
Sistema Interactivo Modular para la Aplicación de Domótica e Inmótica

Santiago Palacio Merino

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director: Julián Gutiérrez Palacio

Nombre: Santiago Palacio Merino

Título profesional: Ingeniero Electrónico

**Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Eléctrica-Electrónica
Programa de Ingeniería Electrónica
Medellín
2017**

Declaración de originalidad

09 de Mayo del 2017

Santiago Palacio Merino

Declaro que este proyecto de grado no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad, y que el material presentado es de mi autoría.

Dedicatoria

A ...

*Todas aquellas personas que de una u otra manera me han acompañado en este proceso,
las cuales han sido un gran apoyo para mi crecimiento personal,
como también para la realización de este proyecto.*

*Para aquellos que siempre me estuvieron apoyando y alentando
para conseguir este logro y muchos más que se vienen
para mi vida profesional y personal.*

Agradecimiento

A mis padres por brindarme su apoyo en todo momento, brindándome sus mejores palabras y consejos para cumplir con mis objetivos y trabajar por mis sueños, ellos han sido y serán mi ejemplo a seguir. A mi hermana y hermano quienes siempre me han dado todo su amor y cariño y me han alentado para conseguir mis metas y mis sueños.

Al director de este proyecto Julián Gutiérrez Palacio quien sin conocerme y de forma desinteresada acepto participar de este proyecto de grado y guiarme durante todo el proceso de elaboración del mismo. Que a pesar de sus múltiples ocupaciones siempre estuvo pendiente de mis avances y de mi proceso en este proyecto.

A mi novia que me brindó sus consejos y siempre me estuvo alentando para cumplir con todos los requisitos de este proyecto y que además que de manera comprensiva me brindó los espacios necesarios para realizarlo.

A todos los compañeros de la carrera que a lo largo de la universidad siempre estuvieron allí para brindarme una mano para seguir adelante en las diferentes asignaturas por lo cual hoy puedo llegar a este punto y cerrar este ciclo.

Contenido

INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO TEÓRICO	13
1.1. Automatización.....	13
1.2. Domótica e Inmótica	14
1.3. Domótica e Inmótica	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Hogar Digital	15
1.5. Estado del Arte	16
2. ETAPAS DEL PROYECTO	19
2.1. Etapa 1: Investigación de dispositivos	19
2.2. Etapa 2: Realización de pruebas	20
2.3. Etapa 3: Elaboración de módulos	20
2.4. Etapa 4: Implementación	21
3. DISPOSITIVOS DE PROCESAMIENTO	21
3.1. Raspberry Pi	23
3.2. Raspbian	23
3.3. Node Red	24
3.4. Protocolo de Comunicación	24
4. MÓDULOS INTERACTIVOS	25
4.1. Comunicación.....	25
4.2. Energía.....	28
4.3. Sensores	31
4.4. Actuadores	35
5. DISEÑO DE CIRCUITOS	39
6. ELABORACIÓN DE CIRCUITOS	41
7. IMPLEMENTACIÓN Y OPERATIVIDAD.....	43
8. CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	46
AUTOR.....	47
ANEXOS	48

Lista de Figuras

Figura 1: Topologías implementadas en automática.....	13
Figura 2: Población mundial vs dispositivos conectados a internet.....	15
Figura 3: Sistemas Operativos Raspbian.....	23
Figura 4: Interfaz gráfica de Node Red en un navegador web.....	24
Figura 5: Topología del protocolo de comunicación MQTT.....	24
Figura 6. Pines de conexión del dispositivo NodeMCU v1.0.....	26
Figura 7. Módulo WiFi.....	26
Figura 8. Esquema de conexión del protocolo RS485.....	28
Figura 9. Módulo Alámbrico.....	28
Figura 10. Conexión del regulador de voltaje LM7805.....	29
Figura 11. Módulo Batería.....	29
Figura 12. Circuito referencia para cargador de batería tipo Li-Po.....	30
Figura 13. Módulo Panel Solar.....	30
Figura 14. Resistencia del sensor LDR vs intensidad lumínica.....	31
Figura 15. Módulo Lumínico.....	32
Figura 16. Módulo Sonido.....	32
Figura 17. Módulo Humedad y Temperatura.....	33
Figura 18. Funcionamiento de un lente de Fresnel.....	34
Figura 19. Módulo Presencia.....	34
Figura 20. Modo de operación del sensor HC-SR04.....	35
Figura 21. Módulo Distancia.....	35
Figura 22. Módulo Controlador Eléctrico.....	36
Figura 23. Módulo Toma Eléctrico.....	37
Figura 24. Módulo Nivel.....	37
Figura 25. Módulo Bocina.....	38
Figura 26. Módulo Iluminación.....	39
Figura 27. Ambiente de diseño del programa Eagle.....	40
Figura 28. Circuitos esquemáticos impresos en propalcote.....	41
Figura 29. Circuitos esquemáticos transferidos a la baquelita.....	42
Figura 30. Módulos terminados.....	42

Lista de Tablas

Tabla 1. Comparación de dispositivos de procesamiento.....	22
Tabla 2. Características del Raspberry Pi 1 Modelo B.....	23
Tabla 3. Comparación de dispositivos de comunicación WiFi.....	27
Tabla 4. Características del sensor DHT11.....	33

Glosario

Actuador: Dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en una acción o efecto sobre un proceso.

Automatización: Es la facultad que poseen algunos procesos físicos para desarrollar las actividades de operación y funcionamiento en forma autónoma, es decir, por cuenta propia.

Baquelita: Es una sustancia plástica completamente sintética la cual es endurecida en forma de placas o tabloncitos delgados usados para la fabricación de circuitos impresos.

Chip: También conocido como circuito integrado, es una placa de silicio pequeña la cual posee miles de conexiones para el desarrollo de funciones específicas.

Computador: Dispositivo electrónico que permite recibir, almacenar y procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominado programa para convertirlos en información útil y conveniente.

Convertidor AC/DC: Es un equipo que permite transformar la energía eléctrica de corriente alterna a corriente directa.

Dispositivo de procesamiento: Es un elemento el cual se encarga de realizar el procesamiento de operaciones lógicas que permitan la ejecución de uno o varios programas.

Domótica: Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda.

Ethernet: Estándar de transmisión de datos para computadores que se basa en el protocolo CSMA/CD que permite un acceso múltiple y monitoreo de la onda portadora.

GPIO: Del inglés *General Purpose Input/Output*. Es un pin genérico presente en diferentes dispositivos el cual puede ser configurado como entrada o salida por el usuario según la necesidad.

Half-duplex: Es un modo de transmitir datos entre dos dispositivos el cual permite enviar y recibir información en ambas direcciones de manera alternada.

Hogar digital: Es la materialización de la idea de la convergencia de servicios: de comunicaciones, de entretenimiento, y de la gestión digital del hogar.

Inmótica: Incorpora a los edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteles, empresas y similares) sistemas de automatización y control electrónico con el objetivo de gestión técnica para el ahorro energético, el confort y la seguridad.

Interfaz hombre-máquina: Es la forma o medio a través del cual un usuario interactúa con una máquina, dispositivo o equipo que le permite controlarlo o recibir información de él.

Internet de las cosas: Punto en el tiempo en el que se conectaron a Internet más “cosas u objetos” que personas.

LDR: Del inglés *Light-Dependent Resistor*. Es un componente electrónico donde su resistencia varía dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre su superficie.

Led: Del inglés *Light-Emitting Diode*. Es un elemento electrónico el cual emite luz y suele usarse como indicador en diferentes equipos o en iluminación.

Microcontrolador: Es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Von Neumann.

Módulo: Es una parte repetitiva, autónoma e intercambiable de un diseño modular.

Navegador web: Es un programa que posee una interfaz gráfica la cual permite al usuario navegar a través de internet y acceder a diferentes páginas web.

Pasarela residencial: Son dispositivos que conectan a las infraestructuras de la vivienda a una red pública de voz y datos, utilizando distintos métodos de acceso.

PCB: Del inglés *Printed Circuit Board*. Es una placa o base sobre la cual se encuentra montado un circuito formado por pistas o caminos conductores y componentes electrónicos.

Robótica: Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.

SBC: Del inglés *Single Board Computer*. Es un computador de placa reducida el cual posee todos los dispositivos y elementos necesarios para operar al igual que cualquier computador de escritorio o portátil en su placa base.

Sensor: También conocido como transductor, es un dispositivo que se encarga de sensar la magnitud de un fenómeno físico.

Sistema embebido: Un sistema embebido o empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar un conjunto limitado de funciones específicas, frecuentemente en un sistema informático de tiempo real.

Sistema interactivo: Sistema informático que se interrelaciona y depende de las acciones de un usuario para realizar una tarea, es decir, todo sistema en el que interactúan persona y máquina.

Sistema operativo: Es el principal programa de todo computador o dispositivo inteligente el cual se encarga de gestionar los recursos del equipo y permitir la interacción entre el usuario y los demás programas del mismo.

Software: Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

Tablet: Dispositivo electrónico portátil con pantalla táctil y con múltiples prestaciones.

Tecnología: Aplicación del conocimiento científico al propósito práctico de la vida humana, o a veces, al cambio o manipulación del ambiente humano.

Teléfono inteligente: Es un dispositivo móvil de comunicación el cual a través de la implementación de un sistema operativo permite ampliar sus prestaciones hasta el punto de asemejarse a una minicomputadora.

Resumen

En este trabajo de grado se presenta la elaboración de un conjunto de módulos con distintas funcionalidades que mediante el uso de un dispositivo de procesamiento permite la automatización de diversas funciones relacionadas con hogares y oficinas, y a su vez puede ser implementado de forma interactiva por cualquier usuario sin importar sus conocimientos o bases teóricas. Para ello, se desarrolla un grupo de video tutoriales que facilitan y explican de manera detallada la implementación de los módulos elaborados, además se presenta un manual de usuario sobre sus funciones, aplicaciones, cuidados y recomendaciones. *Copyright © UPB 2017*

Palabras clave: Módulo, automatización, dispositivo de procesamiento, interactivo, manual de usuario

Abstract

The degree project done in this document consists in the elaboration of a group of modules with different functionalities that through the implementation of a processing device allow the automation of various functions related with homes and offices that could be done interactively by any user regardless of their knowledge of theoretical bases. For this purpose, a set of video tutorials is made, which facilitates and explains the implementation of the modules elaborated, where also a user manual is presented of its functions, applications, care and recommendations.
Copyright © UPB 2017

Keywords: Module, automation, processing device, interactive, user manual

INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre descendió de los árboles hace millones de años y empezó a caminar erguido sobre sus dos extremidades inferiores, este ha buscado hasta nuestros días la forma de facilitar cada una sus labores diarias. Es por ello que desde sus inicios usaba palos y piedras para romper y abrir frutos, cazar animales, crear refugios, entre otros. Luego de miles y miles años de evolución de nuestra especie, aún hoy en pleno siglo XXI se puede ver que esta búsqueda aún no termina y que por el contrario cada día va un paso más adelante hasta llegar a puntos que creíamos imposibles. Es por ello que hoy en día la humanidad ha logrado facilitar su vida al máximo a través de las súper computadoras, los teléfonos inteligentes, la comunicación satelital, los aviones, entre otros artefactos gracias a los cambios producidos durante las diferentes edades como las de piedra o la de los metales y revoluciones como la industrial y la tecnológica.

Es por esta búsqueda interminable que la tecnología y la automatización han crecido rápidamente, especialmente en la actualidad y han abarcado todas las áreas que rodean a la humanidad, salud, comunicaciones, entretenimiento, seguridad, transporte y muchas más. En los últimos años estas áreas han llegado a los hogares y oficinas, y no solo se trata de los diferentes electrodomésticos que hay en ellas, sino que buscan automatizar las diferentes labores y procesos que día a día realizan. Más allá de tener una máquina que lave la ropa o una que prepare el café o una que almacene de forma refrigerada los alimentos, se busca que las personas puedan interactuar con estos espacios, para que mediante

unas simples acciones sobre un dispositivo inteligente sea posible encender o apagar las luces de diferentes habitaciones, tener un sistema cerrado de seguridad que pueda ser monitoreado en el momento que se requiera, que los electrodomésticos nos informen de su estado actual y mucho más.

Esta automatización de los inmuebles es conocida como domótica e inmótica, siendo la primera de ellas enfocada en viviendas o espacios residenciales y la segunda en inmuebles como edificios de oficinas y espacios relacionados con el comercio, es en estas áreas en las cuales se enmarca este proyecto de grado. En este trabajo se presentan un conjunto de herramientas que permiten a cualquier persona, sin importar si posee o no conocimientos en áreas relacionadas con la automatización o programación, automatizar de manera fácil diferentes procesos y funciones de los espacios en los que normalmente habita e interactúa con ellos a través de un navegador web ya sea desde un computador, tablet o teléfono inteligente.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Automatización

La automatización, consiste en la capacidad que tienen algunos procesos físicos para desarrollar diferentes actividades por cuenta propia. Esto nos abre las puertas para pensar en la complejidad que puede abarcar la automatización de las funciones de un proceso llevadas a cabo en un espacio definido. Por lo tanto, se hace importante identificar las principales funciones que componen la automatización y el modo en que estos componentes se organizan para lograr la finalidad por las cuales fueron elaborados.

Las funciones que abarca un proyecto de automatización siempre serán las mismas sin importar cuán grande o pequeño sea el proyecto, si este pertenece a la línea de producción de una gran industria o si solo consiste de un proyecto al interior de nuestros hogares. La primera de estas funciones es sensor las diferentes variables que encontramos a nuestro alrededor, la segunda es generar acciones mediante diferentes dispositivos con base a las variables censadas, la tercera es brindar una herramienta de comunicación entre todos los componentes que hacen parte del proceso de automatización para la transferencia de información, la cuarta hace referencia al hecho de brindar energía a todos y cada uno de los dispositivos que lo requiere y por último pero no menos importante, se refiere al procesamiento de la información y la toma de acciones conforme a una programación realizada de un microprocesador.

Posterior al haber definido cuales son las funciones esenciales para la implementación de cualquier proceso automático, es también importante conocer las diferentes topologías o modos de conexión para los elementos que componen un proceso automatizado.

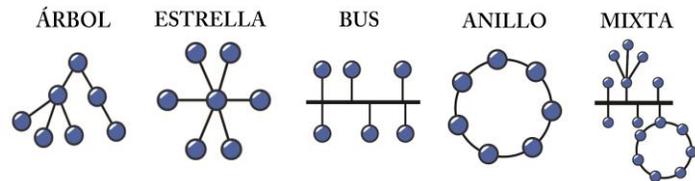


Figura 1: Topologías implementadas en automática

Como se puede observar en la Figura 1, las diferentes topologías varían con base a la conexión que se implementa entre los dispositivos o elementos que componen el proceso. La topología tipo árbol consta de un dispositivo de procesamiento central al cual se conectan otros dispositivos de menor rango y así sucesivamente, el tipo estrella consiste en un dispositivo central el cual tiene conexión directa con cada uno de los elementos que componen el sistema, el tipo bus consta de un bus de comunicación donde todos los dispositivos se conectan, el tipo anillo es una conexión circular donde el último elemento se conecta en serie con el primero y por el último la conexión mixta que implementa de manera combinada las anteriores topologías.

1.2. Domótica e Inmótica

La domótica y la inmótica son hoy dos grandes áreas a donde el mundo en general y el área de la tecnología de información y comunicación “TIC’s” han vuelto sus ojos gracias a la gran acogida que las sociedades más tecnológicas les han dado, además de la gran apuesta que grandes empresas como Google con sus sistema *Nest* y Apple con su sistema *HomeKit* le están haciendo a esta área.

Debido a que el término domótica es relativamente nuevo posee diversos significados y explicaciones, al desambiguar el término encontramos que la palabra se encuentra compuesta por “domus” proveniente del latín que significa casa, y “tica” proveniente de la palabra automática que en griego significa “que funciona por sí sola”.

Uno de los significados está dado por la Real Academia Española de la lengua de forma muy sencilla donde la define como “Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda”. Así mismo en base a esta área de estudio se pueden conseguir diversidad de textos que también definen este término en base a sus características de vivienda domótica como “aquella en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellas a través de un bus doméstico multimedia que las integra”.

Mediante la implementación de la domótica se desarrollan soluciones que aporten a una de las 4 áreas donde la misma se centra, dichas áreas son:

- Sensórica
- Control y gestión de energía
- Áreas de comunicación
- Sistemas de confortabilidad

1.3. Internet de las Cosas

El internet de las cosas “IdC” o “IoT” por sus siglas en inglés *Internet of Things*, más que describir un sistema o un modo de trabajo que se está desarrollando a futuro entre la fusión del internet y los miles de millones de datos que se generan a partir de múltiples sensores que son instalados alrededor del mundo cada año en diferentes áreas, representa un momento en el tiempo. Según Cisco, el internet de las cosas se define como el punto en el tiempo en el que se conectaron a internet más cosas u objetos que personas.

Según un artículo publicado por Cisco en abril del año 2011, se llevaron a cabo estudios para intentar determinar la fecha aproximada en que se considera el “nacimiento” del Internet de las Cosas (Evans, 2011). Con base a los resultados obtenidos se considera que el nacimiento del IdC se dio entre los años 2008 y 2009 cuando los diferentes dispositivos y sensores conectados a internet saltaron de 500 millones en 2003 a unos impresionantes 12,5 mil millones en 2010, cuando la población humana era de unas 6,8 mil millones de personas como se observa en la Figura 2.

Así mismo se pueden observar las predicciones que se tenían para el año 2015, donde se esperó que existieran alrededor de 25 mil millones de dispositivos conectados a internet y del 2020 donde se considera la posible existencia de al menos 50 mil millones.

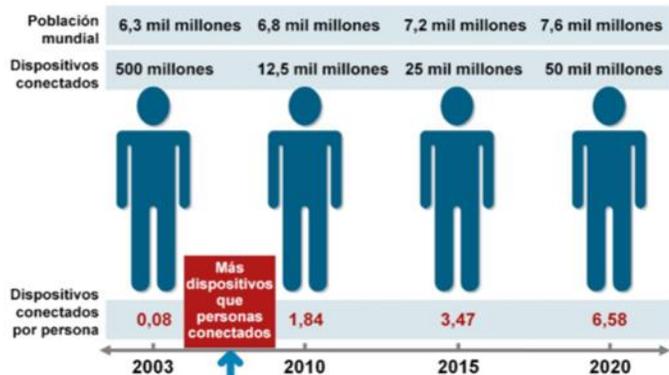


Figura 2: Población mundial vs dispositivos conectados a internet
Tomado de Internet de las Cosas. Cisco

Al contrario de lo que parece, el “IdC” no busca llenar el mundo con una infinidad de sensores y dispositivos conectados a internet sin ningún motivo, su real intención es permitir al hombre recopilar datos e información de todo lo que lo rodea para a partir de ello poder facilitar y automatizar muchos de los procesos y actividades que se llevan a cabo a su alrededor desde su vida diaria hasta llegar a la industria y sus diferentes procesos de producción.

1.4. Hogar Digital

El Hogar Digital es otro de los conceptos básicos que salta a la vista al momento de realizar cualquier investigación relacionada con la domótica y la automatización de los hogares. Aunque suele confundirse con facilidad y en ocasiones se usa de forma indiferente junto con el término domótica, el Hogar Digital se considera como un término que abarca más áreas que la domótica, siendo esta inclusive parte del Hogar Digital (Junstrand, Passaret, & Vázquez, 2005).

Según Telefónica, el Hogar Digital es la materialización de la idea de convergencia de servicios de comunicaciones, entretenimiento y gestión digital del hogar. En base en esto, el Hogar Digital se centra en 6 áreas principales relacionadas con la integración de los sistemas:

- Domótica: a través de la automatización y control de aplicaciones y dispositivos domésticos.
- Seguridad: con alarmas para la detección de personas, bienes, incidencias y averías con instalaciones, sistemas y funciones que permitan dar aviso al respecto.
- Telecomunicaciones: para la distribución de información de voz y datos entre los diferentes dispositivos, conexión remota a internet y nuevos servicios, así como a la red de telefonía y red local de datos.

- Multimedia: que incluye audio, video y teleinformática que abarca servicios de entretenimiento, educación, diversión entre otros.
- Pasarela Residencial: con dispositivos que permiten a la vivienda una conexión a una red pública de voz y datos mediante diferentes métodos.
- Métodos de Acceso: que proporcionan un método de conexión entre la vivienda y sistemas externos a la misma de forma cableada o inalámbrica.

1.5. Estado del Arte

A nivel Internacional

Fundación Raspberry Pi. La fundación Raspberry Pi es una organización benéfica fundada en el año 2009 en Inglaterra, Reino Unido, por un conjunto de profesores y académicos de la Universidad de Cambridge con el fin de promover el estudio de la informática y ciencias de la computación entre niños y jóvenes tanto de escuelas como de universidades mediante una forma sencilla y lúdica.

En conjunto con el apoyo de diferentes entidades, la fundación desarrolló un ordenador de placa reducida o placa única de bajo costo que posee el tamaño de una tarjeta de crédito. Dicha placa es conocida por llevar el nombre de la fundación, Raspberry Pi, y además por ser uno de los computadores más vendidos en el Reino Unido (Raspberry Pi, 2016).

Arduino. Nace en Ivrea, una ciudad al norte de Italia, la cual se basa en la tesis de Hernando Barragán con la cual buscaba adquirir su título de posgrado. Arduino como principal producto y servicio ofrece una plataforma de hardware libre que se centra en una placa del tamaño de una tarjeta personal la cual posee un microcontrolador y un entorno de desarrollo para facilitar el uso de la electrónica en diversidad de proyectos.

Desde su lanzamiento, la empresa se ha esmerado cada día para progresar tanto en la plataforma de operatividad que brindan, como en el diseño y desempeño de la placa misma. Su primera placa de 32 bits fue lanzada el año 2011 en la feria de Estado Unidos llamada *Maker Fair*.

Posterior a ello han desarrollado alrededor de 40 diferentes productos bajo el nombre de la empresa, sus productos se pueden categorizar en 5 diferentes áreas, la primera de ella son las placas que son la base de las demás categorías, la segunda son los *shields* o escudos que brinda funciones secundarias como conexión alámbrica o inalámbrica a internet, la tercera son los kits que reúnen un conjunto de diferentes productos, la cuarta son diferentes accesorios como pantallas LCD o conectores seriales y por última y más novedosa son las impresoras 3D (Arduino, 2016).

LittleBits. Es una empresa especializada en la creación y desarrollo de módulos electrónicos de código abierto que operan desde una lógica combinatorial básica para el desarrollo interactivo de prototipos. Su misión es permitir que tanto personas con amplio conocimiento en electrónico como personas que no lo tienen

puedan ser inventores y desarrollar diferentes sistemas para automatizar o solucionar problemas cotidianos que todos vivimos o simplemente divertirse un rato.

La empresa cuenta con un amplio portafolio de módulos que se agrupan acorde a una función principal, estos son los módulos de poder o energía, los módulos de entrada y salida y los módulos de conexión. Cada uno de estos puede ser adquirido de forma independiente o también en conjunto mediante kits que se enfocan en diferentes áreas para generar diversas soluciones (Littlebits, 2016).

Adafruit. Empresa norteamericana fundada por la ingeniera eléctrica Limor Fried que se dedica a la comercialización y desarrollo de una gran gama de dispositivos electrónicos que van desde sistemas embebidos ya establecidos en el mercado como Arduino y Raspberry Pi, pasando por impresiones 3D, proyectos del tipo DIY por sus siglas del inglés *Do It Yourself*, hasta el desarrollo de sus propios sensores y elementos interactivos. Adafruit además, se encuentra desarrollando una serie de videos educativos llamados *Circuit Playground* donde enseña a los niños los principios y fundamentos de los circuitos, los componentes y conceptos electrónicos que componen esta área (Adafruit, 2016).

Sparkfun Electronics. Empresa especializada en la fabricación y comercialización de microcontroladores, tarjetas de desarrollo y placas de interfaz también conocidas como PCB, la cual se encuentra ubicada en Boulder en el estado de Colorado. Sparkfun promueve y apoya el ideal de tecnologías de código abierto dado que fomenta la innovación y la creatividad al mismo tiempo que capacita a las personas para desarrollar sus propios proyectos.

Sparkfun ofrece desde los diferentes componentes de hardware para el diseño de los diferentes proyectos que se le puedan ocurrir a sus clientes, pasando por capacitaciones virtuales básicas o hasta tutoriales y llegando incluso a desarrollar talleres presenciales en diferentes lugares (Sparkfun, 2016).

A nivel Institucional.

A continuación se presentan algunos trabajos de grado elaborados en la Universidad Pontificia Bolivariana los cuales se encuentran relacionados con la automatización de inmuebles y aportan al estado del arte de este proyecto.

Control de Televisor Mediante el Reconocimiento de Voz. Este trabajo de grado fue presentado por la estudiante Consuelo Andrea Cabra en el año 2007 para optar al título de ingeniera electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. En dicho trabajo Andrea realizó una amplia investigación en el área de reconocimiento y análisis de voz teniendo en cuenta una gran diversidad de aspectos, dentro de ellos la implicación y aporte que representa su trabajo en las áreas de la domótica y la inmótica (Cabra, 2007).

El trabajo consiste en el diseño y desarrollo de un prototipo de control inalámbrico para un televisor Sony que es accionado mediante los comandos de voz de un usuario. Dicho control está constituido por 2 módulos esenciales, el primero consta de 2 circuitos, uno llamado “tarjeta de reconocimiento de voz” el cual posee el chip HM2007 encargado del análisis y procesamiento de las órdenes de voz y el otro consiste en un par de *displays* que ayudan y permiten la configuración del control y almacenamiento de las órdenes de voz en una memoria externa. El segundo módulo es llamado “tarjeta voice-Tv” el cual tiene la tarea de modular la orden de voz emitida por el usuario y enviarla al televisor mediante una comunicación IR.

Guía, Diseño e Instalación de una Casa Inteligente. En el año 2000 Alejandro Ochoa presentó este proyecto como trabajo de grado a la facultad de ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana con la cual obtuvo el título de Ingeniero Eléctrico. El proyecto consiste en una propuesta globalizada para la adecuación de un hogar mediante la implementación de tecnología. En principio se hace una presentación sobre las diferentes tecnologías, estándares, protocolos de comunicación y sistemas de redes que pueden ser implementados en una casa inteligente. Posterior a ello el trabajo se centra en presentar y explicar los diferentes diseños y soluciones para temas domóticos como lo son la distribución de video y audio, la implementación de un *Home Theater*, el sistema de seguridad, el sistema de iluminación, el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Ochoa, 2000).

Sistema de Seguridad Inteligente con Monitoreo Inalámbrico. Juan Fernando Galindo y Andrés Felipe López desarrollaron este trabajo grado en el año 2005 con el motivo de obtener el título de ingeniero electrónico. En su proyecto diseñaron un sistema de seguridad para apartamentos o casas de una sola planta la cual no comprenda un área mayor a 160 metros cuadrados y paredes con un grosor menor a los 30 centímetros. El sistema consta de 4 alarmas las cuales son 1 detector de humo y 3 detectores de intrusos: uno fotoeléctrico, uno magnético y otro de contacto (Galindo & López, 2005).

El monitoreo inalámbrico de dichas alarmas propuesto por los estudiantes se realiza mediante un sistema de comunicación a dispositivos móviles (celulares) a los cuales llega un mensaje de texto una vez alguna de las alarmas realiza una detección. Para mayor fiabilidad del sistema en el trabajo se propone un sistema en el cual se deben cumplir ciertos criterios para determinar que en realidad se trata de una intrusión al recinto y no de algún movimiento menor, además el mensaje de texto puede ser enviado hasta un número de 10 dispositivos diferentes configurados por el usuario. Esto último indica que como requisito el lugar donde esté ubicada la vivienda debe contar con cobertura de señal celular para poder operar.

Sistema de Control Embebido con Acceso Remoto Aplicado a la Domótica. Este sistema fue propuesto como trabajo de grado por los estudiantes de ingeniería electrónica John Mario Rincón y Gabriel Jaime Salazar en el año 2009. El sistema consiste en automatizar y controlar mediante la implementación de una FPGA, *Field Programmable Gate Array* por sus siglas en inglés, 2

luminarias dentro de un hogar, así como monitorear la temperatura y el estado de las cerraduras de la puerta principal y una ventana.

Para este trabajo los estudiantes realizaron una amplia investigación en diferentes temas de la domótica y la automatización. Dentro ello hacen un análisis de las diferentes arquitecturas para implementar su proyecto y también de las diferentes placas disponibles en el mercado para finalmente elegir la más adecuada. Presentan en el trabajo todo lo relacionado con los planos circuitales y códigos de programación para realizar la instalación del sistema además de mencionar cuales son los dispositivos requeridos. Finalmente plantean una interfaz para el usuario a través de internet la cual permite controlar todo el sistema al ingresar a un sitio Web mediante cualquier navegador (Rincón & Salazar, 2009).

2. ETAPAS DEL PROYECTO

En la búsqueda de alcanzar los logros propuestos para este proyecto se identifica un conjunto de etapas necesarias y primordiales con el fin de poder obtener los entregables mencionados en el anteproyecto. La idea al definir estas etapas es la de facilitar el proceso a seguir durante el proyecto y definir un camino que guíe las acciones a realizar. Estas etapas son presentadas y explicadas a continuación.

2.1. Etapa 1: Investigación de dispositivos

Al enfrentarse con la realización de este proyecto, se comienza por indagar cuáles son las principales funciones de un inmueble que preferiblemente se desea automatizar o con las cuales se desea poder interactuar. Es allí donde en un primer momento se identifica la necesidad de controlar las diferentes luminarias de un hogar u oficina de una forma fácil y remota, adicional a ello se identifica el interés por poder controlar la conexión a la energía de diferentes electrodomésticos del hogar y con ello manipular así su encendido y apagado.

De forma complementaria, en el proceso para definir los posibles dispositivos a implementar, se requiere de una búsqueda en el comercio de la ciudad de Medellín relacionada con dispositivos electrónicos. El fin de esta búsqueda es la de identificar los posibles dispositivos como sensores, actuadores, de comunicación y energía que se puedan implementar en el proyecto y que sean de fácil accesibilidad tanto en precio como en disponibilidad. Es importante mencionar que luego de identificar estos dispositivos también es necesario realizar una búsqueda, pero en esta ocasión a través de internet, para revisar el bagaje de conocimiento disponible relacionado con hojas de datos, guías, tutoriales y ejemplos que faciliten tanto la elaboración del proyecto como el acceso a estos conocimientos de parte del usuario que por motivación propia guste de ir más allá de lo aquí propuesto.

2.2. Etapa 2: Realización de pruebas

Una vez definidos los dispositivos a implementar luego de haber tenido en cuenta todos los criterios mencionados la próxima etapa a desarrollar es la de realizar un primer acercamiento a la implementación. Para ello es necesario partir de las diferentes guías y tutoriales disponibles en internet para tener una experimentación de primera mano con los dispositivos y lograr identificar si en base a su funcionalidad, capacidad, operatividad y requerimientos son ideales para ser implementados y acoplados al proyecto.

Para estas pruebas se requiere de un montaje no definitivo en una placa la cual dado sus características permite realizar fácilmente las pruebas necesarias y que, dado el caso, se puedan efectuar cambios en los circuitos y sus configuraciones para cerciorarse que todo se encuentra funcionando de manera adecuada. Esta etapa también permite confirmar si los dispositivos seleccionados en la etapa anterior son idóneos y van de la mano con las intenciones del proyecto en caso de lo contrario da la posibilidad, antes de proceder a la siguiente etapa, de realizar los cambios que se requieran ya sea en la configuración de los circuitos o de los mismos dispositivos. Esto debido a que en la siguiente etapa se elabora el módulo definitivo “PCB” por sus siglas en inglés *Printed Circuit Board*, que hacen referencia al circuito impreso que ha sido hecho a la medida.

2.3. Etapa 3: Elaboración de módulos

Luego de realizar las pruebas necesarias y de tomar una decisión respecto a cuáles dispositivos implementar en el proyecto teniendo en cuenta los requisitos y los resultados de las pruebas, en esta tercera etapa se procede con la elaboración de los circuitos finales siendo estos los módulos que se propone desarrollar. Para esto, en una primera instancia es necesario identificar y elegir un software de computadora que brinde las herramientas adecuadas para el diseño de los planos circuitales y que además permita obtener los esquemáticos para la fabricación de los circuitos. Una vez impresos los esquemáticos en el papel adecuado, estos se plasman en placas de baquelita cubiertas con cobre mediante el método de transferencia por calor para luego ser sumergidas en una mezcla de cloruro férrico y así remover el excedente de cobre.

Posterior a la obtención de los circuitos impresos, ya con sus pistas elaboradas, se requiere de la perforación de la baquelita con el fin de abrir los orificios necesarios para ingresar a través de ellos los pines y conectores de los dispositivos y elementos de los circuitos elaborados. Una vez soldados dichos conectores, se tendrán los diferentes módulos propuestos.

2.4. Etapa 4: Implementación

La última etapa de este proyecto consiste en dos instancias, en la primera se verifica el correcto funcionamiento de los diferentes módulos elaborados en las etapas anteriores. Se implementan unos códigos de programación sencillos que permitan validar que los módulos se encuentran operando de forma correcta y que las variables que se buscan medir y controlar si estén acorde a lo estudiado.

La segunda instancia consiste en la implementación final de los módulos y su ubicación donde se busca que cumplan con sus funciones. Durante este proceso se elabora un conjunto de video tutoriales que explican y facilitan la implementación de los módulos por parte de los usuarios a los cuales va dirigido este proyecto. Para finalizar, se completa el proyecto con el desarrollo de un manual de usuario con información diversa e importante para tener en cuenta respecto a los módulos y su implementación.

3. DISPOSITIVOS DE PROCESAMIENTO

Los dispositivos de procesamiento son uno de los principales componentes que requiere todo proceso de automatización. Son ellos los encargados de procesar toda la información, ya sea que esta provenga de sensores o haya sido ingresada por un usuario mediante una interfaz hombre-máquina, y de acuerdo con las funciones definidas por un programa, este proporcione un resultado o una acción a realizarse mediante diferentes dispositivos.

Para este trabajo se realizó una investigación respecto a los diferentes dispositivos presentes en el mercado y en internet los cuales serían más idóneos para la implementación del actual proyecto. Para esta investigación se tuvo en cuenta características como precio, consumo energético, capacidad de almacenamiento, capacidad de procesamiento, tipos de conectividad y además y muy importante, el bagaje de conocimientos disponibles en internet.

Como se observa en la Tabla 1 que se presenta en la siguiente página, existen una gran variedad de equipos con excelentes características que pueden brindar grandes ventajas a este proyecto. Luego de realizar un análisis a la información presentada allí, se toma la decisión de elegir el dispositivo Raspberry Pi gracias a las grandes ventajas que brinda en comparación con su precio. Además se hace importante resaltar el gran bagaje de conocimientos disponibles en internet relacionado con esta organización al ser una de las empresas líderes en el mundo en el desarrollo de computadores de placa reducida.

Tabla 2. Comparación de dispositivos de procesamiento

Nombre	Marca	Costo (USD)	Alimentación (V)	Consumo (mA)	Puertos GPIO	Conectividad	Memoria Almacenamiento		Memoria RAM (MB)	Dimensión (mm)	Resultados en Búsqueda
							Tipo	Capacidad (MB)			
Beaglebone Black	Beaglebone	55	5	370	72	Ethernet, USB	Interna	4	512	86 x 53	135.000
Beaglebone Green Wireless	Beaglebone	45	5	370	72	Bluetooth, USB, WiFi	Interna	4	512	86 x 53	59.400
Galileo	Intel	60	5	2.000	20	Ethernet, USB	Interna	8	256	124 x 72	125.000
Raspberry Pi 1B	Raspberry	35	5	700	26	Ethernet, USB	Externa SD	-	512	85 x 54	809.000
Raspberry Pi Zero	Raspberry	10	5	160	40	Micro USB	Externa Micro SD	-	512	65 x 30	417.000
CHIP	Next Thing Co	9	3,7	300	80	Bluetooth, WiFi, USB	Interna	4	512	60 x 40	39.560
Orange Pi PC	Orange Pi	25	5	2.000	40	Ethernet, USB	Externa Micro SD	-	1.024	85 x 55	564.000
Odroid C2	Odroid	40	5	2.000	40	Ethernet, USB	Externa Micro SD	-	2.048	85 x 56	12.700
Banana Pi	Banana Pi	60	5	2.000	26	Ethernet, USB	Externa Micro SD	-	1.024	92 x 60	402.000

3.1. Raspberry Pi

El Raspberry Pi es un computador de placa reducida o “SBC” por sus siglas en inglés *Single Board Computer* el cual gracias a su bajo costo y modo de operación es ampliamente utilizado en escuelas y universidades para el estudio de ciencias de la computación. Para este proyecto se implementa la versión 1 modelo B el cual posee las características que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características del Raspberry Pi 1 Modelo B

Raspberry Pi 1 Modelo B			
SoC	Broadcom BCM2835	Video	RCA, HDMI
CPU	700MHz ARM1176JZF	Audio	Jack, HADMI
GPU	VideoCore IV 250MHz	Memoria	Externa SD
RAM	512 MB	Ethernet	10/100 MBps
USB	2	Tamaño	85,6 x 83,98 mm
Costo	35 USD	Consumo	700mA/3,5W/5V

Debido a su fácil conexión a internet a través de su puerto de *Ethernet*, este equipo es utilizado como el servidor del proyecto donde a través de él se gestiona la interfaz hombre-máquina mediante el uso de un navegador web ya sea desde un computador o desde un dispositivo inteligente como los celulares o tablets.

3.2. Raspbian

Una vez se cuenta con este dispositivo, es importante reconocer que al igual que un computador, este requiere de un sistema operativo para funcionar de manera correcta. Raspbian es el sistema operativo oficial de la organización Raspberry Pi para todos y cada uno de sus dispositivos basado en Linux el cual es un *software* libre y de código abierto. Dentro de la familia del sistema operativo Raspbian, podemos encontrar en la página oficial de Raspberry dos versiones, la primera de ellas es conocida se llama *Raspbian Jessie With Pixel* la cual consta de una interfaz gráfica que facilita su implementación, y la segunda llamada *Raspbian Jessie Lite* que no consta de dicha interfaz por lo cual es más ligera y ocupa menos recursos para su operación en el dispositivo que sea instalada.



Figura 3: Sistemas Operativos Raspbian.
Tomado de Raspberry.org

En este proyecto, dado que la interfaz hombre-máquina que se propone es a través de un navegador web no se requiere de una interfaz gráfica en el Raspberry Pi, por lo tanto se elige la versión *Raspbian Jessie Lite* como sistema operativo para el proyecto.

3.3. Node Red

Es una herramienta de programación visual de alto nivel basada en la conexión de bloques o nodos la cual permite a los usuarios programar sin tener que escribir una lengua. El mismo funciona a través de flujos editados desde un navegador web donde son añadidos, conectados o eliminados los bloques. Debido a sus características, esta herramienta es ideal para ser implementada en el ámbito del Internet de las Cosas, por ello es instalada en el Raspberry Pi que se usa en el proyecto.

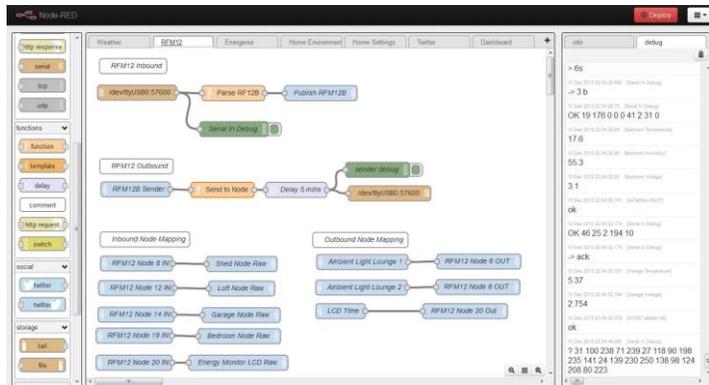


Figura 4: Interfaz gráfica de Node Red en un navegador web
Tomado de IBM.com

3.4. Protocolo de Comunicación

En este punto, el Raspberry Pi ya cuenta con un sistema operativo y con una herramienta que permite programarlo a través de un navegador web. Ahora es necesario definir un protocolo de comunicación mediante el cual pueda conectarse con los diferentes módulos interactivos que se desarrollan posteriormente. Para esta función se elige el protocolo MQTT por su siglas en inglés *Message Queue Telemetry Transport* ampliamente usado en el mundo el cual permite la comunicación entre dispositivos máquina-máquina ideal, en este caso, para la implementación del Internet de las Cosas debido a su bajo consumo de ancho de banda.

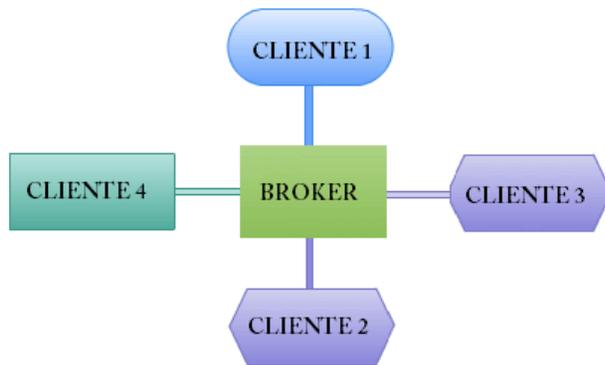


Figura 5: Topología del protocolo de comunicación MQTT

Este protocolo usa una comunicación basada en temas o “*topics*” por su denominación en inglés donde los diferentes dispositivos se suscriben o publican para recibir o enviar información. El protocolo MQTT implementa una topología tipo estrella con un nodo central el cual hace las veces de servidor, en nuestro caso se encuentra en el Raspberry Pi, en él se requiere de un *Broker* el cual es un programa que administra la conexión de diferentes clientes o dispositivos y gestiona la red para la transmisión de los mensajes.

Para este trabajo se decide usar el *Broker* de código abierto conocido como *Mosquitto* el cual, al igual que el protocolo MQTT, es ideal para la implementación del Internet de las Cosas debido a su bajo consumo de recursos para operar. Una vez el Raspberry Pi cuenta con estos softwares se está listo para avanzar con la siguiente unidad.

4. MÓDULOS INTERACTIVOS

Los diferentes módulos que se elaboran en este proyecto se basan en las funciones necesarias para la automatización de un proceso según se menciona en la unidad “1.1 Automatización” de este trabajo. Estos dispositivos se dividen en las categorías de comunicación, energía, sensores y actuadores los cuales son presentados a continuación.

4.1. Comunicación

Existen en el mundo una gran cantidad de protocolos de comunicación los cuales poseen características únicas que permiten diferenciarlos. Estos pueden variar dependiendo del medio que usan para implementar la comunicación, la frecuencia que utilizan, el método para recibir o enviar mensajes, la forma en que distribuyen la prioridad para usar el canal de comunicación, entre muchas más. Al tener presente que este trabajo se enfoca en aplicaciones domóticas, a continuación se presentan dos módulos que implementan diferentes métodos y protocolos de comunicación.

Módulo WiFi. Para este módulo se implementa el método de comunicación inalámbrica WiFi debido a las grandes ventajas que brinda. La primera de ellas, es que al día de hoy, la gran mayoría de los hogares y oficinas alrededor del mundo ya cuentan con una conexión a internet y que adicionalmente cuentan con un *router* para facilitar su conexión de forma inalámbrica. La segunda consiste en que, gracias a esta conexión inalámbrica los módulos se pueden instalar en cualquier parte del hogar u oficina sin tener que preocuparse por distribución de cables, por último se tiene que el dispositivo de procesamiento central Raspberry Pi ya se encuentra conectado a internet a través de su conexión de *Ethernet* lo cual permite la implementación del protocolo MQTT anteriormente visto.

En este punto, se requiere definir cuál es el dispositivo más optado para su implementación en este módulo, por lo tanto se realiza una investigación la cual se puede observar en la Tabla 3 que es presentada posteriormente. En ella se identifica que existe una gran variedad de dispositivos que cuentan con la capacidad de conectarse a internet a través de WiFi, donde solo se muestran algunos. Al hacer una revisión rápida se identifica claramente que el dispositivo NodeMCU v1.0 es el mejor de todos, además de su extremado bajo costo cuenta con un amplio bagaje de conocimientos disponibles a través de internet.

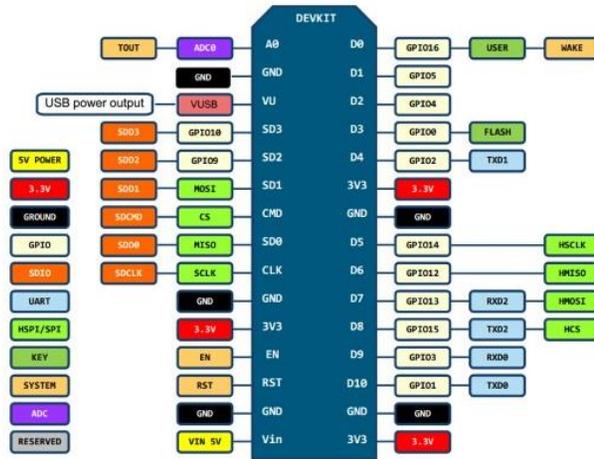


Figura 6. Pines de conexión del dispositivo NodeMCU v1.0
Tomado de www.wemos.cc

Otra de las grandes ventajas que posee este dispositivo es que su chip de procesamiento ESP8266 puede ser fácilmente programado a través de la interfaz de desarrollo de Arduino la cual es ampliamente usada en el mundo.



Figura 7. Módulo WiFi

Módulo Alámbrico. Este módulo se presenta como una alternativa diferente al módulo WiFi. En este se implementa el protocolo de comunicación RS485 a través del circuito integrado MAX485 el cual es ideal para la transmisión de información a altas velocidades sobre largas distancias. Este permite la transferencia de hasta 35 Mbits/s dentro de una distancia de 10 metros o de 100 Kbits/s en distancias de hasta 1.200 metros. Este protocolo de comunicación permite la conexión de hasta 32 estaciones o dispositivos diferentes.

Tabla 3. Comparación de dispositivos de comunicación WiFi

Nombre	Marca	Costo (USD)	Alimentación (V)	Consumo (mA)	Puertos GPIO	Dimensiones (mm)	Resultados en Búsqueda	Comunidad Activa
NodeMCU v1.0	Opensource Community	3	5	200	13	25 x 48	1'460.000	Si
HUZZAH CC3000	Adafruit	35	3,3	350	0	26 x 40	9.100	Si
HUZZAH ESP8266	Adafruit	10	3,3	500	10	25 x 38	76.400	Si
RN171 EK	Roving Networks	70	3,3	180	10	51 x 28	6.700	Si
SPB105- AK-1	H&D Wireless AB	39	3,6	370	0	40 x 24	293	No
MKR 1000	Arduino	35	5	700	20	65 x 25	62.700	Si

El RS485 es un protocolo de modo *half-duplex* lo que significa que a través de su par trenzado de cables envía y recibe información aunque no es simultáneo, por ello los circuitos integrados se encargan de gestionar la red en ciclos donde reciben envían la información.

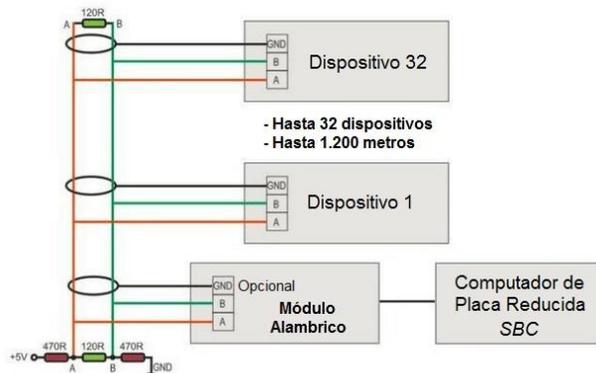


Figura 8. Esquema de conexión del protocolo RS485

Una gran ventaja que posee es que el envío de información a través de los cables de conexión es de manera diferencial, esto indica que la transmisión de la información de “unos” y “ceros” no se realiza con voltajes con referencia a cero voltios, sino que la diferencia de tensiones que se presentan en los cables, a veces positiva o a veces negativa, dan a entender el envío de los “unos” y “ceros” de la comunicación.

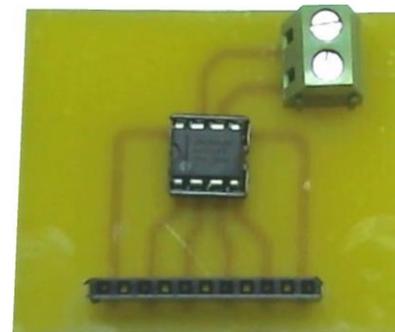


Figura 9. Módulo Alámbrico

4.2. Energía

En todo proyecto de automatización, dado que todos los componentes y dispositivos del mismo son elementos que en su base son eléctricos, es de vital importancia realizar una correcta distribución y administración de la energía permitiendo que todos y cada uno de los elementos pertenecientes al proyecto puedan recibir la alimentación que requieren para su funcionamiento. Debido a que los convertidores AC/DC como los cargadores de celular son tan comunes y a pesar de que estos son implementados en los ejemplos, se propone la elaboración de dos módulos de energía los cuales son independientes de la red eléctrica como se observa a continuación.

Módulo Batería. Este primer módulo de energía consta de un regulador de voltaje LM7805 el cual le permite entregar una salida estable de 5 V para cualquier voltaje de entrada entre los 8 V y los 30 V, además consta de un porta baterías especializado para baterías de 9 V. El motivo de tener como salida 5 V es la poder energizar el módulo de comunicación WiFi cómo se puede identificar en los diferentes ejemplos de implementación que se proponen en el punto 7. Implementación y Operatividad de este trabajo.

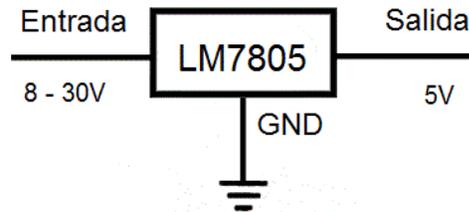


Figura 10. Conexión del regulador de voltaje LM7805

Para la salida de este módulo se usa un conector USB hembra para energizar fácilmente el módulo WiFi del cual a través de sus puertos GPIO por sus siglas en inglés *General Purpose Input Output* se conectan y energizan los diferentes módulos sensores y actuadores que se presentan posteriormente. Debido a que la batería se puede consumir con bastante facilidad es recomendable usar una batería de 9 V recargable y adicional a ello removerla del módulo cuando éste no se esté usando.



Figura 11. Módulo Batería

Módulo Panel Solar. Este módulo cuenta al igual que el anterior, con un regulador de voltaje LM7805 y con un circuito bastante similar. Sin embargo, este módulo no consta de una batería intercambiable sino que posee dos baterías de polímero de litio de 900 mAh a 5 V conectadas en serie para brindar un voltaje total de 10 V. Dado que estas baterías son permanentes en el módulo es necesario poder cargarlas, es por ello que se implementan dos celdas solares de 5 V que brindan una potencia de 0,6 W. Es importante tener en cuenta que las baterías requieren de un cuidado especial con el fin de que puedan durar tanto como sea posible, es por ello que se requiere de un circuito que no permita que se descarguen por completo ni que se sobrecarguen, por lo tanto se implementa el amplificador operacional LM324 el cual se encarga de comparar un voltaje de referencia con el de las baterías, si estas

se encuentran por debajo de dicho voltaje el amplificador permite el paso de energía a las baterías, de lo contrario lo retiene y no permite a las baterías ser sobrecargadas.

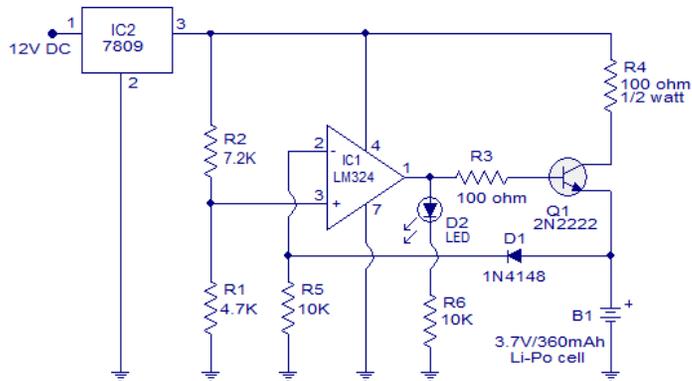


Figura 12. Circuito referencia para cargador de batería tipo Li-Po
Tomado de <http://www.circuitstoday.com>

Es importante tener en cuenta que el circuito de la Figura 12 fue usado como referencia y sobre él fueron efectuados cambios para configurarlo a los requerimientos de este trabajo. El Led que posee el circuito permite identificar cuando las baterías están siendo cargadas o no, por ello su importancia dado que es la única forma que se tiene para confirmar que el circuito está funcionando de forma correcta.

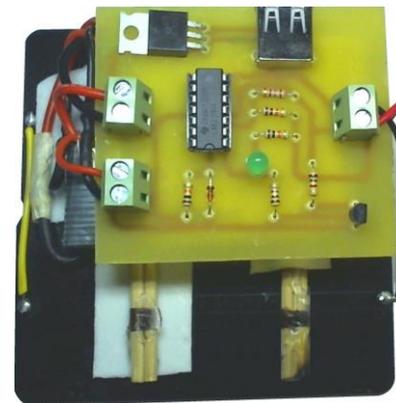


Figura 13. Módulo Panel Solar

Las baterías de polímero de litio o también conocidos como LiPo las cuales se encuentran presentes en este módulo son un tipo de batería que posee una excelente relación entre capacidad, peso, volumen y voltaje. Estas pueden ser diseñadas de una gran variedad de formas y tamaños según se necesite y además son ideales para alimentar sistemas eléctricos exigentes los cuales poseen una alta demanda de energía. Sin embargo es importante tener en cuenta que estas baterías deben ser tratadas con mucho cuidado dado la volatilidad del electrolito que poseen ya que pueden incendiarse o explotar si no se hace un correcto uso de ellas, es por este motivo que en el módulo se implementa un circuito diseñado a la medida para realizar la carga de estas baterías de forma adecuada.

4.3. Sensores

Con el fin de que el sistema que se desarrolla pueda interactuar con el medio que lo rodea primero es necesario que este pueda identificar diferentes variables del mundo físico. Es por este motivo que los módulos de sensores son una parte vital del sistema, dado que a partir de la información que estos adquieren del medio, se lleva a cabo una acción que ha sido programada con anterioridad en el dispositivo de procesamiento central o en este caso, el módulo WiFi. A continuación se presentan los diferentes módulos de sensores elaborados en este trabajo.

Módulo Lumínico. El LDR de sus siglas en inglés *Ligth-Dependent Resistor*, es un dispositivo cuya resistencia varía en función de la intensidad de la luz que recibe sobre su superficie. De este modo, el módulo lumínico nos permite realizar una estimación de la intensidad lumínica en un espacio puntual ya sea que esté ubicado al interior del hogar u oficina o en el exterior de las mismas. Este dispositivo como se puede identificar en la Figura 14, posee una gran resistencia cuando no recibe ningún tipo de luz la cual puede llegar a varios mega ohmios y a medida que este empieza a recibir algún tipo de iluminación proveniente del ambiente que lo rodea su resistencia puede bajar incluso hasta pocos ohmios.

Por motivo de que el sensor no diferencia entre luz solar o artificial es de gran importancia su ubicación al momento de implementar el sistema. Si al usarse, este se ubica al interior del hogar u oficina debe tenerse en cuenta que sus mediciones se verán alteradas por

las luminarias internas de estos espacios aunque cabe resaltar que todo depende de la función y aplicación que se desee realizar.

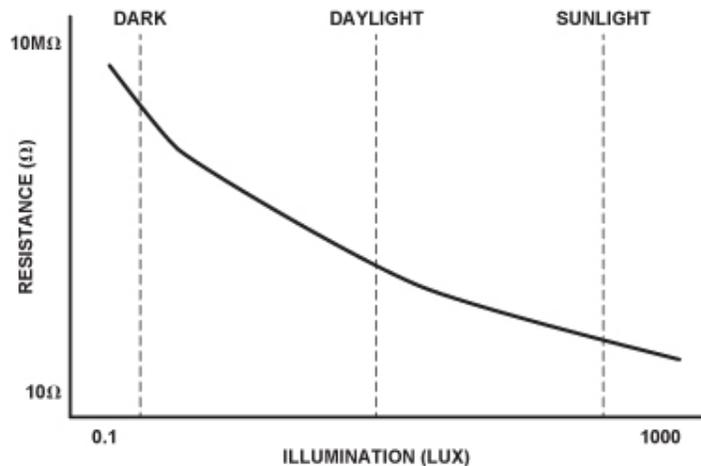


Figura 14. Resistencia del sensor LDR vs intensidad lumínica
Tomado de <http://www.analog.com>

Es importante mencionar que debido a que la magnitud sensada por este dispositivo es análoga es fundamental conectarlo a un dispositivo que tenga la capacidad de recibir este tipo de información, para ello el módulo WiFi cuenta con una entrada análoga en su pin A0.



Figura 15. Módulo Lumínico

Módulo Sonido. En la búsqueda de alternativas para controlar o manipular diferentes acciones del sistema, se identifica la posibilidad de hacerlo mediante el sensado de sonidos fuertes como lo es en este caso, los aplausos. Para esto es necesaria la implementación de un micrófono electrónico dentro del circuito que pueda sensar estas ondas mecánicas con facilidad. Como complemento y con el fin de poder realizar una implementación adecuada de este módulo, se hace uso de un potenciómetro el cual permite configurar la sensibilidad de este módulo para evitar que el mismo se accione con sonidos suaves como la voz o que por el contrario se requiera de un sonido demasiado fuerte. Dado que la sensibilidad de este módulo es fundamental para su correcto funcionamiento, de igual forma lo es el lugar donde este sea ubicado, por ello dependiendo de la aplicación que se implemente se recomienda en diferentes lugares.



Figura 16. Módulo Sonido

Si se desea usar para encender o apagar la iluminación de una habitación o espacio se recomienda ubicarlo en el lugar donde se encuentre el interruptor, si se desea usar en un dormitorio es recomendable instalarlo cerca a la cama.

A futuro, en la continuación y mejora de este proyecto se puede plantear para este módulo que no solamente identifique sonidos fuertes como actualmente lo hace, sino que además este pueda realizar un reconocimiento de voz y a través de diferentes comandos permita al usuario interactuar con los espacios que lo rodean de una forma aún más sencilla sin la necesidad de realizarlo desde un dispositivo móvil.

Módulo Humedad y Temperatura. El dispositivo DHT11 presente en este módulo es un sensor de humedad y temperatura el cual aunque no resalta por su precisión, rango o velocidad de muestreo es un excelente sensor de bajo costo, de solo 2 dólares americanos, el cual es ideal para aplicaciones educativas y lúdicas donde las características anteriormente mencionadas no son un factor crucial dentro del proceso que se realiza.

Tabla 4. Características del sensor DHT11

Sensor Humedad y Temperatura DHT11	
Alimentación (V)	3 a 5
Rango Temperatura (°C)	0 a 50
Rango Humedad (%)	20 a 80
Velocidad Muestreo (Hz)	1
Consumo Energía (mA)	2,5
Tamaño (mm)	15,5 x 12 x 5,5

Este módulo como su nombre lo indica permite sensar la humedad y temperatura presente en el ambiente, teniendo en cuenta la aplicación que se desee implementar es importante saber reconocer si este debe ser ubicado al exterior de los hogares y oficinas para saber dichas magnitudes del medio ambiente o si por el contrario es ideal ubicarlo al interior de los mismos para controlar un ambiente bajo determinadas características que permitan un rango.

Adicional a lo anterior también se debe tener en cuenta que el tipo de aplicación que se desee realizar se verá limitada por su rango de temperatura.

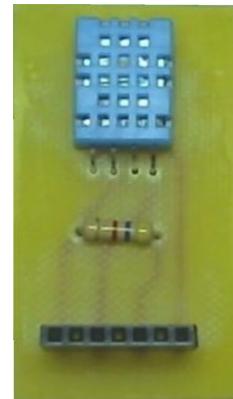


Figura 17. Módulo Humedad y Temperatura

Módulo Presencia. Una de las funciones básicas que siempre se considera y tiene gran relevancia en todos los sistemas automatizados es la de sensar la presencia de objetos o personas. Esta magnitud puede ser medida de diversas formas teniendo en cuenta su aplicación, es por este motivo que para este módulo se elige el sensor PIR por sus siglas en inglés *Passive Infrared* el cual detecta la radiación infrarroja presente en el ambiente emitida por animales y seres humanos.

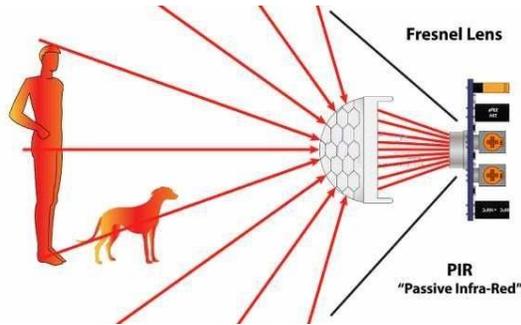


Figura 18. Funcionamiento de un lente de Fresnel
Tomado de www.askix.com

En su esencia el sensor PIR es unidireccional lo que indica que solo puede detectar presencia si la persona cruza en la dirección que él apunta, sin embargo con el fin de ampliar el rango de detección al sensor se le acopla un lente de *fresnel* el cual enfoca en una pequeña área la radiación infrarroja. De esta forma el sensor PIR adquiere un rango de operación de hasta 140 grados como se puede apreciar en la Figura 18.

El sensor cuenta con 2 potenciómetros los cuales le permiten ajustar su sensibilidad, uno de ellos relacionado con la distancia, el cual puede detectar personas y animales hasta 7 metros y el otro con el tiempo de muestreo de entre 5 y 200 segundos. Estas características lo hacen ideal para usarlo desde grandes espacios al interior de las residencias u oficinas hasta pequeñas habitaciones.

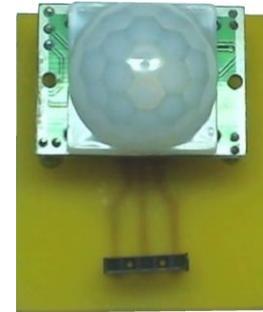


Figura 19. Módulo Presencia

Módulo Distancia. Este módulo cuenta con la capacidad de determinar la presencia y distancia a la cual se encuentra un objeto gracias al sensor HC-SR04 que posee. Para realizar las medidas de estas magnitudes, este dispositivo implementa ondas de ultrasonido mediante 2 transductores los cuales hacen las veces de altavoz y micrófono. Su funcionamiento inicia cuando el altavoz genera ondas de sonido a velocidades ultrasónicas las cuales viajan a través del aire, una vez estas ondas chocan contra un objeto el cual se encuentra en su trayectoria rebotan y viajan en sentido contrario de vuelta al dispositivo donde son reconocidas por el micrófono. El dispositivo calcula el tiempo que tardan las ondas en regresar a él y mediante la velocidad del sonido se encarga de identificar la distancia a la cual se encuentra el objeto, es importante aclarar que esta distancia se calcula bajo determinadas características dado que la velocidad del sonido varía y es directamente proporcional a la temperatura del ambiente.

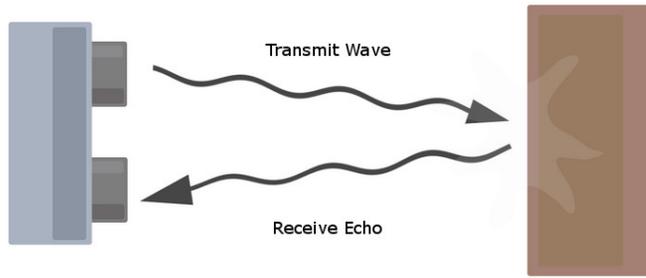


Figura 20. Modo de operación del sensor HC-SR04
Tomado de www.limetrace.co.uk

Gracias a la implementación de este módulo se pueden identificar objetos que se encuentren entre 2 y 450 cms lo cual es un rango bastante amplio que permite realizar diversas aplicaciones dentro del proyecto. Como se menciona este módulo también es una alternativa para la detección de objetos el cual a diferencia del módulo de presencia que sensa ondas infrarrojas, este solo requiere de una superficie sobre la cual reboten las ondas. La medida de distancia más allá de solo ser informativa también puede ser útil a partir de la programación del módulo WiFi para que diversas funciones sean realizadas al implementar los módulos actuadores, esto se refiere a que si un objeto se acerca o se aleja más de una distancia previamente elegida se realicen diferentes acciones.



Figura 21. Módulo Distancia

4.4. Actuadores

El fin último de un proceso de automatización es el de poder realizar o ejecutar una acción con base a la información recopilada y según la programación que posea el dispositivo de procesamiento central. Para ello se requiere de dispositivos y elementos que realicen dichas acciones, estas pueden variar teniendo en cuenta su finalidad ya sea de desplazamiento, de control, de información, entre otras. Para esto, dado que la aplicación de este proyecto se encuentra enmarcado en la domótica y la inmótica se proponen los módulos que se presentan a continuación.

Módulo Controlador Eléctrico. Desde el inicio del desarrollo de este proyecto, este es el primer módulo que se plantea desarrollar dado sus características y funciones. Con este módulo controlador eléctrico se busca sustituir los interruptores manuales de encendido y apagado de luces en hogares y oficinas por uno que pueda ser controlado desde un navegador web, por ende desde un computador, teléfono inteligente o tablet.

Para lograr este objetivo es necesario implementar un dispositivo que permita controlar la red eléctrica del hogar u oficina a partir de una señal eléctrica proveniente del módulo WiFi, es por ello que para este módulo se hace uso del dispositivo conocido como relé. Este es un elemento electromagnético que al recibir una señal eléctrica y mediante el uso de una bobina y un electroimán operan diferentes contactos que permiten abrir o cerrar circuitos independientes haciendo la veces de un interruptor.

Para este proyecto se decide implementar un relé Kest KS2E-M-DC5 el cual funciona a partir de una señal de 5 V, esto es ideal dado que la mayoría de dispositivos controladores poseen puertos GPIO a dicho voltaje. Sin embargo es importante aclarar que los puertos GPIO del módulo WiFi solo brindan señales de 3,3 V, por lo tanto para dar solución a este inconveniente se hace uso de un transistor el cual permite controlar la salida de 5 V del módulo WiFi mediante uno de sus puertos GPIO. Este relé permite controlar circuitos independientes de un consumo máximo de 1 A a 125 VAC o de 2 A a 30 VDC.



Figura 22. Módulo Controlador Eléctrico

Como se informa previamente, para la implementación de este módulo se debe manipular la red eléctrica lo cual puede llegar a ser peligroso para aquellas personas que no tengan conocimientos en el tema, por lo tanto se recomienda revisar el documento Anexo 3 - Ejemplos para la Implementación de Módulos.

Módulo Toma Eléctrico. En su base y principios, este módulo es similar al controlador eléctrico presentado en el apartado anterior. Esto se debe a que este dispositivo también hace uso de un relé Kest de 5 V el cual hace parte de sus componentes y adicionalmente controla de cierta manera la red eléctrica del hogar u oficina con el fin de permitir la manipulación remota de determinados electrodomésticos.



Figura 23. Módulo Toma Eléctrico

A diferencia del controlador eléctrico, la implementación de este módulo es mucho más simple debido a como se puede observar en la Figura 23, este módulo no requiere de realizar conexiones eléctricas como la de un interruptor sino que por el contrario este posee los 2 conectores de energía normales que todo electrodoméstico posee. Es de gran importancia recordar que los electrodomésticos que se conecten a él no deben exceder las limitaciones eléctricas que posee el relé.

Para hacer uso de este módulo solo basta con conectarlo a uno de los tomas disponibles en el hogar u oficina y posterior a ello conectar a él un electrodoméstico que deseamos controlar, es importante resaltar que con este módulo solo se puede controlar el paso de energía por lo tanto el elemento que se desea manipular debe contar con un interruptor que le permita mantenerse constantemente en un estado de encendido o apagado. Así al dejarlo en encendido se puede manipular de forma remota a través de este módulo, los ejemplos que se proponen para ello son lámparas de noche o ventiladores.

Módulo Nivel. Este módulo posee una función la cual es netamente informativa, sin embargo su aplicación es muy amplia dado que depende de la implementación en que se desee usar. Este dispositivo cuenta con grupo de 4 leds por sus siglas en inglés *Light-Emitting Diode* de 3 colores diferentes los cuales son controlados de forma completamente independiente con el fin informar el nivel que posee determinada magnitud que se esté sensando.



Figura 24. Módulo Nivel

Para este fin se cuenta con leds de color rojo, amarillo y verde los cuales son internacionalmente conocidos para informar respecto a algún acontecimiento o situación. El rojo se usa para informar carencia o que determinada magnitud se encuentra en un nivel bajo, también es usada comúnmente para indicar peligro. Por su parte el amarillo da a entender que la magnitud se encuentra en un nivel medio, por lo tanto no es nada alarmante o por lo cual preocuparse. Y por último el verde da a entender que la magnitud se encuentra en su mayor nivel, que está estable en un valor ideal.

En su implementación, este módulo depende en su totalidad de la aplicación que se desee realizar y de cómo se programe en el módulo WiFi o en el dispositivo de procesamiento central. De esta forma este puede informarnos el rango de distancia en el cual se encuentra un objeto, si la temperatura o humedad excede un valor establecido o si por el contrario se encuentra debajo de él, la intensidad lumínica presente en un espacio, entre muchas otras.

Módulo Bocina. Como su nombre lo indica, este módulo posee una bocina modelo TMB12A05 la cual es ideal para este tipo de proyectos debido a que solo requiere de una alimentación de entre 4 y 7 voltios y tiene un consumo inferior a los 30 mA. Estas características favorecen su implementación en proyectos educativos y de pequeños espacios dado que la mayoría de puertos GPIO presentes en computadores de placa reducida y dispositivos como el que se encuentra en el módulo WiFi las poseen. Adicional a estas características, la bocina posee un costo inferior a 1 dólar americano y sin embargo alcanza los 85 dB con una frecuencia de 2,3 KHz.

Al igual que el dispositivo de nivel, este módulo cuenta con un amplio repertorio de posibles implementaciones que varían de acuerdo a la finalidad del proyecto y de la programación que posean los módulos o elementos que lo controlen. Aunque la bocina solo puede emitir sonidos de un solo tono, esta puede informarnos de ciertos acontecimientos que requieran de atención, es el ejemplo de que el módulo de presencia detecte algún movimiento en una zona donde ello no se supone y la bocina lo informe o por ejemplo que el módulo de distancia identifique que algún objeto se encuentra

más lejos o cerca de lo debido y este módulo lo haga notar, entre muchas otras posibles implementaciones.



Figura 25. Módulo Bocina

Módulo Iluminación. La intención que se tiene con este módulo es poder brindar una pequeña iluminación en determinados lugares donde la iluminación convencional de hogares y oficinas no llega. Gracias a que el módulo es pequeño, este puede ser reubicado constantemente y con gran facilidad dependiendo del uso que se le quiera dar. Sin embargo a pesar de su tamaño, este dispositivo alcanza 1,5 lúmenes gracias a los 9 leds blancos que posee los cuales tienen un consumo de 20 mA con una alimentación de entre 2,8 y 4 voltios con un ángulo de iluminación de 30°.

Como se menciona, no se pretende con este módulo iluminar grandes espacios de manera continua, sino que por el contrario lo

que se busca es que una vez alguno de los módulos sensores anteriormente presentados detecte o alcance un nivel determinado este módulo actúe por un periodo de tiempo, esto puede ser cuando el módulo de presencia se active o cuando algún objeto se encuentre a alguna distancia determinada y el módulo de distancia lo informe o cuando el módulo lumínico indique que la intensidad lumínica a alcanzado determinado nivel.



Figura 26. Módulo Iluminación

Este módulo a diferencia del de nivel, varios leds pueden ser conectados a una misma señal, esto se debe a que este módulo solo busca brindar una iluminación, sin embargo se usan 3 señales diferentes donde cada una brinda la energía a 3 leds con el fin de que estos puedan tener la corriente necesaria para iluminar de la mejor forma, de lo contrario si todos los leds se conectan a una sola señal la corriente sería muy poca a través de cada led y esto afectaría su desempeño.

5. DISEÑO DE CIRCUITOS

Una vez definidos los sensores, actuadores, dispositivos de comunicación y energía es necesario realizar un correcto diseño de los circuitos de cada uno de los módulos que se quiere desarrollar, el motivo principal se encuentra en que uno de los entregables propuestos en este proyecto es el desarrollar y fabricar prototipos a la medida de los diferentes módulos anteriormente presentados.

Con el fin de desarrollar estos prototipos en tarjetas impresas específicas para cada módulo es necesario seguir un procedimiento que facilite su desarrollo y que además garantice que el producto final obtenido si cumpla con los requisitos puntuales de cada dispositivo.

El primer punto consiste en una corta investigación acerca de los principales dispositivos que posee cada uno de los módulos con el fin de identificar cual es el modo correcto de conexión por si estos poseen polarización o no, cuáles son sus principales cuidados y además cualquier información que sea relevante tener en cuenta para el diseño final de cada uno de los módulos. Allí también se tiene en cuenta la alimentación y consumo de estos dispositivos para poder realizar una correcta distribución de la energía y así asegurar que estos la obtengan para que funcionen de manera correcta. En esta investigación además se buscan diseños de circuitos que se acoplen a los módulos que se pretenden elaborar o que faciliten a partir de ellos el desarrollo de unos diseños propios en el siguiente proceso.

En el segundo punto se realiza un diseño manual de cada uno de los circuitos para tener un primer acercamiento al producto final en cual se puedan identificar los diferentes elementos complementarios necesarios para la construcción de los dispositivos como lo son las resistencias y transistores. Estos planos diseñados a mano son la base para empezar con el proceso de elaboración de los módulos, a continuación se procede con la digitalización.

En el tercer punto se busca digitalizar los diferentes circuitos anteriormente diseñados, para esto es fundamental partir de la elección de un programa que posea un amplio repertorio de dispositivos en sus librerías y faciliten su diseño digital. En este punto a través de internet es posible identificar una gran variedad de programas que permiten realizar esto, sin embargo para este proyecto se elige Eagle dado que además de poseer grandes librerías, las comunidades alrededor de este programa también han elaborado sus propias librerías ampliando con ello la cantidad de dispositivos presentes en el programa. Adicionalmente la principal razón por la cual se elige este programa es que facilita el desarrollo del siguiente punto el cual consiste en la elaboración de los esquemáticos de los módulos.

Finalmente para poder proceder con la elaboración física de los circuitos impresos es necesario contar con los planos esquemáticos de cada uno de los circuitos, una vez los diseños fueron ingresados en Eagle se pueden obtener los esquemáticos fácilmente gracias a una función que posee este programa por la cual fue elegido para la digitalización.

Esta función elabora los planos esquemáticos de cada módulo a partir de cada uno de los diseños circuitales que anteriormente fueron ingresados, una vez obtenidos estos planos el programa permite realizar una edición de cada uno de los esquemáticos con el fin de poder realizar correcciones o mejoras en los diseños en caso de ser necesarios. Una vez se cuenta con todos los planos esquemáticos finales de cada uno de los módulos es posible proceder con la elaboración física de estos dispositivos.

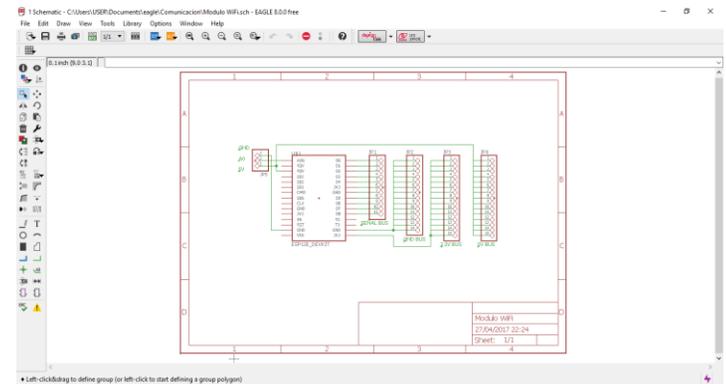


Figura 27. Ambiente de diseño del programa Eagle

6. ELABORACIÓN DE CIRCUITOS

La elaboración o fabricación de circuitos impresos es un proceso que requiere de diferentes elementos además de los componentes electrónicos que hacen parte de dicho circuito. Uno de los componentes fundamentales es la baquelita para circuitos electrónicos, esta es la base o placa donde el circuito será montado. La baquelita es una sustancia plástica sintética que es endurecida en forma de tablas rectangulares o cuadradas de diferentes tamaños sobre la cual se aplica una lámina homogénea de cobre por uno o ambos lados con el fin de permitir la elaboración de tarjetas electrónicas.

En este proyecto se implementa un método manual de fabricación conocido como la técnica del planchado, para este método primero se requiere del diseño esquemático de cada uno de los circuitos impreso en un papel especial termotransferible como lo pueden ser papeles fotográficos, Glossy o en su defecto propalcote de 120 gr.

A partir de este punto se recortan de manera individual cada uno de los planos esquemáticos de los circuitos y adicionalmente se recortan del mismo tamaño partes de la baquelita para cada circuito. Una vez se ha realizado esto se procede a transferir los esquemáticos a la baquelita mediante la aplicación de altas temperaturas lo cual puede realizarse mediante planchas industriales como las usadas para estampación de telas o como en este caso las que se encuentran en los hogares para planchar ropa.

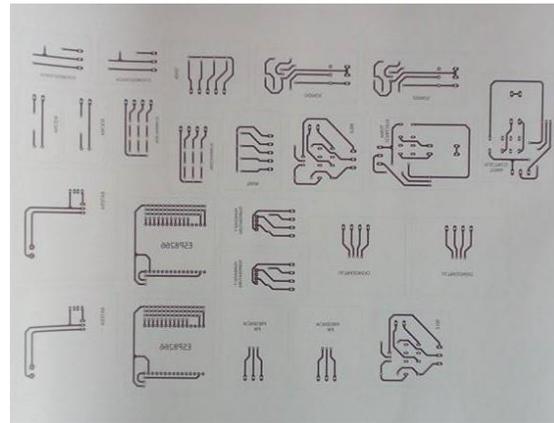


Figura 28. Circuitos esquemáticos impresos en propalcote

Luego de realizar el planchado y de retirar cuidadosamente los restos de papel de la superficie de la baquelita se debe realizar una inspección detenidamente de cada una de las vías o pistas que componen el circuito con el fin de verificar que estas hayan sido transferidas de manera correcta, de lo contrario en el siguiente proceso estas pistas podrían verse afectadas y no realizar una conducción adecuada de las señales eléctricas. En caso de ser necesario y con el fin de asegurarse que las pistas se encuentran en perfecto estado, estas pueden ser repetidas o reteñidas de forma manual haciendo uso de un marcador negro de punta delgada para finalmente obtener algo similar a lo que se puede apreciar en la Figura 26.

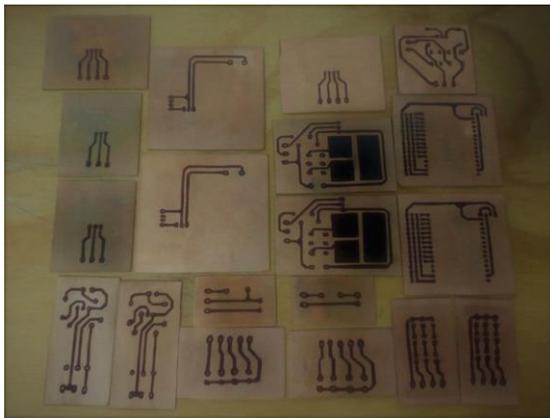


Figura 29. Circuitos esquemáticos transferidos a la baquelita

Ahora se procede a realizar un proceso químico mediante el cual se busca eliminar los excedentes de cobre presentes en cada tarjeta, es importante entender que el cobre que queda sobre la placa es el que se encuentra marcado de negro y es el que compone las pistas conductoras del circuito. El tratamiento químico consiste en sumergir las placas en una solución de cloruro férrico a una temperatura media que acelere el proceso y permita disolver el cobre que no se encuentra protegido. Una vez realizado este proceso solo se deben limpiar las placas de la tinta aún presente en ellas para poder continuar.

En este punto ya las placas empiezan a lucir más como los módulos que se buscan obtener, ahora se requiere de un *motortool* o taladrado para realizar las pequeñas perforaciones a través de las cuales atraviesan los pines de los diferentes componentes que conforman los circuitos. Para estas perforaciones se hace uso de una broca especial para la elaboración de circuitos la cual tiene 1 mm de diámetro dado que los conectores de los componentes son muy delgados.



Figura 30. Módulos terminados

Para finalizar con este proceso de elaboración de los circuitos impresos y obtener los módulos finales, una vez se cuente con todos los componentes de los que hacen parte de los diferentes circuitos empieza el proceso de soldado de los mismos a las placas. Este proceso es realizado mediante la implementación de un caufín y un poco de estaño, el caufín es un soldador eléctrico que cuenta con una punta metálica que alcanza altas temperaturas por su parte el estaño es un metal maleable que además de fijar los componentes a la placa permite conducir las señales eléctricas del circuito. Ya con esto se da por terminada la elaboración de los módulos y se procede con su implementación.

7. IMPLEMENTACIÓN Y OPERATIVIDAD

Una vez se llega a este momento de realizar la implementación y llevar a cabo la operatividad de los módulos elaborados es importante reconocer que estas deben llevarse a cabo con gran atención y cuidado dado que una mala conexión o un mal uso pueden llevar fácilmente a que los dispositivos se dañen o averíen. Para esto, de la mano del desarrollo de este trabajo se elaboran 2 grandes ayudas que permiten tanto a personas que no poseen conocimientos en ingeniería como a los que sí, usar estos módulos con los fines para los cuales fueron elaborados de la mejor forma.

La primera ayuda que se presenta es un manual de usuario en el cual se describen uno a uno los diferentes módulos elaborados en este proyecto. En él se informa al lector de forma simple y con un lenguaje no técnico todo lo relacionado con cada módulo, se menciona cuál es su función, sus posibles implementaciones, sus cuidados e incluso se presenta una tabla con los diferentes elementos que lo componen. Además se presentan en dicho manual algunos conceptos fundamentales, información respecto al dispositivo de procesamiento central y algunas recomendaciones y cuidados generales que aplican para todos los módulos y el montaje en general de todo el proyecto. Este manual puede ser revisado en el Anexo 5 - Manual de usuario que hace parte de este trabajo.

La segunda es un conjunto de 5 video-tutoriales los cuales se encuentran colgados en la página y plataforma web llamada *YouTube* en donde los usuarios pueden encontrar valiosa información relacionada con el sistema en general. El primer video consiste en una introducción al proyecto, el segundo informa y guía paso a paso el modo de realizar ciertas configuraciones necesarias para la implementación y los siguientes 3 videos son ejemplos puntuales donde se hace uso de los módulos en diferentes aplicaciones. Para más información respecto a estos videos tutoriales y de cómo acceder a ellos se invita a revisar el Anexo 3 - Ejemplos para la implementación de módulos.

8. CONCLUSIONES

En la actualidad gracias a herramientas como el internet y al gran vasto conocimiento que se puede encontrar en él de manera gratuita es posible afirmar, donde este trabajo es evidencia de ello, que cada día la domótica y la inmótica son más accesibles para el público en general a diferencia a lo que era hace unos cuantos años donde solo las altas sociedad tenían acceso a estas herramientas. En internet es posible encontrar una gran cantidad de tutoriales, herramientas, guías y demás materiales que permiten e invitan a personas que no poseen conocimientos en ingenierías o áreas relacionadas a desarrollar sus propios proyectos e implementar diferentes dispositivos en la automatización de los espacios que habitan. Además de ello también es posible encontrar material más avanzado para públicos formados en áreas como la electrónica y programación donde se pueden alcanzar resultados aún más grandes e impactantes. De esta forma la humanidad avanza en su proceso de automatizar más y más tareas de su vida diaria y se afianza más la era del “Internet de las Cosas”.

Al concluir el proyecto se reconoce la gran importancia que tiene para la humanidad el trabajo en equipo con personas que posean conocimientos en diferentes áreas y que aporten desde ellas en búsqueda de fin común. Esto se identifica dado al producto final que se obtiene, el resultado es completamente funcional y leal a los entregables y fines que se buscaba en el proyecto para ser un primer acercamiento al partir de cero, sin embargo de haber contado con un equipo de personas con conocimientos en temas de diseño, materiales, normas, entre otras, el resultado habría sido aún mejor.

De esta forma se reconoce la importancia de contar con un equipo de trabajo especializado en diferentes áreas y de poder contar con la activa participación de cada uno en la búsqueda del resultado común que se busca.

Durante el proceso de producción y fabricación de los diferentes módulos y dispositivos es imposible no identificar que los costos de producción son bastantes incluso mediante un método de fabricación el cual no es el más efectivo, de esta forma en caso que el proyecto se llevará a un término empresarial y se realizara una producción masiva los costos se abaratarían aún más, lo cual nos indica que en sí la tecnología y en general los productos electrónicos en su mayoría son bastante económicos, son el mercadeo, factores externos de la globalización y principalmente la búsqueda de generar altas ganancias para una empresa las que incrementan los costos de un producto de manera importante generando con ello más que una exclusividad una exclusión de la tecnología a diferentes comunidades o estratos que componen la sociedad.

Conforme se realizó el desarrollo del proyecto, se identifica que lo que en él se presenta es una base la cual permite a partir de este punto continuar con la elaboración de una mayor cantidad de módulos que formen parte de todo el sistema donde se implementen otros sensores, actuadores, dispositivos de comunicación y de energía que brinden una mayor articulación entre ellos y además faciliten aún más una interacción del hombre con los diferentes espacios que habita y donde se desenvuelve.

RECOMENDACIONES

Luego de terminar el desarrollo de este proyecto es posible identificar diferentes recomendaciones que se pueden plantear con miras a mejorar los diferentes materiales y dispositivos elaborados dado el caso que se busque o desee continuar trabajando en el proyecto o que se decida comercializar los módulos mediante la constitución de una empresa.

La primer recomendación que se hace se enfoca en el caso que el proyecto se decida llevar a un término empresarial o si se desea realizar una producción masiva de los módulos donde se sugiere hacer una tercerización en el tema de fabricación de los módulos dado que se implementa un método diferente de elaboración lo cual permite una producción más rápida, un mejor acabado y una disminución considerable en los costos de cada módulo.

Debido a que este método de fabricación es más preciso también es viable realizar un rediseño de los planos esquemáticos de los circuitos para minimizar el espacio requerido por los elementos y disminuir con ello los costos de producción.

La segunda recomendación propone hacer más presentables los módulos elaborados en este proyecto para los usuarios finales, es por este motivo que se plantea la necesidad de un diseñador industrial quien elabore de manera profesional los empaques o carcasas de los diferentes módulos. La intención de estos empaques es la de poder brindarle protección tanto a las placas de los circuitos impresos como a los usuarios, además de esto también se busca brindarle una mayor estética a los módulos.

La tercer y última recomendación que se tiene es la de apoyarse en un editor de libros quien pueda aportar sus conocimientos para elaborar de una mejor forma el manual de usuario presentado en el proyecto. Lo que se busca es poder editar el manual con base a los estándares requeridos para este tipo de documentos, emplear una mejor redacción y finalmente elaborar el manual físico de una manera más profesional y presentable para el usuario.

REFERENCIAS

- Adafruit. (2016). *About Us*. Obtenido de <https://www.adafruit.com/about>.
- Alvarez, A. F. (2006). Diseño de un Sistema Domótico Aplicado al Programa Casa Segura del Cuerpo de Bomberos de Medellín. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Arduino. (2016). *About Us*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/Credits>.
- Cabra, C. A. (2007). Control de Televisor Mediante el Reconocimiento de Voz. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Domo Desk. (2016). *A Fondo: Inmótica*. Obtenido de <http://www.domodesk.com/a-fondo-inmotica>.
- Electric Imp. (2016). *About Electric Imp*. Obtenido de <https://www.electricimp.com/aboutus/>.
- Electric Imp. (2016). *The Electric Imp Platform*. Obtenido de <https://electricimp.com/platform/>.
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución del Internet lo cambia todo. Informe Técnico de Cisco IBSG.
- Galindo, J. F., & López, A. F. (2005). Sistema de Seguridad Inteligente con Monitoreo Inalámbrico. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Herrera, J. (2004). *Control Industrial. Hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>.
- Huidobro, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2010). *Manual de Domótica* ISBN: 978-84-92779-37-6. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=V6IzqqDcfF8C&printsec=frontcover&dq=domotica&hl=es&sa=X&ei=9G34VP6QFfjsASUzICgAg&ved=0CCEQ6AEwAQ#v=onepage&q=domotica&f=false>.
- Junestrand, S., Passaret, X., & Vázquez, D. (2005). *Domótica y Hogar Digital*. ISBN: 84-283-2891-9. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=8ERFqWcdHAEC&printsec=frontcover&dq=domotica&hl=es&sa=X&ei=9G34VP6QFfjsASUzICgAg&ved=0CCcQ6AEwAg#v=onepage&q=domotica&f=false>.
- LittleBits. (2016). *Press Room: About LittleBits*. Obtenido de <http://www.littlebits.com/pressroom>.
- López Herrera, J. (2011). *Programación en tiempo real y bases de datos: Un enfoque práctico*. ISBN: 978-847-653-658-2. Obtenido de https://books.google.com.co/books/about/Programaci%C3%B3n_en_tiempo_real_y_bases_de.html?id=rbnFAAAACAAJ&redir_esc=y.
- Mandado Pérez, E., Menéndez Fuertes, L. M., Fernández Ferreira, L., & López Matos, E. (2007). *Microcontroladores PIC. Sistema integrado para el autoaprendizaje*. ISBN: 978-267-1431-2. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=86uG>.
- Martín, J. C. (2009). *PCPI - Instalaciones Domóticas*. ISBN: 978-84-9771-529-4. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=EOzIKAFUcC&pg=PA4&dq=domotica&hl=es&sa=X&ei=9G34VP6QFfjsASUzICgAg&ved=0CDgQ6AEwBQ#v=onepage&q&f=false>.
- Miller, T. (2012). *I'm Limor Fried, and This Is How I Work*. Obtenido de <http://liferhacker.com/5938645/im-limor-fried-and-this-is-how-i-work>.
- Ochoa, A. (2000). Guía, Diseño e Instalación de una Casa Inteligente. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Ramirez, J. (2015). Asistencia en Investigación y Desarrollo en Módulo de Sistema de Tanque en Serie. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Raspberry Pi. (2016). *About Us*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/about/>.
- Rincón, J. M., & Salazar, J. G. (2009). Sistema de Control Embebido con Acceso Remoto Aplicado a la Domótica. Medellín: Trabajo de Grado Universidad Pontificia Bolivariana.
- Spark Fun. (s.f.). *About Us: What is Spark Fun*. Obtenido de <https://www.sparkfun.com/static/about>.
- Universidad De La Salle. (2016). *Innovación y tecnología*. Obtenido de <http://www.lasalle.edu.co/wps/wcm/connect/b98917e3b2a24a70ae99cfdc56850ddc/innovaci%C3%B3n+y+Tecnolog%C3%ADa.pdf?MOD=AJPERES>.
- Yébenes, J. (2015). *¿Qué es MQTT?*. Obtenido de <https://geekytheory.com/que-es-mqtt/>.

AUTOR



Santiago *PALACIO MERINO*. Bachiller del Instituto San Carlos de la Salle, Medellín, Antioquia (2009); Egresado próximo a graduarse del programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Antioquia. Diplomado en Administración Deportiva del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Antioquia (2010); Diplomado en Diseño, Gestión y

Organización de Eventos de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Antioquia (2016); Asistente al Programa VIII Congreso Colombiano de Métodos Numéricos de la Universidad de Eafit, Medellín, Antioquia (2011); Participante del programa Habilidades de Marketing Personal y formación Sociolaboral de Comfenalco Antioquia (2016) y Voluntario en los IX Juegos Suramericanos Medellín 2010.

ANEXOS

ANEXO 1 - Anteproyecto Sistema Interactivo Modular para Aplicación de Domótica e Inmótica

ANEXO 2 - Planos circuitales y esquemáticos de módulos

ANEXO 3 - Ejemplos para la implementación de módulos

ANEXO 4 - Códigos de programación para ejemplos

ANEXO 5 - Manual de Usuario

ANEXO 6 - Artículo Publicable