

**CONTROL DOMÓTICO Y MONITOREO POR MEDIO DE IoT PARA  
PERSONAS EN CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD VISUAL  
UTILIZANDO COMANDOS DE VOZ**

MANUEL RICARDO REINA CUFÍÑO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA

2019

**CONTROL DOMÓTICO Y MONITOREO POR MEDIO DE IoT PARA  
PERSONAS EN CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD VISUAL  
UTILIZANDO COMANDOS DE VOZ**

Documento final presentado para obtener el título de

Ingeniero Electrónico

Universidad Santo Tomás Seccional Tunja

Tutores del proyecto

Ingeniero José Ricardo Casallas Gutiérrez

Ingeniero Adolfo Ávila Barón

Manuel Ricardo Reina Cufiño.

Noviembre 2019.

### **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico como primera medida a Dios y los santos del cielo los cuales me bendicen y me permiten tener salud y vida “Porque el señor está en medio de ti como guerrero victorioso. Se deleitará en ti con gozo, te renovará con su amor, se alegrará por ti con cantos” [1].

“Fijemos la mirada en Jesús, el iniciador y perfeccionador de nuestra fe, quien por el gozo que le esperaba, soportó la cruz, menospreciando la vergüenza que ella significaba, y ahora está sentado a la derecha del trono de Dios” [2].

A mis Padres y hermanas por darme la fortaleza necesaria cuando decaigo y por ayudarme a ser una persona de bien “Padre, quiero que los que me has dado estén conmigo donde yo estoy. Que vean mi gloria, la gloria que me has dado porque me amaste desde antes de la creación del mundo” [3].

### **Agradecimientos**

En lo más alto del cielo les agradezco a Dios y los santos del cielo los cuales vigilan mis pasos y me bendicen día a día.

A mis Padres los cuales me dan apoyo y me brindan valores para ser una persona de bien, además de aportarme los recursos necesarios en mi formación académica.

A mis hermanas las cuales me apoyan y me brindan sus consejos.

A mis tutores los ingenieros Ricardo Casallas y Adolfo Ávila los cuales me apoyaron en mi proceso de elaboración de mi trabajo de grado brindándome sus conocimientos para lograr culminar mi proceso académico.

A mis jurados los ingenieros Fredy Sosa y Andrés Álvarez los cuales me brindaron sus sugerencias y correcciones en mi proceso formativo.

A cada uno de los ingenieros por brindarme el aprendizaje necesario para mi formación profesional.

## **Resumen**

En éste documento se muestra el proceso desarrollado como opción de grado con el diseño e implementación de un prototipo de un sistema de Control Domótico y monitoreo por medio de IoT para personas en condición de discapacidad visual utilizando comandos de voz, en el cual se evidencia el uso de una Intel galileo de segunda generación tarjeta en la cual se realizó la programación correspondiente al control domótico por medio de comandos de voz haciendo uso del IDE de la tarjeta de Intel, junto con una App inventor en la cual se efectúa el reconocimiento de los comandos enviados a la placa de procesamiento de Intel mediante un celular con sistema operativo Android, de igual forma se realizó el monitoreo de variables como temperatura y ritmo cardíaco por medio de la plataforma Ubidots de IoT mediante el uso de un arduino uno, junto con un escudo Ethernet para poder así visualizar dichas variables, al igual que generar un mensaje de alerta a nuestro teléfono móvil y correo electrónico informándonos que se ha producido una anomalía en los parámetros preestablecidos con anterioridad en la plataforma, también es necesario mencionar algunas pruebas realizadas frente a algunas de las potencialidades que posee la Intel galileo como una prueba realizada en el software Python al comprobar su conectividad y el funcionamiento con los pines de salida de la tarjeta.

## Tabla de Contenidos

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen.....                                                                       | v  |
| 1. Glosario.....                                                                   | 1  |
| 2. Introducción .....                                                              | 3  |
| 3. Justificación .....                                                             | 4  |
| 4. Problema .....                                                                  | 5  |
| 4.1 Formulación de preguntas.....                                                  | 5  |
| 4.2 Definición del problema .....                                                  | 5  |
| 4.3 Delimitación del problema.....                                                 | 6  |
| 5. Objetivos .....                                                                 | 7  |
| 5.1 Objetivo General:.....                                                         | 7  |
| 5.1.1 Objetivos específicos: .....                                                 | 7  |
| 6. Estado del arte.....                                                            | 8  |
| 6.1 Domótica.....                                                                  | 12 |
| 6.2 Domótica en Colombia .....                                                     | 13 |
| 7. Marco referencial .....                                                         | 14 |
| 7.1 Antecedentes: .....                                                            | 14 |
| 7.1.1 Historia de la domótica: .....                                               | 14 |
| 7.1.2 Estado Actual de la domótica: .....                                          | 14 |
| 7.1.3 Historia de la domótica para las personas en condición de discapacidad:..... | 15 |
| 7.1.4 Origen del IoT:.....                                                         | 16 |
| 7.1.4.1 Del Mont-Blanc al IoT:.....                                                | 17 |
| 7.2 Marco teórico: .....                                                           | 17 |

|       |                                                                     |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.1 | Ventajas de la domótica para las personas con discapacidad: .....   | 17 |
| 7.2.2 | El internet de las cosas:.....                                      | 18 |
| 7.2.3 | IoMT (internet de las cosas médicas) o IoT de salud: .....          | 19 |
| 7.2.4 | Proyecto Smart Assist con IoT para personas con discapacidad: ..... | 20 |
| 7.2.5 | Intel Galileo frente a IoT: .....                                   | 20 |
| 7.2.6 | Plataforma Ubidots: .....                                           | 21 |
| 7.2.7 | MIT App Inventor:.....                                              | 22 |
| 7.3   | Marco Legal:.....                                                   | 22 |
| 7.3.1 | 7.3.1 Ley 23 de 1982 // Ley 1915 del 12 de julio de 2018: .....     | 23 |
| 7.3.2 | 7.3.2 Ley 1680 del 20 de Noviembre de 2013:.....                    | 23 |
| 7.3.3 | 7.3.3 Leyes Colombianas. Ley 44 de 1993:.....                       | 23 |
| 7.4   | Marco conceptual:.....                                              | 23 |
| 8.    | Diseño metodológico .....                                           | 25 |
| 8.1   | Metodología .....                                                   | 25 |
| 8.1.1 | Tipo de estudio.....                                                | 25 |
| 8.1.2 | Método .....                                                        | 26 |
| 8.1.3 | Técnicas .....                                                      | 27 |
| 8.1.4 | Variables .....                                                     | 27 |
| 9.    | Contenido.....                                                      | 29 |
| 9.1   | Desarrollo del prototipo:.....                                      | 29 |
| 9.1.1 | Pasos iniciales de uso de la tarjeta: .....                         | 29 |
| 9.1.2 | Elaboración del reconocimiento de voz en la tarjeta: .....          | 36 |
| 9.1.3 | Elaboración del monitoreo por medio de la plataforma Ubidots:.....  | 42 |
| 9.1.4 | Actividades exploratorias con Intel galileo generación 2: .....     | 44 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1.5 Actividad con la terminal Linux de la tarjeta y Python: ..... | 44 |
| 9.1.6 Servidor web con Intel galileo: .....                         | 49 |
| 10. Discusión de resultados.....                                    | 51 |
| 11. Recomendaciones .....                                           | 52 |
| 12. Análisis económico.....                                         | 53 |
| 13. Conclusiones .....                                              | 54 |
| 14. Anexos .....                                                    | 56 |
| 15. Bibliografía .....                                              | 57 |
| 16. Vita.....                                                       | 60 |

**Lista de tablas**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. INTEL GALILEO generación 2 GPIO.....                   | 45 |
| Tabla 2. Costo de los elementos utilizados en el prototipo..... | 53 |

## Lista de figuras

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Bloques funcionales de un sistema domótico. ....                                                                                                                      | 5  |
| Ilustración 2. Diseño metodológico de la investigación. ....                                                                                                                         | 8  |
| Ilustración 3. Diseño de un sistema de interconexión de sensores para un electrocardiógrafo con comunicación Bluetooth. ....                                                         | 8  |
| Ilustración 4. Diseño y construcción de un interfaz de medición de signos vitales para priorizar la atención medica en el servicio de urgencias de un hospital general de zona. .... | 9  |
| Ilustración 5. Solución inalámbrica para la implementación de un sistema de telemedicina. ....                                                                                       | 9  |
| Ilustración 6. Internet de las cosas y dispositivos de acceso.....                                                                                                                   | 10 |
| Ilustración 7. Redes de sensores y el internet de las cosas. ....                                                                                                                    | 10 |
| Ilustración 8. Una plataforma IoT para simplificar el desarrollo de aplicaciones de monitoreo de atención médica. ....                                                               | 11 |
| Ilustración 9. Detección y reconocimiento de gestos con las manos para aplicaciones portátiles en IoT.....                                                                           | 11 |
| Ilustración 10. Control domótico. ....                                                                                                                                               | 16 |
| Ilustración 11. Nikola Tesla.....                                                                                                                                                    | 17 |
| Ilustración 12. Ventajas del control domótico IoT. ....                                                                                                                              | 18 |
| Ilustración 13. Aspectos tecnológicos y sociales relacionados con el IoT. ....                                                                                                       | 19 |
| Ilustración 14. Placa INTEL GALILEO Generación II.....                                                                                                                               | 21 |
| Ilustración 15. Ubidots.....                                                                                                                                                         | 22 |
| Ilustración 16. Bloques integrados y de control en MIT App inventor. ....                                                                                                            | 22 |
| Ilustración 17. IDE arduino para INTEL GALILEO.....                                                                                                                                  | 29 |
| Ilustración 18. Librería para INTEL GALILEO.....                                                                                                                                     | 29 |
| Ilustración 19. Librería instalada. ....                                                                                                                                             | 30 |
| Ilustración 20. Alimentación y conector mini USB de la placa INTEL GALILEO.....                                                                                                      | 30 |
| Ilustración 21. Administrador de dispositivos. ....                                                                                                                                  | 30 |
| Ilustración 22. Elección de la placa de procesamiento de Intel en el IDE de la INTEL GALILEO. ....                                                                                   | 31 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 23. Elección del puerto de la tarjeta.....                                                      | 31 |
| Ilustración 24. Imagen Linux de la tarjeta. ....                                                            | 31 |
| Ilustración 25. Descompresión de la imagen. ....                                                            | 32 |
| Ilustración 26. Archivos de la imagen Linux. ....                                                           | 32 |
| Ilustración 27. Conexión Ethernet de la tarjeta INTEL GALILEO al pc. ....                                   | 33 |
| Ilustración 28. Código en arduino para saber la dirección ip de la tarjeta.....                             | 33 |
| Ilustración 29. Dirección ip de la tarjeta en el monitor serial. ....                                       | 34 |
| Ilustración 30. Conexión vía SSH a través del programa putty. ....                                          | 34 |
| Ilustración 31. Llave de autorización para acceder a la terminal Linux de la tarjeta. ....                  | 35 |
| Ilustración 32. Entrar como Root sin contraseña. ....                                                       | 35 |
| Ilustración 33. Interfaz del programa realizado en la MIT App inventor para nuestro teléfono móvil. ....    | 36 |
| Ilustración 34. Prueba realizada con leds junto a la placa INTEL GALILEO gen 2.....                         | 36 |
| Ilustración 35. Ejecución del comando encender mediante App inventor.....                                   | 37 |
| Ilustración 36. Ejecución del comando jardín en la App inventor.....                                        | 37 |
| Ilustración 37. Ejecución del comando iluminar en la MIT App inventor. ....                                 | 38 |
| Ilustración 38. Ejecución del comando apagar en la MIT App inventor. ....                                   | 38 |
| Ilustración 39. Reconocimiento de los comandos dados en la tarjeta INTEL GALILEO generación 2.....          | 39 |
| Ilustración 40. PrograMación realizada en la MIT App inventor. ....                                         | 39 |
| Ilustración 41. Programa realizado en el IDE de la INTEL GALILEO. ....                                      | 40 |
| Ilustración 42. Acondicionamiento de la maqueta realizada. ....                                             | 40 |
| Ilustración 43. Accionamiento del comando jardín en la maqueta. ....                                        | 41 |
| Ilustración 44. Accionamiento del comando iluminar en la maqueta.....                                       | 41 |
| Ilustración 45. Ejecución del comando encender en la maqueta. ....                                          | 41 |
| Ilustración 46. Circuito con el sensor de temperatura y pulso cardiaco conectado a un Ethernet Shield. .... | 42 |
| Ilustración 47. Monitoreo de temperatura y ritmo cardíaco. ....                                             | 42 |
| Ilustración 48. Cambio de valores en el monitoreo. ....                                                     | 43 |
| Ilustración 49. Creación de los reportes vía correo electrónico y SMS. ....                                 | 43 |
| Ilustración 50. Condicionales para la generación del reporte en el sensor de temperatura. ....              | 43 |

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 51. Condicional realizado con el sensor de pulso cardíaco. ....                                                                  | 43 |
| Ilustración 52. Condicionales para generar la alerta vía correo electrónico. ....                                                            | 44 |
| Ilustración 53. Reportes generados por la plataforma IoT Ubidots. ....                                                                       | 44 |
| Ilustración 54. Montaje realizado para la ejecución de la actividad INTEL GALILEO. Fuente:<br>Autor. ....                                    | 45 |
| Ilustración 55. Programa realizado en Python 3.7 .....                                                                                       | 46 |
| Ilustración 56. Ajuste del programa en note Pad ++ para su utilización en la tarjeta.....                                                    | 46 |
| Ilustración 57. Programa en el IDE de la INTEL GALILEO para saber la dirección ip de nuestra<br>Intel galileo para comunicación telnet. .... | 47 |
| Ilustración 58. Dirección ip de la tarjeta. ....                                                                                             | 47 |
| Ilustración 59. Utilización del programa putty. ....                                                                                         | 48 |
| Ilustración 60. Terminal Linux de la tarjeta mediante telnet. ....                                                                           | 48 |
| Ilustración 61. Accionamiento secuencial de los leds mediante la terminal Linux de la tarjeta<br>INTEL GALILEO.....                          | 49 |
| Ilustración 62. Programa del servidor web con INTEL GALILEO gen 2. ....                                                                      | 49 |
| Ilustración 63. Visualización en el terminal serial la conexión y desconexión del servidor. ....                                             | 50 |
| Ilustración 64. Visualización de los datos de cada entrada analógica de la tarjeta mediante Google<br>Chrome.....                            | 50 |

## Lista de Diagramas

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Diagrama 1. Marco conceptual del proyecto. ....                                                           | 24 |
| Diagrama 2. Parametrización realizada del trabajo de grado. ....                                          | 27 |
| Diagrama 3. Parametrización realizada para las actividades complementarias con la Intel galileo.<br>..... | 28 |

## 1. Glosario

**IoT (Internet of Things):** Es un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora [4].

**Domótica:** Conjunto de técnicas orientadas a automatizar una vivienda, que integran la tecnología en los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar o comunicaciones [5].

**Intel Galileo:** Es una placa de micro controlador basada en el procesador de aplicaciones Intel® Quark SoC X1000, un sistema Intel Pentium de 32 bits en un chip (hoja de datos). Es la primera placa basada en la arquitectura Intel® diseñada para ser compatible con los pines de hardware y software con los escudos arduino diseñados para el Uno R3. Los pines digitales 0 a 13 (y los pines adyacentes AREF y GND), las entradas analógicas 0 a 5, el encabezado de alimentación, el encabezado ICSP y los pines del puerto UART (0 y 1), están todos en las mismas ubicaciones que en el arduino Uno R3 [6].

**Protocolo SSH:** Es un protocolo que facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor y que permite a los usuarios conectarse a un host remotamente. A diferencia de otros protocolos de comunicación remota tales como FTP o Telnet, SSH encripta la sesión de conexión, haciendo imposible que alguien pueda obtener contraseñas no encriptadas [7].

**Protocolo Telnet:** Es el nombre de un protocolo de red que nos permite acceder a otra máquina para manejarla remotamente como si estuviéramos sentados delante de ella. También es el nombre del programa informático que implementa el cliente. Para que la conexión funcione, como en todos los servicios de Internet, la máquina a la que se acceda debe tener un programa especial que reciba y gestione las conexiones. El puerto que se utiliza generalmente es el 23 [7].

**Python:** Es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma [8].

**Arduino IDE:** Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso [9].

**Linux:** Es un sistema operativo libre tipo Unix POSIX; multiplataforma, multiusuario y multitarea. El sistema es la combinación de varios proyectos, entre los cuales destacan GNU y el núcleo Linux [10].

**MIT App inventor:** Es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación [11].

**GPIO (General purpose Input/Output, Entrada/ Salida de propósito general):** Es un pin genérico en un chip, cuyo comportamiento se puede controlar por el usuario en tiempo de ejecución. Los pines GPIO no tienen ningún propósito especial definido, y no se utilizan de forma predeterminada [12].

## 2. Introducción

El presente documento evidencia la elaboración y ejecución del trabajo de grado titulado control domótico y monitoreo por medio de IoT para personas en condición de discapacidad visual utilizando comandos de voz, el propósito general es facilitar las tareas cotidianas de sus hogares tales como: riego de sus jardines, el encendido de calefactores, el abrir y cerrar puertas, entre otros. Además de brindarles un sistema de control y monitoreo en tiempo real de distintas variables de salud (signos vitales o similar) como ejemplo tenemos: la temperatura y ritmo cardíaco, generando un reporte vía mensajería a nuestro correo electrónico. ¿Pero qué importancia tiene la domótica y el IoT con el monitoreo en tiempo real para éstas poblaciones? El internet de las cosas tiene el poder de cambiar nuestro mundo, el IoT desempeñará un papel importante en el futuro desde la industria 4.0 y se estima que haya una gran cantidad de datos fluyendo a través del mercado en los próximos años. Más de la mitad de los nuevos procesos y sistemas comerciales incorporarán elementos de IoT, La esencia de IoT es, simplemente, interconectar dispositivos que generan e intercambian datos de observaciones, hechos, etc. aunque, el simple hecho que algo esté conectado a Internet, no lo convierte en IoT. Una solución IoT tiene mucho que ver sobre cómo entender mejor el mundo que está a nuestro alrededor para ofrecer un servicio de monitoreo y análisis inteligente de datos en beneficio de la sociedad. Las soluciones IoT permiten monitorear el mundo alrededor nuestro y aprender de estas observaciones. La secuencia de eventos con alguna complejidad radica en como recolectar, almacenar, procesar y presentar los datos. Mientras que el control domótico nos va a permitir automatizar cada elemento o proceso de nuestro hogar, en éste caso mediante los comandos de voz programados, las personas con discapacidad tendrán una mayor comodidad y en cierto modo autonomía frente a cada uno de éstos procesos lo cual va a aportar servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación en sus hogares.

### **3. Justificación**

El proyecto tiene una gran pertinencia social debido a que soluciona la problemática a la que cada día se enfrentan las personas en condición de discapacidad visual en sus hogares. De igual forma, se tiene una pertinencia académica ya que se hace uso del internet de las cosas, herramienta que actualmente se encuentra en desarrollo como línea de investigación en la facultad, además del aporte que el desarrollo del proyecto le brinda a la misma.

Por último el proyecto es pertinente y viable económicamente debido a que se hace uso de la plataforma Intel galileo la cual fue donada por el IEEE a la Facultad como una herramienta para el desarrollo de proyectos con el uso del IoT, debido a que Intel desarrolló específicamente esta unidad para soluciones IoT entregando grandes ventajas frente a la realización de proyectos relacionados con tecnología 4.0, adicionalmente cuenta con una tarjeta que es ampliamente utilizada en protocolos de comunicaciones y de igual forma, permite trabajar con distintos entornos de programación como lo son plataformas como arduino y Python.

## 4. Problema

### 4.1 Formulación de preguntas

- ¿Qué utilidad nos brinda el internet de las cosas en la implementación de sistemas domóticos para la ayuda de personas en condición de discapacidad?

El internet de las cosas es un avance tecnológico con múltiples aplicaciones ya que es ajustable a casi cualquier tecnología que sea capaz de aportar información relevante sobre su propio funcionamiento, sobre el desempeño de una actividad e incluso sobre las condiciones ambientales que necesitemos monitorear y controlar a distancia, en éste caso llevar un control respecto a una vivienda o la salud de éste tipo de poblaciones [13].

- ¿Cómo aprovechar las herramientas tecnológicas que nos ofrece la placa de procesamiento diseñada específicamente por Intel para soluciones de IoT?

La tarjeta Intel galileo nos ofrece muchas opciones de programación en cuanto a soluciones IoT, como lo es el hecho de poder utilizar el IDE de arduino, así como plataformas como Python, java script, apache, entre otros. Gracias a la imagen Linux que tiene la tarjeta se puede recurrir a diversas opciones por lo cual todo depende del desarrollador y de los requerimientos que se necesiten a la hora de la realización del proyecto.

- ¿Cómo integrar los bloques funcionales de un sistema domótico sobre IoT por medio de la tarjeta INTEL GALILEO 2?

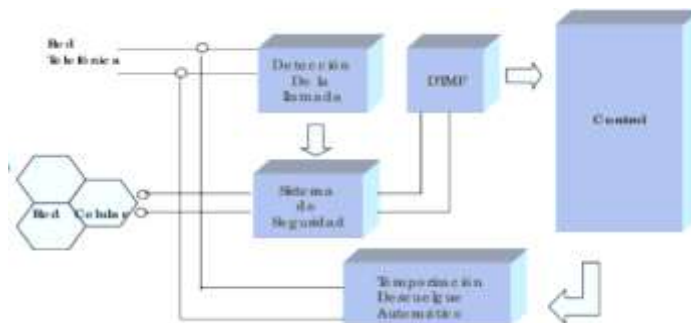


Ilustración 1. Bloques funcionales de un sistema domótico.

Fuente: obtenido de: [14].

En la ilustración 1, se pueden observar los distintos bloques funcionales de un sistema domótico los cuales permiten la recepción y transmisión de datos de control en el hogar.

### 4.2 Definición del problema

Las personas en condición de discapacidad visual pasan por grandes dificultades para realizar distintos tipos de tareas en sus hogares, tales como: control de electrodomésticos, control del ambiente, mantenimiento del apartamento o el mismo cuidado de su condición de discapacidad y salud en general, entre otras. De ésta forma el problema que propongo

resolver es el de diseñar un prototipo de sistema que permita a las personas en condición de discapacidad visual llevar una vida sin dificultades en sus hogares y además contar con un monitoreo constante del estado general de su salud en tiempo real.

#### **4.3 Delimitación del problema**

Se realizará un prototipo funcional de un control domótico y monitoreo por medio de IoT a través de la tarjeta Galileo Intel 2, como eje central de la ejecución de comandos en el prototipo, la programación estará limitada al trabajo con las interfaces que la tarjeta de Intel tiene como soporte para hacer efectivo el control domótico. El reconocimiento de voz utilizará la plataforma App inventor, la cual interactúa con el prototipo para realizar el respectivo control, además, por medio del IOT con la plataforma Ubidots se aplicará un monitoreo teniendo en cuenta variables como temperatura y pulso cardíaco.

## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo General:**

- Implementar un prototipo de un control domótico por reconocimiento de voz y monitoreo de signos vitales por medio de IoT para personas en condición de discapacidad visual.

#### **5.1.1 Objetivos específicos:**

- Determinar con suficiente detalle los requerimientos y especificaciones del sistema.
- Proyectar el diseño solución al problema utilizando la tarjeta de procesamiento Intel Galileo.
- Aplicar la tecnología internet de las cosas (IoT) utilizando las plataformas en línea que permiten el almacenamiento y manejo de los datos.
- Integrar los diferentes subsistemas para verificar su correcto funcionamiento.

## 6. Estado del arte

A continuación se evidencia la búsqueda de distintos trabajos los cuales aportan de manera significativa al desarrollo del proyecto teniéndolos como referente para la elaboración de éste documento:

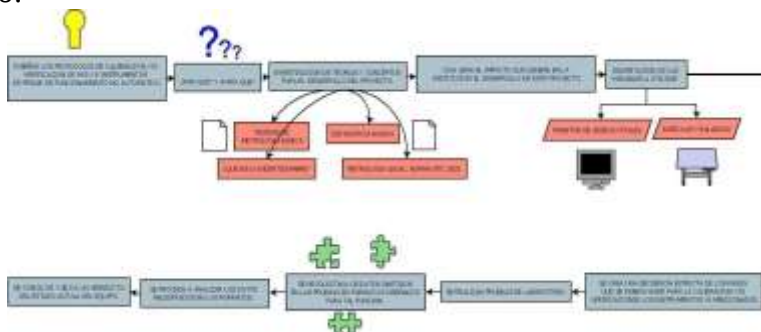


Ilustración 2. Diseño metodológico de la investigación.  
Fuente: [15].

En la ilustración 2, se evidencia el estudio teórico y realización de pruebas con simuladores. La creación de un formato y un documento que contiene una serie de pasos para realizar calibración y/o verificación de los instrumentos utilizados en el hospital san Rafael de Tunja [15].

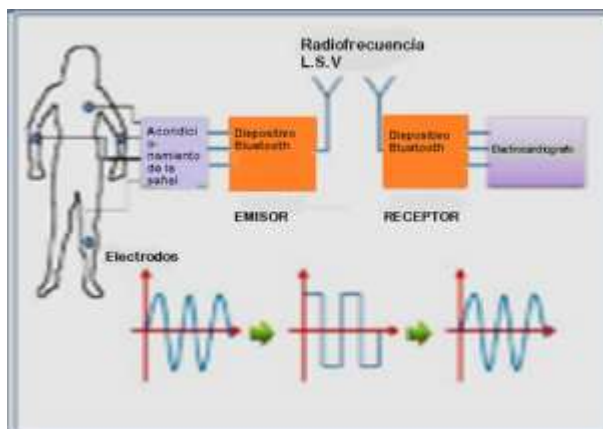


Ilustración 3. Diseño de un sistema de interconexión de sensores para un electrocardiógrafo con comunicación Bluetooth.  
Fuente: [16].

En la ilustración 3, se observa la combinación de un electrocardiógrafo y la tecnología Bluetooth, el dispositivo permite medir las variaciones de las corrientes eléctricas de acción generadas por el músculo cardiaco manifestado en forma de ondas. Para la comunicación inalámbrica se utilizó un Bluetooth emisor y receptor con la configuración de maestro esclavo [16].



Ilustración 4. Diseño y construcción de un interfaz de medición de signos vitales para priorizar la atención médica en el servicio de urgencias de un hospital general de zona.

Fuente: [17].

En la ilustración 4, se evidencian varios sensores que permiten el monitoreo de los diferentes signos vitales, como lo son: la temperatura, presión arterial, pulso cardíaco y demás. Así como la adquisición de la señal esto tiene como fin poder dar un diagnóstico y poder priorizar a los pacientes, es decir, decidir quién necesita la atención de manera inmediata y el por qué con una base de datos (la base de datos fue programada en Visual Basic 6.0), contiene un panel donde se puede llegar a visualizar en tiempo real la medición de los signos vitales [17].



Ilustración 5. Solución inalámbrica para la implementación de un sistema de telemedicina.

Fuente: [18].

En la ilustración 5, se utiliza un Bluetooth y GSM para la implementación de un sistema de monitorización de pacientes, siendo posible el envío del electrocardiograma y de los valores de la tensión arterial, niveles de glucosa y tiempos de coagulación a un Centro de Control, siendo posible obtener de este último una respuesta en tiempo real. En el hogar del paciente se estructura una PAN (Personal Área Network) formada por un sistema con la capacidad de transmitir por Bluetooth el electrocardiograma del paciente (Módulo Portátil) a un Módulo de Análisis y Comunicaciones [18].

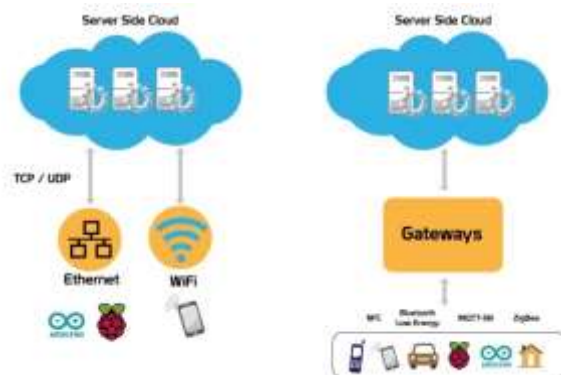


Ilustración 6. Internet de las cosas y dispositivos de acceso.  
Fuente: [19].

En la ilustración 6, se evidencia el planteamiento, diseño, desarrollo y resultados del AEGIS, que es un sistema prototipo IoT para el monitoreo y visualización de un trabajador en alturas, se comienza con el marco teórico, en el cual se definen términos y conceptos importantes en la práctica del trabajo en alturas; de igual forma se describen las variables vitales o de riesgo principales que permean a un trabajador en alturas, se presentan los objetivos del proyecto y se describe la solución planteada y su diseño, incluyendo los elementos y topologías seleccionadas y las simulaciones de los circuitos diseñados; además, se detalla la integración del sistema en general. Se describen los protocolos de prueba, los resultados y su análisis; posteriormente, se presentan las conclusiones de los datos obtenidos y posibles mejoras del sistema [19].

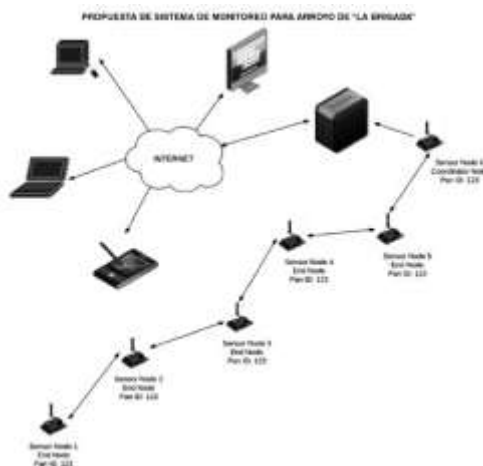


Ilustración 7. Redes de sensores y el internet de las cosas.  
Fuente: [20].

En la ilustración 7, se describen los diferentes aspectos técnicos necesarios para la implantación del Internet de las cosas en Colombia, el estado actual de la infraestructura de las empresas líderes en el sector de las telecomunicaciones y el impacto económico que esta transición conlleva a nivel del hogar y de la industria [20].

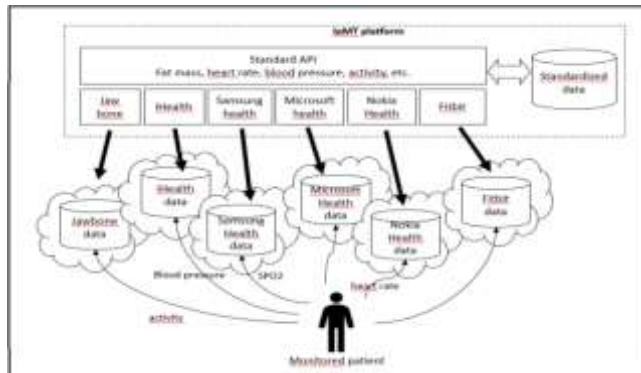


Ilustración 8. Una plataforma IoT para simplificar el desarrollo de aplicaciones de monitoreo de atención médica.

Fuente: [21].

La ilustración 8, habla del internet de las cosas médicas (IoMT) y, en particular, habla que las aplicaciones de monitoreo pueden aliviar la carga organizativa y financiera de los sistemas de salud; Sin embargo, la falta de interoperabilidad en este campo, la necesidad de integrar múltiples sistemas, así como las restricciones de seguridad, suponen una gran carga para los desarrolladores de aplicaciones de monitoreo, por lo cual presenta un trabajo relacionado con la implementación de una plataforma IoMT que brinda soluciones a estos desafíos, de igual forma presenta un médico virtual y una aplicación de monitoreo, utilizando la plataforma como prueba de concepto [21].

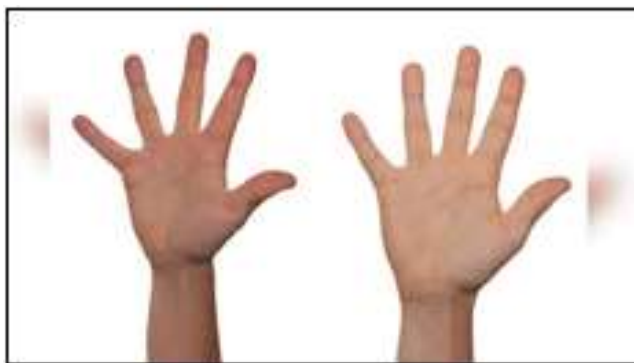


Ilustración 9. Detección y reconocimiento de gestos con las manos para aplicaciones portátiles en IoT.

Fuente: [22].

En la ilustración 9, se presenta un método para detectar y reconocer los gestos con las manos para generar comandos basados en los mismos para así controlar el consumo de medios en gafas inteligentes. Primero, se presenta un método de detección que utiliza la imagen de profundidad obtenida por las secuencias de imágenes estéreo entrantes y la información del color de la piel de manera combinada. En segundo lugar, evidencian la representación de los contornos de manos detectados basados en la curva de Bézier como metadatos para proporcionar una interfaz interoperable entre un módulo de detección y un módulo de reconocimiento en un marco IoMT.

Además, se proporciona la comparación con las herramientas estándar existentes que se pueden utilizar para la representación de gestos con las manos. En el módulo de reconocimiento, el contorno de la mano detectado se reconstruye analizando los metadatos entregados. En el método de reconocimiento propuesto, se utiliza un conjunto de gestos que se presentan con una combinación diversa de dedos abiertos y ángulos de rotación para el reconocimiento. Finalmente, el gesto de la mano reconocido se asigna a uno de los conjuntos predefinidos de comandos. Los resultados del experimento muestran que el método propuesto ofrece un rendimiento bastante estable de detección y reconocimiento del gesto de la mano junto con una interfaz interoperable entre ambos módulos de procesamiento [22].

### 6.1 Domótica

Por domótica se entiende el “Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda.” [23]. Donde la automatización de estas diferentes instalaciones se realiza mediante el uso de diferentes elementos, lo cual le ofrece al usuario ciertas ventajas como lo son el ahorro energético, mayor confort y seguridad, entre otras. Hay distintas funciones en el hogar que se pueden automatizar, lo cual ayudaría a una mayor comodidad en el hogar; como por ejemplo podríamos hablar de un sistema de control de la temperatura automático, tecnología que actualmente se puede encontrar en los hogares. Entrando más a fondo se podría hablar de sistemas de control que se encarguen de controlar la llave del agua, que por alguna circunstancia pudo quedarse abierta, el sistema estaría programado primero para detectar esta fuga y actuar al instante, cerrando la llave automáticamente sin recibir ninguna orden. Por tanto, los sistemas de un hogar digital realizan funciones útiles para los usuarios que viven dentro de ellas, estas funciones pueden adquirir mayor relevancia si un tercero proporciona un servicio de valor añadido.

La domótica ofrece diferentes ventajas a los usuarios, entre las que se resaltan:

- Al automatizar diferentes zonas del hogar se puede contribuir al ahorro energético sin la necesidad de sustituir aparatos electrónicos.
- El confort es una de las ventajas obtenidas al momento de optimizar el hogar.
- La seguridad en un hogar automatizado satisface a cualquier usuario, ya que por medio de alarmas y otros sistemas, se protege no solo la integridad del hogar si no la del usuario brindando la seguridad que el usuario necesita.
- Puesto que muchos de los servicios pueden controlarse remotamente, se crea la accesibilidad que favorece a cualquier persona que disponga del acceso a la misma, trátese de un adulto, un niño, o personas con alguna discapacidad, el fácil uso de esta herramienta permite el uso de diversas personas [24].

## 6.2 Domótica en Colombia

En Colombia existen empresas dedicadas al negocio de la domótica, las cuales ofrecen los diferentes servicios como lo son la automatización de hogares, edificios y sobretodo los sistemas. Actualmente las casas inteligentes llegan a los estratos 3, donde se ofrecen precios competitivos y facilidades de pago. El costo promedio de automatizar una vivienda con acceso con huella, control de iluminación, sonido de teatro en casa, zona social y sistema de seguridad ronda el 5 por ciento del valor del inmueble. Si quiere implementar cortinas y más zonas de la vivienda, o agregar pantallas táctiles, el costo puede ascender al 10 por ciento, comenta Hernán Castro, especialista de Techno import.

La gran ventaja es que la gran mayoría de los sistemas son inalámbricos y por eso se reduce mucho el costo de la obra civil. Los estudios a nivel mundial corroboran que por cada dólar invertido en automatización el inmueble se valoriza. Algunas de las empresas dedicadas al negocio son:

- Control 4 Colombia.
- GeoLogik.
- DTI Colombia [24].

## 7. Marco referencial

### 7.1 Antecedentes:

#### 7.1.1 Historia de la domótica:

La domótica tuvo sus inicios en los años 70, más exactamente en el año 1975, donde luego de muchos años de investigación se dio lugar a las automatizaciones de edificios basados en la tecnología X-10, que hoy en día se utiliza. Este protocolo se extendió no solamente por estados unidos, sino también en Europa, donde Reino unido y España fueron los países que más acogida le dieron a este estándar. A partir de este protocolo se derivaron gran cantidad de aplicaciones, y aun en la época actual se siguen creando empresas alrededor de este protocolo, las cuales aportan mejoras a la experiencia del usuario final, aunque este protocolo también evidencia ciertos inconvenientes, entre los cuales se destaca la vulnerabilidad que se presenta debido a las corrientes portadoras. Al mismo que se expandía el protocolo anteriormente mencionado, algunas empresas del sector eléctrico decidieron unirse y crear KNX, el cual está basado en EIB, BatiBus y EHS, y que en sus inicios, recibió el nombre de Konnex. Este protocolo tuvo tal aceptación en el mercado, que se convirtió en un estándar mundial, el ISO/IEC 14543-3.

Un protocolo que surgió fue LonTalk, el cual es un protocolo de comunicación, que en 1999 fue normalizado como estándar de control de redes según la norma ANSI/CEA 799.1-B, después de esta normalización vinieron muchas otras a las aplicaciones que ofrecía el protocolo, hasta el punto de convertirse en un estándar europeo para domótica en el año 2005, con referencia 14908, y un estándar mundial ISO/IEC-14908.

En el año 2000, las pequeñas empresas se especializaron como fabricantes de productos basados en el estándar KNX, evidenciando un gran crecimiento, compitiendo con precios competitivos. En gran parte de la década del 2000, las nuevas incursiones en desarrollos se basaban en estos protocolos; no fue hasta el 2006 que la domótica tomo un nuevo cambio. En el año 2006 nacen los sistemas domóticos inalámbricos RF, de los cuales algunos son compatibles con los protocolos inicialmente creados y el resto con los demás protocolos creados a la fecha [25].

#### 7.1.2 Estado Actual de la domótica:

Para analizar sobre lo que es el estado actual, se debe hablar del futuro de esta, debido al modo en el que la tecnología avanza día a día. Actualmente se están automatizando diferentes espacios, como lo es el hogar, los centros comerciales, los edificios, entre otros. Esta automatización se debe al fuerte impacto y al auge que está teniendo la implementación de estos sistemas en el mercado para que de una u otra manera se cree más confort y comodidad para las personas que es lo que en verdad se quiere lograr. Las características que predominan en este sistema y que cada vez logran que tenga más acogida a nivel mundial son:

- La implementación de una interfaz sencilla y agradable para el usuario, hace que sea más fácil de usar y aceptar.

- Se debe ofrecer flexibilidad al usuario, lo que implica posibilidad de ampliar la oferta y/o modificarla sin que suponga un aumento elevado para el usuario final.
- La implementación de los sistemas domótico se efectúa por medio de módulos independientes, lo que genera mayor fiabilidad en el sistema, ya que un fallo en un módulo no va a afectar a otro, y la implementación de módulos nuevos, no perjudicará los anteriores.
- A pesar de que el sistema está dividido por modulo, este debe poder integrarse con el resto de subsistemas para facilitar la comunicación y permitir el intercambio de información.

Los servicios ofrecidos actualmente por la domótica y que anteriormente eran mencionados como ventajas son los siguientes:

- Racionalización de energía.
- Climatización.
- Programación de electrodomésticos.
- Programación y detección de apertura de puertas y ventanas.
- Zonas con control de iluminación.
- Regulación automática de la iluminación.
- Accionamiento automático de sistemas de riego, de cortinas, persianas, entre otros.
- Automatización de los equipos para manejarlos de la manera más cómoda y obteniendo un control eficiente de estos.
- Climatización y ventilación auto regulable.
- Control de lugares, es decir control de presencia de persona en los lugares.
- Video vigilancia.
- Detección de daños (Agua, gas, luz, entre otros).
- Detección de incendios.
- Activación de alarmas.
- Gestión de las comunicaciones.

Se puede decir que estos son algunos de los muchos servicios que nos ofrece la domótica, con el tiempo se integraran diferentes dispositivos al igual que diferentes herramientas [25].

### **7.1.3 Historia de la domótica para las personas en condición de discapacidad:**

Las personas en condición de discapacidad adquieren beneficios a partir del uso de la domótica puesto que les permite tener una mayor autonomía para efectuar distintas tareas en sus hogares. Sin embargo en la actualidad no se ha logrado del todo generar una total satisfacción en la domotización de sus casas, puesto que en muchos casos algunas empresas no cumplen plenamente con la demanda o promesas hechas a ésta población. Por ello es que vale la pena hacer mención a los inicios de la domótica a principios de la década de los años 70, cuando aparecieron los primeros dispositivos automatizados para edificios, como una prueba piloto, pero fue realmente en la década de los 80 cuando los sistemas integrados fueron utilizados a nivel comercial, para que luego se desarrollaran en el aspecto doméstico de las viviendas de las zonas urbanas. En ése momento es cuando la domótica logra integrar

dos sistemas (el sistema eléctrico y el sistema electrónico) en búsqueda de la comunicación integral de los dispositivos del hogar.

Con el desarrollo de la tecnología informática se hace posible expandir el sistema, sobre todo en países de gran vanguardia como Alemania, Japón y estados unidos. Gracias al auge que tenía ésta tecnología en el hogar se hace posible la incorporación en los edificios del sistema cableado estructurado (SCE) lo cual facilita la conexión de terminales y redes. Con ello es que éste tipo de edificios reciben el nombre de edificios inteligentes debido al automatismo al servicio del propietario. La domótica hacia posible lograr una gran eficiencia para el servicio de los dispositivos. El primer programa en el que se hizo uso de la domótica fue el SAVE, el cual fue creado en estados unidos en el año 1984, el cual permitió lograr eficiencia y bajo consumo de energía en sistemas de control para los edificios inteligentes. Estas instalaciones regían bajo el sistema X-10, protocolo de comunicaciones que opera con el accionar de un control remoto, la domótica ha ido en progreso a una gran escala desde el desarrollo de las redes informáticas de comunicación bien sea por sistema cableado o por Wi-Fi.

El avance de la tecnología ha suplido algunas falencias, permitió integrar de manera eficiente todos los dispositivos tecnológicos de una vivienda. Al finalizar la década de los ochenta las tecnologías destinadas a fines comerciales comienzan a llegar a los hogares, con ello llega la era de las TIC (Tecnología de la información y las comunicaciones), que da la posibilidad de entender de una manera más realista la instalación domótica en una casa. Actualmente hay una oferta consolidada en torno a los servicios de domótica, de igual forma han aparecido nuevos protocolos que han permitido un desarrollo que en un principio era impensado. Sistemas de desarrollo 2.0 como lo es el zigbee permiten conformar un protocolo inalámbrico de comunicación domótica, al solo requerir una baja tasa de envío de datos, hace que sea en la actualidad uno de los protocolos más requeridos para los hogares inteligentes, ya sea en sensores de movimiento, con detectores de humo y otras funcionalidades de seguridad para las casas [25].



Ilustración 10. Control domótico.

Fuente: [24].

#### 7.1.4 Origen del IoT:

Fue en 2009 cuando Kevin Aston, profesor del MIT en aquel entonces, usó la expresión Internet of Things (IoT) de forma pública por primera vez, y desde entonces el crecimiento y la expectación alrededor del término ha ido en aumento de forma exponencial. Fue en el RFID journal cuando Aston acuñó públicamente el término. Aunque él mismo ha

comentado que la expresión era de uso corriente en círculos internos de investigación desde 1999, si bien no se hizo público de forma notoria hasta entonces [26].

#### **7.1.4.1 Del Mont-Blanc al IoT:**

El origen de los objetos conectados no es algo de hace pocas décadas, en realidad se remonta hasta los albores tecnológicos del siglo XIX, en lo que se consideran los primeros experimentos de telemetría de la historia. El primero del que se tiene constancia fue el llevado a cabo en 1874 por científicos franceses. Estos instalaron dispositivos de información meteorológica y de profundidad de nieve en la cima del Mont-Blanc. A través de un enlace de radio de onda corta, los datos eran transmitidos a París. Otros experimentos, ya en el siglo XX, se realizaron desde iniciativas originadas en países como Rusia o Estados Unidos, ayudando al crecimiento de la telemetría y llevándola a un uso extensivo impulsado por la evolución de distintas tecnologías de telecomunicación. La idea de poder conectar los objetos y de que éstos fuesen inteligentes ya se plasmó en aquella época en los pensamientos y escritos de científicos tan notables como Nikola Tesla o Alan Turing. Sus palabras, leídas desde una perspectiva histórica, cobran ahora sentido y demuestran cuán adelantados a su tiempo fueron [26].

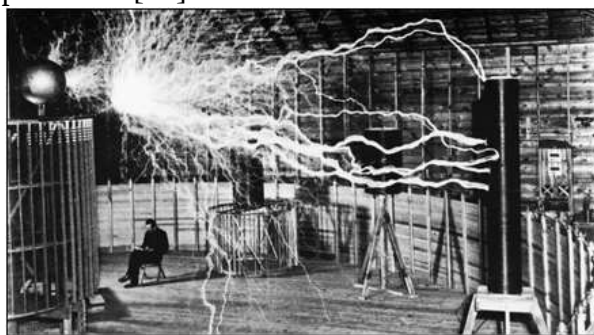


Ilustración 11. Nikola Tesla.

Fuente: [26].

## **7.2 Marco teórico:**

### **7.2.1 Ventajas de la domótica para las personas con discapacidad:**

A medida que se realizan avances en la tecnología de manera constante se van generando ventajas para las personas con discapacidad ya que el hecho de poder otorgarles el control de sus acciones es de alguna manera la mejor forma de influir óptimamente en su estado de ánimo, ya que éste tipo de avances les permiten a éstas poblaciones el control de apagar o encender las luces desde una aplicación móvil, subir o bajar las persianas o programar el riego del jardín son utilidades que se vuelven accesibles gracias a la domótica. Disponer de un sistema domótico integrado en cada hogar facilita el teletrabajo y el aprendizaje en línea, por ende aumentan las oportunidades de desarrollar un empleo contando con todas las prestaciones funcionales para poder llevarlo a cabo en condiciones de confort y adaptabilidad, es una puerta abierta a la integración.



potencialmente pueden crecer hasta millones de componentes diferentes. En este contexto, la autogestión y la optimización personal de cada componente y / o subsistema individual pueden ser requisitos importantes. En otras palabras, los comportamientos autónomos podrían convertirse en la norma de sistemas grandes y complejos de IoT. La seguridad y la privacidad de los datos jugarán un papel importante en las implementaciones de IoT. Debido a que los sistemas de IoT producirán y tratarán con información de identificación personal, la seguridad de los datos y la privacidad serán fundamentales desde el principio.

Los servicios y las aplicaciones se construirán sobre esta plataforma potente y segura para satisfacer las necesidades comerciales. Se prevén tantas aplicaciones así como servicios genéricos y reutilizables. Finalmente, IoT puede tener un impacto en las personas y en la sociedad en la que viven, por lo que debe ser concebido y conducido dentro de las restricciones y regulaciones de cada país [4].

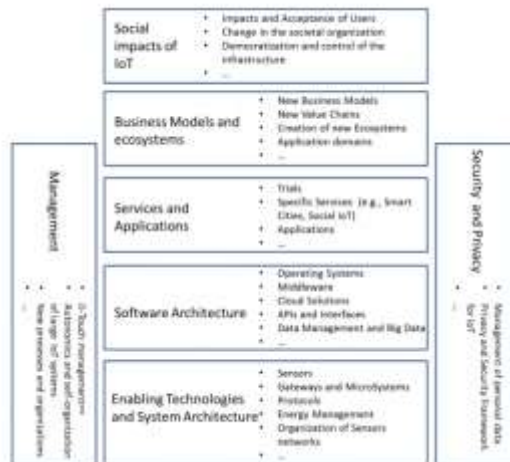


Ilustración 13. Aspectos tecnológicos y sociales relacionados con el IoT.

Fuente: [4].

### 7.2.3 IoMT (internet de las cosas médicas) o IoT de salud:

Internet de las cosas médicas (IoMT) es la colección de dispositivos y aplicaciones médicas que se conectan a sistemas TI de atención médica a través de redes informáticas en línea. Los dispositivos médicos equipados con Wi-Fi permiten la comunicación de máquina a máquina, que es la base de IoMT. Los dispositivos IoMT se conectan a plataformas de nube como Amazon Web Services, en las que se pueden almacenar y analizar los datos capturados. IoMT también se conoce como IoT de salud.

Ejemplos de IoMT incluyen la monitorización remota de pacientes con condiciones crónicas o de largo plazo; el seguimiento de los pedidos de medicación de los pacientes y la ubicación de los pacientes ingresados en los hospitales; además de los dispositivos vestibles de mHealth de los pacientes, que pueden enviar información a los cuidadores. Las bombas de infusión que se conectan a paneles analíticos y las camas de hospital equipadas

con sensores que miden los signos vitales de los pacientes son dispositivos médicos que pueden convertirse o desplegarse como tecnología IoMT.

Como es el caso con el internet de las cosas (IoT) más grande, ahora hay más aplicaciones posibles de IoMT que antes, debido a que muchos dispositivos móviles de consumo están contruidos con etiquetas de identificación de radiofrecuencia (RFID) de comunicación de campo cercano (NFC), que permiten a los dispositivos compartir información con sistemas informáticos. Las etiquetas RFID también se pueden colocar en equipos médicos y suministros para que el personal del hospital pueda estar al tanto de las cantidades que tienen en stock.

La práctica de usar dispositivos IoMT para monitorear de forma remota a los pacientes en sus hogares también se conoce como telemedicina. Este tipo de tratamiento evita que los pacientes viajen a un hospital o a un consultorio médico siempre que tengan una pregunta médica o un cambio en su estado [28].

#### **7.2.4 Proyecto Smart Assist con IoT para personas con discapacidad:**

Ofrecer a través de la tecnología soluciones efectivas que faciliten el día a día de las personas con discapacidad, de los mayores que precisan cuidados o de personas con necesidades especiales y sus cuidadores es el objetivo de Smart Assist.

Smart Assist parte de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de datos masivos (Big Data Analytics) para desarrollar soluciones inteligentes que permitan personalizar la atención creando un entorno que integra tele asistencia móvil y domiciliaria favoreciendo al máximo la seguridad y accesibilidad, al tiempo que respeta y promueve la autonomía e intimidad de las personas.

La solución planteada garantizará a las personas con discapacidad el cumplimiento de los Principios de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, ya que se primará la accesibilidad de todos los colectivos y el acceso intuitivo y seguro a los servicios, tanto por parte del usuario final como por parte del cuidador.

Por último, un elemento fundamental del proyecto es la integración de la solución con las plataformas de IoT más relevantes, como FIWARE, SOFIA2 o UniversAAL, de forma que se extienda el alcance y la interoperabilidad de los servicios ofrecidos [5].

#### **7.2.5 Intel Galileo frente a IoT:**

Se trata de una nueva familia de placas compatibles con Arduino que trabajan bajo la arquitectura Intel. Es uno de los primeros productos de Intel para introducirse en el mercado del IoT, trae funciones muy similares a Raspberry Pi o Arduino.

Galileo es un micro controlador basado en el procesador Intel Quark SoC X1000 que funciona a 400MHZ, es realmente una CPU de 32 bits tiene una arquitectura similar a la de los antiguos Pentium.

Es la primera placa basada en arquitectura Intel y cuyo diseño está pensado para que sea compatible con Arduino. Trae compatibilidad con los Shield que usa Arduino UNO rev3

y se puede usar el IDE de Arduino. Es multiplataforma por lo que se puede usar tanto en Linux, Mac y Windows.

Esta placa ejecuta un sistema operativo Linux libre, que contiene las librerías de software de Arduino, permitiendo una mayor escalabilidad y reutilizar el software ya existente.

Además de esa compatibilidad con Arduino, Galileo tiene una serie de puertos y características que son estándares en la industria del PC por lo que va un paso más allá de los Shields de Arduino.

Destacan por ejemplo, puerto Ethernet a 100Mb, espacio Micro SD, memoria flash a 8Mb, un puerto RS-232 serial. Destacar que gracias a su gran conectividad, potencia de proceso y el uso de SDK sencillos permite desarrollar software capaz de conectar cualquier dispositivo a Internet, muy interesante es su uso para domótica proyectos que necesiten de un PC de bajo consumo y costo [6].



Ilustración 14. Placa INTEL GALILEO Generación II.

Fuente: [6].

### 7.2.6 Plataforma Ubidots:

Ubidots es una plataforma IoT que capacita a innovadores e industrias para crear prototipos y escalar proyectos de IoT a producción.

La plataforma de Ubidots se usa para enviar datos a la nube desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Luego puede configurar acciones y alertas basadas en sus datos en tiempo real y desbloquear el valor de sus datos a través de herramientas visuales. Ubidots ofrece una API REST que permite leer y escribir datos en los recursos disponibles: fuentes de datos, variables, valores, eventos e información. La API admite HTTP y HTTPS y se requiere una clave API.

Los datos estarán protegidos con dos réplicas más, almacenamiento encriptado y soporte opcional de datos TLS / SSL. También puede personalizar los grupos de permisos para cada módulo de la plataforma, asegurándose de que se muestre la información correcta al usuario correcto [29].



Ilustración 15. Ubidots.

Fuente: [29].

### 7.2.7 MIT App Inventor:

Es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. Para el desarrollo de aplicaciones con App inventor solo se necesita de un navegador web y un teléfono o Tablet Android. App Inventor se basa en un servicio web que permite almacenar el trabajo y de igual forma ayudará a realizar un seguimiento de los proyectos [11].



Ilustración 16. Bloques integrados y de control en MIT App inventor.

Fuente: [11].

### 7.3 Marco Legal:

A continuación se da a conocer algunos aspectos legales que se tienen en cuenta para la creación de éste documento:

### 7.3.1 7.3.1 Ley 23 de 1982 // Ley 1915 del 12 de julio de 2018:

Los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente ley y, en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común. También protege esta ley a los intérpretes o ejecutantes, a los productores de fonogramas, desarrolladores de software (derechos de autor) y a los organismos de radiodifusión, en sus derechos conexos a los del autor [30].

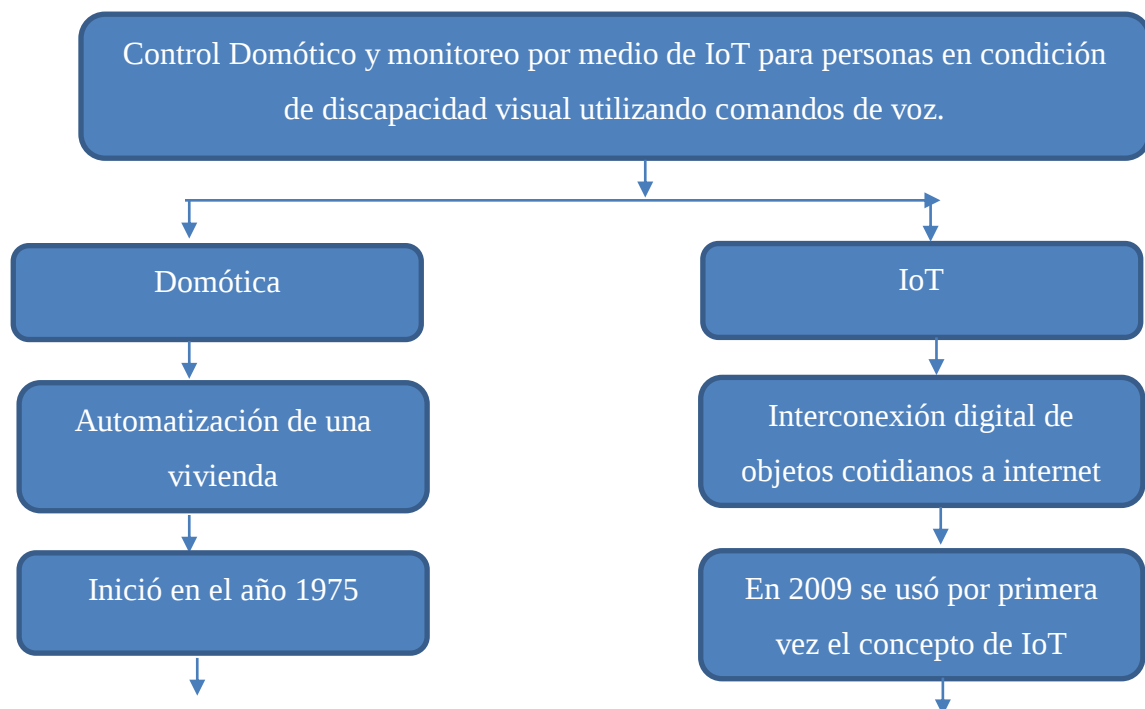
### 7.3.2 7.3.2 Ley 1680 del 20 de Noviembre de 2013:

Por la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y las comunicaciones [30].

### 7.3.3 7.3.3 Leyes Colombianas. Ley 44 de 1993:

Especifica penas entre dos y cinco años de cárcel, así como el pago de indemnizaciones por daños y perjuicios, a quienes comentan el delito de piratería de software. Se considera delito el uso o reproducción de un programa de computador de manera diferente a como está estipulado en la licencia. Los programas que no tengan licencia son ilegales. Es necesaria una licencia por cada copia instalada [30].

## 7.4 Marco conceptual:



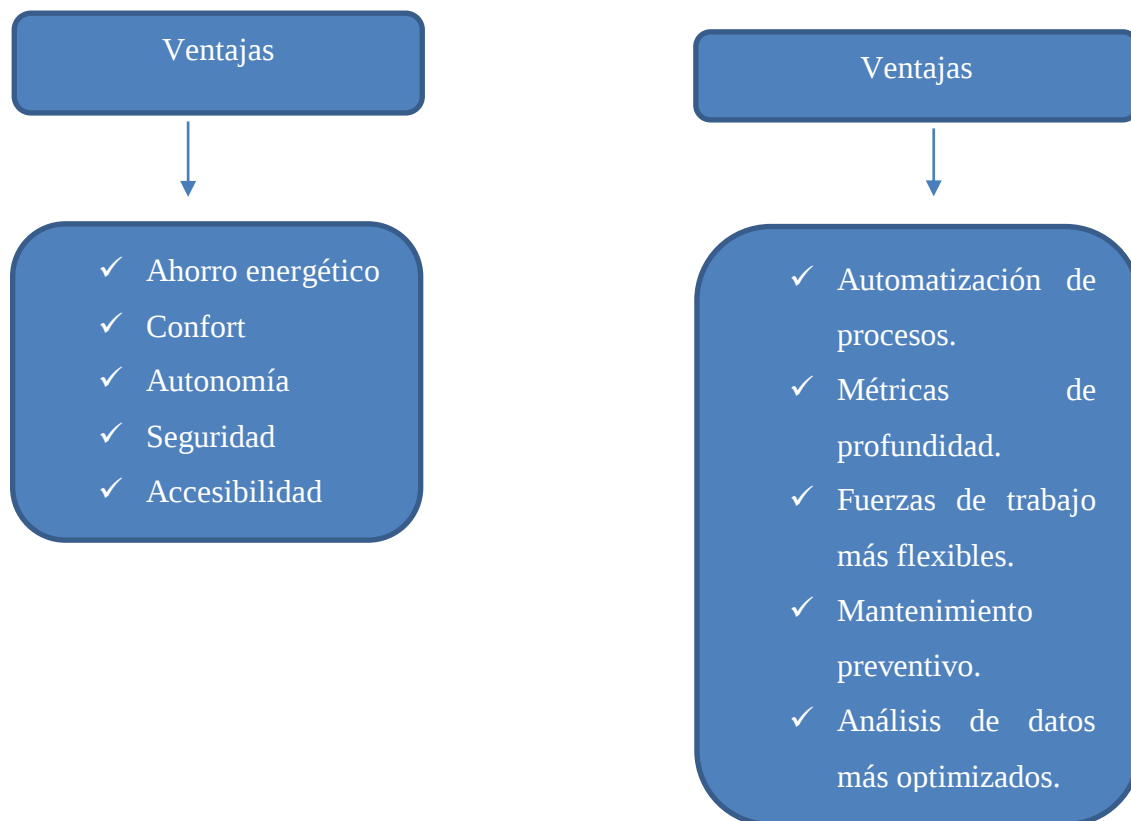


Diagrama 1. Marco conceptual del proyecto.

## **8. Diseño metodológico**

### **8.1 Metodología**

#### **8.1.1 Tipo de estudio**

Con la integración de nuevos dispositivos y formas de comunicación entre ellos se pueden generar innumerables tipos de invenciones. En este trabajo la integración se logra utilizando una tarjeta de alto procesamiento Intel Galileo de segunda generación, dada la versatilidad a desarrollar en este campo y el trabajo aplicado en un prototipo para la población con discapacidad visual, el tipo de trabajo a desarrollar es tipo exploratorio y descriptivo debido a que en un principio éste proyecto implementado con tarjetas Intel Galileo e IOT no tiene muchos antecedentes en su aplicación práctica, pero a pesar de los escasos estudios que se han realizado sobre el tema, se ha logrado tener algunos aportes de gran importancia con respecto a la domótica para personas con este tipo de discapacidad, así como el monitoreo en salud por medio del IoT. Es importante iniciar un trabajo de ingeniería en el que los componentes sean aplicados en una forma práctica y eficiente a éste tipo de proyectos, debido a que el impacto será sobre una población con algún grado de vulnerabilidad social. Seguir una secuencia adecuada para el desarrollo de este proyecto, visualiza un impacto futuro en la creación de un nuevo dispositivo para mejorar la calidad de vida de una población. En el sentido social se pueden obtener resultados tales como aumentar el autoestima de la persona que haga uso de esta implementación, también se genera autosuficia para el desarrollo de tareas cotidianas y por lo tanto una fácil inmersión en el rol social que la rodea.

Fase de trabajo No 1, Búsqueda de información:

En el desarrollo de ésta fase se basó principalmente en la elaboración de trabajos de grado relacionados con la temática a abordar, tanto de la facultad de ingeniería electrónica de la USTA, así como de distintas bases de datos como los son IEEE Explorer, OMS (Organización mundial de la salud), scopus, library, embase biomedical answers, web of science, etc. Así como fuentes de información recopiladas mediante el uso de internet.

Fase de trabajo No 2. Prueba de tarjetas y de dispositivos:

En el desarrollo de ésta fase se exploró la tarjeta de procesamiento Intel Galileo de segunda generación, en la cual se observó la potencialidad que tiene la misma frente a la elaboración de trabajos relacionados con IoT, también se exploraron plataformas como el arduino IDE para galileo, Ubidots, MIT App inventor y Python, organizando de igual forma el uso que iba a tener cada una frente al desarrollo del trabajo y por último se exploró el funcionamiento de los sensores de temperatura y ritmo cardíaco para así poder dar un correcto funcionamiento en su utilización.

### Fase de trabajo No 3. Integración de Dispositivos y comunicación entre ellos:

En el desarrollo de ésta fase como se hace mención se realizaron las respectivas conexiones de los sensores a utilizar con la Ethernet Shield, junto con el cable Ethernet directo a un Router comunicando la misma con la plataforma Ubidots de IoT y de igual forma se realizaron las conexiones de los leds utilizados para la demostración del control domótico, junto con el módulo Bluetooth HC06 en la placa de procesamiento Intel galileo segunda generación, además para las actividades complementarias realizadas con la Intel galileo de igual forma se realizaron las conexiones de led y del cable Rj45 (Ethernet) a la placa de procesamiento galileo al pc permitiendo la comunicación con el sistema operativo Linux de la tarjeta.

### Fase de trabajo No 4. Pruebas de Funcionamiento:

En ésta fase se realizaron las respectivas pruebas obteniendo los resultados esperados en el desarrollo del proyecto, permitiendo el correcto funcionamiento del control domótico implementado en la tarjeta de procesamiento de Intel mediante los comandos de voz programados y así obteniendo una correcta ejecución de cada comando, de igual forma se obtuvieron los resultados esperados en la implementación del monitoreo IoT en la plataforma Ubidots generando alertas y monitoreo en tiempo real de acuerdo al valor entregado por los sensores de temperatura y frecuencia cardiaca programados en el IDE de la Intel galileo.

### Fase de trabajo No 5. Creación de documentos:

Esta fase corresponde a la elaboración del libro, del artículo y anexos relevantes para el desarrollo de éste trabajo de grado los cuales evidencian los resultados obtenidos, las conclusiones, objetivos, agradecimientos, contenido, entre otros. Lo cual enriquece de manera significativa este proyecto brindando una mayor información con respecto a su realización, ya que se trata de explicar el manejo que se le debe dar a la tarjeta Intel galileo, así como explora el potencial de la misma, junto con información acerca del desarrollo del proyecto implementado sirviendo como referente para futuros trabajos que se deseen desarrollar con IoT.

#### **8.1.2 Método**

Para el desarrollo de éste prototipo se utilizará el método inductivo o inductivismo, el cual consiste en la obtención de conclusiones generales a partir de premisas preliminares, en él se pueden distinguir cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para realizar su respectivo registro, realizar una clasificación y realizar el estudio de los hechos, en éste caso las conclusiones se obtendrán luego de haber realizado el prototipo de forma exitosa y haber obtenido el resultado esperado por el mismo, ya que de esa forma se podrá ver que tan viable es la implementación del prototipo y si por ende se logró cumplir con la expectativa para un primer momento del desarrollo de éste proyecto.

### 8.1.3 Técnicas

Para el desarrollo de éste proyecto se hizo uso de una Intel galileo de segunda generación, y para su respectiva programación se utilizaron los entornos IDE de arduino para Intel galileo y Python, junto con una App inventor en la cual se realizó la secuencia de comandos para el control domótico por medio de nuestros teléfonos celulares, el control demostrativo se realizó por medio de una maqueta de una casa a la cual se le realizó control domótico en su iluminación y para ello se hizo uso de leds los cuales se activan dependiendo del comando enviado en la plataforma, también se tuvieron en cuenta la temperatura y el pulso cardiaco del usuario debido a que es de vital importancia generar un monitoreo que nos permita tener un mayor control sobre el estado de salud de las personas, esto siendo posible gracias al internet de las cosas por medio de la plataforma Ubidots la cual nos permite tener un monitoreo de distintas variables que se requieran en la implementación del proyecto.

### 8.1.4 Variables

Al ser una investigación que se enfoca en generar un monitoreo de salud por medio de IoT, además de facilitar procesos cotidianos en los hogares de poblaciones en condición de discapacidad visual se puede determinar que sus variables son intervinientes de tipo cuantitativo debido a la dimensión que se maneja en el desarrollo de éste trabajo de grado ya que el hecho de hacer énfasis en éste tipo de poblaciones nos va a permitir saber que tan viable llega a ser la implementación de éste prototipo funcional. Para el monitoreo de signos vitales, además, se tienen en cuenta variables específicas, como temperatura y ritmo cardiaco, el monitoreo de éstas variables se hace necesario debido a la aplicabilidad del internet de las cosas en la salud para las personas en condición de discapacidad, además de dar la posibilidad de generar vigilancia y de generar alertas en cuanto haya anomalías dentro de los parámetros normales de los datos, esto va a permitir tener una mayor atención a éste tipo de población debido a que va a generarse una mayor capacidad de reacción en cuanto a alguna circunstancia desfavorable en la salud de la misma, además de dar una condición más digna en cuanto a su atención.

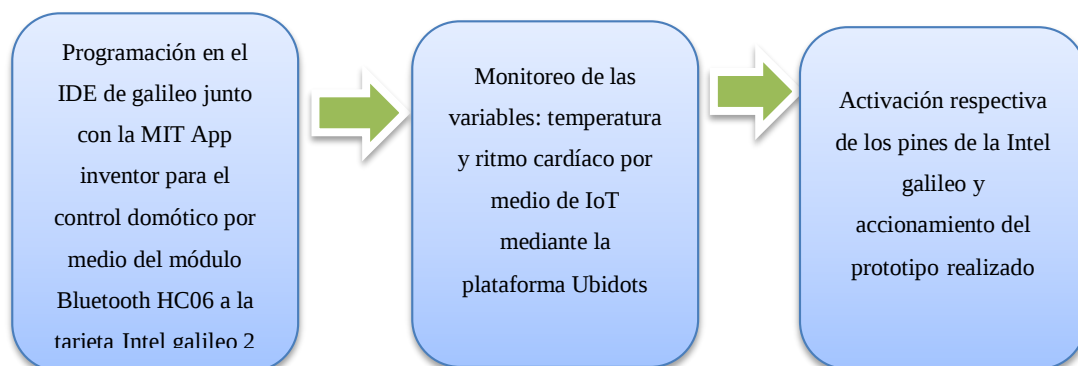


Diagrama 2. Parametrización realizada del trabajo de grado.

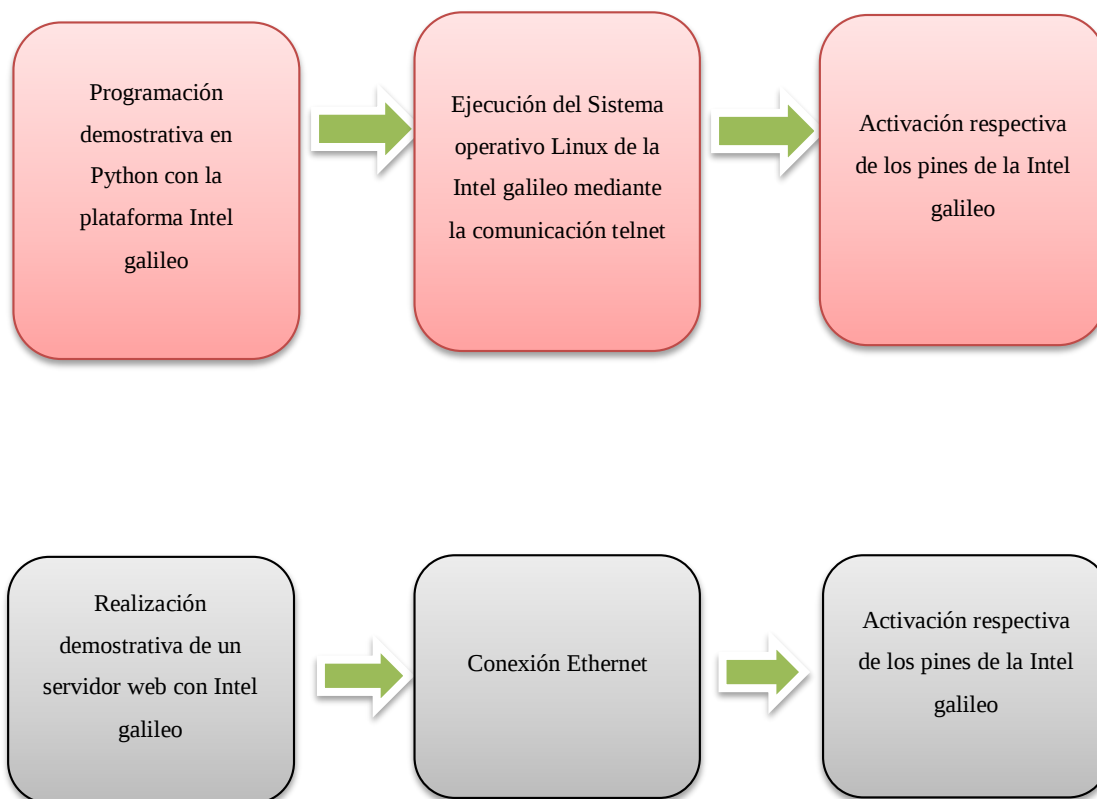


Diagrama 3. Parametrización realizada para las actividades complementarias con la INTEL GALILEO.

En los Diagramas 2 y 3, se pueden observar los parámetros correspondientes a cada actividad realizada del trabajo de grado mediante la utilización de la tarjeta de procesamiento de Intel en el cual se evidencia el orden de cada paso ejecutado.

## 9. Contenido

### 9.1 Desarrollo del prototipo:

Para el desarrollo del prototipo se tuvieron en cuenta las ventajas que nos ofrece la tarjeta Intel galileo de segunda generación, comparadas con plataformas de programación compatibles con la imagen del sistema operativo Linux, dentro de las cuales se aplican lenguajes de programación como Python y arduino. Por lo tanto se genera una secuencia de trabajo, tal como se describe a continuación.

#### 9.1.1 Pasos iniciales de uso de la tarjeta:

Para la utilización de la tarjeta de Intel es necesario seguir los siguientes pasos:

- Para instalar el arduino IDE en la placa vamos a herramientas, placa y gestor de descargas.

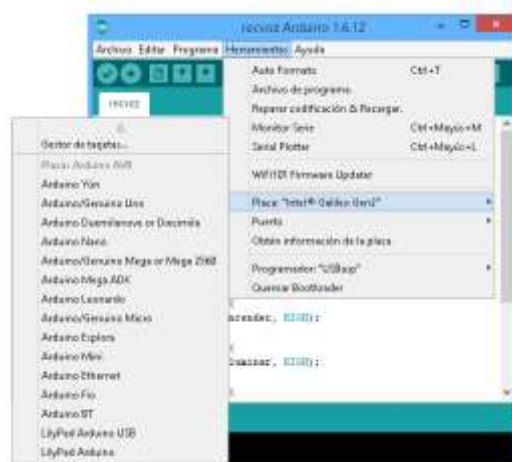


Ilustración 17. IDE arduino para INTEL GALILEO.

Fuente: Autor.

- Luego aparecerá la ventana



Ilustración 18. Librería para INTEL GALILEO.

Fuente: Autor.

- Se escribe en la ventana galileo y aparecerá



Ilustración 19. Librería instalada.

Fuente: Autor.

- Al realizar el proceso por primera vez se deberá dar clic sobre el aviso y a continuación dar en instalar, al terminar el proceso de instalación aparecerá de igual forma la ventana como se muestra en la imagen y luego se da clic en cerrar.
- Luego se debe alimentar la placa con el cargador a 5V y se espera a que se encienda el USB client para proceder a conectarla al puerto USB de la pc, éste paso es muy importante ya que si se conecta primero la placa al pc sin haber conectado con anterioridad el cargador se podrá dañar la tarjeta.

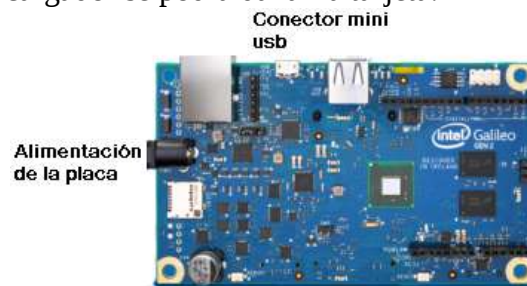


Ilustración 20. Alimentación y conector mini USB de la placa INTEL GALILEO.

Fuente: Autor.

- Para verificar los drivers en Windows se deberá ir a Administrador de dispositivos. En Puertos (COM y LPT) aparecerá la Galileo como un dispositivo desconocido (En este caso COM9, este puerto puede cambiar).

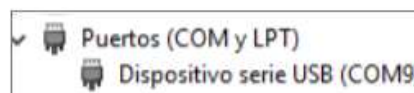


Ilustración 21. Administrador de dispositivos.

Fuente: Autor.

- Luego se abre el IDE de la galileo, herramientas, board y se selecciona Intel galileo gen 2.

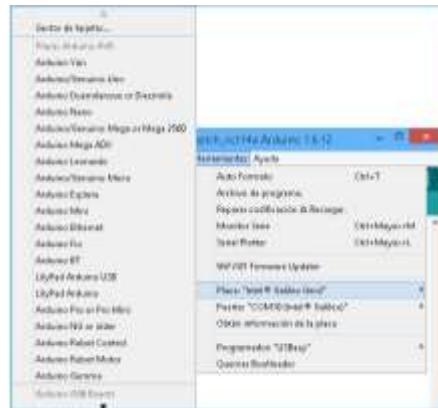


Ilustración 22. Elección de la placa de procesamiento de Intel en el IDE de la INTEL GALILEO.

Fuente: Autor.

- En el puerto serie se selecciona el puerto serial COM correspondiente de la INTEL GALILEO.

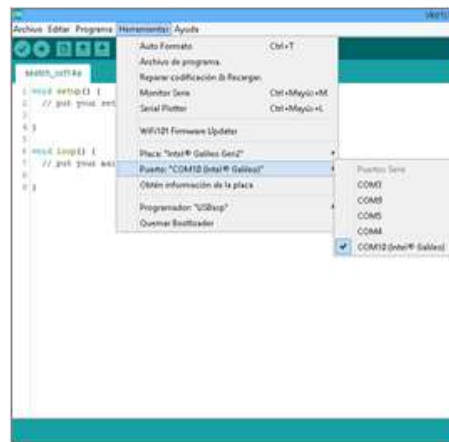


Ilustración 23. Elección del puerto de la tarjeta.

Fuente: Autor.

- Ahora se puede probar el programa blink en la tarjeta y deberá parpadear el led del pin 13 de la galileo.
- Luego se procede a instalar la imagen Linux de la tarjeta, la cual debe descomprimirse.



Ilustración 24. Imagen Linux de la tarjeta.

Fuente: Autor.

- Quedará la siguiente carpeta.



Ilustración 25. Descompresión de la imagen.  
Fuente: Autor.

- Por dentro estarán unos archivos los cuales deben ser grabados en la micro SD de la tarjeta la cual deberá tener mínimo 2 GB de espacio libre se deberá formatear la tarjeta en FAT 32 con la etiqueta bootme.

| Nombre                                    | Fecha de modifica... | Tipo                | Tamaño     |
|-------------------------------------------|----------------------|---------------------|------------|
| boot                                      | 18/02/2017 4:16 p... | Carpeta de archivos |            |
| bzImage                                   | 31/10/2016 6:30 p... | Archivo             | 1.938 KB   |
| core-image-minimal-initramfs-clanton.c... | 31/10/2016 6:30 p... | Archivo WinRAR      | 1.655 KB   |
| grub.efi                                  | 31/10/2016 6:30 p... | Archivo EFI         | 274 KB     |
| image-full-galileo-clanton.ext3           | 31/10/2016 6:30 p... | Archivo EXT3        | 307.200 KB |

Ilustración 26. Archivos de la imagen Linux.  
Fuente: Autor.

- La imagen dota a la galileo de:

**Sketch:** A partir de ahora el sketch que se cargue a la placa quedará guardado en el micro SD y se ejecutará cada vez que arranquemos la Galileo.

**System ( ):** Desde el IDE de la Galileo se puede acceder a Linux a través de la función System ( ).

**Wi-Fi Drivers:** Drivers para si se requiere conectar una tarjeta Wi-Fi en el puerto mini PCI Express.

**SSH:** Se puede acceder a la Galileo remotamente a través de la red y conectarse a la terminal.

**Python:** Se puede crear scripts Python y llamarlos desde el IDE de la Galileo.

**Node.js:** Lenguaje de programación basado en JavaScript.

**OpenCV:** Open Source Computer Vision es una librería libre de visión por computador que nos permitirá realizar entre otras cosas captura de movimiento o reconocimiento de objetos desde una webcam conectada al USB Host de la placa.

**ALSA:** Advanced Linux Sound Architecture dota de funcionalidades de reproducción y grabación de audio MIDI a la Galileo.

**V4L2:** Video4Linux es un grabador de vídeo para utilizarlo por ejemplo si conectamos una webcam en el USB Host.

- Ahora para conectar la tarjeta vía SSH se conecta el cable Ethernet y mini USB a la tarjeta.



Ilustración 27. Conexión Ethernet de la tarjeta INTEL GALILEO al pc.  
Fuente: Autor.

- Se usa el siguiente sketch para averiguar la dirección ip de la tarjeta.

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ipgalileo
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3   //Se continua hasta que se envíe una 'b' a través
4   //del monitor serial
5   while(Serial.read() != 'b')
6   {
7     Serial.println("hello");
8     delay(1000);
9   }
10  //Se muestra el resultado del comando
11  //ifconfig en el monitor serial
12  system("ifconfig > /dev/ttyUSB0");
13 }
14
15 void loop() {
16 }

Salida
"/libexec/ld/ld.so.1" --escape -o "/var/target_download_name /sketch
Transfer complete
  
```

Ilustración 28. Código en arduino para saber la dirección ip de la tarjeta.  
Fuente: Autor.

- Se abre el monitor serial y al digitar la letra 'a' se obtiene.

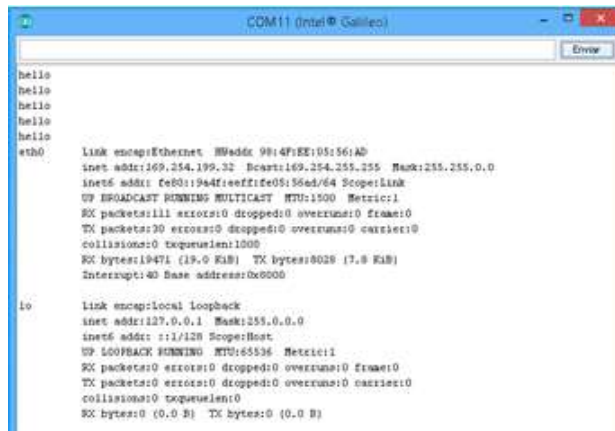


Ilustración 29. Dirección ip de la tarjeta en el monitor serial.  
Fuente: Autor.

- Copiamos la dirección ip de nuestra tarjeta al programa putty.

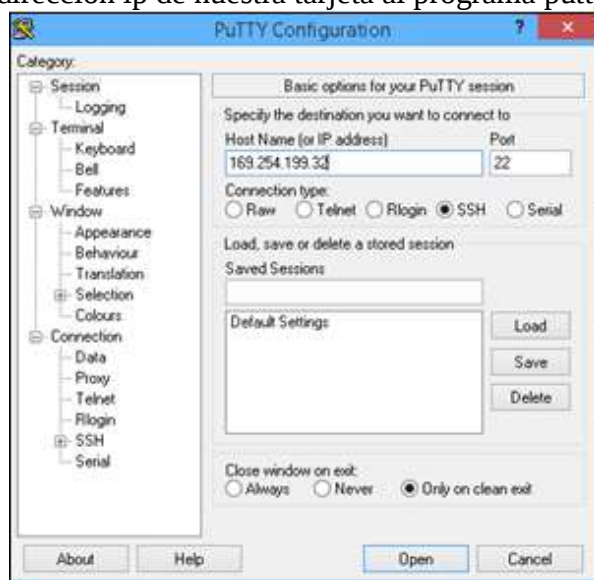


Ilustración 30. Conexión vía SSH a través del programa putty.  
Fuente: Autor.

- Se da clic en open y se nos abre la terminal SSH de nuestra tarjeta, nos pedirá una autorización y damos clic en sí.



### 9.1.2 Elaboración del reconocimiento de voz en la tarjeta:



Ilustración 33. Interfaz del programa realizado en la MIT App inventor para nuestro teléfono móvil.

Fuente: Autor.

En la ilustración 33, se puede observar la interfaz realizada en el programa MIT App inventor en el cual se tienen los botones para conectar el módulo Bluetooth hc06 con el dispositivo móvil y el botón de hablar para ejecutar los comandos de voz programados para el control domótico del prototipo.

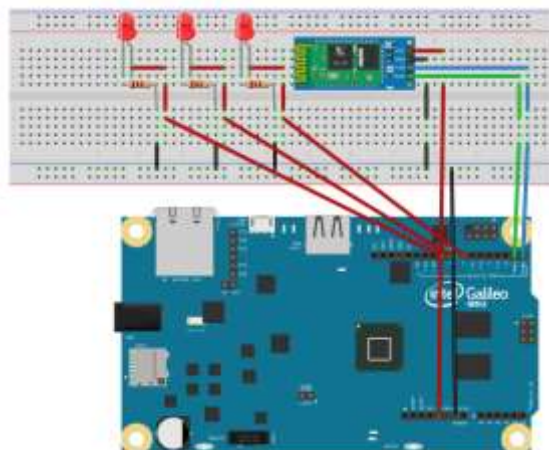


Ilustración 34. Prueba realizada con leds junto a la placa INTEL GALILEO gen 2.

Fuente: Autor.

En la ilustración 34, se puede observar una prueba del montaje del control domótico realizado, para el prototipo, en éste caso se utilizaron unos leds los cuales de acuerdo a la

ejecución o comandos dados por medio de una App inventor realizada se ejecutan los diferentes leds utilizados en el montaje, para ello se utilizaron 4 comandos (iluminar, jardín, encender y apagar), además de utilizar un módulo Bluetooth HC06 el cual fue emparejado previamente al Bluetooth de nuestro teléfono móvil para el reconocimiento de voz, cabe resaltar que no es necesario el uso de internet para ejecutar la aplicación lo cual ofrece grandes ventajas a la hora de su utilización, ya que la aplicación programada en App inventor fue instalada en el teléfono celular.

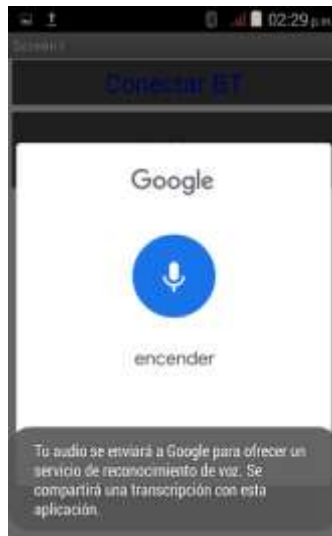


Ilustración 35. Ejecución del comando encender mediante App inventor.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 35, se puede observar la ejecución del comando encender, mediante el programa realizado en la App inventor utilizada para la realización del proyecto, en la cual se hace indispensable el uso del Bluetooth proporcionado por el móvil junto con el acceso a micrófono del dispositivo.

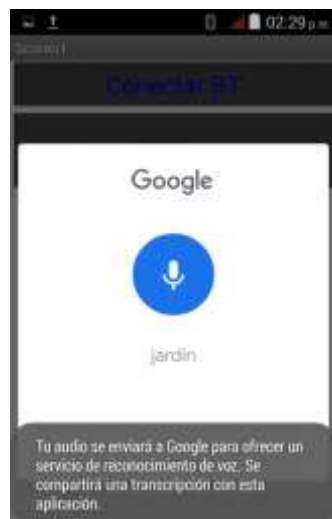


Ilustración 36. Ejecución del comando jardín en la App inventor  
Fuente: Autor.

En la ilustración 36, se puede observar la ejecución del comando jardín en la MIT App inventor para su posterior ejecución en la Intel galileo.

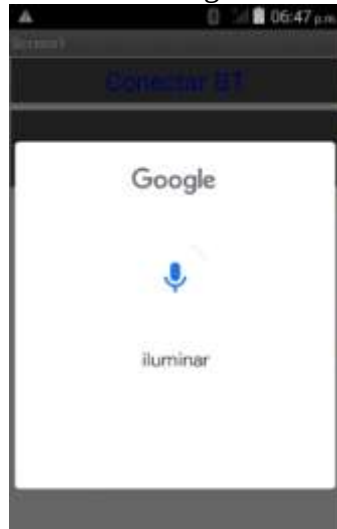


Ilustración 37. Ejecución del comando iluminar en la MIT App inventor.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 37, se puede observar la ejecución del comando iluminar en el teléfono móvil, mediante el programa realizado en la MIT App inventor.

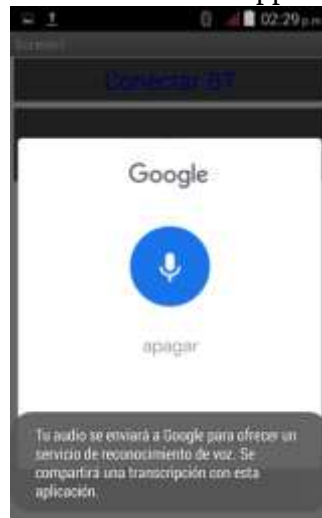


Ilustración 38. Ejecución del comando apagar en la MIT App inventor.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 38, se puede observar la ejecución del comando apagar en la App inventor programada e instalada en nuestro teléfono móvil.

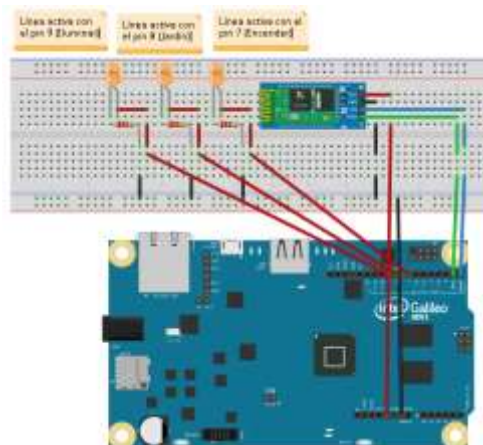


Ilustración 39. Reconocimiento de los comandos dados en la tarjeta INTEL GALILEO generación 2.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 39, se puede observar el reconocimiento realizado de los comandos dados mediante el teléfono móvil los cuales van ejecutando cada pin de la tarjeta de procesamiento de Intel en la cual se accionan los distintos leds según la orden especificada del reconocimiento de voz.

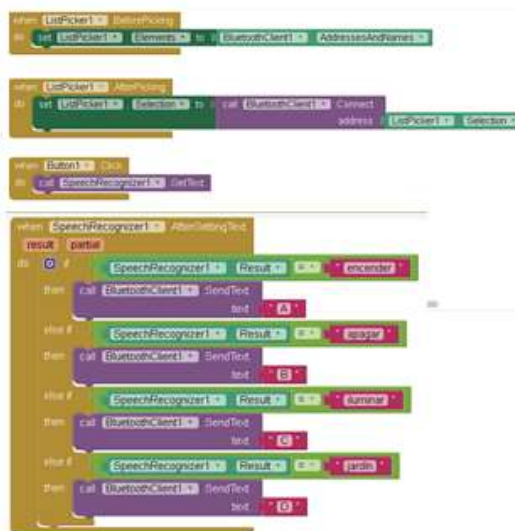


Ilustración 40. Programación realizada en la MIT App inventor.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 40, se puede observar la programación realizada en la aplicación MIT App inventor en la cual se definen los comandos que se van a reconocer en el dispositivo móvil, se llama de igual forma al Bluetooth client, se envían caracteres para una posterior comunicación serial mediante el módulo Bluetooth HC06 al IDE de la Intel galileo para

ejecutar los distintos pines de la Intel galileo dependiendo del comando obtenido, se llama al speech recognizer para hacer el respectivo reconocimiento de los comandos de voz dados.



Ilustración 41. Programa realizado en el IDE de la INTEL GALILEO.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 41, se puede observar el programa realizado en la IDE compatible con galileo para la comunicación serial con el módulo HC06 y el programa realizado en MIT App inventor en el cual se tiene que dependiendo del comando dado se transmitirá serial mente un carácter (A, B, C o D), el cual activará los diferentes pines de la Intel galileo gen 2.



Ilustración 42. Acondicionamiento de la maqueta realizada.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 42, se puede observar el acondicionamiento realizado para la maqueta realizada para la comprobación respectiva del prototipo.



Ilustración 43. Accionamiento del comando jardín en la maqueta.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 43, se puede observar el accionamiento del comando jardín en la maqueta en la cual se encienden para éste caso tres leds de forma consecutiva.

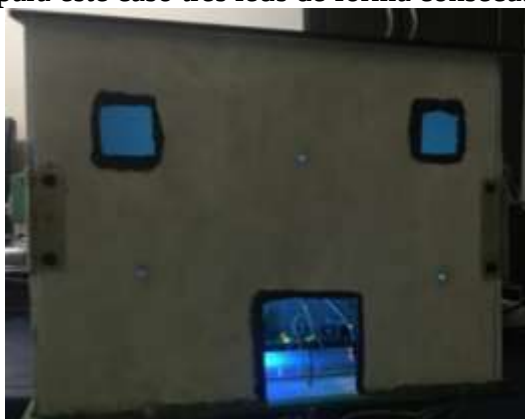


Ilustración 44. Accionamiento del comando iluminar en la maqueta.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 44, se puede observar la ejecución del comando iluminar en la maqueta en la cual en la parte interna de la misma se encienden tres leds de forma simultánea.



Ilustración 45. Ejecución del comando encender en la maqueta.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 45, se puede observar la ejecución del comando encender en la maqueta en la cual se encienden los tres leds de la parte superior de forma simultánea.

### 9.1.3 Elaboración del monitoreo por medio de la plataforma Ubidots:

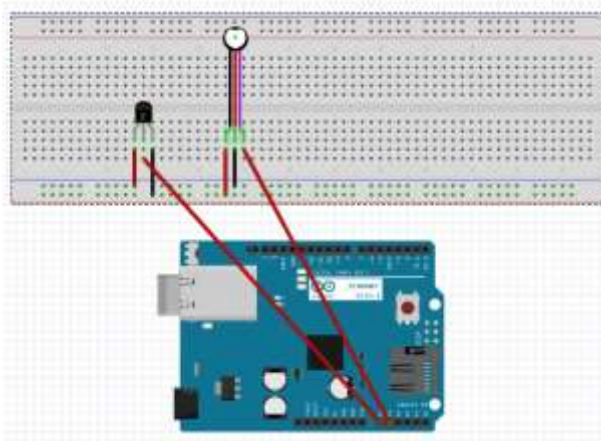


Ilustración 46. Circuito con el sensor de temperatura y pulso cardíaco conectado a un Ethernet Shield.

Fuente: Autor.

En la ilustración 46, se puede observar el circuito con el sensor de temperatura y pulso cardíaco, junto con un Ethernet Shield para realizar la conexión a un Router y enviar los datos obtenidos a la plataforma Ubidots.



Ilustración 47. Monitoreo de temperatura y ritmo cardíaco.

Fuente: Autor.

En la ilustración 47, se puede observar el monitoreo de la temperatura en Celsius (°C) y las pulsaciones por minuto (BPM) entregado por los sensores utilizados en el proyecto visualizado mediante la plataforma de IoT Ubidots, el monitoreo consta del valor entregado por los sensores y del histórico de datos obtenidos por los mismos, en el cual se observa las variaciones obtenidas en los datos cada 10 minutos durante los cuales el paciente está siendo monitoreado, observando un comportamiento no lineal en la gráfica tanto de temperatura como de ritmo cardíaco, se obtiene así una base de datos correspondiente al resultado que va actualizando la plataforma.



Ilustración 48. Cambio de valores en el monitoreo.

Fuente: Autor.

En la ilustración 48, se puede observar el cambio obtenido en los valores medidos al disminuir la temperatura del sensor y al variar el valor del sensor de pulso cardíaco, en el cual también se observa la variación del histórico de las medidas obtenidas, cabe aclarar, que en este caso se está forzando el sensor de pulso cardíaco a obtener un valor muy elevado para poder generar la alerta entregada por la plataforma.



Ilustración 49. Creación de los reportes vía correo electrónico y SMS.

Fuente: Autor.

En la ilustración 49, se puede observar la creación de reportes por vía SMS y correo electrónico de acuerdo a los parámetros establecidos en la plataforma para la generación de la alerta.



Ilustración 50. Condicionales para la generación del reporte en el sensor de temperatura.

Fuente: Autor.

En la ilustración 50, se pueden observar los condicionales que nos ofrece la plataforma Ubidots para la generación de la alerta vía SMS a nuestro celular, en este caso teniendo en cuenta un valor mayor o igual a 37°C y menor o igual a 10°C.



Ilustración 51. Condicional realizado con el sensor de pulso cardíaco.

Fuente: Autor.

En la ilustración 51, se puede observar el condicional realizado para el sensor de pulso cardíaco, en el cual como ejemplo se limitó el valor para la generación de la alerta a un valor mayor o igual a 101 BPM y menor o igual a 59 BPM.



Ilustración 52. Condicionales para generar la alerta vía correo electrónico.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 52, se pueden observar los condicionales realizados para la obtención de la alerta vía correo electrónico tanto para la variable de temperatura, como de ritmo cardíaco.



Ilustración 53. Reportes generados por la plataforma IoT Ubidots.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 53, se pueden observar los reportes generados al sobrepasar los límites establecidos en la plataforma Ubidots para la medición tanto de pulso cardíaco, como de temperatura vía SMS para el teléfono móvil del usuario y por correo electrónico.

#### 9.1.4 Actividades exploratorias con Intel galileo generación 2:

##### 9.1.5 Actividad con la terminal Linux de la tarjeta y Python:

La actividad consiste en ejecutar tres leds de forma secuencial mediante la terminal Linux de la tarjeta Intel galileo y el programa Python.

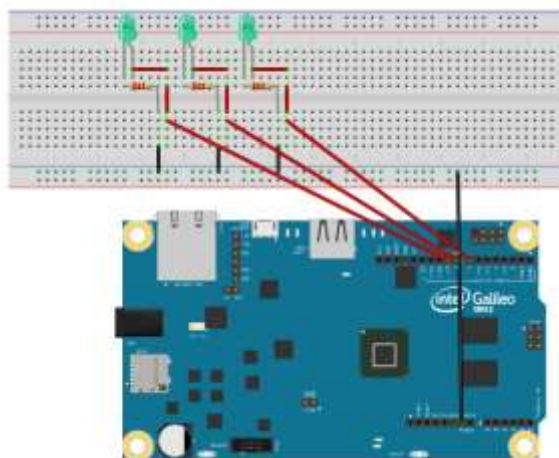


Ilustración 54. Montaje realizado para la ejecución de la actividad INTEL GALILEO.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 54, se puede observar el montaje realizado para ejecutar la actividad en el cual se observan tres leds conectados a la tarjeta y la misma conectada mediante el cable mini USB y cable Ethernet RJ45 a la pc.

Nota: los programas utilizados para la ejecución de ésta actividad son Python 3.7, note Pad ++ y putty.

Lo primero que se debe tener en cuenta es la distribución de GPIO de nuestra tarjeta para ello recurrimos a la siguiente tabla:

Tabla 1. INTEL GALILEO generación 2 GPIO.

| Shield pin | Function | Linux  | Shifter GPIO | 22K PullUp GPIO | Pin Mux 1 GPIO | Pin Mux 2 GPIO | Interrupt modes |
|------------|----------|--------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| IO0        | UART0 RX | rx50   | gpio32       | gpio33          | -              | -              | -               |
|            | GPIO     | gpio11 |              |                 | -              | -              | I, H, R, F      |
| IO1        | UART0 TX | tx50   | gpio28       | gpio29          | gpio45 (H)     | -              | -               |
|            | GPIO     | gpio12 |              |                 | gpio45 (L)     | -              | I, H, R, F      |
| IO2        | UART1 RX | rx51   | gpio34       | gpio35          | gpio77 (H)     | -              | -               |
|            | GPIO     | gpio13 |              |                 | gpio77 (L)     | -              | I, H, R, F      |
|            | GPIO     | gpio41 | -            |                 | gpio77 (L)     | -              | R, F, B         |
| IO3        | UART1 TX | tx51   | gpio16       | gpio17          | gpio76(H)      | -              | -               |
|            | GPIO     | gpio14 |              |                 | gpio76(L)      | gpio6(L)       | I, H, R, F      |
|            | PWM      | pwm1   |              |                 | gpio76(L)      | gpio6(H)       | -               |
|            | GPIO     | gpio62 | -            |                 | gpio76(L)      | gpio6(L)       | R, F, B         |
| IO4        | GPIO     | gpio6  | gpio36       | gpio37          | -              | -              | R, F, B         |
| IO5        | GPIO     | gpio8  | gpio18       | gpio19          | gpio66(L)      | -              | R, F, B         |
|            | PWM      | pwm3   |              |                 | gpio66(H)      | -              | -               |
| IO6        | GPIO     | gpio1  | gpio20       | gpio21          | gpio68(L)      | -              | R, F, B         |
|            | PWM      | pwm5   |              |                 | gpio68(H)      | -              | -               |
| IO7        | GPIO     | gpio38 | -            | gpio39          | -              | -              | -               |
| IO8        | GPIO     | gpio40 | -            | gpio41          | -              | -              | -               |
| IO9        | GPIO     | gpio4  | gpio22       | gpio23          | gpio70(L)      | -              | R, F, B         |
|            | PWM      | pwm7   |              |                 | gpio70(L)      | -              | -               |
| IO10       | GPIO     | gpio10 | gpio26       | gpio27          | gpio74(L)      | -              | I, H, R, F      |
|            | PWM      | pwm11  |              |                 | gpio74(H)      | -              | -               |

Luego se procede a la elaboración del programa el cual se evidencia a continuación:



```

File Edit Format Run Options Window Help
#!/usr/bin/python
import sys
import time

def pins_export():
    pinlexport = open("/sys/class/gpio/export", "w")
    pinlexport.write("21")

    fp1 = open("/sys/class/gpio/gpio21/direction", "w")
    fp1.write("out")
    fp1.close()

    pinlexport = open("/sys/class/gpio/export", "w")
    pinlexport.write("39")

    fp3 = open("/sys/class/gpio/gpio39/direction", "w")
    fp3.write("out")
    fp3.close()

    pinlexport = open("/sys/class/gpio/export", "w")
    pinlexport.write("19")

    fp5 = open("/sys/class/gpio/gpio19/direction", "w")
    fp5.write("out")
    fp5.close()

def write_led1( value ):
    fp2 = open("/sys/class/gpio/gpio21/value", "w")
    fp2.write( str( value ) )
    fp2.close()

def write_led2( value ):
    fp4 = open("/sys/class/gpio/gpio39/value", "w")
    fp4.write( str( value ) )
    fp4.close()

def write_led3( value):
    fp6 = open("/sys/class/gpio/gpio19/value", "w")
    fp6.write( str( value ) )
    fp6.close()

pins_export()
while True:
    print "Led puerto 4 ligado"
    write_led1( 1 )
    time.sleep( 2 )
    print "Led Puerto 4 desligado"
    write_led1( 0 )
    time.sleep( 2 )
    print "Led puerto 7 ligado"
    write_led2( 1 )
    time.sleep( 2 )
    print "Led Puerto 7 desligado"
    write_led2( 0 )
    time.sleep( 2 )
    print "Led puerto 5 ligado"
    write_led3( 1 )
    time.sleep( 2 )
    print "Led puerto 5 desligado"
    write_led3( 0 )
    time.sleep( 2 )

```

Ilustración 55. Programa realizado en Python 3.7

Fuente: Autor.

En la ilustración 55, se puede observar el programa realizado en Python 3.7 en el cual se definen los pines a utilizar según la tabla anterior, para así ejecutar o escribir cada pin de forma secuencial manteniendo el encendido y apagado de cada pin durante dos segundos además de imprimir en el terminal Linux de la tarjeta la activación y desactivación de cada pin utilizado.

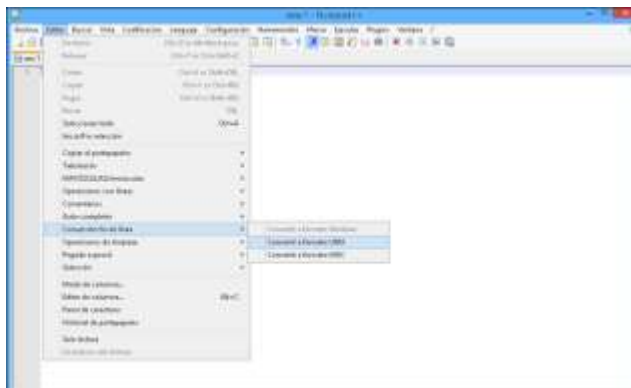


Ilustración 56. Ajuste del programa en notepad ++ para su utilización en la tarjeta.

Fuente: Autor.

En la ilustración 56, se puede observar que el código anterior fue copiado al programa note Pad ++ en el cual se debe ir a herramientas, conversión de línea y elegir el formato Unix ya que de otro modo el sketch no funcionará en la Intel galileo y por último se guarda el programa en la micro SD de la tarjeta con el nombre programa\_galileo.py.



```

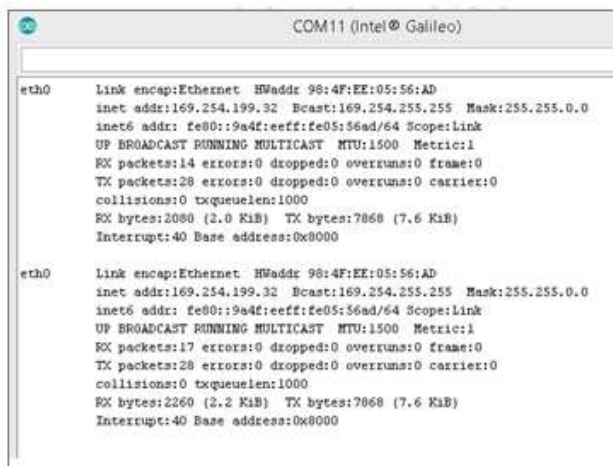
1 void setup()
2 {
3   system("telnetd -l /bin/sh");
4 }
5
6 void loop()
7 {
8   system("ifconfig eth0 > /dev/ttyGSO");
9   sleep(20);
10 }

```

Ilustración 57. Programa en el IDE de la INTEL GALILEO para saber la dirección ip de nuestra Intel galileo para comunicación telnet.

Fuente: Autor.

En la ilustración 57, se puede observar el programa utilizado en el IDE de la galileo para averiguar la dirección ip de nuestra tarjeta galileo para comunicación telnet en el programa putty.



```

COM11 (Intel® Galileo)

eth0  Link encap:Ethernet  HWaddr 98:4F:EE:05:56:AD
      inet addr:169.254.199.32  Bcast:169.254.255.255  Mask:255.255.0.0
      inet6 addr: fe80::9a4f:eeff:fe05:56ad/64 Scope:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
      RX packets:14 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:2080 (2.0 KiB)  TX bytes:7868 (7.6 KiB)
      Interrupt:40 Base address:0x8000

eth0  Link encap:Ethernet  HWaddr 98:4F:EE:05:56:AD
      inet addr:169.254.199.32  Bcast:169.254.255.255  Mask:255.255.0.0
      inet6 addr: fe80::9a4f:eeff:fe05:56ad/64 Scope:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
      RX packets:17 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:2260 (2.2 KiB)  TX bytes:7868 (7.6 KiB)
      Interrupt:40 Base address:0x8000

```

Ilustración 58. Dirección ip de la tarjeta.

Fuente: Autor.

En la ilustración 58, se puede observar la dirección ip de la tarjeta obtenida en el terminal serial del programa.



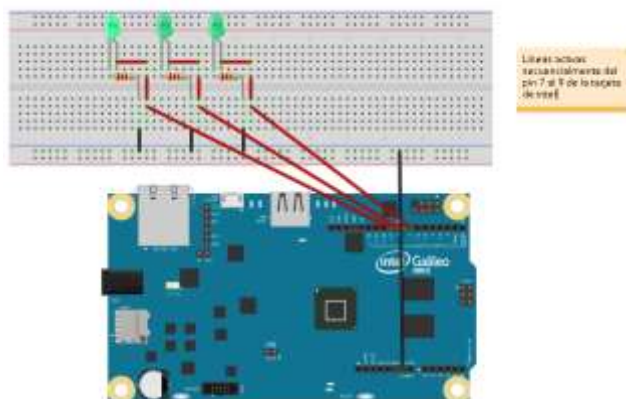


Ilustración 61. Accionamiento secuencial de los leds mediante la terminal Linux de la tarjeta INTEL GALILEO.

Fuente: Autor.

En la ilustración 61, se puede observar el accionamiento secuencial de los leds los cuales van conectados a los pines 7, 8 y 9 de la tarjeta INTEL GALILEO generación 2.

#### 9.1.6 Servidor web con Intel galileo:

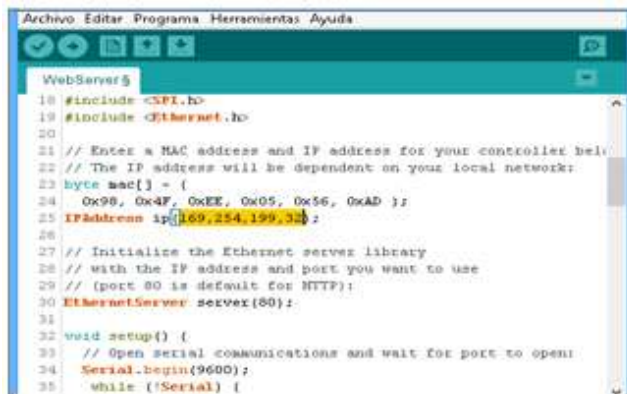
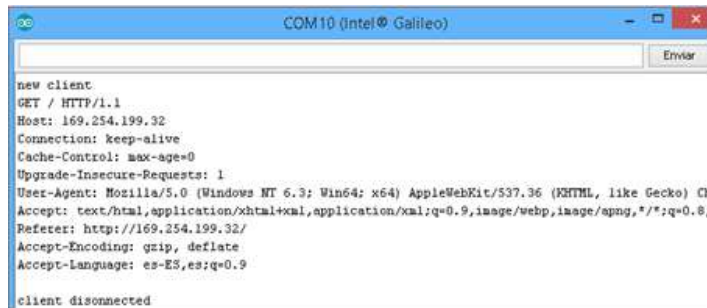


Ilustración 62. Programa del servidor web con INTEL GALILEO gen 2.

Fuente: Autor.

En la ilustración 62, se puede observar el programa realizado en el IDE de galileo para generar un servidor web con la tarjeta de Intel, en la cual es necesario diligenciar la dirección Mac que trae la tarjeta, junto con su dirección ip, el programa hará una lectura de cada entrada analógica que posee la tarjeta y la visualizará en el explorador web Google Chrome.



```

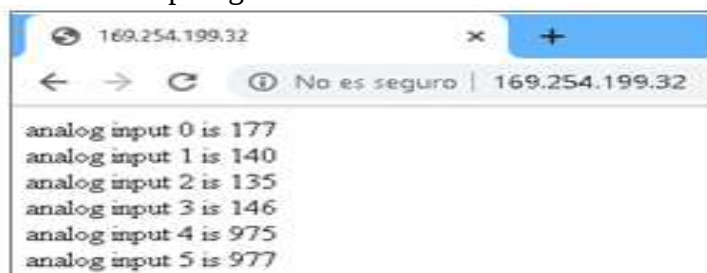
new client.
GET / HTTP/1.1
Host: 169.254.199.32
Connection: keep-alive
Cache-Control: max-age=0
Upgrade-Insecure-Requests: 1
User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.3; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/41.0.2826.150 Safari/537.36
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8
Referer: http://169.254.199.32/
Accept-Encoding: gzip, deflate
Accept-Language: es-ES,es;q=0.9

client disconnected

```

Ilustración 63. Visualización en el terminal serial la conexión y desconexión del servidor.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 63, se puede visualizar la conexión y desconexión del servidor web de la tarjeta junto con la dirección ip asignada a la misma.



```

169.254.199.32
No es seguro | 169.254.199.32
analog input 0 is 177
analog input 1 is 140
analog input 2 is 135
analog input 3 is 146
analog input 4 is 975
analog input 5 is 977

```

Ilustración 64. Visualización de los datos de cada entrada analógica de la tarjeta mediante Google Chrome.  
Fuente: Autor.

En la ilustración 64, se puede observar la visualización obtenida en el navegador Google Chrome al colocar la dirección ip de nuestra tarjeta y conectarla con el servidor web realizado.

## 10. Discusión de resultados

Como se pudo observar anteriormente tanto la domótica como el monitoreo por medio del internet de las cosas (IoT), son de gran importancia para aplicaciones en salud facilitando la vida de las personas, además de permitir tener un mayor control y capacidad de reacción en caso de alguna falencia en el estado físico de un paciente, en éste documento se evidenció un prototipo el cual se realizó como solución a las dificultades que pasan día a día las personas con discapacidad visual, dando un soporte adicional para la atención médica y ejecución de tareas cotidianas en sus hogares, en la fase de realización del control domótico se tuvo dificultades para su realización debido a que hay muy poca información relacionada al manejo de la tarjeta de procesamiento Intel galileo generación 2 por lo cual se tuvo que recurrir a páginas web de otros países, en los cuales se destacan Estados Unidos y Brasil, países en los cuales se ha tenido un mayor manejo de esta placa para aplicaciones con el IDE de galileo y Python mediante la terminal Linux de la tarjeta, también fue una importante base de trabajo la consulta de foros relacionados con temas de las tarjetas de procesamiento de Intel, así como un manual de uso de la placa lo cual ayudó a que fuese posible conocer la gran potencialidad de ésta tarjeta conociendo los protocolos de comunicación y herramientas que nos ofrece la misma.

También es importante resaltar el uso del módulo HC06 el cual permitió la comunicación Bluetooth entre el celular y la tarjeta mediante un programa realizado en MIT App inventor en el cual se programaron distintos comandos de voz los cuales enviaban unos caracteres mediante el módulo a la tarjeta de procesamiento de Intel a través del IDE de la INTEL GALILEO lo cual hacia activar los pines de la tarjeta según la orden que se diera en el celular.

Para la parte del monitoreo se utilizó un Ethernet Shield, ya que ésta placa es compatible con la plataforma de IoT Ubidots, permitiendo enviar los datos de los sensores de temperatura y pulso cardiaco y de esa forma generar el monitoreo en tiempo real. Cabe destacar que esta plataforma tiene algunas falencias debido a que nos permite un uso gratuito de la aplicación por un mes y después se deberá volver un usuario Premium pagando una mensualidad, además de mencionar que a través de los días se van perdiendo funcionalidades como el envío de alertas, y visualización de los datos del monitoreo lo cual obliga a que haya un pago por su uso, pero en términos generales es una buena plataforma ya que es muy intuitiva y novedosa ya que el hecho de poder desde cualquier dispositivo monitorear el estado de una persona, además de generar una alerta advirtiéndonos de una anomalía es bastante útil en aplicaciones de salud. Finalmente debemos mencionar que en las actividades exploratorias de la tarjeta de procesamiento de Intel se tuvo que recurrir al uso de varios programas como el IDE de la galileo compatible con arduino el cual permitió visualizar la dirección ip de la misma, putty el cual permitió abrir la terminal Linux de la placa, note Pad ++ la cual permitió la conversión del sketch de Python a formato Unix haciéndolo legible para la ejecución por la terminal, entre otros. Además de la búsqueda de información relacionada a la distribución de GPIO, protocolos de comunicación y comandos Linux, con el fin de poder utilizarla de forma óptima.

## **11. Recomendaciones**

Al ser un prototipo se recomienda para la realización del circuito de control y potencia el uso de relés, opto acopladores, MOSFET, entre otros. De esa forma es posible activar cualquier sistema que se desee por medio del reconocimiento de los comandos de voz, además de tener en cuenta la tabla AWG la cual nos permite saber que calibre es más conveniente para el uso del sistema, ya que ello nos evitará tener un riesgo eléctrico (generalmente se usan los calibres 10 AWG y 12 AWG), también para la parte del monitoreo de signos vitales se recomienda el uso de wearables (manillas inteligentes), ya que al tener la capacidad de comunicación Bluetooth se puede conectar un módulo Bluetooth HC06, el cual mediante una comunicación serial transmita los datos al IDE arduino y mediante el escudo Ethernet de la placa se pueden enviar los datos a la plataforma Ubidots, cumpliendo la misma función demostrativa en el prototipo, además de darnos la opción de poder ver el estado tanto en la plataforma de IoT , tal como sucede en nuestros dispositivos, de tal forma que si se tratara de un ambiente real, esta opción podría ser totalmente pertinente.

Otro aspecto que se recomienda para las personas en condición de discapacidad visual es el tener un acompañamiento y vigilancia ya que el prototipo del sistema no genera una total autonomía para estas poblaciones pero sí facilita tareas en sus vidas diarias.

## 12. Análisis económico

Los costos de los distintos elementos utilizados para el desarrollo del prototipo del sistema fueron:

Tabla 2. Costo de los elementos utilizados en el prototipo.

| <b>Elemento</b>           | <b>Costo</b>     |
|---------------------------|------------------|
| INTEL GALILEO gen 2       | \$568.300        |
| Modulo Bluetooth HC06     | \$14.000         |
| Arduino + Ethernet Shield | \$46.000         |
| Sensor de pulso cardiaco  | \$12.000         |
| Sensor LM35               | \$4.500          |
| LEDS                      | \$450            |
| MDF                       | \$12.000         |
| Conectores Macho-Macho    | \$1.500          |
| Cable RJ45 Ethernet       | \$3.000          |
| <b>Total</b>              | <b>\$661.450</b> |

El costo total de los componentes utilizados en el desarrollo del prototipo fue de \$661.450 (seiscientos sesenta y un mil cuatrocientos cincuenta pesos colombianos), por tanto al agregar el valor de la mano de obra de realización teniendo un cobro de \$3'200.000, se tendría un valor total de \$3'861.450 (tres millones ochocientos sesenta y un mil cuatrocientos cincuenta pesos colombianos) lo cual sería el costo total del prototipo.

En caso de llevar el sistema a un ámbito real se tendría un mayor costo debido a la utilización de elementos de potencia como lo son relés, opto acopladores, MOSFET, etc., además del uso de cable preferiblemente de calibre 10 AWG. Lo cual incrementaría el costo a un valor alrededor de los \$4'000.000 (Cuatro millones de pesos colombianos).

### 13. Conclusiones

- Con el uso de diferentes plataformas de programación como MIT App inventor, Ubidots y Python se ha obtenido una secuencia de procedimientos que van desde interfaces visuales de fácil manejo hasta protocolos de comunicación tales como Telnet y SSH de común uso en las tecnologías que utilizan IoT, con los cuales se cumplió con el objetivo de reconocimiento de voz y monitoreo de signos vitales.
- Gracias al uso de la plataforma Ubidots como herramienta que permite el monitoreo y almacenamiento de información en la nube, se logra obtener y conocer el comportamiento de las señales biológicas provenientes de la persona en condición de discapacidad visual, además por la disposición de la información, las terceras personas que cuidan la salud de este tipo de pacientes, pueden estar en permanente atención a cualquier eventualidad que pueda suceder.
- Como futuro ingeniero electrónico la elaboración de éste sistema me permitió aprender distintas herramientas de programación como Python, MIT App inventor, entre otras, además de permitirme explorar el funcionamiento de la tarjeta de procesamiento INTEL GALILEO la cual posee una gran potencialidad en el desarrollo de proyectos gracias a todas las herramientas que nos brinda.
- La tarjeta de procesamiento INTEL GALILEO nos brinda múltiples aplicaciones en su uso ya que nos permite la instalación de tres imágenes Linux las cuales son SDCARD, IoT DEVKIT y debían Linux, la cuales poseen distintas características y herramientas en su uso como lo son la opción de utilización de lenguajes de bajo y alto nivel, en éste caso para la elaboración del prototipo se utilizó la imagen SDCARD debido a las ventajas que nos ofrece al ser compatible con plataformas como IDE arduino y Python, demostrando así la importancia y utilidad de la misma, aunque una limitación de la tarjeta es el no permitir la instalación de librerías en su imagen Linux para la plataforma Python, por lo cual no fue posible trabajar con la librería speech recognition, pero se pueden generar interfaces de comunicación eficientes con tarjetas que cumplan tareas suplementarias tal como la IDE arduino, gracias a ello fue posible la realización del reconocimiento de los comandos de voz para el funcionamiento del proyecto.
- El control domótico realizado para el prototipo por medio de los comandos de voz puede tener diversas aplicaciones en la automatización de procesos, ya que al ser un sistema el cual no necesita tener acceso a internet para funcionar, ya que solo utiliza la conexión bluetooth de nuestros móviles y del módulo HC06, puede ser aplicado para automatizar un vehículo o cualquier proceso brindando multiplicidad de opciones en su aplicabilidad.
- La tecnología IoT fue de bastante utilidad al momento de generar reportes y monitoreo en este caso de temperatura y ritmo cardíaco, lo cual hace posible una mejor calidad de vida para las personas con discapacidad visual, además respecto a la seguridad en salud, contribuye a ofrecer una mejor capacidad de reacción en el momento de requerirse una atención médica prioritaria, en el caso del prototipo esto se evidencia mediante el uso de los sensores de temperatura y ritmo cardíaco los

- cuales envían los datos a la plataforma Ubidots la cual permite una correcta visualización y oportuna generación de alertas según los datos obtenidos.
- En el monitoreo realizado se puede visualizar el comportamiento de las señales correspondientes a la base de datos de la plataforma Ubidots las cuales presentan transiciones de valores elevados en los sensores de temperatura y ritmo cardíaco, así como una disminución en los mismos simulando así una situación real a la cual un paciente pueda verse enfrentado en su vida cotidiana, esto fue posible gracias al envío de los datos de los sensores mediante una tarjeta Ethernet Shield, junto con un cable RJ45 directo conectado a la entrada a Router, así como la adquisición y escalización de los datos obtenidos por el paciente a través de los sensores utilizados en el sistema.

## **14. Anexos**

**Anexo 01:** Libro Guía de funcionamiento INTEL GALILEO Generación 2.

**Anexo 02:** Datasheet INTEL GALILEO generación 2.

**Anexo 03:** Programas realizados en el IDE arduino.

**Anexo 04:** Programa realizado en Python.

## 15. Bibliografía

- [1] Sofonías, pp. 3-17.
- [2] Hebreos, pp. 12-2.
- [3] Juan, pp. 17-24.
- [4] A. B. D. R. Roberto Minerva. [En línea]. Available: [iot.ieee.org](http://iot.ieee.org).
- [5] «Proyecto Smart Assist con IoT para personas con discapacidad,» [En línea]. Available: <https://www.casadomo.com>.
- [6] «Introducción a las placas intel galileo,» [En línea]. Available: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles.html>.
- [7] R. S. A. C. J. C. C. H. a. P. E. V. T. . C. Montesdeoca Contreras, «J Mobile applications using TCP/IP-GSM protocols applied to domotic».
- [8] «Python.org,» [En línea]. Available: [www.Python.org](http://www.Python.org).
- [9] «Intel Galileo,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo>.
- [10] Linux.org. [En línea]. Available: <https://www.linux.org>.
- [11] «Descripción de los bloques integrados de App Inventor 2,» [En línea]. Available: <https://codigo21.educacion.navarra.es>.
- [12] «diymakers,» [En línea]. Available: <http://diymakers.es>.
- [13] «Internet de las cosas (IoT),» [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>.
- [14] L. F. H. Quintero. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net>.

- [15] L. H. B. Duarte, protocolos de metrología biomédica aplicados a monitores de signos vitales..
- [16] E. A. C. Miranda, Diseño de un sistema de interconexión de sensores para un electrocardiógrafo con comunicación bluetooth..
- [17] L. A. R. O. Humberto Cortéz López, Diseño y construcción de un interfaz de medición de signos vitales para priorizar la atención médica..
- [18] L. B. P. M. J.M.R Ascaríz, Solución inalámbrica para la implementación de un sistema de telemedicina.
- [19] AEGIS, Sistema IoT para el monitoreo y visualización de un trabajador en alturas.
- [20] I. L. C. L. García, Estudio del impacto técnico y económico de la transición de internet al internet de las cosas (IoT).
- [21] C. J. W. A. Raj, «HEMAN: Health monitoring and nous: An IoT based e-health care System for remote telemedicine».
- [22] G. Y. e. al., «A Health IoT Platform Based on the integration of intelligent Packaging unobtrusive Bio-sensor, an intelligent Medicine Box».
- [23] RAE.
- [24] «Vivienda accesible: las dificultades para reformar una vivienda,» [En línea]. Available: <https://4uservicios.es/vivienda-accesible/>.
- [25] V. M. a. D. Russo, «Domotic Evolution towards the IoT.».
- [26] B. Cendón. [En línea]. Available: <http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>.
- [27] R. L. Garrido, Estudio plataformas IoT.
- [28] «IoMT (internet de las cosas médicas) o IoT de salud,» [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com>.

- [29] «Ubidots,» [En línea]. Available:  
<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=image>.
- [30] *Constitución política de Colombia*, 1991.
- [31] L. H. B. Duarte, protocolos de metrología biomédica aplicados a monitores de signos vitales e instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático y apoyo en el mantenimiento de equipos para la e.s.e hospital san Rafael Tunja, Tunja, 2014.

## **16. Vita**

Manuel Ricardo Reina Cufiño



Soy un estudiante perteneciente a la facultad de ingeniería electrónica de la universidad Santo Tomas seccional Tunja, dentro de la cual realice profundización en el ámbito de la instrumentación y control; mi objeto al ser ingeniero electrónico es el de prestar mis conocimientos a favor de las personas y empresas que lo requieran y así mismo ser de ayuda y utilidad en cuanto al ámbito de la ingeniería, nací el día 29 de octubre de 1995, en la ciudad de Tunja Boyacá, cursé mi educación escolar en el instituto Gimnasio Gran Colombiano de la ciudad de Tunja.