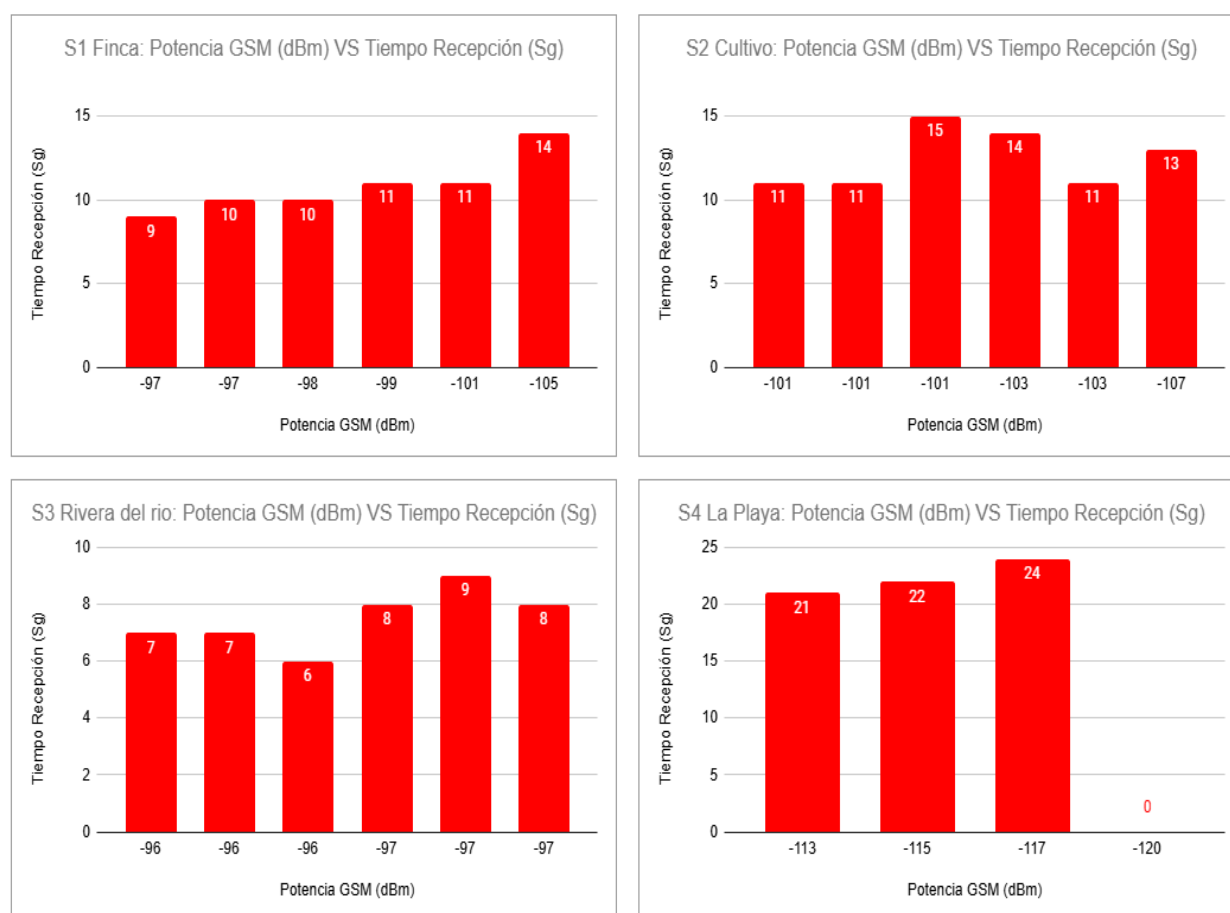
Las pruebas de campo llevadas a cabo con el dispositivo fueron realizadas en 4 localizaciones distintas haciendo uso de dos SIM del operador Claro, donde un total de 44 pruebas fueron efectuadas, 22 pruebas por cada SIM. Las 4 localizaciones fueron nombradas S1 Finca, S2 Cultivo, S3 Rivera del río y S4 La playa; cada una de ellas siendo puntos estratégicos por la presencia de un gran número de adultos mayores con viviendas y que desarrollan actividades productivas como la agricultura y la pesca. Los resultados detallados de cada prueba pueden ser consultados en el Apéndice D, Tabla 12 y Tabla 13, así mismo, y las evidencias que lo soportan pueden ser encontradas en el Apéndice E. Dentro de los resultados pueden

encontrarse el tiempo de respuesta, la potencia utilizada y la frecuencia de modulación en las tecnologías 2G/3G/4G.

En la Figura 21 y la Figura 22 se pueden visualizar los resultados de las pruebas de campo mediante gráficas de diagramas de barra para cada localización, donde se contrastó el tiempo de respuesta de cada prueba en función del nivel de potencia GSM.

Figura 21

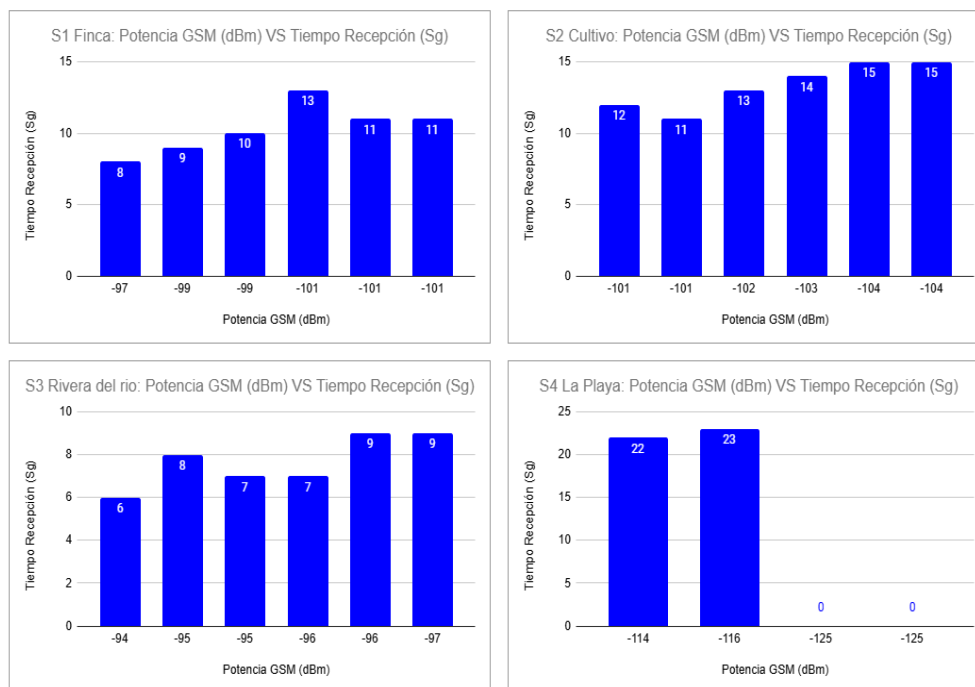
Diagrama de barras con resultados de pruebas con SIM #1 comparando tiempo de respuesta con la potencia GSM



Nota. Los resultados de las pruebas con SIM #1 muestran como la recepción de los mensajes es interrumpida cuando la potencia GSM supera los -120dBm. *Fuente.* Autoría propia

Figura 22

Diagrama de barras con resultados de pruebas con SIM #2 comparando tiempo de respuesta con la potencia GSM



Nota. Los resultados de las pruebas con SIM #2 muestran como la recepción de los mensajes es interrumpida cuando la potencia GSM supera los -120dBm. *Fuente.* Autoría propia

Análisis de Resultados

De acuerdo con la Figura 21 y Figura 22, se establece una correlación inversamente proporcional que se tiene entre la potencia de recepción de la señal 2G/GSM y el tiempo de envío de mensajes. Según lo define (Iwuji, 2019) en condiciones de operatividad reales y prácticas del dispositivo, cuando este se encuentra en condiciones de señal deficiente o en zonas muertas con niveles de potencia comprendidos entre -110 dBm y -120 dBm el tiempo de respuesta y transmisión del dispositivo aumenta exponencialmente, dando como conclusión que a menor potencia en dBm de recepción el tiempo de envío del SMS incrementa, fenómeno que

esta retratado en las dos figuras inmediatamente anteriores.

En el análisis focalizado del desempeño del dispositivo en las cuatro localizaciones evaluadas, se evidencia un funcionamiento estable en los tres primeros escenarios, donde la potencia de señal medida en dBm oscila entre niveles de señal promedio (entre -90 dBm a -99 dBm) y pobres (entre -100 dBm a -109 dBm), de acuerdo con la clasificación de (Iwuji, 2019). Al contrastar estas mediciones con los valores registrados en las pruebas sobre las tecnologías de 3G y 4G, Apéndice D, se determina que la única alternativa técnicamente viable es la red 2G, dado que proporciona niveles de potencia adecuados en los lugares donde los adultos mayores desarrollan sus actividades cotidianas como la agricultura, pesca y comercio. No obstante, en el sector de La Playa se registran niveles de señal extremadamente bajos o nulos, clasificado como zona muerta (entre -110 dBm a -120 dBm), lo que sugiere la necesidad de un plan de optimización o reestructuración de la cobertura por parte de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (ISP).

Protocolo de Pruebas

Las pruebas orientadas a la evaluación de la cobertura y el nivel de potencia de recepción de señal en los dispositivos móviles fueron ejecutadas utilizando la aplicación G-NetTrack. Esta herramienta, de código abierto y licencia gratuita, permite el registro georreferenciado de las mediciones mediante la captura de coordenadas geográficas en tiempo real.

Como requisito para la realización de las pruebas se debe verificar que el dispositivo tenga habilitado el acceso a todas las bandas disponibles (2G/3G/4G) y a su vez que tenga la opción de forzar la conexión a cada una de las tecnologías, de no tener esta opción G-NetTrack forzará la conexión a la tecnología de mayor conveniencia según se tenga configurado.

Para la recolección de los datos registrados en la Tabla 12 y Tabla 13 se tuvieron en

cuenta los siguientes requisitos y procedimiento:

Herramientas y Recursos

Dispositivo Android compatible con G-NetTrack (Al momento de la realización de este proyecto la aplicación no se encuentra disponible en IOS).

Aplicación G-NetTrack instalada.

Tarjeta SIM de un operador presente en la zona con saldo para el envío de SMS.

Formato de registro de datos (hoja de cálculo o físico).

GPS habilitado en dispositivo móvil para georreferenciación de mediciones.

Procedimiento de Pruebas por Tecnología

Pruebas en 2G (GSM). Ubicarse en la zona o segmento definido. Forzar el dispositivo móvil a modo 2G desde ajustes de red. Registrar métricas principales, en este caso de la pestaña CELULA y COCHE: Longitud, Latitud, BAND, F DL, F UL, RxLev (dBm).

Pruebas en 3G (UMTS/WCDMA). Ubicarse en la misma zona anterior para asegurar comparabilidad. Forzar el dispositivo móvil a modo 3G desde ajustes de red. Registrar métricas principales, en este caso de la pestaña CELULA y COCHE: Longitud, Latitud, BAND, F DL, F UL, RSCP (dBm).

Pruebas en 4G (LTE). Ubicarse en la misma zona anterior para asegurar comparabilidad. Forzar el dispositivo móvil a modo 4G desde ajustes de red. Registrar parámetros principales, en este caso de la pestaña CELULA y COCHE: Longitud, Latitud, BAND, F DL, F UL, RSCP (dBm).

Cambios y Mejoras Realizadas Durante la Implementación del Dispositivo

Cambios en Antena

Se decidió cambiar la antena del Módulo SM800L, dado que como primera antena se usó

un trozo de alambre de 5cm con diámetro 0.51mm aproximadamente. La antena mejorada cuenta con un adaptador hembra que se ensambla al Módulo SIM800L conformado por un cable de alambre recubierto con plástico y una antena impresa en PCB como se puede ver en la Figura 23. Las características de la nueva antena pueden ser consultadas en la Tabla 11.

El motivo por el cual se llevó a cabo el cambio se debió a que los resultados de las pruebas demostraron que la cobertura y ganancia de la primera antena eran insuficientes para garantizar la estabilidad y correcta operatividad del dispositivo.

Figura 23

Antena con adaptador para Módulo SM800L



Nota. La antena con adaptador para Módulo SM800L. Tomado de (UNITELECTRIC, 2025)

Tabla 11

Características de antena módulo SM800L mejorada

Características	Descripción
Frecuencia	2400 a 2500 MHz
Ganancia	3.0 ± 0.7 dBi
Impedancia	50
Temperatura de Operación	-40C° a 65C°
Material soporte	PCB
Longitud (Largo x Ancho)	177.87 mm x 7.25 mm
Peso	1.5g

Nota. Esta tabla contempla las características más relevantes de la antena seleccionada para

adaptar al módulo SM800L. *Fuente.* (UNITELECTRIC, 2025)

Cambios en Batería

Los prototipos iniciales no contaban con baterías que pudieran garantizar la autonomía del dispositivo. Por tanto, luego de realizar el cálculo de potencia explorado en la Tabla 6 del presente documento, se añadieron dos baterías de litio de 3.7V a 2000mAh con porta pila.

Cambios en PCB

Se reemplazó la protoboard usada en los prototipos iniciales por una PCB diseñada a medida con pistas claras e impresiones legibles.

Uso de Múltiples SIMs

Para garantizar la veracidad de las pruebas realizadas, se implementaron múltiples SIMs nuevas y antiguas en el módulo SIM800L, garantizando la misma programación y cambiando los números destinatarios.

Resultados de la Implementación

Desempeño del Dispositivo

En lo que concierne a la evaluación cuantitativa en cuanto al desempeño del proyecto, se llevó a cabo un análisis de los resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas, el cual se sustentó mediante el cálculo de métricas fundamentales como el error absoluto, el error relativo y la precisión del sistema:

Error absoluto:

$$Error\ absoluto = 3$$

Error relativo:

$$Error\ relativo = \frac{Errores}{Total\ de\ pruebas} = \frac{3}{44} = 0.06818$$

$$Error\ relativo\ (\%) = 0.06818 * 100 = 6.82\%$$

Precisión:

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Pruebas correctas}}{\text{Total de pruebas}} = \frac{41}{44} = 0.9318$$

$$\text{Precisión (\%)} = 0.9318 * 100 = 93.18\%$$

En el proceso evaluativo, se llevaron a cabo 44 pruebas de campo en diversas ubicaciones y condiciones intrínsecas de la zona, con el objetivo de analizar el desempeño del dispositivo. Los resultados obtenidos permitieron determinar una tasa de precisión del 93,18%, lo que indica una alta fiabilidad en su funcionamiento. Sin embargo, se registró un error relativo del 6,82% atribuible a la ausencia de cobertura o señal móvil en ciertas zonas durante las pruebas. Es importante destacar que en áreas con presencia de señal 2G el dispositivo funcionó de manera óptima, lo que resalta su capacidad para operar bajo condiciones de la conectividad planteada.

Fundamentos Legales de Protección de Datos

De acuerdo con (Congreso de Colombia, 2012) es posible realizar pruebas de satisfacción sin recopilar datos personales en trabajos académicos en Colombia, y está permitido por la Ley 1581 de 2012 donde su artículo 3, definiciones, establece como dato personal la información vinculada o que pueda asociarse a una o varias personas naturales determinadas o no determinadas y su artículo 10, casos en que no es necesaria la autorización del titular, indica que la autorización no será necesaria cuando se trate de datos de naturaleza pública o el tratamiento tenga una finalidad histórica, estadística o científica. Por tanto, de acuerdo con la normativa del habeas data en Colombia, no es necesario obtener autorización explícita dado que el uso es para una investigación científica o académica. No obstante, es necesario informar del tratamiento de los datos a los encuestados.

Con ánimos de informar a los encuestados, se aclara que la encuesta de satisfacción se encuentra en conformidad con el decreto 1377 de 2013 determinado por la (Presidencia de la

República de Colombia, 2013), en su artículo 4, principio de finalidad, donde indica que el tratamiento debe obedecer a una finalidad legítima acorde con la Constitución y la ley, la cual debe ser informada al titular.

De forma que, la finalidad de esta encuesta de satisfacción se encuentra alineada con un propósito legítimo académico, en conformidad la Constitución y la ley de Colombia, permitida por la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013; siempre y cuando se garantice la anonimidad de los encuestados, se use la información con fines académicos y se informe la finalidad del tratamiento si se recopilan datos generales como edad y nivel educativo.

Encuesta de Satisfacción

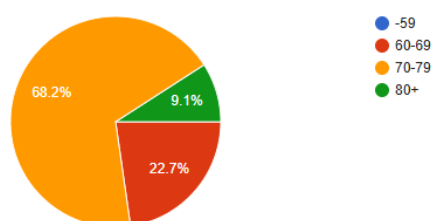
Se elaboró una encuesta de nivel de satisfacción enfocada en dos aspectos claves del dispositivo, satisfacción de uso y usabilidad, para más detalles consulte el Apéndice A. Los adultos mayores encuestados fueron principalmente habitantes de las veredas aleñadas al municipio de Granada, Meta como El Pizúño y La Playa. Un total de 21 adultos mayores completaron de forma satisfactoria la encuesta. A continuación se presentan los resultados obtenidos de dicha encuesta:

Datos Generales.

Figura 24

Rango de edad

Rango de edad
22 respuestas



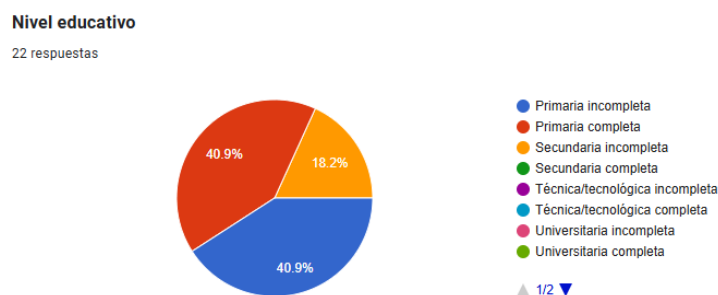
Nota. Dentro de la encuesta se consideró prudente definir el rango de edad. *Fuente.* Autoría

propia

La mayoría de los encuestados se encuentra en el rango de 70 a 79 años de acuerdo con la Figura 24. Esto indica que se impactó efectivamente a la población objetivo: adultos mayores en zonas rurales del departamento del Meta. Este rango de edad suele enfrentar mayores dificultades de acceso a tecnologías modernas, por lo que el dispositivo tuvo el desafío de ser lo más intuitivo posible.

Figura 25

Nivel educativo



Nota. El nivel educativo fue un factor a considerar importante, por tanto fue incluido en la encuesta. *Fuente.* Autoría propia

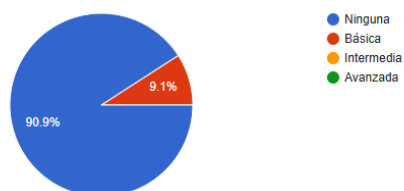
La mayoría de los participantes solo cursó la primaria, en muchos casos no la finaliza como se puede observar en la Figura 25, reforzando la necesidad de eliminar cualquier complejidad en el uso del dispositivo. En estas regiones del campo colombiano, el acceso a la educación ha sido históricamente limitado como se refleja en Carreri, M y González, M. (2016), lo cual infiere la importancia de una interfaz sencilla y sin requerimientos técnicos.

Figura 26

Experiencia previa en uso de dispositivos de envío de SMS

Experiencia previa con dispositivos de envío de SMS (Celulares convencionales "Flechas", Smartphones)

22 respuestas



Nota. Considerar la experiencia previa en el uso de dispositivos de envío de SMS fue clave.

Fuente. Autoría propia

La mayoría de los adultos mayores encuestados nunca habían utilizado un sistema de envío de SMS de acuerdo con la Figura 26. Siendo esto un reflejo de la desconexión tecnológica típica que se ve en muchas zonas rurales del territorio nacional. Sin embargo, que hayan podido usar el dispositivo sin problemas sugiere que el diseño es lo suficientemente intuitivo, incluso para quienes no tienen experiencia previa con dispositivos de envío de mensajes SMS como celulares convencionales.

Satisfacción de Uso.

Figura 27

Nivel de satisfacción con el uso del dispositivo

¿Qué tan satisfecho(a) está con el dispositivo en general?

1: Nada satisfecho – 5: Muy satisfecho

21 respuestas



Nota. Valorar el nivel de satisfacción fue esencial para considerar su aceptación. *Fuente.*

Autoría propia

Todos los encuestados manifestaron estar muy satisfechos con el dispositivo como puede evidenciarse en la Figura 27, demostrando que el dispositivo respondió a una necesidad real, siendo pedir ayuda de forma simple, sin depender de una señal de celular fuerte ni conocimientos técnicos. Este resultado reafirma que el diseño del dispositivo es adecuado.

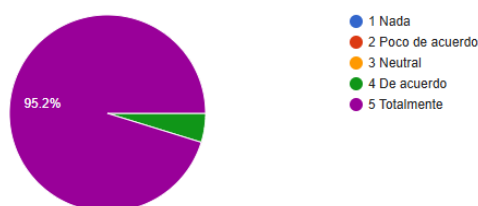
Figura 28

Expectativas del dispositivo

¿El dispositivo cumple con sus expectativas?

1: Nada – 5: Totalmente

21 respuestas



Nota. Considerar las expectativas del dispositivo fue importante. *Fuente.* Autoría propia

En general y como se ilustra en la Figura 28, los encuestados sintieron que el dispositivo cumplió totalmente con lo que esperaban donde las funciones ofrecidas realmente se alinean con los problemas cotidianos que enfrentan en su entorno rural, como la dificultad para comunicarse a través de dispositivos tecnológicos en caso de emergencia. No obstante, hay un espacio de oportunidad de mejora, el cual puede ser ocupado por cambios en la ergonomía del dispositivo, mayor autonomía en la batería o un tercer botón que ofrezca una alternativa de comunicación

adicional.

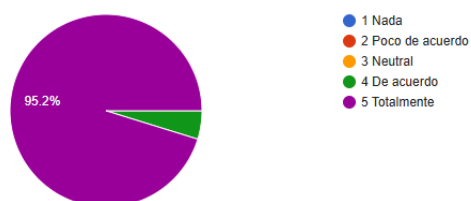
Figura 29

Recomendación del dispositivo a otras personas

¿Recomendaría este dispositivo a otras personas?:

1: Nada – 5: Totalmente

21 respuestas



Nota. Validar la voluntad de recomendar el dispositivo a otras personas fue clave para considerar su utilidad percibida. *Fuente.* Autoría propia

Como puede observarse en la Figura 29, la mayoría manifestó que sí lo recomendaría a otras personas, siendo este un resultado de gran peso en comunidades rurales, donde las recomendaciones personales son clave para la adopción de nuevas herramientas, demostrando una señal clara de confianza y utilidad percibida.

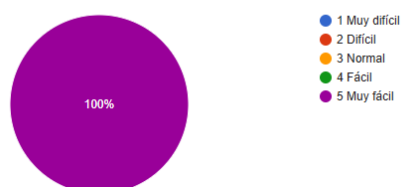
Usabilidad.

Figura 30

Aprendizaje de uso del dispositivo

¿Fue fácil aprender a usar el dispositivo? 1: Muy difícil – 5: Muy fácil

21 respuestas



Nota. Identificar el rango de dificultad en el uso del dispositivo fue clave. *Fuente.* Autoría propia

Todos los encuestados afirmaron que fue muy fácil de aprender a usar, lo que confirma

que el diseño logró adaptarse a las capacidades y limitaciones de los adultos mayores. En estas zonas rurales, muchas veces el rechazo a la adopción de nuevas tecnologías es una barrera, pero el resultado de la Figura 30 refleja que en este caso no fue un obstáculo.

Figura 31

Instrucciones de uso del dispositivo

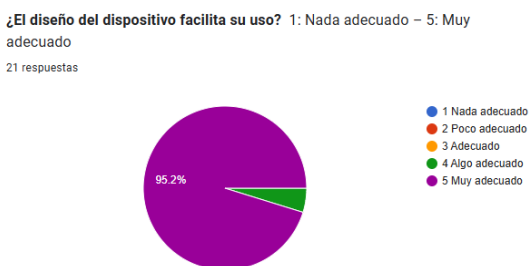


Nota. Evaluar la claridad de las instrucciones de uso del dispositivo fue necesario para corroborar su efectividad. *Fuente.* Autoría propia

Los participantes consideraron que las instrucciones eran muy claras de acuerdo con la Figura 31, reflejando que la forma en la que se explicó el funcionamiento fue efectiva para personas con bajo nivel educativo y sin experiencia previa con este tipo de tecnología, debido a que las instrucciones fueron impartidas de forma oral e ilustrativa sin el uso de lectura de folletos teniendo en cuenta que los encuestados podían ser analfabetas.

Figura 32

Facilidad de uso del dispositivo



Nota. Identificar si el diseño del dispositivo facilita su uso fue necesario para evaluar si cumplió

con los criterios de implementación planteados. *Fuente.* Autoría propia

Según los encuestados, el diseño fue muy adecuado como se evidencia en la Figura 32. Teniendo en cuenta que son adultos mayores del campo, es fundamental que el dispositivo tenga un tamaño práctico, botones visibles y una lógica sencilla. El resultado demuestra que la propuesta de diseño respondió a los criterios de implementación.

Conclusiones

A través del desarrollo de este proyecto, se materializó la construcción de un dispositivo de comunicación por SMS de emergencia enfocado en las necesidades de los adultos mayores vulnerables en zonas rurales como Granada, Meta, como puede visualizarse en la Figura 20. Tras identificar las características geográficas que presentan las veredas aleñadas al municipio, se descubrieron las difíciles condiciones de comunicación que presenta la población adulta mayor, y el proyecto demostró ser útil en escenarios de escasa cobertura móvil.

Por otro lado, se conoció que la tecnología móvil óptima para garantizar la estabilidad del envío de mensajes SMS de emergencia a través del módulo SIM800L en este tipo de zonas rurales debe ser GSM-2G en la banda de multiplexación 850 MHz con frecuencia uplink entre (824 – 849 MHz) y downlink entre (869 – 894 MHz) debido a la compatibilidad del dispositivo SIM800L con la tecnología móvil y su interoperabilidad con diferentes operadores de telecomunicaciones. Adicionalmente, se evidenció que en Colombia existe una amplia cobertura de esta tecnología, atribuyendo su actual uso a las condiciones geográficas y demográficas del país. Esto se debe a la alta potencia de transmisión de los equipos utilizados y a las características de la banda de multiplexación empleada, lo que permite una mayor cobertura en condiciones de línea de vista directa. Se corroboró que otras tecnologías como 3G o 4G no son viables en el uso de este dispositivo debido a que requieren mayor potencia y estabilidad en su conexión con las antenas receptoras de los operadores, ocasionando que el índice de error en el envío de mensajes SMS aumente considerablemente.

Al analizar los componentes utilizados para el ensamble y programación del dispositivo, se descubrió de forma preliminar que los microcontroladores Arduino UNO o NANO son más viables en comparación con otras alternativas en el mercado por su precio como Raspberry Pi o

ESP32/ESP8266. No obstante, Arduino NANO fue descartado en el análisis final, dado que a pesar de contar con un consumo energético reducido este terminó siendo contraproducente al querer alimentar el módulo SIM800L a través del puerto de alimentación anidado porque su corriente de salida es insuficiente. De igual forma, el uso de baterías de litio fue una alternativa acertada por su confiabilidad, costo y autonomía. Por último, el uso de botones accionables de diferentes colores resultó ser intuitivo y fácil de usar; incluso para usuarios con movilidad reducida, poca coordinación motora y que presentan dificultades visuales.

El apartado de pruebas de campo realizadas en las zonas aleñadas a Granada, Meta como fincas, cultivos, ribera del río Ariari y centros poblados demostró tener una tasa de precisión del 93.18%, donde los tiempos de respuesta se encontraron dentro de los rangos esperados con valores de latencia promedio (12 segundos en condiciones climatológicas normales, para más detalle consultar Tabla 12 y Tabla 13). Los mensajes SMS fueron entregados de forma exitosa de acuerdo con la programación personalizada a través de todos los números de prueba del operador de telecomunicaciones Claro, demostrando fiabilidad en su configuración. En contra posición, las pruebas que no exitosas fueron analizadas en busca de su causa raíz y se confirmó que la principal razón de sus resultados se debió a una nula cobertura en red 2G GSM, con niveles de potencia superiores a -120dBm, haciendo imposible la comunicación con la antena más cercana.

Desde el punto de vista de experiencia de usuario, la acogida por parte de los adultos mayores que hicieron parte de las pruebas de campo fue mayoritariamente positiva, donde los resultados de las encuestas señalaron un 97% de satisfacción de uso y un 99% en la usabilidad del dispositivo. Adicionalmente, como acción de mejora en base a los comentarios de los encuestados, la apariencia del dispositivo puede ser mejorada en una siguiente etapa para brindar una mejor ergonomía y facilitar el uso.

Para finalizar, durante el proceso de diseño y construcción del proyecto como estudiantes de ingeniería, el área de conocimiento y metodología de trabajo de cada disciplina aportaron de forma decisiva, dado que se desplegaron habilidades y conocimientos adquiridos a lo largo de la formación. Desde la ingeniería en telecomunicaciones, se analizaron las tecnologías de redes móviles presentes en Colombia (GSM, UMTS, LTE y 5G) con sus características principales como potencia, cobertura, interoperabilidad y capacidad, seleccionando la más adecuada según las particularidades del entorno. Por otro lado, desde la ingeniería electrónica, se diseñó la arquitectura del hardware del dispositivo, incluyendo la selección y configuración del microcontrolador más adecuado, así como el módulo principal SIM800L con la tecnología seleccionada GSM/GPRS y el sistema de alimentación capaz de garantizar la portabilidad del dispositivo optimizando su consumo energético. Ambas disciplinas fueron cruciales para elaborar una solución adecuada al problema, dado que los conocimientos en comunicación móvil y construcción de circuitos fueron los ejes centrales al materializar la construcción del dispositivo. De esta forma, el presente proyecto garantizó de forma satisfactoria la ejecución del dispositivo para el envío de mensajes SMS de emergencia, brindando así una alternativa viable para los adultos mayores en zonas rurales, especialmente, aquellos más vulnerables que presenten analfabetismo y dificultades visuales.

Referencias Bibliográficas

- Arboleda, W. & Orozco, L. (2017). *Alfabetización digital como herramienta para el envejecimiento activo en el adulto mayor*. Obtenido de <http://repository.unac.edu.co/handle/11254/955>
- Arduino. (2022). *SoftwareSerial Library*. Obtenido de <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial/>
- Arduino. (2025). *Arduino datasheet*. Obtenido de <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- Auronix. (7 de 1 de 2021). *¿Qué es el SMS?* Obtenido de <https://www.auronix.com/recursos/que-es-el-sms>
- Bernal, L. S. (03 de 01 de 2025). *IMPACTOTIC*. Obtenido de Internet rural en Colombia: Precios, empresas y cobertura en el país: <https://impactotic.co/innovacion/internet-en-zonas-rurales-en-colombia/>
- Camelo A. (2022). Obtenido de Redes sociales: usos y finalidades en jóvenes de la Amazonía y Orinoquía colombiana: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-25222022000200208&lang=es
- Carpintero E. (2023). Obtenido de Inclusão Digital e Envelhecimento: uma abordagem centrada no humano e social pelo: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232023000800101&lang=es
- Claro. (2024). Obtenido de Mapa de cobertura Claro a nivel Colombia: <https://www.claro.com.co/personas/servicios/servicios->

moviles/cobertura/?fuente=google&medio=cpc&campaign=COL_CLARO_MARCA_C
 ONS_TRF_AON_4G-
 BRAND_SEM_CPC_70052&keyword=claro%20cobertura&gad_source=1&gclid=EAIA
 IQobChMIqOWC07PEhAMVuJtaBR3EzQkqEAAYASAAEgJeffD_

Colombia Aprende. (2022). Obtenido de La educación rural, un gran desafío para Colombia:

<https://www.colombiaaprende.edu.co/agenda/tips-y-orientaciones/la-educacion-rural-un-gran-desafio-para-colombia>

Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Obtenido de Diario Oficial No. 48.587:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

DANE. (2015). Obtenido de ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA ENA 2015:

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2015/boletin_ena_2015.pdf

DANE. (2023). *Calidad de Vida, 2023: Análisis por Regiones. Departamento Administrativo Nacional de Estadística*.

David, L. C. (2018). *ANALFABETISMO DEL ADULTO MAYOR EN EL MANEJO DE HERRAMIENTAS DIGITALES*. Bogotá, D.C.: UNIVERSIDAD ECCI.

Defensoría. (2022). Obtenido de La alfabetización nos permite avanzar en la construcción de una sociedad igualitaria: <https://www.defensoria.gov.co/-/la-alfabetizaci%C3%B3n-nos-permite-avanzar-en-la-construcci%C3%B3n-de-una-sociedad-igualitaria#:~:text=Para%20el%202021%2C%20seg%C3%BAn%20datos,porcentuales%20respecto%20de%20la%20cabecera%20>

- Digkey. (2025). *Calculadoras de conversión*. Obtenido de <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code>
- DNP, D. N. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad (Ley 1955 de 2019)*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co>
- DNP, D. N. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026: Colombia Potencia Mundial de la Vida (Ley 2294 de 2023)*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co>
- El Tiempo. (2015). Obtenido de Todo lo que llega del campo a la ciudad es un "MilAgro": <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/campana-para-capacitar-con-tecnologia-a-los-campesinos-del-pais/16324677>
- Electrosena. (2025). *Electrosena*. Obtenido de <https://www.electrosena.com/3-pulsadores-colores-4-pines-tipo-teclana?srsId=AfmBOooeBsrEVVS0RK4KY5wBh6ampEiy1dGF7NB9n-lux3YhqD7RR4A>
- Flores, J. (15 de 12 de 2022). *Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida*. Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449
- Gari M. (2022). Obtenido de Aprendizaje colaborativo en la plataforma WhatsApp y el teléfono celular en tiempos de pandemia: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412022000100008&lang=es

Geographic, N. (2022). Obtenido de Marconi, ingeniero de la primera transmisión por radio de la historia: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/marconi-y-primera-transmision-por-radio-historia_14204

Gobernación del Meta. (2020). *Plan de Desarrollo Departamental 2020–2023: Hagamos Grande al Meta*. Obtenido de <https://www.meta.gov.co>

GSMA. (2018). *Rural connectivity innovation case study: Using light sites to drive rural coverage - Huawei RuralStar and MTN Ghana*. Obtenido de https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/wp-content/uploads/2019/01/Huawei_RuralStar_MTN_Ghana_Rural_Innovation_Connectivity_Case_Study_Nov.pdf

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Obtenido de Metodología de la investigación: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

IBM. (2021). Obtenido de ¿Qué es la tecnología móvil?: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/mobile-technology>

Iwuji, P. C. (2019). *Investigation of GSM signal strength in rural communities in the South-Eastern Region of Nigeria*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/333532542_Investigation_of_GSM_Signal_Strength_in_Rural_Communities_in_the_South-Eastern_Region_of_Nigeria

- Jeffery, I. (20 de 06 de 2024). *La Evolución del WiFi, desde sus inicios hasta el corazón de los hogares*. Obtenido de Octopus Force: <https://www.octopusforce.com/post/la-evoluci%C3%B3n-del-wifi-desde-sus-inicios-hasta-el-coraz%C3%B3n-de-los-hogares>
- Márquez, X. (2 de 7 de 2011). *Hace 20 años se realizó la primera llamada en una red GSM*. Obtenido de Xataka Movil: <https://www.xatakamovil.com/gsm/hace-20-anos-se-realizo-la-primera-llamada-en-una-red-gsm>
- Minisitoclaro. (2024). *Mapa de Cobertura*. Obtenido de Mapa de Cobertura: <https://minisitiosclaro.claro.com.co/MapasDeCobertura>
- MinTic. (2018). *Subasta del espectro, el proyecto de conectividad móvil más ambicioso del país. Sala de prensa*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/124659:Subasta-del-espectro-el-proyecto-de-conectividad-movil-mas-ambicioso-del-pais>
- MinTic. (2022). Obtenido de MINTIC Colombia: PLAN NACIONAL DE CONECTIVIDAD RURAL: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Atencion-y-Servicio-a-la-Ciudadania/Preguntas-frecuentes/14550:Proyecto-Kioscos-Vive-Digital>
- MinTIC, M. d. (2018). *Plan Nacional de Conectividad Rural*. Obtenido de https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-125867_PDF.pdf
- MinTIC, M. d. (2021). *Zonas Digitales Rurales y Centros Digitales en Colombia*. Obtenido de <https://mintic.gov.co>
- Miñón, R., Abascal, J., Aizpurua, A., Cearreta, I., Gamecho, B., & Garay, N. (2011). *Generación de interfaces de usuario accesibles para entornos ubicuos, basadas en modelos*. En *Actas del XII Congreso Internacional Interacción 2011 (pp. 145-154)*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/236749976_Generacion_de_interfaces_de_usuario_accesibles_para_entornos_ubicuos_basadas_en_modelos

Montoya J. (2022). Obtenido de CANALES EFICIENTES DE INTERNET EN ZONA RURAL DE GUATEQUE Y SUTATENZA BOYACÁ:

[http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12365/GPV61-E2-](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12365/GPV61-E2-Montoya%2C%20Prieto%2C%20Silva%2C%20Zambrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[Montoya%2C%20Prieto%2C%20Silva%2C%20Zambrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12365/GPV61-E2-Montoya%2C%20Prieto%2C%20Silva%2C%20Zambrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Movil, C. S. (29 de 04 de 2021). *¿Qué es y cómo funciona un 2G/3G/4G?* Obtenido de

<https://sumamovil.com.co/glosario/que-es-y-como-funciona-un-2g-3g-4g/>

Movistar. (2024). Obtenido de Cobertura 3G / 4G / 5G Movistar Móvil - nperf.com:

[https://www.nperf.com/es/map/CO/-/7239.Movistar-](https://www.nperf.com/es/map/CO/-/7239.Movistar-Movil/signal/?ll=3.5236584760665273&lg=-73.72939200093252&zoom=14)

[Movil/signal/?ll=3.5236584760665273&lg=-73.72939200093252&zoom=14](https://www.nperf.com/es/map/CO/-/7239.Movistar-Movil/signal/?ll=3.5236584760665273&lg=-73.72939200093252&zoom=14)

Movistar. (2024). *Mapa de cobertura Movistar*. Obtenido de

<https://www.movistar.com.co/mapa-de-cobertura-movil>

Muñoz, J. (2017). *Planificación y Administración de Redes*. Obtenido de

<https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/index.html>

National Eye Institute. (2020). *Common Eye Disorders*.

PBEAXELL. (2024). *Overview of 2G: Understanding the Second Generation of Mobile*

Technology. Obtenido de [https://pbeaxell.com/about/glossary/what-is-](https://pbeaxell.com/about/glossary/what-is-2g#:~:text=Introduced%20in%20the%201990s%2C%20G,SMS%20(Short%20Message%20Service))

[2g#:~:text=Introduced%20in%20the%201990s%2C%20G,SMS%20\(Short%20Message%20Service\)](https://pbeaxell.com/about/glossary/what-is-2g#:~:text=Introduced%20in%20the%201990s%2C%20G,SMS%20(Short%20Message%20Service))

- Perdomo A. (2015). *MilAgro por la educación tecnológica en el campo colombiano*. ANeIA. Obtenido de <https://aneia.uniandes.edu.co/milagro-por-la-educacion-tecnologica-en-el-campo-colombiano/>
- Pexels. (2008). *Pexels*. Obtenido de <https://www.pexels.com/es-es/foto/placa-de-circuito-verde-459411/>
- Presidencia de la República de Colombia. (2013). *Decreto 1377 de 2013: Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012*. Obtenido de Diario Oficial No. 48.807: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53716>
- Quinchía, A. Z. (17 de 2 de 2025). *La agricultura jalónó la economía colombiana en 2024: PIB creció 1,7 %*. Obtenido de <https://www.elcolombiano.com/negocios/cuanto-crecio-la-economia-de-colombia-en-2024-EA26622655>
- Rouse, M. (2011). Obtenido de Cellular Network: <https://www.techopedia.com/definition/24962/cellular-network>
- SIMCom. (2013). *SIM800L_Hardware_Design_V1.00*. Obtenido de https://www.makehero.com/img/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf?srsItd=AfmBOorRZ4nYDSbQUrx1UMCviIu1kMlcjQypEVt60zt3_IUEsQnSRMm1
- Telecom, D. (10 de 05 de 2023). *De 1G a 5G: Evolución de las redes de telecomunicaciones*. Obtenido de Decision Telecom : <https://decisiontele.com/es/news/1g-5g-evolution-telecommunication-networks.html>
- Ubuy. (2025). *Ubuy*. Obtenido de <https://www.ubuy.com.co/en/product/GHST7VK-wanlian-10inch-clear-acrylic-display-case-assemble-countertop-box-cube-organizer-stand-dustproof-protection-showcase-for-action-figures-toys-collectib?ref=hm-google-redirect>

- UNFPA. (2023). *Envejecimiento y derechos de las personas mayores en Colombia. Fondo de Población de las Naciones Unidas en Colombia (UNFPA)*. Obtenido de <https://colombia.unfpa.org>
- UNITELECTRIC. (2025). *Unit Electric*. Obtenido de https://uelectronics.com/producto/antena-para-sim800l-gprs-gsm/?srsltid=AfmBOoqxPTUe7mnfZEJWWS6onyYDI_O8aWpa2-ILet-G-tDTkIn_U8HU
- Wikipedia. (2025). *Arduino*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- WNDW. (2007). *Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo*. Obtenido de Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo: <https://wndw.net/pdf/wndw2-es/wndw2-es-ebook.pdf>
- Zuluaga, D. (2020). *La alfabetización digital en el adulto mayor durante la pandemia de COVID-19: Retos y estrategias en Colombia*. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/43480>

Apéndices

Apéndice A

Encuesta de satisfacción

El propósito de la encuesta de satisfacción fue identificar inicialmente el rango de edad y el nivel de escolaridad de la población objetivo, para posteriormente evaluar su percepción y nivel de aceptación respecto al dispositivo implementado.

Encuesta de Satisfacción – Dispositivo de Envío de SMS

Datos Generales

* Indica que la pregunta es obligatoria

Rango de edad *

-59

60-69

70-79

80+

Nivel educativo *

Primaria incompleta

Primaria completa

Secundaria incompleta

Secundaria completa

Técnica/tecnológica incompleta

Técnica/tecnológica completa

Universitaria incompleta

Universitaria completa

Posgrado

Ninguna

Experiencia previa con dispositivos de envío de SMS (Celulares convencionales "Flechas", Smartphones) *

Ninguna

Básica

Intermedia

Avanzada

Encuesta de Satisfacción – Dispositivo de Envío de SMS

* Indica que la pregunta es obligatoria

Encuesta de Satisfacción – Satisfacción de Uso

¿Qué tan satisfecho(a) está con el dispositivo en general? *

1: Nada satisfecho – 5: Muy satisfecho

1 Muy insatisfecho

2 Insatisfecho

3 Neutral

4 Satisfecho

5 Muy satisfecho

¿El dispositivo cumple con sus expectativas? *

1: Nada – 5: Totalmente

1 Nada

2 Poco de acuerdo

3 Neutral

4 De acuerdo

5 Totalmente

¿Recomendaría este dispositivo a otras personas? *

1: Nada – 5: Totalmente

1 Nada

2 Poco de acuerdo

3 Neutral

4 De acuerdo

5 Totalmente

Encuesta de Satisfacción – Dispositivo de Envío de SMS

* Indica que la pregunta es obligatoria

Encuesta de Satisfacción – Usabilidad

¿Fue fácil aprender a usar el dispositivo? 1: Muy difícil – 5: Muy fácil *

1 Muy difícil

2 Difícil

3 Normal

4 Fácil

5 Muy fácil

¿Las instrucciones eran claras? 1: Nada claras – 5: Muy claras *

1 Nada claras

2 Poco claras

3 Claras

4 Algo claras

5 Muy claras

¿El diseño del dispositivo facilita su uso? 1: Nada adecuado – 5: Muy adecuado

1 Nada adecuado

2 Poco adecuado

3 Adecuado

4 Algo adecuado

5 Muy adecuado

¿Tuvo algún problema durante el uso del dispositivo?

Tu respuesta

Encuesta de Satisfacción – Comentarios

Comentarios adicionales (especifique aspectos positivos, negativos o sugerencias)

Tu respuesta

[Atrás](#) [Siguiente](#) [Borrar formulario](#)

Nota. Encuesta creada para el diligenciamiento de los adultos mayores. *Fuente.* Autor.

Apéndice B

Entrevistas a adultos mayores

Mediante la ejecución de entrevistas a los adultos mayores pertenecientes a la población objetivo, se recolectó información sobre su percepción en relación con las distintas alternativas de comunicación disponibles con las que cuentan, así como determinar el nivel de aceptación y viabilidad percibida de una opción de comunicación destinada a situaciones de emergencia.



Nota. Entrevistas realizadas a adultos mayores. *Fuente.* Autor.

Para visualizar las entrevistas, ingrese al siguiente enlace: [Entrevistas](#)

Apéndice C

Autorización de derechos de imagen

A continuación, se relacionan las respectivas autorizaciones de derechos de imagen de las personas involucradas como entrevistados en los videos realizados en la recolección de información con respecto a la percepción de los adultos mayores pertenecientes a la población objetivo.

<p>Autorización para Uso de Imagen en Proyecto de Grado Yo <u>Elena Ferro</u> mayor de edad, identificado(a) con cédula de ciudadanía número [redacted] de <u>Maricón</u> en pleno uso de mis facultades, manifiesto que autorizo de manera voluntaria, expresa e informada el uso de mi imagen (fotografías, videos u otro material audiovisual) en el marco del proyecto de grado titulado: <u>Disponibilidad de envío de mensajes</u> desarrollado por estudiantes de la institución <u>UNAD</u>.</p> <p>Autorizo que mi imagen sea utilizada con fines exclusivamente académicos, investigativos, de divulgación y sin ánimo de lucro, dentro de los productos resultantes del mencionado proyecto, los cuales pueden incluir: presentaciones, documentos impresos o digitales, exposiciones, y publicaciones electrónicas o físicas, en repositorios universitarios o institucionales.</p> <p>Declaro que esta autorización es gratuita y no implica remuneración alguna, y que no vulnera derechos de terceros.</p> <p>La presente autorización se otorga de conformidad con la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia, y podrá ser revocada en cualquier momento mediante comunicación escrita al responsable del proyecto.</p> <p>Fecha: <u>12/04/2025</u></p> <p>Firma del autorizado(a): [redacted]</p> <p>Nombre completo: <u>Elena Ferro</u></p> <p>Número de cédula: [redacted]</p> <p>Teléfono / Correo electrónico: [redacted]</p>	<p>Autorización para Uso de Imagen en Proyecto de Grado Yo <u>Hector A. Lopez</u> mayor de edad, identificado(a) con cédula de ciudadanía número [redacted] de <u>Soledad</u> en pleno uso de mis facultades, manifiesto que autorizo de manera voluntaria, expresa e informada el uso de mi imagen (fotografías, videos u otro material audiovisual) en el marco del proyecto de grado titulado: <u>Disponibilidad de mensajes</u> desarrollado por estudiantes de la institución <u>UNAD</u>.</p> <p>Autorizo que mi imagen sea utilizada con fines exclusivamente académicos, investigativos, de divulgación y sin ánimo de lucro, dentro de los productos resultantes del mencionado proyecto, los cuales pueden incluir: presentaciones, documentos impresos o digitales, exposiciones, y publicaciones electrónicas o físicas, en repositorios universitarios o institucionales.</p> <p>Declaro que esta autorización es gratuita y no implica remuneración alguna, y que no vulnera derechos de terceros.</p> <p>La presente autorización se otorga de conformidad con la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia, y podrá ser revocada en cualquier momento mediante comunicación escrita al responsable del proyecto.</p> <p>Fecha: <u>12/4/2025</u></p> <p>Firma del autorizado(a): [redacted]</p> <p>Nombre completo: [redacted]</p> <p>Número de cédula: [redacted]</p> <p>Teléfono / Correo electrónico: [redacted]</p>	<p>Autorización para Uso de Imagen en Proyecto de Grado Yo <u>Jesús Antonio Gutiérrez</u> mayor de edad, identificado(a) con cédula de ciudadanía número [redacted] de <u>Soledad</u>, en pleno uso de mis facultades, manifiesto que autorizo de manera voluntaria, expresa e informada el uso de mi imagen (fotografías, videos u otro material audiovisual) en el marco del proyecto de grado titulado: <u>Disponibilidad de mensajes</u> desarrollado por estudiantes de la institución <u>UNAD</u>.</p> <p>Autorizo que mi imagen sea utilizada con fines exclusivamente académicos, investigativos, de divulgación y sin ánimo de lucro, dentro de los productos resultantes del mencionado proyecto, los cuales pueden incluir: presentaciones, documentos impresos o digitales, exposiciones, y publicaciones electrónicas o físicas, en repositorios universitarios o institucionales.</p> <p>Declaro que esta autorización es gratuita y no implica remuneración alguna, y que no vulnera derechos de terceros.</p> <p>La presente autorización se otorga de conformidad con la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales en Colombia, y podrá ser revocada en cualquier momento mediante comunicación escrita al responsable del proyecto.</p> <p>Fecha: <u>12/04/2025</u></p> <p>Firma del autorizado(a): [redacted]</p> <p>Nombre completo: [redacted]</p> <p>Número de cédula: [redacted]</p> <p>Teléfono / Correo electrónico: [redacted]</p>
---	---	---

Nota. Documentos soporte de autorización de uso de imagen firmada por los adultos mayores participantes en las entrevistas. *Fuente.* Autoría propia

Apéndice D

Pruebas de Campo con 2 SIM cards

En la Tabla 12 y Tabla 13 se encuentran los resultados de las pruebas de campo con el uso de dos SIM del operador Claro. Las pruebas no se limitaron a probar la cobertura 2G/GSM, dado que las tecnologías 4G/LTE y 3G/UMTS también fueron analizadas. Así mismo, se pueden contrastar datos de georreferencia como las coordenadas de cada prueba y datos técnicos como la potencia y frecuencia de modulación.

Tabla 12

Pruebas de funcionamiento en dispositivo con SIM #1 (+57) 322 218 2313

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
Segmento 1 (Finca)	#1	SI	3.5138337, - 73.76402	SI	14 segundos	4G/LTE: -123	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
						3G/UMTS: -107	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
Segmento 1 (Finca)	#2	SI	3.5138001, - 73.76401	SI	9 segundos	2G/GSM: -105	2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
						4G/LTE: -121	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
						3G/UMTS: -104	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -97	

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5138024, - 73.76409	SI	10 segundos	4G/LTE: -121 3G/UMTS: -104 2G/GSM: -98	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5138000, - 73.76398	SI	11 segundos	4G/LTE: -121 3G/UMTS: -104 2G/GSM: -99	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5138001, - 73.76401	SI	10 segundos	4G/LTE: -121 3G/UMTS: -104 2G/GSM: -97	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#6	SI	SI	3.5138014, - 73.76407	SI	11 segundos	4G/LTE: -122 3G/UMTS: -108 2G/GSM: -101	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#1	SI	SI	3.5143693, - 73.76287	SI	11 segundos	4G/LTE: -118 3G/UMTS: -102 2G/GSM: -101	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
Segmento 2 (Cultivo)							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#2	SI	SI	3.5143693, - 73.76288	SI	14 segundos	4G/LTE: -117 3G/UMTS: -103 2G/GSM: -103	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5144011, - 73.76277	SI	13 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: -111 2G/GSM: -107	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5143596, - 73.76278	SI	11 segundos	4G/LTE: -122 3G/UMTS: -108 2G/GSM: -103	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5143596, - 73.76279	SI	11 segundos	4G/LTE: -123 3G/UMTS: -107 2G/GSM: -101	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#6	SI	SI	3.5144011, - 73.76277	SI	15 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: -111 2G/GSM: -104	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
Segmento 3 (Rivera del río)	#1	SI	SI	3.5140245, - 73.74650	SI	8 segundos	2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
							4G/LTE: -116 3G/UMTS: 877,4
							3G/UMTS: -99 - 832,4 (850 MHz)
Segmento 3 (Rivera del río)	#2	SI	SI	3.5140243, - 73.74651	SI	7 segundos	2G/GSM: -97
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
							4G/LTE: -118 3G/UMTS: 877,4
							3G/UMTS: -101 3G/UMTS: 877,4
							2G/GSM: -96 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5140074, - 73.74651	SI	9 segundos	4G/LTE: -116 3G/UMTS: -99 2G/GSM: -97	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5140084, - 73.74652	SI	7 segundos	4G/LTE: -114 3G/UMTS: -98 2G/GSM: -96	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5140276, - 73.74650	SI	8 segundos	4G/LTE: -116 3G/UMTS: -99 2G/GSM: -97	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#6	SI	SI	3.5140141, - 73.74651	SI	6 segundos	4G/LTE: -118 3G/UMTS: -101 2G/GSM: -96	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: N/A 4G/LTE: N/A 3G/UMTS: N/A
	#1	SI	NO	3.5138009, - 73.76417	NO	N/A	2G/GSM: 881,2 - 2G/GSM: -120 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: N/A 4G/LTE: N/A 3G/UMTS: N/A
Segmento 4 (La Playa)	#2	SI	SI	3.5138009, - 73.76418	SI	24 segundos	2G/GSM: 881,2 - 2G/GSM: -117 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: N/A 4G/LTE: N/A 3G/UMTS: N/A
	#3	SI	SI	3.5138011, - 73.76422	SI	21 segundos	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz) 2G/GSM: -113

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: N/A 3G/UMTS: 877,4 4G/LTE: N/A - 832,4 (850 MHz) 2G/GSM: -115 2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5138014, - 73.76414	SI	22 segundos	3G/UMTS: -119 2G/GSM: -115	

Nota. Esta tabla contiene las pruebas de campo con la SIM #1 del operador Claro en cada localización. *Fuente.* Autoría Propia

Tabla 13

Pruebas de funcionamiento en Dispositivo con SIM #2 (+57) 322 214 7487

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
Segmento 1 (Finca)	#1	SI	SI	3.5138337, - 73.76402	SI	13 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: - 103 2G/GSM: -101 877,4 - 832,4 (850 MHz) 2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
	#2	SI	SI	3.5138000, - 73.76398	SI	9 segundos	4G/LTE: -121 3G/UMTS: - 827,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						104	3G/UMTS:
						2G/GSM: -99	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5138014, - 73.76407	SI	11 segundos	4G/LTE: -122 3G/UMTS: - 108	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -101	2G/GSM: 881,2

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							- 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5138014, - 73.76407	SI	13 segundos	4G/LTE: -122 3G/UMTS: - 108 2G/GSM: -101	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5138001, - 73.76401	SI	8 segundos	4G/LTE: -121 3G/UMTS: -	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						104	3G/UMTS:
						2G/GSM: -97	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#6	SI	SI	3.5138036, - 73.76398	SI	10 segundos	4G/LTE: -117 3G/UMTS: - 103	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -99	2G/GSM: 881,2

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
Segmento 2 (Cultivo)	#1	SI	SI	3.5143692, - 73.76288	SI	12 segundos	- 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz) 4G/LTE: -118 3G/UMTS: - 877,4 - 832,4 102 (850 MHz) 2G/GSM: -101 2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
	#2	SI	SI	3.5143695, - 73.76279	SI	14 segundos	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz) 4G/LTE: -117 3G/UMTS: -

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						103	3G/UMTS:
						2G/GSM: -103	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5144012, - 73.76279	SI	13 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: - 111	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -102	2G/GSM: 881,2

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							- 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5143596, - 73.76278	SI	15 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: - 111 2G/GSM: -104	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5143598, - 73.76284	SI	11 segundos	4G/LTE: -123 3G/UMTS: -	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						107	3G/UMTS:
						2G/GSM: -101	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#6	SI	SI	3.5144013, - 73.76279	SI	15 segundos	4G/LTE: -125 3G/UMTS: - 111	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -104	2G/GSM: 881,2

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
Segmento 3 (Rivera del río)	#1	SI	SI	3.5140244, - 73.74657	SI	7 segundos	- 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz) 4G/LTE: -118 3G/UMTS: - 877,4 - 832,4 101 (850 MHz) 2G/GSM: -96 2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
	#2	SI	SI	3.5140243, - 73.74651	SI	6 segundos	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz) 4G/LTE: -115 3G/UMTS: -

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						100	3G/UMTS:
						2G/GSM: -94	877,4 - 832,4 (850 MHz)
							2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#3	SI	SI	3.5140064, - 73.74655	SI	8 segundos	4G/LTE: -118 3G/UMTS: - 101	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
						2G/GSM: -95	2G/GSM: 881,2

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
							- 836,2 (850 MHz) 4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5140082, - 73.74646	SI	9 segundos	4G/LTE: -114 3G/UMTS: -98 2G/GSM: -96	3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz) 2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
#5	SI	SI	3.5140278, - 73.74652	SI	9 segundos	4G/LTE: -116 3G/UMTS: -99 2G/GSM: -97	4G/LTE: 872,4 - 827,4 (850 MHz)

Prueba	SIM Envia	SIM Recibe	Coordenadas	Envío (S/N)	Tiempo Recepción	Potencia x Tecnología	Frecuencia de modulación
						117	(850 MHz)
						2G/GSM: -116	2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
							4G/LTE: N/A
							3G/UMTS: 877,4 - 832,4 (850 MHz)
#4	SI	SI	3.5138014, - 73.76414	SI	22 segundos	4G/LTE: N/A 3G/UMTS: - 118	2G/GSM: 881,2 - 836,2 (850 MHz)
						2G/GSM: -114	

Nota. Esta tabla contiene las pruebas de campo con la SIM #2 del operador Claro en cada localización. *Fuente.* Autoría Propia

Apéndice E

Evidencias técnicas y videos de pruebas de cobertura en zonas rurales

A continuación, se relacionan las evidencias técnicas y videos de pruebas de cobertura en zonas rurales realizadas en la instancia de puesta en marcha del funcionamiento del dispositivo en las cuatro localizaciones o segmentos en donde los habitantes de la zona pasan mayor parte del tiempo, aumentando las posibilidades de tener algún tipo de necesidad de comunicación de emergencia rápida. Para más información sobre las pruebas de cobertura consulte la Tabla 12 y la Tabla 13.



Nota. Evidencia técnica de pruebas de cambio en las 4 localizaciones. *Fuente.* Autor.

Para visualizar los videos soporte de las pruebas, ingrese al enlace: [Pruebas de cobertura](#)