

# INTERCOMUNICADOR ENLAZADO A RED DE TELEFONÍA CELULAR

## ***Joel Fernando Acevedo Ruiz***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*jo\_fe\_ar@hotmail.com*

## ***Aldrin Barreto Flores***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*aldrin.barreto@correo.buap.mx*

## ***Verónica Edith Bautista López***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*vbautista@cs.buap.mx*

## ***Salvador Eugenio Ayala Raggi***

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*saraggi@ece.buap.mx*

## **Resumen**

La mayoría de timbres y sistemas de intercomunicación instalados en los hogares se vuelven inútiles cuando los habitantes se ausentan, poniendo en riesgo las pertenencias de las familias pues delincuentes consideran esto una oportunidad perfecta. Se desarrolla un dispositivo tipo timbre que no evidencie la ausencia de personas, pues se comunica mediante una llamada telefónica al celular del propietario manteniéndolo siempre en contacto y con conocimiento de quienes visiten su hogar. La instalación del dispositivo es sencilla y resalta su practicidad pues la comunicación siempre es al teléfono celular del dueño, evitando así utilizar un intercomunicador fijo al interior de la casa. El dispositivo consiste en un módulo de telefonía celular FONIA 3G de Adafruit, el cual está manejado por un microcontrolador PIC18F2550 mediante comunicación serial UART. Dispone en sus entradas de un sensor de movimiento PIR y un botón,

ambos manejados digitalmente, al igual que la pantalla tipo OLED de 128x64 pixeles controlada mediante I2C. El sistema está alimentado con una batería recargable de litio de 1300 mAh.

**Palabras Claves:** Celular, comunicación, microcontrolador, seguridad.

## **Abstract**

*The majority of doorbells and intercom systems installed in homes become useless when the inhabitants are absent, putting at risk the belongings of the families because criminals consider this a perfect opportunity. It develops a device type bell that does not evidence the absence of people, because it communicates by means of a telephone call to the cell phone of the owner keeping it always in contact and with knowledge of those who visit his home. The installation of the device is simple and highlights its practicality because the communication is always to the cell phone of the owner, thus avoiding the use of a fixed intercom in the house. The device consists of an Adafruit FONA 3G cellular phone module, which is managed by a PIC18F2550 microcontroller via UART serial communication. It has in its inputs a PIR motion sensor and a button, both digitally handled, as well as the 128x64 pixel OLED screen controlled by I2C. The system is powered by a rechargeable lithium battery of 1300mAh.*

**Keywords:** Cellphone, communication, microcontroller, security.

## **1. Introducción**

Inicialmente los timbres fueron utilizados de forma aislada como mecanismos de alerta o avisos. Consistían en alarmas sonoras producidas por el choque mecánico entre una campana y un martillo que se movía por efecto de un campo electromagnético. Con el desarrollo de la tecnología electrónica se crearon dispositivos que implementaron los timbres clásicos en tamaños reducidos logrando instalaciones prácticas y más económicas. A la vez, se añadió la función de comunicación mediante voz al crear los intercomunicadores que, instalados en las fachadas de los edificios y viviendas, reemplazaron al timbre común.

El visitante llega al edificio en cuestión y toca el timbre. Si el habitante se encuentra dentro, puede comunicarse mediante el intercomunicador instalado. Sin embargo, en caso contrario, el intercomunicador queda totalmente inútil y evidencia la situación ante el visitante.

La inutilidad del intercomunicador cuando el propietario está ausente representa grandes problemas sobre todo para casas con un solo habitante, como las siguientes:

- Evidencia que no hay nadie en la vivienda aumentando posibilidades de robo.
- Pérdida de paquetes, documentos y cartas que no pudieron ser entregados. (El usuario no pudo darle instrucciones a quien intentó entregarlos).
- Problemas con servicios a domicilio cuando éstos arriban en ausencia del habitante.
- Familiares y visitas con complicaciones cuando no reciben respuesta en el intercomunicador.
- Desatención de recibos, citaciones, multas y otros.

Ante tales problemáticas, se pensó en una solución que fuera capaz de comunicar al visitante con el propietario de la construcción en todo momento, independientemente del lugar en el que éste último se encontrara.

Para ello se tomó en cuenta el uso de las redes de telefonía celular ya que esto ahorraría el uso de un dispositivo extra y por el contrario aprovecharía el teléfono celular que la mayoría de gente ya posee [Jiménez, 2007].

El habitante en cuestión podrá atender sin excepción a cualquier persona que necesite dejar un aviso, una citación, paquete, carta, servicio, etc. Podrá dar y recibir indicaciones a quienes usen el intercomunicador. Dando un aporte de solución práctica a la necesidad de constante comunicación entre las personas de una calle, colonia, población [De la Mora, 2004].

Dispositivos relacionados:

- Ring DoorBell PRO – Timbre inteligente: es un dispositivo de la compañía Ring capaz de transmitir video en resolución 1080p y audio a un

Smartphone en cualquier lugar, utilizando el acceso a internet mediante red WiFi de 2.4 Ghz y 5 Ghz. El dispositivo incluye reconocimiento de imagen desde su aplicación para Smartphone, lo que permite definir áreas de vigilancia en el día o en la noche gracias a su sistema de visión nocturna. Su precio es de 249 USD [DoorBell, 2017].

- SmartBell – Portero automático: incluye una videocámara y una pantalla táctil para la interacción con el visitante. Se pueden grabar videos para ser reproducidos después, así como dejar mensajes a los visitantes por medio de su pantalla. También puede programar acciones para controlar puertas automáticas, cuenta con un sensor de movimiento y realiza transmisión de video al Smartphone del habitante mediante acceso a internet por WiFi. Permite el uso de múltiples usuarios para la comunicación con el Smartphone que el visitante elija. Se encuentra en etapa de financiamiento y su precio final se ha fijado en 279 USD [SmartBell, 2017].
- SkyBell: Es un intercomunicador con videocámara, micrófono, altavoz, sensor de movimiento y un led infrarrojo integrados. Puede realizar un enlace de audio y video a cualquier Smartphone por medio de internet desde una red WiFi. Su costo es de 199 USD [SkyBell WiFi, 2017].
- DoorBot: Es un timbre que permite ver quien está de visita y hablar con él desde un Smartphone, además de poder controlar la cerradura electrónica de la puerta de la casa. Está diseñado con una carcasa de aluminio y utiliza 4 baterías AA. Funciona por medio de una red WiFi con acceso a internet. Su precio es de 169 USD [Ring Products, 2017].

## **2. Métodos**

### **Planeación de dispositivo**

El dispositivo encargado de dar solución a este problema será un dispositivo inteligente. Se trata de un intercomunicador que funcionará en esencia de forma típica, reaccionará ante la presión de un botón o “timbre” con el que trabajará de forma complementaria junto a un sensor de presencia, cuando lo determine

pertinente realizará una llamada por medio de telefonía celular al número del propietario.

La función de lo anteriormente mencionado es evitar realizar llamadas innecesarias o bien continuar realizando una llamada en caso de que la persona que activó el intercomunicador se haya retirado. Se usaron las recomendaciones para establecer el diagrama de flujo que aparecen en [Joyanes, 1990] y el enfoque algorítmico presente en [García, 2005]. El proceso de funcionamiento puede observarse en el diagrama de flujo que aparece en la figura 1.

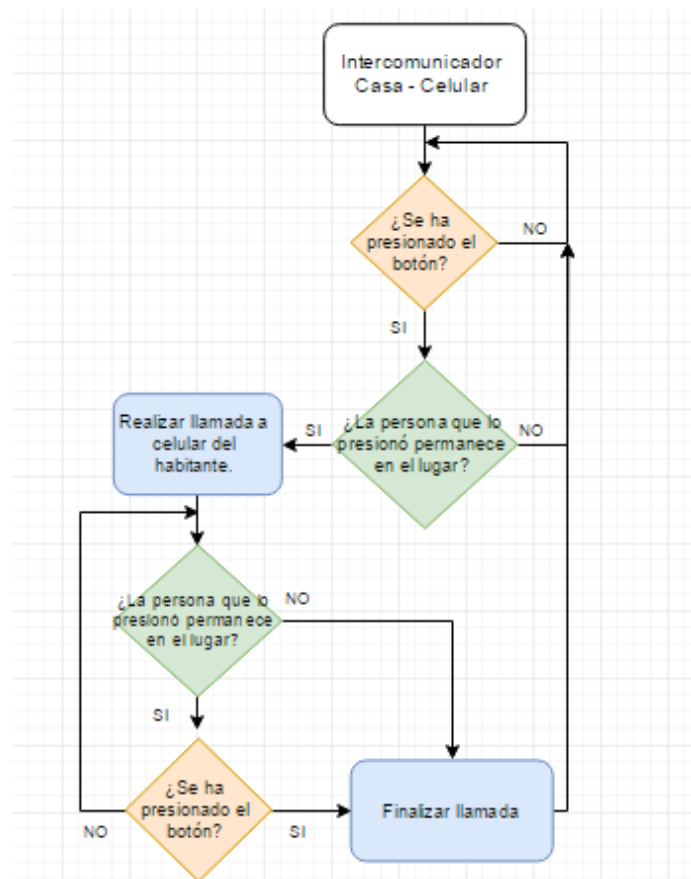


Figura 1 Diagrama de flujo del intercomunicador.

Se consideró adecuado que el intercomunicador celular cuente con un medio para indicar el estado del funcionamiento para una correcta interacción con el usuario, de ésta forma poder indicar cuando la llamada está siendo realizada, ha sido establecida y/o cuando ha sido finalizada.

El dispositivo, para cumplir su función, se programará en lenguaje C por sus características de alto nivel y sintaxis [Stroustrup, 1999], será instalado en el exterior de una vivienda, por lo que los sensores y componentes deberán funcionar adecuadamente ante las características ambientales que esto significa, por ejemplo, la humedad, la luz solar, el ruido auditivo, etc.

Selección de hardware:

Por los detalles mencionados en el apartado anterior, se eligieron los siguientes componentes y módulos para conformar el dispositivo objeto de este reporte.

### **Microcontrolador**

El microcontrolador PIC18F2550 fue elegido para gobernar el dispositivo. Las principales características de un microcontrolador como se explica en [Angulo, 2003], memoria RAM, FLASH, ROM, sus múltiples puertos de entrada y salida, y en este caso puerto USB, comunicación UART, y altas frecuencias de trabajo, hicieron al PIC18F2550 el idóneo para esta aplicación con intención de mejoras continuas.

### **Comunicación con Red de Telefonía Celular**

Para establecer las llamadas celulares se trabajará con el módulo FONA 3G de Adafruit [Adafruit Industries, 2017], el cual se aprecia en la figura 2 y es un módem celular compatible con señales GSM y 3G, capaz de hacer y recibir llamadas y SMS. Se controla mediante comandos AT a través de un puerto serial UART. El módulo integra un sistema completo para usar y cargar una batería LiPo de 3.7 V, haciéndolo ideal para este proyecto en el que la portabilidad es importante [Adafruit, 2017].



Figura 2 Módulo de módem celular Adafruit FONA 3G.

## **Sensor de Presencia**

Para sensor la presencia y movimiento de las personas se seleccionó un módulo comercial estándar de Sensor PIR, el cual nos proporciona una salida digital con base en la detección realizada y puede controlarse fácilmente en su sensibilidad y tiempo de muestreo mediante dos POT en el PCB del módulo.

## **Indicadores de Estado-Componentes de Salida**

Como componentes de salida o medios de interacción con el usuario del intercomunicador se escogieron una pantalla y un LED con las siguientes características.

Display gráfico OLED 0.96", figura 3.

- Pantalla OLED controlada por medio del protocolo I2C.
- Admite alimentación en DC de 3.3 a 5 V.
- Consumo eléctrico de aproximadamente 18 mA.
- Ángulo de visión de 160°.

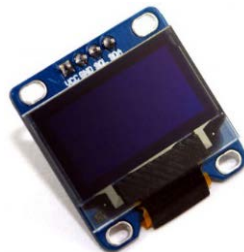


Figura 3 Display OLED 0.96" 128x64 pixeles.

LED ultrabrillante color Blanco.

- Diámetro de 5 mm.
- Alimentación de 3.5 V.
- Consumo eléctrico de 20 mA.
- Ángulo de iluminación de 30°.

## **Esquemáticos de Conexión**

Teniendo seleccionados los elementos de hardware a utilizar, queda el esquema de conexión por bloques definido como en la figura 4. Como entradas

del sistema tendríamos al sensor de movimiento PIR y el botón del timbre. Como elemento de interacción entrada-salida la tarjeta Adafruit FONA 3G, y como piezas de salida la pantalla OLED y el LED blanco.

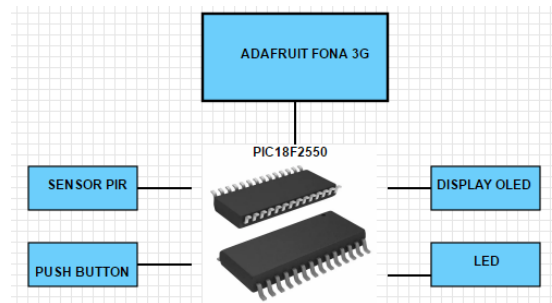


Figura 4 Diagrama de bloques del sistema.

Se utiliza los pines del puerto UART del microcontrolador para la comunicación serial con el módulo Adafruit Fona 3G, la cual fue la forma de comunicación y control elegida con bases en las ventajas que se encuentran en [Matpic, 2017], [Torres, 1999] y [Usategui, 1997].

El Display OLED está conectado a los pines RB0 y RB1 del microcontrolador por ser estos los correspondientes al protocolo I2C. El botón del timbre está conectado al pin RB2, en esa misma conexión se encuentra una resistencia de 10k en configuración pull-up. El LED indicador funcionará por medio del pin RB3 mientras que la señal del sensor de movimiento PIR es recibida por el pin RB5. Los puertos y pines utilizados se aprecian en el esquemático de la figura 5.

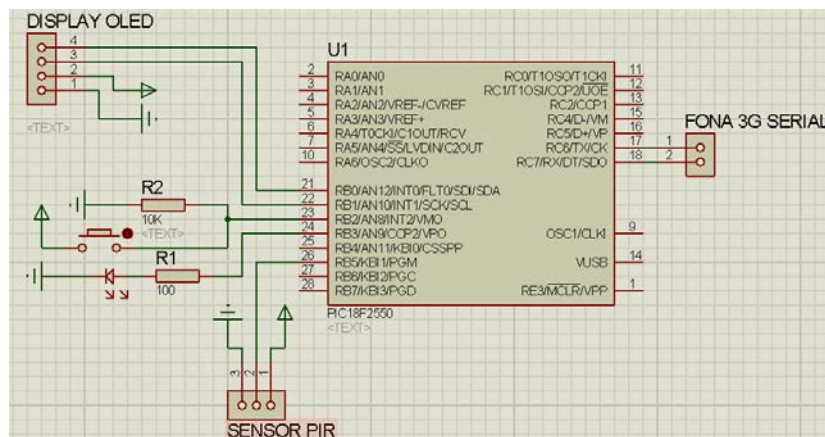


Figura 5 Esquemático de conexión.



## Elaboración de Firmware

Para la programación correspondiente del microcontrolador se utilizó el IDE oficial del fabricante: Microchip MPLAB IDE X, utilizando el compilador de lenguaje C, aprovechando su conocida estructura por funciones y tomando como base ejemplos de programación hallados en [Deitel, 2003], [Eckell, 1999] y [Brassard, 2007]. Se programó el microcontrolador utilizando sus pines en modo digital para el uso con el display, sensor, botón y módulo FONA con lógica TTL. Se hizo uso de las interrupciones por flancos de subida en el puerto B para detectar rápidamente cualquier actividad del sensor PIR y del botón [Brooch, 1994]. El firmware programado en el PIC obedece el diagrama de flujo que aparece en la figura 6.

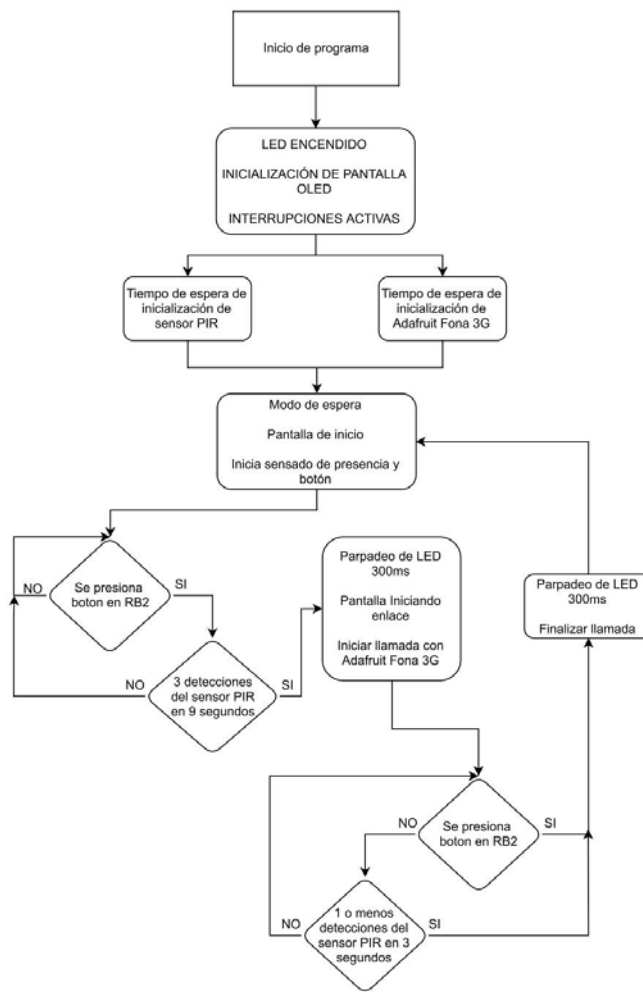


Figura 6 Diagrama de flujo de firmware del intercomunicador.

## **Construcción de Prototipo**

- Circuito electrónico. El circuito electrónico correspondiente fue montado en una placa perforada para prototipos, la cual tiene una dimensión de 7.5 x 4.5 cm. Se colocó un zócalo de 28 pines para el microcontrolador de forma que éste pudiera ser fácilmente colocado o extraído de su sitio. Se hicieron las conexiones necesarias y se pusieron también pines o header para poder conectar fácilmente los cables destinados al display OLED, sensor, botón, LED y modulo FONA 3G. Se buscó integrar los elementos mencionados en forma compacta y funcional como se sugiere y explica en [Bueno-Soto, 2005].
- Carcasa e implementación de componentes adicionales. Para el completo funcionamiento del dispositivo, se requiere por parte del módulo Adafruit FONA 3G el uso de un altavoz de 8 ohm y de una batería LiPo recargable de 3.7 V. La bocina seleccionada es una bocina de 2" de diámetro, mientras que la batería utilizada es de 1300 mAh.

Se usó una carcasa de plástico para proyectos para resguardar el sistema electrónico del intercomunicador. Esta misma fue perforada para crear los espacios adecuados para el sensor, la bocina, pantalla, LED y un interruptor de encendido. El sistema del intercomunicador puede recargar su batería mediante el circuito de carga integrado en el módulo Adafruit FONA 3G, usando un puerto MicroUSB. En la figura 7 y 8 se observa la colocación de los componentes dentro de la carcasa plástica mientras que en la figura 9 se aprecia el dispositivo terminado.



Figura 7 Detalle de colocación de componentes dentro de la carcasa.



Figura 8 Detalle de colocación de componentes dentro de la carcasa.



Figura 9 Dispositivo intercomunicador terminado.

### Funcionamiento y primeras pruebas

Cuando el sistema enciende, después del proceso de inicialización permanece en una pantalla de espera como se ve en la figura 10.



Figura 10 Pantalla de inicio en intercomunicador.

Tras presionar el botón, el dispositivo comprueba la presencia de un usuario por medio del sensor PIR, en caso de comprobarla, muestra una pantalla que valida el uso del intercomunicador, figura 11.



Figura 11 Pantalla que valida el uso del timbre y antecede a la llamada.

En seguida por medio del módulo FONA 3G, el dispositivo comienza a enlazar una llamada telefónica a un número previamente programado, lo cual se indica también en la pantalla. Entre cada cambio de pantalla el LED parpadea al permanecer apagado 300 ms como señal de cambio entre cada etapa, figura 12.



Figura 12 Pantalla de enlace que acompaña al establecimiento de la llamada telefónica.

Una vez establecida la llamada telefónica, el usuario puede escuchar a través del altavoz y hablar por medio del micrófono del dispositivo. En la pantalla entonces se muestra un mensaje que sugiere se presione nuevamente el botón para finalizar la llamada como se ve en la figura 13.



Figura 13 Mensaje en pantalla para finalizar llamada.

En caso de que el botón no sea presionado, el dispositivo colgará la llamada automáticamente si detecta que el usuario se ha retirado del lugar.

Al finalizar la llamada, el dispositivo regresa a la pantalla de inicio y queda en espera de un nuevo usuario.

### **3. Resultados**

El sistema se colocó en una vivienda como puede notarse en la figura 14 se evaluó su desempeño considerando la efectividad del sensor de movimiento, la duración de la carga de la batería, y la utilidad de la intercomunicación por telefonía celular. Fue probado durante 5 días entre las 9 y 18 horas. El

intercomunicador realizó un promedio de tres llamadas efectivas por día, en todas esas ocasiones la comunicación transcurrió y finalizó sin problemas, siendo de gran utilidad para cuando el habitante no se encontraba en su domicilio.



Figura 14 Intercomunicador al exterior de una vivienda durante el periodo de pruebas.

La batería duró aproximadamente 6 horas sin necesitar recargarse. Siempre se estuvo pendiente de este hecho para recargar la batería y que el dispositivo siguiera funcionando durante el periodo de prueba. En las pruebas realizadas, se pudo constatar que solo 3 usuarios utilizaron el botón para finalizar la llamada, el resto se retiró cuando terminó de hablar por el intercomunicador, siendo este último el que detectara la ausencia del usuario y terminara automáticamente la llamada. Se tomó nota de lo anteriormente mencionado y de la calidad de la llamada con base en la opinión del visitante, calificando la intercomunicación con un número del 1 al 5, donde 1 es una baja calidad de audio y 5 es una excelente llamada sin ningún inconveniente. Estos datos se encuentran reunidos en la figura 15.

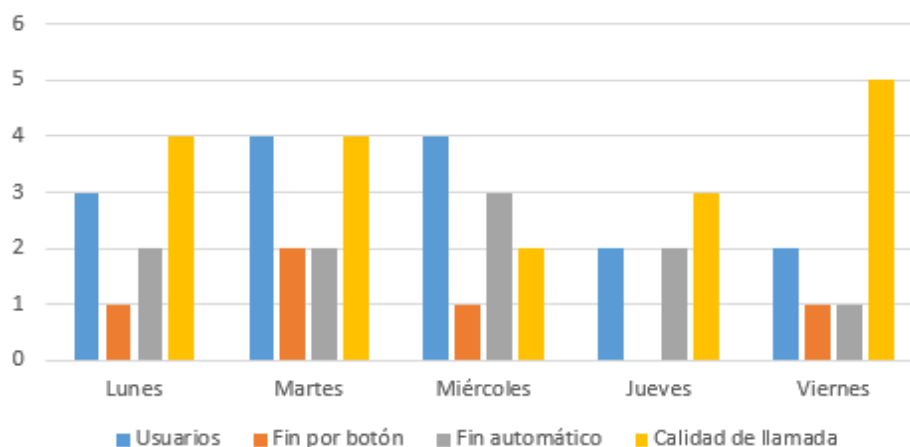


Figura 15 Resultados de pruebas del intercomunicador.

Por otra parte, en 7 ocasiones el intercomunicador no funcionó adecuadamente. En cuatro de ellas, el dispositivo no se había enlazado adecuadamente a la red celular, impidiendo la realización de una llamada cuando el timbre fue tocado. En las tres restantes, después de enlazar la llamada no se detectó la presencia del usuario y el dispositivo finalizó la llamada en curso automáticamente aun cuando el visitante permanecía en el lugar. Sin embargo, los siete usuarios hicieron un reintento al tocar nuevamente el timbre después de unos segundos, el intercomunicador pudo cumplir su función al enlazarse correctamente a la red celular. Los datos mencionados están reunidos en la tabla 1.

Tabla 1 Resultados obtenidos durante 5 días de prueba.

Resultado	Intercomunicaciones
Llamada exitosa	15
Falla en el sensor PIR. No se detecta presencia y finaliza la llamada.	3
Falla por baja señal de red celular. Llamada no enlazada	4

#### 4. Discusión

Observando el funcionamiento del dispositivo se hace notar que incluso cuando hay personas dentro del inmueble se realizará la llamada al número celular predefinido, si bien el propietario puede designar un equipo celular para atender el timbre y decidir si dejarlo dentro de la casa o llevarlo afuera, dicha acción puede considerarse una deficiencia ya que debería cumplir también la función básica de un timbre avisando al interior de la residencia sobre una visita.

Debido a los datos obtenidos queda como principales aspectos a trabajar:

- Detección de presencia en el interior de la casa.
- Aviso al interior de la vivienda ante una visita antes de realizar la llamada.
- Autonomía | Duración de batería.
- Calidad de llamada | Uso de micrófono.
- Mejorar recepción de señal celular.
- Precisión del detector de presencia.

- Indicador de carga de batería.
- Aprovechamiento de energía solar.

Añadiendo, también será importante mejorar la calidad de la carcasa para hacerla más resistente y más agradable al usuario. Es posible disminuir el tamaño final del dispositivo al utilizar una bocina más pequeña y reducir el tamaño de la placa que albergue al circuito que acompaña al microcontrolador, ya que la pantalla y demás componentes ya son de pequeño tamaño. Esto haría al dispositivo más atractivo y práctico para su colocación en cualquier sitio. Se considera también modificar el sistema para utilizar un sensor ultrasónico en vez de un PIR, con la intención de mejorar la detección de presencia, así como modificar el firmware para que éste sea capaz de enviar mensajes de texto SMS al propietario con información sobre los eventos registrados, e incluso la opción de que el habitante envíe al intercomunicador un SMS con texto que se muestre en la pantalla para los usuarios.

Todas las anteriores son mejoras factibles para implementarse en el dispositivo, conservando su practicidad y funciones principales.

## **5. Conclusiones**

El concepto tratado en este dispositivo resultó una idea útil y funcional, ayudando a quien lo posea a atender a cualquier persona que le visite incluso cuando no se encuentra en casa. Utilizar directamente las redes de telefonía celular es una gran ventaja para el intercomunicador al disponer de una amplia cobertura.

El hecho de que se disponga de un sensor de presencia, además de asistir al usuario para el finalizado de llamadas, también es una función que elimina la activación del dispositivo innecesaria ante bromas o equivocaciones de timbre, lo cual a menudo resulta molesto para el residente. En el concepto básico del intercomunicador, resultó altamente útil y funcional, cumpliendo su cometido sin mayor problema y dando solución a algunas problemáticas importantes.

## 6. Bibliografía y Referencias

- [1] ANGULO, José, MICROCONTROLADORES «PIC», Diseño práctico de aplicaciones. Primera parte: El PIC16F84. Lenguajes PBASIC y Ensamblador”, McGraw-Hill Interamericana de España, Tercera edición, España 2003.
- [2] Booch, Grady. Análisis y diseño orientado a objetos, con aplicaciones. 2da Ed. Addison Wesley–Diaz de Santos 1994.
- [3] De la Mora Medina, José; Pliego Mendoza, Nieves, Textos y contextos de la comunicación masiva, primer módulo. Edición interna del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. México, D. F., pp.175, 2004.
- [4] Brassard, G., Bratley, P., Fundamentos de Algoritmia. Madrid: Prentice-Hall, 1997.
- [5] Deitel, Harvey & Deitel, Paul, Cómo Programar en C++. Pearson Prentice Hall 4ta. Ed., 2003.
- [6] Desarrollo y construcción de prototipos electrónicos, Ángel Bueno Martín y Ana I. de Soto Gorroño, ISBN:84-267-1363-7. Ed. Marcombo.
- [7] DoorBell, 2017: <http://www.doorbellhome.org/reviews/doorbot/>, Consultada el 19 febrero 2017.
- [8] Eckell, Bruce, Thinking in C++. 2da. Ed. Prentice Hall Inc., 1999.
- [9] García Molina, J. J.; Montoya Dato, F. J.; Fernández Alemán, J. L.; Majado Rosales, M. J. (2005). Una introducción a la programación. Un enfoque algorítmico. Madrid: Thomson-Paraninfo, 2005.
- [10] Industries, A., Adafruit FONA 808 - Mini Cellular GSM + GPS Breakout ID: 2542 - \$49.95 : Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. Adafruit.com, Disponible en: <https://www.adafruit.com/product/2542> Consultada 19 febrero 2017.
- [11] Industries, Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. Adafruit.com. Disponible en: <https://www.adafruit.com/> Consultada 19 febrero 2017.
- [12] Jiménez, José Juan, Evolución e historia de la telefonía celular, Consultado el 13 de septiembre de 2007: <http://www.monografias.com/>.



- [13] Joyanes, L., *Problemas de Metodología de la Programación*. Madrid: McGraw-Hill, 1990.
- [14] Matpic.com, PIC-COMUNICACIÓN Serial PC–PIC: [http://www.matpic.com/esp/microchip/com\\_serial\\_pc\\_pic.html](http://www.matpic.com/esp/microchip/com_serial_pc_pic.html), consultada 19 febrero 2017.
- [15] *Microcontroladores*; Vicente Torres, Servicio Publicaciones UPV, 1999.
- [16] *Microcontroladores PIC, La Solución en un Chip*; J. M. Angulo Usategui, E. Martín Cuenca, I. Angulo Martínez; Ed. Paraninfo, 1997.
- [17] Ring Products: <https://ring.com/videodoorbells>, consultada el 19 febrero 2017.
- [18] Smartbell, Wi-Fi doorbell for video chats to iOS and Android, 2017. Kickstarter. <https://www.kickstarter.com/projects/1256599792/smartbell-wi-fi-doorbell-for-video-chats-to-ios-an>, consultada el 19 febrero 2017.
- [19] SkyBell HD-SkyBell WiFi Doorbell, 2017, SkyBell WiFi Doorbell. <http://www.skybell.com/product/skybell-video-doorbell-hd/>, consultada el 19 febrero 2017.
- [20] Stroustrup, Bjarne, *El lenguaje de programación C++*. 3ra Ed. Adison-Wesley/Díaz de Santos, 1999.