



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALARMA REMOTA PARA
ADULTOS MAYORES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información.

Profesor Guía

MSc. David Fernando Pozo Espín

Autor

Ricardo Armando López Molina

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Implementación de un sistema de alarma remota para adultos mayores, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Ricardo Armando López Molina, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

David Fernando Pozo Espín

Máster en Automática y Robótica.

CI. 1717340143

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Implementación de un sistema de alarma remota para adultos mayores, del estudiante, Ricardo Armando López Molina, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Jorge Luis Rosero Beltrán

Máster en Ciencias con Especialidad en Automatización

CI. 1803610185

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Ricardo Armando López Molina

CI.1726851379

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por guiarme siempre por el camino correcto y brindarme la salud y la vida. A mis padres y hermanos quienes son mi mayor fortaleza e inspiración para salir adelante cada día y me ayudan a superar cualquier obstáculo que se presente en el camino. A mis profesores que no solo me brindaron sus conocimientos, sino también su valiosa amistad. Por último, agradezco a mis amigos ya que con ellos hemos disfrutado y superado juntos esta maravillosa etapa de mi vida universitaria.

DEDICATORIA

A Dios, por ponerme siempre en el camino correcto con las personas correctas. A mis padres y hermanos quienes me han apoyado en todo sentido y me han enseñado con hechos y ejemplos a siempre salir adelante y nunca dejar atrás mis metas. Y a toda mi familia que de una u otra forma han estado pendientes de mí.

RESUMEN

Hoy en día el manejo de dispositivos inteligentes y aplicaciones móviles, son muy común para brindar seguridad a niños, jóvenes y adultos. Sin embargo, no es el caso para personas de la tercera edad o adultos mayores. Para estas personas, el manejo de la tecnología no es muy de su agrado o comprensión. Por esta razón, se desarrollan dispositivos especiales para estas personas siendo de fácil uso y entendimiento.

En el presente trabajo de titulación se desarrolla un prototipo que mejore el tiempo de respuesta ante una emergencia que presente una persona adulta mayor. Este prototipo brinda notificaciones en forma de mensajes de texto hacia sus contactos de emergencia o entidades de ayuda. Este sistema está compuesto por un emisor al que denominamos Medalla y un receptor al que se lo conoce como Estación Base.

El prototipo es diseñado para que trabaje dentro del hogar. del usuario adulto mayor portará consigo la Medalla, que será pulsada en caso de que el usuario requiera alguna ayuda inmediata, enviando la señal a la Estación Base que estará ubicada en un punto estratégico de su casa. Brindando libertad al usuario para que se mueva normalmente por toda su casa y pueda usar el dispositivo. La Estación Base cuenta con señalización visual y auditiva, que permite un fácil manejo y brinda confiabilidad al sistema.

Finalmente, se realiza pruebas de comunicación, fiabilidad de llegada de mensajes de texto e interferencias con otros dispositivos iguales. Estas pruebas fueron hechas en casas fabricadas con diferentes materiales de construcción como adobe, bloque y gypsum. Verificando así el comportamiento del sistema ante cualquier infraestructura para brindar un prototipo fiable, seguro y de calidad. Los resultados obtenidos son completamente satisfactorios ya que, en resumen, la distancia máxima de alcance entre el emisor y el receptor en línea de vista es de aproximadamente 925 metros y dentro de una casa promedio el alcance del prototipo cubre un aproximado de 50 metros.

ABSTRACT

Today the use of smart devices and mobile applications are very common to provide security for children, young people and adults. However, this is not the case for seniors or older adults. For these people, technology management is not very much to their liking or understanding. For this reason, special devices are developed for these people being easy to use and understand.

In this titling work a prototype is developed that improves the response time to an emergency that an older person presents. This prototype provides notifications in the form of text messages to your emergency contacts or help entities. This system is composed of an issuer we call a Medal and a receiver known as the Base Station.

The prototype is designed to work inside the home. The older adult user will carry the Medal, which will be pressed in case the user requires some immediate help, sending the signal to the Base Station that will be located at a strategic point in their home. Giving the user freedom to move normally throughout his home and use the device. The Base Station has visual and auditory signaling, which allows easy operation and provides reliability to the system.

Finally, communication tests, reliability of text message arrival and interference with other similar devices are performed. These tests were done in houses made of different building materials such as adobe, block and gypsum. Thus verifying the behavior of the system against any infrastructure to provide a reliable, safe and quality prototype. The results obtained are completely satisfactory since, in summary, the maximum range of distance between the transmitter and the receiver in line of sight is approximately 925 meters and within an average house the scope of the prototype covers an approximate 50 meters.

ÍNDICE

1.	Introducción.....	1
1.1	Objetivo General.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Alcance.....	2
1.4	Justificación.....	3
2.	Marco Teórico	3
2.1	Tecnologías de radiofrecuencia.....	4
2.1.1	Bluetooth.....	4
2.1.2	ZigBee (XBee)	5
2.1.3	LoRa	7
2.1.4	Módulo HC-12.....	8
2.2	Tecnologías GSM/GPRS.....	10
2.2.1	Módulos GSM/GPRS	10
2.2.1.1	GPRSBee V2	10
2.2.1.2	SIM900.....	11
2.2.1.3	SIM800L.....	12
2.3	Microcontroladores	12
2.3.1	Arduino	12
2.3.1.1	Arduino Uno	13
2.3.1.2	Arduino Mega.....	14
2.3.1.3	Arduino Nano	15
2.3.1.4	Arduino ProMicro.....	15
2.4	Fuentes de alimentación.....	16
2.4.1	Fuente de alimentación 12V 2A	17
2.4.2	Pila 27A a 12VDC	17

3.	Diseño del prototipo	18
3.1	Estación Base	18
3.1.1	Etapas de la Estación Base	19
3.1.1.1	Alimentación	19
3.1.1.2	Comunicación	20
3.1.1.3	Notificación	20
3.1.1.4	Señalización.....	20
3.1.1.5	Control	20
3.1.2	Diseño de las placas de Estación Base	20
3.1.3	Presentación final de la placa de Estación Base	21
3.2	Medalla.....	22
3.2.1	Diseño placa de la Medalla	24
3.2.2	Presentación final de la placa a doble cara de la Medalla	25
4.	Análisis de pruebas y resultados.	26
4.1	Pruebas de comunicación en distancias verticales (edificio)..	26
4.2	Pruebas de comunicación en distancias horizontales.....	27
4.2.1	Pruebas sin obstáculos (línea de vista)	27
4.2.2	Pruebas con obstáculos.....	27
4.2.2.1	Paredes de gypsum	28
4.2.2.2	Paredes de adobe.....	28
4.2.2.3	Paredes de bloque.....	29
4.3	Pruebas de llegada de mensajes.....	30
4.4	Pruebas de interferencia con otros módulos.....	30
5.	Conclusiones y Recomendaciones	31
5.1	Conclusiones.....	31
5.2	Recomendaciones.....	31

Referencias	33
-------------------	----

1. Introducción

En la actualidad, vivimos en una sociedad con una amplia distinción de clases sociales, lo que causa en muchos casos que personas adultas mayores vivan o permanezcan la mayor parte de su tiempo solas y eso puede ocasionar que sufran algún tipo de problema de salud o lesiones que requieran una atención inmediata por parte de familiares o contactos de emergencia.

Debido a esto, se han desarrollado varios dispositivos y aplicaciones para que las personas adultas mayores puedan solicitar ayuda inmediata. Estos dispositivos han sido pensados para su fácil uso y algunos de fácil instalación.

Hoy en día existe una amplia variedad de dispositivos y aplicaciones en el mercado, los cuales cumplen con la necesidad de brindar ayuda a personas de la tercera edad, pero cada uno de ellos brindan un componente diferenciador, estos dispositivos existen en muchos países del mundo y la mayoría de ellos son de uso exclusivo para cada país. Estos dispositivos varían en diseño y costo, por ejemplo: en Chile, la empresa MOK S.O.S. ofrece diferentes tipos de servicios y dispositivos los cuales incorporan servicios de manejo de emergencia inmediata y eficaz (MOK, 2019), por otro lado, en Japón se tiene a la empresa Fujitsu que creó un prototipo de bastón inteligente el que tiene acceso Wifi, datos móviles, GPS y varios sensores que monitorean signos vitales del usuario (Fujitsu, 2015). Así mismo, en Ecuador se tiene un dispositivo de ayuda para el adulto mayor, el cual envía notificaciones de alerta cada vez que el usuario oprima un botón de pánico (Solorzano, Rojas-Ortiz, Lopez-Molina, Clairand, & Pozo-Espin, 2018).

Este último prototipo mencionado fue realizado por docentes y estudiantes de la Universidad de las Américas con el apoyo y guía de la Unidad de Innovación Tecnológica (UITEC) de la UDLA. Dicha universidad hizo participe este prototipo como un proyecto que forma parte del área de Vinculación con la Comunidad, la cual ha apoyado notablemente con el proyecto para que pueda ser entregado de forma gratuita a personas de la tercera edad que viven solas y en áreas rurales.

En el presente trabajo de titulación se desarrolla un sistema capaz de enviar mensajes de alerta en caso de que una persona de la tercera edad requiera atención temprana cuando sufra algún tipo de percance. Este dispositivo es diseñado para ser ubicado en el hogar del usuario con una fácil instalación, portabilidad, sencillez y cómodo.

1.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema capaz de brindar notificaciones de emergencia mediante el uso de la red GSM para ayudar a personas adultas mayores.

1.2 Objetivos específicos

- Investigar e implementar un sistema de comunicación por RF capaz de brindar un identificador único a cada usuario.
- Diseñar e implementar el sistema electrónico del emisor y la estación base.
- Realizar las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

1.3 Alcance

El alcance de este trabajo es realizar un sistema capaz de brindar ayuda inmediata a personas adultas mayores mediante el envío de notificaciones de alertas caso de que le ocurra algún tipo de percance. Este dispositivo consta de dos partes que son emisor y receptor.

El dispositivo emisor conocido como Medalla tendrá como elementos principales un sistema controlado, el cual será el encargado de manejar y enviar un identificador único a través del transmisor RF, de este modo se garantiza la exclusividad de un dispositivo a cada usuario y evitar cualquier tipo de interferencias.

El segundo dispositivo, es una estación base colocada en el hogar del usuario, la cual tendrá un receptor RF conectado a un sistema controlado. Este será el encargado de recibir toda la información de la medalla y procesarla para realizar el correcto envío de mensajes de texto a contactos de emergencia y, manejar de manera correcta las señales visibles y audibles del dispositivo receptor hacia el usuario.

1.4 Justificación

Según la Organización Mundial de la Salud entre los años del 2015 al 2050, el porcentaje de personas adultas mayores de 60 años del mundo se duplicará pasando del 12% al aproximadamente 22% (OMS, 2018). En Ecuador, existen alrededor de 1'049.824 personas adultas mayores de 65 años que equivaldría al 6,5% de la población total y para el año 2054 se prevé que esta población sea igual o superior al 18% (MIES, 2013).

La necesidad de poder ayudar de manera significativa a personas de la tercera edad brindándoles un dispositivo que sirva como respaldo en caso de emergencia lleva a las personas a investigar nuevas tecnologías y adaptarlas a estas necesidades.

Este proyecto contribuye mediante el uso de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) a mejorar la atención de las personas mayores que pasan gran parte de su tiempo solas en sus hogares, precautelando su integridad física y estado de salud. Actualmente en Ecuador, no se puede encontrar un dispositivo completo que permita a los ancianos recibir ayuda inmediata en caso de accidente o una emergencia en el hogar.

2. Marco Teórico

En este capítulo se representan tecnologías usadas para el ámbito de transmisión y recepción de datos, para el envío de mensajes de texto, para el control de elementos activos, manejo y uso de datos. De igual forma, se detalla las ventajas y desventajas de cada uno de los dispositivos a usarse.

2.1 Tecnologías de radiofrecuencia

La radiofrecuencia es un término usado para precisar parte del espectro radioeléctrico. De esta forma, la parte del espectro radioeléctrico con menor energía se la conoce como Radiofrecuencia. Cuando se genera una corriente sobre un material conductor, este llega a emitir ondas que para poderlas receptor se debe utilizar una antena (Expertos, 2018).

2.1.1 Bluetooth

La tecnología inalámbrica Bluetooth está diseñada para trabajar a cortas distancias y formar redes pequeñas de comunicación llamadas "*piconets*". De esta forma, cualquier dispositivo que cuente con esta tecnología será capaz de intercambiar información uno con otro.

Bluetooth opera en una banda de frecuencia libre utilizando la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2,4 GHz, garantizando así que cualquier dispositivo pueda trabajar de forma correcta y normal en cualquier parte del mundo. Hoy en día esta tecnología ha evolucionado por lo que se cuenta con una nueva versión denominada Bluetooth 5, la cual tiene como mejoras su velocidad y capacidad de transmisión (Pachar Bravo, 2018).

Entre las características más notables de esta tecnología se tiene su bajo consumo, bajo costo y un tamaño adaptable a dispositivos de cualquier tamaño. Pero una de sus principales desventajas es su corto alcance, ya que llega solo hasta 30 metros en línea de vista, lo que limita radicalmente su uso.

En la Figura 1 se puede observar un módulo Bluetooth HC-05 que cumple con todos los parámetros antes mencionados de la tecnología. A continuación, se detallan en la Tabla 2 las características técnicas más relevantes sobre este módulo de comunicación.

Tabla 1.

Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC-05

Modo de configuración:	Maestro / Esclavo
Frecuencia:	2,4 GHz
Tipo de antena:	Incorporada en PCB
Alcance:	10 m (línea de vista) 5 m (interiores)
Voltaje de alimentación:	3,6 a 6 VDC
Corriente consumida:	50 mA

Adaptado de (ITead Studio, 2010)



Figura 1. Módulo Bluetooth HC-05.

Tomado de (ITead Studio, 2010)

2.1.2 ZigBee (XBee)

Esta tecnología está basada en el estándar IEEE 802.15.4 usado en redes de área personal. ZigBee opera de igual forma en una banda libre ISM 2,4 GHz y es compatible con topologías malla y estrella. Para usar dicha tecnología, se debe contar con un dispositivo central el cual controla todos los parámetros de la red. La última actualización de esta tecnología se denomina ZigBee 3.0 que

adiciona mallas de red y ciertas capas de seguridad convirtiéndola en una solución fiable y de baja potencia (Pachar Bravo, 2018).

En la actualidad, los dispositivos que manejan este protocolo se denominan XBee, los cuales son utilizados para aplicaciones que requieren alto tráfico de datos, sincronización de comunicación predecible y una baja latencia (xbee, s/f). XBee cuenta con una amplia variedad de módulos, cada uno adaptable al uso que se requiera.

Como se menciona y se visualiza en la Figura 2, los módulos XBee cuentan con grandes ventajas, como proporcionar distintos tipos de seguridades, diferentes topologías adaptables a cada requerimiento, su alcance llega a cubrir grandes distancias de kilómetros en línea de vista, etc. No obstante, se tiene ciertas desventajas en comparación con la competencia, como por ejemplo su costo, que en comparación es muy elevado que el resto. De igual manera para poder manejarlo correctamente y explotar todo su potencial, se debe tener conocimientos previos de configuración de los módulos.

Tabla 2.

Especificaciones técnicas del módulo XBee-Pro S2C

Interfaz de configuración:	SPI, UART
Frecuencia:	2,4 GHz
Tipo de antena:	Incorporada en PCB
Alcance:	3200 m (línea de vista)
Voltaje de alimentación:	2,7 a 3,6 VDC
Corriente consumida:	31 mA en recepción 120 mA en transmisión

Adaptado de (XBee, s/f-c)



Figura 2. Módulo XBee-Pro S2C.

Tomado de (XBee, s/f-c)

2.1.3 LoRa

El acrónimo LoRa significa “Long Range radio” radio de largo alcance. Esta tecnología utiliza bandas sub-GHz con estándares abiertos operando también en VHF, UHF y 800-930 MHz haciendo que los obstáculos no sean un impedimento y mejorando su alcance.

Esta tecnología funciona de manera similar a la de ZigBee utilizando un Gateway LoRa capaz de manejar cientos de nodos en un rango de aproximadamente 15 kilómetros en línea de vista y en áreas con obstáculos se reduce su alcance a aproximadamente 4 kilómetros. LoRa usa una topología tipo malla lo que hace que cada nodo se enlace directamente al Gateway.

La tecnología LoRa es muy utilizada actualmente por las características antes mencionadas como son la de mayor rango y la penetración de obstáculos, pero, como toda tecnología, ésta cuenta también con desventajas, una de las significativas es la alta experticia que se debe tener para poder manejar de manera correcta un módulo LoRa. De igual forma para explotar esta tecnología al máximo se necesita de procesadores más potentes y una conexión a internet.

Tabla 3.

Especificaciones técnicas del módulo LoRa SX1278

Modo de configuración:	FDMA, FM
Frecuencia:	433 MHz
Tipo de antena:	Pin para cualquier tipo
Alcance:	3200 m (línea de vista)
Voltaje de alimentación:	3,3 VDC
Corriente consumida:	10 a 12 mA

Adaptado de (Semtech, 2019a)



Figura 3. Módulo LoRa SX1278 (placa).

Tomado de (Semtech, 2019b)

2.1.4 Módulo HC-12

Este módulo de transmisión por radiofrecuencia puede trabajar en un rango de frecuencias libres de 433.4 MHz hasta 473.0 MHz, con capacidad de trabajar en varios canales (100 canales) dependiendo las necesidades. Es capaz de alcanzar distancias de hasta 1 kilómetro en modos de configuración normal o por defecto y hasta 1,8 kilómetros en modo de configuración de ultra larga distancia sacrificando así velocidad de transmisión (HC, 2016).

El módulo HC-12 es económico y de fácil uso tanto en hardware como en software volviéndolo una solución muy fiable al momento de requerir una transmisión y recepción de datos UART. Además, cuenta con varias características adicionales como poder configurarlo de cuatro modos diferentes, uno de ellos inclusive permite mejorar el alcance del módulo a 1800 m sacrificando velocidad de transmisión. Otra característica a destacar es que gracias a comandos AT, este módulo puede entrar en modo “SLEEP” lo que mejora su consumo de energía al momento de usar baterías (SEEDSTUDIO, 2016).

Tabla 4.

Especificaciones técnicas del módulo RF HC-12

Modo de configuración:	FU1, FU2, FU3 y FU4
Frecuencia:	433,4 a 473 MHz
Tipo de antena:	- Tipo resorte - Conector tipo IPEX
Alcance:	1000 m (línea de vista)
Voltaje de alimentación:	3,2 a 5,5 VDC
Corriente consumida:	16 mA (max)

Adaptado de (HC, 2016)

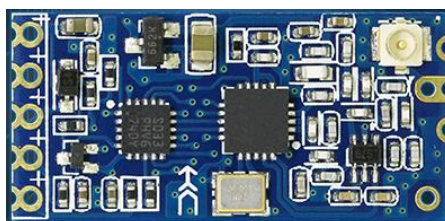


Figura 4. Módulo RF HC-12

Tomado de (HC, 2016)

2.2 Tecnologías GSM/GPRS

GSM (Global System for mobile Communications) y GPRS (General Packet Radio System) pertenecen al grupo de tecnologías de Comunicaciones móviles digitales permitiendo una amplia capacidad de emisión de datos. GPRS pertenece al grupo de tecnologías 2.5G en donde los usuarios comparten canales de comunicación de manera dinámica. GPRS convive con GSM ya que comparte una gran cantidad de su infraestructura, pero dando al usuario final una experiencia más eficiente en la comunicación de datos, sobre todo cuando se trata de Internet.

2.2.1 Módulos GSM/GPRS

Son módulos diseñados exclusivamente para trabajar con tarjetas SIM, micro SIM y nano SIM, actuando como si fuesen un teléfono celular, dando la posibilidad de realizar y recibir llamadas telefónicas, mensajes de texto (SMS) y conectarse a internet mediante un plan de datos.

2.2.1.1 GPRSBee V2

Este módulo permite conectividad GPRS y GSM con una estructura física XBee que cuenta con un módulo serie M66 de consumo disminuido (MCI Electronics, 2016). En la Figura 5, se puede ver de forma gráfica un módulo GPRSBee V2 es compatible 100% con placas Arduino mediante comunicación serial usando exclusivamente los pines 2 y 3 del formato XBee, logrando así comunicación con el modem GPRS y aprovechar todo su potencial.

Tabla 5.

Especificaciones técnicas módulo GPRSBee V2

Módulo:	M66
Antena:	Conector tipo UFL
Tipo de tarjeta SIM:	Micro SIM

Tamaño:	2.96 X 3.85 cm
Tipo de encendido:	Pulso alto (VCC)

Adaptado de (XBee, s/f-a)



Figura 5. GPRS Bee M66.

Tomado de (XBee, s/f-b)

2.2.1.2 SIM900

Este módulo inalámbrico GSM/GPRS de cuatro bandas fabricado por SIMCom cuenta con un procesador de un solo chip integrado con núcleo AMR926EJ-S, permitiendo trabajar con frecuencias de 850/900/1800/1900 MHz para voz, mensajería, datos y fax con un consumo de energía muy reducido (SIMCom, s/f).

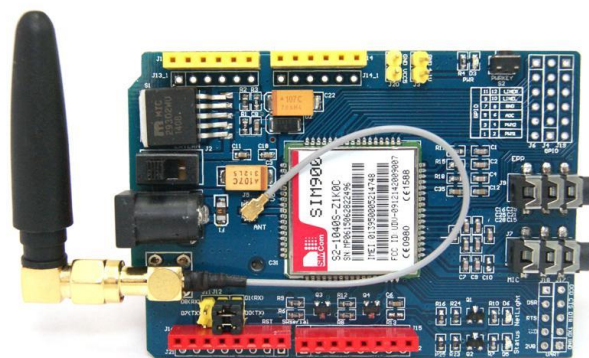


Figura 6. Tarjeta Shield SIM900

2.2.1.3 SIM800L

Módulo inalámbrico de cuatro bandas GSM/GPRS capaz de trabajar en frecuencias de 850/900/1800/1900 MHz. Este módulo cuenta con GPRS multi-slot clase 12 y clase 10 permitiendo el envío y recepción de vos, mensajes de texto y uso de datos (SIMCom, 2013).



Figura 7. Tarjeta SIM800L EVB V2.0.

2.3 Microcontroladores

Los microcontroladores son sistemas de microcomputadoras, es decir, en este circuito integrado contiene un microprocesador, memoria de datos, memoria de programa y periféricos de entrada/salida, haciéndolo pequeño, económico y de fácil uso (Rossano, 2009).

2.3.1 Arduino

“Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla” (Arduino, s/f-a).

2.3.1.1 Arduino Uno

Como se representa en la Figura 8, la placa integra un microcontrolador ATmega328P que cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida, 6 pines de entrada analógicos, un cristal de 16MHz, jack de alimentación DC, conexión USB (para cargar programas y/o alimentar la placa) y un botón de reinicio (Arduino, s/f-d).

Tabla 6.

Especificaciones técnicas placa Arduino UNO

Microcontrolador:	ATmega328P
Voltaje de entrada:	7V – 12V DC
Memoria flash:	32KB
Memoria SRAM:	2KB
Memoria EEPROM:	1KB
Velocidad de reloj:	16MHz

Adaptado de (Arduino, s/f-d)



Figura 8. Placa Arduino UNO.

Tomado de (Arduino, s/f-d)

2.3.1.2 Arduino Mega

Esta placa integra un microcontrolador ATmega2560 que contiene 54 pines digitales de entrada/salida, 16 pines de entrada analógicos, 4 pines UARTs, un cristal de 16MHz, jack de alimentación DC, conexión USB (para cargar programas y/o alimentar la placa), conector ICSP y un botón de reinicio (Arduino, s/f-b) como se puede observar en la Figura 9.

Tabla 7.

Especificaciones técnicas placa Arduino Mega

Microcontrolador:	ATmega2560
Voltaje de entrada:	7V – 12V DC
Memoria flash:	256KB
Memoria SRAM:	8KB
Memoria EEPROM:	4KB
Velocidad de reloj:	16MHz

Adaptado de (Arduino, s/f-b)



Figura 9. Placa Arduino MEGA.

Tomado de (Arduino, s/f-b)

2.3.1.3 Arduino Nano

En la Figura 10 se muestra una placa de tamaño compacto integra un microcontrolador ATmega328P SMD, otorgándole 14 pines digitales de entrada/salida, 6 pines de entrada analógicos, un cristal de 16MHz, conexión Mini-USB (para cargar programas y/o alimentar la placa), conector ICSP y un botón de reinicio (Arduino, s/f-c).

Tabla 8.

Microcontrolador:	ATmega328P
Voltaje de entrada:	7V – 12V DC
Memoria flash:	32KB
Memoria SRAM:	2KB
Memoria EEPROM:	1KB
Velocidad de reloj:	16MHz

Especificaciones técnicas placa Arduino Nano

Adaptado de (Arduino, s/f-c)

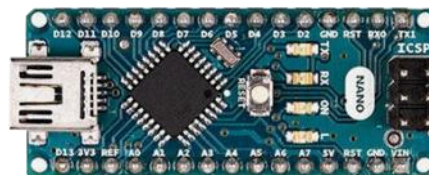


Figura 10. Placa Arduino NANO.

Tomado de (Arduino, s/f-c)

2.3.1.4 Arduino ProMicro

Esta placa de tamaño aún más reducido integra in microcontrolador ATmega32U4 que maneja 12 pines digitales de entrada/salida, 4 canales ADC de 10 bit de precisión, un cristal de 16MHz, conexión USB tipo B (para cargar

programas y/o alimentar la placa) (MCI Electronics, 2019) como se ve en la Figura 11.

Tabla 9.

Especificaciones técnicas placa Arduino ProMicro

Microcontrolador:	ATmega32U4
Voltaje de entrada:	7V – 16V DC
Memoria flash:	16/32KB
Memoria SRAM:	1.25/2.5KB
Memoria EEPROM:	512Bytes/1KB
Velocidad de reloj:	16MHz

Adaptado de (MCI Electronics, 2019)

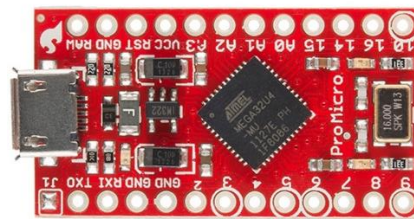


Figura 11. Placa Arduino ProMicro.

Tomado de (MCI Electronics, 2019)

2.4 Fuentes de alimentación

Dispositivo electrónico que convierte la corriente alterna en corriente continua que sirve para alimentar todo tipo de circuitos electrónicos que trabajen con corriente continua.

Otra fuente de alimentación son las conocidas pilas o baterías, que son componentes que tienen en su interior un voltaje continuo de cierto valor dependiendo de sus características.

2.4.1 Fuente de alimentación 12V 2A

Como se puede ver en la Figura 12, este tipo de fuente de poder cuenta con un conector Jack macho de 4,5 mm. La fuente entrega un voltaje continuo de 12V con una corriente continua de 2A. En el otro extremo cuenta con un adaptador para tomacorriente normal de 110V alternos.



Figura 12. Fuente de poder 12V 2A.

Tomado de (Nextia Fenix, s/f)

2.4.2 Pila 27A a 12VDC

La Pila Alcalina GP 27A HIGH VOLTAGE es una batería cilíndrica de alto voltaje y larga duración, ideal para mandos a distancia para los vehículos, equipos de fotografía, collares de adiestramiento, juguetes, aparatos de medición, encendedores y otros dispositivos electrónicos. Esta pila cuenta con un voltaje de 12V y una capacidad de 20mAh.



Figura 13. Pila alcalina 27A 12V.

3. Diseño del prototipo

En el presente capítulo se detalla cada parte y elemento del prototipo tanto de la estación base como de la medalla portadora por el usuario.

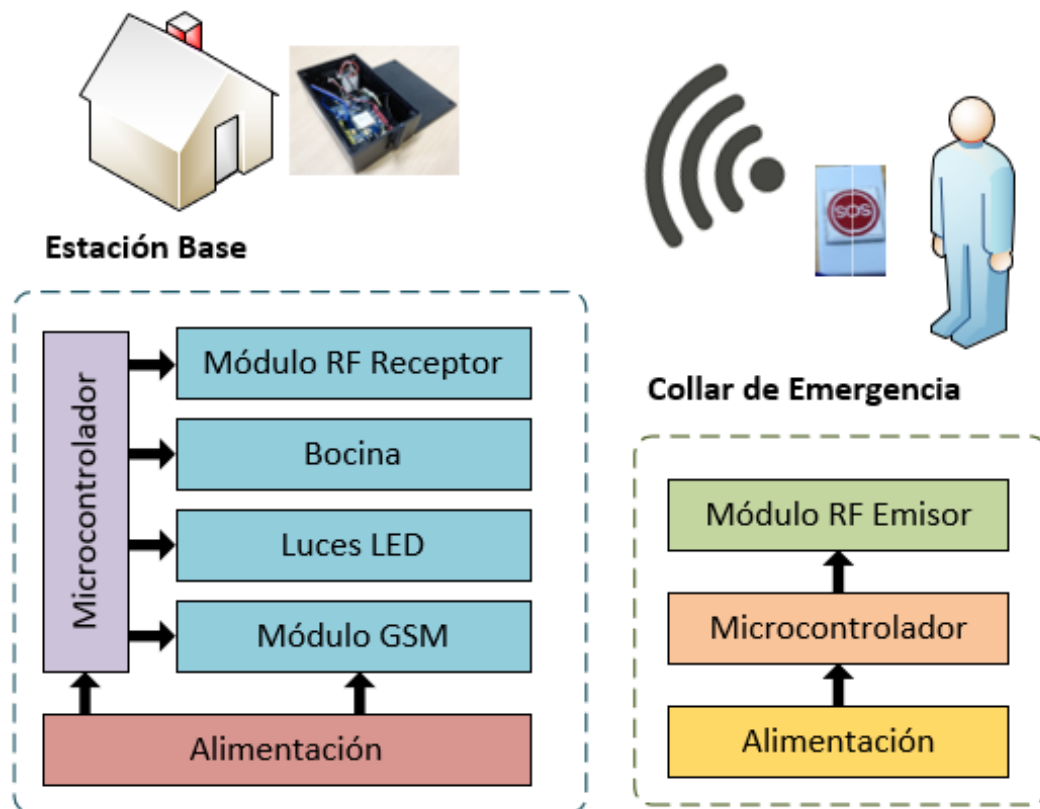


Figura 14. Diagrama de bloques del prototipo.

3.1 Estación Base

La estación base cuenta con cinco etapas esenciales para su funcionamiento, el principal objetivo de la estación base es recibir el código único de la medalla y enviar un mensaje de texto a las personas vinculadas con el usuario emitiendo al mismo tiempo señales visibles y audibles ante el usuario.

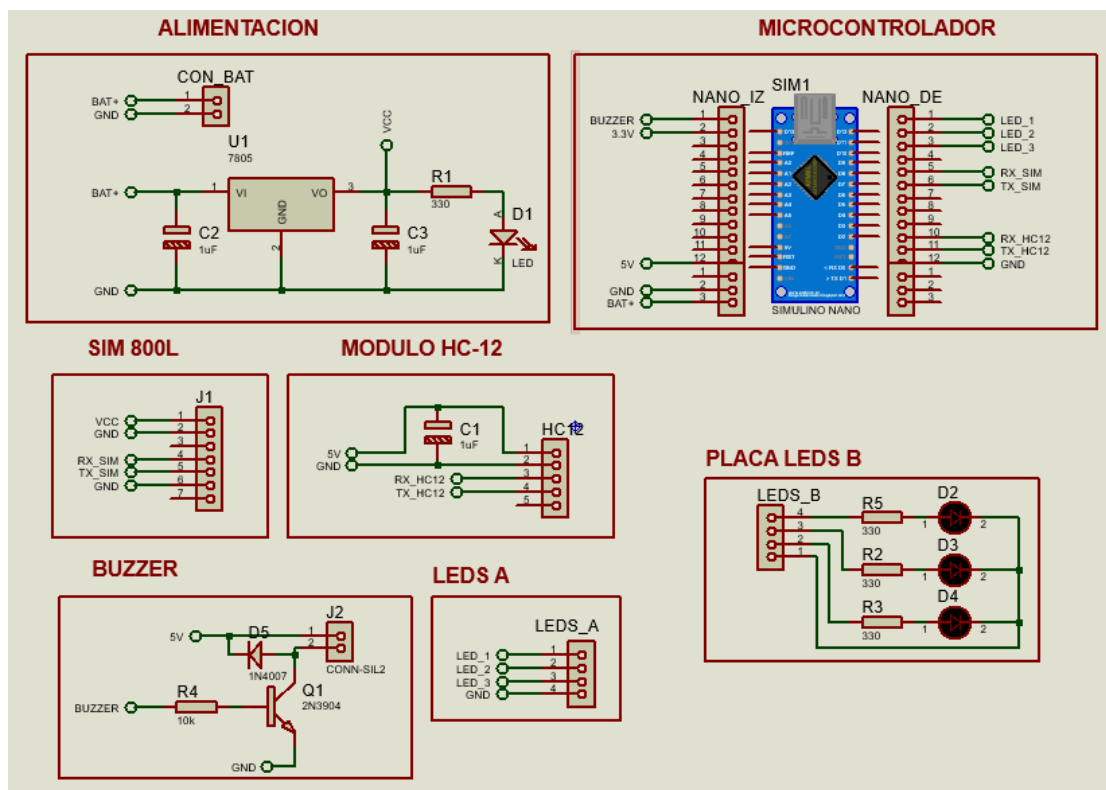


Figura 15. Esquema de las placas de la Estación Base.

3.1.1 Etapas de la Estación Base

A continuación, se detalla cada una de las etapas que posee el sistema de la Estación Base.

3.1.1.1 Alimentación

El sistema de la estación base cuenta con una fuente de voltaje de 12V-2A, los cuales pasan por una etapa de regulación a 5V-2A incluyendo un diodo led que indica si la estación base está recibiendo energía. Esta alimentación es distribuida para todo el sistema de la estación base, dando alimentación independiente al módulo SIM 800L para un desempeño eficiente.

3.1.1.2 Comunicación

Para esta parte se utiliza un módulo de radiofrecuencia HC-12 encargado únicamente de recibir el código único que envía el sistema emisor (medalla), este módulo envía el dato recibido al microcontrolador para su correcto uso.

3.1.1.3 Notificación

Las notificaciones hacia los contactos de emergencia se las realiza mediante mensajes de texto (SMS) utilizando el módulo SIM 800L.

3.1.1.4 Señalización

Este sistema posee dos tipos de señalización tanto audible como visible que indican si el dispositivo se encuentra encendido, si la alerta ha sido activada y si el mensaje de alerta ha sido enviado.

3.1.1.5 Control

Un microcontrolador ATmega328P integrado en la placa Arduino Nano es el encargado de manejar toda la parte de comunicación, notificación y señalización. De esta manera al momento que el módulo HC-12 reciba un código único el microcontrolador lo procesará y dará la orden de enviar el mensaje de texto a contactos de emergencia brindando las señalizaciones antes detalladas al usuario.

3.1.2 Diseño de las placas de Estación Base

La Estación Base cuenta con dos placas para facilitar su instalación, optimizar el espacio y para un correcto funcionamiento de esta. La primera placa se la observa en la Figura 14, la cual tiene incorporada cuatro de las cinco etapas fundamentales del sistema como son: alimentación, comunicación, notificación y control. Esta placa tiene como medidas 5,842 cm de ancho por 4,993 cm de largo.

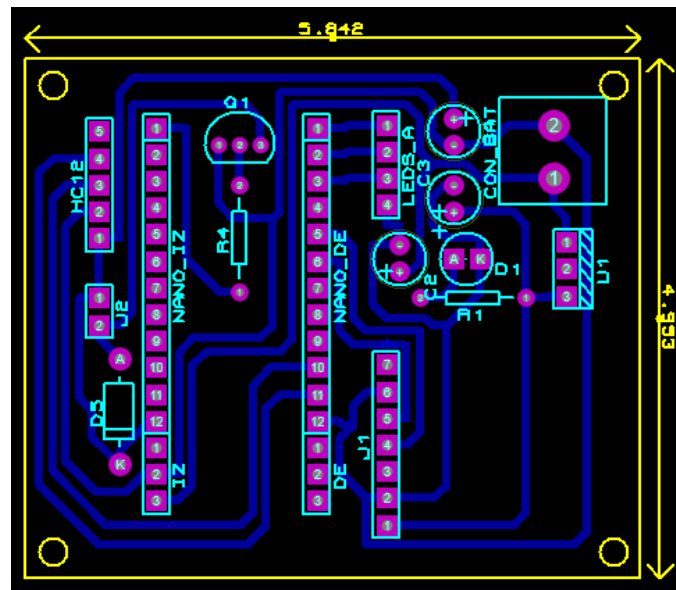


Figura 16. Primera placa de la Estación Base.

En la Figura 17 se puede observar la segunda placa que simplemente contiene la etapa de señalización compuesta por diodos led de tres diferentes colores (blanco para encendido, naranja para alerta detectada y verde para mensaje de alerta enviado).

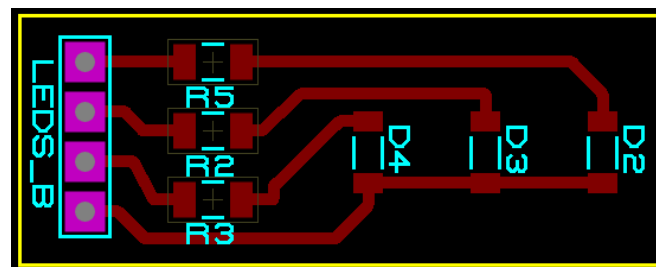


Figura 17. Segunda placa de la Estación Base (placa de leds).

3.1.3 Presentación final de la placa de Estación Base

Como se puede visualizar en la Figura 18, se tiene el resultado final de las placas antes y después de soldar cada uno de los elementos.

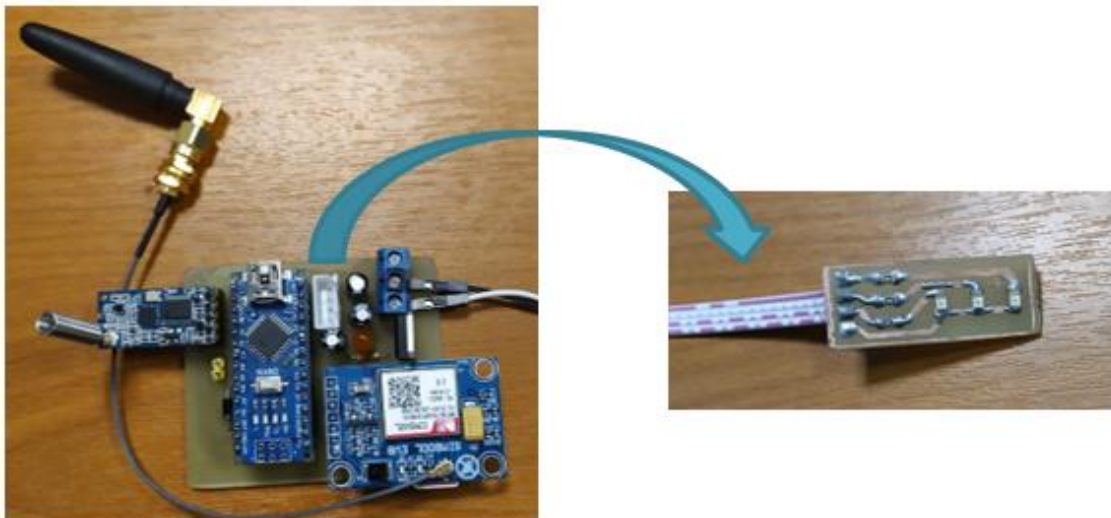


Figura 18. Placas finales de la Estación Base.

3.2 Medalla

La medalla es el colgante que usa el usuario (persona adulta mayor) para enviar la notificación de alerta a sus contactos de emergencia. Esta medalla cuenta con un emisor de RF HC-12 que es el encargado de enviar un código único perteneciente a la medalla previamente cargado en el microcontrolador.

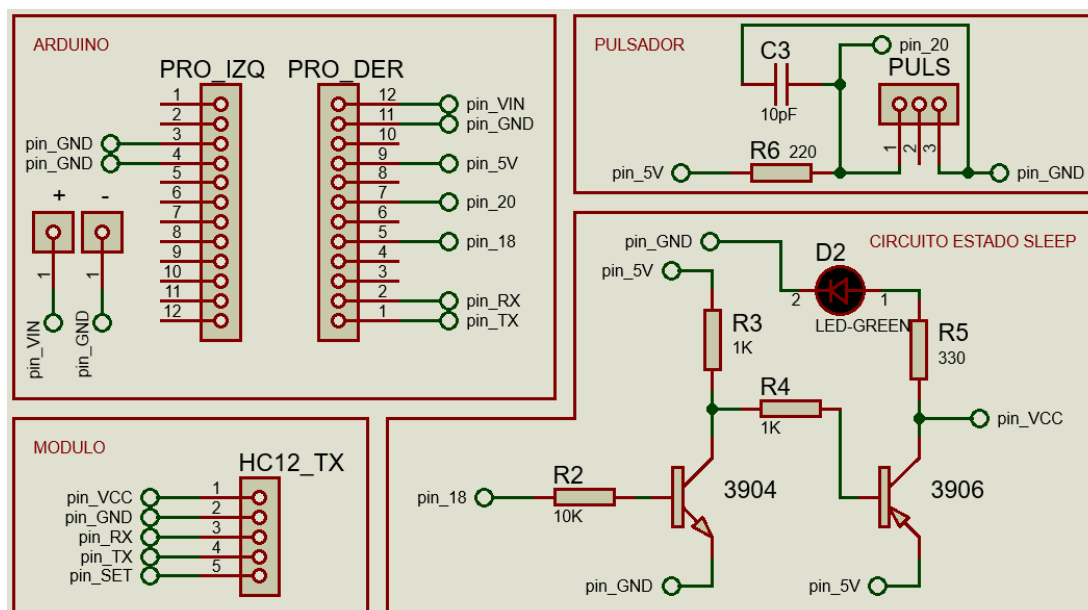


Figura 19. Esquema de la placa de la Medalla.

El microcontrolador en este caso es el encargado de recibir la señal del pulsador y como se mencionó anteriormente, enviar por RF en código que solo será leído por el receptor que se encuentra en la Estación Base. La alimentación a este circuito se la realiza mediante una pequeña pila de 12 V – 20 mA/h.

Este circuito tiene la capacidad de ahorrar energía de dos maneras diferentes. La primera se la realiza por software con un código cargado en el microcontrolador el cual lo pone en “modo SLEEP” y la segunda es para alimentar el módulo de comunicación HC-12 solo en caso de que se presione el pulsador, esto se logra mediante un circuito a base de transistores que actúan como switch para permitir el paso de voltaje hacia dicho módulo. A continuación, se explica a detalle todo lo relacionado al “modo SLEEP”.

Un microcontrolador cualquiera que este sea, cuando esta alimentado siempre está consumiendo energía ya que su procesador no deja de trabajar. Es por esto que existe un “modo SLEEP” para reducir al mínimo este consumo de energía y de esta manera alargar la vida de la fuente de alimentación (en el caso que se usen baterías).

Arduino cuenta ya con una librería especial para lograr este cometido y se la llama “LowPower.h” la cual hace que se reduzcan al mínimo las actividades del procesador llevándolo a dormir hasta despertarlo por alguna clase de interrupción. La instrucción para llevar a cabo todo esto, se la realiza colocando una simple línea de código como se ve en la Figura 20

```
LowPower.powerDown(SLEEP_FOREVER, ADC_OFF, BOD_OFF);
```

Figura 20. Línea de código en Arduino para “modo SLEEP”.

Esta línea de código consta de tres parámetros que pueden ser modificados y usados dependiendo nuestras conveniencias.

- SLEEP_xx: este parámetro establece el tiempo que estará dormido el microcontrolador y se pueden escoger entre los que se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10.

Tiempos disponibles para modo SLEEP en Arduino

Acción	Código para usar
Dormir durante 15 ms	SLEEP_15MS
Dormir durante 30 ms	SLEEP_30MS
Dormir durante 60 ms	SLEEP_60MS
Dormir durante 120MS	SLEEP_120MS
Dormir durante 250 ms	SLEEP_250MS
Dormir durante 500 ms	SLEEP_500MS
Dormir durante 1 s	SLEEP_1S
Dormir durante 2 s	SLEEP_2S
Dormir durante 4 s	SLEEP_4S
Dormir durante 8 s	SLEEP_8S
Siempre dormido	SLEEP_FOREVER

Adaptado de (Prometec, 2016)

- ADC_OFF: Apaga todos los convertidores analógicos a digitales.
- BOD_OFF: Apaga un circuito interno llamado Brown Out Detection que se encarga de detectar niveles bajos de tensión *

* Se debe tener mucho cuidado al desactivar este parámetro ya que se pueden dañar los circuitos si se llega a exceder el límite inferior de tensión.

3.2.1 Diseño placa de la Medalla

Esta placa está diseñada exclusivamente para ser de tamaño compacto y que el usuario pueda usarla como accesorio colgado de su cuello, brindando así acceso inmediato al pulsador. La placa fue diseñada a doble cara y con elementos SMD para minimizar su tamaño midiendo 4cm de ancho por 3,8 cm de largo con un

espacio extra de 5 mm para colocar la pila de alimentación. En la Figura 19 se puede visualizar las pistas de la cara superior de color rojo y las pistas de la cara inferior en color azul.

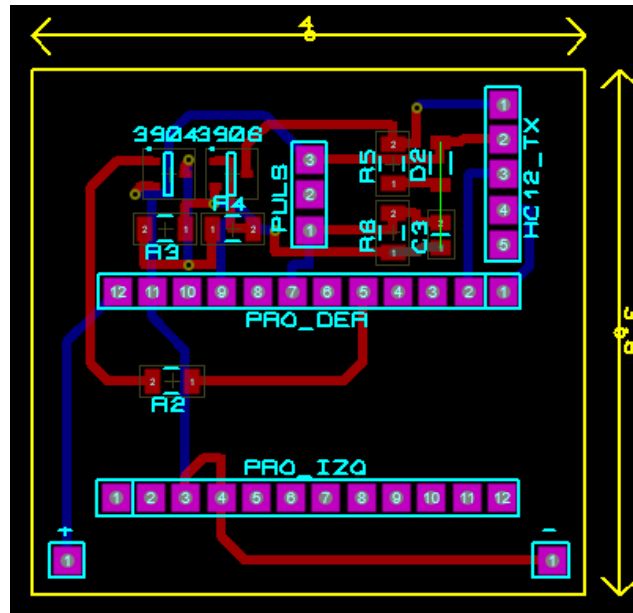


Figura 21. Placa a doble cara correspondiente a la Medalla.

3.2.2 Presentación final de la placa a doble cara de la Medalla

En la Figura 22 se puede observar el resultado final de la placa con todos los elementos ya soldados en ella, no se puso ninguna clase de espadines extras para que la Medalla no se hiciera más gruesa y sea agradable para el usuario.

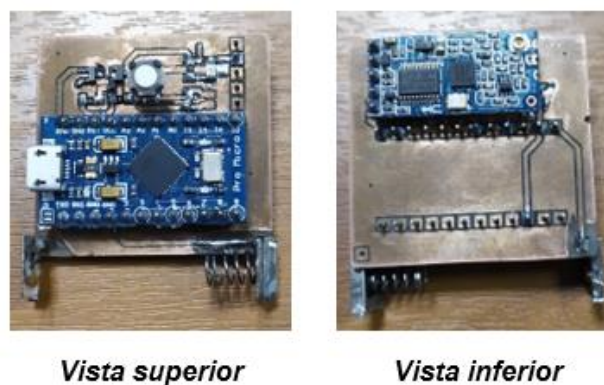


Figura 22. Placa final de la Medalla.

4. Análisis de pruebas y resultados.

Para el desarrollo de este apartado se toma en cuenta diferentes escenarios tanto en exterior como en interior, para evaluar el correcto y máximo funcionamiento del prototipo en todos los entornos. Las pruebas a realizarse son:

- Pruebas de comunicación con módulo de radiofrecuencia HC-12.
- Pruebas de llegada de mensajes de alerta (SMS).
- Pruebas de interferencia con otros módulos cercanos.

4.1 Pruebas de comunicación en distancias verticales (edificio)

Para la realización de estas pruebas, se tomó como escenario el bloque 8 de la Universidad de las Américas (UDLA) que cuenta con cinco pisos de 2,90 m de altura cada piso y está construido en su totalidad con estructura metálica, siendo este material un potente aislante de las señales de radiofrecuencia.

El dispositivo receptor (Estación Base) se lo colocó en el subsuelo 1 del bloque 8 y el usuario con el dispositivo emisor (Medalla) fue subiendo por cada uno de los pisos probando de esta forma en que piso los módulos pierden comunicación teniendo como resultado lo mostrado en la Tabla 11.

Tabla 11.

Tabla de pruebas realizadas en el bloque 8.

Subsuelo 1	Planta Baja	✓
Subsuelo 1	Piso 1	✓
Subsuelo 1	Piso 2	✓
Subsuelo 1	Piso 3	✗

4.2 Pruebas de comunicación en distancias horizontales

Las pruebas realizadas en distancias horizontales se las realizó en dos diferentes escenarios, uno sin obstáculos (línea de vista) y la otra con obstáculos.

4.2.1 Pruebas sin obstáculos (línea de vista)

Las pruebas se las realizó en el parque Bicentenario al norte de Quito donde se tiene un amplio campo abierto sin obstáculos. En la Figura 23 se puede observar que la distancia máxima alcanzada por los módulos de comunicación HC-12 llega a los 925 m de distancia.

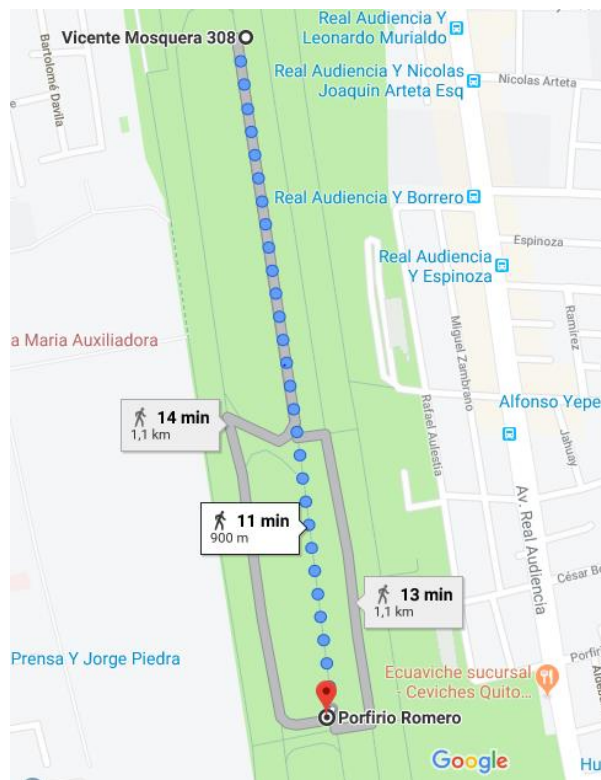


Figura 23. Imagen capturada en Google Maps donde muestra la distancia alcanzada entre dos puntos.

4.2.2 Pruebas con obstáculos

Para este apartado se realizaron pruebas con diferentes materiales con los que son construidos las paredes de algunos lugares

4.2.2.1 Paredes de gypsum

Las pruebas se las realizó en la Universidad de las Américas donde se cuenta con paredes hechas de gypsum y al realizar las pruebas se ubicó el dispositivo receptor en una de las cinco aulas del bloque 4 y el usuario con la medalla emisora, fue moviéndose desde la primera hasta la quinta dando resultados positivos ya que la comunicación entre dispositivos se mantuvo siempre sin ninguna pérdida. La distancia total alcanzada en este escenario fue de 48 m.

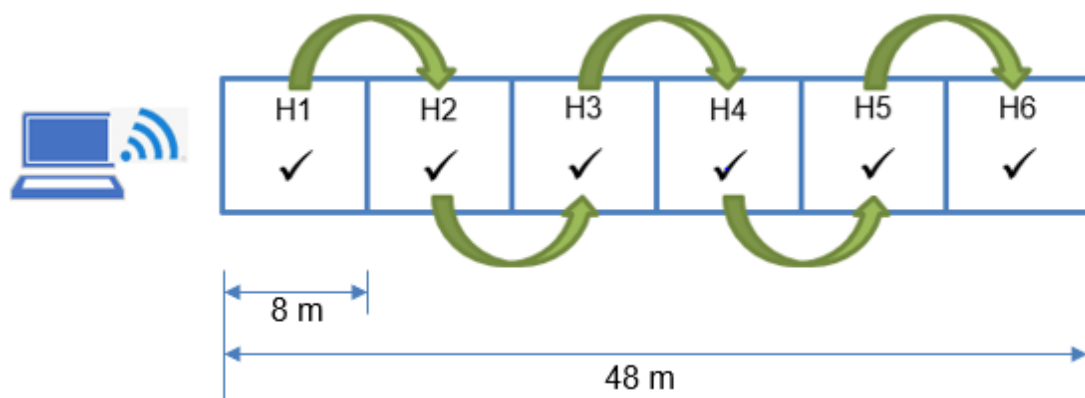
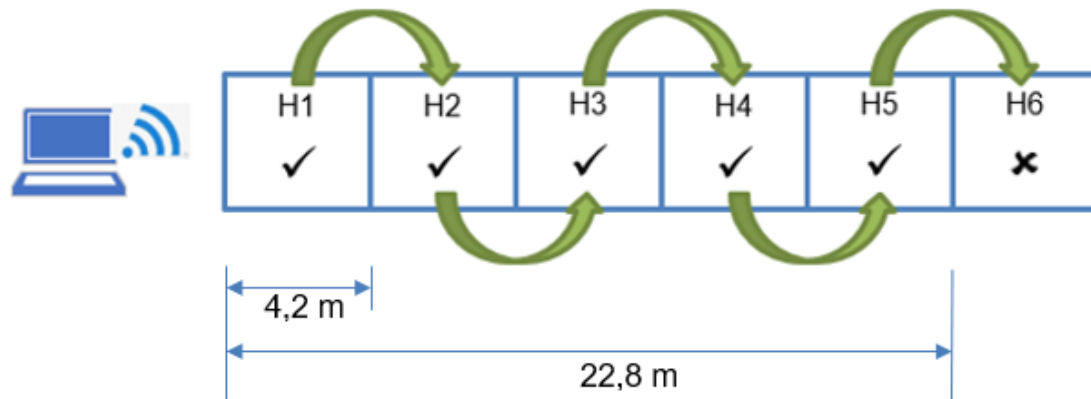


Figura 24. Imagen representativa de las pruebas realizadas en cada una de las habitaciones con paredes de gypsum.

4.2.2.2 Paredes de adobe

Para obtener resultados fiables con este material, se realizaron estas pruebas en una casa antigua que cuenta con seis habitaciones continuas y cada una de ellas posee paredes de adobe. Al momento de realizar las pruebas se colocó el receptor frente a la primera pared de la casa y el usuario con la medalla se fue moviendo habitación por habitación presionando el dispositivo en cada una de ellas. La comunicación entre módulos se mantuvo hasta llegar a la habitación número 5, atravesando cuatro paredes. Cuando el usuario se movió a la habitación número 6, es decir atravesando 6 paredes, la comunicación falló. La distancia de cada habitación es de 4,2 m tomando en cuenta un ancho de pared de 0,30 m se tiene un total de 22,8 m alcanzados en total por el sistema, considerando también que en todo este recorrido por las habitaciones se

encuentran diferentes obstáculos como: televisores, armarios, librerías, computadores, baldosas, electrodomésticos, Access Point, etc.



Nota: cada pared de este escenario tiene un grosor de 0,30 m.

Figura 25. Imagen representativa de las pruebas realizadas en cada una de las habitaciones con paredes de adobe.

4.2.2.3 Paredes de bloque

Estas pruebas se las realizó en un centro educativo que cuenta con seis aulas seguidas y cada una de ellas están hechas con bloque. En este entorno se dio comunicación hasta la quinta aula como se visualiza en la Figura 26. Se debe recalcar que la distancia de cada aula incluyendo paredes es de aproximadamente 8 m lo que da un total de 40 m (5 aulas) que logra transmitir el sistema.

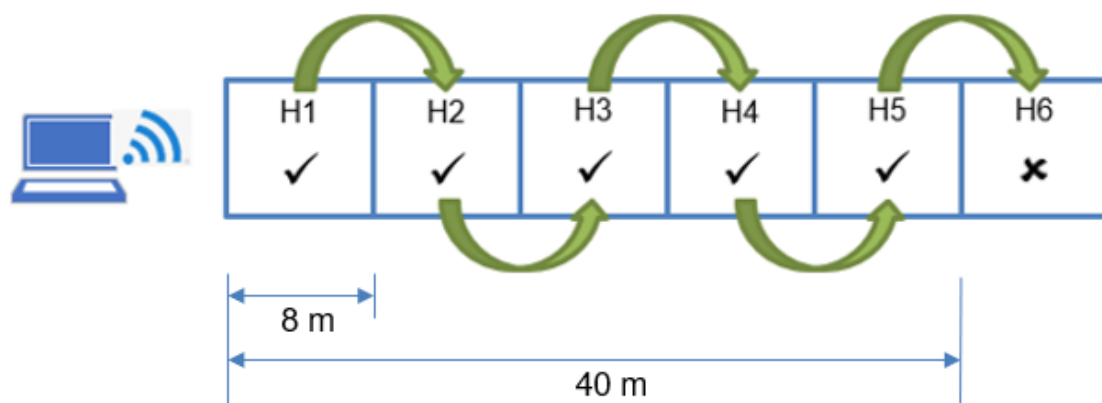


Figura 26. Imagen representativa de las pruebas realizadas en cada una de las habitaciones con paredes de bloque.

4.3 Pruebas de llegada de mensajes

En este apartado se realiza una prueba de llegada de mensajes de texto en cada uno de los casos máximos detallados en el apartado anterior como se muestra en la Tabla 12. El objetivo es enviar cuatro mensajes seguidos y esperar recibir los mismos cuatro mensajes sin tener ninguna pérdida de ninguno de ellos.

Tabla 12.

Tabla de pruebas realizadas de envío de mensajes.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Gypsum	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4
Adobe	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	0 de 4
Bloque	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	4 de 4	0 de 4

4.4 Pruebas de interferencia con otros módulos

Este tipo de pruebas sirve para analizar el comportamiento de dos o más módulos que se encuentren cercanos, es decir, dentro del rango de alcance de cada módulo.

Para este caso, se utilizó el prototipo final creado junto con un prototipo inicial armado simplemente en protoboard asignando a cada uno de los prototipos códigos únicos y diferentes de comunicación, dando como resultado 0% de interferencia, lo que significa que no importa si se encuentran 2 o más sistemas dentro de una misma área de alcance, estos simplemente funcionarán de manera independiente sin causar ningún tipo de interferencia uno con otro gracias al código único con el que cuenta cada dispositivo.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se concluye que el módulo de comunicación HC-12 es de un uso correcto para este caso ya que cumple con todas las expectativas necesarias, siendo económico, de fácil uso, de tamaño compacto y cubre una distancia considerable para el uso en una casa.

La tecnología GSM/GPRS es apropiada en este caso, porque lo que se necesita es únicamente enviar mensajes de texto por lo que usar módulos que brinden tecnologías más robustas es innecesario y conllevaría a realizar un gasto en vano tanto en costo como en tecnología.

Las pruebas realizadas al sistema muestran que el prototipo se desenvuelve de manera correcta en varios escenarios tomando en cuenta que no se debe exceder las distancias antes mencionadas tanto en línea de vista como con obstáculos y tipos de materiales.

Por último, el prototipo muestra un tamaño correcto sin ser extremadamente grande ni extremadamente corto volviéndolo ideal para colocarlo en una parte céntrica del hogar en el caso de la Estación Base y para usarlo como accesorio en el caso de la Medalla emisora.

5.2 Recomendaciones

Para agregar una mejora al prototipo se recomienda trabajar solo con elementos SMD y de esta forma, se logrará tener un prototipo sumamente pequeño y aprovechar solamente lo necesario sin gastar en espacio ni energía.

Se recomienda realizar un análisis de requerimientos antes de realizar el prototipo, ya que, dependiendo su uso, se le podrían disminuir o agregar funcionalidades tanto en hardware como en software.

Por último, es recomendable realizar un estudio de energía para todo el sistema especialmente para la parte de la Medalla ya que esta podría

reducirse aún más su tamaño y mejorar todo el consumo de energía. De este modo se podrá brindar un sistema mucho más fiable y preciso con respecto a la parte de alimentación.

REFERENCIAS

- Arduino. (s/f-a). ¿Que es Arduino? Recuperado de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Arduino. (s/f-b). Arduino MEGA 2560. Recuperado de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Arduino. (s/f-c). Arduino NANO. Recuperado de <http://arduino.cl/arduino-nano/>
- Arduino. (s/f-d). Arduino UNO. Recuperado de <http://arduino.cl/arduino-uno/>
- Expertos, E. de (Universidad I. de V.). (2018). Radiofrecuencia: ¿qué es y cuáles son sus aplicaciones? Recuperado el 27 de mayo de 2019, de <https://www.universidadviu.com/radiofrecuencia-que-es-aplicaciones/>
- HC. (2016). HC-12. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <http://www.hc01.com/productdetail?productid=201902121600>
- ITead Studio. (2010). Hc-05 Bluetooth Module. *Datasheet*, 1–13.
- MCI Electronics. (2016). Manual de Usuario GPRSBee V2. *Gestión*, 1–13. Recuperado de https://forja.rediris.es/docman/view.php/27/237/User_Manual.pdf
- MCI Electronics. (2019). Pro Micro - 5V/16MHz. Recuperado de <https://www.mcielectronics.cl/shop/product/pro-micro-5v-16mhz-10537?category=428>
- MIES. (2013). Dirección Población Adulta Mayor. Recuperado de <https://www.inclusion.gob.ec/direccion-poblacion-adulta-mayor/>
- MOK. (2019). MOK S.O.S. Recuperado de <https://www.mok-sos.com/Sitio/Mok-sos.aspx>
- Nextia Fenix. (s/f). Eliminador / Fuente / 12V 2A. Recuperado el 20 de julio de

- 2019, de <https://www.nextiafenix.com/producto/eliminador-fuente-12v-2a/>
- OMS. (s/f). Envejecimiento y salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud>
- Pachar Bravo, H. P. (2018). *Evaluación de tecnologías inalámbricas de comunicación y protocolos de IoT usando LTE*. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/22803>
- Prometec. (2016). Arduino y el modo sleep. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.prometec.net/el-modo-sleep-en-arduino/#>
- Rossano, V. (2009). *Electrónica & microcontroladores PIC* (USERSHOP, Ed.). Recuperado de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=fnTvX-_qwucC&oi=fnd&pg=PA20&dq=microcontroladores+que+son&ots=HhDKEVCfi-&sig=ensrlermRXIUhByip-b_IdixCKM#v=onepage&q=microcontroladores+que+son&f=false
- SEEDSTUDIO. (2016). *HC-12 Wireless RF UART Communication Module V2.4 User Manual*. Recuperado de http://statics3.seeedstudio.com/assets/file/bazaar/product/HC-12_english_datasheets.pdf
- Semtech. (2019a). *Datasheet SX1276/77/78/79 LoRa Transceiver* | Semtech. (January). Recuperado de www.semtech.com
- Semtech. (2019b). Semtech SX1278. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1278#download-resources>
- SIMCom. (s/f). SIM900 GSM/GPRS. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de <https://simcom.ee/modules/gsm-gprs/sim900/>
- SIMCom. (2013). *SIM800L_Hardware_Design_V1.00*. 1–70. https://doi.org/SIM800L_Hardware_Design_V1.00

Solorzano, S., Rojas-Ortiz, M., Lopez-Molina, R.-A., Clairand, J.-M., & Pozo-Espin, D. (2018). Home Tele-assistance System for Elderly or Disabled People in Rural Areas. *2018 International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, 380–385.
<https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372306>

xbee. (s/f). ¿Qué es XBee? Recuperado de <https://xbee.cl/que-es-xbee/>

XBee. (s/f-a). GPRSBee. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://xbee.cl/gprsbee/>

XBee. (s/f-b). GPRSBee UFL. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://xbee.cl/gprsbee-ufl/>

XBee. (s/f-c). XBee-PRO ZB S2C TH. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <https://xbee.cl/xbee-pro-zb-s2c-th/>

