

SEP

SES

TNM

**TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO
CAMPUS CHIHUAHUA II**



**IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA LA
GESTIÓN DE AMBIENTES INTERIORES Y
EXTERIORES**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

PRESENTA

ANA CECILIA ALVARADO GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE TESIS

CO-DIRECTOR DE TESIS

M.C. ARTURO LEGARDA SAENZ

DR. RAFAEL SANDOVAL RODRÍGUEZ

CHIHUAHUA, CHIH. A AGOSTO 2020

Dictamen

Chihuahua, Chihuahua, 05 de agosto del 2020

M.C. MARÍA ELENA MARTÍNEZ CASTELLANOS
COORDINADORA DE POSGRADO
Presente. -

Por medio de este conducto el comité tutorial revisor de la tesis para obtención de grado de Maestro en Sistemas Computacionales, que lleva por nombre "IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES PARA LA GESTIÓN DE AMBIENTES INTERIORES Y EXTERIORES", que presenta el (la) C. ANA CECILIA ALVARADO GUTIÉRREZ, hace de su conocimiento que después de ser revisado ha dictaminado la APROBACIÓN del mismo.

Sin otro particular de momento, queda de Usted.

Atentamente

La Comisión de Revisión de Tesis.



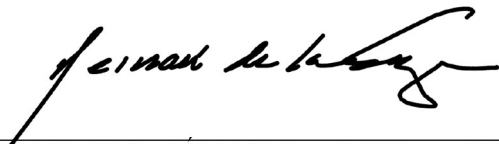
M.C. ARTURO LEGARDA SÁENZ

Director de Tesis



DR. RAFAEL SANDOVAL RODRÍGUEZ

Co-Director



DR. HERNÁN DE LA GARZA GUTIÉRREZ

Revisor

Leonardo Nevárez Chávez

M.C. LEONARDO NEVÁREZ CHÁVEZ

Revisor



RESUMEN

Con el uso de la tecnología ha sido posible la facilitación de diversas tareas con el fin de mejorar la calidad de vida diaria, razón por la cual en la presente tesis se muestra el desarrollo de un sistema basado en una red de domótica que es capaz de llevar a cabo el control y monitoreo de diversos aspectos de un edificio tales como: agua, energía eléctrica, climatización.

De igual forma el sistema contará con información relacionada a la activación de los diversos sensores de la red de domótica lo que permitirá la toma de decisiones basados en dicha información. Todo esto con el propósito no solo de mejorar de forma considerable la calidad de vida de las personas, sino que de igual forma se busca fomentar el uso eficiente de los recursos.

ABSTRACT

With the use of technology it has been possible to facilitate tasks in order to improve the quality of daily life, the reason why this thesis shows the development of a system which is based on a network of Home automation is able to carry out the control and monitoring of various aspects of a building such as: water, electric power, air conditioning.

In the same way, the system will have information related to the activation of the different sensors of the home automation network, which will allow the decision-making based on this information. All this with the purpose not only to improve the quality of life of the people in a considerate way, but also to promote the efficient use of resources.

CONTENIDO

CONTENIDO	ii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Alcances y Limitaciones	3
1.4. Justificación	3
1.5. Objetivos.....	4
CAPITULO II. ESTADO DEL ARTE.....	5
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Breve Historia de la Domótica	15
3.2. Concepto de Domótica	15
3.2.1 Diversos conceptos adicionales.....	17
3.3. Componentes básicos para una red domótica.....	18
3.3.1. Sensores	19
3.3.2. Acondicionador de señal	19
3.3.3. Actuadores.....	19
3.3.4. Interfaces	21
3.3.5. Infraestructura.....	21
3.3.6. Unidad de control	21
3.3.7. Software de gobierno.....	21
3.4. Clasificación de distintas aplicaciones y servicios domóticas.....	22
3.5 Ventajas de la automatización	23

3.6. Sensores Inteligentes	23
3.7. Aplicaciones Móviles	24
3.8. Android.....	25
3.8.1. Características y especificaciones actuales:	25
3.8.2. Desarrollo y programación	26
CAPITULO IV. DESARROLLO	28
4.1. Análisis	29
4.1.1. Determinación de requerimientos.....	29
4.1.2. Identificación de procesos actuales	30
4.1.3. Análisis de interacción.....	31
4.2. Diseño	37
4.2.1. Diseño de las interfaces	37
4.2.2. Diseño de la arquitectura del sistema	38
4.2.3. Arquitectura de la red	39
4.2.4. Diseño de la base de datos.....	41
4.3 Codificación	44
4.3.1 Codificación de la red de domótica	44
4.3.2 Codificación de la aplicación	46
4.4 Pruebas	48
4.5 Implementacion	49
CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
CAPITULO VI. CONCLUSIONES	53
CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO 1	57
Código Fuente del microprocesador esclavo.....	57

Código fuente del microprocesador maestro 62

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ambiente simulado.	6
Figura 2.2. Simulación Casa Inteligente.....	7
Figura 2.3. Diagrama Funcional del Sistema.	9
Figura 2.4. Colaboración de multi-agentes.....	10
Figura 2.5. Infraestructura de comunicación del sistema.	12
Figura 2.6. Diseño general del sistema.....	13
Figura 3.1. Ejemplos de sensores.	19
Figura 3.2. Ejemplos de actuadores.....	20
Figura 4.1. Diagrama de metodología cascada.....	28
Figura 4.2. Caso de Uso: Encender luces.	32
Figura 4.3. Caso de Uso: Apagar luces.	33
Figura 4.4. Caso de Uso: Control climatización.....	34
Figura 4.5. Caso de Uso: Consumo de agua.....	35
Figura 4.6. Caso de Uso: Consumo de energía.....	36
Figura 4.7. Caso de Uso: Seguridad (Intrusión).	37
Figura 4.8. Diseño de interfaz gráfica para ventana de iluminación.	38
Figura 4.9. Diseño de interfaz gráfica para ventana de climatización.....	38
Figura 4.10. Diagrama de navegación.	39
Figura 4.11. Red de domótica.....	40
Figura 4.12. Diseño semiautomático para control de luces.....	40
Figura 4.13. Diseño automático para control de luces.	41
Figura 4.14. Diagrama entidad - relación.	44
Figura 4.15. Topología de la red de domótica.....	45
Figura 4.16. Diagrama de flujo de envío de comando.....	45
Figura 4.17. Diagrama de flujo de recepción de comando.....	46
Figura 4.18. Menú principal.	47
Figura 4.19. Pantalla de Iluminación.....	47
Figura 4.20. Pantalla de Climatización.....	48
Figura 4.21. Entorno de Arduino IDE.	48
Figura 4.22. Diagrama de conexión de subsistema de iluminación.	49

Figura 4.23. Pruebas de conexión del circuito	50
Figura 4.24. Prueba realizada con el subsistema de iluminación.	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Tabla Ubicación.....	42
Tabla 4.2. Tabla Actividad.	42
Tabla 4.3. Tabla Usuario.	42
Tabla 4.4. Tabla Dispositivo.	43
Tabla 4.5. Tabla Historial.....	43

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

La automatización es una técnica, método o sistema de operación o control de un proceso por medio de dispositivos electrónicos que reducen la participación humana a un mínimo. La idea de construir un sistema de automatización está aumentando día a día con numerosos beneficios. (Gunge & Yalagi, 2016)

Anteriormente la automatización de edificios se encontraba enfocada a sectores como: la industria, el ejército o incluso para el ámbito espacial, sin embargo, con el uso cada vez más frecuente de la tecnología se ha buscado no solo impactar a dichos ámbitos sino también que sea introducida o utilizada para beneficiar la calidad de vida de las personas en su vida cotidiana.

Podemos remontar el origen de la domótica a la década de los setenta con la aparición de los primeros dispositivos de automatización de edificios, este término deriva de la palabra francesa domotique, la cual según la enciclopedia Larousse en el año de 1998 era definida como “el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación”.

Los hogares inteligentes son edificios automatizados con dispositivos de control y de detección instalados, ya sea de aire acondicionado y calefacción, ventilación, iluminación, hardware y sistemas de seguridad. Estos sistemas modernos incluyen actuadores y sensores que se comunican con un eje central, a veces llamados "puertas de enlace". Estas "puertas de enlace" son sistemas de control con una interfaz de usuario que interactúan ya sea con una tableta, celular o computadora. (Alaa, Zaidan, Zaidan, Talal, & Kiah, 2017)

El campo de los sistemas de edificios inteligentes, hogares inteligentes y automatización de edificios abarca una enorme variedad de tecnologías, las cuales pueden ser aplicadas a edificios ya sea comerciales, industriales, institucionales y domésticos.

Las ideas de la domótica y los hogares inteligentes han sido propuestas desde hace años, sin embargo, los estudios relacionados generalmente se han centrado en la implementación de varios dispositivos inteligentes (o dispositivos) dentro de un entorno hogareño y empleándolos de manera automática mediante procedimientos predefinidos. (Kao & Yuan, 2012)

Todo este tipo de sistemas de gestión tienen como función principal el controlar y optimizar servicios, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las personas que ahí viven, pero al mismo tiempo permite tener una gestión eficiente de los recursos.

Con el paso del tiempo se han realizado proyectos relacionados a los entornos inteligentes, sin embargo muchos de estos se han enfocado no solo en la implementación de dichas tecnologías sino que también buscan la obtención de patrones referentes a la actividad o a las acciones realizadas por los usuarios, por lo que los últimos años se ha visto una tendencia creciente en uno de los componentes clave en el desarrollo de este tipo de tecnología que es el reconocimiento y la detección de las diversas actividades de la vida diaria.

Una variedad de nuevos sistemas de domótica y dispositivos para mejorar la calidad de vida en el hogar se están creando y vendiendo lo que los hace cada vez más populares, pero es importante mencionar que el éxito se basará no solo en la integración sino también en la efectividad, utilidad, flexibilidad y costo del sistema como un todo.

Sin embargo, actualmente el mercado no se encuentra unificado por lo que no existe una tecnología aplicada de manera universal, es por esta razón que la diversidad en este contexto permite descubrir desafíos abiertos para encontrar soluciones que involucren la integración y consolidación del mercado.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente el uso de la tecnología ha permitido simplificar o automatizar diversas actividades que para las personas representan ser monótonas o aburridas, de igual forma gracias a esta se ha logrado mejorar diversos aspectos de la vida diaria. Es por esta razón que cada vez se busca implementar el uso de nuevas tecnologías de forma que representen un

beneficio para las personas. Debido a esto es que se busca crear o implementar sistemas que permitan optimizar y aprovechar de mejor manera el uso de los recursos, todo esto con la finalidad de crear una cultura de un uso racional de los mismos.

Es gracias a esto que el presente tema de tesis consiste en desarrollar un sistema basado en la implementación de una red de sensores inteligentes. Esto con la finalidad de que dicho sistema sea capaz de realizar el control y monitoreo de aspectos tales como: agua, energía eléctrica, climatización, iluminación y seguridad, todo esto con el propósito de fomentar el uso eficiente de los recursos.

Así mismo se pretende que en el sistema se pueda tener información relacionada a la activación de los diversos sensores y que permita realizar la toma de decisiones basado en dicha información. De igual forma se pretende que cada sensor sea capaz de mostrar información referente a las especificaciones del mismo.

1.3. Alcances y Limitaciones

Alcances

- El sistema será basado en una aplicación móvil.
- El sistema tendrá la capacidad de toma de decisiones con base a otras fuentes de información (calendarios, horarios, entre otros).

Limitaciones

- El sistema deberá tener conexión a internet para tener un óptimo funcionamiento.

1.4. Justificación

En los últimos años se ha visto que las tecnologías de la información son cada vez más accesibles al mercado de consumo, tal es el caso de los dispositivos móviles, automóviles, electrodomésticos, entre otros. Gracias a esto se busca estar a la vanguardia del mercado global.

Es por esto que en el presente tema de tesis se pretende desarrollar un prototipo de edificio inteligente con el cual se busca mejorar la calidad de vida de las personas, así como también el confort y la seguridad. De igual forma se pretende fomentar el uso eficiente de los recursos.

La parte más importante en este proyecto es contar con un sistema que basado en una red de sensores inteligentes permita tener el control de los diversos recursos con los que se cuenta en un edificio, todo esto con el fin de que los usuarios se vean beneficiados al hacer un mejor uso de dichos recursos. Así mismo si se logra obtener un sistema que cuente con la capacidad de aprender patrones de comportamiento, no solo podría resultar de gran utilidad para las personas en general, sino que representaría un beneficio adicional para ayudar a personas de la tercera edad e incluso a personas con alguna discapacidad.

1.5. Objetivos

Desarrollar un sistema que permita el control y la gestión eficiente de los recursos de un edificio utilizando una red de domótica. Para lograr esto es necesario cumplir primero con los siguientes objetivos específicos:

- Implementar una red de sensores inteligentes.
- Desarrollar un sistema administrador de la red.
- Implementar los sensores y actuadores siguiendo el concepto de “Smart Sensors”.

CAPITULO II. ESTADO DEL ARTE

Con el paso del tiempo se han realizado proyectos relacionados a los entornos inteligentes con los cuales se busca añadir el uso de nuevas tecnologías ya sea en edificios o en casas, las cuales representen una mejor calidad de vida de las personas que hacen uso de dichas instalaciones.

Sin embargo, muchos de estos se han enfocado no solo en la implementación de dichas tecnologías, sino que también buscan la obtención de patrones referentes a la actividad o a las acciones realizadas por los usuarios, ya que uno de los componentes clave en el desarrollo de esta tecnología es el reconocimiento y la detección de las diversas actividades de la vida diaria.

Tal es el caso de (Henriquez & Palma, 2011) donde abordan el concepto de computación omnipresente, el cual puede ser aplicado a los sistemas de automatización de casas al implementarse no sola la habilidad de responder a las acciones del usuario sino que a su vez este cuenta con la capacidad de aprender basado en dichas acciones. Dicho proyecto va enfocado específicamente para la automatización de oficinas en el cual implementan un sistema de reconocimiento de patrones en el que, por medio de la instalación de diversos sensores de luz, temperatura, humedad, ultrasonido y de rotación (para puertas y ventanas), se podrá llevar a cabo la recolección de datos, los cuales son los que permitirán predecir el estado de los objetos. La realización de la predicción de estados de los aparatos que son controlados es llevada a cabo por medio del uso de redes neuronales, por lo que utilizaron la librería NeuronDotNet. En este caso es utilizada una RNA para cada dispositivo para el cual se desea obtener su estado, por lo que la estructura de cada una de ellas está compuesta por 3 capas: capa de entrada, capa oculta y capa de salida, las cuales están conformadas de la siguiente manera:

- Capa de entrada (48 neuronas): Capa en la cual se codifican los valores del entorno tales como temperatura, luminosidad, etc.
- Capa oculta (4 neuronas): Dicha capa tiene la capacidad para aprender patrones.

ESTADO DEL ARTE

- Capa de salida (2 neuronas): Esta capa permite codificar hasta 4 estados posibles, de los cuales para este caso en particular solo se usaron 3 que son: encender, apagar y mantener estado actual.

Por último, indican que el entrenamiento de la red es realizado una vez al mes todo esto con la finalidad de desechar patrones viejos y a su vez agregar los nuevos patrones adquiridos, de esta forma se permite tener actualizado el sistema. Así mismo en la Figura 2.1 se muestra la construcción realizada del ambiente tridimensional simulado utilizando el software Icarus y el Framework para automatización y robótica monoBOTICS,

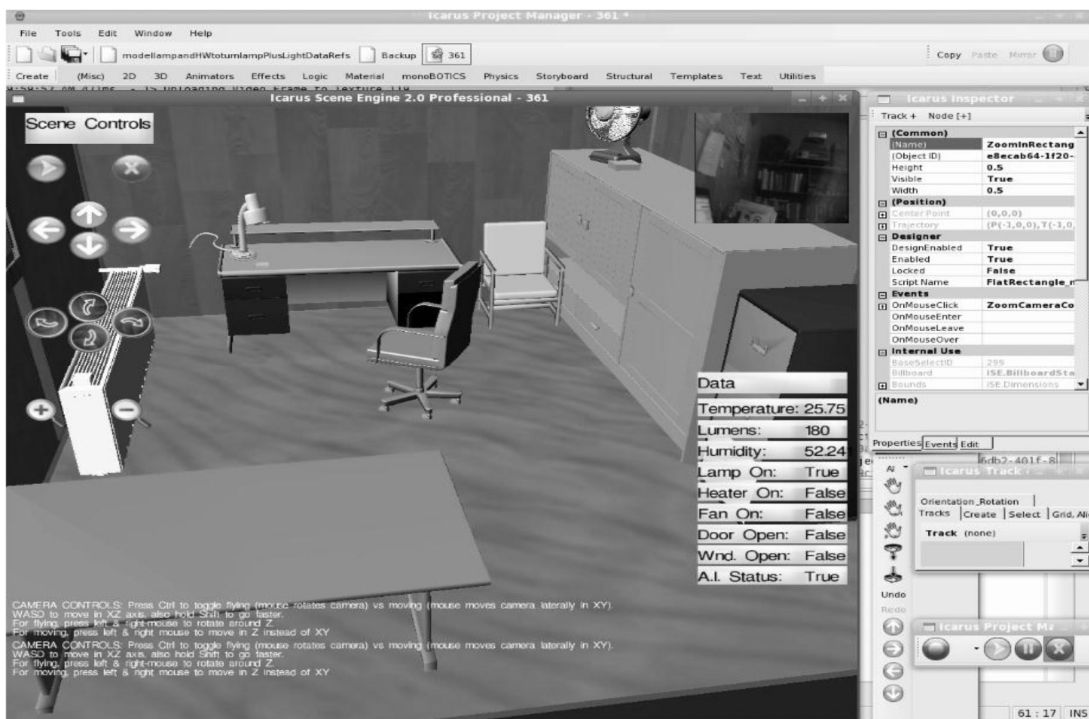


Figura 2.1. Ambiente simulado.

Mientras que (Zheng, Wang, & Black, 2007) presentan un nuevo enfoque computacional para el análisis de los grupos de actividades de la vida diaria dentro de una casa inteligente, todo esto basado en una red neuronal auto adaptativa llamado Growing Self-Organizing Maps (GSOM). La detección y el reconocimiento de actividades estuvieron basadas en el análisis realizado a los datos obtenidos mediante el uso de sensores, los cuales se encuentran localizados en objetos como puertas, electrodomésticos, interruptores de luz, entre otros. De

ESTADO DEL ARTE

esta forma aun contando con un sistema de detección simple y de bajo costo se tiene una buena opción para analizar las actividades realizadas dentro de la casa.

Por otra parte (Benta, Hoszu, Vacariu, & Cret, 2009) presentan un proyecto en el que es utilizado un sistema experto y una red neuronal, los cuales son los encargados de proporcionar al sistema la información necesaria para actuar con base en las preferencias y los patrones de uso de cada una de las diferentes actividades realizadas en dicho sistema por el usuario. Este sistema está basado en una aplicación móvil para la cual se utiliza TAOM4E, la cual es una herramienta visual para el agente de modelado orientado para la plataforma Eclipse. En la Figura 2.2 se muestra una simulación de los espacios y objetos de la casa que serán monitoreados.

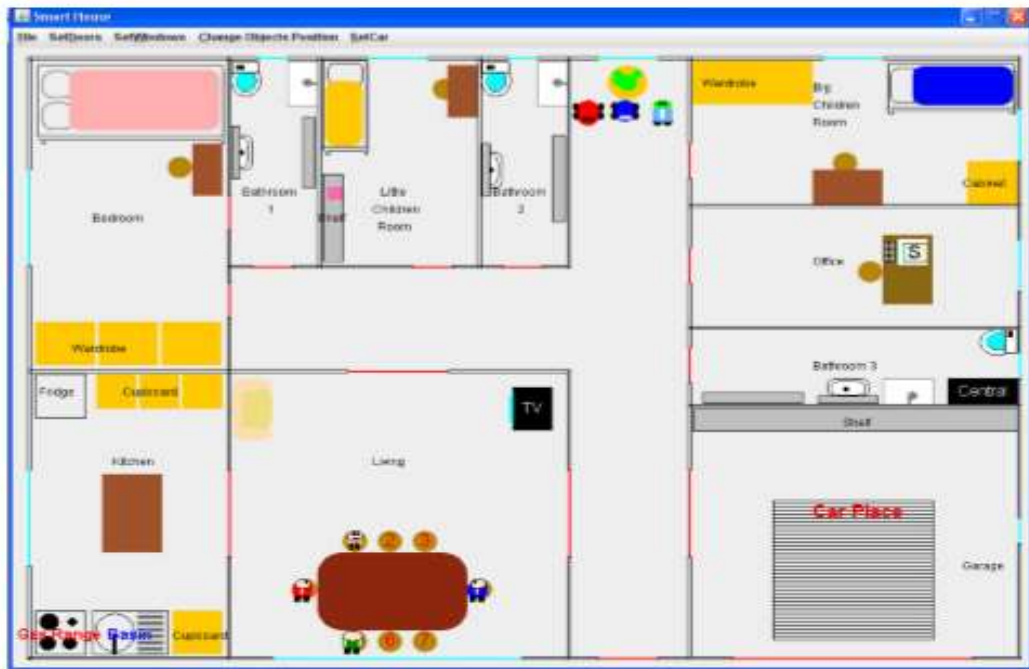


Figura 2.2. Simulación Casa Inteligente.

Mientras que (Kao & Yuan, 2012) proponen un sistema semántico de domótica en el cual permite al usuario no solo ejecutar procesos de automatización, sino que también permite la descripción de los diferentes entornos de la casa. Por medio del uso de una ontología pueden ser definidos diversos procesos semánticos, lo que permitirá tener configuraciones definidas por el usuario, las cuales podrán realizarse a través de páginas web. Para la definición del

proceso semántico se incluyen definiciones de variables, tiempos de ejecución, precondiciones y flujo de ejecución. Así mismo los dispositivos y electrodomésticos pueden ser controlados de forma automática o proporcionar información al sistema, de forma que el estado de un dispositivo puede a su vez cambiar el estado de otro o en su caso desatar acciones en otros dispositivos.

Por su parte (Ramlee, Aziz, Leong, Othman, & Sulaiman, 2013) enfocan su aplicación en un sistema de automatización de una casa, en la cual son implementados diferentes métodos para el manejo de los diversos dispositivos que se desean controlar, así mismo mencionan que dicho control pueda ser llevado a cabo ya sea desde el interior de la casa así como también desde el exterior.

En la Figura 2.3 se puede observar que el control de los dispositivos puede ser realizado de tres formas:

- **Aplicación.** - Permite tener control de los diversos dispositivos haciendo clic en la interfaz de la aplicación sin necesidad de caminar a los interruptores.
- **Comandos de voz.** - Permite realizar alguna acción dando un comando de voz directamente a un micrófono.
- **Correo electrónico.** - Permite que el control de las actividades mediante el envío de comandos específicos en un correo electrónico.

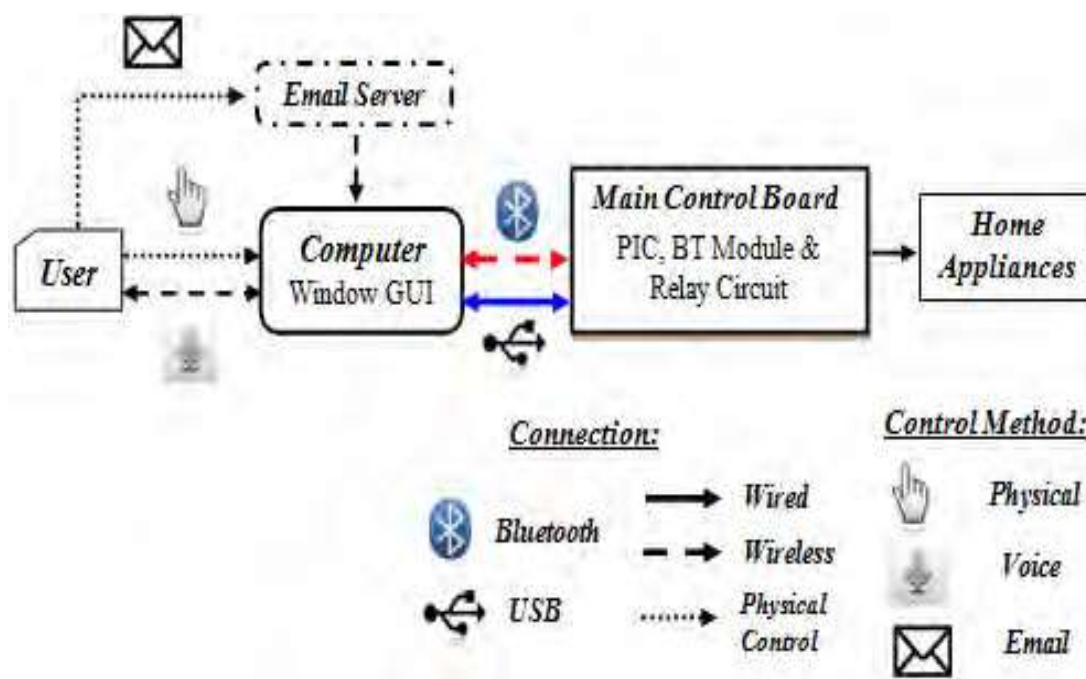


Figura 2.3. Diagrama Funcional del Sistema.

Por otra parte, varios estudios se han enfocado a la utilización de tecnología de agentes o multi-agentes para el desarrollo de casas inteligentes. Tal es el caso de (Sun, Yu, Kochurov, Hao, & Hu, 2013) hacen mención a que una casa inteligente debe tener como objetivo principal proporcionar servicios de control, seguridad, entretenimiento y salud ambiental para los usuarios, pero que debido a que existen diversas plataformas informáticas que pueden ser utilizadas por lo que presentan como opción a esta problemática el utilizar tecnología multi-agente, la cual hace referencia a un agente como una entidad independiente que es capaz de comprender la situación y responder a estímulos. Es importante destacar que cada agente cuenta con funcionalidades propias, pero al ser implementados varios agentes pueden compartir información entre si y formar un grupo colaborativo que permita alcanzar el objetivo en común.

Así mismo mencionan que este sistema consta de cuatro tipos principales de agentes: detección, acción, decisión y base de datos. En el que cada agente debe tener un comportamiento adecuado (es decir, acciones o procedimientos que se ejecutan en respuesta

a los eventos) todo esto basado en una creencia, el deseo y el modelo de la intención (BDI) tal y como se muestra en Figura 2.4.

- **Creencia (belief):** Información que el agente tiene sobre sí mismo, otros agentes y entornos.
- **Deseo (desire):** Información sobre los objetivos a alcanzar, así como las propiedades y los costos.
- **Intención (intention):** Planes de acción para lograr ciertos deseos.

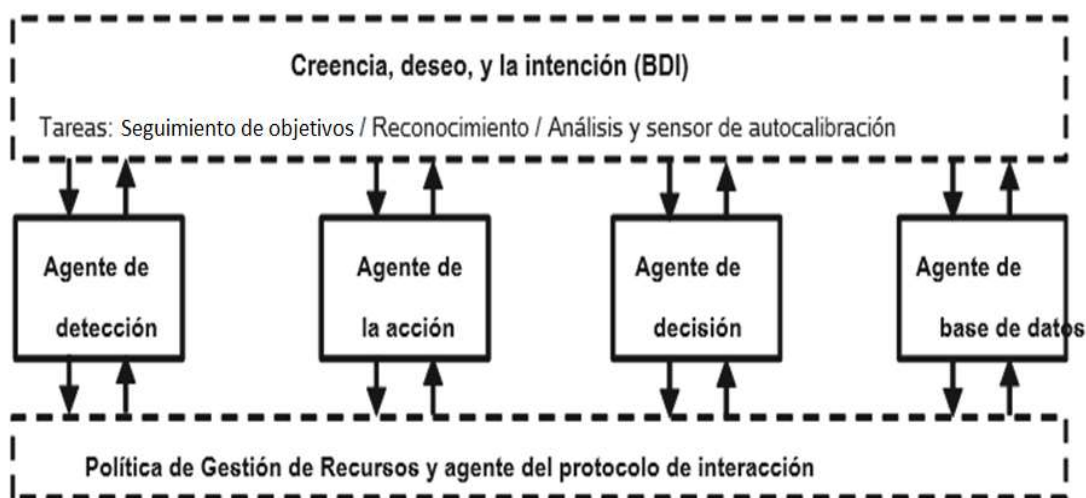


Figura 2.4. Colaboración de multi-agentes.

Por su parte (Schatten, 2014) muestra un ejemplo de una empresa llamada Nonaka en la que se indica cómo es que una empresa puede funcionar como una organización con agentes inteligentes de auto aprendizaje. Es por esta razón que menciona que la construcción de residencias inteligentes consiste en crear casas donde sus objetos puedan establecer comunicación entre sí (lo cual no solo hace referencia a sensores, sino también a otros objetos como: microondas, refrigerador, entre otros) y que permitan enviar información entre sus vecinos. La idea de un sistema de auto aprendizaje es que, por medio de la generación de un sistema experto, en el cual se lleve a cabo el registro de todas las actividades realizadas, de tal forma que con esta información el sistema puede aprender nuevos comportamientos o a su vez que sea capaz de identificar mediante cada agente cual es el que representa los comportamientos aprendidos de forma más reciente.

Mientras que (Cook, y otros) nos hablan acerca de un hogar al que se le permite actuar como un agente racional, esto quiere decir:

- Se reciben entradas de los sensores y selecciona una acción que se ejecuta a través del uso de actuadores.
- Integra aprendizaje automático.
- Utiliza algoritmos de predicción para tener un ambiente adaptable y automatizado.

Con esto se busca que el agente actué de una manera que le permita maximizar su meta (maximiza la comodidad y productividad de sus habitantes y minimiza los costos de operación). Con el fin de lograr estos objetivos, la casa debe ser capaz de predecir, razonar y adaptarse a sus habitantes.

Por su parte (Korkmaz, Metin, Gurek, Gur, & Gurakin, 2015) desarrollaron un sistema de domótica el cual ofrece dos alternativas de interfaces que son amigables para el usuario, dichas alternativas constan de una aplicación Android y una aplicación web, todo esto con la finalidad de poder brindar servicio a múltiples usuarios, además de que ambas utilizan la plataforma Cloud Computing de Google, esto con el fin de apoyar la comunicación entre los diversos componentes de hardware del sistema.

Una característica importante de este sistema es que busca disminuir el costo del mismo usando herramientas libres y abiertas además de que debido a su estructura distribuida es una aplicación flexible ya que permite que dicho sistema esté abierto a nuevos usuarios.

El diseño utilizado en este sistema utiliza los diversos servicios proporcionados por la plataforma Cloud Computing de Google, debido a que cuenta con diversas aplicaciones, bases de datos y funciones de mensajería. De igual forma las tareas de mantenimiento no son consideradas debido a que es parte de la responsabilidad de dicha plataforma por lo que garantizan la ausencia de problemas de este tipo.

En la Figura 2.5 se muestra la infraestructura de comunicación de este sistema.

ESTADO DEL ARTE

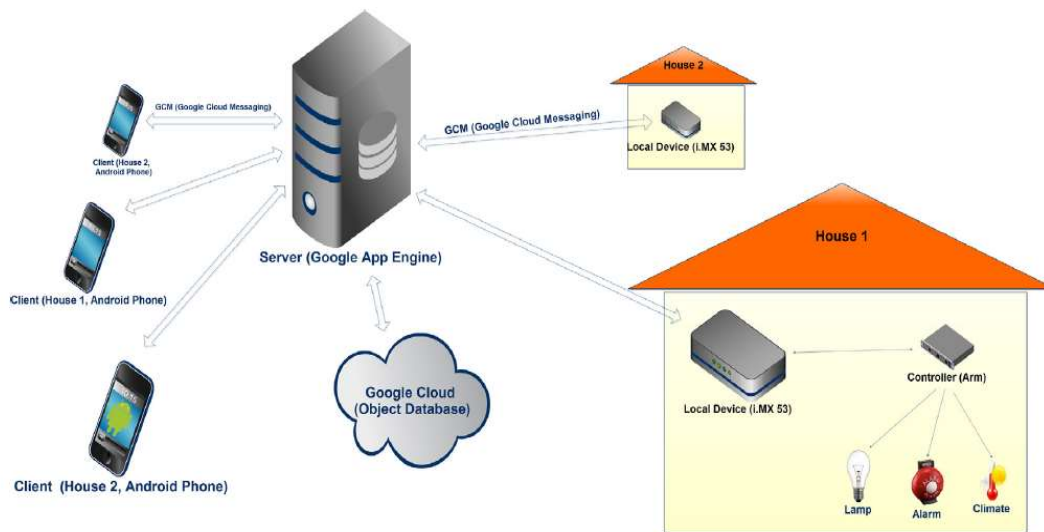


Figura 2.5. Infraestructura de comunicación del sistema.

Desde hace un tiempo se han realizado proyectos de casas inteligentes utilizando la tecnología de Internet de las cosas (IoT), por ejemplo (Abdulrahman, Isiwekpeni, Surajudeen-Bakinde, & Otuoze, 2016) presentan la implementación de un sistema de domótica el cual aplica la tecnología de internet de las cosas.

Dentro de las características con las que cuenta dicho sistema se tiene la flexibilidad para acceso remoto y para la gestión y funcionamiento se realiza por medio de una aplicación móvil basada en HTML5.

En la Figura 2.6 se muestra el diseño general del sistema, en la cual se puede apreciar que se lleva el control de iluminación, seguridad y aparatos de HVAC, así como también el monitoreo de las condiciones del ambiente de la casa tales como: temperatura y humedad, todo esto mediante el uso de sensores y actuadores. De igual forma para el manejo de los electrodomésticos hacen el uso de relés.

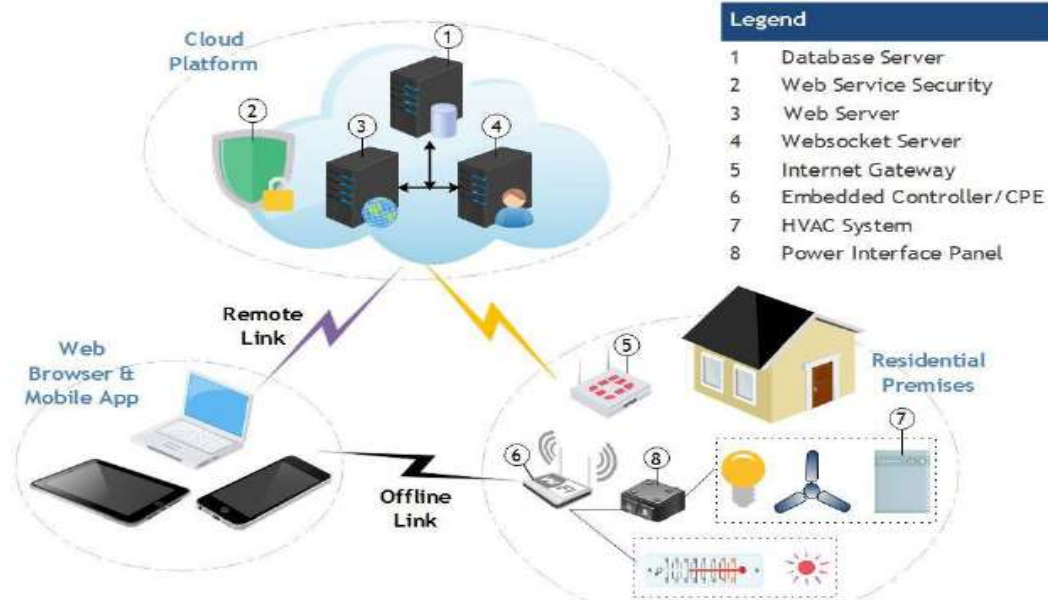


Figura 2.6. Diseño general del sistema.

Mientras que en el proyecto de (Alfaris, Juaidi, & Manzano-Agugliaro, 2017) se habla acerca de cómo la integración de un sistema de gestión de energía dentro de la casa y los diferentes sistemas de energía renovable permiten optimizar el rendimiento energético. En este caso con la utilización de la tecnología de internet de las cosas (IoT), la cual junto con la combinación de los sistemas de energía permite mejorar de manera sustancial el rendimiento de energía durante las operaciones realizadas. Así mismo es de gran importancia contar con un sistema que permita realizar el monitoreo, registro, administración y control en tiempo real. De igual forma es importante el almacenamiento de los datos obtenidos por este sistema ya que estos son los que permitirán tener datos históricos para la realización de estadísticas que permitan comprender rendimiento energético.

Así mismo la búsqueda de mejorar la calidad de vida de las personas mayores y de los discapacitados ha provocado un esfuerzo por desarrollar tecnología dentro del ámbito de casas inteligentes. Por lo que hay diversos estudios enfocados a este entorno, ya que se ha demostrado que la capacidad de identificar correctamente las actividades diarias de las personas puede tener implicaciones y aplicaciones en el cuidado de la salud.

ESTADO DEL ARTE

Tal es el caso de (Matern, Condurache, & Mertins, 2013) que nos muestran un sistema para la detección de cambios en el comportamiento de una persona dentro de un ambiente asistido, de forma que por medio del uso de diversos sensores inalámbricos se puede recompilar información, que permite a un algoritmo para la detección de eventos identificar situaciones de riesgo o emergencias en las que sea requerido que un tercero sea alertado, por ejemplo un médico o algún miembro de la familia.

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Breve Historia de la Domótica

Según (Huidobro & Millán, 2004) el origen de la domótica se remonta a los años setenta, cuando en Estados Unidos aparecieron los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la aún hoy exitosa tecnología X-10.

Estas fueron consideradas las primeras incursiones, las cuales fueron alternadas con la llegada de nuevos sistemas de calefacción y climatización orientados al ahorro de energía, en clara sintonía con las crisis del petróleo. En primera instancia los primeros equipos comerciales se limitaban solo a la colocación de sensores y termostatos que regulaban la temperatura ambiente, sin embargo, la disponibilidad y proliferación de la electrónica de bajo coste favoreció la expansión de este tipo de sistemas.

Gracias a esto durante los siguientes años se mostró gran interés por buscar dispositivos y electrodomésticos que formaran parte de la casa ideal, dando como resultado que los primeros sistemas comerciales fueran instalados, los cuales estaban limitados al control de temperatura ambiente en edificios de oficinas. Posteriormente todo este tipo de dispositivos utilizados en la automatización de edificios de oficinas se han ido aplicando no solo a edificios de otro tipo sino también a viviendas donde se busca que el número de necesidades a cubrir sea mayor, dando origen a la vivienda domótica. Debido a esto es que los ensayos con electrodomésticos avanzados y otros dispositivos automáticos fueron realizados a comienzos de los años noventa, junto con el desarrollo de los PC y los sistemas de cableado estructurado, así como el nacimiento de aplicaciones de control, seguridad, comunicaciones que son el fundamento de la domótica actual. (Martín Domínguez & Sáez Vacas, 2006)

3.2. Concepto de Domótica

Este término deriva de la palabra francesa domotique, la cual según la enciclopedia Larousse en el año de 1998 era definida como “el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de

comunicación”. De dicho término surge la palabra domótica la cual está compuesta por la unión de la palabra “domo” y el sufijo “tica” la cual significa “casa automática”.

A continuación se mencionan diversos conceptos de domótica, por ejemplo para (Huidobro & Millán, 2004), la Domótica es aplicada a los sistemas y dispositivos que proporcionan algún nivel de automatización dentro de la casa, lo cual puede ser desde un simple temporizador usado para encender y apagar una luz o aparato a una hora determinada, hasta los más complejos sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico del hogar. La vivienda domótica es por tanto "aquella que integra un conjunto de automatismos en materia de electricidad, electrónica, robótica, informática y telecomunicaciones, con el objetivo de asegurar al usuario un aumento del confort, la seguridad, el ahorro energético, las facilidades de comunicación y las posibilidades de entretenimiento". Se pretende con ello integrar todos los aparatos del hogar a fin de que funcionen de la forma más eficaz posible y con la necesidad de una intervención mínima o inexistente por parte del usuario. Así mismo la Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada (AIDA) define la domótica como "la integración en los servicios e instalaciones residenciales de toda tecnología que permita una gestión energéticamente eficiente, remota, confortable y segura, posibilitando una comunicación entre todos ellos".

Dentro de este contexto también suele ser utilizado el concepto de inmótica el cual hace referencia a la coordinación y gestión de edificios terciarios o de servicios (hoteles, oficinas, hospitales, plantas industriales, universidades...). Este concepto se identifica habitualmente también como building management system, en referencia a la coordinación y gestión de las instalaciones con que se encuentran equipadas las edificaciones, así como a su capacidad de comunicación, regulación y control. El origen del término Inmótica es también francés y, aunque es de uso bastante común en España, todavía no ha sido recogido por el diccionario de la RAE.

Un elemento de confusión importante es la práctica común de no distinguir entre ambas disciplinas, Domótica e Inmótica. Con base en esto podemos establecer que mientras la palabra domótica es utilizada para referirse a un hogar o vivienda, la palabra inmótica es

utilizada para instalaciones del sector terciario (hospitales, plantas industriales, hoteles, universidades, entre otras).

3.2.1 Diversos conceptos adicionales

Dentro del contexto de domótica se suelen usar con frecuencia diversos conceptos, tal es el caso del concepto de hogar inteligente derivado del inglés smart home, término muy difundido en Estados Unidos y el cual era el más empleado en España antes de que naciese el de Domótica. En el ámbito de la informática se utiliza el término 'inteligente' para distinguir terminales con capacidad autónoma de proceso de datos de aquéllos que carecen de esa capacidad.

Profundizando en el concepto, podríamos caracterizar un hogar inteligente como un edificio automatizado que cuenta además con aplicaciones que gestionan esta automatización, proporcionando servicios avanzados. Según la definición de (Lorente, 2004), un edificio inteligente es aquél que: "incorpora sistemas de información que soportan el flujo de ésta a lo largo de todo el edificio, ofreciendo servicios avanzados de automatización de la actividad y telecomunicaciones, permitiendo además un control automatizado, monitorización, gestión y mantenimiento de los diferentes subsistemas o servicios del edificio, de manera óptima o integrada, local y/o remota y, finalmente, diseñados con la suficiente flexibilidad como para posibilitar de manera sencilla y económica la implantación de sistemas futuros".

Al hablar de hogar inteligente se ha introducido también un concepto importante: la vivienda automatizada. El término home automation es de uso preferente en Japón y está muy extendido en algunos sectores de Estados Unidos. Se entiende por automatismo un pequeño dispositivo electrónico que desempeña la tarea de un interruptor, pero de forma particular: realiza la función de puesta en marcha o paro de un determinado sistema dependiendo de los gustos del usuario, fijados con anterioridad. Una vivienda automatizada está gestionada por automatismos. En consecuencia, se puede concluir que para que un edificio sea inteligente ha de estar forzosamente automatizado.

Una denominación que viene ganando posiciones en los últimos años es la de hogar digital. Este término encierra un concepto más amplio que el tradicionalmente asociado a la domótica: por hogar digital entendemos tanto automatización (con el soporte de la electrónica digital) como, sobre todo, comunicación (basada en redes digitales internas y externas) capaz de proporcionar todo un conjunto de servicios.

El gran progreso tecnológico en los sistemas de telecomunicación de los últimos años, así como el desarrollo y expansión de Internet, han incrementado notablemente nuestra capacidad para crear, transmitir, almacenar y procesar información. Este fenómeno ha venido acompañado de una convergencia indudable en los antiguamente autónomos sectores de las comunicaciones, la informática y el entretenimiento, todo ello gracias a la digitalización.

Este escenario se traslada a las viviendas como el marco en el que se materializa la convergencia de entretenimiento, comunicaciones y gestión digital del hogar, gracias al necesario soporte de infraestructuras y mantenimiento y por medio de servicios avanzados

La finalidad del hogar digital consiste en cubrir algunas (no todas, de momento) necesidades domésticas, entre ellas aumentar la seguridad, incrementar el confort, mejorar las comunicaciones, gestionar la energía controlando el gasto y ahorrando dinero, facilitar el control integral de la casa y ofrecer nuevos servicios. En definitiva, hablamos de mejorar la calidad de vida, combinando estas funciones de forma económica y sostenible. (Martín Domínguez & Sáez Vacas, 2006)

3.3. Componentes básicos para una red domótica

El propósito de un edificio inteligente es optimizar o automatizar ciertas funciones correspondientes a la administración y mantenimiento del mismo, por lo que para poder cumplir con este objetivo es necesario contar con ciertos elementos que establezcan la comunicación con el entorno en el que se encuentra y que cuenten con la capacidad de enviar la información necesaria para poder llevar a cabo acciones que permitan tener el control de estas funciones. A continuación, se explican los elementos principales para una red domótica.

3.3.1. Sensores

Los sensores son los dispositivos encargados de proporcionar la información obtenida de los diferentes aspectos a controlar del edificio, la cual será utilizada para la gestión. Algunos ejemplos de sensores son: de temperatura, presencia, iluminación, humedad, entre otros, en la Figura 3.1 se muestran diversos ejemplos de sensores.

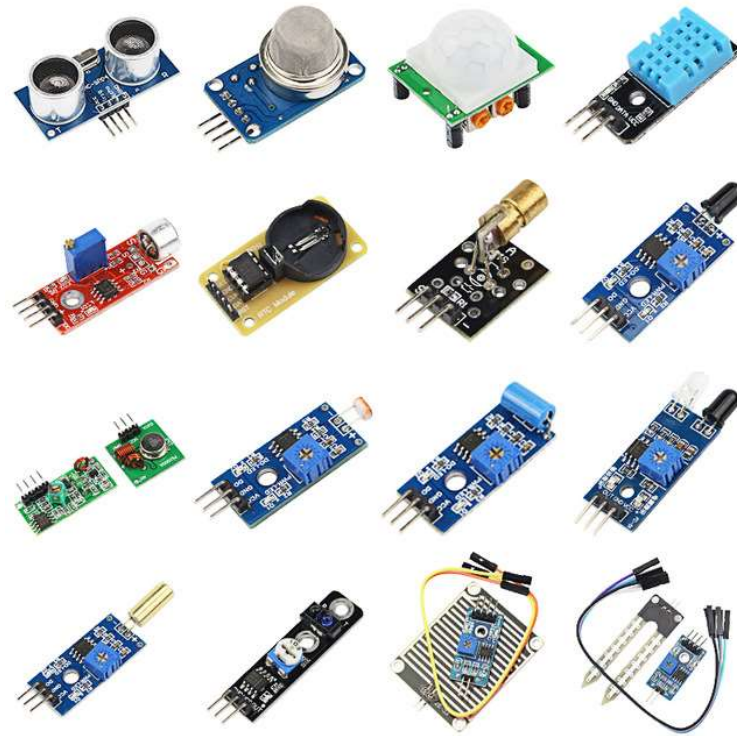


Figura 3.1. Ejemplos de sensores.

3.3.2. Acondicionador de señal

Estos acondicionadores son utilizados debido a que la mayoría de los sensores entrega una señal que debe ser adaptada para la unidad de control que las recibe.

3.3.3. Actuadores

Son los dispositivos que interactúan directamente sobre el medio exterior y los encargados de afectar de manera física el edificio. Algunos ejemplos de actuadores son: motores de persianas, contactores de iluminación, lámparas, entre otros.

Existen diferentes tipos de actuadores, a continuación, se da una breve explicación de algunos de ellos.

- **Relé.-** Los relés son interruptores que permiten conmutar circuitos de potencia más elevada mediante una señal de baja potencia. Generalmente es un dispositivo electromecánico que basa su funcionamiento en la actuación de un solenoide recorrido por una corriente continua.
- **Reguladores o dimmers.** - Son dispositivos basados en semiconductores, los cuales permiten regular la potencia que llega a una carga. En domótica suelen ser utilizados para regular la intensidad de focos, lámparas, entre otros.
- **Electroválvulas.** - Son válvulas cuya apertura es controlada mediante una señal eléctrica externa. Son utilizadas principalmente para controlar el flujo de caudales de líquidos o gases; en domótica son usados para el control de agua y gas, así como también para sistemas de aire acondicionado.
- **Resistencias eléctricas.** - Son utilizadas para elevar la temperatura del medio donde se encuentran. Algunos ejemplos son: radiadores, calefactores, entre otros.

A continuación se muestran ejemplos de actuadores (ver Figura 3.2).



Figura 3.2. Ejemplos de actuadores.

3.3.4. Interfaces

La señal entregada por un controlador, ya sea analógico o digital no siempre es compatible con las características eléctricas del actuador, por lo que se deben colocar interfaces que actúen de etapa de potencia, ya sea amplificando en tensión o corriente las señales enviadas por los controladores.

3.3.5. Infraestructura

La infraestructura para un sistema de domótica es la que se encarga de transmitir la información adquirida por los sensores al sistema o unidad de control y de alimentarlos con una adecuada tensión eléctrica. Actualmente los datos pueden ser transmitidos también de forma inalámbrica.

Se pueden distinguir las siguientes topologías de cableado de un edificio:

- **Bus:** Un medio de transmisión común recorre todos los dispositivos a controlar o extraer información.
- **Centralizada:** Desde la unidad central de proceso sale una línea a cada actuador o sensor del sistema.
- **Mixta:** Aparecen combinadas las topologías anteriores.

3.3.6. Unidad de control

Es la encargada de gestionar toda la instalación, recibiendo las señales que son enviadas por los sensores y enviando las señales que recibirán los actuadores. Además, es la que facilita la conexión con las interfaces de usuario.

3.3.7. Software de gobierno

Es el software de control que permite la parametrización, puesta en marcha y seguimiento o mantenimiento del sistema. Controla al hardware de control y se comunica con él.

Se suele dividir en varios módulos, cada uno encargado de un subsistema, como pueden ser:

- **Control de la iluminación.** - Permite observar y decidir cuándo encender y apagar las luces de un edificio. Suelen permitir hacer una programación de encendido y apagado automático.
- **Control de la climatización.** - Gestiona la climatización en las diferentes zonas, habitaciones o plantas, así como la optimización del consumo energético.
- **Control de persianas.** - Permite controlar la apertura de persianas en función de algún parámetro (luz solar, hora del día, etc.). (Romero, Vázquez, & De Castro, 2007)

3.4. Clasificación de distintas aplicaciones y servicios domóticas

Adoptando una perspectiva antropocéntrica, podemos clasificar las distintas aplicaciones y servicios domóticas en cuatro áreas, a saber: seguridad; cultura, ocio y entretenimiento; confort y ahorro energético; y por último gestión y actividades económicas. A continuación, se explica en qué consiste cada una de ellas.

- **Seguridad:** Se contemplan soluciones en materia de seguridad de los bienes y de las personas: hablamos de aplicaciones de video vigilancia, de gestión técnica de la vivienda o de asistencia personal remota.
- **Cultura, ocio y entretenimiento:** Se refiere a los servicios de ocio personal y a la carta, en sus modalidades combinables de imagen, sonido y videojuegos; pero también a las innovadoras opciones culturales y posibilidades de enseñanza a distancia que la domótica ofrece.
- **Confort y ahorro energético:** Tienen por objetivo mejorar la calidad de vida de sus usuarios, en tanto que proporcionan soluciones que facilitan la realización de actividades domésticas rutinarias y suponen una comodidad añadida, todo ello optimizando el consumo de energía. Los sistemas de climatización o la lectura remota de contadores son ejemplos de ello.
- **Gestión y actividades administrativas:** Los avances en las comunicaciones permiten gestionar un número creciente de actividades desde el sillón de casa: no es preciso desplazarnos para hacer compras, ordenar y consultar operaciones

financieras, tramitar expedientes administrativos o incluso trabajar a distancia por cuenta ajena. (Martín Domínguez & Sáez Vacas, 2006)

3.5 Ventajas de la automatización

A la hora de realizar una instalación domótica en una vivienda hay que tener en consideración que los requerimientos de los usuarios residenciales son distintos a los profesionales, ubicados en oficinas o industrias, algo que hay que tener en cuenta al evaluar la tecnología y los sistemas más adecuados para satisfacer sus necesidades que, fundamentalmente, se dirigen, como se ha comentado, a hacer más amigable su relación con el entorno en el que habita una gran parte del tiempo.

Y con todo esto, ¿para qué le sirve a alguien tener todos estos sistemas, y con qué nivel de complejidad?. Dependerá de cada uno, ya que mientras a un anciano que vive solo le bastará con un sistema de tele-asistencia muy simple tecnológicamente, pero con un alto nivel de servicio (24x7 - 24 horas, 7 días a la semana, 365 días al año), que garantice poderle ofrecer asistencia inmediata en caso de urgencia; para una familia con varios hijos puede ser más importante el poder disponer de acceso a Internet en todas las habitaciones. Para personas que viven solas, poder encender la calefacción o el aire acondicionado desde la oficina o disponer de un sistema automático de riego puede tener mucho interés; y para una pareja trabajadora puede que lo más interesante sea disponer de una cámara IP en su casa, que les permita ver a través de Internet a su hijo pequeño, que está siendo cuidado por otra persona.

3.6. Sensores Inteligentes

Los sensores inteligentes son dispositivos que permiten integrar funciones automáticas, tales como: identificación, calibración, comprobación, entre otras. Estas funcionalidades permiten que el sensor no solo entregue una señal digital, sino que además sea una señal linealizada, robusta y calibrada, de igual forma permite que dicha señal sea compatible con otros dispositivos.

Debido a que los sensores inteligentes eran diseñados por diversos fabricantes y por diferentes tecnologías, estos podían presentar problema de incompatibilidad razón por la cual se optó por definir una norma que estandarizara su fabricación y de esta forma se facilitara la interconexión.

La norma IEEE-P1451 define y generaliza el concepto de sensor inteligente como un transductor inteligente de forma que al estar montados diversos dispositivos sobre una red en común y teniendo la información necesaria se puede identificar cual dispositivo es sensor y cual es actuador y las propiedades que poseen, aun cuando cada uno de ellos sea de diferente complejidad pero mientras compartan los requerimientos mínimos de identificación, direccionalidad y comunicación, se podrá no solo que el dispositivo se conozca así mismo sino que también cuente con la capacidad de conocer a sus compañeros. (Custodio Ruiz, Bragós Bardía, & Pallás Areny, 1999).

3.7. Aplicaciones Móviles

Respecto a la definición de la aplicación móvil, los autores exponen dicha conceptualización desde puntos de vistas y enfoques diferentes. Su literatura es escasa debido a que es un concepto inmaduro y que está actualmente en un proceso de desarrollo y expansión. Inicialmente comenzaremos por los autores Scolari, Navarro, Pardo, García & Soriano, (2009); Bellman et al. (2011) que defienden la aplicación como una herramienta de promoción, donde poder generar notoriedad y una imagen positiva de marca.

Lo que se pretende es tener una repercusión mediática y fomentar un proceso viral interactivo, mediante publicidad, ofertas, descuentos, premios, etc. Autores como MMA (2011); García (2012) justifican la aplicación como un producto y en la cual aporta valor a la gestión, información y resolución al usuario interactiva y automáticamente.

A diferencia de los autores anteriores Costa, Barragáns & Rey (2012); The AppDate (2012) conciben la aplicación como un canal de venta, donde la distribución es la puerta de entrada para dicho canal y le permite vender los productos y servicios de la empresa. Además, la empresa tiene la posibilidad de acordar contratos con otras empresas para ofrecer en su

aplicación: publicidad, banners, enlaces con páginas de interés, productos y servicios de otras compañías, etc.

Por último, Sanz, Martí & Ruiz (2012) presenta a la aplicación móvil como una herramienta de gestión, donde el usuario tiene la posibilidad de desarrollar determinadas tareas como: búsqueda, información, localización, etc. (Florido Benítez, 2016) redefine el concepto de “aplicación móvil” como aquel software que se utiliza en un dispositivo móvil como herramienta de comunicación, promoción, gestión, venta y producto orientados a proporcionar al usuario las necesidades que demande de forma automática e interactiva.

3.8. Android

Android es un sistema operativo basado en Linux y orientado a dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tablets. Fue desarrollado inicialmente por Android Inc., una firma comprada por Google en el año 2005. Es el principal producto de la Open Handset Alliance, un conglomerado de fabricantes y desarrolladores de hardware, software y operadores de servicio. Las unidades vendidas de teléfonos inteligentes con Android se ubican en el primer puesto en los Estados Unidos, en el segundo y tercer trimestres de 2010, con una cuota de mercado de 43,6% en el tercer trimestre.

Android tiene una gran comunidad de desarrolladores escribiendo aplicaciones para extender la funcionalidad de los dispositivos. Android Market es la tienda de aplicaciones en línea administrada por Google, aunque existe la posibilidad de obtener software externamente. Los programas están escritos en el lenguaje de programación Java.

3.8.1. Características y especificaciones actuales:

- Plataforma adaptable a pantallas más grandes, VGA, librería de gráficos 2D, librería de gráficos 3D basada en las especificaciones de la OpenGL ES 2.0.
- Almacenamiento en base de datos QLite
- Conectividad: Android soporta las siguientes tecnologías de conectividad: GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth, Wi-Fi, LTE, and WiMAX.

- Mensajería: SMS, MMS y la Android Cloud to Device Messaging Framework (C2DM).
- Navegador web: El navegador web basado en Google Chrome.
- Soporte de Java: El código Java se compila en el ejecutable Dalvik y corre en la Máquina Virtual Dalvik. Dalvik es una máquina virtual especializada, diseñada específicamente para Android y optimizada para dispositivos móviles que funcionan con batería y que tienen memoria y procesador limitados.
- Soporta la mayoría de los formatos multimedia estándar.
- Soporte para streaming
- Soporte para hardware adicional como cámara de fotos, de video, pantallas táctiles, GPS, etc...
- Soporta tethering, el cual permite al teléfono ser usado como un punto de acceso para permitir a un computador portátil usar la conexión 3G.

3.8.2. Desarrollo y programación

Android, al contrario que otros sistemas operativos para dispositivos móviles como iOS o Windows Phone, se desarrolla de forma abierta y se puede acceder tanto al código fuente como al listado de incidencias donde se pueden ver problemas aún no resueltos y reportar problemas nuevos.

El que se tenga acceso al código fuente no significa que se pueda tener siempre la última versión de Android en determinado móvil, porque el código para soportar el hardware (controladores) de cada fabricante normalmente no es público, así que faltaría un «trozo» básico del firmware para poder hacerlo funcionar en dicho terminal, y porque las nuevas versiones de Android suelen requerir más recursos, por lo que los modelos más antiguos quedan descartados por razones de memoria (RAM), velocidad de procesador, etc.

En la actualidad existen más de 200.000 aplicaciones para Android y se estima que sobre 300.000 dispositivos móviles con sistema operativo Android se activan diariamente.

La tienda de aplicaciones Android conocida como «Android Market» retribuye a los desarrolladores el 70% del precio de su aplicación. Asimismo, el desarrollo de aplicaciones para Android no requiere aprender lenguajes complejos de programación.

Todo lo que se necesita es conocimiento aceptable de Java y estar en posesión del kit de desarrollo de software o «SDK» provisto por Google el cual, se puede descargar gratuitamente. (Martínez González, 2011)

CAPITULO IV. DESARROLLO

En este capítulo se describe a detalle el proceso y las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto.

Este proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación móvil, la cual tendrá como objetivo facilitar la gestión y a su vez permitir tener control de los diversos recursos con los que cuenta un edificio, todo esto realizado por medio de una red de domótica.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el método Lineal Secuencial o también conocida como Metodología de Cascada. Esta metodología es un proceso de desarrollo secuencial, en el que el desarrollo de software es considerado como un conjunto de etapas que se ejecutan una tras otra. En la Figura 4.1 se muestra un diagrama con las etapas que conforman dicha metodología.

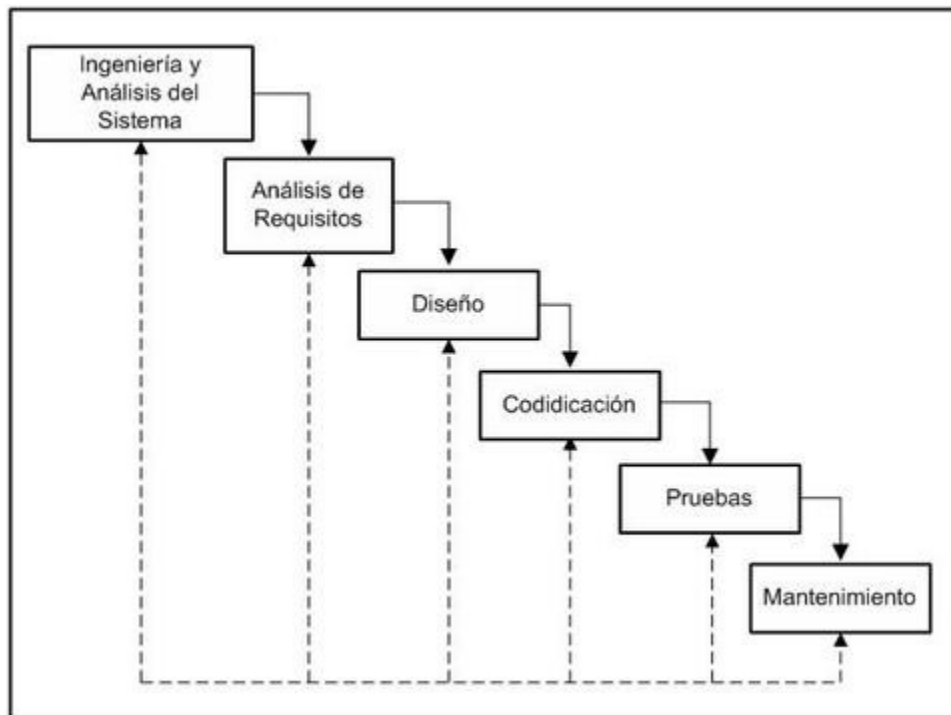


Figura 4.1. Diagrama de metodología cascada.

4.1. Análisis

4.1.1. Determinación de requerimientos

A continuación, se muestran las diferentes funciones que serán llevadas a cabo por la aplicación:

- Control de usuarios.
- Encendido y apagado de las luces.
- Control y manejo del aire acondicionado.
- Monitoreo del consumo de energía y agua.
- Capacidad de toma de decisiones (tomando en cuenta otras fuentes de información).

Con base en las funciones mencionadas anteriormente se identifican los siguientes requerimientos los cuales son clasificados de la siguiente manera:

Requerimientos funcionales

- El usuario deberá tener la posibilidad de encender y apagar las luces por medio del sistema.
- El usuario podrá hacer uso de la climatización desde el sistema.
- El sistema deberá proporcionar información importante con respecto al consumo de energía y de agua.
- El sistema deberá tener la posibilidad de detectar si una sala se encuentra vacía, esto con la finalidad de poder apagar la iluminación y la climatización del lugar.
- El sistema deberá ser capaz de tomar decisiones basándose en la información que le sea proporcionada.

Requerimientos no funcionales

- El sistema deberá contar con una interfaz amigable para el usuario.
- El sistema deberá ser tolerante a fallos.
- El sistema deberá tener un tiempo de respuesta muy alto ya que al ser un sistema en tiempo real deberá realizar las actividades de forma inmediata.
- El sistema deberá poder ser accesible a los usuarios por medio de internet.

Perfiles de Usuario

Así mismo en el sistema se contarán con diferentes perfiles de usuarios los cuales se describen a continuación:

- **Administrador.** - Contará con acceso a todo el sistema.
- **Usuario.** - Contará con acceso a las funciones del sistema.

4.1.2. Identificación de procesos actuales

A continuación, se explican los diferentes procesos que se desea sean incluidos en el sistema a desarrollar y la forma en que son realizados actualmente. Los procesos se describen a continuación:

- **Encendido y apagado de luces:**
Actualmente todo el manejo que se realiza tanto como para encendido y apagado de las luces es de forma manual, es decir que según el lugar o aula que se va ocupando se realiza el encendido de luces y se maneja que al finalizar de usar el espacio se debe realizar el apagado de las mismas.
- **Control de climatización:**
El manejo de la climatización se realiza mediante el control de las unidades de ventilación o calefacción. Al iniciar la jornada de labores se enciende para las áreas comunes, en cambio para las aulas conforme se van ocupando se enciende y se indica la temperatura a la que se desea tener el lugar y al finalizar de utilizar es apagado.
- **Consumo de energía:**
Actualmente no se cuenta con un sistema que permita tener un control para conocer el consumo de energía del edificio.
- **Consumo de agua:**
Actualmente no se cuenta con un registro o control para conocer y el consumo de agua del edificio.
- **Seguridad:**

DESARROLLO

Para el aspecto de seguridad se cuenta con cámaras de seguridad en diferentes puntos del edificio, de igual forma se cuenta con una alarma la cual se desactiva al iniciar labores y al finalizar el día se realiza la activación al momento de cerrar el edificio.

4.1.3. Análisis de interacción

A continuación, se describen los procesos que realizará el sistema, para esto se utilizarán casos de uso tipo expandido.

Caso de uso: Encender luces (ver Figura 4.2).

Actores: Usuario.

Propósito: Encender las luces cuando una sala este siendo ocupada.

Resumen: Se verifica que la sala este siendo ocupada para de esta forma encender las luces si así es requerido.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- El usuario ingresa a una sala.	2.- El sistema verifica que la sala este siendo ocupada. 3.- El sistema verifica que la luz ambiental no sea la adecuada para de esta forma encender las luces.

DESARROLLO

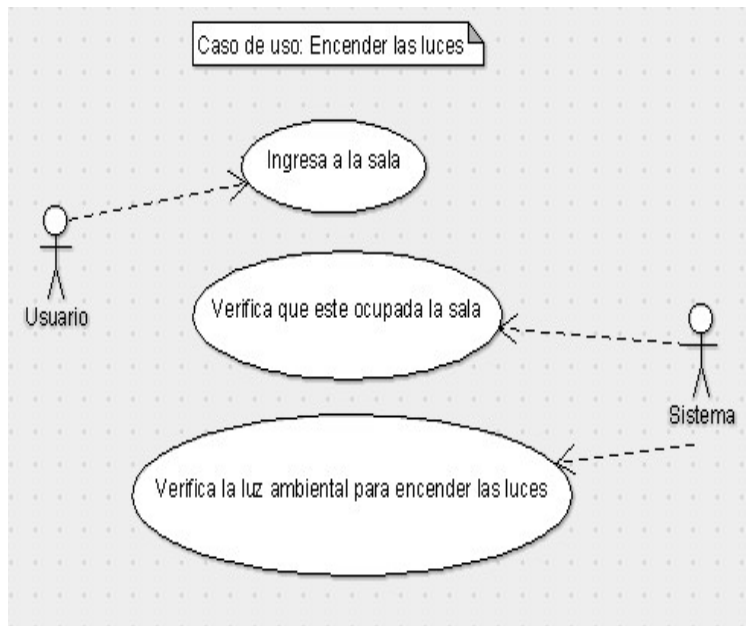


Figura 4.2. Caso de Uso: Encender luces.

Caso de uso: Apagar las luces (ver Figura 4.3).

Actores: Usuario.

Propósito: Apagar las luces cuando una sala no se esté utilizando.

Resumen: Se verifica que la sala este siendo vacía para apagar las luces.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- El usuario sale de una sala.	2.- El sistema verifica que la sala no esté siendo utilizada y si es así apaga las luces.

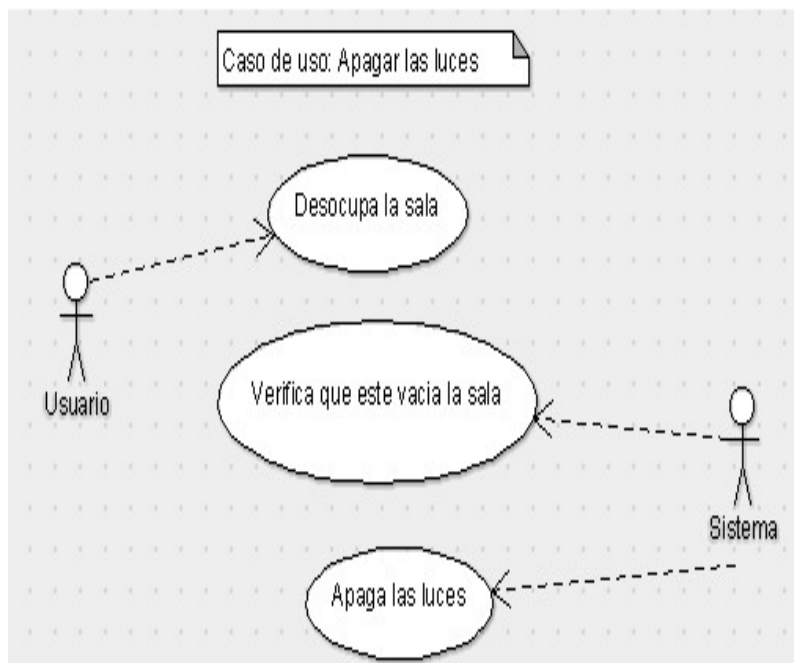


Figura 4.3. Caso de Uso: Apagar luces.

Caso de uso: Control de climatización (ver Figura 4.4).

Actores: Usuario.

Propósito: Manejar el uso de la climatización.

Resumen: Se verifica que la sala este siendo utilizada para controlar el sistema de clima.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- El usuario entra a una sala.	2.- El sistema verifica las condiciones del clima de la sala.
	3.- El sistema enciende o apaga el aire acondicionado según las necesidades del lugar.

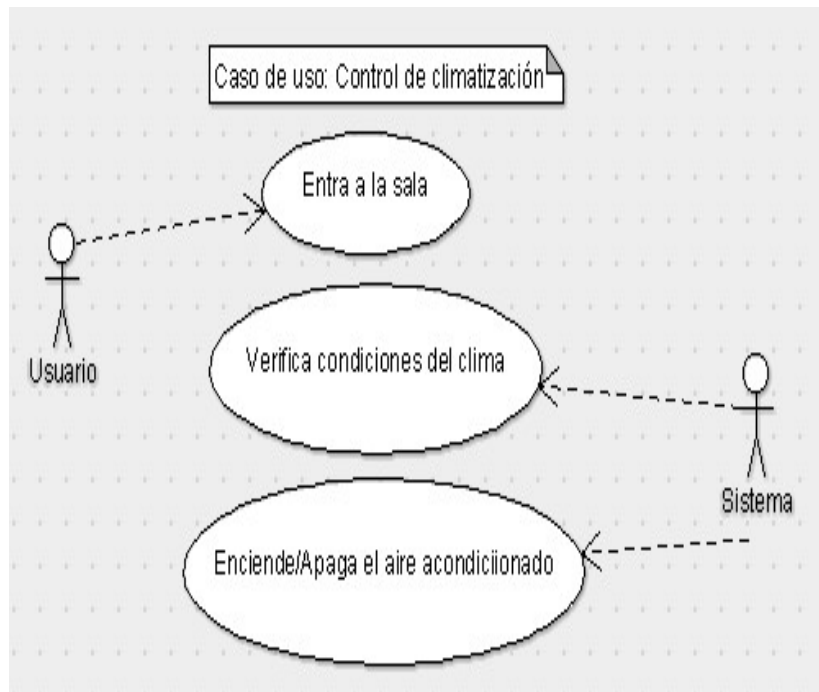


Figura 4.4. Caso de Uso: Control climatización.

Caso de uso: Consumo de agua (ver Figura 4.5).

Actores: Usuario.

Propósito: Tener un registro del consumo de agua.

Resumen: Conocer el consumo que se ha tenido del agua en cierto periodo.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- El usuario desea conocer cuál ha sido el consumo de agua.	3.- El sistema muestra los datos obtenidos del periodo capturado.
2.- El usuario captura el periodo de fechas en el que se desea conocer el consumo.	

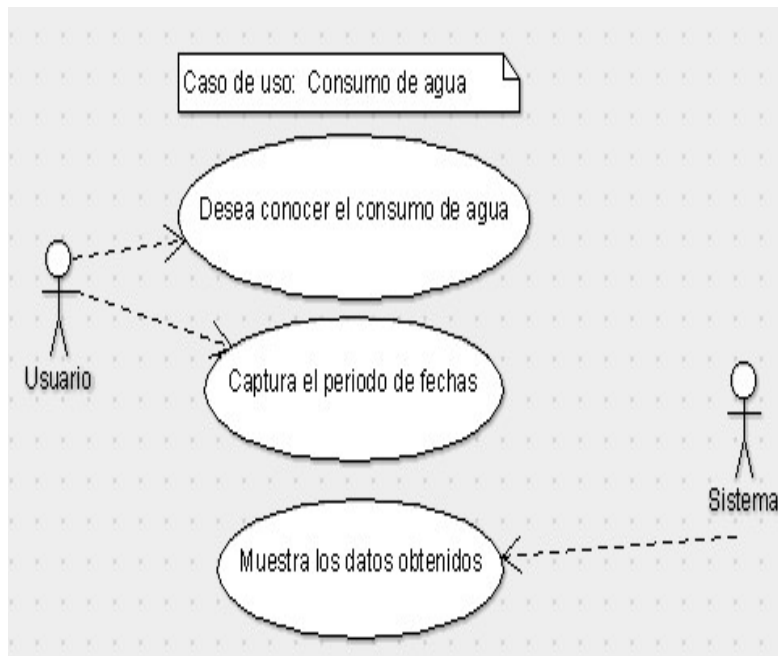


Figura 4.5. Caso de Uso: Consumo de agua.

Caso de uso: Consumo de energía (ver Figura 4.6).

Actores: Usuario.

Propósito: Tener un registro del consumo de energía.

Resumen: Conocer el consumo que se ha tenido de energía en cierto periodo.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- El usuario desea conocer cuál ha sido el consumo de energía.	3.- El sistema muestra los datos obtenidos del periodo capturado.
2.- El usuario captura el periodo de fechas en el que se desea conocer el consumo.	

DESARROLLO

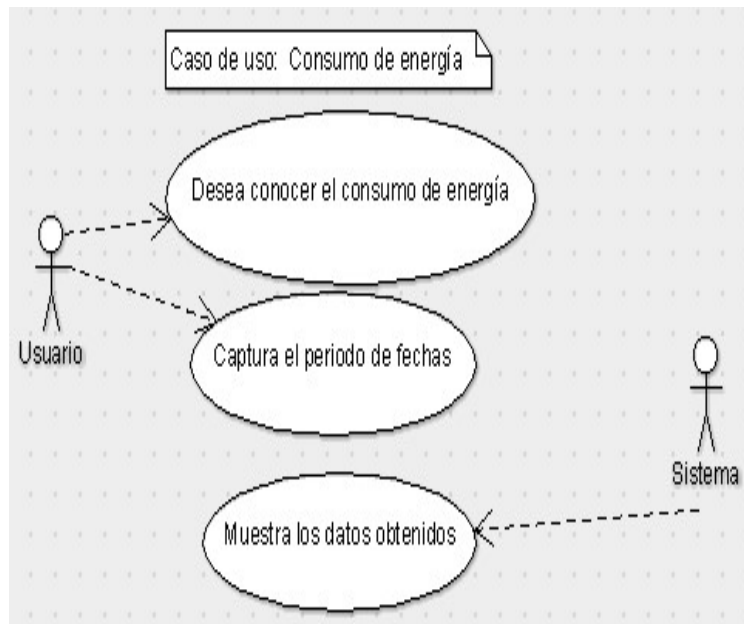


Figura 4.6. Caso de Uso: Consumo de energía.

Caso de uso: Seguridad (intrusión) (ver Figura 4.7).

Actores: Persona.

Propósito: Tener el control de la seguridad si es detectada alguna intrusión.

Resumen: Detectar cuando se tenga alguna intrusión.

Tipo: Primario.

Referencias cruzadas: No aplica.

Curso Normal de los eventos

Acción del Actor	Respuesta del sistema
1.- La persona se dirige al edificio cuando este se encuentra cerrado.	2.- El sistema detecta movimiento. 3.- El sistema enciende las cámaras de seguridad y activa la alarma. 4.- El sistema envía una notificación.

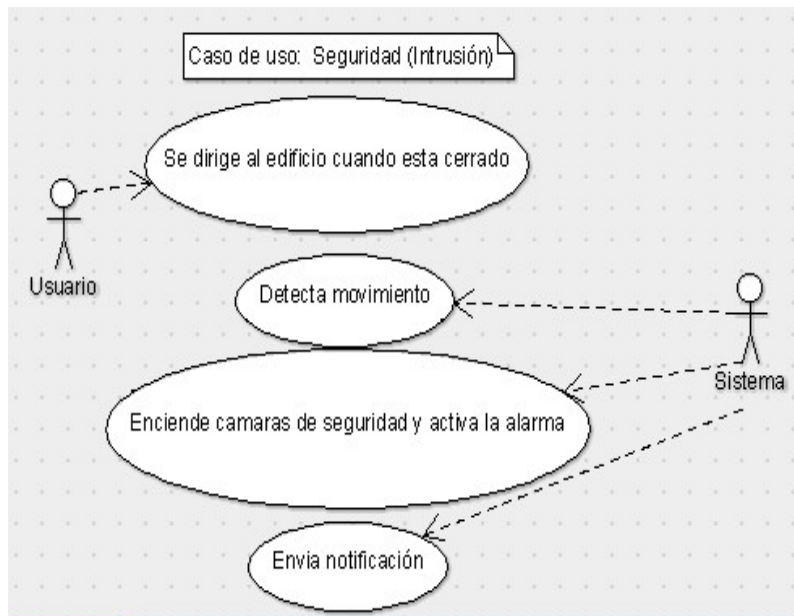


Figura 4.7. Caso de Uso: Seguridad (Intrusión).

4.2. Diseño

En esta etapa se muestra la interfaz gráfica del sistema, así como el modelo de la base de datos utilizada para el desarrollo de la aplicación.

4.2.1. Diseño de las interfaces

En la ventana de iluminación (ver Figura 4.8) se puede visualizar el status ya sea de todas las luces que se tienen incluidas en el sistema, así como también es posible seleccionar para que sean mostradas solo las de una ubicación específica.

DESARROLLO

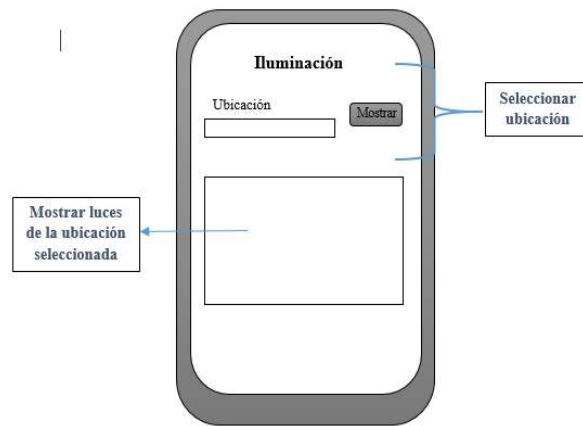


Figura 4.8. Diseño de interfaz gráfica para ventana de iluminación.

En la Figura 4.9 se muestra el diseño de la interfaz para la ventana de climatización, la página cuenta con la opción de encender o apagar el ventilador, de igual forma esto permite ver el estado actual en el que se encuentra en el sistema, también se muestra la temperatura actual y permite tener el control de la temperatura, ya sea para si se desea incrementar o disminuir.

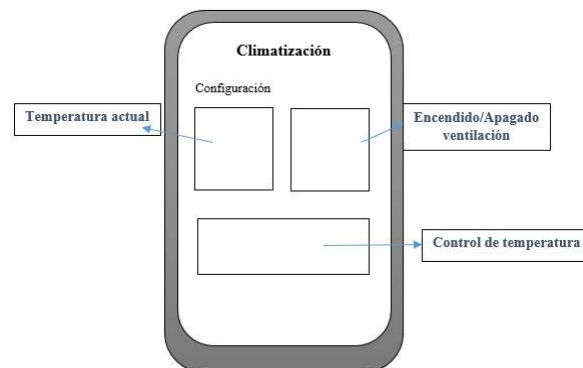


Figura 4.9. Diseño de interfaz gráfica para ventana de climatización.

4.2.2. Diseño de la arquitectura del sistema

Cada una de las páginas se relaciona entre sí basadas en las funciones que cada usuario puede realizar. En la Figura 4.10 se muestran las funciones permitidas para cada tipo de usuario.

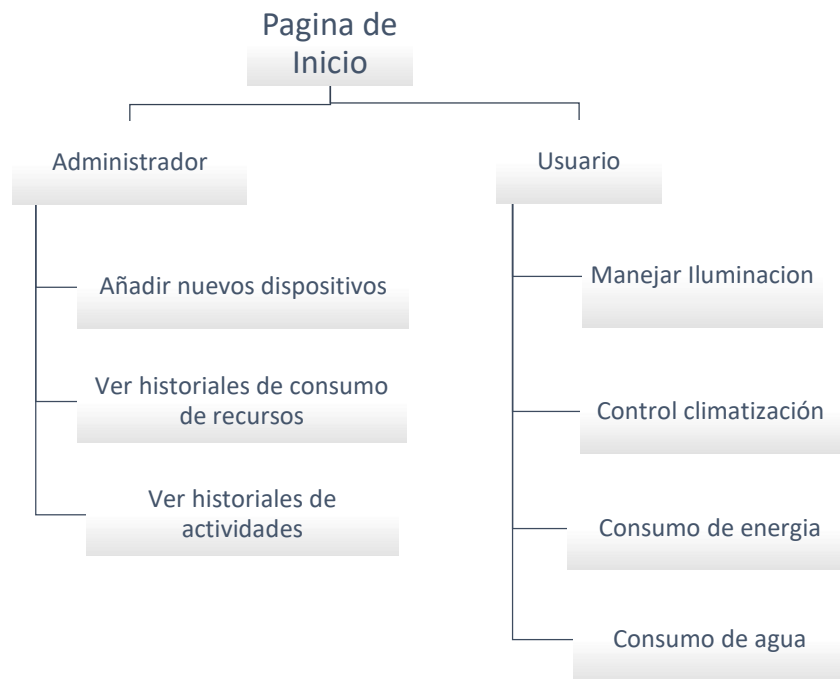


Figura 4.10. Diagrama de navegación.

4.2.3. Arquitectura de la red

Para el diseño de la red de domótica se tendrán diversos elementos los cuales se describen a continuación:

- Arduino Nano: Son los encargados de realizar las funciones que le sean indicadas.
- Arduino Mega: Sera el coordinador del sistema, el cual será el encargado de establecer comunicación con el servidor y los arduinos esclavos.

En la Figura 4.11 se muestra la arquitectura que tendrá la red de domótica.

DESARROLLO

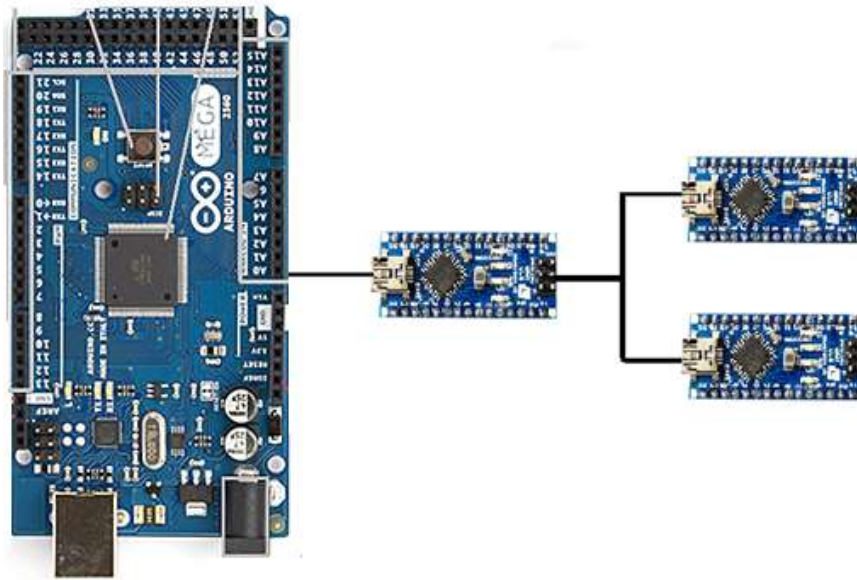


Figura 4.11. Red de domótica.

En el caso de la funcionalidad del encendido y apagado de luces se han implementado dos modos de operación para el manejo del control de luces. El primero de ellos consta de un manejo semiautomático, el cual permite controlar las luces ya sea desde la aplicación (red domótica), así como también desde el interruptor de pared, solo que hubo que sustituir los interruptores simples por interruptores de dos vías o interruptores escalera. En la Figura 4.12 se puede observar el diseño utilizado para la realización del modelo semiautomático.

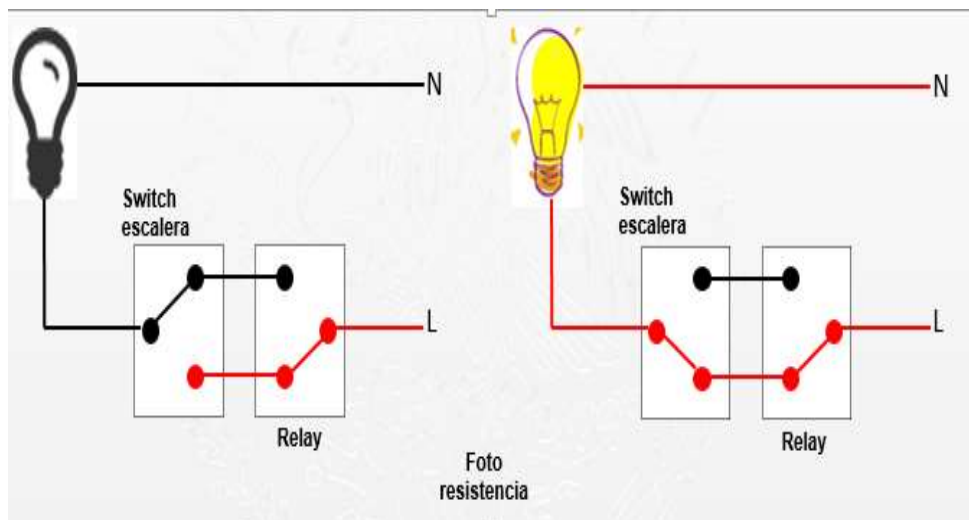


Figura 4.12. Diseño semiautomático para control de luces.

DESARROLLO

El segundo caso consta de un manejo automático, el cual realiza el control de las luces solo desde la aplicación. Al entrar en operación este modo, se inhabilitan los interruptores de pared. El diseño es tal que, en caso de falla de la red domótica, es decir que no se permita la utilización de la aplicación, el sistema cambia de manera “automática” a modo manual, lo que significa regresar el control a los interruptores de pared. En este modo no fue necesario sustituir los interruptores de pared, ya que este modo de operación utiliza interruptores simples. Sin embargo, el número de relevadores se duplicó. En la Figura 4.13 se puede observar el diseño que se utiliza para la realización del modelo automático.

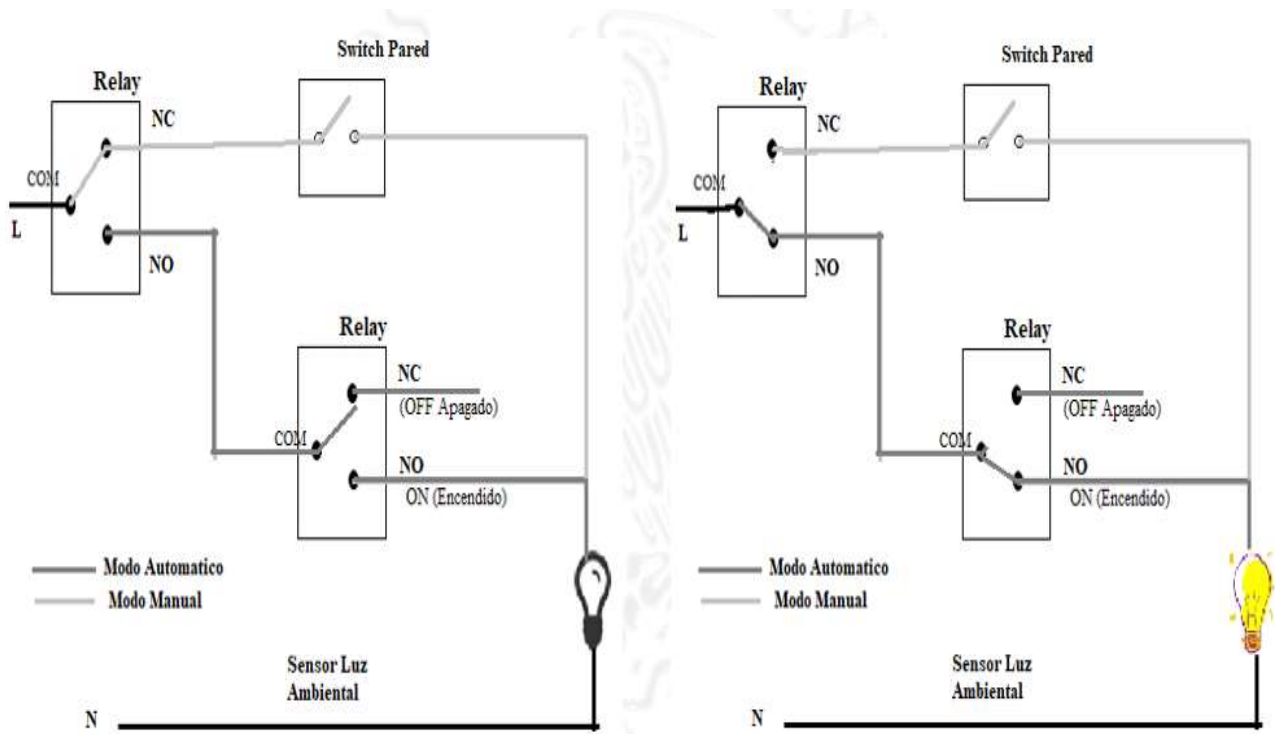


Figura 4.13. Diseño automático para control de luces.

4.2.4. Diseño de la base de datos

En seguida se muestra la base de datos que conforma el sistema.

Tablas de la base de datos

En la tabla Ubicación (ver Tabla 4.1) se incluyen los campos referentes al lugar de la casa o edificio donde podrán ser colocados los diferentes dispositivos. Como llave primaria se tiene idUbicacion.

Tabla 4.1. Tabla Ubicación.

Ubicación	
Pk	idUbicacion
	Nombre

La Tabla 4.2 muestra la información relacionada a las actividades realizadas por los diferentes dispositivos que tendrá el sistema. Se tiene como llave primaria el campo idActividad.

Tabla 4.2. Tabla Actividad.

Actividad	
Pk	idActividad
	Nombre
	Descripción

La Tabla 4.3 contiene la información relacionada a los diversos usuarios que harán uso del sistema. Se tiene como llave primaria el campo idUsuario.

Tabla 4.3. Tabla Usuario.

Usuario	
Pk	idUsuario
	Nombre
	Apellido

La tabla Dispositivo contiene la información detallada de los diversos sensores y actuadores que se tendrán instalados para el funcionamiento del sistema. En esta se tiene como llave

primaria el campo idDispositivo y como llave foránea se tiene el campo idUbicacion (ver Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Tabla Dispositivo.

Dispositivo	
Pk	idDispositivo
	Nombre
	Descripción
Fk	idUbicacion

La tabla Historial es en la que se almacenará toda la información relacionada a los eventos ocurridos dentro del sistema. Como llave primaria tiene los campos idActividad y idDispositivo y como llave foránea se tiene el campo idUsuario (ver Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Tabla Historial.

Historial	
Pk	idDispositivo
Pk	idActividad
	Fecha
	Hora
Fk	idUsuario

Diagrama Entidad-Relación

En la Figura 4.14 se muestra el diagrama entidad relación, en el cual se muestran las diversas tablas que formarán parte de la base de datos y así mismo se puede visualizar la relación que tendrán las tablas entre sí.

DESARROLLO

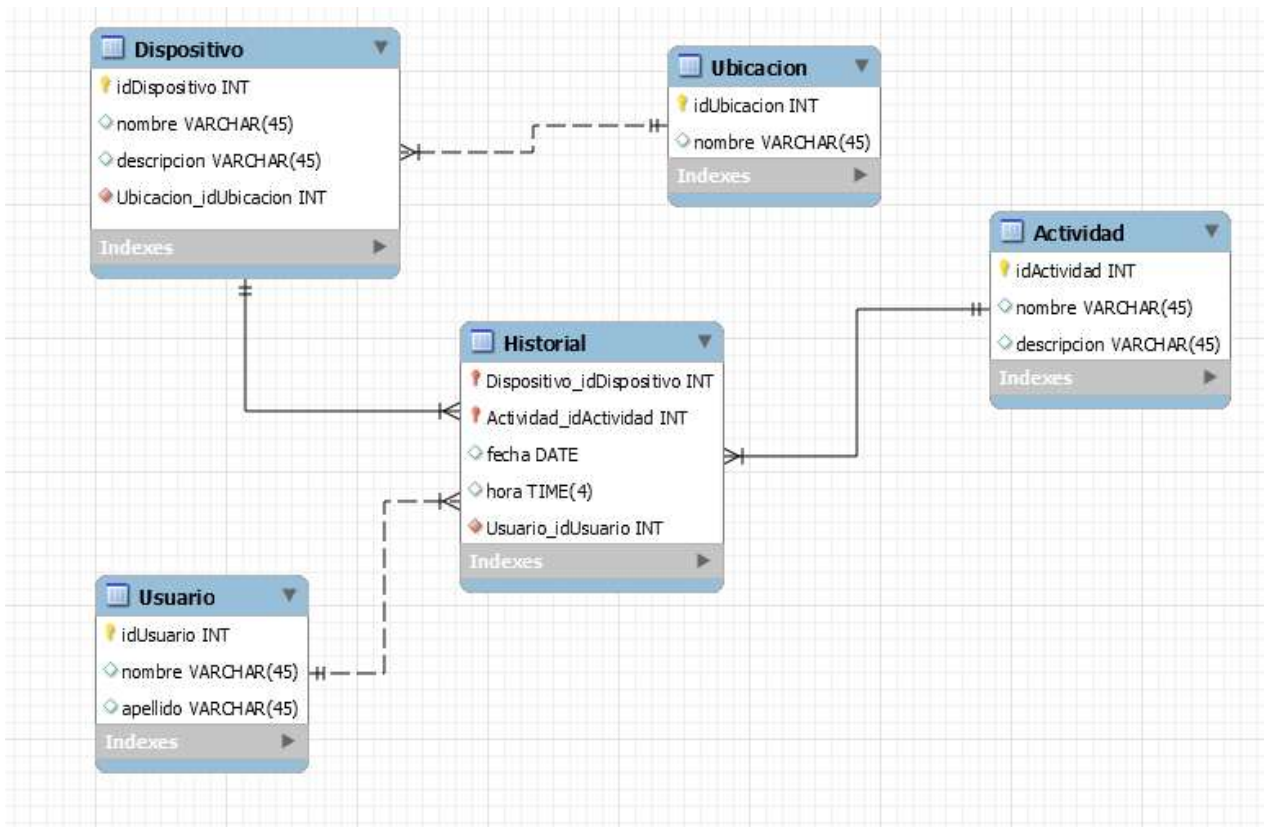


Figura 4.14. Diagrama entidad - relación.

4.3 Codificación

A continuación, se explica el código realizado para el desarrollo del sistema.

4.3.1 Codificación de la red de domótica

Para la red de domótica se utilizaron micro controladores los cuales utilizan una topología de maestro- esclavo (ver Figura 4.15), la cual funciona de la siguiente manera:

- Micro controlador esclavo. - Es el encargado ejecutar los comandos enviados por el micro controlador maestro.
- Micro controlador maestro. - Es el encargado de coordinar la comunicación con los demás dispositivos de red, así como de enviar los comandos a ejecutar.

DESARROLLO

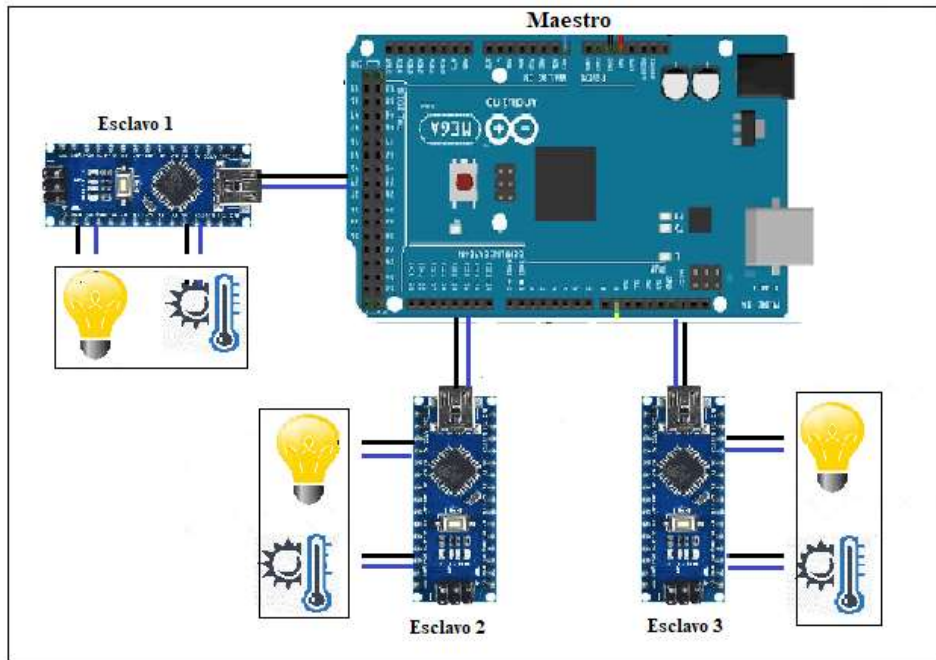


Figura 4.15. Topología de la red de domótica.

En la Figura 4.16 se muestra el funcionamiento del micro controlador maestro al enviar los comando a los esclavos.

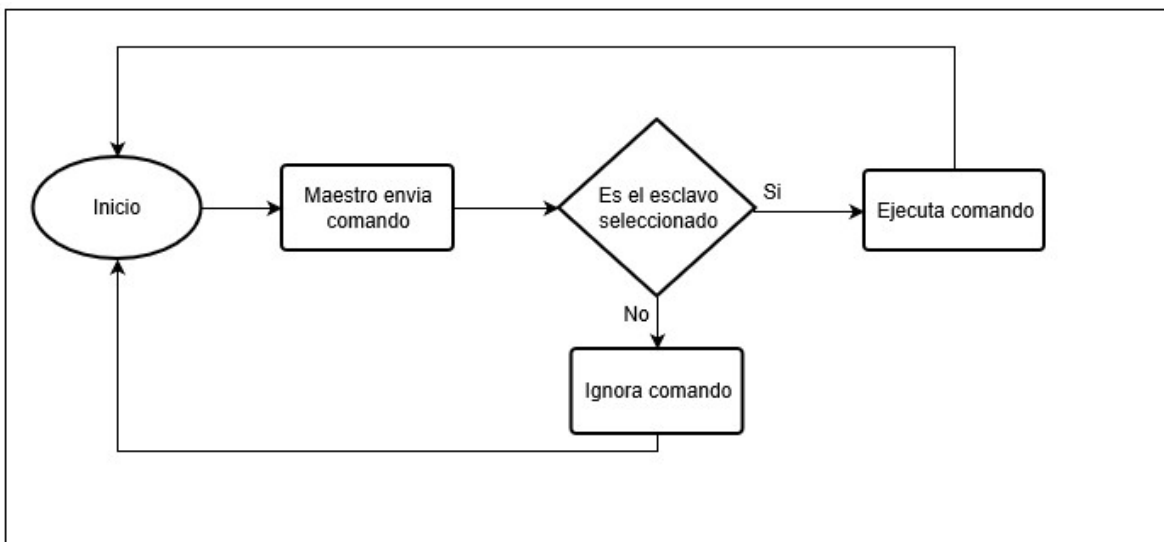


Figura 4.16. Diagrama de flujo de envío de comando.

En la Figura 4.17 se muestra el funcionamiento de los microcontroladores esclavos al recibir un comando del microcontrolador maestro.

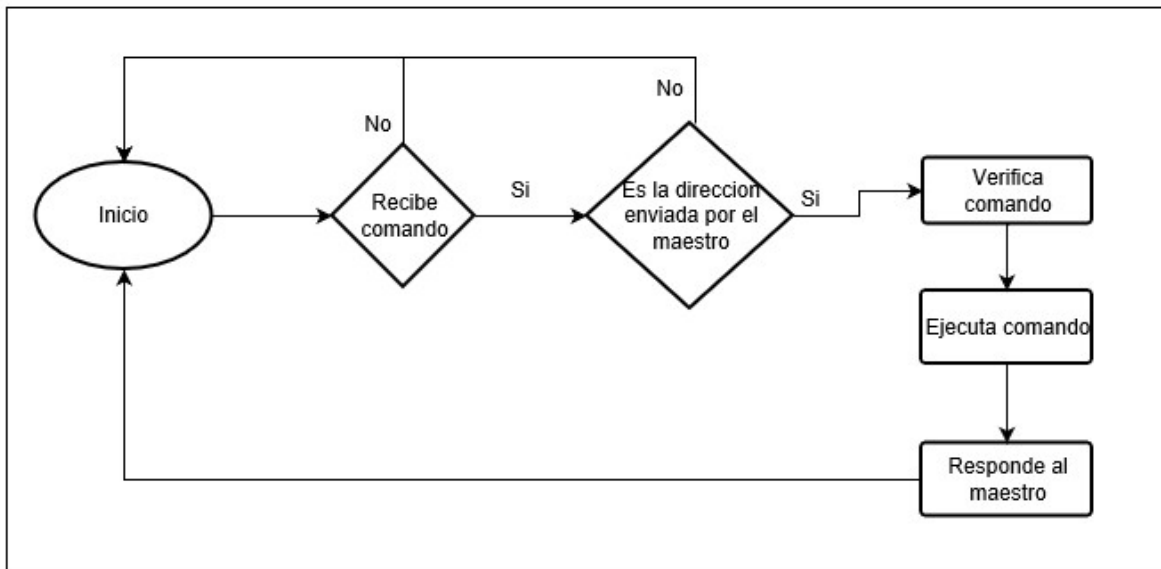


Figura 4.17. Diagrama de flujo de recepción de comando.

El código fuente tanto del microcontrolador esclavo como del microcontrolador maestro se encuentran en el Anexo 1 ambos fueron programados con el entorno de Arduino IDE.

Como parte del funcionamiento de la red de domótica el maestro es el encargado de realizar el envío de los comandos a los esclavos por medio de un broadcast, de esta forma dichos esclavos se encargan de comparar su propia dirección con la que fue enviada en el comando, esto con la finalidad de determinar si deben ejecutar el comando o si deben ignorarlo. De igual forma el maestro es el encargado de establecer la conexión a internet.

4.3.2 Codificación de la aplicación

La programación de la aplicación fue realizada en Android Studio. Para describir este proceso se muestran las pantallas resultantes del proceso.

La pantalla principal muestra los enlaces para seleccionar las diversas funciones con las que cuenta la aplicación (ver Figura 4.18).

DESARROLLO

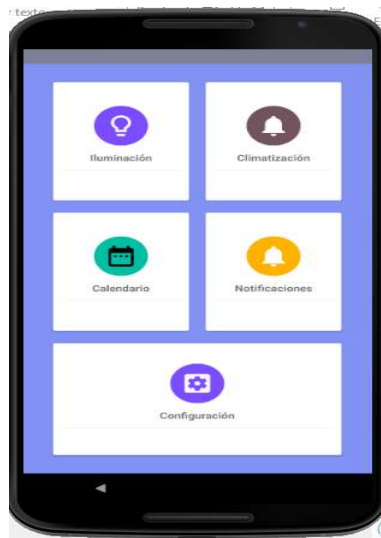


Figura 4.18. Menú principal.

En la pantalla de iluminación se pueden visualizar todas las luces de las cuales se tiene el control por medio de la aplicación, de igual forma es posible observar el status de las mismas (ver Figura 4.19).

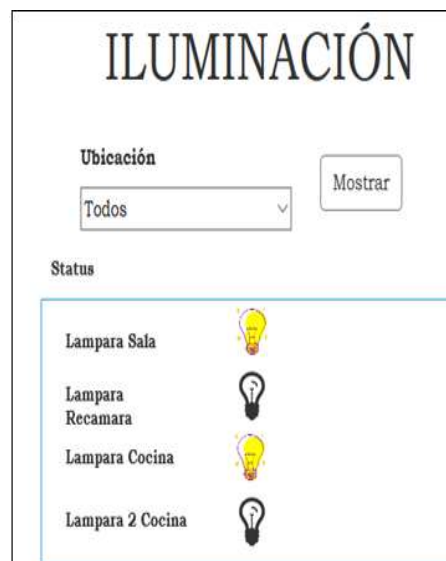


Figura 4.19. Pantalla de Iluminación.

DESARROLLO

En la Figura 4.20 se muestra la ventana de climatización en la cual se cuentan con las opciones de encendido/apagado del ventilador, así como también se puede ver la temperatura actual y cuenta con las opciones para realizar cambios en la misma.

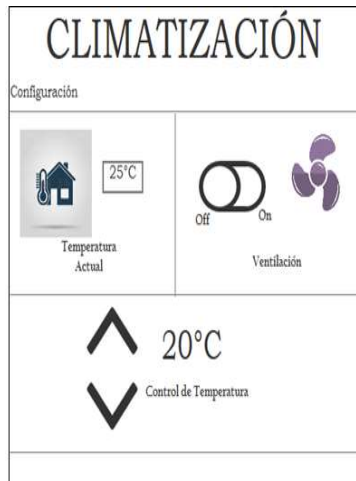


Figura 4.20. Pantalla de Climatización.

4.4 Pruebas

Como parte del desarrollo fue necesario realizar pruebas del funcionamiento del proyecto. Para las pruebas de la red de domótica se utilizó la herramienta de Arduino IDE© (ver Figura 4.21).

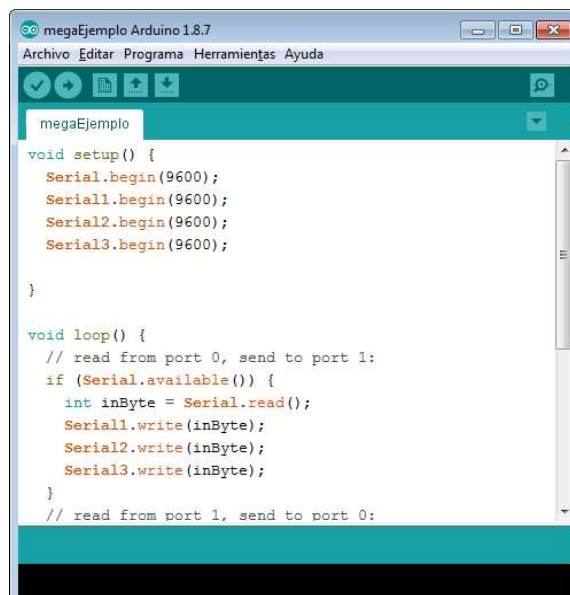


Figura 4.21. Entorno de Arduino IDE.

4.5 Implementacion

La implementación del sistema se realizó utilizando de primera instancia el subsistema de iluminación, el cual se encarga de llevar a cabo el control de las luces de una sala utilizando diversos sensores y actuadores, los cuales permiten realizar las acciones indicadas por medio de la aplicación.

La aplicación consta de botones con los cuales al presionarlos se puede cambiar el estado en el que se encuentra la luz seleccionada, de forma que una vez que se dé un clic sobre ellos se enviará la información a la red de domótica para que ejecute la acción indicada y así mismo que en el sistema se pueda visualizar el cambio. (Ver Figura 4.22).

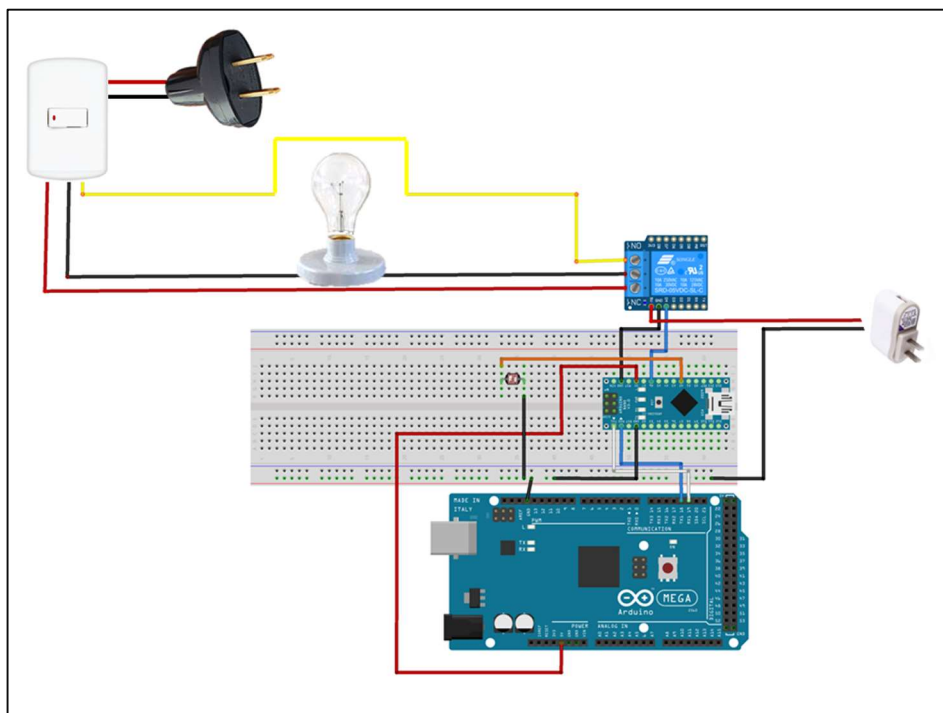


Figura 4.22. Diagrama de conexión de subsistema de iluminación.

En la Figura 4.23 se muestra la conexión realizada para el subsistema de iluminación en las cuales se puede observar cómo se puede cambiar el estado de una luz según el comando o instrucción dada por el sistema.

DESARROLLO

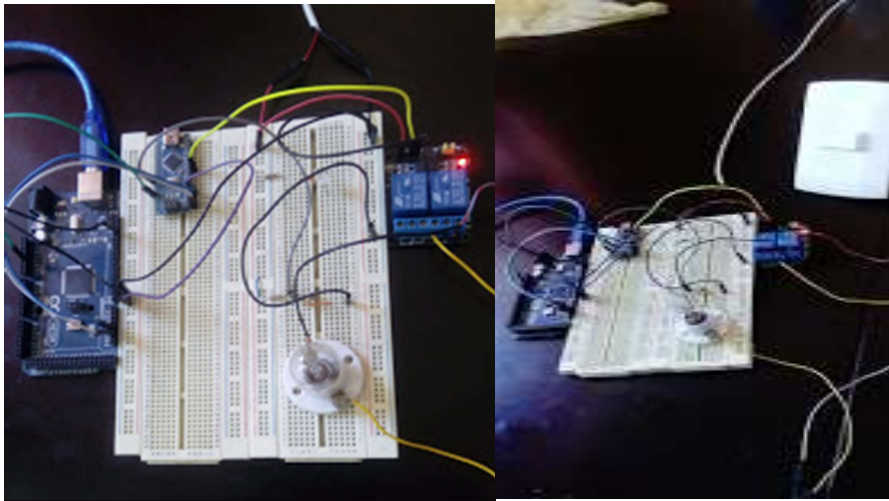


Figura 4.23. Pruebas de conexión del circuito

En la Figura 4.24 se puede ver el funcionamiento del subsistema de iluminación con la luz encendida.

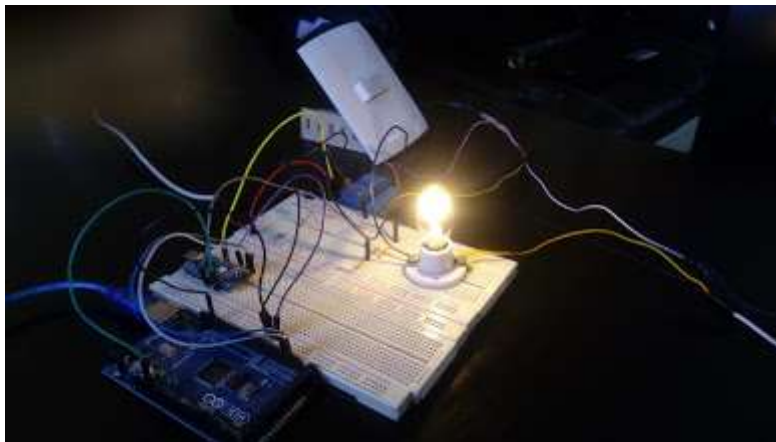


Figura 4.24. Prueba realizada con el subsistema de iluminación.

CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan y discuten los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo.

La implementación del sistema fue realizada en un edificio del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, esto con la finalidad de probar el funcionamiento del mismo. Como parte de los subsistemas que fueron probados se tienen los siguientes:

- Iluminación. - Este subsistema permite el encendido y apagado de las luces del edificio ya sea realizándolo desde el sistema o por medio de los apagadores.
- Climatización. - Este subsistema permite el control del aire acondicionado en las diversas salas del edificio.

Con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de esta tesis fue necesario estudiar las necesidades que se tenían en el edificio, así como también fue necesario la investigación de las diversas tecnologías disponibles para determinar cuáles serían las herramientas más idóneas para el desarrollo del mismo. Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El sistema fue diseñado para utilizar protocolos de comunicación abiertos, esto con la finalidad de que se lograra la compatibilidad entre los diversos componentes de la red de domótica sin importar el fabricante de los mismos.
- Se diseñó un protocolo con el cual se puede realizar el intercambio de información y status entre los dispositivos que conforman la red, así como también el envío de los diversos comandos para la ejecución de las diversas tareas.
- Se decidió realizar un sistema móvil debido a que actualmente la mayoría de las personas cuentan con algún dispositivo móvil, lo que permitiría asegurar que dicho sistema fuera utilizado.

Debido a que anteriormente no se contaba con métodos que permitieran llevar un control de los recursos utilizados en el edificio, es por eso que con la ayuda de este sistema es posible realizar el monitoreo y la gestión del uso de las luces y la climatización del edificio, lo cual

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

representa un gran beneficio para la toma de decisiones y así mismo hacer un mejor uso de los diversos recursos.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

Con el paso del tiempo se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten la interacción con nuestro entorno de manera que es posible mejorar o facilitar la gestión de los diversos recursos que forman parte de dicho entorno.

Es por esto que se desarrolló un sistema que permite a las personas tener el control y llevar a cabo el monitoreo de diversos recursos de un edificio, con la finalidad no solo de mejorar la calidad de vida de las personas, sino que de igual manera se busca tener un mejor control y de esta forma hacer un adecuado uso de dichos recursos.

Este sistema fue diseñado para ser utilizado por medio de dispositivos móviles debido a que en la actualidad la mayoría de las personas tienen acceso a esta tecnología, de forma que no es necesario la compra de equipo nuevo para el uso de dicho sistema solo la instalación de la aplicación.

Para la realización de la red de domótica fue utilizada una topología de maestro esclavo, para la cual se hizo uso de diversos sensores, actuadores y micro controladores que permitieran la eficiente comunicación entre los diversos componentes que conformaban la red.

Para la codificación de los mismos se utilizaron herramientas de software libre, esto con la finalidad de no incrementar los costos del sistema al utilizar tecnologías que requirieran el uso de licencias. De igual forma fue necesario diseñar un protocolo de comunicación que permitiera el envío y recibo de los diversos comandos mediante los cuales se indicaría la acción a realizar, así como el componente que debería realizar dicha acción.

Gracias a este sistema ahora se cuenta con la oportunidad de llevar un mejor control de los recursos utilizados, así como también dicha información puede ser utilizada para la toma de decisiones de forma que esto representa grandes beneficios no solo para los usuarios, sino que también para las personas encargadas de la administración del edificio.

Así mismo los resultados obtenidos durante el desarrollo de este sistema servirán como base para el desarrollo de trabajos a futuros que no solo permitan incrementar las mejoras en la

CONCLUSIONES

calidad de vida de las personas sino que también para conocer y realizar patrones de uso de las personas que junto con el uso de otras herramientas de la inteligencia artificial permitan tener sistemas que puedan predecir las acciones realizadas por sus usuarios, así como también el tener la capacidad de toma de decisiones basados en la información almacenada por todos los componentes que conforman el sistema.

CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA

Abdulrahman, T. A., Isiwekpeni, O. H., Surajudeen-Bakinde, N. T., & Otuoze, A. O. (2016). Design, Specification and Implementation of a Distributed Home Automation System. *Procedia Computer Science*, 473-478.

Alfaris, F., Juaidi, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2017). Intelligent home's technologies to optimize the energy performance for the net zero energy home. *Energy and Buildings*, 262-274.

Benta, K. L., Hoszu, A., Vacariu, L., & Cret, O. (2009). Agent Based Smart House Platform with Affective Control.

Cook, D. J., Youngblood, M., Heierman, E. O., Gopalratnam, K., Rao, S., Litvin, A., & Khawaja, F. (s.f.). MavHome: An Agent-Based Smart Home. *Department of Computer Science Engineering University of Texas at Arlington*, 1-15.

Custodio Ruiz, A., Bragós Bardía, R., & Pallás Areny, R. (1999). Sensores Inteligentes: Una historia con futuro. *UPC- Buran*(14), 13-18.

Florido Benítez, L. (2016). Las aplicaciones móviles contribuyen a mejorar los niveles de satisfacción del pasajero. *Revista Turismo*, 122-148.

Henriquez, M. R., & Palma, P. A. (2011). Control Automático de Condiciones Ambientales en Domótica usando Redes Neuronales Artificiales. *Información Tecnológica*, 125-139.

Huidobro, J., & Millán, R. (2004). *Domótica. Edificios Inteligentes*. Madrid: Creaciones Copyright.

Kao, Y.-W., & Yuan, S.-M. (2012). User-configurable semantic home automation. *Computers Standards & Interfaces*, 171-188.

BIBLIOGRAFIA

- Korkmaz, I., Metin, S. K., Gurek, A., Gur, C., & Gurakin, C. (2015). A cloud based and Android supported scalable home automation system. *Computers and Electrical Engineering*, 112-128.
- Lorente, S. (2004). *Domótica integral. Análisis del entorno*. Madrid: Máster en Domótica, UPM.
- Martín Domínguez, H., & Sáez Vacas, F. (2006). *Domótica: Un enfoque sociotécnico*. Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicación.
- Martínez González, F. L. (2011). *Aplicaciones para Dispositivos Móviles*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Matern, D., Condurache, A., & Mertins, A. (2013). Adaptive and Automated Ambiance Surveillance and Event Detection for Ambient Assisted Living. *35th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 7318-7321.
- Ramlee, R. A., Aziz, K. A., Leong, M. H., Othman, M. A., & Sulaiman, H. A. (2013). Wireless Controlled Methods via Voice and Internet (e-mail) for Home Automation System. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 3580-3587.
- Romero, C., Vázquez, F., & De Castro, C. (2007). *Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Schatten, M. (2014). Smart Residential Buildings as Learning Agent Organizations in the Internet of Things. *Business Systems Research*, 34-46.
- Sun, Q., Yu, W., Kochurov, N., Hao, Q., & Hu, F. (2013). A Multi-Agent-Based Intelligent Sensor and Actuator Network Design for Smart House and Home Automation. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 557-588.
- Zheng, H., Wang, H., & Black, N. (2007). Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks. 1505-1510.

ANEXO 1**Código Fuente del microprocesador esclavo**

```
#define CMDBUFFER_SIZE 8
//#define n 3
int led = 13;
char DIRECCION[3] = "01"; //Dirección del esclavo
typedef struct{
char id[3];
char subsistema[3];
int pin1;
int pinMode1;
int pin2;
int pinMode2;
int pin3;
int pinMode3;
int pin4;
int pinMode4;
int pin5;
int pinMode5;
int pin6;
int pinMode6;
} circuito;
circuito circuitos[3] = {{"01", "01", A5, 0, 6}, {"02", "01", 13, 0}, {"03", "01", 10, 0}};
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(led, OUTPUT);
    // initialize digital pin 13 as an output.
    pinMode(6, OUTPUT);
}
```

```
void loop() {}  
void serialEvent(){  
  
    static char cmdBuffer[CMDBUFFER_SIZE] = "";  
    char c;  
    while(Serial.available()  
    {  
        c = processCharInput(cmdBuffer, Serial.read());  
        if (c == '\n') {  
            //Full command received. Do your stuff here!  
            //Dividir el comando  
            char direccion [3];  
            memcpy(direccion,cmdBuffer,2);  
            direccion[2] ='\0';  
            //  
            char subsistema [3];  
            subsistema[0] = cmdBuffer[2];  
            subsistema[1] = cmdBuffer[3];  
            subsistema[2] = '\0';  
            //  
            char circuito [3];  
            circuito[0] = cmdBuffer[4];  
            circuito[1] = cmdBuffer[5];  
            circuito[2] = '\0';  
            //  
            char instruccion [3];  
            instruccion[0] = cmdBuffer[6];  
            instruccion[1] = cmdBuffer[7];  
            instruccion[2] = '\0';
```

```

if (strcmp( DIRECCION , direccion) == 0)
{
    exeSubsistema(subsistema,circuito,instruccion);
}
cmdBuffer[0] = 0;
}
}
delay(1);
}
char processCharInput(char* cmdBuffer, const char c)
{
    //Store the character in the input buffer
    if (c >= 32 && c <= 126) //Ignore control characters and special ascii characters
    {
        if (strlen(cmdBuffer) < CMDBUFFER_SIZE) {
            strcat(cmdBuffer, &c, 1); //Add it to the buffer
        }
        else {
            return '\n';
        }
    }
    else if ((c == 8 || c == 127) && cmdBuffer[0] != 0) //Backspace
    {
        cmdBuffer[strlen(cmdBuffer)-1] = 0;
    }
    return c;
}

void exeSubsistema(char* subsistema, char* circuito, char* instruccion){
    char respuesta[10];

```

ANEXOS

```
//Recorrer lista de circuitos para ver cual coincide con el comando Subsistema y circuito
int i;
char estado[2];
for (i=0; i<3;i++){
if (strcmp( circuito , circuitos[i].id) == 0 && strcmp( subsistema , circuitos[i].subsistema)
== 0){
if (strcmp( subsistema , "01") == 0) {
if(strcmp( instruccion , "01") == 0 && sensorLuz(circuitos[i].pin1)== 0 ){
cambio(circuitos[i].pin2); // Enciende el led
strcpy(respuesta,DIRECCION);
strcat(respuesta,subsistema);
strcat(respuesta, circuito);
strcat(respuesta, instruccion);
estado [0]= '1';
estado [1]= '\0';
strcat(respuesta,estado);
Serial.println(respuesta);
}
if(strcmp( instruccion , "00") == 0 && sensorLuz(circuitos[i].pin1) == 1){
cambio(circuitos[i].pin2); // Apagar el led
strcpy(respuesta,DIRECCION);
strcat(respuesta,subsistema);
strcat(respuesta, circuito);
strcat(respuesta, instruccion);
estado [0]= '0';
estado [1]= '\0';
strcat(respuesta,estado);
Serial.println(respuesta);
}
}
```

```
    }  
  }  
  if (strcmp( subsistema , "02") == 0){  
    Serial.println("\r\nSub Ventilacion");  
  }  
}  
}  
}  
int sensorLuz (int entradaAnaloga){  
  int sensorValor = analogRead(entradaAnaloga);  
  if(sensorValor <= 100){  
    //SIGNIFICA QUE LA LUZ ESTÁ APAGADA  
    return 1;  
  } else {  
    //significa que la luz esta encendida  
    return 0;  
  }  
}  
}  
  
void cambio (int pin){  
  int estado = digitalRead(pin);  
  if (estado == 1 ){  
    digitalWrite(pin, LOW);  
  } else {  
    digitalWrite(pin, HIGH);  
  }  
}  
}
```

Código fuente del microprocesador maestro

```
void setup() { //Se inicializan los puertos serie
Serial.begin(9600);
Serial1.begin(9600);
Serial2.begin(9600);
Serial3.begin(9600);
}

void loop() { // lee de Puerto 0, Envía a los otros puertos (1 2 3):
  if (Serial.available()) {
    int inByte = Serial.read();
    Serial1.write(inByte);
    Serial2.write(inByte);
    Serial3.write(inByte);
  }

  // lee de Puerto 1,2 o 3 y Envía a puerto 0:
  if (Serial1.available()) {
    int inByte = Serial1.read();
    Serial.write(inByte);
  }

  if (Serial2.available()) {
    int inByte = Serial2.read();
    Serial.write(inByte);
  }

  if (Serial3.available()) {
    int inByte = Serial3.read();
    Serial.write(inByte);
  }
}
```