



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL CENTRALIZADA UTILIZANDO EL
PROTOCOLO INALÁMBRICO ZIGBEE PARA EL HOGAR.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones.

Profesora Guía

Mg. Milton Neptalí Román Cañizares

Autor

Walter Giovanni Herrera Calero

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Mg. Milton Neptalí Román Cañizares
Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones
C.I. 0502163447

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

MSc. Héctor Fernando Chinchero Villacís
Máster en Domótica
C.I. 1715451330

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Walter Giovanni Herrera Calero
C.I. 050225236-4

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho este espacio para agradecer a mi tutor el Ingeniero Milton Román por su valiosísima y acertada guía para puntualizar incuestionables capítulos durante el desarrollo de este trabajo de titulación, así como también al Dr. Gonzalo Mendieta y al Msc. Xavier Armendáriz por sus consejos constructivos y grandes amigos.

DEDICATORIA

Al Divino Niño por darme la fortaleza para seguir en pie batallando adversidades, y en especial a mi madre por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos: y gracias por creer en mí.

RESUMEN

Hoy en día la tecnología sigue evolucionando con el propósito de agilizar, optimizar, y seguir innovando el entorno que nos rodea e incluso en las actividades cotidianas que realizamos en nuestro vivir diario.

En plena revolución tecnológica se habla de la era del Internet de las Cosas en inglés Internet of Things; abreviado IoT; es decir objetos inteligentes habituales que están permanentemente conectados al Internet, proporcionando datos e información en tiempo real con el designio de brindar una amplia gama de servicios y aplicaciones de automatización y control inteligentes para el beneficio de la sociedad.

En primer lugar el proyecto de automatización y control tiene objetivo diseñar una red con la tecnología inalámbrica ZigBee enfocada a hogares. Debido a esto se examina los requerimientos del usuario para un hogar compuesto de 2 plantas; en conjunto con los servicios que se van a automatizar; para en lo posterior seguir con el levantamiento de la información en sitio y realizar el dimensionamiento de dispositivos con el propósito de brindar una adecuada solución a los requerimientos que plantea el usuario.

Otro aspecto fundamental a considerar es el diseño del aplicativo para dispositivos móviles basados en Android que servirá de interfaz de usuario entre el software y hardware con el objetivo de realizar un evento de automatización y control en el ambiente del hogar ya sea utilizando la red de área local así como también remotamente accediendo desde cualquier lugar con acceso al Internet

ABSTRACT

Nowadays technology continues to evolve with the purpose of speeding up, optimizing, and continuing to innovate the environment that surrounds us and even in the daily activities that we perform in our daily living.

In the same way, in the midst of a technological revolution, the Internet era of IoT Things is being talked about; the objects and people, even between objects can connect in the Internet network providing data and information in real time with the aim of providing a wide range of services and applications of intelligent automation and control for the benefit of society.

In the first place, the present automation and control project is based on the design of the network in ZigBee wireless technology focused on homes. On the other hand, the present plan examines the requirements of the user for a household composed of 2 floors; In conjunction with the services to be automated; In order to continue with the lifting of the information on site and carry out the sizing of devices with the purpose of providing an adequate solution to the requirements that the user proposes.

Another fundamental aspect to consider is the design of the application for mobile devices based on Android; The same that serves as user interface between software and hardware in order to perform an automation and control event in the home environment using the local area network as well as also remotely accessing from anywhere in the world.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ALCANCE	2
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1. CAPITULO I. MARCO TEÓRICO	5
1.1. RED DE DATOS.....	5
1.1.1. Clasificación de las redes de datos	5
1.1.1.1. Redes de datos de acuerdo a la cobertura	5
1.1.1.2. Redes de datos de acuerdo a los medios de transmisión	6
1.2. MODELO OSI.....	9
1.3. PROTOCOLO IP	10
1.3.1. Ip versión 4.....	10
1.3.1.1. Clases de direcciones Ip.....	10
1.3.1.2. Ip versión 6	11
1.3.1.3. Formato	11
1.3.1.4. Regla para notación reducida.....	12
1.4. DOMÓTICA	13
1.4.1. Ventajas de la domótica	13
1.4.2. Sistemas de control de la domótica.....	14
1.4.2.1. Sistema de control centralizado.....	14
1.4.2.2. Sistema de control descentralizado	15
1.4.2.3. Sistema de control distribuído.....	15
1.4.3. Elementos de la domótica	16
1.4.3.1. Sensores.....	16
1.4.3.2. Actuadores.....	18

1.4.3.3. Interfaces	18
1.4.3.4. Unidad de control	19
1.4.3.5. Software de gestión	19
1.5. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN EN LA DOMÓTICA	19
1.5.1. ZigBee	19
1.5.1.1. Ventajas de ZigBee	19
1.5.1.2. Aplicaciones ZigBee	20
1.5.1.3. Direccionamiento básico	20
1.5.1.4. Canales	20
1.5.1.5. Desarrollo del estándar	21
1.5.1.6. Arquitectura ZigBee	21
1.5.1.7. Capa MAC	23
1.5.1.8. Capa Física	23
1.5.1.9. Comparación de ZigBee y otras tecnologías de automatización ..	23
1.5.2. Wi-Fi	25
1.5.2.1. Estándares 802.11 Wi-Fi	26
1.5.2.2. Topologías de red Wi-Fi	27
1.5.2.3. Alcance	27
1.5.3. Bluetooth	28
1.5.3.1. Arquitectura Bluetooth	28
1.5.3.2. Velocidad de transmisión y versiones	29
1.5.3.3. Especificaciones	30
1.5.3.4. Seguridad	30
1.5.4. Near Field Communication	30
1.5.4.1. Desarrollo de NFC	31
1.5.4.2. Velocidad	31
1.5.4.3. Modos de operación	31
1.5.4.4. Interfaz y Protocolo de Comunicación de Campo Cercano NFCIP ..	32
1.5.5. Z-Wave	33
1.5.5.1. Alcance y número de dispositivos en la red	33
1.5.5.2. Tipos de nodos Z-Wave	33
1.5.5.3. Capas RF y MAC	34

1.5.5.4. Capa de transferencia	35
1.5.5.5. Capa de enrutamiento	35
1.5.5.6. Capa aplicación	35
1.5.5.7. Seguridad Z-wave.....	36
1.5.6. X-10.....	37
1.5.6.1. Funcionamiento	37
1.5.6.2. Límite de dispositivos	37
1.5.6.3. Características técnicas tecnología X-10.....	37
1.5.7. 6LoWPAN.....	38
1.5.7.1. Encabezado de direccionamiento de malla	39
1.5.7.2. Encabezado de fragmento.....	39
1.5.7.3. Los nodos	40
1.5.7.4. Internet	41
1.5.7.5. Edge router	41
1.5.7.6. Ventajas 6LoWPAN	41
1.5.8. Insteon	41
1.5.8.1. Funcionamiento	42
1.5.8.2. Interoperabilidad	42
1.5.8.3. Protocolos y dispositivos.....	42
1.5.8.4. Velocidad de transmisión.....	43
1.6. SOLUCIONES DOMÓTICAS AVANZADAS EN	
EDIFICACIONES.....	43
1.6.1. LonWorks	43
1.6.1.1. Protocolo redes LonWorks.....	43
1.6.1.2. Medios de transmisión	43
1.6.1.3. Estandarización	44
1.6.1.4. Tecnología	44
1.6.2. BACNet	47
1.6.2.1. Estándar BACNet	47
1.6.2.2. Medios de comunicación	47
1.6.2.3. Interoperabilidad	48
1.6.2.4. Tecnología	48

1.6.3. BUSing	50
1.6.3.1. Tipo de sistema	51
1.6.3.2. Capacidad del sistema y cobertura.....	51
1.6.3.3. Protocolo de comunicación.....	51
1.6.3.4. Características esenciales protocolo BUSing	51
1.6.3.5. Topología.....	52
1.6.3.6. Medios de físicos	52
1.6.4. Knx.....	52
1.6.4.1. Estandarización	53
1.6.4.2. Medios de transmisión.....	53
1.6.4.3. Modos de configuración.....	54
1.6.4.4. Interoperabilidad	55
1.6.4.5. Alcance y cobertura	55

2.CAPITULO II. DISEÑO DE LA RED Y

COMPONENTES DE HARDWARE	56
2.1. ASPECTOS PREVIOS AL DISEÑO	56
2.2. REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.....	56
2.2.1. Servicios de automatización y control en el hogar	56
2.2.1.1. Ahorro energético	57
2.2.1.2. Seguridad	57
2.2.1.3. Confort.....	58
2.2.1.4. Software de automatización y control	58
2.2.1.5. Aplicativo de gestión en hogares	58
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO BIFAMILIAR.....	59
2.3.1. Levantamiento de la información.....	60
2.3.1.1. Descripción de la primera planta	60
2.3.1.2. Descripción de la segunda planta.....	63
2.4. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	66
2.4.1. Dimensionamiento de dispositivos para primera planta	66

2.4.2. Dimensionamiento de dispositivos para segunda planta.....	67
2.5. NORMATIVA Y BUENAS PRÁCTICAS PARA LA	
UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DOMÓTICOS.....	68
2.5.1. Sensores en interiores	69
2.5.2. Ubicación de los actuadores	69
2.5.3. Ubicación de electroválvulas.....	69
2.6. PLANOS DE INSTALACIÓN DE ELEMENTOS POR	
PLANTAS	70
2.6.1. Plano ubicación de dispositivos domóticos primera planta	70
2.6.2. Plano ubicación de dispositivos domóticos segunda planta.....	71
2.7. DISEÑO DE LA RED PARA EL HOGAR DOMÓTICO.....	73
2.7.1. Topología de la red	73
2.8. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DEL HARDWARE	73
2.8.1. Análisis de dispositivos en base a requerimientos del diseño	73
2.8.1.1. Hardware de procesamiento y control	73
2.8.1.2. Microcontrolador PIC	74
2.8.1.3. Arduino	74
2.8.2. Selección del hardware de procesamiento y control	76
2.8.3. Hardware de comunicación inalámbrica xbee	78
2.8.3.1. Introducción a XBee	78
2.8.3.2. Definición de XBee	78
2.8.3.3. Selección hardware de comunicación inalámbrica XBee	79
2.9. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE PARA DISEÑO Y	
SIMULACIÓN DE HARDWARE	79
2.9.1. Proteus.....	79
2.9.1.1. Ares	80
2.9.1.2. Vsm	80
2.9.1.3. Isis	80
2.10. SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DE	
MICROCONTROLADORES	80
2.10.1. PIC C compiler	80

2.11. DIAGRAMA DE LA RED Y DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS	81
2.11.1. Descripción de los dispositivos que intervienen en la red	82
2.11.1.1. Fuentes de alimentación.....	82
2.11.1.2. Router Wireless LAN	82
2.11.1.3. Descripción del dispositivo WLAN	82
2.11.1.4. Módulo Wi-Fi ESP 8266.....	83
2.11.1.5. Descripción general de los XBee.....	83
2.11.1.6. Circuito básico módulo XBee.....	85
2.11.1.7. Tipos de nodos XBee	85
2.11.1.8. Topología de red.....	86
2.11.2. Topología física de la red	87
3. CAPITULO III. DESARROLLO DEL SOFTWARE	89
3.1. ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE	89
3.1.1. Desarrollo del software de aplicación en la sección hogar.....	89
3.1.1.1. Plataformas móviles y su lenguaje de programación.....	90
3.1.1.2. Android	90
3.1.1.3. IOS	91
3.1.1.4. Windows Phone.....	91
3.1.1.5. Elección del lenguaje de programación	92
3.1.1.6. Desarrollo de aplicativo móvil	93
3.1.1.7. Diagrama de flujo aplicativo móvil	94
3.1.1.8. Configuración XBee en software XCTU.....	100
3.1.1.9. Configuración del Arduino para el envío y recepción de datos hacia la Nube.....	101
3.1.2. Desarrollo del software de aplicación en la sección nube	101
3.1.2.1. Base de datos MySQL.....	102
3.1.2.2. Configuración y creación de la base de datos MySQL	103
3.1.2.3. Configuración del servidor MySQL para la conexión con el Arduino	105

3.1.2.4. Configuración de accesos y privilegios en base de datos	105
3.1.2.5. Privilegios del usuario en base de datos	106
3.1.3. Desarrollo del software de aplicación en la sección usuario remoto	107
3.1.3.1. Requisitos mínimos	107
3.1.3.2. Portal web BeeHome	107
4.CAPITULO IV. DISEÑO DEL PROTOTIPO	109
4.1. ORGANIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DEL PROTOTIPO	110
4.1.1. Ciclo estructural del prototipo en el espacio hogar	110
4.1.1.1. Diseño y descripción del modelo a escala de un hogar	111
4.1.1.2. Materiales y estructuras	112
4.1.1.3. Diagrama del prototipo	112
4.1.1.4. Elección del microcontrolador PIC 16F870	114
4.1.1.5. Bocetos y diagramas circuitales del prototipo	114
4.1.1.6. Diagrama circuital de sirena y portón	117
4.1.1.7. Diagrama electrónico de iluminación, sensor PIR, magnéticos, y persianas	119
4.1.1.8. Diseño circuital de humedad de suelo para jardín	121
4.1.1.9. Programación de los microcontroladores PIC	123
4.1.2. Ciclo estructural del arquetipo en la nube	123
4.1.2.1. Circuito electrónico nodo XBee Coordinador	124
4.1.3. Ciclo estructural del arquetipo en el espacio usuario local o remoto ...	126
4.1.4. Pruebas y resultados de funcionamiento del prototipo	127
4.1.4.1. Resultados obtenidos de sensores	130
4.1.4.2. Causas	133
4.1.4.3. Solución	135
5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DEL SISTEMA	137
5.1. SISTEMAS DOMÓTICOS ACTUALES	137

5.2. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS Y LOS ALÁMBRICOS	138
5.2.1. Precio	138
5.2.2. Fiabilidad del sistema	139
5.2.3. Funcionalidades del sistema	139
5.2.4. Evolución a largo plazo	139
5.3. COMPARATIVA ENTRE SOLUCIONES	140
5.3.1. ZigBee	140
5.3.1.1. Características y capacidades	140
5.3.1.2. Fiabilidad de comunicación.....	141
5.3.1.3. Seguridad de comunicación.....	141
5.3.1.4. Interoperabilidad	141
5.3.1.5. Precios.....	141
5.3.2. Z-Wave.....	142
5.3.2.1. Características y capacidades	142
5.3.2.2. Fiabilidad de comunicación.....	143
5.3.2.3. Seguridad de comunicación.....	143
5.3.2.4. Interoperabilidad	143
5.3.2.5. Precios.....	143
5.3.3. Insteon	144
5.3.3.1. Fiabilidad de comunicación.....	144
5.3.3.2. Seguridad de comunicación.....	144
5.3.3.3. Interoperabilidad	144
5.3.3.4. Precios.....	144
5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE SOLUCIONES PARA HOGARES	145
5.5. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO.....	145
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
6.1. CONCLUSIONES.....	147
6.2. RECOMENDACIONES	149

REFERENCIAS.....	150
ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos que intervienen en el desarrollo del prototipo.....	4
Figura 2. Clases de Red.....	11
Figura 3. Formato binario hexadecimal IPv6.....	12
Figura 4. Reducción de notación en direcciones IPv6.....	13
Figura 5. Ventajas de la domótica.....	14
Figura 6. Sistema de control centralizado.....	15
Figura 7. Sistema de control descentralizado.....	15
Figura 8. Sistema de control distribuido.....	16
Figura 9. Tipos de actuadores.....	18
Figura 10. Arquitectura ZigBee.....	22
Figura 11. Características de la tecnología Bluetooth.....	28
Figura 12. Arquitectura de Bluetooth.....	28
Figura 13. Formato de trama Singlecast Z-Wave.....	34
Figura 14. Características de X-10.....	38
Figura 15. 6LoWPAN encabezamiento de apilamiento.....	39
Figura 16. Encabezado de fragmento 6LoWPAN.....	40
Figura 17. Red 6LoWPAN.....	40
Figura 18. Estructura de un paquete LonWorks.....	44
Figura 19. Trama de datos LonWorks.....	45
Figura 20. Mensaje de BACNet desde un dispositivo BACNet no IP a un dispositivo BACNet / IP.....	50
Figura 21. Características protocolo BUSing.....	51
Figura 22. Aplicativo móvil para la gestión de hogares.....	59
Figura 23. Ubicación geográfica del hogar.....	60
Figura 24. Levantamiento de información primera planta incluye garaje.....	61
Figura 25. Levantamiento de plano primera planta.....	62
Figura 26. Levantamiento de información segunda planta.....	64
Figura 27. Levantamiento de plano segunda planta.....	65
Figura 28. Instalación de dispositivos domóticos primera planta.....	71
Figura 29. Ubicación de dispositivos domóticos segunda planta.....	72
Figura 30. Diagrama de topología lógica de la red.....	81

Figura 31. Características módulo Wi-Fi.	83
Figura 32. Conexiones mínimas requeridas para XBee.	85
Figura 33. Diagrama físico de la red.	88
Figura 34. Componentes de software sección hogar.	89
Figura 35. Procesos de software de aplicación en la sección hogar.	90
Figura 36. Entorno de Desarrollo de Android.	93
Figura 37. Diagrama de flujo pantalla principal App.	94
Figura 38. Diagrama de flujo primera planta.	95
Figura 39. Diagrama de flujo aplicativo segunda planta.	96
Figura 40. Diagrama de flujo sección garaje aplicativo móvil.	97
Figura 41. Interfaz gráfica de inicio del aplicativo móvil.	98
Figura 42. Interfaz gráfica primera y segunda planta.	99
Figura 43. Interfaz gráfica jardín y garaje.	100
Figura 44. Software XCTU para la configuración de red XBee.	101
Figura 45. Procesos de software de aplicación en la sección nube.	102
Figura 46. Creación de la Base de Datos en el Servidor Web.	104
Figura 47. Configuración de campos en la tabla actuadores.	104
Figura 48. Configuración de campos en la tabla sensores.	105
Figura 49. Creación del usuario root para el acceso a la base de datos.	106
Figura 50. Privilegios del usuario en base de datos.	106
Figura 51. Login portal web BeeHome.	108
Figura 52. Automatización y control remoto a través de la Web.	109
Figura 53. Diagrama del diseño del prototipo.	110
Figura 54. Descripción de los procesos en el diseño del prototipo.	111
Figura 55. Prototipo arquitectónico fundamentado en la primera planta.	111
Figura 56. Diagrama del prototipo.	113
Figura 57. XBee dispositivo Final de sensor de humo-gas y temperatura.	115
Figura 58. PCB XBee dispositivo final humo, gas y temperatura.	116
Figura 59. Diagrama circuital de sirena y portón.	117
Figura 60. Diseño PCB de sirena y portón.	118
Figura 61. Diagrama circuital de iluminación, PIR, magnético y persianas. ...	119
Figura 62. Esquema PCB de iluminación, PIR, magnético y persianas.	120

Figura 63. Diagrama de circuito de sensor de humedad de suelo en jardín. .	121
Figura 64. Diseño de placa electrónica de sensor de humedad de suelo.	122
Figura 65. Descripción de los procesos en el diseño del prototipo.....	123
Figura 66. Diagrama circuital XBee Coordinador – ESP8266 – Arduino.....	124
Figura 67. Layout del circuito XBee Coordinador.....	125
Figura 68. Esquema estructural del arquetipo de acceso remoto.	126
Figura 69. Iluminación prototipo.	127
Figura 70. Apertura de persianas.	129
Figura 71. Apertura de portón en garaje.	129
Figura 72. Pruebas y resultados de los sensores.....	130
Figura 73. Valor del delay en el procesamiento de datos.....	134
Figura 74. Cambio en la sentencia delay por delayMicroseconds.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Las capas del modelo OSI.	10
Tabla 2. ZigBee versus tecnologías de automatización y control.....	25
Tabla 3. Cuadro comparativo de estándares 802.11 Wi-Fi.	26
Tabla 4. Bluetooth y sus versiones.....	29
Tabla 5. Características de Z-Wave.	36
Tabla 6. Zonas y detalle de planta primer piso.....	63
Tabla 7. Zonas y detalle de planta segundo piso.	66
Tabla 8. Dispositivos electrónicos para instalación en primera planta.	66
Tabla 9. Dispositivos electrónicos para instalación en segunda planta.....	67
Tabla 10. Características principales PIC 16F873A.	74
Tabla 11. Especificaciones tarjetas Arduino.....	76
Tabla 12. Características técnicas Arduino UNO R3.....	77
Tabla 13. Especificaciones de la Series 2 XBee.	84
Tabla 14. Resultados pruebas de funcionamiento.	132
Tabla 15. Resultados obtenidos ejecutando cambios en el código.	136
Tabla 16. Distintos sistemas de comunicación domótica.	137
Tabla 17. Comparativa de protocolos principales para hogares inteligentes..	138
Tabla 18. Costo del proyecto tecnología ZigBee.....	142
Tabla 19. Costo del proyecto con tecnología Z-wave.....	143
Tabla 20. Costo del proyecto con tecnología Insteon.....	145
Tabla 21. Comparativa de principales tecnologías para hogares inteligentes	146

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En los noventa los edificios convencionales añaden múltiples mejoras y a su vez los hogares inteligentes empiezan a ser una realidad más visible. Cualquier edificio dotado de sistemas inteligentes de climatización, de accesos, e iluminación, etc. Era considerado en aquel tiempo como innovador e inteligente cuando en realidad las palabras adecuadas habrían sido edificio domótico (Faludi, 2011).

En las últimas décadas es indudable la continua evolución tecnológica; ya que en la actualidad se puede contar con ambientes de uso cotidiano con el objetivo de ofrecer condiciones de vida vanguardista en hogares y construcciones existentes.

Igualmente el impacto que ha originado la domótica en la automatización de ambientes; surge la necesidad de introducir tecnologías alámbricas e inalámbricas con el fin de suministrar la interacción de dispositivos dentro de una residencia.

El hogar es el espacio de confort y junto con el protocolo inalámbrico ZigBee; que ha evolucionado a lo largo de estos años para innovar la automatización y control en hogares logrando convertirla en un lugar mucho más placentero, seguro, inteligente, cálido y sobre todo con todas las comodidades que el cliente merece. El protocolo inalámbrico 802.15.4 es un sistema magnífico para desplegar una red de sensores y actuadores con pequeños paquetes de envío y recepción de información admitiendo un sobresaliente control de todas las funciones del hogar y de sus diferentes elementos; proporcionando así una mejor gestión en cuanto a las instalaciones de la vivienda y por ende controlar el consumo global de la energía.

Y por último reiterar que la energía es un recurso natural que no se puede derrochar inconscientemente y es el principal motivo por el cual atrae más y más atención para su eficiente uso.

Alcance

El alcance de este trabajo de titulación es el diseño e implementación del prototipo de una red para la automatización y control centralizado para el hogar utilizando el protocolo inalámbrico ZigBee. Por consiguiente, el modelo para la implementación se lo plasmará en una maqueta arquitectónica a determinada escala de un hogar; en el cual nos permitirá tener una idea de cómo funcionan los elementos embebidos instalados en una vivienda real; tanto los controladores, los actuadores y sensores serán instalados en la misma para su demostración respectiva.

Para llegar a cumplir con lo mencionado con anterioridad se realizará un análisis de las diferentes opciones de desarrollo de aplicaciones orientadas a objetos y se desarrollará la aplicación móvil para un dispositivo móvil basado en lenguaje de programación orientado a objetos.

Los servicios que se van a automatizar son amplios y para ello he definido los relevantes tales como controlar el encendido/apagado de luces, condiciones ambientales en el hogar (temperatura), apertura de persianas, control automático de apertura de puertas garaje, detectar presencia de intrusos, detectar fugas de gas, sistema de irrigación en el jardín.

Para alcanzar el cumplimiento de lo mencionado anteriormente se pondrá en práctica lo aprendido en las materias a lo largo de la carrera tales como: electrónica digital y analógica, micro-controladores, telefonía celular, lenguaje de programación, redes inalámbricas, aplicaciones móviles y marco regulatorio de telecomunicaciones.

Justificación

Si bien es cierto un hogar inteligente se lo podía imaginar que solamente era posible en las grandes ciudades y en ciertos hogares exclusivos; ahora a medida que avanza la tecnología a pasos gigantes en cuanto a la domótica, el internet de las cosas ha permitido que el servicio se difunda aceleradamente tanto en edificios como en hogares.

La principal razón por el cual realizo el presente proyecto es con la finalidad de prestar comodidad y seguridad al usuario en el hogar mediante un sistema domótica utilizando el protocolo ZigBee, conducido a través de una aplicación

móvil para dispositivos Android; ya sea un Smartphone o Tablet para controlar diferentes servicios y pueda acceder desde cualquier ubicación dentro del rango establecido por el protocolo inalámbrico ZigBee haciéndolo idóneo para automatización y control.

El protocolo en mención tiene la ventaja de que sus dispositivos entran en bajo consumo de energía en forma automática cuando están inactivos, dado que la aplicación desarrollada no maneja un gran volumen de datos y se adapte a las necesidades del mismo.

En la actualidad los sistemas domóticas implementan su red de comunicación mediante tecnología alámbrica mayoritariamente, lo cual implica tiempo y recurso para su instalación, siendo aún más significativos estos parámetros cuando la misma se la debe realizar en un edificio u hogar que no cuenta con la adecuada infraestructura para realizarlos, sino que hay que improvisar la instalación, afectando en ocasiones la estética del lugar e incluso llegando a tener que realizar trabajos de obra civil. Mientras tanto al usar tecnología inalámbrica para el mismo propósito hace que sea eficiente y eficaz.

Otro punto importante es cubrir la necesidad de un mercado creciente que está interesado en automatizar su hogar usando un tipo de tecnología que no consume mucha energía en sus dispositivos para tales funciones de domótica; y sea un ahorro significativo e ideal en la factura o planilla de energía eléctrica.

Objetivo General

- Diseñar e implementar el prototipo de una red de automatización y control centralizado para el hogar utilizando el protocolo inalámbrico ZigBee.

Objetivos Específicos

- Analizar las tecnologías inalámbricas existentes similares a ZigBee; mediante el estudio de las características técnicas de cada una de ellas, y realizar una comparación.
- Diseñar el aplicativo para dispositivos móviles androide utilizando un lenguaje orientado a objetos Java, previo el análisis de las diferentes opciones de desarrollo de aplicaciones orientadas a objetos para el automatizado y control centralizado en hogares.

- Implementar el prototipo utilizando el Protocolo ZigBee para la automatización y control centralizado en hogares para brindar comodidad al usuario.
- Realizar un análisis técnico económico de la solución propuesta frente a otras soluciones alámbricas e inalámbricas.

Metodología de la investigación

En el presente proyecto se utilizará los dos métodos que se detalla a continuación:

Método Inductivo

En este método se realizará la comparación de las tecnologías inalámbricas para automatizar casas inteligentes; así como también verificar su cobertura, alcance, rangos de frecuencia, compatibilidad entre fabricantes, software licenciado, en este tipo de soluciones domóticas.

Método experimental

En este método se aplicará la construcción del prototipo, así como también el funcionamiento de los dispositivos y la interacción del aplicativo móvil con los dispositivos embebidos.

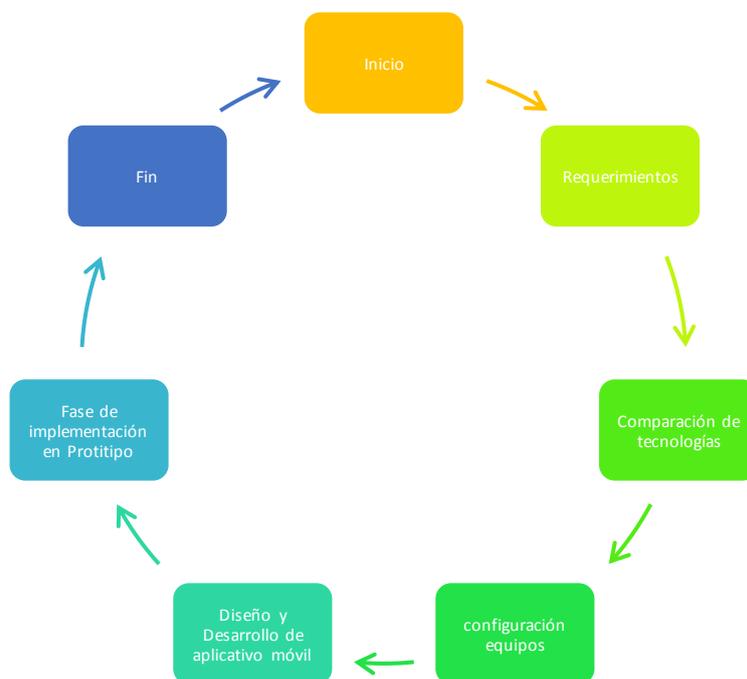


Figura 1. Procesos que intervienen en el desarrollo del prototipo.

1. CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se despliega un preámbulo de la red de datos en la Internet, clasificación de las redes, protocolo IP, modelo OSI; así como también un extracto de conceptos, ventajas, arquitectura y los elementos tales como sensores, actuadores y la central de gestión en la domótica. Por consiguiente, se describen y se realiza una comparación de las tecnologías alámbricas e inalámbricas ZigBee para fines domóticas e inmóticas.

1.1.RED DE DATOS

Una red de datos es aquella red que transmite y recepta información ya sea por medio de PC interconectadas, red de sensores con enfoque en la domótica entre otros; mediante algún medio físico sea impulsos eléctricos u ondas electromagnéticas con el objetivo de compartir datos y recursos informáticos, ficheros e incluso software de forma eficiente y eficaz.

1.1.1.Clasificación de las redes de datos

Se puede clasificar las redes de datos de acuerdo a distintos criterios tales como:

- Cobertura.
- Medios de transmisión.
- Topología física.

A continuación, se analizan las tres primeras.

1.1.1.1.Redes de datos de acuerdo a la cobertura

En cuanto a este criterio las redes de datos más principales se muestran en el siguiente ejemplo; y para ello se puntualizan en el siguiente orden:

- LAN
- MAN
- WAN y;
- PAN.

Red de área local

Conocida como red LAN por sus siglas en inglés (Local Area Network); es una red limitada en su cobertura; suele ser una red de propiedad privada que conecta enlaces de una oficina, campus universitario. En la actualidad, el

tamaño de las LAN está limitado a unos pocos kilómetros. Están diseñadas para compartir recursos entre computadores personales y estación de trabajo. Los recursos a compartir pueden incluir hardware y software.

Red de área metropolitana

Se conoce como Red de Área Metropolitana (MAN, por sus siglas en inglés). Es la interconexión de varias redes de área local dispersas en una ciudad, pero pertenecientes a una misma corporación privada. La cobertura en esta red es mayor a los 4 km dependiendo del cable utilizado y la tecnología empleada (Ribes & Jesús, 2013).

Red de área extensa

El medio de transmisión de las redes de área extensa conocido en inglés como (Wide Area Network); se amplía a lo largo de un área geográfica tales como ciudades, provincias y a nivel internacional; para ello utiliza redes públicas y privadas. Establece comunicaciones privadas, y los medios en los cuales se basa son: cable de fibra y teléfono (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

Redes de área personal

La Red de Área Personal (PAN, por sus siglas en inglés), es una red integrada por todos los dispositivos que se encuentran en el entorno local del usuario tales como: tabletas, televisores y teléfonos inteligentes, e impresoras. La característica primordial de este tipo de red es permitir al usuario establecer comunicación entre dispositivos con el objetivo de compartir archivos mediante Bluetooth, Wi-Fi Direct, y NFC. Se puede decir que la red PAN tiene una cobertura de una casa o una pequeña oficina, y operan a 2.4 GHz sin licencia (Ribes & Jesús, 2013).

1.1.1.2.Redes de datos de acuerdo a los medios de transmisión

Según este criterio las redes de datos pueden ser alámbricas o medios guiados e inalámbricos:

Medios de transmisión guiados o alámbricos

A través de este medio se constituye el cableado; y su función es transferir la señal de un extremo a otro. Entre los principales medios guiados en el campo de las redes y ordenadores existentes son:

Par trenzado

El par trenzado es el cable de red de uso muy común en la actualidad; consiste en cuatro pares de hilos de cobre cruzados entre sí, con el propósito de tener menores interferencias, reducir la diafonía o interferencia de señales de los cables adyacentes, y aumentar la potencia. Tiene una longitud desde el concentrador a la estación de 100 metros y puede transmitir a una velocidad de 1 Gbps en categoría 5e y 6; incluso en categoría 6A y 7 pueden llegar en un futuro a una velocidad de transmisión de 10 Gbps (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

Coaxial

Está compuesto por un hilo de cobre dentro de una envoltura de plástico en la parte central, y sobre el cilindro de plástico está rodeada de una malla metálica que proporciona una pantalla a las interferencias; y por último está cubierto por un caucho color negro denominado chaqueta fabricado en PVC para la protección en entornos externos. Es más económica que la fibra óptica, e incluso provee mayores distancias que el par trenzado bordeando los 500 metros. El principal uso del cable coaxial es en aplicaciones de audio / visual (AV) como televisión por cable, las cámaras de CCTV, y otras aplicaciones de gran ancho de banda. Poco a poco, el cable coaxial está siendo reemplazado por un cable de fibra óptica (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

Fibra óptica

Se caracteriza por transmitir señales de luz, es inmune a interferencias electromagnéticas, baja atenuación obteniendo así la interconexión de grandes distancias, e incluso soporta anchos de banda superior a los 10 Gbps. Una desventaja del cable de fibra óptica es que es mucho más frágil que el cable de cobre. La fibra puede estar compuesta de vidrio o plástico, en las redes de cable de fibra óptica pueden ser difíciles de montar por su composición, y en cuanto a costos son más caros que los cables de cobre.

Medios de transmisión no guiados o inalámbricos

Las comunicaciones sin cable más comunes utilizados en la actualidad para diferentes propósitos se clasifican brevemente en los siguientes:

Ondas de radio

Este tipo de medio opera en las bandas de frecuencia desde los 55 a 550MHz; es muy común usado en las transmisiones de televisión, incluso en la radiodifusión. Los transmisores de radio pueden ser contruidos para operar a frecuencias más altas, las longitudes de onda más cortas y más potencia.

Microondas

La radiación de microondas opera en el orden de 1 – 10 GHz; se utiliza para transmitir datos a través de largas distancias, ya que proporciona un buen ancho de banda a través de enlaces de transmisión en línea de visibilidad directa. Las microondas son primordiales en el mundo de las telecomunicaciones y se utilizan en las redes celulares, radio, televisión y en el espacio es decir por satélite. Entre las aplicaciones importantes de esta tecnología son: aviación, control de tráfico aéreo y misiles, entre otros (Behrouz, Combs, & Chung, 2014)

Infrarrojo

La distancia de transmisión de infrarrojos es relativamente corta y dependiendo del hardware generalmente se limita alrededor de entre 1 y 10 metros. Si la visibilidad directa se pierde, se interrumpe la conexión. Opera al igual que un control remoto de televisión; es decir que la conexión deberá ser en línea de vista o punto a punto entre dispositivos que establecen la comunicación; porque la luz infrarroja no penetra obstáculos. Las longitudes de onda que se utilizan se encuentran en el intervalo de 850 a 900 nm (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

Láser

Un láser de comunicación transmite un haz estrecho de luz que es modulada en impulsos para transportar los datos. La luz del láser es sensible a las condiciones atmosféricas y proporciona sólo una distancia de transmisión relativamente corto, de 8 a 30 metros o menos (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

Redes de datos por topología física

Dentro de las redes de datos por topología física se citan a las subsiguientes:

Red en bus

Este tipo de red es conocida comúnmente como red lineal; igualmente se caracteriza por tener un canal de comunicaciones único denominado backbone donde se conectan todos los distintos dispositivos que conforman la red (Behrouz, Combs, & Chung, 2014).

Red en anillo

Conocida como red circular debido a que cada estación es conectada a la siguiente; y la última está conectada a la primera.

Red en estrella

En esta topología todas las estaciones están conectadas en forma directa a un punto central; con el objetivo de que todas las comunicaciones se hagan exclusivamente a través de este.

Red en malla

Cada dispositivo tiene un enlace punto a punto con cualquier otro dispositivo. Por lo tanto una topología en malla es robusta; si un enlace falla, no inhabilita a toda la red.

Red en árbol

La topología en árbol conocida como una red jerárquica; es decir los nodos están colocados en forma de un árbol. Asimismo la mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central.

Red híbrida

En este tipo de red conocida como red mixta ya que combina varias topologías mediante subredes enlazadas entre sí para formar una red mayor (Behrouz, Combs, & Chung, 2014).

1.2.MODELO OSI

El modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos, del inglés Open Systems Interconnection; es un diseño por niveles para sistemas que están abiertos a la comunicación con otros tipos de medios de red (Behrouz, Combs, & Chung, 2014). Este modelo divide las comunicaciones de red en siete capas diferentes y a continuación se describe como se usa cada capa en el proceso de comunicación. Ver TABLA 1.

TABLA 1. Las capas del modelo OSI.

Capas	Tráfico	Función
Aplicación	Datos	Gestiona la conexión de red entre una aplicación y la red.
Presentación	Datos	Los datos se formatean en una forma que puede ser procesado en el sistema de recepción.
Sesión	Datos	Crea la conexión única entre el envío y la recepción de los sistemas y asegura que los datos se transfieren correctamente.
Transporte	Segmentos o datagramas	Gestiona los aspectos de la transmisión y recepción de datos.
Red	Paquetes	Controla el direccionamiento utilizado para la transmisión de datos
Enlace de datos	Tramas	Transforma un medio de transmisión puro en línea libre de errores.
Física	Bits	Define el método de transmisión tales como: fibra o radio.

Tomado de: (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

1.3.PROTOCOLO IP

IP significa Protocolo de Internet y es el protocolo de transporte de datos de Capa 3 en el modelo OSI. Asimismo es uno de los protocolos de Internet más importantes que permite el desarrollo y transporte de datagramas de IP es decir paquetes de datos, aunque sin garantizar la entrega y por ende es el corazón de la capa de la Internet. Provee un esquema de direccionamiento conocido como dirección IP que es un número que identifica a un dispositivo en una red como por ejemplo: 192.168.1.26 (Teran, 2010).

1.3.1.Ip versión 4

En la versión 4, una dirección IP es representado mediante un número binario de 32 bits; y a su vez dividido en 4 octetos. El valor decimal en cada octeto puede estar comprendido entre 0 a 255. Es relevante mencionar que las direcciones IP se componen en dos partes: el ID Network o identificador de red, y el ID Host o llamado también porción de hosts (Cisco Networking Academy, 2015).

1.3.1.1.Clases de direcciones Ip

Entre las clases de direcciones IP tenemos 5 tipos de direcciones: Clase A, Clase B, y Clase C. Es de suma relevancia mencionar que las clases D y E

sirven para multicasting y reservadas para investigación y desarrollo respectivamente.

Es importante reiterar que el intervalo 127.0.0.0 a 127.255.255.255 está reservado como dirección de Loopback.

Estas cinco clases se distinguen por el número de octetos utilizados para identificar una red. Para más detalle ver la siguiente Figura 2.

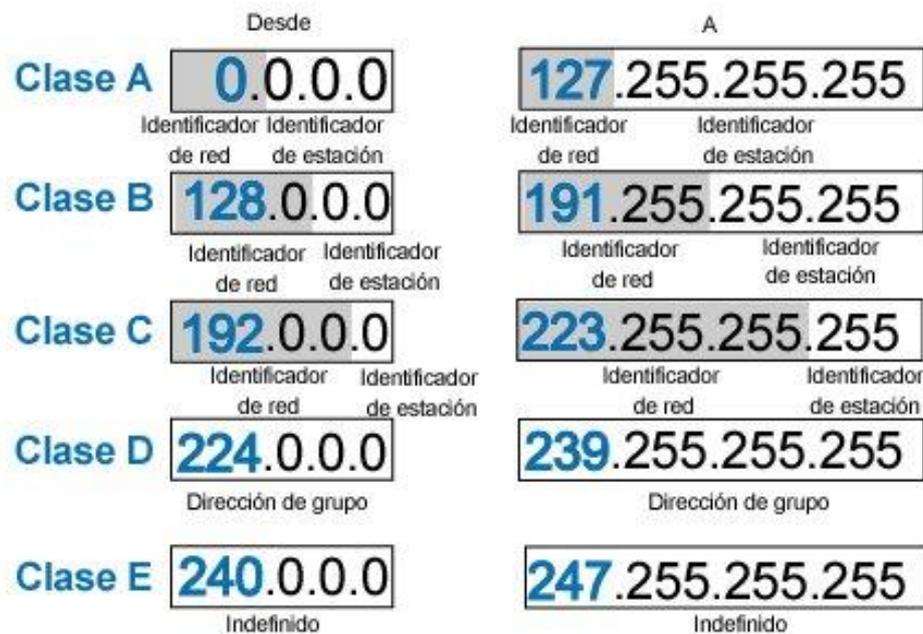


Figura 2. Clases de Red.

Tomado de: (Aznar, 2014).

1.3.1.2. Ip versión 6

Las direcciones IPv6 tienen una longitud de 128 bits y se escriben como una cadena de valores hexadecimales. Cuatro bits se representan mediante un único dígito hexadecimal, con un total de 32 valores hexadecimales. Las direcciones IPv6 no distinguen mayúsculas de minúsculas y pueden escribirse en minúscula o en mayúscula.

1.3.1.3. Formato

El formato preferido para escribir una dirección IPv6 es x: x: x: x: x: x: x: x, donde cada "x" consta de cuatro valores hexadecimales, ver en la Figura 3. La dirección IPv6 se escribe utilizando 32 dígitos hexadecimales. No significa necesariamente que es el método ideal para representar la dirección IPv6. A

continuación, se muestra dos reglas que permiten reducir el número de dígitos necesarios para representar una dirección IPv6 (Cisco Networking Academy, 2015).

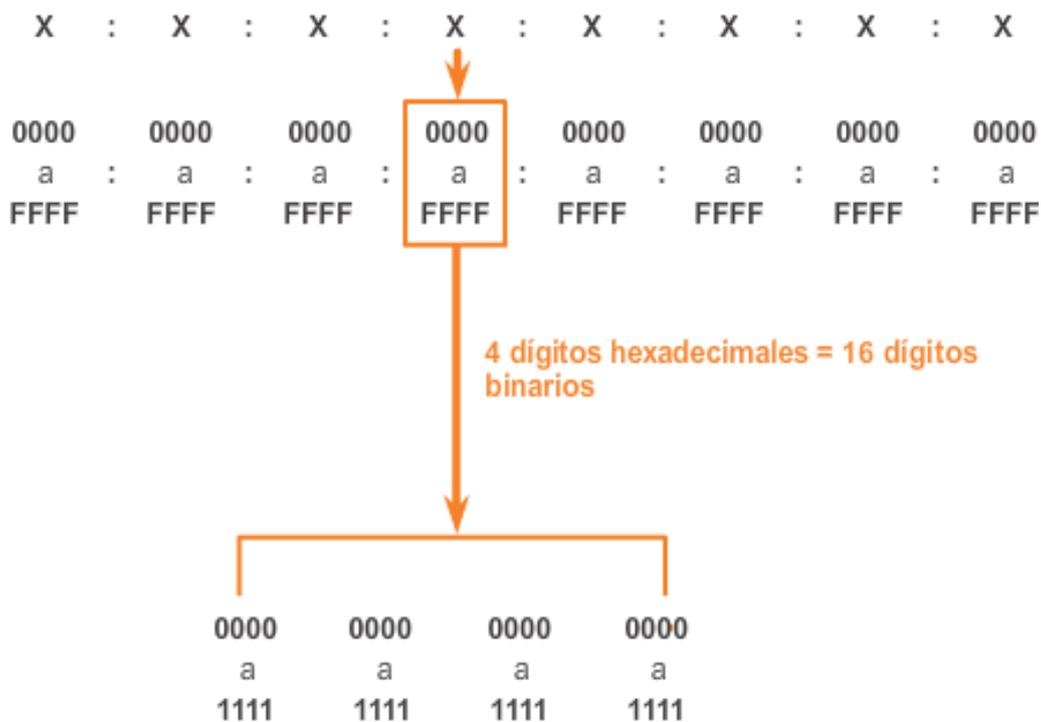


Figura 3. Formato binario hexadecimal IPv6.

Tomado de: (Cisco Networking Academy, 2015).

1.3.1.4.Regla para notación reducida

La primera regla que permite reducir la notación de direcciones IPv6 es que se puede solamente omitir cualquier 0 (cero) inicial en cualquier segmento de 16 bits. Por ejemplo:

- 01AB puede representarse como 1AB.

La segunda regla que permite reducir la notación de direcciones IPv6; es decir que los dos puntos dobles [: :] pueden reemplazar cualquier cadena única y contigua de uno o más segmentos de 16 bits compuestos solo por ceros.

Los dos puntos dobles [::] se pueden utilizar solamente una vez dentro de una dirección; de lo contrario, habría más de una dirección resultante posible. Cuando se utiliza junto con la técnica de omisión de ceros iniciales, la notación de direcciones IPv6 generalmente se puede reducir de manera considerable.

Esto se suele conocer como “formato comprimido” como se muestra en la Figura 4 (Cisco Networking Academy, 2015).

Recomendado	2001:0DB8:0000:0000:ABCD:0000:0000:0100
Sin 0 inicial	2001: DB8: 0: 0:ABCD: 0: 0: 100
Comprimida	2001:DB8::ABCD:0:0:100
0	
Comprimida	2001:DB8:0:0:ABCD::100

Se puede utilizar solo un “::”

Figura 4. Reducción de notación en direcciones IPv6.

Tomado de: (Cisco Networking Academy, 2015).

1.4.DOMÓTICA

La palabra domótica proviene del latín “domus” que significa casa y “tica” palabra en griego “automática” (Redolfi, 2013). Es la aplicación de la tecnología por medio de una serie de dispositivos inteligentes que se instalan en un hogar para la automatización y el control de los sistemas con los que cuenta; tanto interno como externo de la vivienda, contribuyendo así una manera efectiva en la gestión en cuanto al ahorro de energía, seguridad y confort con una comunicación eficiente entre el sistema embebido y el usuario.

1.4.1.Ventajas de la domótica

Hoy en día la tecnología ha evolucionado a pasos gigantes, y a través de aquella evolución tecnológica se ha notado grandes cambios en el ámbito de la

domótica e inmótica; permitiendo ofrecer un pro en la calidad de vida y proporcionando prestaciones a favor del bienestar familiar. En la Figura 5, se describen las ventajas que ofrece la domótica.

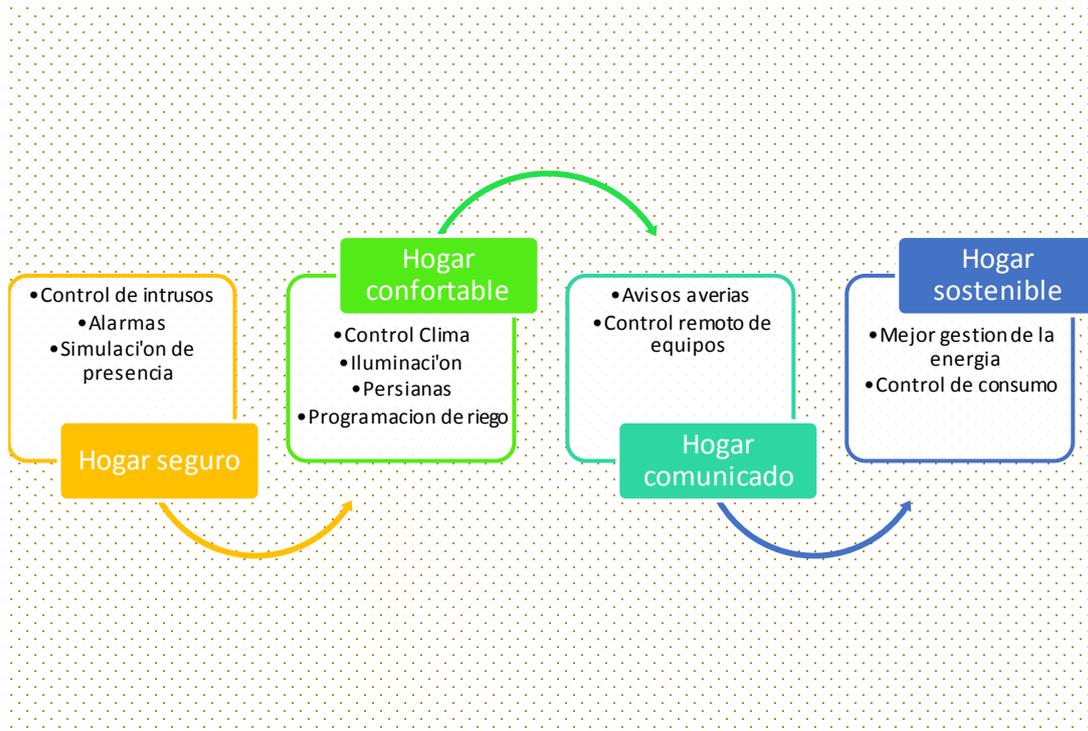


Figura 5. Ventajas de la domótica.

1.4.2. Sistemas de control de la domótica

Los dispositivos presentes en los sistemas domóticos se diferencian de acuerdo con las distintas arquitecturas de control que poseen. Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta que existen diversos factores para decidir entre una u otra; y se las definen en base al lugar donde reside la inteligencia que toma las decisiones. Entre los principales sistemas de control se describen a los siguientes:

1.4.2.1. Sistema de control centralizado

En este tipo de arquitectura el sistema de control se encuentra en la central domótica como se muestra en la Figura 6. Su topología es similar al de una topología de red estrella. De la misma forma los sensores envían información a la central electrónica; luego toma decisiones para en lo posterior enviar a los actuadores que son los encargados de realizar las respectivas modificaciones tales como cerrar o abrir válvulas entre otros.

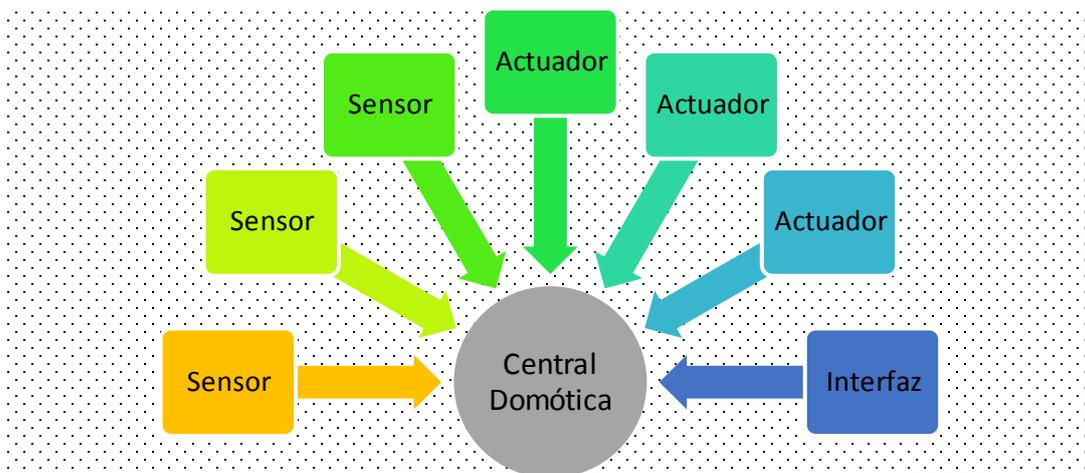


Figura 6. Sistema de control centralizado.

1.4.2.2. Sistema de control descentralizado

Este sistema de control soporta varios servicios y aplicaciones; la instalación crece junto con el tamaño de la edificación que se requiere domotizar. Cada elemento puede actuar por sí solo y de necesitar intercambiar información con otros dispositivos lo hace a través de un bus central como se muestra en la Figura 7.

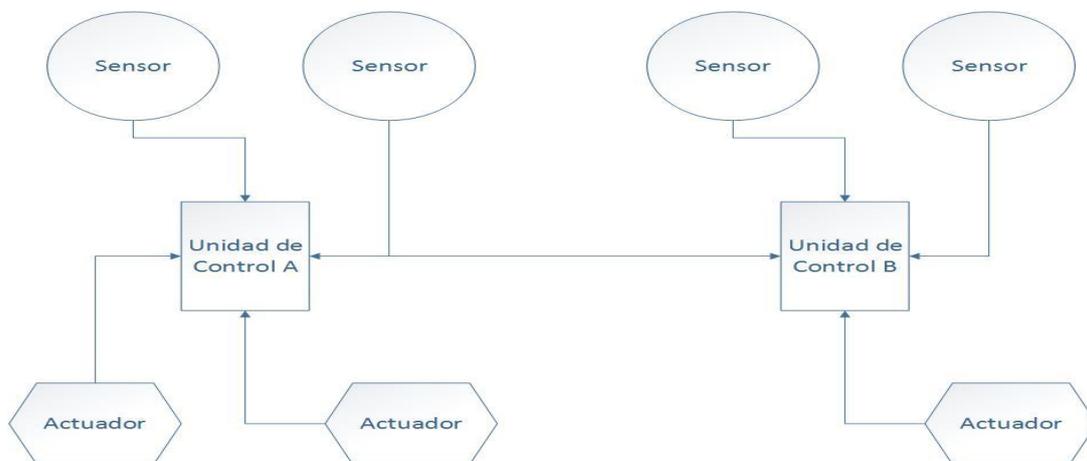


Figura 7. Sistema de control descentralizado.

1.4.2.3. Sistema de control distribuido

Dentro de este sistema de control se puede decir que es la composición del sistema de control centralizado y descentralizado.

Cuando la topología de red es en bus todos los dispositivos son conectados, independientemente de su entorno. Por ejemplo, el sensor de humo podría

indicar directamente a la sirena de incendios que suene; es decir cualquier dispositivo se puede comunicar con el resto. Cabe mencionar que las interfaces de usuario de igual forma se encuentran distribuidas por todo el sistema tal como se muestra en la Figura 8.

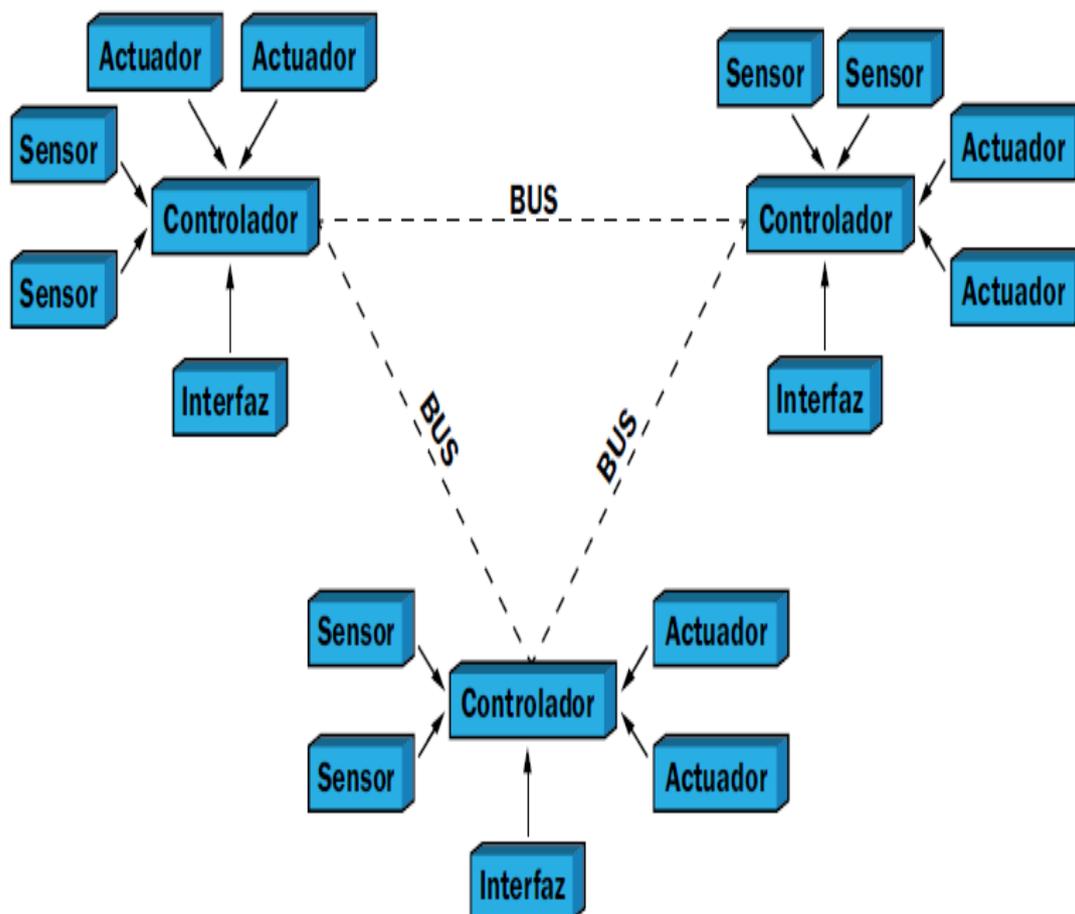


Figura 8. Sistema de control distribuido.

Tomado de: (Redolfi, 2013).

1.4.3. Elementos de la domótica

Para automatizar un determinado hogar se debe tener el conocimiento previo de los componentes relevantes que intervienen en una residencia unifamiliar; entre los principales componentes se hace referencia a los siguientes dispositivos tales como:

1.4.3.1. Sensores

Los sensores son dispositivos que se encargan de transformar ciertos fenómenos físicos o químicos que se encuentran en la vivienda. Recogen las

señales y las envían al controlador para que las analice y procese antes de dar la información a los actuadores, si fuese necesario (Bermúdez & Navas, 2013).

A continuación, se muestra una breve clasificación de los sensores:

Sensores por el principio de funcionamiento

De acuerdo a su composición los sensores pueden captar información análoga y convertirlas a digital y viceversa. De igual modo, puntualizamos a los sensores por su funcionamiento:

Sensores activos

Son aquellos que requieren de un voltaje de alimentación para el funcionamiento, tienen tres terminales, dos de ellos se utilizan para alimentarlo, y el tercero obtiene en nivel de voltaje que corresponde al parámetro medido o detectado. Entre los sensores activos tenemos:

- Fotoeléctricos
- Termoeléctricos
- Magnéticos

Sensores pasivos

Son sensores que no procesan la información antes de enviar, por lo tanto, no requieren de una fuente alimentación alguna, y por lo general poseen solo dos terminales. Dentro de este tipo de clasificación de sensores se tiene:

- Resistivos
- Capacitivos
- Inductivos
- Semiconductores

Sensores por el tipo de señal de salida

Para clasificar a los sensores se basa en función de que detectan y que salida emiten al detectar. A continuación, presentamos a los siguientes:

Sensores análogos

Son aquellos que devuelven una señal determinada de tipo continuo. Un ejemplo cercano de señal analógica es la tensión eléctrica que usamos en nuestra casa. Esta señal es senoidal con frecuencia constante (Redolfi, 2013).

Sensores digitales

Se caracterizan por devolver una señal de tipo discreto. Un ejemplo es una señal binaria, que solo toma valores 0 o 1.

1.4.3.2. Actuadores

Son los encargados de recibir información a través de bus para ejecutar la acción para la que han sido diseñados (Bermúdez & Navas, 2013).

Tipos de actuadores

En el siguiente esquema muestra los tipos de actuadores principales y su función:

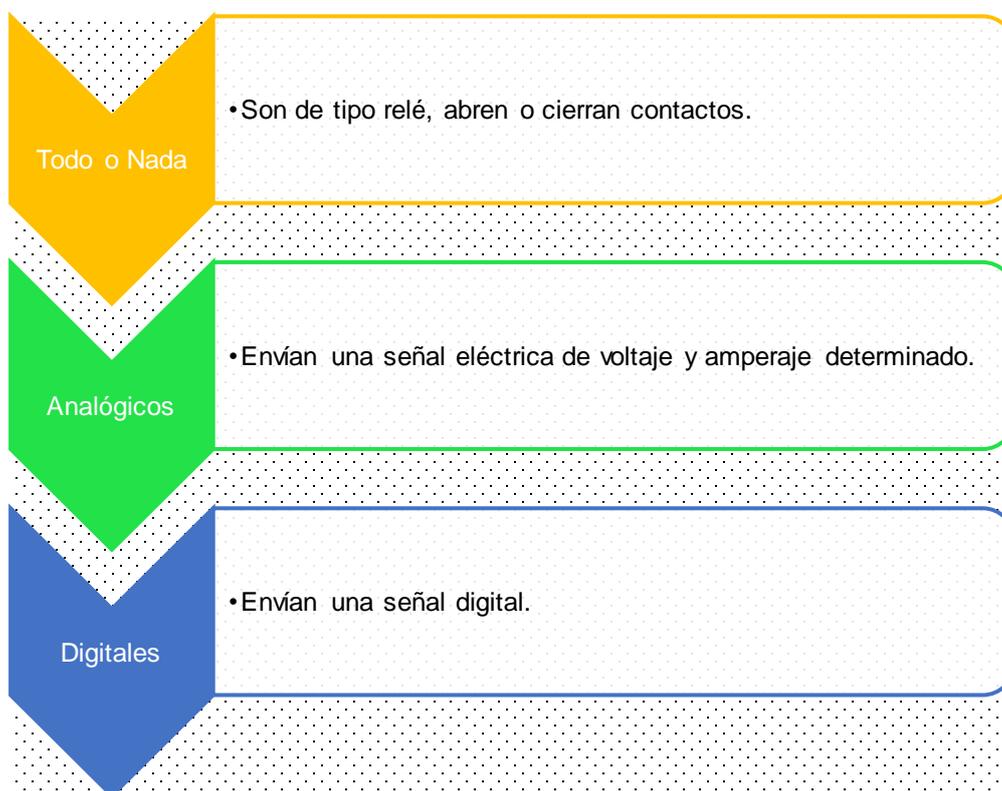


Figura 9. Tipos de actuadores.

1.4.3.3. Interfaces

La finalidad del sistema domótico es asistir y proveer confort. Para esto se utiliza la interfaz que es aquello que media entre el usuario y el sistema de control. A ciencia cierta, las interfaces más conocidas hoy en día por citar algunos son: el teclado, el mouse, el monitor de nuestra PC, o el control remoto del televisor. En la actualidad, está en auge los teléfonos y demás dispositivos inteligentes; ya que por medio de ellos se pueden llevar a cabo funciones de

automatización y control en hogares a través del interfaz gráfico del aplicativo instalado en el móvil. (Redolfi, 2013).

1.4.3.4.Unidad de control

Es un dispositivo gestor que recibe los datos que recolectan los sensores; luego procesa la información para posteriormente enviar a los actuadores que son los encargados de recibir esa información y convertirlas en eventos automatizados. Las unidades de control se caracterizan por el número de entradas y salidas, y pueden soportar señales digitales y/o analógicas (Redolfi, 2013).

1.4.3.5.Software de gestión

El software de gestión permite administrar de forma rápida las funciones de la automatización y control; inclusive cuando el software es accesible vía web permitiendo acceder a través de menús intuitivos y así conocer toda la configuración y estado actual. Para ello se debe programarla para que al instante de recibir un dato o señal de un sensor, entre en actividad un actuador y realice una función específica.

1.5.TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN EN LA DOMÓTICA

1.5.1.ZigBee

ZigBee es una tecnología inalámbrica desarrollada como un estándar global abierto para hacer frente a las necesidades únicas de bajo costo, redes inalámbricas M2M de bajo consumo. El estándar ZigBee opera en la especificación IEEE 802.15.4 y opera en bandas sin licencia que incluye 2,4 GHz, 900 MHz y 868 MHz.

La especificación del IEEE 802.15.4 es un protocolo de radio basado en paquetes destinados a bajo consumo de energía para dispositivos que funcionan con baterías. El protocolo permite que los dispositivos puedan comunicarse con una variedad de topologías de red.

1.5.1.1.Ventajas de ZigBee

- Soporte para múltiples topologías de red, como punto a punto, punto a multipunto y redes de malla
- Bajo ciclo de trabajo - ofrece batería de larga duración
- Baja latencia

- Spread Spectrum secuencia directa (DSSS)
- Hasta 65.000 nodos por red
- el cifrado AES de 128 bits para conexiones de datos seguras
- anticolisión, reintentos y reconocimientos

1.5.1.2.Aplicaciones ZigBee

ZigBee permite despliegue de redes inalámbricas de bajo costo, soluciones de baja potencia para una serie de aplicaciones tales como:

- ZigBee Smart Energy para monitoreo y control inteligente de energía y agua.
- ZigBee para automatización de hogares tales como control de iluminación.
- Monitoreo de tanques.
- Control de climatización.
- ZigBee para el cuidado de la salud.
- ZigBee para servicios de telecomunicaciones, entre otros.

1.5.1.3.Direccionamiento básico

En primer lugar, cada radio XBee posee un único número de serie de 64 bits asignados por el fabricante, es decir la serie de bits corresponde a la MAC única del dispositivo; no puede haber otro dispositivo ZigBee que posea un idéntico número serial. En cuanto a la dirección de 16 bits más corto que es dinámicamente asignado por el XBee Coordinador a cada radio tales como el ruteador y los dispositivos finales cuando es configurada una red; se le denomina PAN ID; que es el identificador de la red a la cual los dispositivos XBee se deben sincronizar (Faludi, 2011).

1.5.1.4.Canales

Cuando el coordinador ZigBee crea una dirección PAN comprueba también sobre todos los canales disponibles, típicamente 16 diferentes, y toma uno solo para las conversaciones de esa red. Es importante mencionar que todos los radios XBee deben utilizar el mismo canal de la red a la que pertenecen. Por defecto, las radios XBee seleccionan el canal de forma automática (Faludi, 2011).

1.5.1.5.Desarrollo del estándar

El 802.15.4 es un estándar para comunicaciones inalámbricas emitida por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos por sus siglas en inglés IEEE que es una asociación que promueve el crecimiento y la interoperabilidad de tecnologías existentes, la misma entidad ha publicado un sin número de normas en cuanto a la comunicación en áreas como la Internet, comunicación industrial y tecnología inalámbrica, así como por ejemplo la comunicación LAN inalámbrica 802.11, entre otros.

802.15.4 fue desarrollado para menor tasa de datos, conectividad sencilla; además específica que la comunicación trabaja en las bandas 868-868.8 MHz, los 902-928 MHz o los 2.400-2.4835 GHz reservadas internacionalmente para uso no comercial de RF denominadas ISM en áreas Industrial, Médica y Científica.

1.5.1.6.Arquitectura ZigBee

Capas del protocolo ZigBee

Las capas de red ZigBee provee la funcionalidad de la capa del modelo OSI. A continuación, se describen brevemente las capas del protocolo ZigBee; y cabe mencionar que no siguen el modelo OSI como se muestra en la Figura 10.

La subcapa de soporte de aplicación (APS)

Por sus siglas en inglés Application Support Sublayer es uno de los componentes del estándar principal de la capa, como tal ofrece un servicio de interfaz y de control bien definidos. Trabaja como un puente en entre la capa de red y los otros componentes de la capa aplicación. La capa APS mantiene la tabla de unión local en el cual registra nodos remotos y puntos finales que se han registrado para recibir mensajes de un extremo local.

Como parte de la entidad de gestión de la subcapa de soporte de aplicación o también llamada ASPME permite configurar las tablas de pertenencia a grupos de cada ID de punto final, y reenvía los mensajes dirigidos a un ID de grupo a los objetos de la aplicación con IDs de punto final pertinentes.

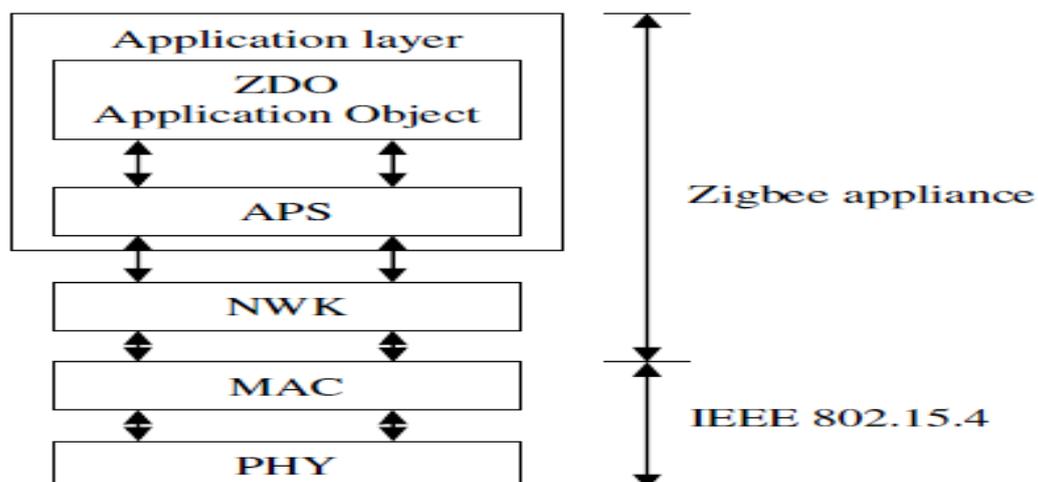


Figura 10. Arquitectura ZigBee.

Tomado de: (Wang, Jiang, & Zhang, 2014).

El objeto de dispositivo ZigBee (ZDO)

La aplicación ZDO implementa las interfaces definidas por el perfil de dispositivo ZigBee. Dentro de la pila de protocolos de ZigBee éste protocolo es el encargado de la gestión global del dispositivo, las claves de seguridad y políticas; además es responsable de definir el rol de un dispositivo ya sea coordinador o dispositivo final.

Librería clúster de ZigBee (ZCL)

Consiste en una biblioteca de especificaciones de interfaz es decir comandos clúster y atributos; los mismos pueden ser usados en perfiles de aplicaciones públicas y privadas.

“ZigBee Alliance también pondrá a disposición pública su ZigBee Clúster Library (ZCL), que ofrece a los ingenieros bloques de construcción para aplicaciones con necesidades comunes, reduciendo el esfuerzo de desarrollo y permitiendo implementaciones más precisas adaptadas a sus aplicaciones” (Kevin & Liem, 2007).

La aplicación framework

En ésta capa nos proporciona el entorno de la API de los desarrolladores de aplicativos ZigBee; y es específico de cada stack o pila ZigBee. Cada aplicación se le asigna una ID de punto final.

Capa de red

Las primordiales funciones de la capa en mención son admitir el uso correcto de la subcapa MAC y proveer una interfaz conveniente para el uso por la capa superior siguiente. La capacidad y su estructura son los típicamente asociados a la capa de red, incluyendo enrutamiento.

Por otra parte, existe el control de la capa que se utiliza para manejar la configuración de nuevos dispositivos y establecer nuevas redes; es decir que esto puede determinar si un dispositivo vecino pertenece a la red y descubrir nuevos vecinos y routers.

Capa de aplicación

Es la capa de nivel más alto definido por la especificación; y es la interface efectiva del sistema ZigBee a sus usuarios finales. Esto comprende la mayoría de componentes agregados por la especificación ZigBee: ambos ZDO y sus procedimientos de gestión, juntos con objetos de aplicación definidos por el fabricante; son considerados parte de la capa en mención.

1.5.1.7.Capa MAC

El protocolo de Control de Acceso al Medio MAC soporta dos modos operacionales que se muestran a continuación:

- **El modo de red sin beacon.** Utiliza un estándar CSMA-CA enviando reconocimientos positivos para paquetes recibidos correctamente.
- **El modo de red con beacon.** Se envían periódicamente por el ZC o ZR para sincronizar los nodos que están asociados con él, e identificar la PAN.

1.5.1.8.Capa Física

Es el principal responsable de la transmisión de datos y la recepción mediante un canal de radio y de acuerdo a una modulación específica.

1.5.1.9.Comparación de ZigBee y otras tecnologías de automatización

ZigBee es ideal para la automatización y control en hogares inteligentes debido a su gran capacidad de dispositivos alojados en una red, opera en la banda 2.4 GHz para conexiones inalámbricas, posee una baja tasa de transferencia de datos haciéndolo óptimo para este tipo de redes.

Mientras tanto BACNet es basado en el estándar IEEE802.15.4 capa de enlace de datos y física. ZigBee y BACNet son altamente eficaces debido a su

arquitectura abierta, cabe mencionar que hoy en día BACNet es una tecnología en la rama de la climatización.

Por otro lado, LonTalk es propietaria y forma parte de la plataforma tecnología más conocida como LonWorks; es notable mencionar que un número menor de proveedores participa en el desarrollo de la solución de automatización utilizando LonTalk (Wang, Jiang, & Zhang, 2014).

En el caso de Wi-Fi el alcance es limitado, en cuanto al número de dispositivos en una red bordea los 2007 nodos; mientras tanto ZigBee puede tener más de 65.000 nodos en una red de este tipo. Incluso en el consumo de energía en Wi-Fi no es conocida como una red eficiente de energía.

En cuanto a la tecnología Z-Wave es importante mencionar que tiene una similitud con ZigBee por sus redes de malla entre otras características. Además, otro punto débil de Z-Wave es el corto alcance de la red de aproximadamente 30 metros y el número dispositivos de la red de solo 232 nodos.

Otra tecnología que además es cableada como es el caso del estándar KNX que permite a cada fabricante preferir su modo de configuración eficaz ya que permitirá acoger la combinación ideal según la preferencia de tecnologías existentes en el mercado alineados a la automatización y control de hogares inteligentes.

En el caso de las tecnologías tales como: Bluetooth y NFC son medios inalámbricos e incluso son similares en cuanto a compartir datos; pero son diferentes en cuanto a rangos de distancia cerca de 10 centímetros para NFC y 10 metros o más para Bluetooth (Roland, 2015).

Por último la tecnología BUSing es una solución cableada para la automatización domótica en residenciales, superficies comerciales y grandes infraestructuras según (Ingenium, 2016); mientras que ZigBee es una tecnología inalámbrica en constante crecimiento.

En la siguiente TABLA 2 se muestra un comparativo de tecnologías inalámbricas para automatización y control en hogares inteligentes.

TABLA 2. ZigBee versus tecnologías de automatización y control.

Tecnología	ZigBee	Z-Wave	X-10	Bluetooth	NFC	Wi-Fi	6LoWPAN
Arquitectura	Abierto	Propietario	Abierto	Propietario	Propietario	Propietario	Abierto
Medio de Transmisión	Inalámbrico	Inalámbrico	Alámbrico e Inalámbrico	Inalámbrico	Inalámbrico	Inalámbrico	Cableado e Inalámbrico
Estado	Altamente activo	Menos activo	Medianamente activo	Medianamente activo	Medianamente activo	Altamente activo	Medianamente activo
Lanzamiento	2004	2003	1976	1994	2002	2000	-
Estándar	IEEE 802.15.4	Estándar Z-wave	Protocolo X-10	IEEE 802.11.1x	ECMA	IEEE802.11	Basado en IP
Rango de Cobertura	~120 metros	30 metros	-	~10 metros	20 centímetros	~20 metros	-
Consumo de Energía	Muy Bajo	Baja	-	Muy bajo	Muy bajo a casi nulo	Alto	Bajo

1.5.2. Wi-Fi

El término Wi-Fi famoso por las siglas en inglés (Wireless Fidelity) es el nombre comercial y la marca registrada por la Alianza Wi-Fi. Es una tecnología que permite a los dispositivos electrónicos conectarse a una red local inalámbrica conocida como WLAN (Wi-Fi Alliance, 2016). Por otra parte Wi-Fi es un sello de interoperabilidad entre dispositivos inalámbricos basado en el estándar 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Opera en la banda de frecuencia 2,4GHz y 5GHz; no es necesaria la concesión de ninguna licencia. Dependiendo de las antenas y la potencia de emisión; el alcance de Wi-Fi en interiores es de 25 metros (Tanenbaum & Wetherall, 2013). Un punto a favor de esta tecnología inalámbrica es que se puede conectar varios dispositivos simultáneamente tales como: consolas de video juegos, Smart TV,

teléfonos inteligentes, impresoras, entre otros, sin utilizar una infraestructura cableada.

1.5.2.1. Estándares 802.11 Wi-Fi

La revisión 802.11a al estándar original fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s.

La norma inalámbrica más extendida en todo el mundo es la IEEE 802.11b; opera en la banda de los 2.4GHz y que alcanza una velocidad de 11Mbps.

802.11g. Este estándar trabaja en la banda 2,4 GHz al igual que el IEEE 802.11b, pero usa el mismo esquema de transmisión basado en OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal) al igual que 802.11a. Opera a una velocidad de bits de la capa física máxima de 54 Mbit/s.

El IEEE 802.11n se podría decir que es una mejora de los estándares 802.11 anteriores añadiendo MIMO (Múltiple entrada – Múltiple salida). Incluso el estándar en mención opera en dos bandas de frecuencia; el 2,4 y 5 GHz.

IEEE 802.11ac lanzada en enero de 2014 es un estándar en desarrollo que proveerá el rendimiento en la banda de 5 GHz. Esta especificación permitirá la transmisión simultánea de video en alta definición, inclusive la sincronización inalámbrica más rápida y la copia de archivos de seguridad de gran tamaño (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

A continuación, se realiza un cuadro comparativo de los principales estándares 802.11 conocido por todos nosotros como el estándar WI-Fi. Ver en la TABLA 3.

TABLA 3. Cuadro comparativo de estándares 802.11 Wi-Fi.

Protocolo	Frecuencia	Velocidad Datos	Modulación	Alcance Interior
802.11a	5GHz	20Mbit/s	OFDM	35m
802.11b	2.4GHz	11Mbit/s	DSSS	35m
802.11g	2.4GHz	54Mbit/s	OFDM	38m
802.11n	2.4 o 2.5 GHz	600Mbit/s	MIMO-OFDM	70m
802.11ac	5GHz	1.3Gbit/s	MIMO-OFDM	35m

802.11ad	60GHz	6.7– 6.9Gbit/s	OFDM	60m
----------	-------	----------------	------	-----

Tomado de: (Behrouz, Combs, & Chung, 2014).

1.5.2.2. Topologías de red Wi-Fi

En las topologías de red se pueden dividir en 2 grandes grupos tales como: las redes peer to peer y las que utilizan Access points o puntos de acceso:

- P2P. Conocidas como redes ad-hoc, se caracteriza por la configuración sencilla, ya que en ella los únicos elementos necesarios son terminales móviles equipados con los correspondientes adaptadores de red inalámbricos. No se recomienda que haya más de 5-6 dispositivos Wireless, debido a que se producirían demasiadas colisiones en la transmisión y el rendimiento de la red bajaría. De igual forma es importante recalcar que es necesario que los terminales móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea óptima. Por otro lado, estas configuraciones son sencillas de implementar y no es necesaria la gestión administrativa de la red (Huidrobo & Millan, 2007).
- Punto de acceso. Utiliza el concepto de celda empleado en la telefonía móvil y entre otras comunicaciones inalámbricas. Una celda es el área en el que una señal radioeléctrica es efectiva. Asimismo, un punto de acceso puede soportar desde un pequeño grupo de usuarios, del orden de 8 a 16, hasta unos 250 dispositivos, dependiendo del fabricante, y puede funcionar en un rango de, al menos, 25 metros y hasta varios cientos de metros.

1.5.2.3. Alcance

De la misma manera la distancia depende de muchos factores, entre ellos están la potencia del dispositivo, el tipo de antena que se utilice, la pérdida de señal y velocidad. Un dispositivo Wi-Fi común de 100mW en condiciones óptimas puede llegar a los 500 metros emitiendo a 2 Mbps, o 300 metros a 11Mbps. La velocidad alcanzada depende de cual sea la distancia al punto de acceso, y cuanto más cerca estemos de él, mayor será (Huidrobo & Millan, 2007).

1.5.3. Bluetooth

Bluetooth es un medio de comunicación vía ondas de radio. En 2006, la segunda versión, pasó de 1 Mb/s a 100 Mb/s. La versión 4 data del año 2010. Esta norma de comunicación tiene la peculiaridad que emite una señal a una distancia de los 100 metros (Tanenbaum & Wetherall, 2013). Opera en la banda de radio de los 2,4 GHz y pertenece al estándar 802.15.1. El objetivo principal fue el de tener una alternativa de comunicación que no sea el infrarrojo.

En la Figura 11, se citan ciertas características de Bluetooth.



Figura 11. Características de la tecnología Bluetooth.

1.5.3.1. Arquitectura Bluetooth

Ahora se analizará rápidamente como está conformado un sistema Bluetooth.

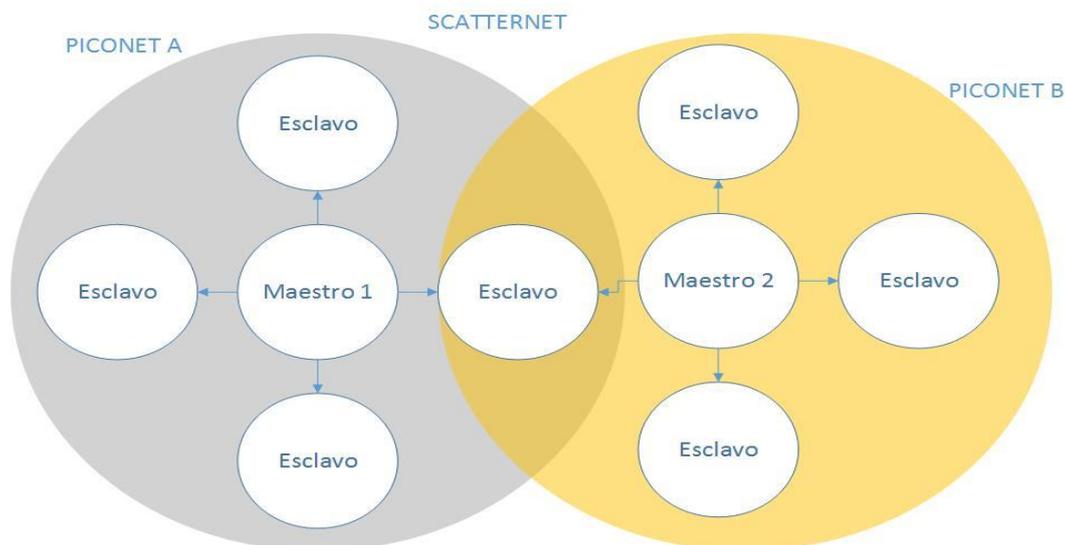


Figura 12. Arquitectura de Bluetooth.

El mismo se encuentra compuesto por una piconet en el que constan de un nodo maestro y un límite de 7 esclavos activos de 10 metros de distancia; es

decir una piconet es un sistema centralizado TDM en el cual el maestro decide que dispositivos se pueden comunicar en determinado tiempo; y para interconectarse necesitan de un nodo puente. Es primordial mencionar que la comunicación se hace entre maestro y esclavo; pero no puede haber ningún tipo de comunicación directa entre esclavos. Un conjunto de piconets interconectadas forma una scatternet; como se muestra en la Figura 12.

1.5.3.2. Velocidad de transmisión y versiones

En la TABLA 4, se describen las características importantes de las versiones del estándar IEEE 802.15.1; como se muestra a continuación:

TABLA 4. Bluetooth y sus versiones.

Versión Bluetooth	Características	Velocidad de Transmisión	Alcance (Aproximado)
Bluetooth v1.2	✓ Ejecuta encriptamiento y transmisión más seguros	1 Mbit / s	1 metro
Bluetooth v2.0	▪ Incorpora EDH (Enhanced Data Rate) que permite mejorar las velocidades de transmisión	3 Mbit / s	~5 - 10 metros
Bluetooth v3.0	▪ Para tráfico de alta velocidad de datos; usa el enlace adyacente 802.11	24 Mbit / s	~25 metros
Bluetooth v4.0	▪ Gran consumo de energía ▪ Provee más seguridad en la transmisión de datos encriptación AES-128 que la versión anterior.	32 Mbit / s	~100 metros
Bluetooth V5.0	▪ Ofrece tecnología beacon que envían información a terminales que se encuentran en el rango de alcance. ▪ Menos consumo energético.	100Mbit / s	>200 metros

Tomado de: (Rovere, Plaza, Silva, Urbano, & Utrera, s.f.)

1.5.3.3. Especificaciones

El resumen de especificaciones de Bluetooth según (Huidrobo & Millan, 2007), es:

- Banda de radio frecuencia: 2,4 GHz (banda ISM).
- Potencia del transmisor: 1mW para un alcance de 10 m, 100 mW para un alcance de hasta 100 m.
- Tecnología: CDMA/FH (Acceso Múltiple por División de Código/Frecuencia de saltos).
- Canales máximos de voz: 3 por piconet.
- Canales máximos de datos: 7 por piconet.
- Velocidad de datos: hasta 721 kbps por piconet.
- Rango esperado del sistema: 10 metros.
- Numero de dispositivos: 8 por piconet y hasta 10 piconets.
- Seguridad: Si, en la capa de enlace.
- Alimentación: 2,7 voltios.
- Consumo de potencia: desde 30 A en espera a 30 mA transmitiendo.
- Interferencia: Bluetooth minimiza la interferencia potencial al emplear saltos rápidos en frecuencia 1.600 veces por segundo.

1.5.3.4. Seguridad

Se ha definido un nivel básico de encriptación para asegurar la protección de la información (Huidrobo & Millan, 2007). De igual forma las principales medidas de seguridad son:

- Una rutina de pregunta-respuesta, para autenticación.
- Una corriente cifrada de datos, para encriptación.
- Generación de una clave de sesión, es decir que puede ser cambiada durante la conexión.

1.5.4. Near Field Communication

Near Field Communication más conocido como NFC, es una tecnología de comunicación sin contacto para el intercambio de datos a través de distancias cortas; haciéndolos capaces de enviar y recibir información al mismo tiempo.

1.5.4.1.Desarrollo de NFC

Este tipo de comunicación inalámbrica fue desarrollado por NXP Semiconductores conocido anteriormente por Philips Semiconductors y Sony como una evolución de su acoplamiento inductivo de proximidad de identificación por radio frecuencia (RFID) y tecnologías de tarjetas inteligentes. Originalmente NFC fue estandarizado por Ecma International. Existen otras normas ISO / IEC y Ecma que describen métodos de prueba y protocolos de interfaz mejorada. Además de la estandarización a través de estos cuerpos normativos, una mayor especificación de protocolos, formatos de datos y aplicaciones NFC es impulsado por el Foro NFC (Roland, 2015).

1.5.4.2.Velocidad

Es una tecnología que opera en una baja frecuencia de 13.56 MHz (no se necesita licencia) con una velocidad máxima de comunicación de 424 kbit/s a una distancia de hasta 20 centímetros. De igual forma puede funcionar a diversas velocidades tales como 106, 212 o 848 Kbit/s. Según el entorno en el que se trabaje, las dos partes pueden ponerse de acuerdo a qué velocidad trabajar y reajustar el parámetro en cualquier instante de la comunicación. (NFC Forum, 2016).

1.5.4.3.Modos de operación

NFC tiene 3 modos en los cuales opera, para ello se describe a continuación:

1. Modo de igual a igual
2. Modo lectura y escritura y;
3. Modo de emulación de tarjeta

Modo de igual a igual

Es un modo específico para NFC y permite que dos dispositivos se puedan comunicarse directamente uno con otro. Es un modo basado en el protocolo de comunicación estandarizado por en ISO/IEC. El NFC fórum especifica el Protocolo de Control de Enlace Lógico (LLCP) como un protocolo que permite comunicación bi-direccional entre los puntos finales lógicos de los dispositivos NFC (NFC Forum, 2016).

Es decir que en este modo conocido por sus siglas en inglés como peer-to-peer permite el intercambio de información de fotos entre un dispositivo tableta y un teléfono inteligente con tecnología NFC, o a su vez en este modo también se pueden abrir las puertas de un automóvil.

Modo de lectura y escritura

En este modo un dispositivo NFC puede adherirse a las etiquetas pasivas del mismo; las etiquetas NFC son un subconjunto de transpondedores RFID que contienen una estructura de memoria simple para el almacenamiento de datos en un formato estandarizado. Al hablar de etiquetas NFC es necesario tener en cuenta que es un tag electrónico equipada con tecnología NFC y se puede programar para enviar alguna información a dispositivos contiguos; y para ello existen aplicativos móviles en Google Play tales como NFC Task Launcher.

Es decir que este tipo de etiquetas nos suministra una base para la interoperabilidad entre dispositivos Near Field Communication.

Modo de emulación de tarjeta

En el modo de emulación de tarjeta permite que un dispositivo NFC emule como si fuese una tarjeta inteligente sin contacto. Un ejemplo cotidiano en este modo de emulación de tarjeta se puede percibir en las tiendas de algún producto en los centros comerciales; ya que usa una plataforma de cupones móviles por medio de NFC y los clientes puedan canjear cupones de descuentos en los puntos de ventas.

1.5.4.4. Interfaz y Protocolo de Comunicación de Campo Cercano NFCIP

En la capa física, el NFCIP (Near Field Communication Interface and Protocol) está normalizado en dos formas como NFCIP-1 que define los modos de comunicación NFC en la capa de RF y otras características técnicas de la capa de RF y NFCIP-2 que soporta el modo Conmutación detectando y seleccionando un modo de comunicación (Coskun, Ok, & Ozdenizci, 2011).

Protocolo de Comunicación de Campo Cercano NFCIP-1

El estándar NFCIP-1 define dos modos de comunicación como activos y pasivos. También define el campo de RF, interfaz de señal de comunicación de RF y el flujo de protocolo general. Además, define el protocolo de transporte

incluyendo la activación del protocolo, el protocolo de intercambio de datos con la arquitectura de trama y el cálculo del código de detección de errores (CRC para ambos modos de comunicación a cada velocidad de datos) y los métodos de desactivación del protocolo (Coskun, Ok, & Ozdenizci, 2011).

Protocolo de Comunicación de Campo Cercano NFCIP-2

El estándar NFCIP-2 especifica el mecanismo de selección del modo de comunicación y está diseñado para no perturbar ninguna comunicación en curso a 13,56 MHz para dispositivos que implementan NFCIP-1, ISO / IEC 14443 e ISO / IEC 15693 (Coskun, Ok, & Ozdenizci, 2011).

1.5.5.Z-Wave

Z-Wave es una tecnología inalámbrica para la automatización y control basado en el estándar propietario Z-wave.

1.5.5.1.Alcance y número de dispositivos en la red

Cada red Z-Wave puede incluir hasta 232 nodos, y consta de dos conjuntos de nodos: los controladores y los dispositivos esclavos. Los nodos pueden ser configurados para retransmitir el mensaje escuchado, a fin de garantizar la conectividad en el entorno con diferentes sistemas a los que van dirigidos, dentro de un entorno residencial. El alcance medio de comunicación entre dos nodos es de aproximadamente 30.5 metros, y con la capacidad, de este mensaje, de saltar hasta cuatro veces entre los nodos a la escucha, esto da suficiente cobertura para la mayoría de las viviendas (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

1.5.5.2.Tipos de nodos Z-Wave

Desde una perspectiva de radio hay dos tipos de nodos las cuales se describen a continuación:

- Dispositivos que pueden entrar en el modo de suspensión. Todos los dispositivos con pilas se encuentran en esta situación. No pueden ser utilizados por la red Z-Wave como relés a otros nodos.
- Siempre los nodos de escucha, identificados por un indicador específico, se pueden utilizar como repetidores en las redes de Z-Wave porque su radio está siempre escuchando. Por lo general, la mayoría de los

dispositivos alimentados con corriente alterna están "siempre escuchando".

Desde una perspectiva de enrutamiento por radio, la Z-Wave define dos tipos principales de nodos:

- Los controladores, que tienen y mantienen la topología completa de la red, y pueden asignar rutas a los esclavos.
- Esclavos, que tienen un conocimiento limitado de la topología de red y ninguna funcionalidad relacionada con el mantenimiento de la topología de red (por ejemplo, incluyendo o excluyendo nodos).

1.5.5.3. Capas RF y MAC

Los chips de Z-Wave utilizan una modulación de "modelado espectral" de B-FSK sobre una frecuencia portadora de 868,42 MHz en la Unión Europea, 908,42 MHz en EE. UU., 921,42 MHz en Australia y 919,82 MHz en Hong Kong (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

La potencia de salida del chip es programable desde -20 a 0 dBm, y el chip es capaz de decodificar señales tan bajas como -102 dBm para una velocidad de datos de 9,6 kbps es decir unos 30 m en interiores y 150 m en condiciones de línea de visión.

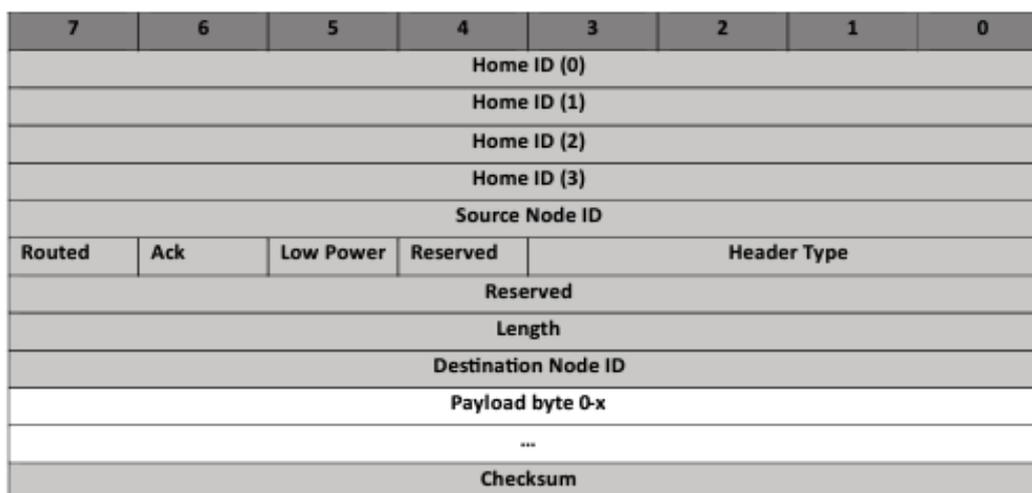


Figura 13. Formato de trama Singlecast Z-Wave.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Las tramas Z-Wave comienzan con un preámbulo y encapsulan los datos transmitidos entre un marcador de comienzo de marco y un marcador de fin de

marco. Los datos en sí están codificados por Manchester a 9,6 kbps y NRZ codificados a 40 kbps.

1.5.5.4. Capa de transferencia

La capa de transferencia de Z-Wave controla la transmisión y recepción de tramas. El formato general de un marco de capa de transferencia de datagrama de la tecnología en mención se ilustra en la Figura 13.

Las tramas Singlecast se envían a un ID de nodo específico y, opcionalmente, pueden incluir una ruta (lista de nodos esclavos al destino). Un indicador indica si se desea o no un acuse de recibo es decir los Acks. De igual forma los Singlecast se retransmiten si no se recibe Ack (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

La trama Multidifusión puede dirigirse a un rango de nodos seleccionados (1 a 232). El formato de este cuadro es idéntico al de un marco unicast, excepto que el ID del nodo de destino se sustituye por un desplazamiento de dirección y uno o más bytes de máscara. Los nodos receptores no reconocen una trama multicast. Si se requiere una comunicación fiable, una trama de multidifusión debe ir seguida de una trama única.

Un marco de difusión o Broadcast se dirige a todos los nodos de la red de Z-Wave con el ID de inicio especificado y no recibe Acks. El formato de este cuadro es idéntico al de un marco unicast, excepto que el ID del nodo de destino se establece en 255.

1.5.5.5. Capa de enrutamiento

Esta capa controla el enrutamiento de tramas en la red. Las redes Z-Wave utilizan un mecanismo de encaminamiento de origen: el iniciador de una trama genera una ruta completa hasta el destino final a través de un número de repetidores.

1.5.5.6. Capa aplicación

El protocolo Z-wave soporta las aplicaciones mediante la definición de una estructura de mando estándar que garantiza la interoperabilidad. Cada comando encapsulado en una trama de Z-wave está compuesto de:

- Un identificador de clase de comando de 8 bits. Las clases de comandos se definen para el protocolo Z-wave y para aplicaciones de Z-wave, por

ejemplo, COMMAND_CLASS_BATTERY (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

- Un identificador de comandos de 8 bits (un mecanismo de extensión garantiza que se pueden definir hasta 4000 comandos).
- Una lista de parámetros de comando. Para cualquier comando, la lista de parámetros se puede extender a medida que se liberan nuevas versiones. Los dispositivos que soportan versiones anteriores truncan la lista de parámetros sólo a aquellos que pueden entender. Los dispositivos se pueden consultar para la versión de clase de comandos que admiten.

1.5.5.7. Seguridad Z-wave

AES 128 se utiliza para la autenticación (código de autenticación de mensajes basado en un hash Davies-Meyer) y encriptación. La generación actual de SoC requiere una implementación de software. El soporte de hardware para la seguridad ha sido anunciado para la cuarta generación del chip, ZW0401, que implementará AES-128 en hardware (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

La clave secreta de la red se distribuye durante la instalación inicial: justo después de la inclusión de un nodo seguro, el controlador primario envía los comandos encapsulados de seguridad del conjunto de claves al nodo seguro, utilizando una clave temporal.

En la siguiente TABLA 5 se muestra las características que posee el protocolo en mención:

TABLA 5. Características de Z-Wave.

Protocolo	Características	Cobertura	Frecuencia	Encriptación
Z-Wave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funciona a baja frecuencia para mayor penetración de ondas en paredes. ▪ Precios accesibles. ▪ Duración en baterías. ▪ Bajo consumo de energía. ▪ Comunicación vía radio en red tipo malla. 	30 metros en condiciones ideales	900 MHz	AES-128 bits

1.5.6.X-10

Es uno de los protocolos más antiguos para aplicaciones domóticas. Se caracteriza por ser un sistema descentralizado; de igual forma es un protocolo abierto, es decir que cualquier fabricante puede producir dispositivos X-10 siempre y cuando use los circuitos del fabricante escocés que diseñó esta tecnología. De igual forma se basa en un formato de transmisión por corriente portadora PLC Power Line Carrier, que consiste en la transmisión de información codificada dentro de la señal senoidal de corriente alterna que es suministrado por la empresa eléctrica 110V y 220V (Romero, Vásquez, & Lozano, 2013).

1.5.6.1.Funcionamiento

X10 se basa en la transmisión de ráfagas de pulsos de RF 120 kHz. Estos pulsos se sincronizan en el cruce por cero de la señal de red (50 Hz ó 60 Hz). Con la presencia de un pulso en un hemicycle y la ausencia del mismo en el semicycle siguiente se representa un '1' lógico y a la inversa se representa un '0'. A su vez, cada orden se transmite 2 veces, con lo cual toda la información transmitida tiene cuádruple redundancia (DomoGeeks, 2014).

1.5.6.2.Límite de dispositivos

Los dispositivos X10 que se comercializan son solo para uso individual y en entornos domésticos de hasta 250 m², dada su limitación en ancho de banda y en el número máximo de dispositivos a controlar es de 256. No obstante existen elementos de última generación que incorporan, entre otros, los protocolos X-10 extendidos, para dar funcionalidad a soluciones de comunicación como la bidireccionalidad, solicitud de estados y comprobación de la correcta transmisión (DomoGeeks, 2014).

1.5.6.3.Características técnicas tecnología X-10

En la siguiente ilustración se destaca las siguientes características técnicas de esta tecnología:

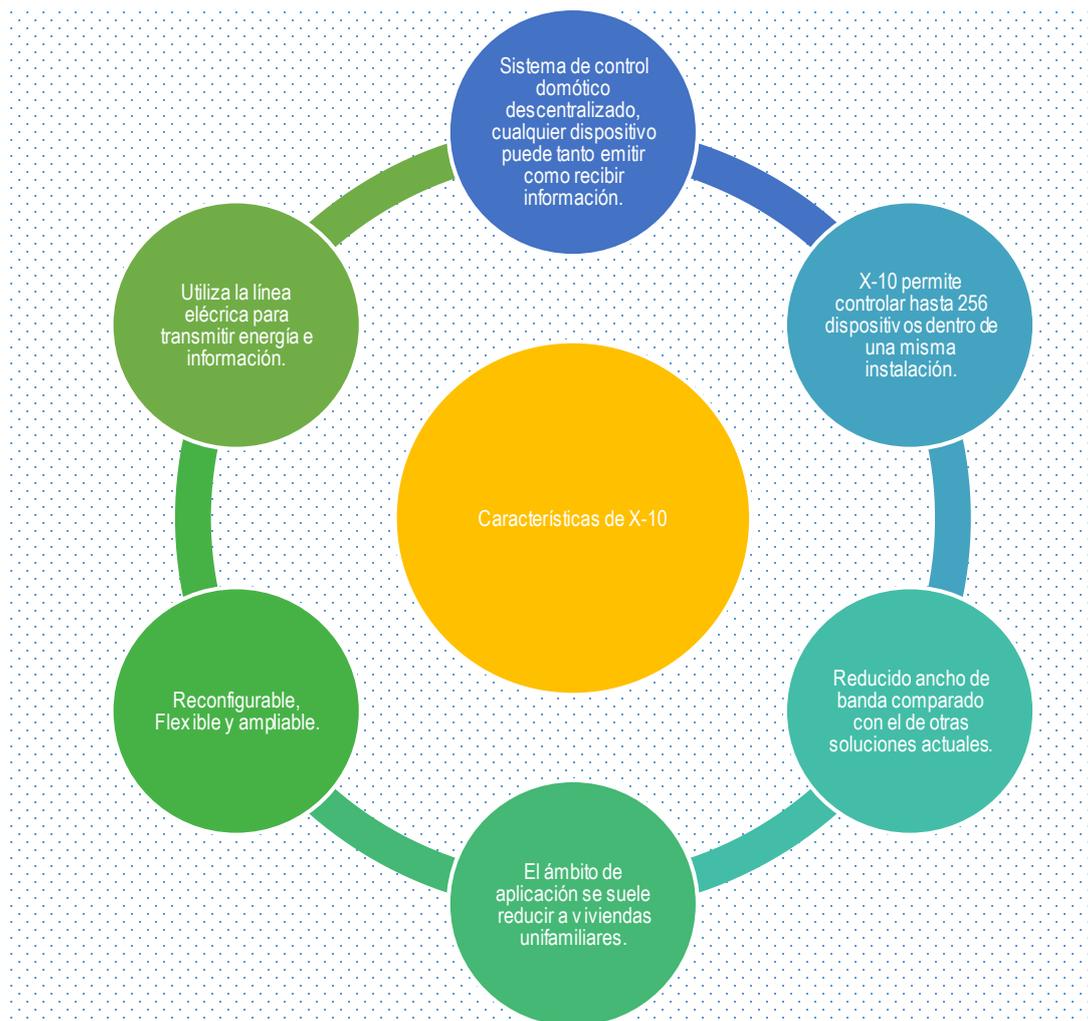


Figura 14. Características de X-10.

Adaptado de: (Huidrobo & Millan, 2007)

1.5.7.6 LoWPAN

Esta tecnología se define por ser una red de malla inalámbrica de bajo consumo en el que cada nodo tiene su propia dirección IPv6, que le permite conectarse directamente a Internet utilizando estándares abiertos (Overview for 6LoWPAN, 2017).

6LoWPAN define actualmente varios encabezados, que aparecen en el siguiente orden cuando están presentes.

- El encabezado de direccionamiento de malla.
- Procesamiento de destino: por ejemplo, el encabezado de fragmento;
- Transporte de carga útil: por ejemplo, los encabezados de compresión IPv6 y UDP.

1.5.7.1. Encabezado de direccionamiento de malla

Actualmente, no se define ningún protocolo "bajo-malla" para 802.15.4, por lo que este encabezado es sólo una instalación proporcionada para que sea posible en el futuro. Cuando se habilita el enrutamiento 802.15.4 bajo-malla, la trama MAC 802.15.4 contiene las direcciones de origen y de destino de cada salto, por lo que se necesita un contenedor para las direcciones 802.15.4 originales y finales. El encabezado de direccionamiento de malla proporciona dicho contenedor, y también contiene un contador "HopLeft" que debe ser decrementado por cada salto de capa 2.

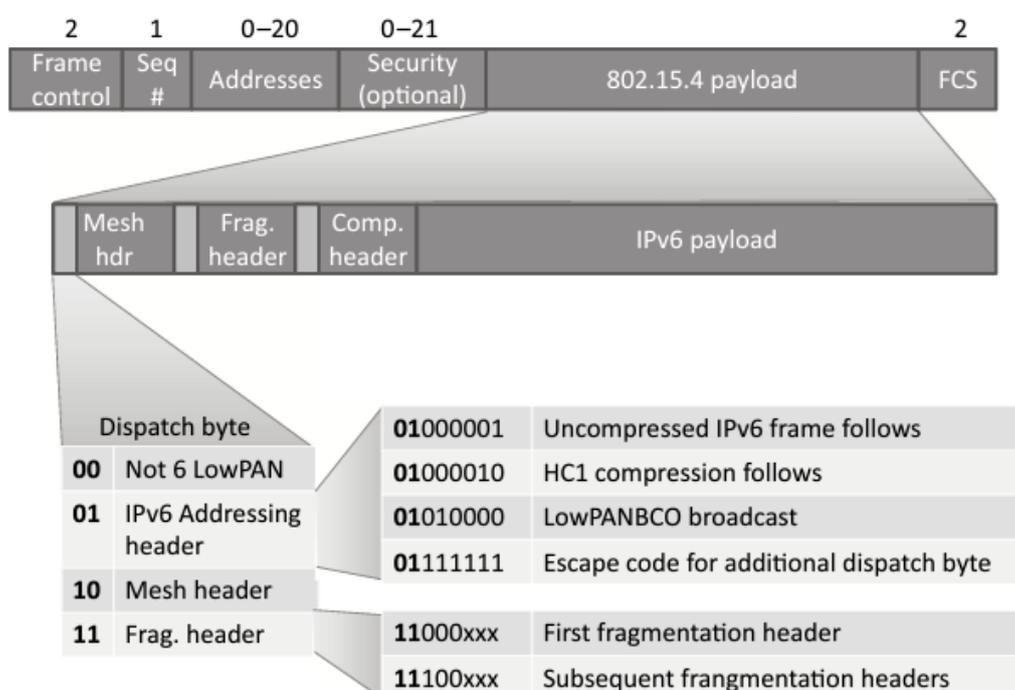


Figura 15. 6LoWPAN encabezamiento de apilamiento.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

1.5.7.2. Encabezado de fragmento

El encabezado de fragmento para el primer fragmento especifica el tamaño completo del paquete y utiliza una etiqueta de datagrama común para todos los fragmentos de este paquete IP, que será utilizado por el receptor, junto con las direcciones MAC del remitente y destino, para identificar fragmentos pertenecientes a los mismos paquetes. Los fragmentos posteriores también especifican el desplazamiento del fragmento en el paquete IP completo, en múltiplos de 8 bytes.

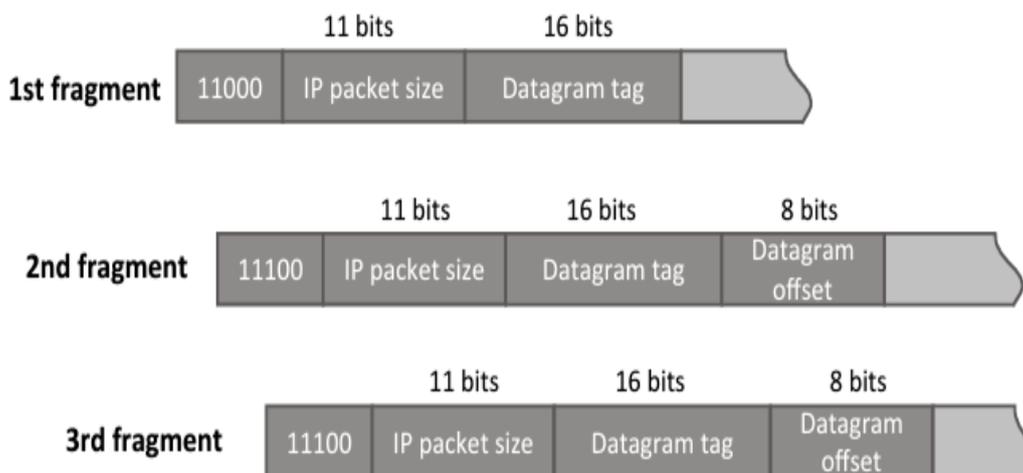


Figura 16. Encabezado de fragmento 6LoWPAN.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

A continuación la red 6LoWPAN está compuesta por los siguientes partes que son:

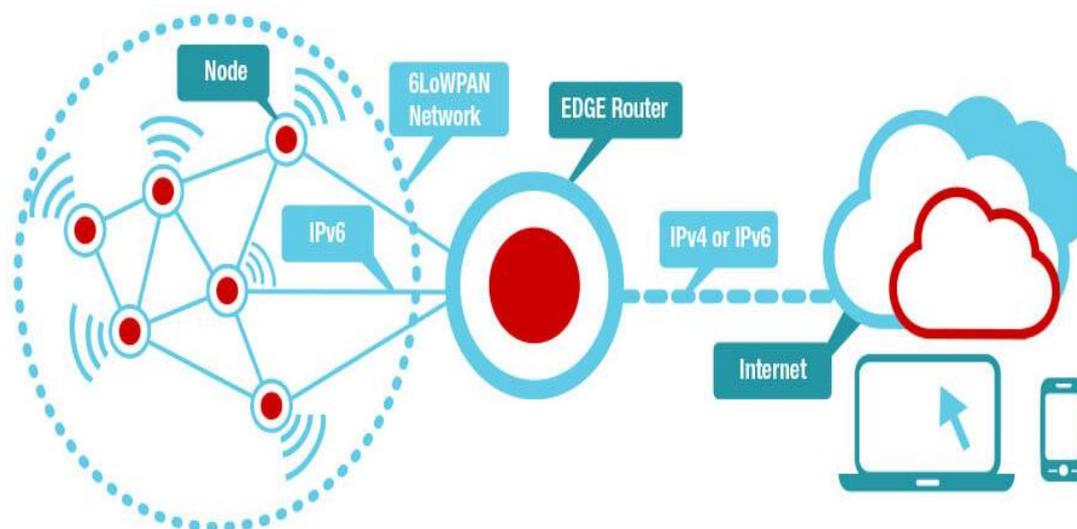


Figura 17. Red 6LoWPAN.

Tomado de: (Overview for 6LoWPAN, 2017).

1.5.7.3. Los nodos

A partir de las bombillas de los detectores de humo, cada nodo lleva una dirección IPv6. Los nodos típicamente requieren pequeñas cantidades de memoria y potencia de procesamiento, y pueden ser implementados utilizando un microcontrolador inalámbrica (Overview for 6LoWPAN, 2017).

1.5.7.4. Internet

Se conecta a cualquier nube. TI se ha asociado con muchos proveedores de servicios en la nube para proporcionar una forma sencilla y directa para llegar a la nube.

1.5.7.5. Edge router

La cabecera IPv6 comprimido necesita un dispositivo intermediario para proporcionar una conversión entre 6LoWPAN y cabecera IP estándar. Un enrutador de borde puede ser visto como esta "puerta de entrada" simplificado. Esto puede ser un independiente o un sistema de complemento.

1.5.7.6. Ventajas 6LoWPAN

IP estándar abierto

- Los estándares abiertos incluyendo TCP, UDP, HTTP, COAP, MQTT y websockets.
- End-to-end IP nodos direccionables.
- No es necesario el uso de un Gateway. Un router se conecta a la red 6LoWPAN a IP.

Malla de rutas

- Uno-a-muchos y muchos-a-uno de enrutamiento.
- Robusta y escalable.
- Autocuración.
- Routers de malla pueden enrutar los datos destinados a otros, mientras que los anfitriones son capaces de dormir durante largos períodos de tiempo.

PHY apoyo múltiple

- La libertad de la banda de frecuencia y la capa física.
- Utilizar a través de múltiples plataformas de comunicación (por ejemplo, Ethernet / Wi-Fi® / 802.15.4 / Sub-1 GHz ISM).
- Interoperabilidad a nivel de IP.

1.5.8. Insteon

Es un sistema para conectar interruptores de iluminación y cargas sin cableado adicional, es una tecnología de redes domésticas diseñada por SmartLabs, Inc.

Asimismo INSTEON es un protocolo de automatización permitiendo que los aparatos se conecten en red. De igual forma este concepto puede ser implementado sobre PLC así como sobre interface de radio (Sato, Kammen, & Duan, 2015).

1.5.8.1.Funcionamiento

Los mensajes INSTEON tienen una longitud fija y están sincronizados con la Corriente Alterna (AC). El tamaño de un mensaje estándar de INSTEON es 10 bytes y también se puede ampliar a 24 bytes. En tal caso, se utilizan 14 bytes de datos de usuario arbitrarios. Esto crea espacio para los desarrolladores de varias aplicaciones de casa inteligente. Además, si hay que transferir más datos, se pueden enviar varios mensajes extendidos al destino (Sato, Kammen, & Duan, 2015).

1.5.8.2.Interoperabilidad

Con el fin de interconectar con otras tecnologías de automatización del hogar, los puentes deben ser implementados. INSTEON puede interoperar a través de puentes con otros dispositivos que se comunican a través de Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, HomePlug, HomeRF, INTELLON, KNX, LONWORKS, CEBus. Ofreciendo Interoperabilidad mundial para acceso a microondas (WiMAX) y otras tecnologías e incluso puede enviar y recibir órdenes X10, lo que permite compatibilidad con el protocolo de domótica más antiguo y ampliamente utilizado (Sato, Kammen, & Duan, 2015).

1.5.8.3.Protocolos y dispositivos

Este protocolo permite más de 65000 tipos de dispositivos y el mismo número de comandos, lo que crea un amplio espacio para diversos dispositivos y funcionalidades (Sato, Kammen, & Duan, 2015).

La tecnología INSTEON define dos protocolos, el protocolo de línea de alimentación INSTEON y el protocolo INSTEON RF, que pueden utilizarse simultáneamente.

La tecnología INSTEON define la comunicación peer-to-peer entre dispositivos. Cada dispositivo (par) puede enviar, recibir y retransmitir mensajes.

1.5.8.4. Velocidad de transmisión

La tecnología INSTEON también permite la radiodifusión a dispositivos de cierto tipo o a un grupo específico de dispositivos.

La velocidad máxima de transmisión de datos es de 13165 y 2880 bps cuando la línea de alimentación instantánea y la línea de alimentación sostenida se utilizan en un salto sin confirmación, respectivamente (Sato, Kammen, & Duan, 2015).

1.6.SOLUCIONES DOMÓTICAS AVANZADAS EN EDIFICACIONES

A continuación se describen las tecnologías domóticas que son utilizadas en edificaciones robustas tales como: hoteles, edificios dedicados para el comercio al por mayor y menor, edificios industriales-almacenes-de transporte, hostales, entre otros; entre las cuales se citan a las más relevantes:

1.6.1.LonWorks

Es una solución potente para los sistemas de redes de control más avanzados de hoy en día. Es la base para un sistema abierto e interoperable en el que los productos y soluciones de empresas líderes del mundo se reúnen en una implementación simple y sencilla que integra varios componentes del sistema en una solución completa. La compañía americana quien creó la tecnología LonWorks fue ECHELON Corporación (LonWorks, 2011).

1.6.1.1.Protocolo redes LonWorks

Los dispositivos en una red de LonWorks® se comunican a través de un protocolo específico para redes de control creado por la compañía Echelon®. El protocolo ha sido ratificado como un estándar oficial por un gran número de normas nacionales e internacionales, incluyendo ANSI, IEEE, CEN y EN. En enero de 2009, el protocolo, que es la base de la plataforma LonWorks®, fue ratificado como un estándar mundial para el control de edificios. Formalmente conocido ahora como ISO/IEC 14908-1 (LonWorks, 2011).

1.6.1.2.Medios de transmisión

Las redes LonWorks®, pueden ser implementadas sobre cualquier medio físico, incluyendo:

- Power line

- Par trenzado
- Radiofrecuencia
- Infrarrojos
- Cable coaxial
- Fibra óptica.

1.6.1.3. Estandarización

En 2008, LonWorks también fue aprobado como estándares ISO: ISO / IEC 14 908-1, -2, -3 y-4 para el protocolo, canal de par trenzado, canal de línea de alimentación y canal con túnel IP, respectivamente.

1.6.1.4. Tecnología

La Figura 18 muestra la estructura de un paquete LonWorks, incluido los campos de datos utilizados por cada capa de protocolo. Las capas de protocolo se detallan en las siguientes secciones.

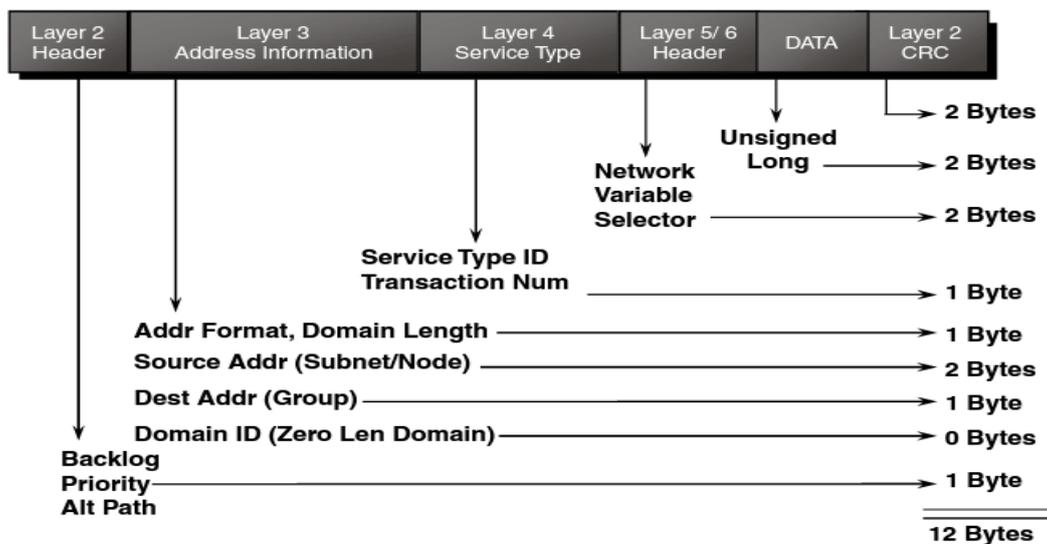


Figura 18. Estructura de un paquete LonWorks.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa Física

El protocolo LonWorks es independiente del medio, y asume sólo una capa física que puede transmitir señales binarias, llamadas canales. La serie de estándares define los transceptores para los canales trenzados, de enlace, de línea, de radiofrecuencia, de fibra óptica, de cable coaxial y de medios infrarrojos. Por consiguiente cada enlace de comunicación físico puede estar

interconectado por medio de un enrutador LonWorks, o extenderse por medio de un repetidor de capa física. Los canales conectados por un repetidor forman un segmento (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa de Enlace

La capa de enlace del protocolo proporciona comprobación de redundancia cíclica (CRC) comprobación de errores para detectar la mayoría de los errores de transmisión (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012); como se muestra en la Figura 19.

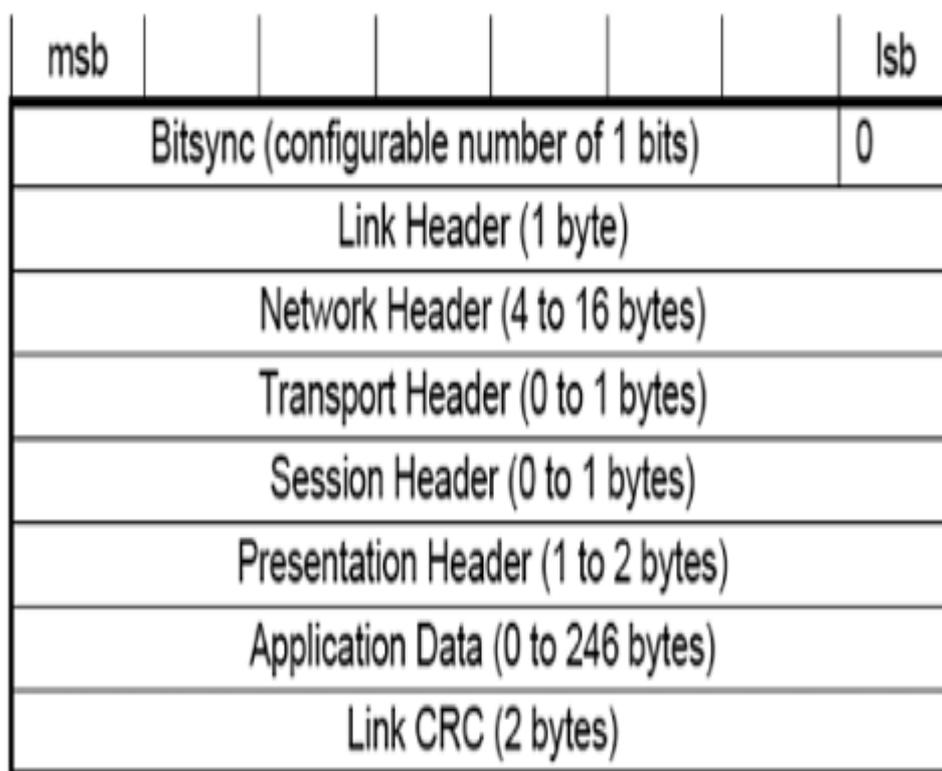


Figura 19. Trama de datos LonWorks.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa de Red

La capa de red proporciona los mecanismos de entrega de mensajes. Cada dispositivo "nodo" se identifica mediante un identificador único de 48 bits, denominado identificador de nodo único (UID) o el identificador_nodo único, dentro de las estructuras de memoria del dispositivo que requieren un servicio de mensajería autenticado para necesidades de mayor seguridad (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

El protocolo utiliza direccionamiento jerárquico y define las subdirecciones de dominio (0, 1, 3 ó 6 bytes), subred (8 bits) y nodo (7 bits). A cada dispositivo se le asigna un ID de nodo único en cada subred. Por lo tanto, puede haber hasta 32 385 dispositivos (255 subredes × 127 nodos) por dominio. Los dispositivos de un solo dominio o subred pueden estar en varios canales; Y los dispositivos de múltiples dominios pueden coexistir en el mismo canal (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa de Transporte

La capa de transporte del protocolo proporciona los mecanismos de fiabilidad de extremo a extremo. El protocolo ofrece cuatro tipos básicos de servicio de mensajería, dependiendo del equilibrio deseado entre fiabilidad y eficiencia (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012):

- **Acuse de recibo ACK:** Cada receptor envía un mensaje de acuse de recibo con el ID de transacción. Si no se han recibido todos los reconocimientos (hasta un tiempo de espera configurable), el mensaje se retransmite con el mismo ID de transacción.
- **Solicitud / respuesta:** el servicio de solicitud / respuesta es administrado por la capa de sesión.
- **Repetido (campo de formato de paquete de transporte de cabecera = 1):** cada mensaje se repite varias veces para reducir la probabilidad de que un dispositivo no reciba uno de los mensajes. Sin embargo, los dispositivos de destino no reconocen estos mensajes, por lo que el servicio no es totalmente fiable. Echelon Corporation estima que 3 repeticiones tienen como resultado una probabilidad de entrega exitosa superior al 99,999%. Este servicio es útil para grupos de direcciones a grupos grandes.
- **No reconocido:** el mensaje se envía como "mejor esfuerzo" y el remitente no es notificado si el mensaje se pierde en el camino. Este servicio es útil para reportar periódicamente los datos de los sensores.

Capa de Sesión

La capa de sesión reemplaza la capa de transporte cuando el campo de formato de paquete de la capa de red se establece en 1. Ofrece autenticación y un servicio de solicitud / respuesta.

Capa de Presentación

La capa de presentación define las convenciones de interpretación de datos del protocolo; utiliza mensajes que son transportados y retransmitidos por las capas inferiores. Los mensajes de la capa de presentación de red de LonWorks comienzan con un código de mensaje de un byte que define el tipo de datos contenidos en el mensaje; seguido de 0 a 277 bytes de datos (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa Aplicación

Algunos servicios de capa de aplicación están definidos para desarrolladores de dispositivos a través de un comité de aquellos desarrolladores dentro de LonMark International, la asociación comercial en apoyo de los estándares de protocolo (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

La culminación de esas definiciones funcionales específicas de la aplicación se conoce como perfiles funcionales o simplemente perfiles y se implementan en parte o en su totalidad por los desarrolladores como bloques de funciones dentro del dispositivo.

1.6.2.BACNet

BACNet se deriva de las siglas en inglés “Building Automation Control Network” que es un protocolo de comunicación de datos para la automatización de edificios y control de redes (BACnet International, 2014).

1.6.2.1.Estándar BACNet

El estándar BACNet fue desarrollado por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Ingenieros (ASHRAE) y ha sido puesto a disposición del público para que los fabricantes pueden crear sistemas interoperables de productos para la automatización de edificios y se basa en la norma internacional ISO y ANSI (BACnet International, 2014).

1.6.2.2.Medios de comunicación

El medio de comunicación de la tecnología para automatización de edificios BACNet son los siguientes:

- Power line
- Par trenzado
- Radiofrecuencia
- Infrarrojos
- Cable coaxial
- Fibra óptica.

1.6.2.3. Interoperabilidad

La capacidad de BACNet para interactuar con otras tecnologías siempre ha sido una preocupación clave, y BACNet proporciona suficiente flexibilidad para permitir la asignación de otros protocolos comunes a un modelo BACNet (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Sin embargo, a menudo hay muchas maneras de proporcionar tal mapeo, y hay una necesidad de especificar formalmente una asignación estándar para asegurar la interoperabilidad de implementaciones de puerta de enlace interprotocolo tales como:

- La interoperabilidad de BACNet con el protocolo de control Konnex (KNX).
- La interoperabilidad de BACNet con ZigBee.

1.6.2.4. Tecnología

BACNet se centra en la capa de red y superiores. En la capa de presentación, utiliza la sintaxis 1 de ASN.1 para la definición de todas las estructuras de datos y mensajes (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

La capa de transporte BACNet añade información de enrutamiento a estas APDU y los mensajes resultantes pueden ser transportados encima de prácticamente cualquier capa de enlace, utilizando las funciones de adaptación proporcionadas por la capa de red BACNet.

Capa Física

Las capas superiores de BACNet son independientes de la capa física subyacente, facilitando la implementación de BACNet en las redes más populares. Las capas físicas de BACNet han sido definidas para ARCNET, Ethernet, tunelización de IP (definidas para routers que conectan segmentos

BACNet a través de IP, BACNet / IP, dispositivos RS-232 (BACNet punto a punto) RS-485 (con tecnología LAN Master-Slave / Token Passing específica de BACNet, hasta 32 nodos en 1200 m, a 76 kbit / s en pares trenzados blindados) y LonWorks / LonTalk (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capa Enlace

BACNet se puede implementar directamente encima de las capas de enlace de datos LonTalk o IEEE802.2 (Ethernet y ArcNet). También define una capa de enlace de datos (PTP punto a punto) para conexiones serie RS232 y una capa de enlace de datos MS / TP para RS-485 (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Para IP u otras tecnologías de red que se pueden utilizar como capas de enlace, la norma define una capa de enlace virtual (BCL) que formaliza todos los servicios que un dispositivo BACNet puede requerir de la capa de enlace, tales como Broadcast.

Los dispositivos BACNet se convierten en auténticos dispositivos IP BACNet, capaces de comunicarse directamente a través de IP sin necesidad de un enrutador. Del mismo modo, un dispositivo BACNet podría implementar un ATM, frame relay o ISDN BVLL para convertirse en un nodo nativo en estas redes.

Capa de Red

BACNet se define principalmente como un protocolo de capa de red, que define las direcciones de red necesarias para el enrutamiento de mensajes. Las redes BACNet constan de uno o más segmentos que consisten en segmentos físicos individuales o múltiples segmentos físicos conectados por repetidores. Los segmentos BACNet están conectados por puentes si emplean las mismas tecnologías LAN, o enrutadores BACNet de lo contrario (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Las direcciones BACNet son jerárquicas: la separación formal del identificador de red y el identificador de dirección simplifica el enrutamiento. Las direcciones tienen una longitud variable, lo que facilita que BACNet se adapte a las direcciones nativas de las capas de enlace subyacentes. En la Figura 20 muestra el uso de una dirección IP por parte de BACNet.

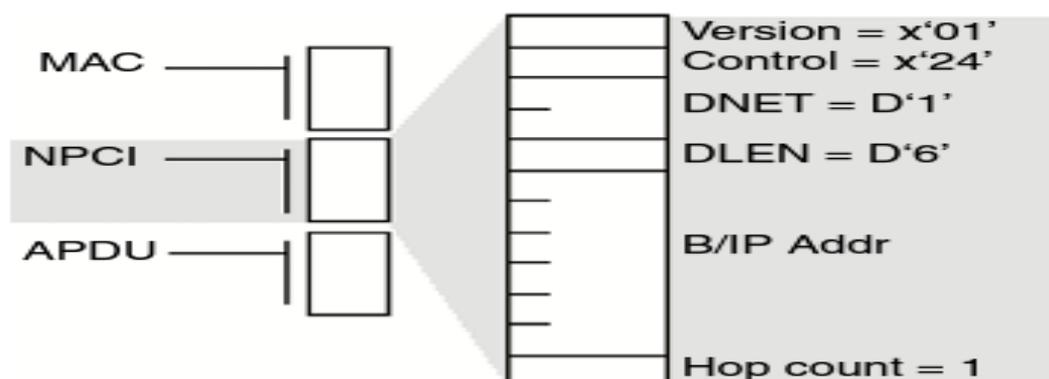


Figura 20. Mensaje de BACNet desde un dispositivo BACNet no IP a un dispositivo BACNet / IP.

Tomado de: (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capas Sesión y Transporte

BACNet implementa un modelo OSI colapsado en el que no se requieren las capas de transporte y sesión. La capa de aplicación proporciona los mecanismos de fiabilidad requeridos normalmente asociados con la capa de transporte, así como los mecanismos de segmentación y secuenciación asociados usualmente con la capa de sesión (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

Capas Aplicación y Presentación

BACNet no intenta separar formalmente la capa de presentación y la capa de aplicación (una separación que a menudo es un poco artificial para la mayoría de los protocolos de todos modos).

Por consiguiente BACNet modela las diversas características de los dispositivos como objetos, intercambiando primitivas de servicio. Las primitivas de servicio se describen utilizando la sintaxis ASN.1 y se serializan utilizando ASN.1 BER (reglas básicas de codificación, Recomendaciones UIT-T X.209 y X.690, para una buena introducción en ASN.1 y BACNet (Hersent, Boswarthick, & Elloumi, 2012).

1.6.3.BUSing

Es un sistema de comunicaciones distribuido diseñado íntegramente desde sus inicios para las aplicaciones domóticas e inmóticas. Es por tanto un sistema de control completo que se adapta, por prestaciones y por coste, tanto a sencillas

viviendas como a complejos edificios pasando por todo un abanico intermedio de infinitas posibilidades (Ingenium, 2016).

1.6.3.1. Tipo de sistema

El sistema BUSing® es totalmente abierto y libre de pagos por el uso de una patente, asimismo permite a otros fabricantes diseñar equipos bajo este estándar, así como el desarrollo de integraciones sobre otros dispositivos o pasarelas con otros estándares (Ingenium, 2016).

1.6.3.2. Capacidad del sistema y cobertura

La extensión del sistema BUSing® tiene un alcance de 1 Km, pudiendo existir 300 metros entre dos equipos instalados.

El sistema es prácticamente ilimitado, pudiendo colocar 255 nodos o equipos en 255 líneas, lo que supone más de 65.000 equipos con más de 300.000 salidas en una misma instalación (Ingenium, 2016).

1.6.3.3. Protocolo de comunicación

El protocolo de comunicaciones, BUSing®, puede ser inalámbrico (tecnología RF 2,4 GHz) o cableado con BUS de 4 hilos. Pueden coexistir ambos tipos en una misma instalación estableciéndose comunicaciones entre equipos de distinta vía de comunicación (Ingenium, 2016).

1.6.3.4. Características esenciales protocolo BUSing

Entre las cualidades principales del protocolo de comunicaciones domóticos BUSing se describen:

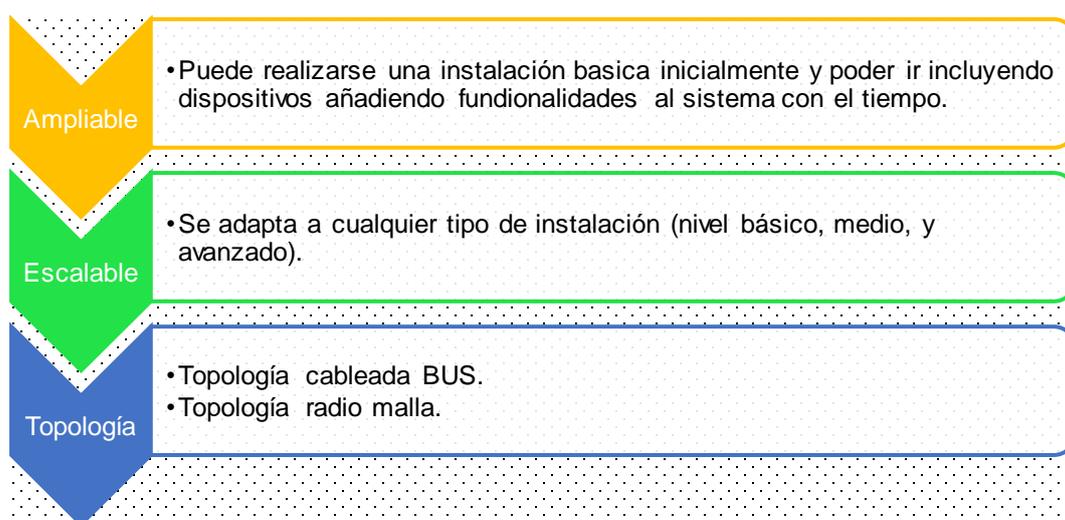


Figura 21. Características protocolo BUSing.

1.6.3.5.Topología

Según (Ingenium, 2016) señala que la topología y tipos de instalación pueden ser:

- Centralizada.
- Distribuida.
- Radio.
- Mixta.
- Prolongada y extendida.

1.6.3.6.Medios de físicos

El protocolo de comunicaciones que suele aplicar BUSing en ambientes de automatización y control son el medio inalámbrico a una frecuencia de operación de 868 MHz y el cableado tipo BUS de 4 hilos. Incluso pueden convivir ambos medios de comunicación en una instalación (Ingenium, 2016).

1.6.4.Knx

En mayo de 1999 los miembros de las siguientes Asociaciones fundaron la KNX Association:

- EIBA (European Installation Bus Association)
- EHSA (European Home Systems Association)
- BCI (BatiBUS Club International)

La KNX Association es creadora y propietaria de KNX: el estándar mundial para el control de viviendas y edificios, inclusive es propietaria a nivel mundial del logotipo de la marca KNX. La KNX Association es una organización orientada a fines sin ánimo de lucro gobernada por la Ley belga. Los miembros son fabricantes que desarrollan dispositivos para múltiples aplicaciones para el control de viviendas y edificios basado en KNX, como por ejemplo control de la iluminación, control de persianas y toldos, calefacción, ventilación, aire acondicionado, gestión energética, medición, supervisión, monitorización, sistemas de alarmas/intrusos, electrodomésticos, sistemas de audio y video y muchas otras más (KNX Association, 2012).

1.6.4.1. Estandarización

KNX está aprobado como el estándar internacional (ISO/IEC 14543-3), estándar europeo (CENELEC EN 50090 y CEN EN 13321-1) así como estándar nacional en países como China (GB/T 20965). Ello asegura la continuidad de KNX en el futuro. Dispositivos KNX de diferentes fabricantes pueden ser combinados - la marca registrada KNX garantiza la interoperabilidad y el «interworking». Este estándar se fundamenta en más de 23 años de experiencia en el mercado, que incluye a sus predecesores EIB, EHS y BatiBUS. Más de 320 compañías miembros por todo el mundo de diversas aplicaciones cuentan con más de 7.000 grupos de productos certificados KNX en sus catálogos. La KNX Association tiene acuerdos de colaboración con más de 40.000 compañías integradores e instaladoras en 125 países, con más de 100 entidades científicas, así como con más de 275 centros de formación (KNX Association, 2012).

1.6.4.2. Medios de transmisión

El estándar KNX incluye distintos medios de transmisión. Cada uno de éstos puede ser combinado con uno o más modos de configuración, de tal forma que posibilita a cada fabricante elegir la combinación adecuada para el segmento del mercado y la aplicación que desea (KNX Association, 2012).

Par trenzado

Este medio de transmisión, par trenzado, con una velocidad de 9600 bits/s, ha sido tomado de EIB. Todos los productos certificados EIB TP1 y KNX TP1 operarán y se comunicarán entre sí en un mismo bus (KNX Association, 2012).

Power line

Este medio de transmisión, con una velocidad de 1200 bits/s, también ha sido tomado de EIB. Los productos certificados EIB PL110 y KNX PL110 operarán y se comunicarán entre sí en la misma red de distribución eléctrica (KNX Association, 2012).

Radio frecuencia

El medio de transmisión KNX RF puede ser desarrollado con componentes estándares del mercado, permite implementaciones tanto uni- como bidireccionales, se caracteriza por su bajo nivel de consumo energético y está

destinado a pequeñas y medianas instalaciones que necesitan repetidores sólo en casos excepcionales. Opera en la banda de frecuencia 868 MHz dispositivos de corto alcance, con una potencia máxima irradiada de 25 mW y una velocidad de 16.384 kBit/sec. (KNX Association, 2012).

Ip (Ethernet – Wi-Fi)

Las comunicaciones KNX pueden ser también transmitidos de forma encapsulada en mensajes IP. De esta forma, tanto redes LAN como Internet pueden ser usados para transportar en modo routing o tunneling telegramas KNX. (KNX Association, 2012).

1.6.4.3. Modos de configuración

El estándar KNX permite a cada fabricante seleccionar el modo de configuración idóneo para cada segmento de mercado y la aplicación deseada (KNX Association, 2012). El estándar KNX permite 2 modos de configuración:

Modo Sistema

Este mecanismo de configuración está dirigido a instaladores KNX formados que llevan a cabo funciones de control sofisticadas en sus instalaciones. Una instalación realizada con componentes «S-Mode» puede ser diseñada a través de la herramienta software única ETS, mediante bases de datos de productos facilitados por los fabricantes: ETS se emplea también para enlazar los productos y configurarlos, esto es fijar los parámetros disponibles que son requeridos por la instalación. «S-Mode» ofrece el mayor grado de flexibilidad para la realización de las funciones de control de edificios (KNX Association, 2012).

Modo Fácil

Este mecanismo de configuración está dirigido para instaladores con conocimientos básicos sobre KNX. Los productos compatibles con «E-Mode» ofrecen funciones limitadas comparado con los dispositivos S-Mode. Los componentes E-Mode ya están pre-programados y cargados con parámetros por defecto. Con un simple configurador, cada componente puede ser parcialmente reconfigurado principalmente sus parámetros de configuración y los enlaces de comunicación (KNX Association, 2012).

1.6.4.4. Interoperabilidad

Varios fabricantes ofrecen pasarelas a otros sistemas, es decir a otros sistemas de automatización de edificios, redes de telefonía, redes multimedia, redes IP, etc. Las instalaciones KNX pueden ser enlazadas a los objetos BACNet (como está documentado en el estándar internacional ISO 16484-5) o también tienen la posibilidad de conectarse, a través de interfaz, con la tecnología DALI (KNX Association, 2012).

1.6.4.5. Alcance y cobertura

En KNX se tiene la posibilidad de instalar en cada línea hasta un total de 64 dispositivos como máximo, permitiendo que todos los elementos estén comunicados entre sí y cualquier componente puede mandar sobre otro sin ningún tipo de problema al estar interconectados, sin preocuparnos de la distancia entre ellos, problemas de cobertura o tipos de ubicación.

Asimismo en cada línea en las instalaciones KNX deberá de estar alimentada mediante fuentes de alimentación, no deberá de superar la línea los 1000 metros de longitud y los dispositivos no deberán de estar a más de 750 metros de separación. También la fuente de alimentación juega un papel fundamental, no pudiendo estar a más de 350 metros de un módulo y entre ellas deberá de haber mínimo 200 metros de separación.

El área tendrá una línea principal y de esta línea principal irán saliendo las líneas secundarias y hasta un total de 15 líneas con 64 elementos cada una, lo que hace un total de 960 dispositivos por cada área como máximo (aunque con repetidores podríamos ir hasta 256 elementos en cada una). Parecen muchos, pero en grandes instalaciones podrían quedarse cortos como en un hotel de 500 habitaciones, por ejemplo en el que queremos controlar 10 elementos por habitación.

Las áreas también las podremos unir entonces mediante una línea principal, por lo que podríamos tener un sistema de 15 áreas con sus 15 líneas cada uno de ellos y 64 elementos en cada línea que haría un total de 14.400 dispositivos. El nombre ahora de esta instalación KNX sería backbone.

2. CAPITULO II. DISEÑO DE LA RED Y COMPONENTES DE HARDWARE

En este capítulo se abordará los aspectos previos a la solución propuesta de diseño de la domótica en el hogar. Se consideraran aspectos como: la ubicación, descripción del hogar, análisis de requerimientos, etc., para posteriormente plantear una solución adecuada para la automatización y control en un edificio bifamiliar.

2.1.ASPECTOS PREVIOS AL DISEÑO

Previo al diseño se deben establecer las necesidades del usuario, con el propósito de diseñar una solución domótica para un edificio bifamiliar. Por otra parte en el diseño de la red de automatización y control domótica se utilizarán sensores, módulos ZigBee, microcontroladores PIC, etc.

Por otro lado la causa determinante es el conocer el material con la que está construida el bien inmueble; debido a que es importante evaluar con anterioridad previo al diseño; ya que al ser una red inalámbrica es primordial saber si las señales desplegadas podrán o no atravesar muros del hogar para llegar al destino. En efecto, vale recalcar que la vivienda bifamiliar es de cemento armado ya que las ondas de radio de los módulos XBee pueden atravesar muros y por cuanto es factible realizar la automatización y control.

2.2.REQUERIMIENTOS DEL USUARIO

En esta sección se determina los requerimientos del usuario dotando de un sistema domótico eficiente para el control y monitoreo del hogar, para conseguir un adecuado nivel de confort y seguridad, de la misma forma se ha establecido los requerimientos distribuidos en cada una de las áreas del hogar como se muestra en el siguiente nivel.

2.2.1.Servicios de automatización y control en el hogar

Los servicios de automatización y control en la domótica por cada ambiente del hogar se ha dividido en 3 aspectos fundamentales: ahorro energético, seguridad, y confort.

2.2.1.1. Ahorro energético

En este ámbito es necesario sistematizar el consumo de energía y gestionar de mejor forma y así no tener ambientes en casa que desperdicien electricidad. A continuación, se exponen los siguientes servicios por ambientes:

Cocina:

- Iluminación inteligente utilizando sensor de presencia.

Habitaciones y Sala de estar:

- Iluminación inteligente utilizando un sensor de presencia.
- Termostato inteligente para ventilación y agua caliente.

Jardín:

- Iluminación inteligente utilizando un sensor de presencia.

Baños:

- Iluminación inteligente utilizando un sensor de presencia.

Garaje:

- Iluminación inteligente utilizando un sensor de presencia.

2.2.1.2. Seguridad

Este ítem se encuentra enfocado a la protección de personas para salvaguardar al individuo de agresiones externas por accidentes domésticos pretendiendo evitarlos o minimizar sus efectos en caso de que se produzcan, como se muestran a continuación:

Cocina:

- Detección de fugas de agua.
- Detección de escapes de gas.
- Detección de humo.

Habitaciones y sala de estar:

- Detección de intrusos utilizando contactos magnéticos en las puertas.
- Detección de intrusos utilizando contactos magnéticos en ventanas.

Baños:

- Detección de alarma de fugas de agua con sensor de inundación.

Garaje:

Detección por presencia de intrusos.

2.2.1.3. Confort

En este apartado se muestran los sistemas más usuales que hay en un hogar como por ejemplo: control de iluminación, el control térmico, o el control del riego en jardines, entre otros.

Cocina:

- Encendido / Apagado de iluminación.

Habitaciones y Sala de estar:

- Encendido / Apagado de iluminación.
- Apertura / Cierre de persianas.
- Control térmico.

Baños:

- Encendido / Apagado de iluminación.

Garaje:

- Apertura / Cierre de portón de garaje y;
- Encendido / Apagado de iluminación.

Jardín:

- Regadío automático de áreas verdes.

2.2.1.4. Software de automatización y control

Para llevar a cabo un evento de automatización y control en el hogar es a través del aplicativo móvil que se instala en dispositivos inteligentes del usuario tales como: teléfonos inteligentes, tabletas, weareables, TV y más; de igual modo el diseño del aplicativo se ha desarrollado mediante el IDE de Android Studio.

2.2.1.5. Aplicativo de gestión en hogares

En primer lugar la información del aplicativo móvil alojado en el teléfono móvil es enviada hacia el módulo Wi-Fi ESP8622 para luego enviar por las seriales al Arduino para luego procesar los paquetes y en lo posterior enviar la

información al nodo coordinador con el propósito de llevar a cabo algún evento de automatización en el hogar como se muestra en la siguiente Figura 22.

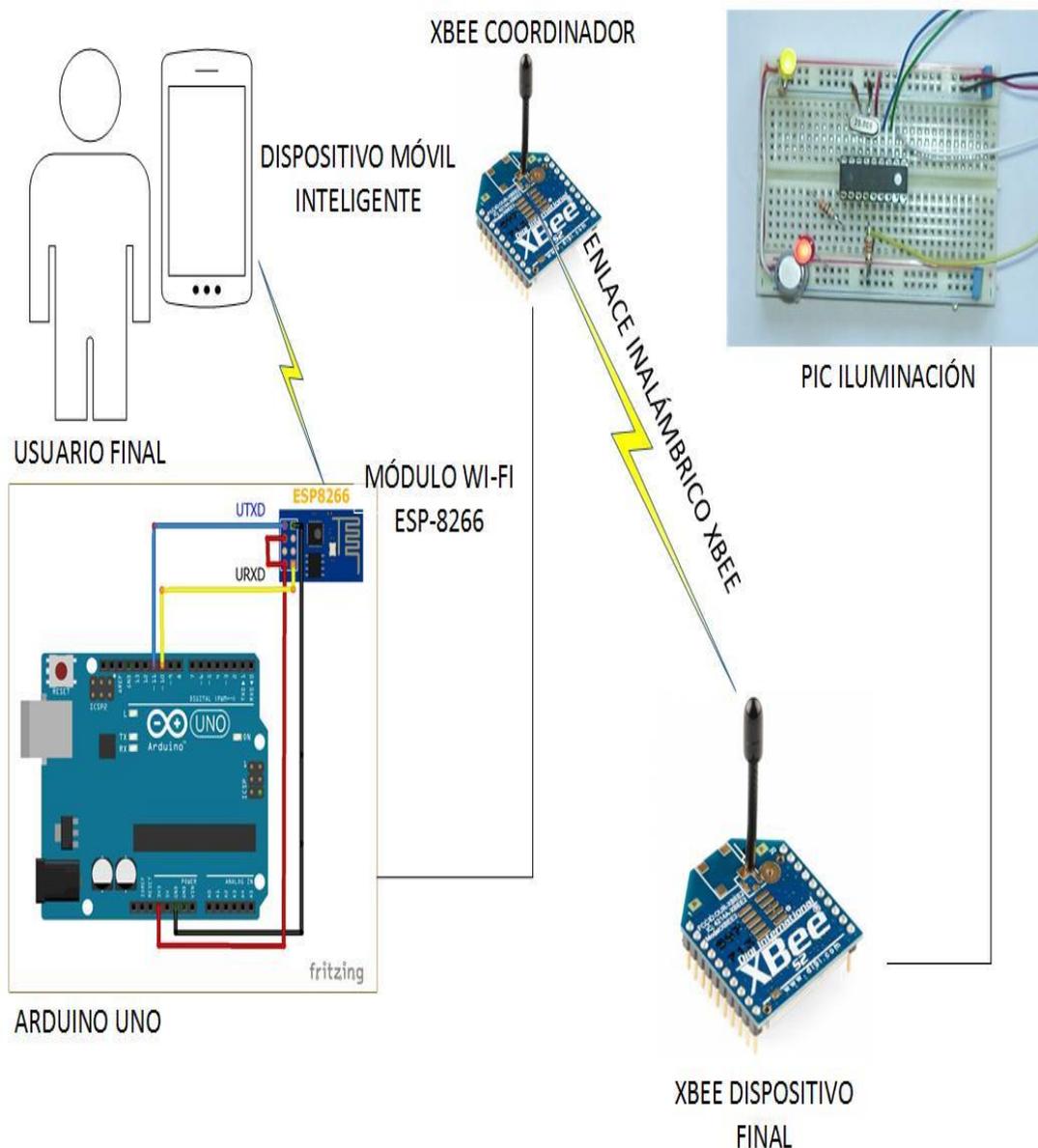


Figura 22. Aplicativo móvil para la gestión de hogares.

2.3.DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO BIFAMILIAR

El bien inmueble en el cual se basa este diseño de red; se encuentra situado en el Sur de Quito, específicamente en la avenida Serapio Japerabi y Canelo; sector El Pintado. En la Figura 23 se muestra la dirección del edificio a domotizar.

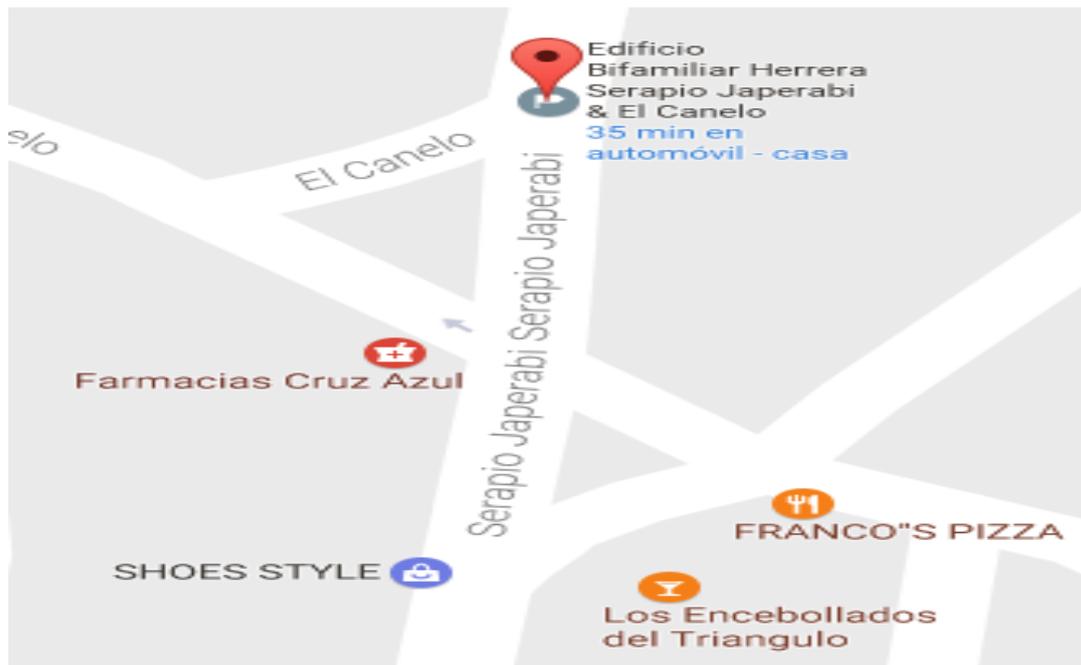


Figura 23. Ubicación geográfica del hogar.

Adaptado de: (Google Earth, 2015).

La vivienda tiene 312 m² de construcción divididos en 2 plantas: la primera planta posee 96m² además cuenta con un garaje de 20m² y el jardín de 4m². En la segunda planta tiene una dimensión de 96m².

2.3.1. Levantamiento de la información

En cuanto al levantamiento de la información se realiza la descripción del bien inmueble tanto de la primera y segunda planta; con la finalidad de definir la ubicación de los elementos domóticos; y dimensionar los materiales necesarios para llevar cabo la automatización requerida por el usuario para cada una de las estancias del hogar.

2.3.1.1. Descripción de la primera planta

En la Figura 24, se muestra como está distribuida la primera planta y es primordial que la misma tiene una superficie de 12 x 8 metros, en el cual se encuentra fraccionada de la siguiente forma:

- Sala
- 2 habitaciones master.
- 1 baño compartido
- 1 cocina y comedor

- Garaje



Figura 24. Levantamiento de información primera planta incluye garaje.

En la Figura 25 se muestra el levantamiento de información de la primera planta y su respectivo garaje con sus respectivas divisiones del bien mueble; así como también la ubicación de la toma eléctrica, lámparas, entre otros.

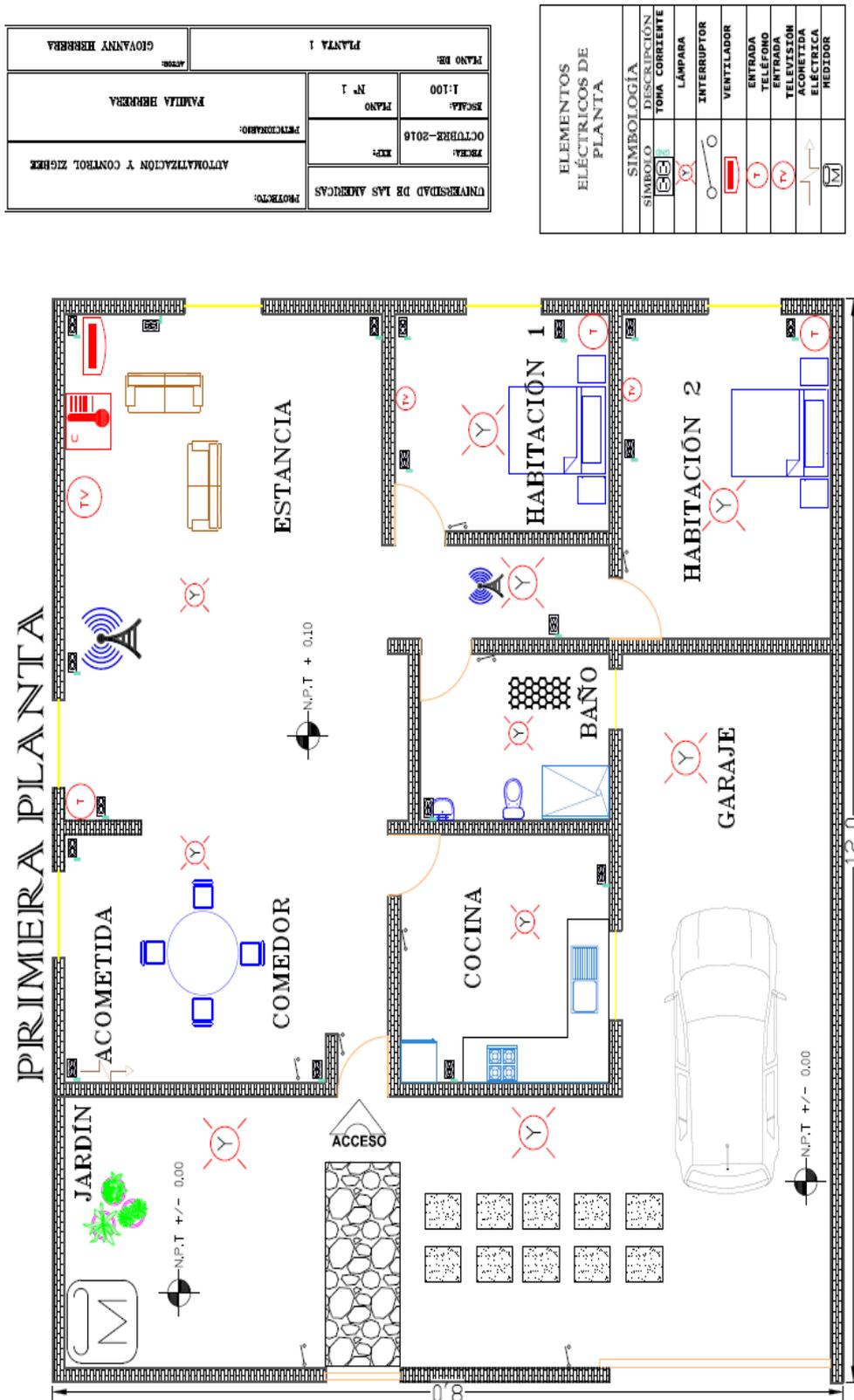


Figura 25. Levantamiento de plano primera planta.

En base al plano se genera la TABLA 6 y TABLA 7 , con el propósito de estar al tanto con respecto a cuantas puertas, ventanas y lámparas hay en cada sección de la planta; con el objetivo de dimensionar de manera óptima los dispositivos de automatización y control para el correspondiente piso.

TABLA 6. Zonas y detalle de planta primer piso.

LUGAR	LÁMPARAS	PUERTAS	VENTANAS
Habitación 1	1	1	1
Habitación 2	1	1	1
Baño	1	1	-
Cocina	1	1	1
Sala de estar	1	1	2
Comedor	1	1	1
Garaje	3	2	-
TOTAL	9	8	6

Nota: Es relevante mencionar que en las ventanas que corresponde a los baños de la primera planta son de pequeñas dimensiones y por lo tanto no se automatizan debido a su tamaño de 60x60 cm.

2.3.1.2. Descripción de la segunda planta

En la segunda planta familiar tiene una superficie de 12 x 8 metros distribuidos de la siguiente manera como se muestra en la Figura 26:

- 3 Habitaciones; cada dormitorio con su respectivo baño privado.
- 1 Cocina.
- Sala de estar.



Figura 26. Levantamiento de información segunda planta.

Por otra parte en la siguiente Figura 27 se puede apreciar la parte eléctrica de toda la segunda planta, con la intención de diseñar la red y ubicar los dispositivos; y por medio de esta implantación saber cuántos dispositivos se necesitará para automatizar en cada bloque que conforma la planta. Para más detalle ver la TABLA 7.

Es relevante puntualizar que la parte de planimetría tanto de la primera y segunda planta se encuentran en la sección anexos con el propósito de visualizar los planos a una escala A3.

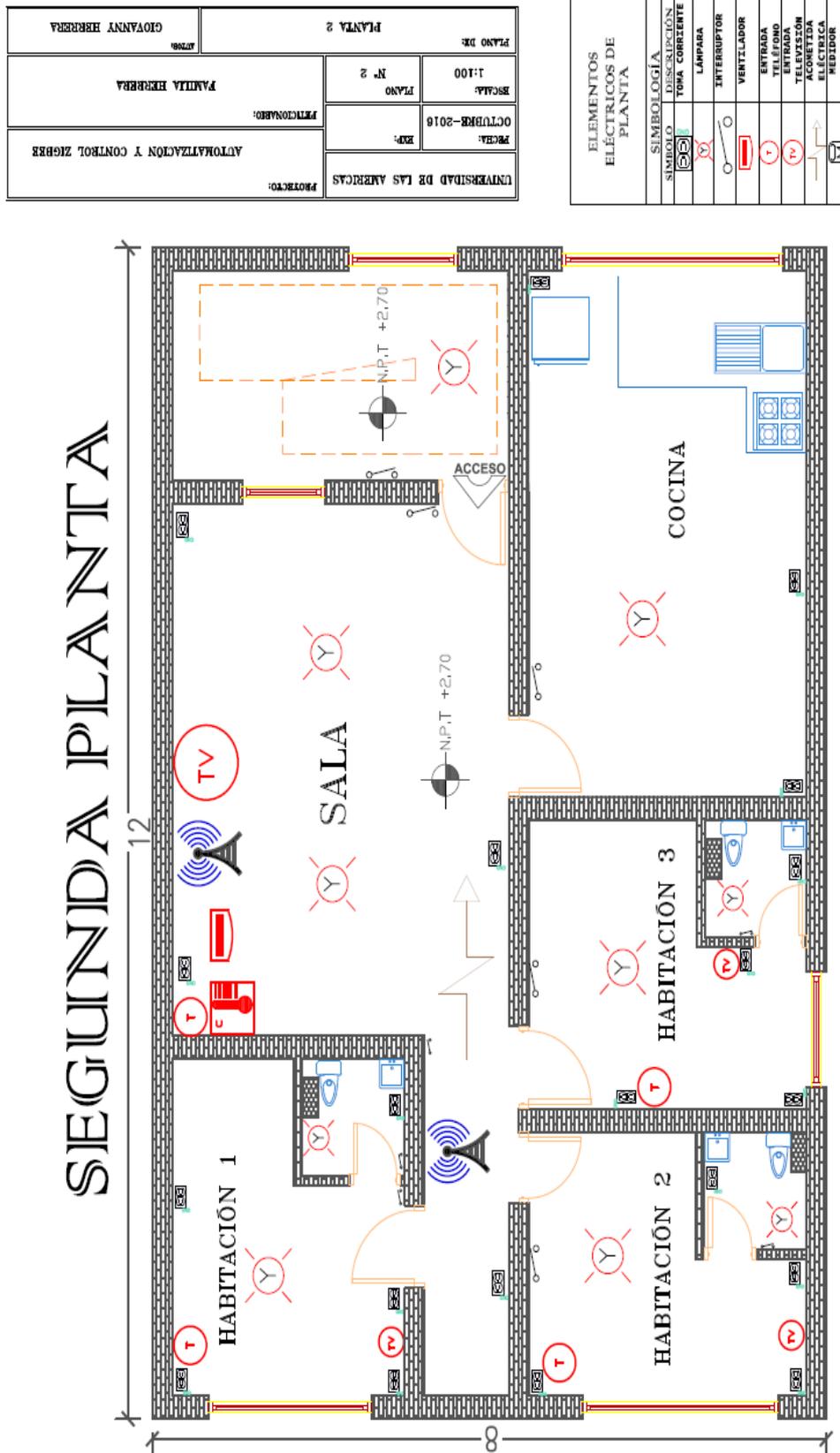


Figura 27. Levantamiento de plano segunda planta.

TABLA 7. Zonas y detalle de planta segundo piso.

LUGAR	LÁMPARAS	PUERTAS	VENTANAS
Habitación 1 y Baño	2	2	1
Habitación 2 y Baño	2	2	1
Habitación 3 y Baño	2	2	1
Hall	1	-	-
Cocina / comedor	1	1	1
Sala	2	1	1
TOTAL	10	8	5

Nota: Es relevante mencionar que en las ventanas que corresponde a los baños de la segunda planta son de pequeñas dimensiones y por lo tanto no se automatizan debido a su tamaño de 60x60 cm.

2.4.DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

En este ítem se toma como referencia a los planos proyectados anteriormente con la finalidad de realizar una estimación de cuantos elementos electrónicos tales como: sensores, actuadores, motores, relés, entre otros dispositivos; se requerirán en cada planta para su respectiva automatización de acuerdo a la TABLA 8 y TABLA 9.

2.4.1.Dimensionamiento de dispositivos para primera planta

TABLA 8. Dispositivos electrónicos para instalación en primera planta.

Iluminación			
Número	Ubicación	Descripción de dispositivos	Cantidad
2	Habitaciones	Relés de 5V de DC 220 V de AC	2
2	Sala/comedor		2
1	Cocina		1
1	Hall		1
1	Garaje		3
1	Baño social		1
TOTAL DISPOSITIVOS RELE			10

Persianas			
2	Habitaciones	Motor tubular para persianas de 40 Nm a 15 r.p.m. Cuenta con un tubo extensible hasta 1.9 metros de largo.	2
3	Sala/comedor		3
TOTAL DE MOTORES PARA PERSIANAS			5
Seguridad			
2	Baño y cocina	Sensores de agua	2
1	Sala	Sensor de temperatura	1
1	Jardín	Sensor de humedad de suelo	1
1	Cocina	Sensores de gas y humo	2
3	Habitaciones y Sala	Contactos magnéticos en puertas	3
6	Garaje, sala, comedor, cocina, habitaciones	Sensores de presencia de intrusos	6
TOTAL DE DISPOSITIVOS PARA PRIMERA PLANTA ENTRE SENSORES DE AGUA-GAS-HUMO-MAGNÉTICOS-HUMEDAD EN JARDIN Y PIR			15

2.4.2. Dimensionamiento de dispositivos para segunda planta

TABLA 9. Dispositivos electrónicos para instalación en segunda planta.

Iluminación			
Número	Ubicación	Descripción de dispositivos	Cantidad
3	Habitaciones	220 V de AC	3
1	Sala		2

2	Cocina-comedor		2
3	Baño		3
1	Hall		1
TOTAL DE RELEVADORES PARA ILUMINACIÓN			11
Persianas			
3	Habitaciones	Motor tubular para persianas de 40 Nm a 15 r.p.m. Cuenta con un tubo extensible hasta 1.9 metros de largo.	3
1	Sala		1
TOTAL DE MOTORES PARA PERSIANAS			4
Seguridad			
4	Baños y cocina	Sensores de agua	4
1	Cocina	Sensores de gas y humo	2
1	Jardín	Sensor de humedad de jardín	1
1	Sala	Sensor de temperatura	1
3	Habitaciones	Contactos magnéticos puertas	3
7	Sala, comedor, cocina, 3 habitaciones, garaje	Sensores de presencia	7
TOTAL DE DISPOSITIVOS PARA SEGUNDA PLANTA ENTRE SENSORES DE AGUA-GAS-HUMO-MAGNÉTICOS Y PIR			18

2.5.NORMATIVA Y BUENAS PRÁCTICAS PARA LA UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DOMÓTICOS

En la siguiente sección se detallan las normas y buenas prácticas para la ubicación de sensores y actuadores según las recomendaciones del sector de la Domótica e Inmótica (CEDOM, 2016).

2.5.1.Sensores en interiores

- Detector de gas: según recomendaciones del sector deberá instalarse a una distancia no superior de 1.5 metros desde el gas doméstico más utilizado, lejos de elementos que puedan perturbar la detección tales como: ventanas, extractores de olor, entre otros, y al amparo de zonas húmedas, polvorientas, o con temperaturas extremas. Cabe mencionar que se instalara en posición vertical en las paredes.
- Detector de incendio: Los detectores de incendio descritos deben instalarse en el techo de la estancia, centrado con respecto a la estancia y a una distancia mínima de 50 centímetros de la pared.
- Sondass de humedad / agua: Se instalará el sensor de manera que la sonda detectora quede en contacto directo con el suelo y en zonas donde no puedan originarse falsas detecciones.
- Detectores de intrusión: En el caso de detectores volumétricos, éstos deben colocarse en una esquina de la estancia y en su parte superior, asegurando una orientación que logre la máxima cobertura posible y siempre alejada de cualquier fuente de calor.
- Detector de apertura de puertas / ventanas: Se instalará la parte imantada en la puerta o ventana, mientras que la parte cableada se colocará en el marco de ésta. Deben estar en la parte de la puerta o ventana contraria a las bisagras.

2.5.2.Ubicación de los actuadores

- Relés: En la instalación de relés de maniobra es necesario asegurar que éstos no producen importantes picos de corriente y su potencia está acorde con las especificaciones del equipo doméstico a controlar (Bermúdez & Navas, 2013).

2.5.3.Ubicación de electroválvulas

Según recomendaciones del sector de la domótica las electroválvulas se colocarán en el interior de la vivienda después de la llave de paso principal, lo más cerca posible de ésta y en un lugar accesible para el usuario (Bermúdez & Navas, 2013).

Entre los tipos de electroválvulas se recomiendan utilizar las siguientes: siempre abierta y siempre cerrada; debido a las siguientes razones:

- Para el suministro de agua se recomienda utilizar una electroválvula de rearme automático.
- Para el suministro de gas se recomienda utilizar una electroválvula de rearme manual.
- Localizar la electroválvula en un lugar ventilado.
- Disponer de una distancia entre la electroválvula y la pared, con la finalidad de permitir la circulación de aire.
- Comprobar la correcta alineación de las tuberías.
- Durante el proceso de conexión de la válvula a la tubería no debe utilizarse nunca el cuerpo de la bobina como apoyo o palanca.
- En la conexión eléctrica de la bobina de la electroválvula se recomienda utilizar una prensa estopas normalizadas.

2.6.PLANOS DE INSTALACIÓN DE ELEMENTOS POR PLANTAS

En este espacio se representa la ubicación de los respectivos dispositivos electrónicos; que serán instalados en los correspondientes ambientes de cada una de las plantas.

2.6.1.Plano ubicación de dispositivos domóticos primera planta

A continuación, se procede a realizar la planimetría en AutoCAD que corresponde a la primera planta de la Figura 28; con el propósito de esbozar los dispositivos que intervienen en la automatización y control. Es relevante puntualizar que la parte de planimetría de las plantas se encuentra en la sección anexos con el propósito de visualizar los planos a un formato A3.

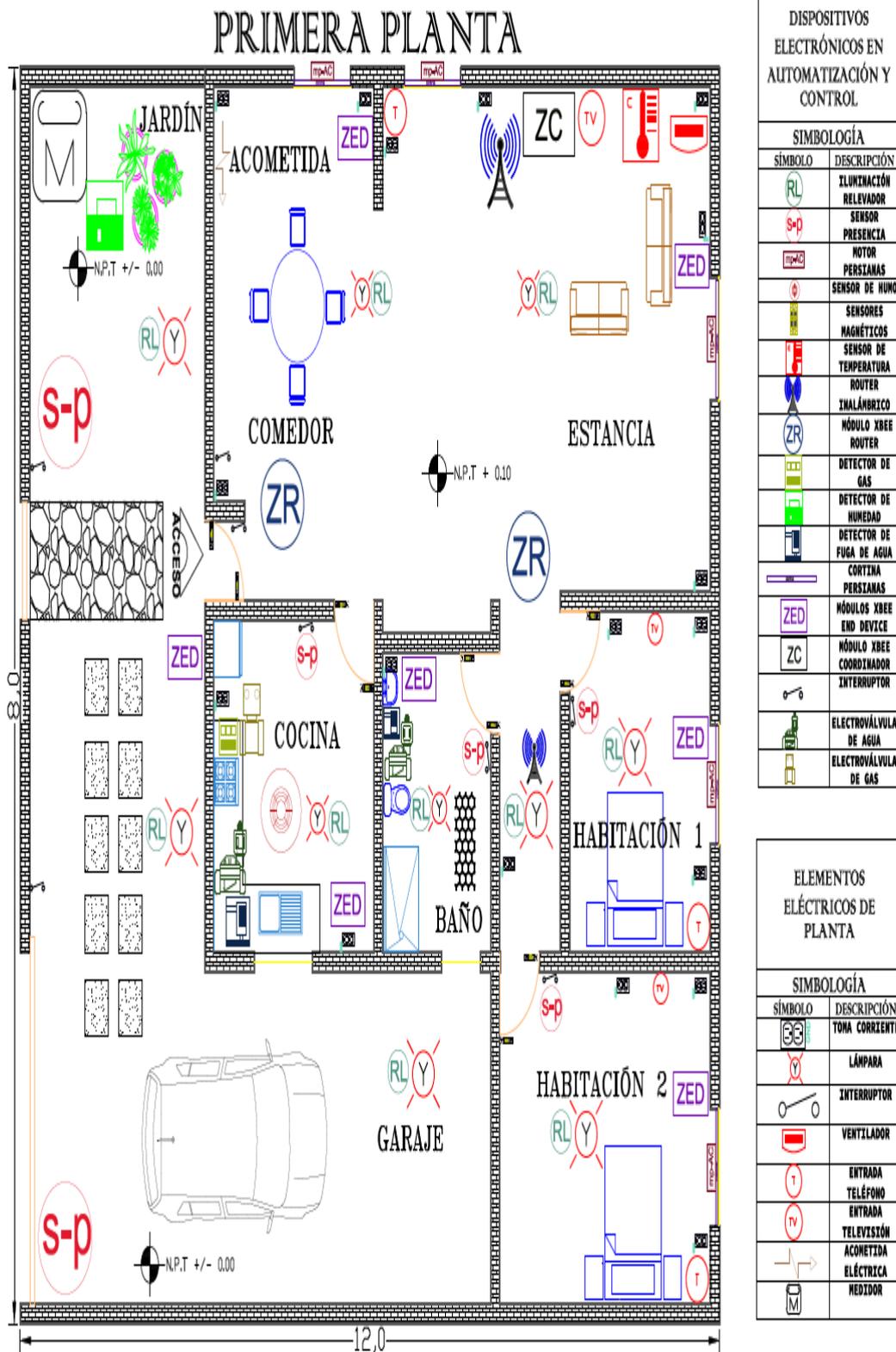


Figura 28. Instalación de dispositivos domóticos primera planta.

2.6.2. Plano ubicación de dispositivos domóticos segunda planta

2.7.DISEÑO DE LA RED PARA EL HOGAR DOMÓTICO

2.7.1.Topología de la red

Al hablar de una topología de red; se describe en la forma tanto física como lógica en la que se encuentran interconectados los dispositivos que son parte de aquella red.

Ahora bien, cuando se va a diseñar una red inalámbrica; hay que tomar en cuenta ciertos aspectos en cuanto a la cobertura, escalabilidad, topología, dispositivos inalámbricos, incluso la forma en el cual los hosts acceden a los medios para el envío de datos.

Es fundamental mencionar que para realizar el proyecto de automatización y control para un hogar bifamiliar, tal como lo muestran en los planos con anterioridad, se llegó a la conclusión de optar por la topología red tipo punto a multipunto debido al tipo de dispositivos como el XBee S2 que el rango de cobertura en interiores es de 60 metros haciéndolo idóneo para llevar a cabo este proyecto de automatización tanto en primera planta y segunda planta para cubrir un alcance de 50 metros en cada planta.

2.8.DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DEL HARDWARE

En el mercado hay una variedad de dispositivos para proyectos de domótica; pero es importante tener en cuenta el diseño arquitectónico del hogar a automatizar; así como también la cantidad de dispositivos en cada ambiente del hogar tales como: sensores, actuadores, microcontroladores, y módulos inalámbricos XBee.

2.8.1.Análisis de dispositivos en base a requerimientos del diseño

A continuación, se realiza un breve análisis de los dispositivos que se requieren y cumplen con los requerimientos del diseño con el objetivo de plantear soluciones que innoven en la automatización del hogar; así como también elegir eficientemente los dispositivos en base al diseño de planimetría por plantas.

2.8.1.1.Hardware de procesamiento y control

El dispositivo microcontrolador es el componente principal de la circuitería de procesamiento y control para llevar a cabo una serie de instrucciones previamente definidas por el programador; con el fin de aumentar

sustancialmente sus prestaciones en cuanto a mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo de energía de multitud de dispositivos electrónicos que se encuentran en la vida diaria. De igual modo existen dispositivos que cumplen la función de procesamiento y control; entre los principales se tiene:

- PIC.
- Arduino.
- Raspberry Pi.

A continuación, se describe cada uno de ellos con sus respectivas características relevantes.

2.8.1.2. Microcontrolador PIC

El microcontrolador PIC es un circuito integrado en el cual se puede programar para que haga algo en específico; para en lo posterior almacenar en la pequeña memoria que estos chips poseen; con la finalidad de llevar a cabo una acción en los sensores o actuadores.

Características

TABLA 10. Características principales PIC 16F873A.

Nombre del Parámetro	Valor
Tipo de memoria del programa	Flash
Memoria del programa (KB)	3.5
Velocidad del CPU	5
Bytes de RAM	128
EEPROM de datos (bytes)	64
Numero de pines	28
Rango voltaje operativo (V)	2 – 5.5

Tomado de: (Microchip Technology Inc., 2016).

2.8.1.3. Arduino

Es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Las placas Arduino son capaces de leer las entradas - la luz en un sensor, un dedo sobre un botón o un mensaje de Twitter - y convertirlo en una salida - la activación de un servo motor, encender un diodo emisor de luz conocido también como LED. Para ello se utiliza el lenguaje de programación de Arduino, y el software de Arduino (IDE), basadas en el procesamiento. (Arduino, 2016).

A continuación, se describen los dispositivos Arduino relevantes en la domótica para en lo posterior seleccionar el más idóneo que cubra los requerimientos del usuario:

Arduino Uno R3

Esta tarjeta posee 14 Entradas/Salidas digitales (6 de las cuáles pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, velocidad de reloj de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación y un botón de reset (Torrente, 2015).

Contiene todos los componentes necesarios para que el microcontrolador funcione correctamente; simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o alimentándolo con el adaptador AC-DC o una bacteria para comenzar.

El Arduino Uno es el modelo de referencia para la plataforma Arduino y es compatible con la gran mayoría de los shields existentes.

Arduino mega 2560R3

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATMega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, Jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset (Torrente, 2015). El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino.

Arduino Mega ADK

Esta tarjeta es compatible pin con pin con el Arduino Mega, con la gran ventaja de incluir una interfaz Host USB, permite conectar este Arduino a un teléfono con OS Android y comunicarse con él para acceder a la información de los sensores o recibir órdenes del celular para controlar motores, LEDs entre otros (Torrente, 2015).

A continuación se muestra las especificaciones técnicas de las principales tarjetas Arduino.

TABLA 11. Especificaciones tarjetas Arduino.

Nombre	Procesador	Voltaje de entrada	Velocidad CPU	E/S Analógica	E/S Digital PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	FLASH [kB]	UART
UNO	ATmega328P	5V / 7-12V	16MHz	6 / 0	14 / 6	1	2	32	1
Mega 2560	ATmega 2560	5V / 7-12V	16MHz	16 / 0	54 / 15	4	8	256	4
Mega ADK	ATmega 2560	5V / 7-12V	16MHz	16 / 0	54 / 15	4	8	256	4
Mini	ATmega328P	5V / 7-9V	16MHz	8 / 0	14 / 6	1	2	32	-
Nano	ATmega328P	5V / 7-9V	16MHz	8 / 0	14 / 6	1	1-2	16-32	1
	ATmega168								
Yun	ATmega32U4	5V	16MHz	12 / 0	20 / 7	1	2.5	32-64MB	1
	AR9331 Linux		400MHz						
Ethernet	ATmega328P	5V / 7-12V	16MHz	6 / 0	14 / 4	1	2	32	-

Tomado de: (Torrente, 2015).

2.8.2. Selección del hardware de procesamiento y control

El dispositivo de procesamiento y control que se ajusta a las necesidades de este proyecto con respecto a los requerimientos que demanda el usuario para automatizar el hogar los cuales son mencionados anteriormente en este capítulo. Del mismo modo se ha optado por seleccionar el Arduino UNO R3 debido a los siguientes puntos:

- Es eficiente y eficaz comparado con otros modelos de Arduino en cuanto al envío y recepción de datos cortos para automatización en el hogar tales como: encendido / apagado de iluminación, recolección de datos, alarmas, accionar motores, etc.
- El consumo de energía es bajo ya que se puede alimentar a través de una batería.
- De igual forma el entorno de programación es multiplataforma y la programación es fácil de aprender y utilizar.
- Menor tiempo para desarrollar.

- Posee sus propias librerías para conectarse con cualquier modulo exterior tales como: Ethernet, GSM, Wi-Fi, entre otros.
- Por otra parte Arduino se ha transformado en una tarjeta microcontroladora versátil en el cual se puede desarrollar proyectos enfocados en la robótica, automatización y control en hogares (domótica), inclusive el monitoreo de una red de sensores inalámbricos entre otras aplicaciones enfocada a la Internet de las cosas.

Las características técnicas de este dispositivo de procesamiento y control se muestran en la TABLA 12

TABLA 12. Características técnicas Arduino UNO R3.

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales pines	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz

Tomado de: (Torrente, 2015).

A causa de esto es necesario recalcar que el motivo por el cual no se ha elegido Raspberry Pi es debido a que este proyecto de automatización y control en el hogar no es necesario adquirir un mini computador con una gran capacidad de procesamiento de datos para llevar a cabo los requerimientos del

usuario; los mismos que se estipulan con anterioridad en este capítulo; lo único que se conseguiría es desperdiciar recursos al optar realizar el proyecto con Raspberry Pi debido al coste de la tarjeta y el tiempo en cuanto al desarrollo es más complejo para proyectos sencillos con respecto al Arduino.

2.8.3. Hardware de comunicación inalámbrica xbee

El propósito del hardware de comunicación XBee permite la comunicación entre nodos vía inalámbrica hacia la parte de procesamiento y control Arduino; con el objetivo de llevar a cabo algún evento correspondiente al actuador ya sea la subida y bajada de persianas, etc.

2.8.3.1. Introducción a XBee

XBEE utiliza el protocolo de red IEEE 802.15.4 para crear redes punto a multipunto; punto a punto y malla dependiendo la serie. Es importante señalar en pocas palabras que XBee es propiedad de Digi cimentado en el protocolo ZigBee.

De igual modo un XBee Series 1 jamás podrán establecer comunicación de datos con un XBee Series 2 o superior. De acuerdo al fabricante Digi International, los módulos XBee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos (Digi International Inc., 2016).

2.8.3.2. Definición de XBee

Son módulos electrónicos en el cual integran un transmisor - receptor y un procesador en el mismo dispositivo y se pueden comunicar entre sí de manera inalámbrica (Digi International Inc., 2016).

Tipos de XBee

Los módulos XBee en la actualidad se menciona a los principales:

XBee Serie1

La serie 1 está basada en el chipset Freescale y está pensado para ser utilizado en redes punto a punto y punto a multipunto (Digi International Inc., 2016).

XBee Serie2

Los módulos de la serie 2 están basados en el chipset de Ember y están diseñados para ser utilizados en aplicaciones que requieren repetidores o una

red mesh. Ambos módulos pueden ser utilizados en los modos AT y API (Digi International Inc., 2016).

XBee PRO

El XSC 900 MHz módulo de RF XBee-PRO dispone de dos veces el rendimiento y 20 veces menos que el consumo de corriente del módulo XSC anterior, por lo que es ideal para aplicaciones de sensores de largo alcance. El módulo de RF ofrece distancias y es la mejor en su clase de hasta 28 millas es decir 1.5km de línea de visión (Line Of Sight), junto con el bajo consumo de energía. (Digi International Inc., 2016).

2.8.3.3. Selección hardware de comunicación inalámbrica XBee

El módulo que se adapta a las necesidades del proyecto es el XBee Series 2; este dispositivo de red permite diseñar topologías en malla, punto a punto, y punto a multipunto. La razón por el cual se escogió el Serie 2 es porque este modelo permite diseñar redes malla con el plan de que los nodos de la red tengan rutas alternas para llegar al nodo coordinador ya sea por obstáculos o porque una ruta a fallado.

De igual forma el factor importante por el cual se ha seleccionado este dispositivo es por la cobertura que brinda en interiores que es de 60 metros; y es idóneo para cubrir un rango de cobertura requerido que es de 50 metros en cada planta; al mismo tiempo se debe agregar que la transmisión de datos entre transmisor y receptor es inalámbrica.

2.9. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE PARA DISEÑO Y SIMULACIÓN DE HARDWARE

Una vez que se ha seleccionado los dispositivos de hardware; se procede a desarrollar el diseño de la tarjeta con los componentes electrónicos; y para ello se lo realiza en el software Proteus que a continuación se describe en forma breve y clara.

2.9.1. Proteus

Es un ambiente integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. El software está compuesto de tres elementos integrados entre si y son los siguientes:

2.9.1.1.Ares

Es una herramienta que incorpora una de la suite de Proteus; para la elaboración de placas de circuito impreso; también conocidas como PCB (Labcenter Electronics Ltd, 2016).

2.9.1.2.Vsm

Proteus VSM trae el desarrollo ágil en el flujo de trabajo integrado. Permite el prototipado rápido tanto de diseño de hardware y diseño de firmware en software, por lo que es fácil de realizar cambios en ambos (Labcenter Electronics Ltd, 2016).

2.9.1.3.Isis

Es un instrumento para la producción avanzada de esquemas electrónicos, en el cual reúne librerías de 6000 modelos de dispositivos digitales y análogos.

2.10.SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES

Es importante reiterar que existen diferentes compiladores para la programación de microcontroladores; de igual modo se ha seleccionado a PIC C Compiler debido a que es fácil de usar y rápido de aprender ya que se basa en lenguaje de programación en C.

2.10.1.PIC C compiler

Es un compilador basado en lenguaje de programación en C para microcontroladores Microchip, creado para desarrollar aplicaciones embebidas utilizando PIC. Entre las características claves del compilador se detalla brevemente las siguientes:

- Migrar fácilmente entre todos los dispositivos Microchip PIC.
- Reducir al mínimo el tiempo de desarrollo con: controladores de periféricos y construcciones estándar de C.
- El tipo integral de un bit (short int) permite que el compilador genere código muy eficiente orientado a bits.
- Fácilmente definir, configurar y gestionar las interrupciones.

2.11. DIAGRAMA DE LA RED Y DESCRIPCIÓN DE DISPOSITIVOS

Por otro lado, en la Figura 30 se muestran los dispositivos que conforman la red de automatización y control en el hogar; con el objetivo de tener una idea clara de los elementos que intervienen en la red domótica de un hogar para llevar a cabo un evento como por ejemplo el encendido y apagado de iluminación, o una acción cuando un sensor detecta que hay flujo de agua en el piso para en lo posterior cortar el paso del mismo con una electroválvula.

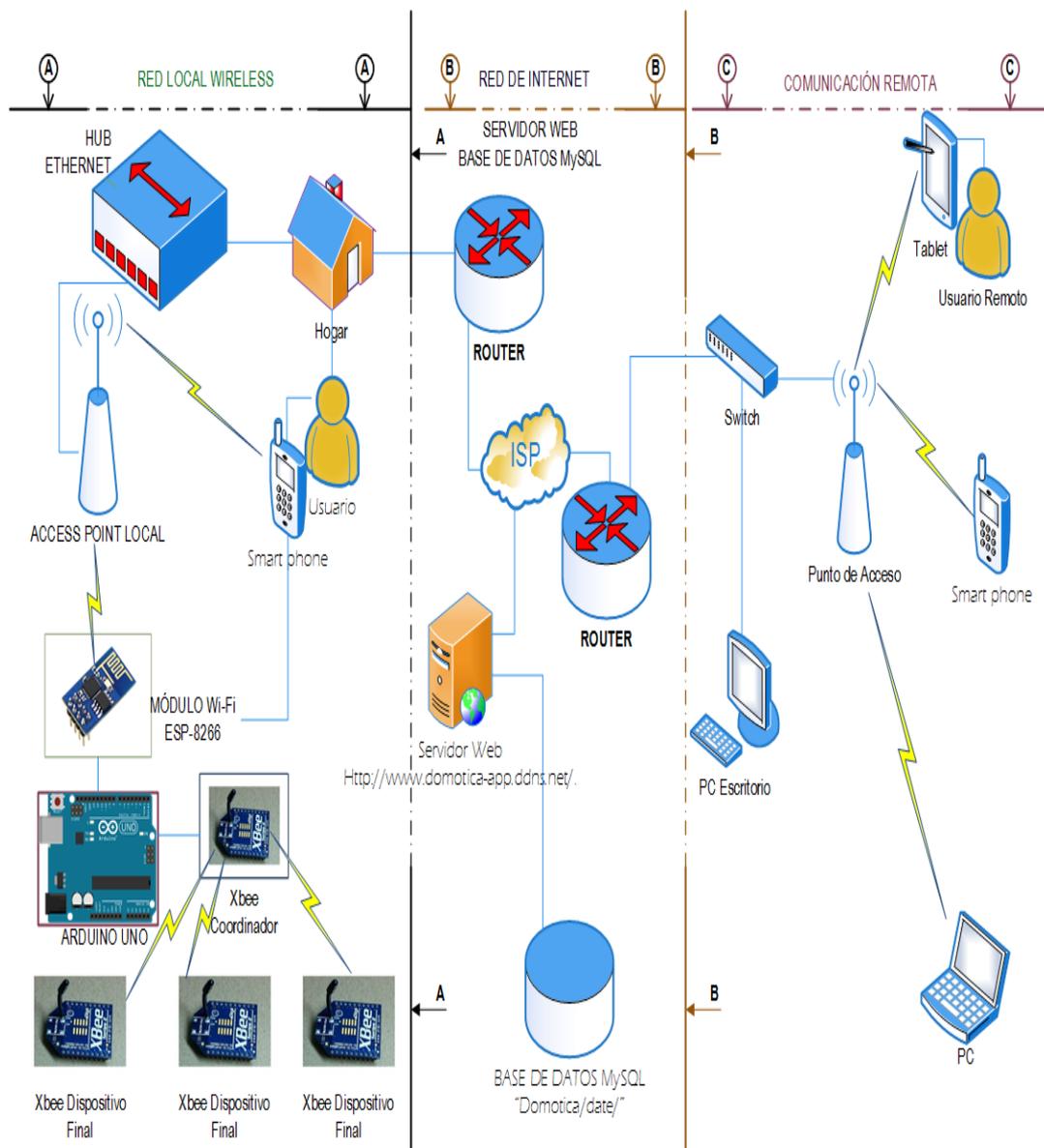


Figura 30. Diagrama de topología lógica de la red.

2.11.1.Descripción de los dispositivos que intervienen en la red

2.11.1.1.Fuentes de alimentación

Para alimentar al Arduino y a las placas de circuito impreso PCB donde están todos los componentes que conforman la red de automatización y control incluido los XBee; se ha optado por un adaptador de corriente debido a que el proyecto necesita de alimentación permanente para que mantenga la operatividad y el constante monitoreo en el caso de los sensores ya que las baterías no durarían mucho por este motivo; pero para ciertos módulos XBee dispositivos finales que estén atados a la red de actuadores es esencial utilizar baterías de 9V ya que solo necesitan ser accionados cuando solamente surja un evento como encender o apagar luces. A continuación se detallan las características principales de la fuente de alimentación:

- **Entrada:** AC 110V ~ 220V, 50/60 Hz.
- **Salida:** DC 9V, 1000 mA.
- **Longitud del cable:** 40 cm.
- **Enchufe de la CC de dimensión:** 5.5mm * 2.5mm.

2.11.1.2.Router Wireless LAN

Es la red de área local inalámbrica de un hogar; especialmente este dispositivo es aquel que permite enviar la información de los sensores de la red local a la base de datos alojado en un servidor remoto.

2.11.1.3.Descripción del dispositivo WLAN

El dispositivo de red inalámbrica del hogar y que se va a utilizar las siguientes características que se citan a continuación:

- **Proveedor de Internet:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.
- **Marca:** Huawei.
- **Modelo:** HG532c
- **Numero de puertos:** 4 puertos
- **Transmisión DSL:** ADSL2+ Downlink →24 Mbit/s y Uplink →1024 Mbit/s.
- **MAC:** XXX64CXXXB4X
- **Transmisión inalámbrica:**

Modo IEEE 802.11b → 11 Mbit/s

Modo IEEE 802.11g → 54 Mbit/s

Modo IEEE 802.11n → 300 Mbit/s

2.11.1.4. Módulo Wi-Fi ESP 8266

La función vital del módulo Wi-Fi es recibir la información vía inalámbrica del XBee coordinador pasando por el Arduino; para luego reemitir esos datos al router WLAN del hogar con el objetivo de salir hacia la Internet y almacenar esa información en una base de datos. Entre las características relevantes del presente módulo se tiene:



Figura 31. Características módulo Wi-Fi.

2.11.1.5. Descripción general de los XBee

Dentro de las características de los módulos inalámbricos se enlistan las principales:

TABLA 13. Especificaciones de la Series 2 XBee.

ESPECIFICACIONES	XBEE SERIES 2
Rendimiento	
Interiores / Rango Urbano	Hasta 133 ft. (40 m)
RF al aire libre, rango de línea de vista	Hasta 400 ft. (120 m)
Potencia de Transmisión	2mW (+3dBm)
Velocidad de datos RF	250,000 bps
Velocidad de datos – Interfaz serie	1200 - 230400 bps
Sensibilidad del receptor	-95 dBm
Requerimientos de energía	
Rango de alimentación	2.1 – 3.6 VCC
Corriente de funcionamiento (Transmisión/Recepción)	40mA (@ 3.3 V)
General	
Banda de frecuencia	ISM 2.4 GHz
Entradas analógicas	4 canales A/D de 10 bits
Entradas/Salidas digitales	10
Temperatura de funcionamiento	Menor a 1uF es decir 25 grados Celsius
Opciones de antena	Antena Integrada, Chip, RPSMA o UFL
Redes y Seguridad	
Topologías de red soportadas	Punto a punto, Punto a multipunto, Igual a igual y Malla.
Encriptación	AES 128 bits

Tomado de: (Digi International Inc., 2016).

De acuerdo a las especificaciones de la tabla 16 se puede resumir que el dispositivo XBee Serie 2 es compatible solamente con la familia de la series 2. Asimismo la distancia de comunicación en ambientes interiores/urbanos es de 40 metros y 120 metros para ambiente exterior con línea de visión. Por último, este dispositivo opera en la banda ISM 2,4 GHz; además el voltaje de funcionamiento para este dispositivo es de 3,3V.

o un dispositivo final. Algunas redes tendrán ambos dispositivos y muchas serán más grandes que solamente dos o tres radios:

XBee coordinador

Las redes ZigBee siempre tienen un solo dispositivo coordinador mas no dos o tres. Esta radio es la responsable para la formación de la red, repartiendo direcciones, y gestionando las otras funciones que definen la red, asegurándolo, y manteniéndolo saludable.

XBee router

Puede unirse a redes existentes, enviar información, recibir información, y rutear la información. Enrutamiento significa actuar como un mensajero para las comunicaciones entre otros dispositivos que están demasiado lejos para transmitir información por su cuenta. Debe estar conectado a una salida eléctrica ya que debe estar encendido todo el tiempo. Una red puede tener múltiples radios router.

XBee dispositivo final

Son esencialmente versiones despojadas de un router. Pueden unirse a las redes y enviar y recibir información, pero eso es todo. No actúan como mensajeros entre otros dispositivos. Los dispositivos finales siempre necesitan un router o el coordinador para ser su dispositivo padre. El padre ayuda a los dispositivos finales unirse a la red; y almacena mensajes para ellos cuando están en modo hibernar. Las redes ZigBee pueden tener cualquier número de dispositivos finales.

2.11.1.8.Topología de red

Estas topologías indican cómo los radios están conectados lógicamente entre sí. Dentro de la misma tenemos tres principales topologías ZigBee.

Par

Esta topología de red es la más simple en el cual podemos apreciar en el gráfico que están conectados dos nodos o radios. Pero solo un nodo de los dos puede ser el coordinador para formar una red; mientras que el otro nodo puede ser un dispositivo final o puede ser configurado como un router.

Estrella

Se caracteriza principalmente por ubicar al coordinador en el centro de la topología estrella y se conecta a sus dispositivos finales en forma de círculo. En este escenario cada mensaje debe ser pasar por el coordinador para rutear la información. Es decir que los dispositivos finales no se conectan directamente con otros dispositivos.

Malla

En esta topología se emplea varios nodos router y de un dispositivo coordinador. Su función principal de este radio es pasar los mensajes de otros nodos router y dispositivos finales; es decir opera como un router especial y su función es gestionar la red, y rutear los mensajes. En cuanto a los dispositivos finales los mismos pueden estar enlazados ya sea a cualquier coordinador o al ruteador.

Árbol

Es un diseño de red donde los ruteadores forman una columna vertebral de todo tipo de dispositivos finales; los mismos son agrupados a través de routers. Cabe mencionar que no es diferente de una configuración mesh o malla.

2.11.2. Topología física de la red

En la Figura 33 ; se realiza un diagrama de la red física para este proyecto de automatización y control; con el objetivo de comprender de forma clara la comunicación entre dispositivos inalámbricos tales como: XBee Coordinador y los dispositivos finales que intervienen dentro de un hogar para llevar a cabo un evento o una acción de control en el hogar.

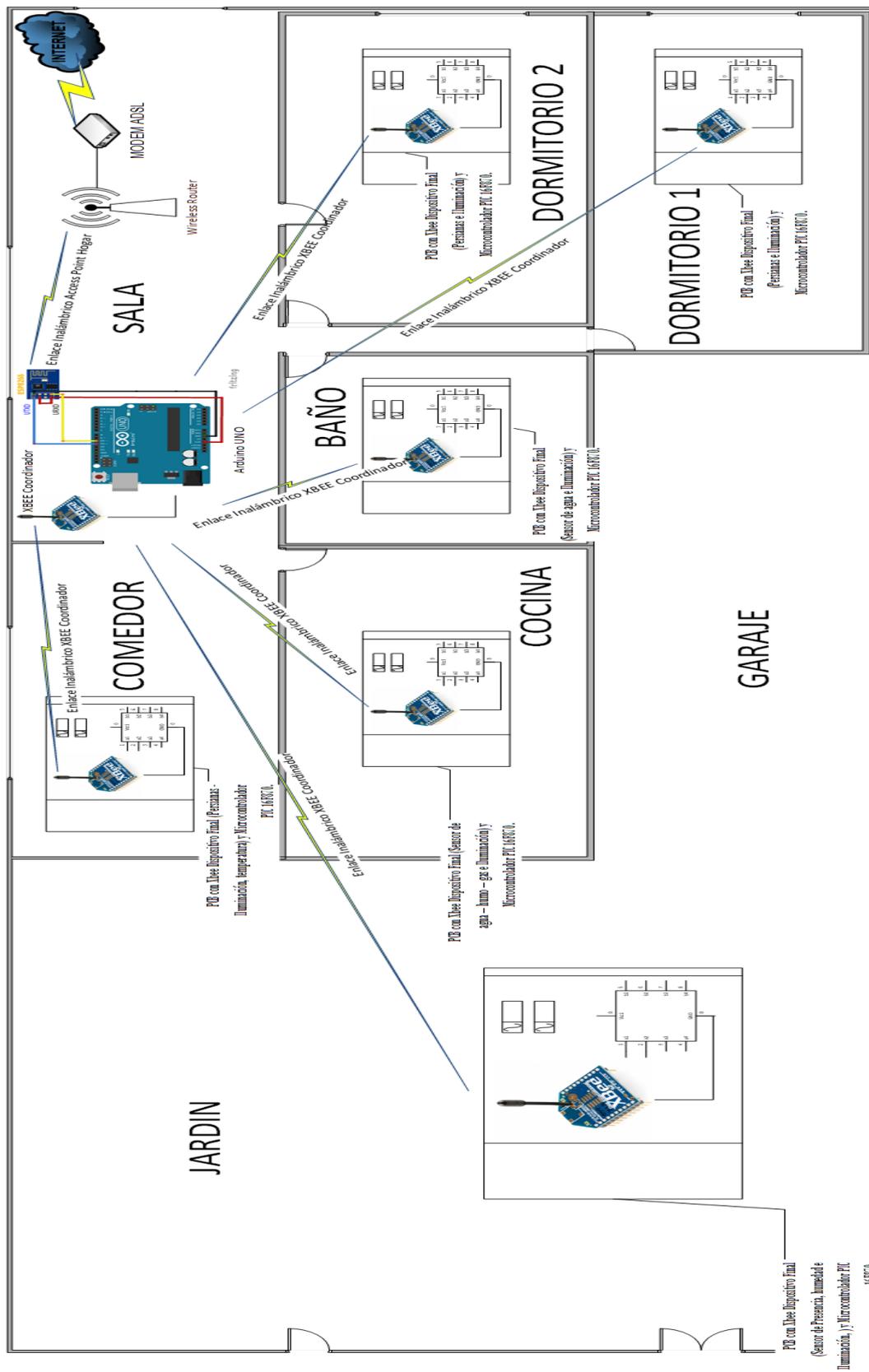


Figura 33. Diagrama físico de la red.

3. CAPITULO III. DESARROLLO DEL SOFTWARE

A continuación, se describen brevemente las plataformas móviles principales tales como IOS, Windows Phone y Android; de igual forma el lenguaje de programación en cual se basa; y además el entorno de desarrollo integrado IDE para diseñar la aplicación móvil que permitan la comunicación y gestión del sistema.

3.1. ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE

Para desarrollar los componentes de software se ha dividido en 3 secciones:

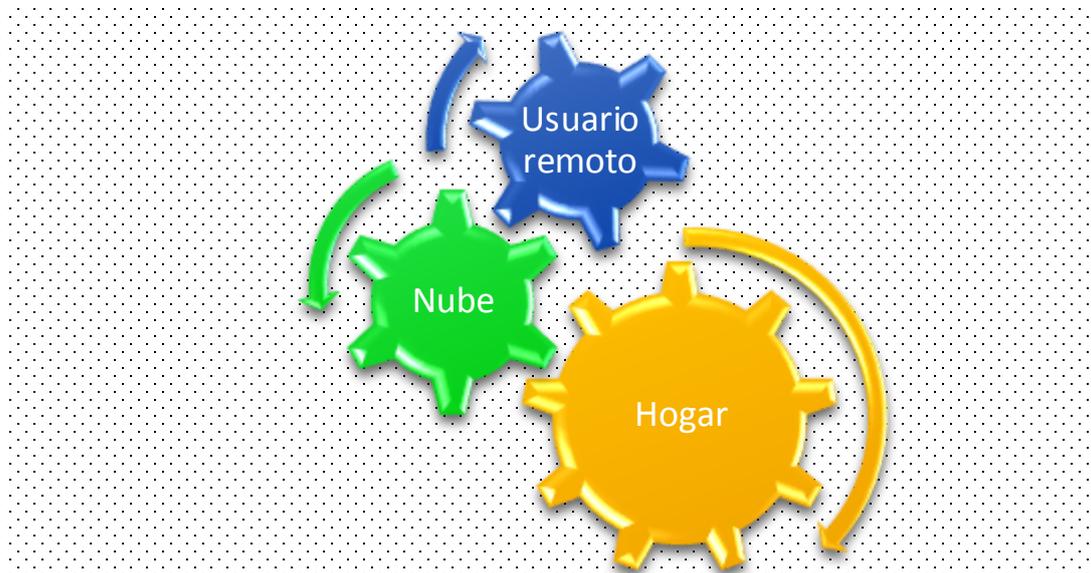


Figura 34. Componentes de software sección hogar.

En los subsiguientes ítems se describen cada una de las secciones con los elementos correspondientes para el diseño y desarrollo del aplicativo móvil.

3.1.1. Desarrollo del software de aplicación en la sección hogar

En esta sección se tienen los siguientes componentes que conforman:

- Dispositivo móvil → desarrollo del aplicativo móvil.
- Arduino y Módulo Wi-Fi ESP 8266 → configuración de recepción de información que provee el XBee Coordinador y envío de datos hacia la nube por el módulo ESP 8266.
- XBee series 2 → configuraciones de los módulos XBee.

En la siguiente figura se detallan los procesos que intervienen en la sección hogar.

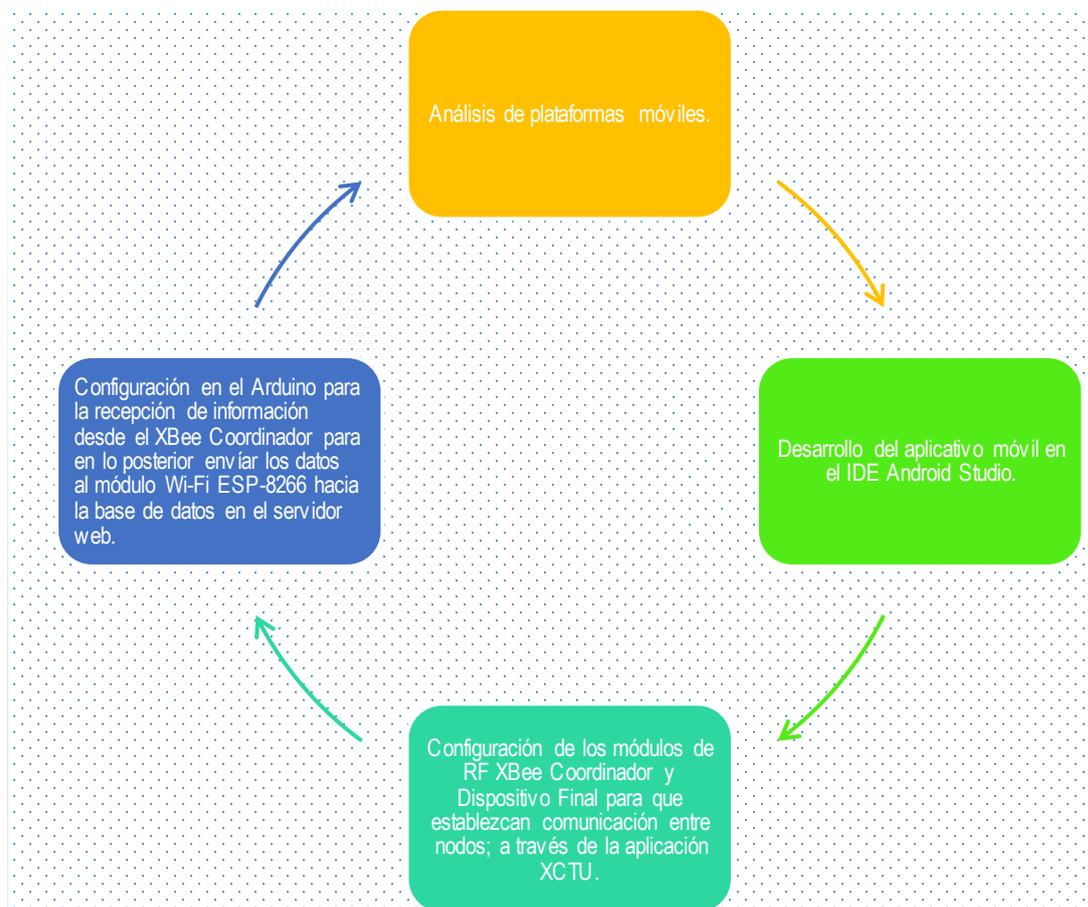


Figura 35. Procesos de software de aplicación en la sección hogar.

3.1.1.1. Plataformas móviles y su lenguaje de programación

En la siguiente sección se examinan a los principales sistemas operativos móviles en conjunto con el lenguaje de programación en el cual es desarrollado; así como también las opciones para desarrollar aplicaciones en estas plataformas tales como:

3.1.1.2. Android

Es un Sistema Operativo para dispositivos móviles de código abierto; por otro lado es basado en el Kernel de Linux para implementar bases de sistema como seguridad, controladores o drivers para el hardware, la gestión de procesos, el sistema de archivos y el acceso a la gestión de la memoria (Domínguez, Paredes, & Santacruz, 2014).

Herramientas de desarrollo de Apps en Android

Android OS es desarrollado en java; y para diseñar aplicativos en esta plataforma se lo puede desarrollar en los siguientes lenguajes tales como:

- lenguaje C
- C++, C#
- NET y;
- Visual Basic.

Para iniciar en el mundo del desarrollo de aplicativos móviles son necesarios descargar de la página oficial Android developer los SDK que contienen los instrumentos como por ejemplo el compilador, librerías, el emulador y el JDK que es el kit de desarrollo de Java (Eclipse); ya que tanto el emulador y ciertas herramientas de depuración están basados en Java (Domínguez, Paredes, & Santacruz, 2014).

3.1.1.3.IOS

Es desarrollado por Apple, asimismo el código de este sistema operativo es propietario. Se caracteriza principalmente por sus dispositivos tales como: iPhone, Apple Touch, Apple TV y iPad, instalados bajo el sistema operativo IOS.

Herramientas de desarrollo de Apps IOS

IOS está desarrollado en el lenguaje de programación denominado Objective C que es un lenguaje de desarrollo orientado a objetos derivado del lenguaje C. Es relevante destacar que para empezar a desarrollar aplicativos para IOS es prescindible contar con un Kit de desarrollo de software conocido por sus siglas en inglés como SDK (Software Development Kit) en el cual incluye herramientas indispensables para que la aplicación pueda ser ejecutada y probada en un emulador proporcionado por Apple llamado Xcode (Domínguez, Paredes, & Santacruz, 2014).

3.1.1.4.Windows Phone

Es el heredero de Windows Mobile; asimismo hace algunos años atrás era el boom en dispositivos móviles basados en el sistema operativo propietario de Microsoft. Por otro lado es importante reiterar que hoy en día los dispositivos

con Windows Phone se integran exitosamente con todos los productos de Microsoft (Domínguez, Paredes, & Santacruz, 2014).

Herramientas de desarrollo Windows Phone

Windows Phone está desarrollado bajo .Net Framework; para crear aplicaciones universales de Windows es importante obtener el IDE Visual Studio que incluyen: plantillas de aplicaciones universales, editor de código, depurador, emuladores de Windows Mobile y un amplio soporte de lenguaje directamente para el uso en producción (Domínguez, Paredes, & Santacruz, 2014). El lenguaje de programación para desarrollar aplicativos en Windows Phone se tiene las siguientes:

- .Net
- C#, C++
- JavaScript, HTML y;
- Visual Basic

3.1.1.5. Elección del lenguaje de programación

Se ha seleccionado desarrollar en Android debido a la cantidad de dispositivos Android en el mercado creciente en la actualidad. Incluso desarrollar en Android es atractivo ya que cuenta con el respaldo de una gran comunidad de desarrolladores que existen en el mundo con el objetivo de realizar mejoras en el código fuente, depurar errores, incluso cuenta con recursos, artículos, foros y demás recursos y herramientas necesarias para que el desarrollador en la página oficial denominada Android developer con el objetivo de desarrollar, testear sus aplicativos atractivos y útiles en la sociedad proporcionando nuevas interfaces de usuario, plugins entre otros.

Introducción a Android OS

En los últimos años los teléfonos móviles han evolucionado a pasos gigantes, desde los primeros terminales que en aquel entonces eran grandes y pesados, pensados sólo para hablar por teléfono desde cualquier parte del mundo.

Hoy en día Android es basado en Linux para dispositivos móviles. Inclusive este sistema operativo hoy en día viene preinstalado por los fabricantes de dispositivos inteligentes como: tabletas, teléfonos inteligentes, dispositivos reproductores de música e incluso relojes denominados smartwatches. Además

Android permite programar en un entorno de trabajo de Java, y compilar aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik. Lo que le diferencia de otros sistemas operativos, es que cualquier persona que sepa programar puede crear nuevas aplicaciones, widgets, o incluso, modificar el propio sistema operativo, dado que Android es de código libre, por lo que sabiendo programar en lenguaje Java, va a ser muy fácil comenzar a programar en esta plataforma (Burton & Franken, 2012).

3.1.1.6. Desarrollo de aplicativo móvil

En esta sección se procede con el desarrollo del aplicativo móvil para gestionar los eventos de automatización en el hogar. A continuación, se hace una corta descripción del IDE en el cual se va a desarrollar la aplicación móvil y de igual forma se procederá con el diseño de la interfaz gráfica del usuario.

Entorno de desarrollo Android

Para empezar con el desarrollo de aplicaciones móviles para esta plataforma, es primordial instalar el ambiente de desarrollo conocido como SKD de Android como se muestra en el Anexo A. Eclipse, emuladores, compiladores dentro del mismo. En la Figura 36 se muestra el IDE para esta plataforma denominado Android Studio.

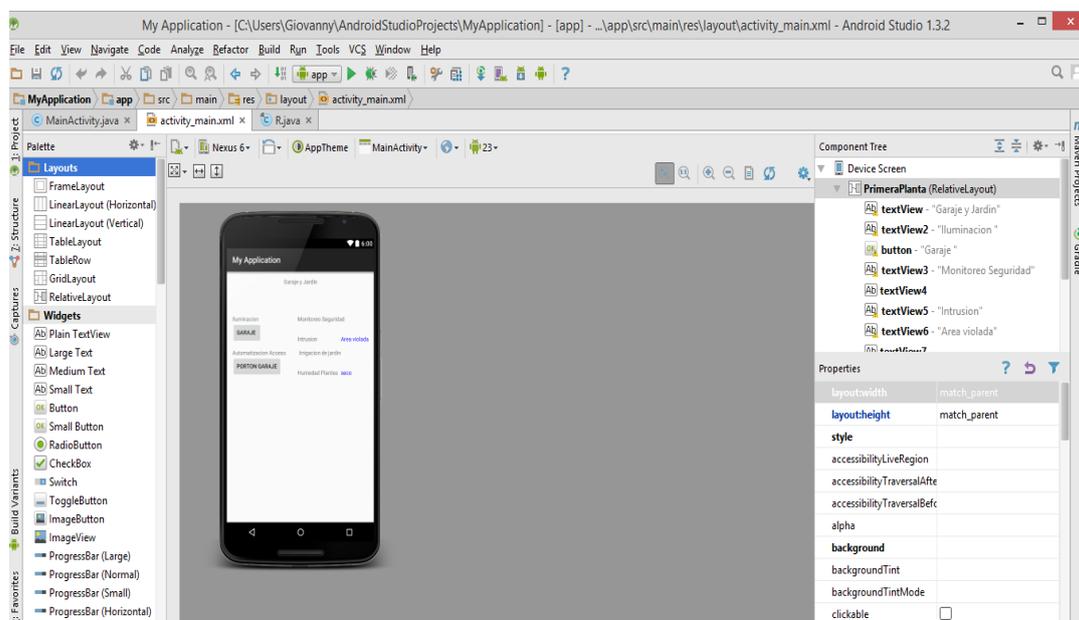


Figura 36. Entorno de Desarrollo de Android.

3.1.1.7. Diagrama de flujo aplicativo móvil

Debido a la estructura del presente proyecto, se resuelve realizar unos cuantos diagramas de flujo. Asimismo el primer diagrama constituye la selección de la pantalla principal del aplicativo al que se desea acceder:

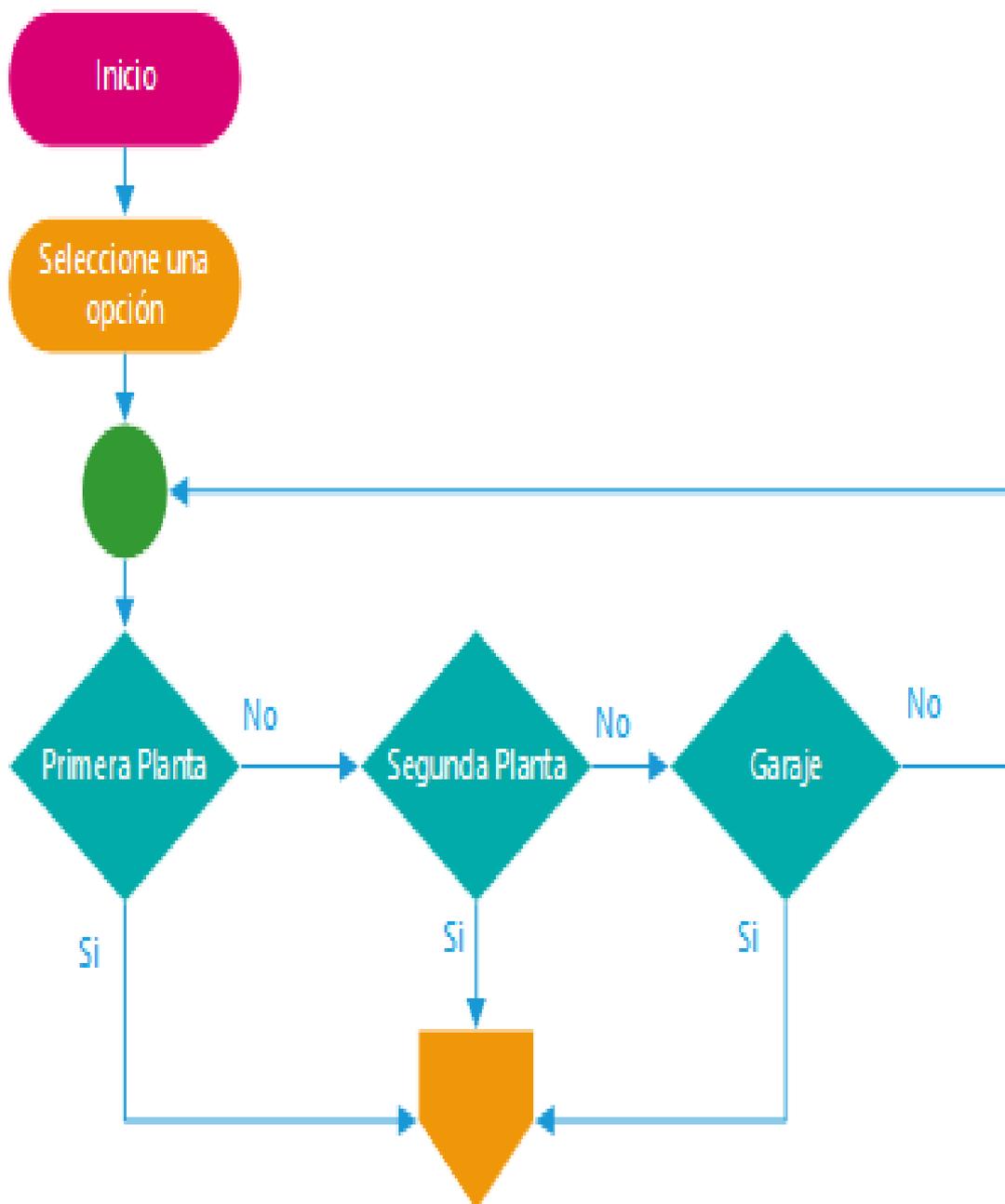


Figura 37. Diagrama de flujo pantalla principal App.

De la misma manera se procede a bocetar el diagrama de flujo perteneciente a la primera planta, es el siguiente:

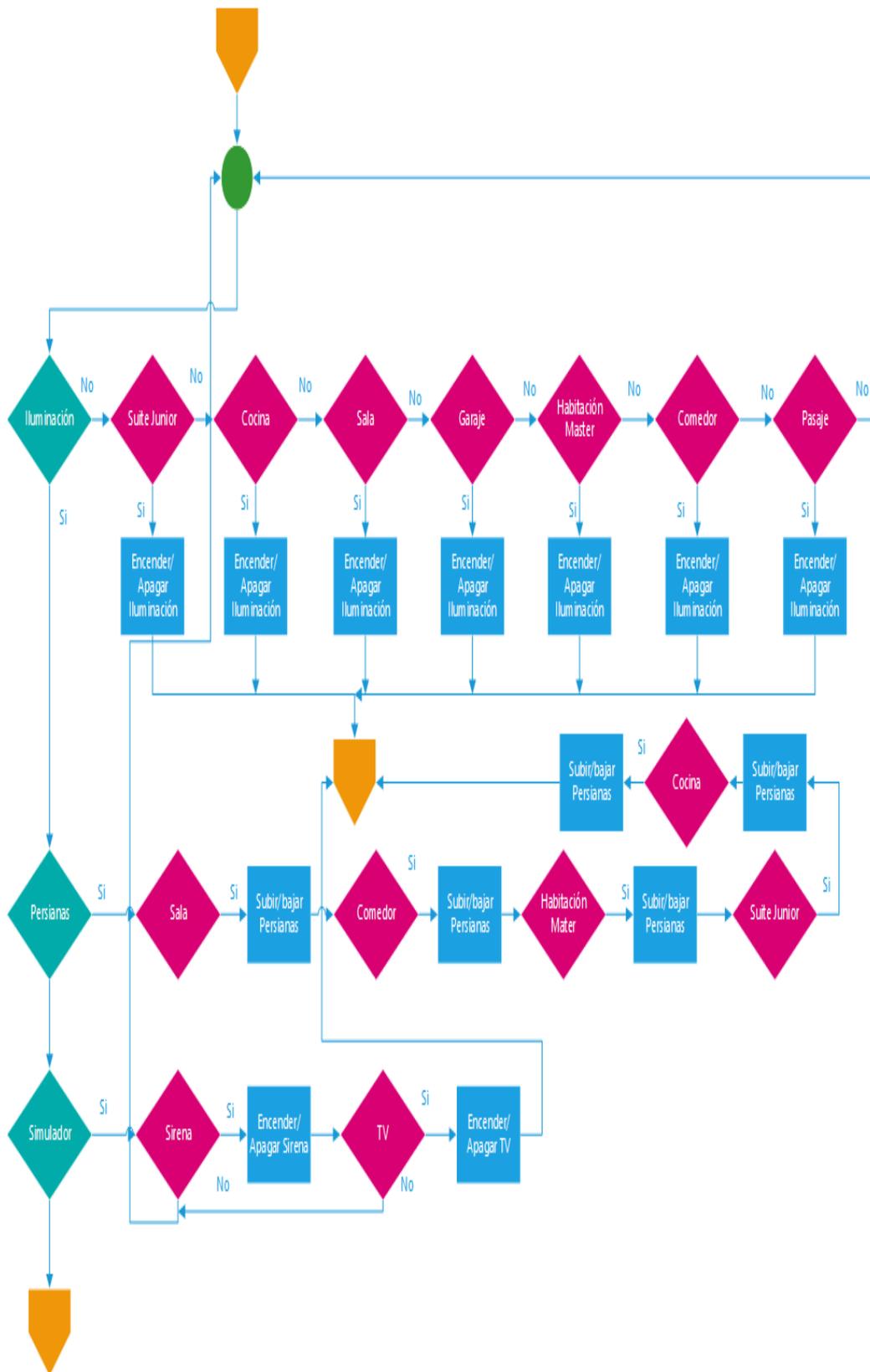


Figura 38. Diagrama de flujo primera planta.

A continuación se realiza es flujograma perteneciente a los servicios de automatización y control de la segunda planta:

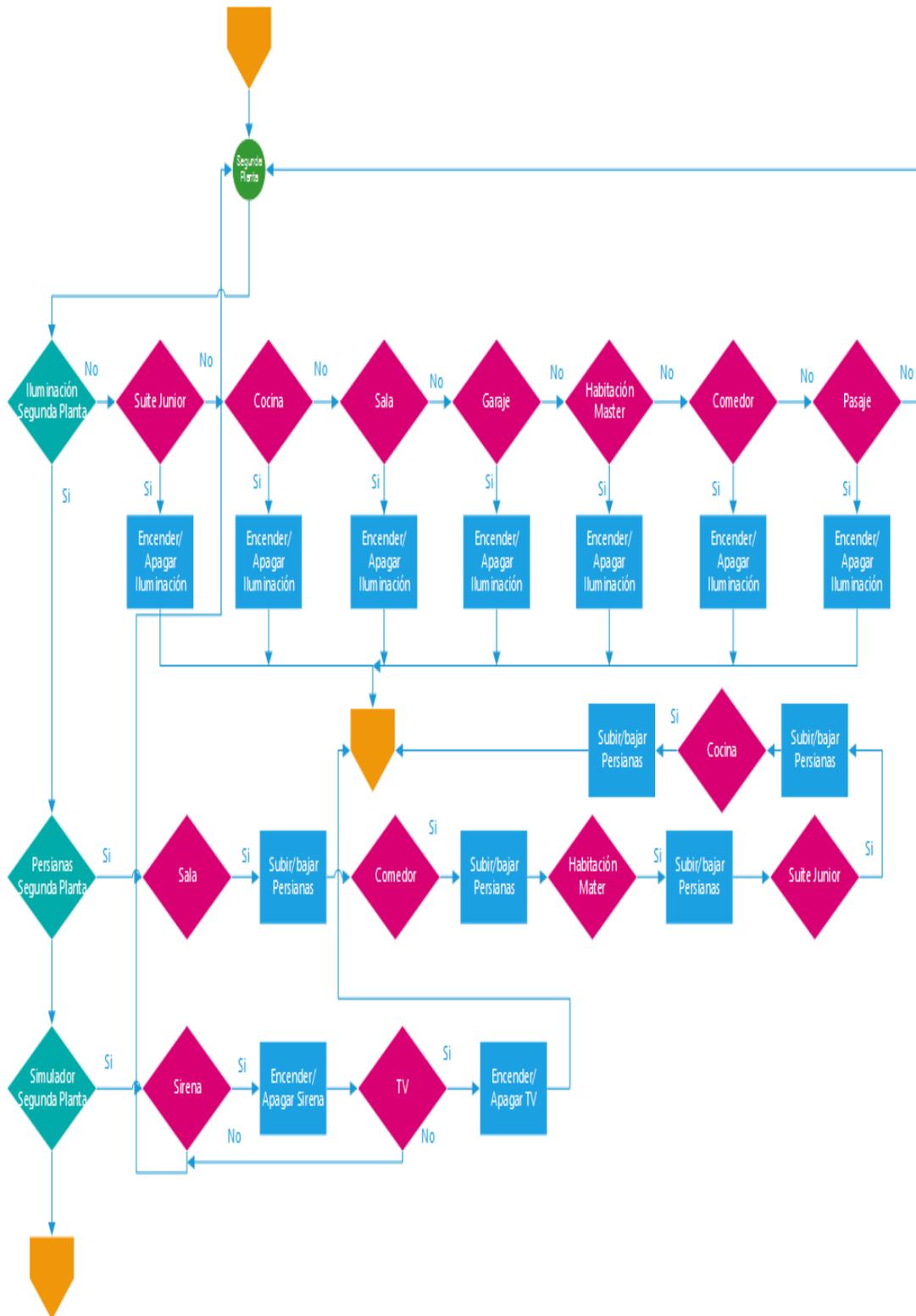


Figura 39. Diagrama de flujo aplicativo segunda planta.

Por último se desarrolla el diagrama de flujo del aplicativo móvil perteneciente a la sección garaje como se muestra en la figura:

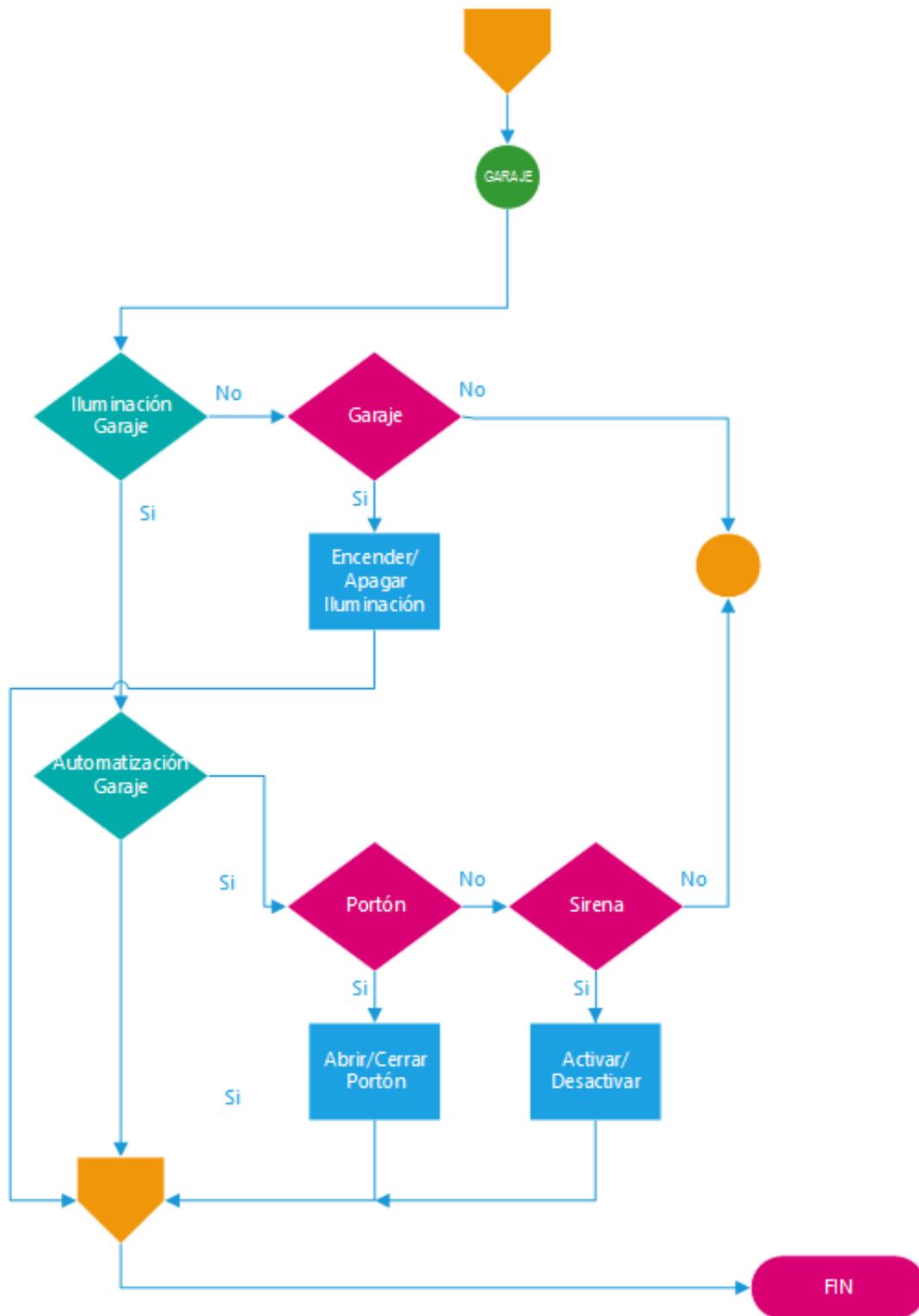


Figura 40. Diagrama de flujo sección garaje aplicativo móvil.

Interfaz gráfica de usuario

Una vez instalado el Kit de Desarrollo de Software puntualizado en este capítulo III; de la misma manera se procede a diseñar el aplicativo en Android; con el objetivo de que el software interactúe con el hardware para que realice ciertos eventos de automatización y control tales como el encendido de iluminación entre otras funcionalidades en el hogar. De igual forma es esencial tomar en cuenta que el desarrollo y código fuente del aplicativo móvil se localiza en el Anexo B.

Pantalla principal de la aplicación móvil

En la Figura 41 se puede apreciar la pantalla de inicio del aplicativo móvil en el cual consta de 3 botones designados de la siguiente manera:



Figura 41. Interfaz gráfica de inicio del aplicativo móvil.

Interfaz gráfica para primera y segunda planta

Por otra parte el botón que corresponde a la primera planta del aplicativo contiene los siguientes parámetros de automatización para los siguientes ambientes tales como: iluminación en: sala, comedor, cocina, garaje, pasaje, habitaciones (master y junior). En segundo lugar en la sección persiana constituyen los siguientes ambientes del hogar como: sala, comedor, cocina, habitaciones (master y junior). Y por último en la sección simulador permite

fingir presencia cuando el usuario no se encuentra en el hogar; y consta de 2 botones que son: sirena en el caso de que haya sido detectado por un sensor de movimiento; el mismo que se encuentra instalado en el jardín, y el botón TV (televisión) para encender/apagar. Así mismo vale reiterar que tanto la primera como la segunda planta adquiere la misma presentación en el aplicativo debido a que las dos plantas tienen las mismas funcionalidades de control y automatización como se aprecia en la Figura 42.



Figura 42. Interfaz gráfica primera y segunda planta.

Interfaz gráfica en el ambiente garaje

Por último en la sección Garaje y jardín; cumple la función de proveer el control de apertura de portón; así como también la sirena para avisar a las personas

en el exterior de que el portón se está abriendo y así no tener percances en la salida de vehículos.

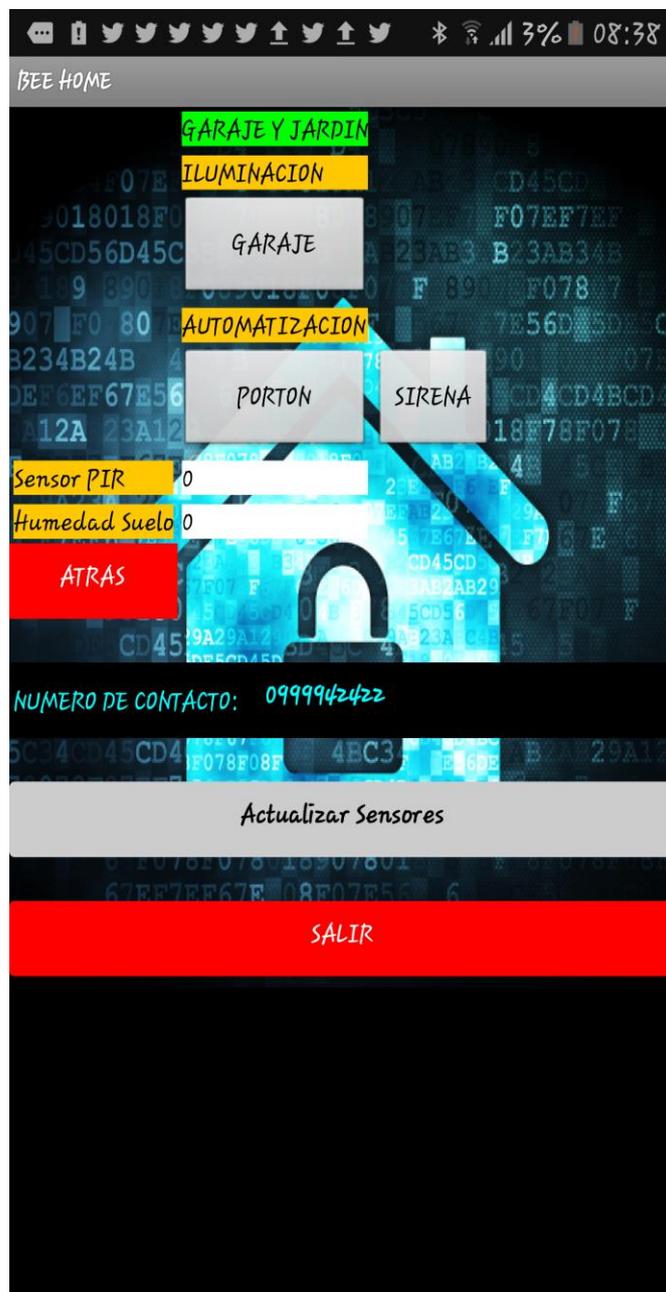


Figura 43. Interfaz gráfica jardín y garaje.

3.1.1.8. Configuración XBee en software XCTU

Es importante instalar el software para la configuración de los XBee como se muestra en la Figura 44; ya que por medio de este programa se podrá establecer la forma de comunicación de los dispositivos en una determinada red; asimismo realizar las respectivas pruebas de envío y recepción de datos.

Por ultimo mencionar que para las configuraciones tanto del ruteador y del dispositivo final se encuentran en el Anexo C.

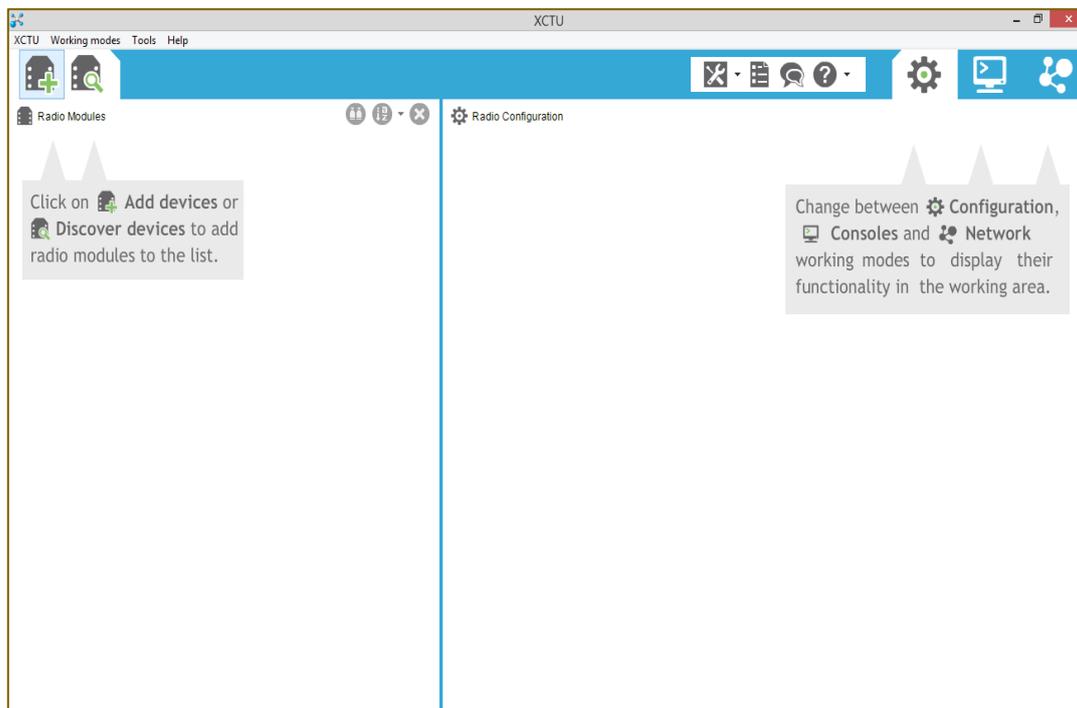


Figura 44. Software XCTU para la configuración de red XBee.

3.1.1.9. Configuración del Arduino para el envío y recepción de datos hacia la Nube

Una vez que se obtienen los datos con la función GET en PHP definidos en el anterior numeral; por consiguiente el Arduino recolecta la información de los sensores y actuadores y posteriormente los envía al servidor web por Internet a través del módulo Wi-Fi ESP-8266; y para ello se realiza la programación en el Arduino para el envío y recepción de datos; inclusive la respectiva configuración del módulo inalámbrico para el acceso al Internet en una WLAN que se detalla en el Anexo D.

3.1.2. Desarrollo del software de aplicación en la sección nube

En este espacio se aborda considerando los siguientes elementos:

- Base de datos.
- Seguridad.
- Accesos.

Antes de empezar con los elementos que actúan en la nube es necesario resaltar que en la siguiente figura se detallan los procesos que intervienen para los componentes en la sección nube definidos anteriormente.

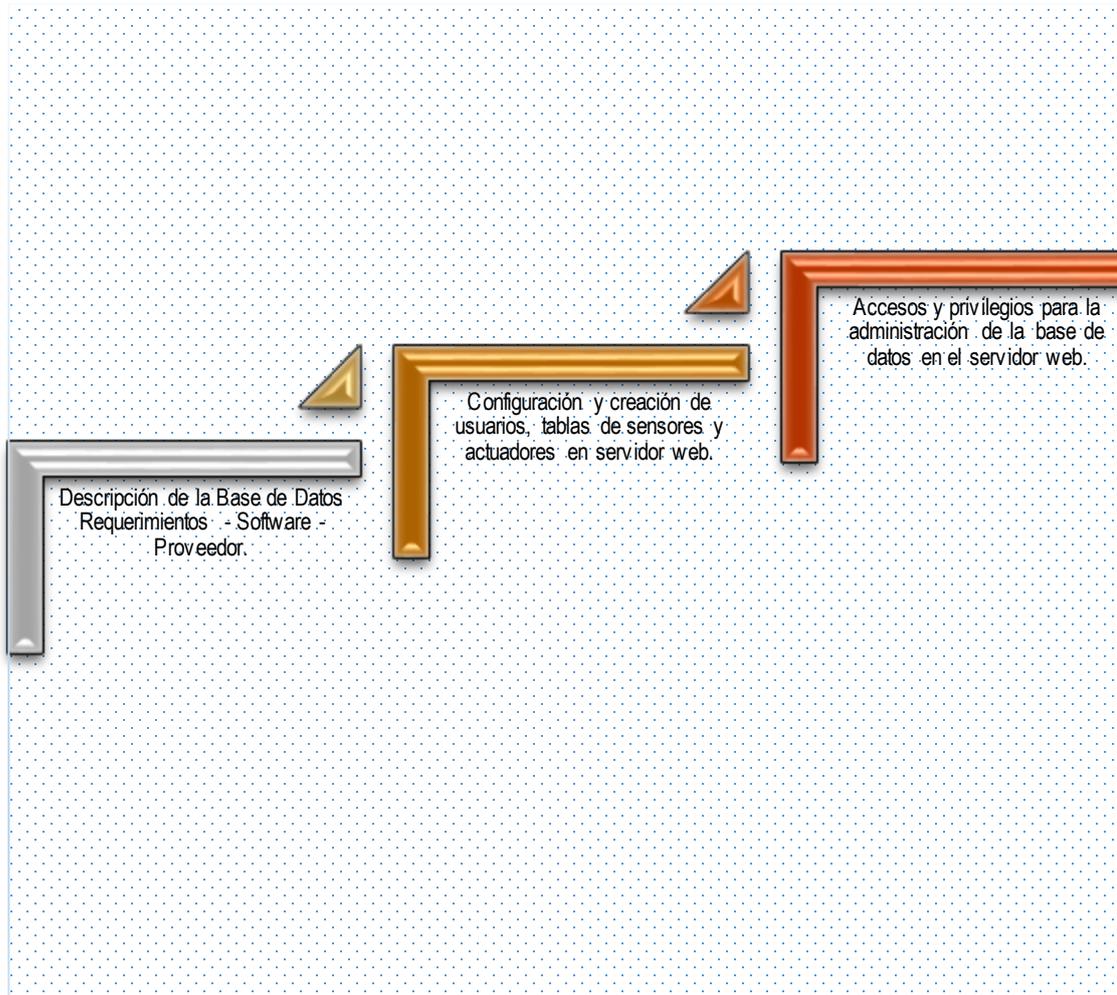


Figura 45. Procesos de software de aplicación en la sección nube.

3.1.2.1. Base de datos MySQL

MySQL es uno de los servidores de base de datos elegida por una gran mayoría de desarrolladores en PHP. Soporta el lenguaje SQL y la conexión de varios usuarios, en general, se utiliza para aplicaciones de tamaño medio. Cabe mencionar que al igual que PHP, su ventaja principal reside en que es una base de datos Open Source, además es un sistema de manejo de bases de datos sin igual en rapidez, estabilidad, y facilidad de desarrollo (Olsson, 2013).

Requerimientos

Entre los requisitos esenciales que debe reunir un servidor web es que dependiendo del plan y las necesidades para lo que se requieran cubrir, en este caso se ha contratado un hosting con los siguientes requisitos:

- phpMyAdmin.
- Base de datos MySQL 5.5.
- Espacio en disco 10 GB.
- Transferencia 100 GB.

Software de administración

Dentro de esta sección se puntualiza al software de administración del hosting denominado cPanel que permite un completo acceso a los siguientes:

- Gestión de cuentas de correo electrónico.
- Control de spam.
- Administración de archivos.
- Acceso a cuentas FTP.
- Dominios, subdominios, dominios adicionales.
- Bases de datos MySQL.
- Gestión de seguridad.
- Herramientas para la instalación de sitios web, blogs, foros entre otros.
- Soporta para Ruby on Rails.
- Medidores estadísticos y mucho más.

Proveedor hosting

El proveedor de hosting donde se encuentra alojado el sitio web es Yamburara. Es una empresa ecuatoriana ubicada en la ciudad de Loja.

3.1.2.2. Configuración y creación de la base de datos MySQL

Creación de la base de datos

En primer lugar se procede en el servidor web a crear la base de datos para este proyecto de automatización en hogares designado “domótica” como se muestra en la Figura 46.

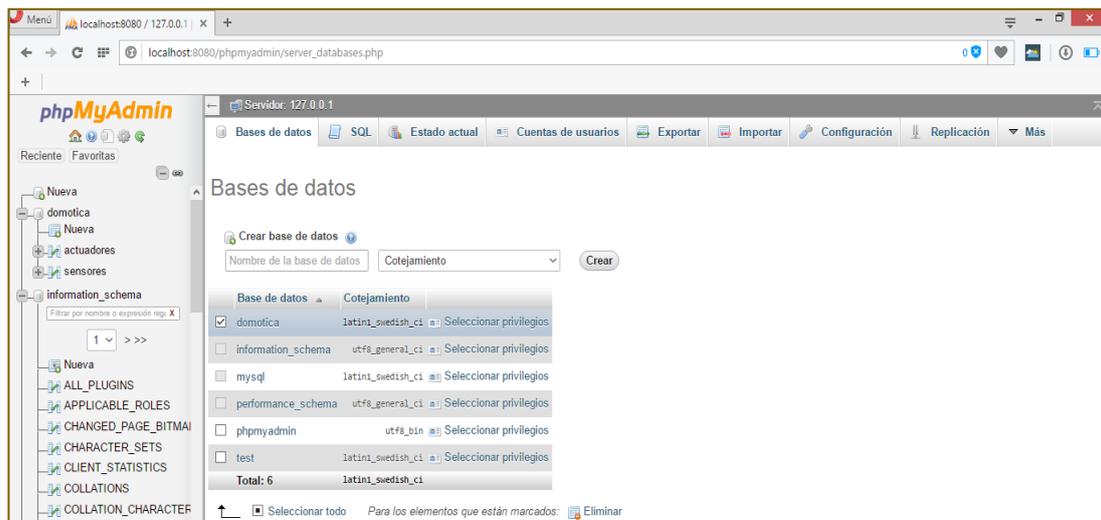


Figura 46. Creación de la Base de Datos en el Servidor Web.

Creación de tabla actuadores y configuración de campos

En la Figura 47 se muestra la creación de la tabla actuadores con sus respectivos campos propiamente configurados; con la intención de enviar las lecturas del sensor a la base de datos alojado en un servidor.

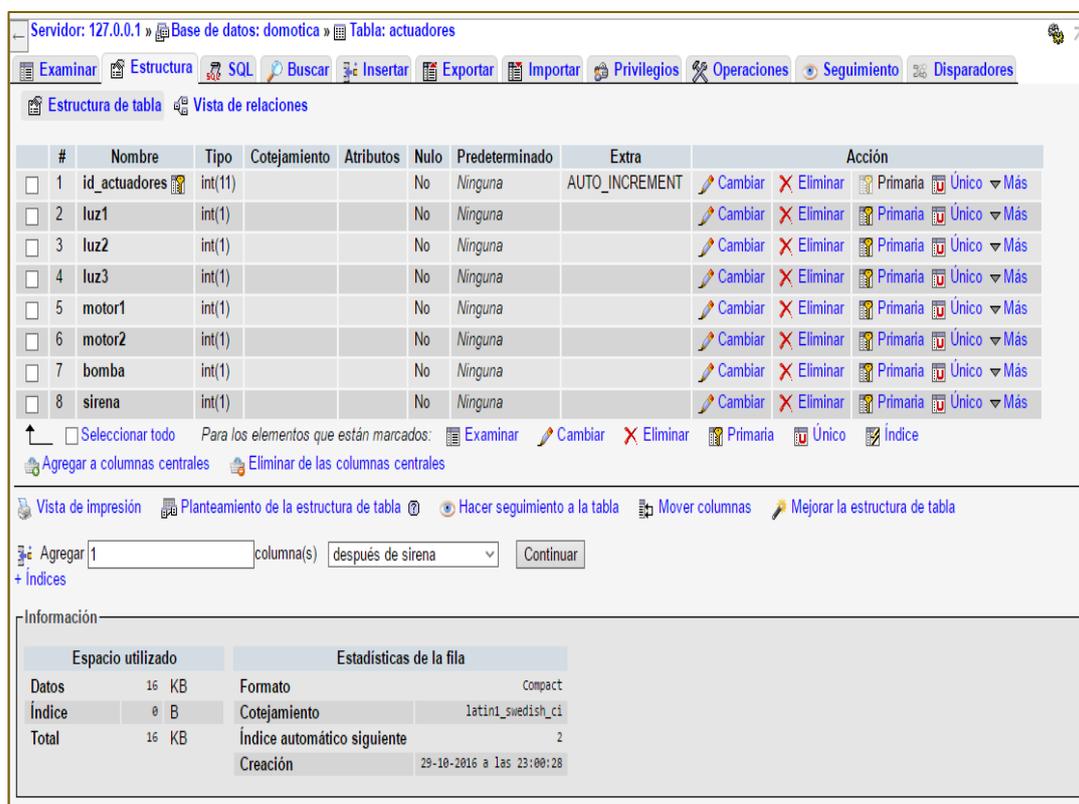


Figura 47. Configuración de campos en la tabla actuadores.

Creación de tabla sensores y configuración de campos

Por último se crea en la base de datos “domótica” la tabla sensores como se muestra en la Figura 48.

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra	Acción		
<input type="checkbox"/>	1	id_sensores			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT			
<input type="checkbox"/>	2	sensor1			Si	NULL				
<input type="checkbox"/>	3	sensor2			Si	NULL				
<input type="checkbox"/>	4	sensor3			Si	NULL				
<input type="checkbox"/>	5	sensor4			Si	NULL				
<input type="checkbox"/>	6	sensor5			Si	NULL				
<input type="checkbox"/>	7	sensor6			Si	NULL				

Espacio utilizado		Estadísticas de la fila	
Datos	16 KB	Formato	Compact
Índice	0 B	Cotejamiento	latin1_swedish_ci
Total	16 KB	Índice automático siguiente	2
		Creación	29-10-2016 a las 23:00:28

Figura 48. Configuración de campos en la tabla sensores.

3.1.2.3. Configuración del servidor MySQL para la conexión con el Arduino

Con la base de datos creada anteriormente; el siguiente paso es la programación del servidor alojado en Internet. En primer lugar se crea un directorio dentro del servidor web llamado “domótica”; y en esa carpeta se da inicio a la creación de los siguientes archivos detallados en el Anexo E para establecer conexión con la respectiva base de datos.

3.1.2.4. Configuración de accesos y privilegios en base de datos

En esta sección se puntualiza la configuración para el acceso a la base de datos a través del usuario root para el acceso a la base de datos como se muestra en la siguiente ilustración.

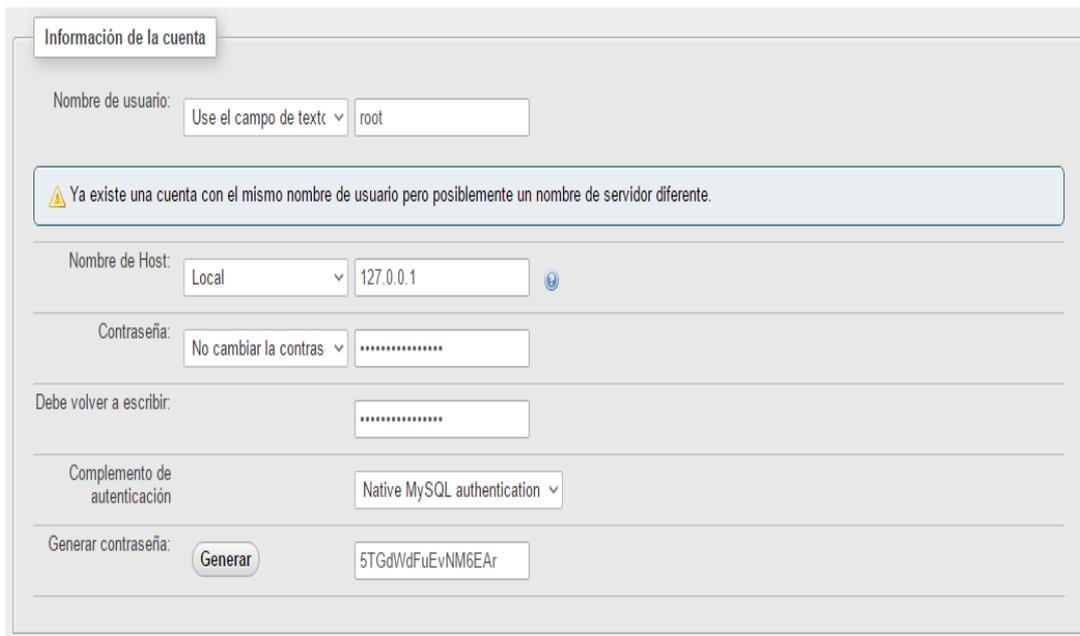


Figura 49. Creación del usuario root para el acceso a la base de datos.

3.1.2.5.Privilegios del usuario en base de datos

En esta sección se puede observar un usuario en específico para conectarse desde una página web en el cual tengo solamente los permisos para manipular los datos tales como: SELECT, INSERT, UPDATE y DELETE. En la imagen se observa la opción de privilegios donde se muestran todos los usuarios que existen y los permisos que poseen.

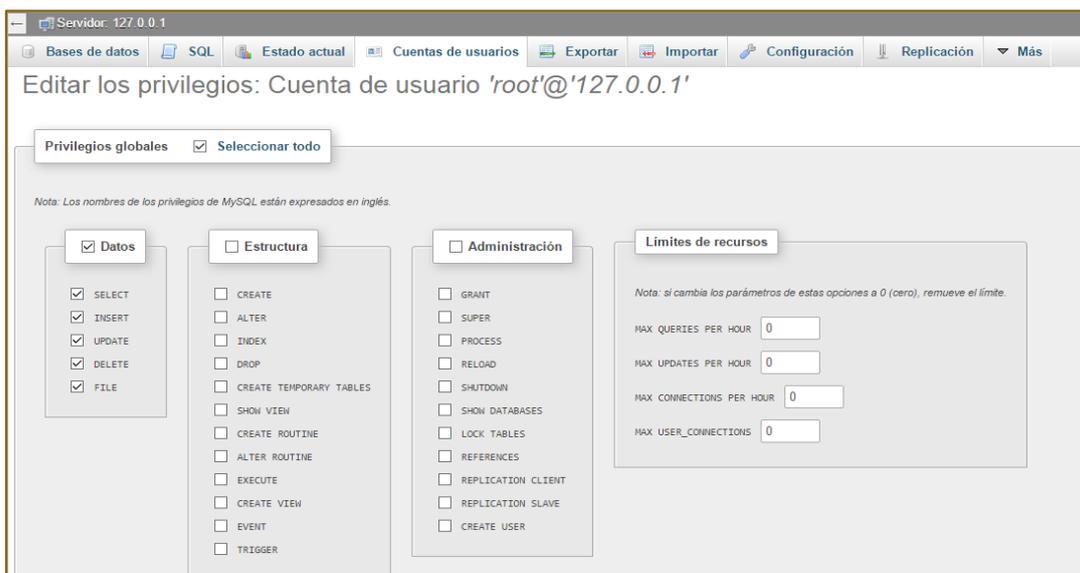


Figura 50. Privilegios del usuario en base de datos.

3.1.3.Desarrollo del software de aplicación en la sección usuario remoto

Por último en la Figura 51 se muestra que el usuario puede interactuar remotamente con la red local del hogar para poder enviar alguna acción como el encendido y apagado de iluminación entre otras funciones simulando presencia cuando no se está en casa a través de dirección web denominado: <http://domotica-app.ddns.net/#>.

3.1.3.1.Requisitos mínimos

Este ítem hace referencia a los componentes necesarios que debe reunir el lado del usuario remoto para acceder al portal domótico del hogar. Entre los requerimientos mínimos del hardware en un computador se citan:

- Un router con conexión a Internet banda ancha ADSL u otros.
- Microprocesador: Pentium III, IV en adelante.
- Disco duro: 40 GB
- Monitor: LCD 14
- Accesorios: mouse, teclado, parlantes opcional.
- Tarjeta de red: 10/100/1000 Ethernet.

Además es importante resaltar que para acceder a través de Internet al portal del hogar usando otro dispositivo móvil que no sea un computador es decir un teléfono inteligente o tableta con sistema operativo Android; asimismo los requerimientos mínimos que debe reunir son los siguientes:

- Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Procesador de 1.1 GHz. Qualcomm MSM8909 de cuatro núcleo.
- Sistema operativo: Android OS, v4.3 Jelly Bean.
- Conectividad: desde 3G a 4G LTE.

3.1.3.2.Portal web BeeHome

En la siguiente ilustración se muestra el acceso al portal denominado BeeHome en el cual el usuario deberá ingresar a la siguiente URL: <http://domotica-app.ddns.net/login.html> y luego deberá loguearse mediante usuario y contraseña.



Figura 51. Login portal web BeeHome.

De la misma forma; una vez que se ha ingresado al portal BeeHome con el debido usuario y contraseña para el correcto acceso, mostrara la siguiente pantalla del portal que está diseñado de la siguiente manera:

Finalmente es importante tomar en cuenta que el principal propósito del portal web BeeHome es poder monitorear el hogar desde un computador de escritorio o dispositivo móvil geográficamente ubicado en cualquier parte del mundo a través de un login y password para mayor seguridad del entorno. Además es relevante resaltar que el sitio web se encuentra dividido de la siguiente manera:

- BeeHome confort. Esta sección permite realizar acciones tales como: iluminación, apertura/cierre de persianas, apertura/cierre del portón, simulador de presencia y activar sirena para eventos detectados.

- BeeHome seguridad. Monitorea en tiempo real alguna fuga de agua, gas, humo; así como también detección de apertura de puertas, presencia, etc.

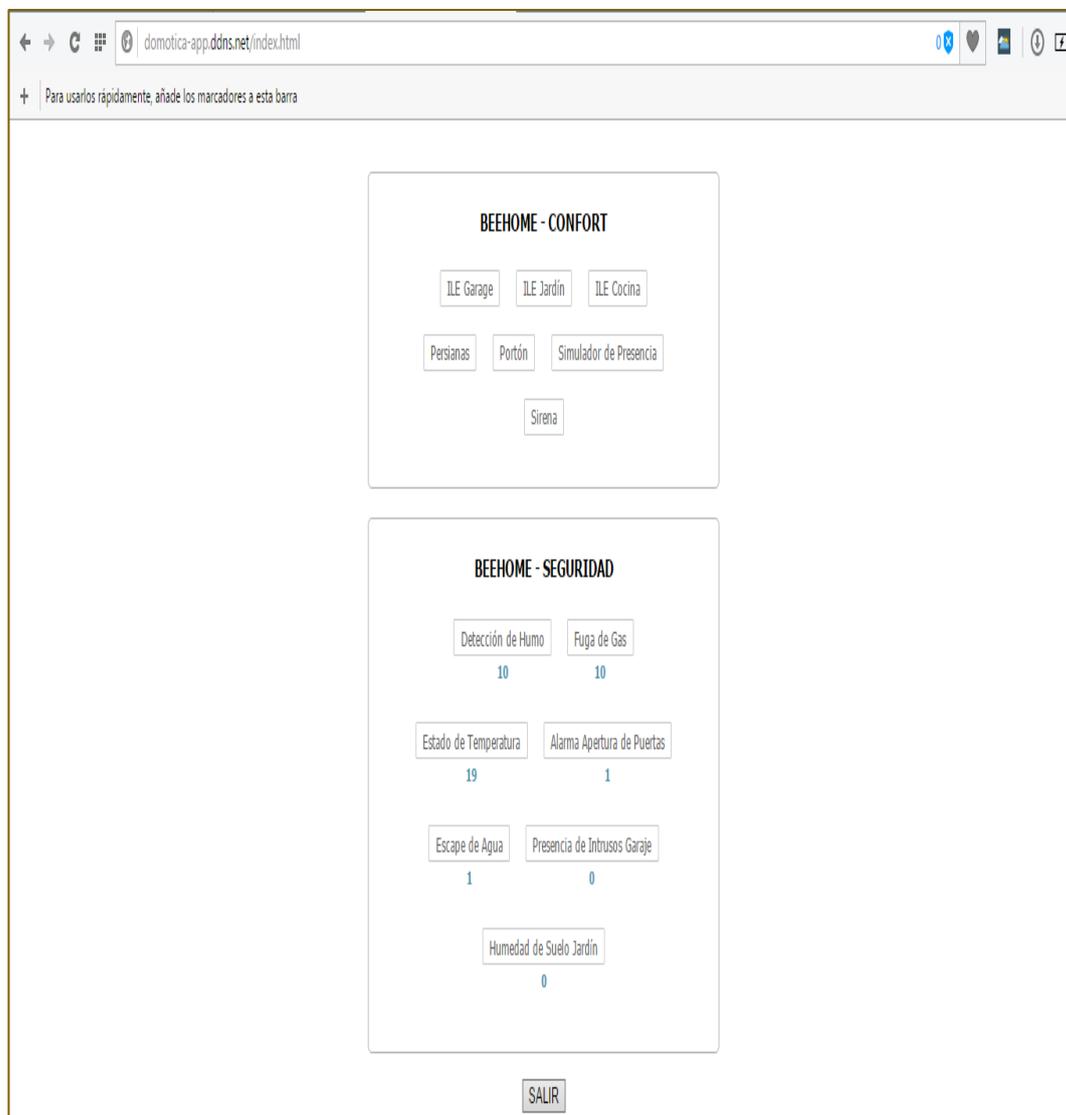


Figura 52. Automatización y control remoto a través de la Web.

4. CAPITULO IV. DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se realizará la maqueta con una determinada escala; con el objetivo de ejemplificar el funcionamiento de la red de automatización y control en conjunto con el aplicativo móvil y el hardware tales como sensores actuadores, y módulos inalámbricos XBee para llevar a cabo la automatización para hogares inteligentes.

4.1. ORGANIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DEL PROTOTIPO

En esta sección se detalla el ciclo de vida en cuanto al diseño y la comunicación del prototipo; por lo tanto se ha dividido esta estructura en tres partes como se muestra en la ilustración:

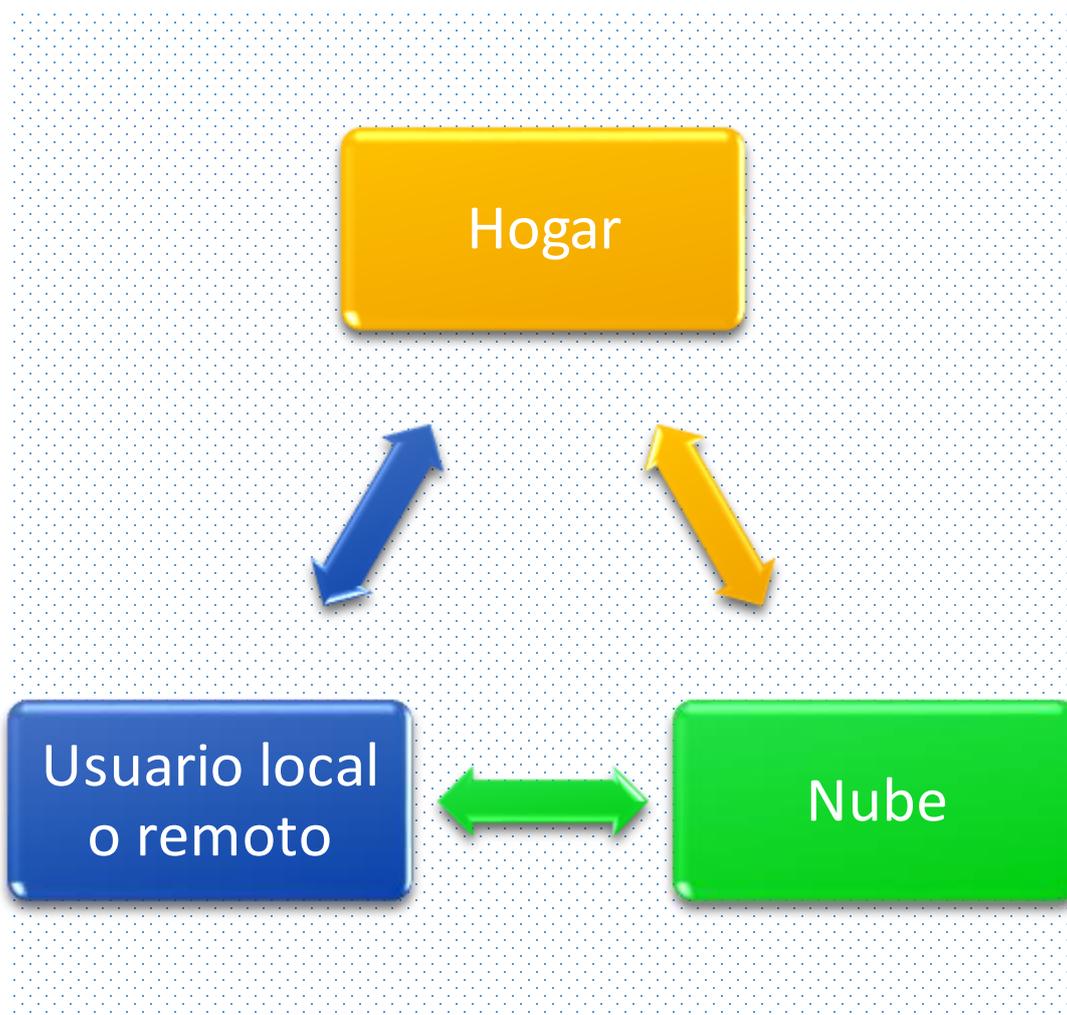


Figura 53. Diagrama del diseño del prototipo.

4.1.1. Ciclo estructural del prototipo en el espacio hogar

Esta fase del prototipo se centra en el diseño a escala de la red de automatización y control en el hogar y el diagrama de circuitos y el diseño de la Placa de Circuito Impreso PCB de los dispositivos que se involucran en presente proyecto de automatización. En la siguiente figura se detallan los procesos que intervienen en el hogar.

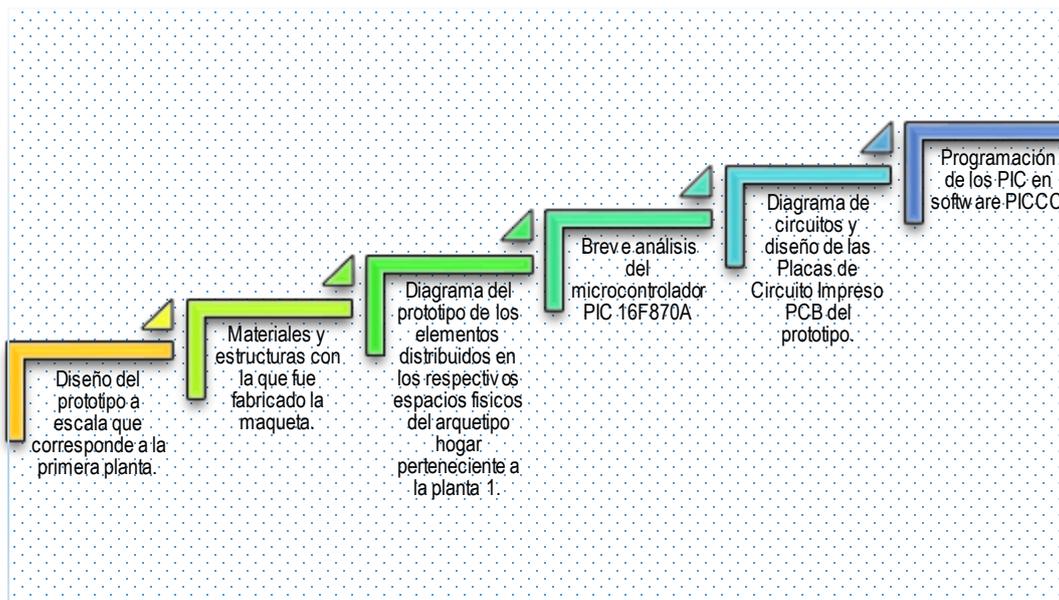


Figura 54. Descripción de los procesos en el diseño del prototipo.

4.1.1.1. Diseño y descripción del modelo a escala de un hogar

Para la elaboración de la maqueta, se ha tomado como referencia el diseño del proyecto basado en la primera planta. El prototipo tiene una escala de 1:25 como se puede apreciar en la Figura 55; de igual forma se ha realizado en base a la creatividad e ingenio en su creación; con la intención de pre visualizar el funcionamiento de automatización y control usando la tecnología inalámbrica ZigBee para hogares inteligentes.



Figura 55. Prototipo arquitectónico fundamentado en la primera planta.

4.1.1.2. Materiales y estructuras

En la construcción del arquetipo de un hogar es importante tener en cuenta el tipo de material con el cual se va a trabajar con el objetivo de no tener contratiempos en la instalación de los elementos electrónicos; de la misma forma, debe ser ligero pero rígido, durable y resistente a los golpes; y en base a ello se ha elegido a los siguientes materiales esenciales en el cual estará compuesta la estructura.

- Sintra – Plaxtiflex (muros).
- Acetato (ventanas).
- Impresión en plaxtiflex con adhesivo en vinil.
- Cemento de contacto (medio galón aprox.).
- Cartulinas diferentes colores (para cubrir las paredes).
- Muebles en plaxtiflex
- Cartulinas con texturas y adhesivas.
- Varios tipos de telas.
- Pintura acrílica (para césped).
- Fibra textil - cartulina doble y tela (para persianas).

4.1.1.3. Diagrama del prototipo

Por otro lado se efectúa el diagrama del prototipo como se muestra en la siguiente Figura 56 con el objetivo de observar los elementos distribuidos en los respectivos espacios físicos de la maqueta; la misma que es diseñada a escala y que concierne a la primera planta en el cual se cimienta este proyecto de automatización y control.

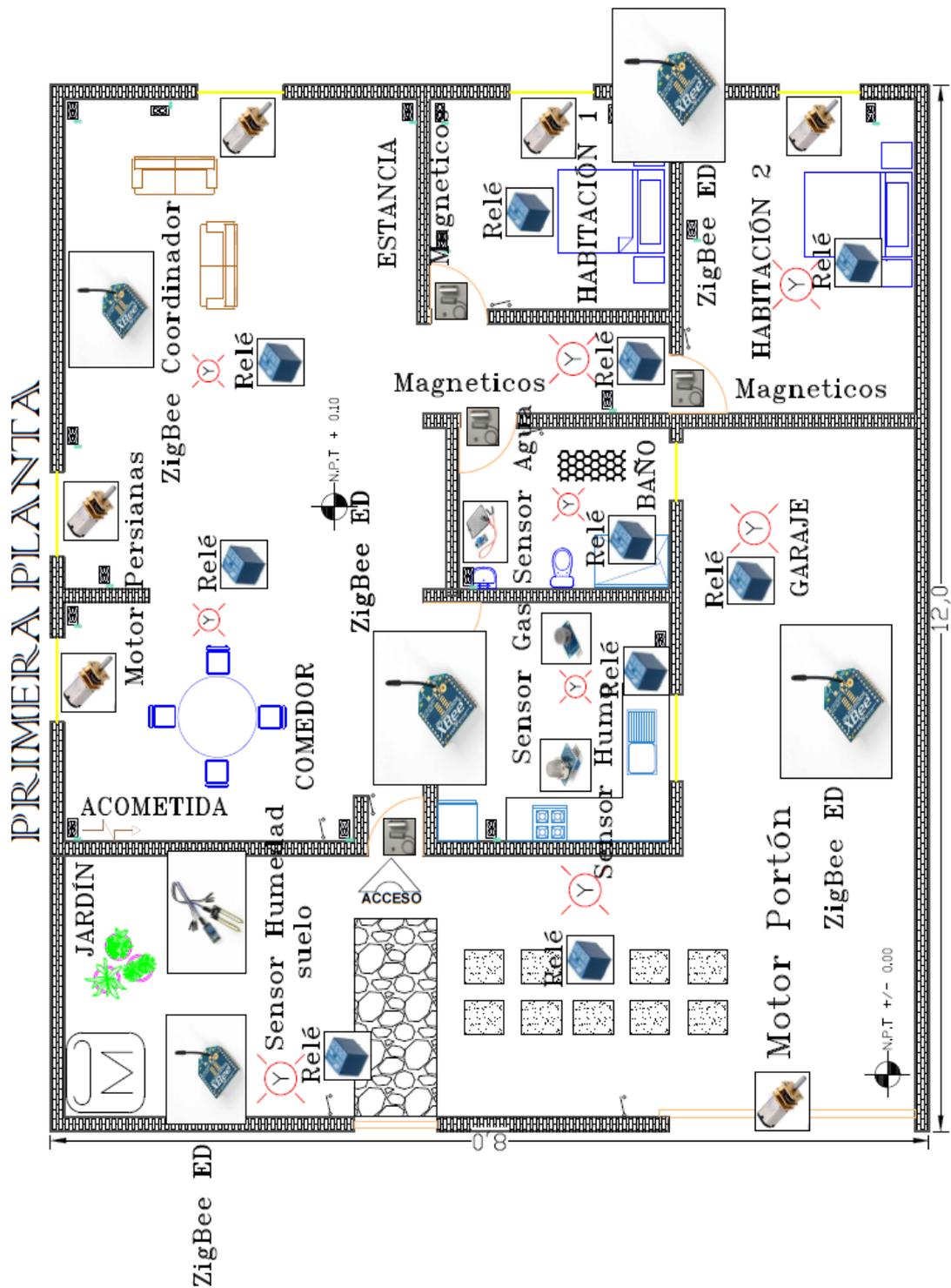


Figura 56. Diagrama del prototipo.

4.1.1.4. Elección del microcontrolador PIC 16F870

El microcontrolador que se ajusta a las necesidades del proyecto según las especificaciones técnicas se ha elegido el modelo 16F870 de 20 pines que es de gama media y, por lo tanto, es de fácil adquisición en el mercado e incluso resulta favorable en términos de costo ya que no se tendría que comprar dos o tres Arduino UNO para realizar automatización y control de varios ambientes del hogar con más de 10 dispositivos cada planta de un hogar encareciendo aún más el proyecto.

4.1.1.5. Bocetos y diagramas circuitales del prototipo

Una vez analizado y seleccionado los elementos del hardware que intervienen en este proyecto de control mencionados en el capítulo II diseño del hardware. A continuación se procede con el diseño de las placas de circuito impreso PCB; los mismos que serán posteriormente quemados los circuitos impresos en baquelita.

Circuito electrónico nodo Dispositivo Final Gas – Humo – Temperatura

En la Figura 57 se diseña el diagrama electrónico al igual que el diseño de la placa de circuito impreso para los sensores de gas, humo y temperatura.

Por otro lado este diagrama se realizó en el programa denominado PROTEUS; asimismo toda la parte de los diagramas de circuitos se lo diseño en la herramienta ISIS del mismo software. Además para el diseño de las placas de circuitos impresos PCB se ha realizado en el entorno denominado ISIS perteneciente al software citado en la primera línea de este párrafo.

Por otra parte en el Anexo G se aprecia el diseño de la PCB que corresponde al XBee dispositivo final de los sensores: humo, gas y temperatura para en lo posterior empezar con la impresión del circuito en la baquelita.

Diseño del circuito impreso nodo XBee Dispositivo final

Por otra parte en la Figura 58 se aprecia el diseño de la PCB que corresponde al XBee dispositivo final de los sensores: humo, gas y temperatura para en lo posterior empezar con la impresión del circuito en la baquelita.

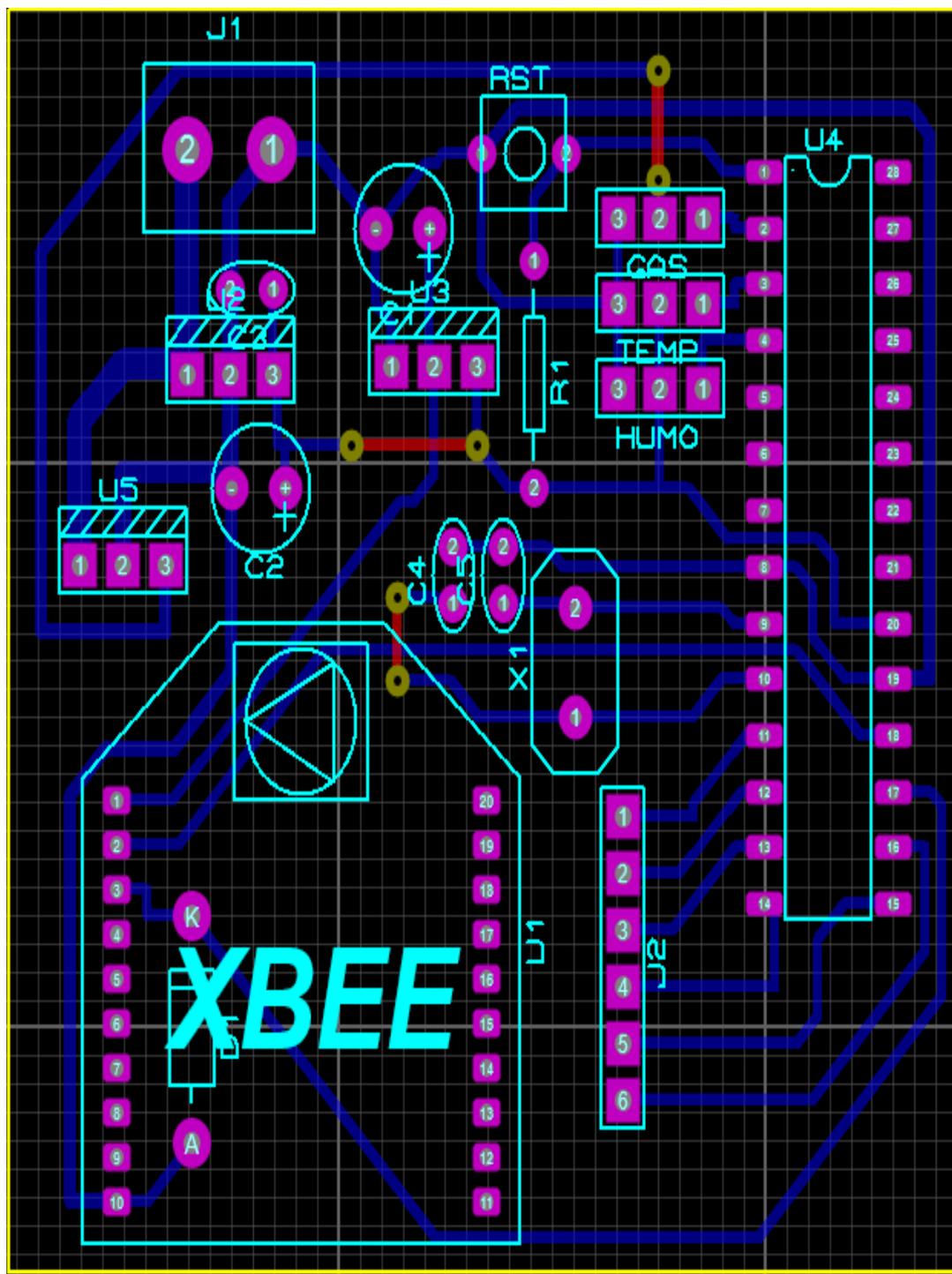


Figura 58. PCB XBee dispositivo final humo, gas y temperatura.

Diseño de circuito impreso

Aquí se muestra el diseño de la placa de circuito impreso PCB al actuador sirena y motor para apertura y cierre de portón en la vivienda.

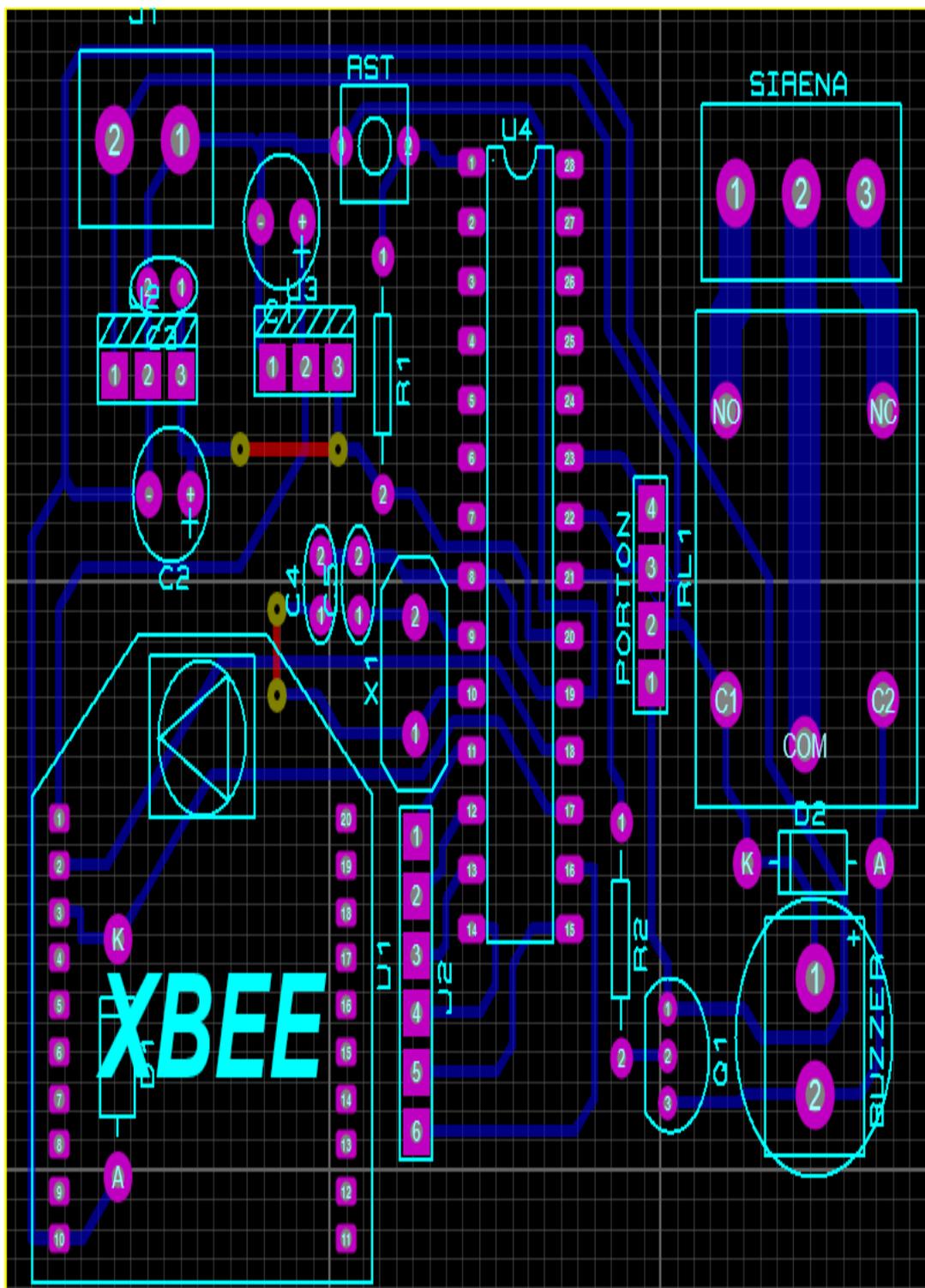


Figura 60. Diseño PCB de sirena y portón.

4.1.1.7. Diagrama electrónico de iluminación, sensor PIR, magnéticos, y persianas

En este esquema circuital se muestra el diseño para las funciones del hogar como: iluminación, sensor de presencia de intrusos, contactos magnéticos, y apertura y cierre de persianas.

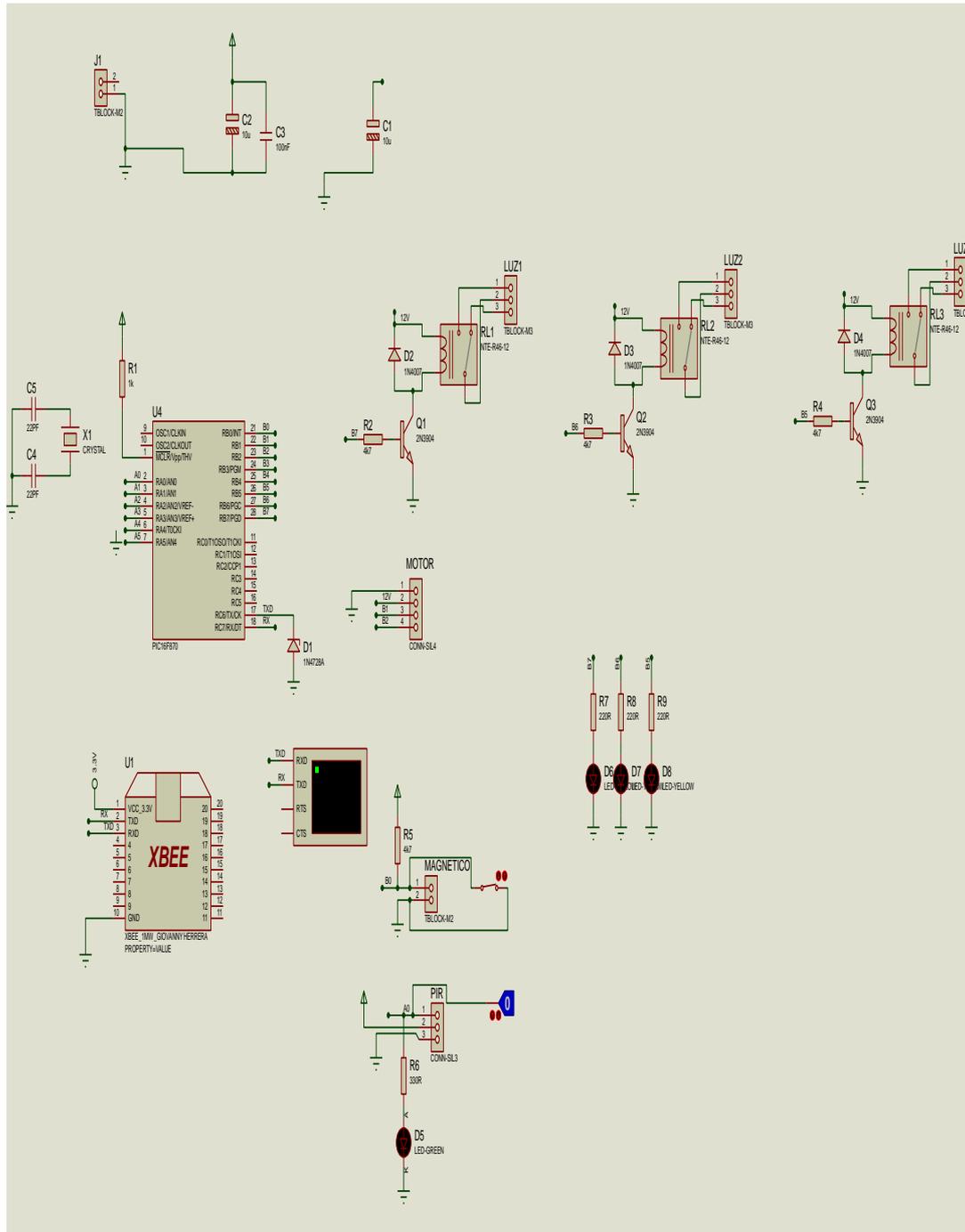


Figura 61. Diagrama circuital de iluminación, PIR, magnético y persianas.

Esquema de circuito impreso PCB

Diseño de la placa de circuito impreso para iluminación, presencia de intrusos, apertura y cierre de persianas o toldos.

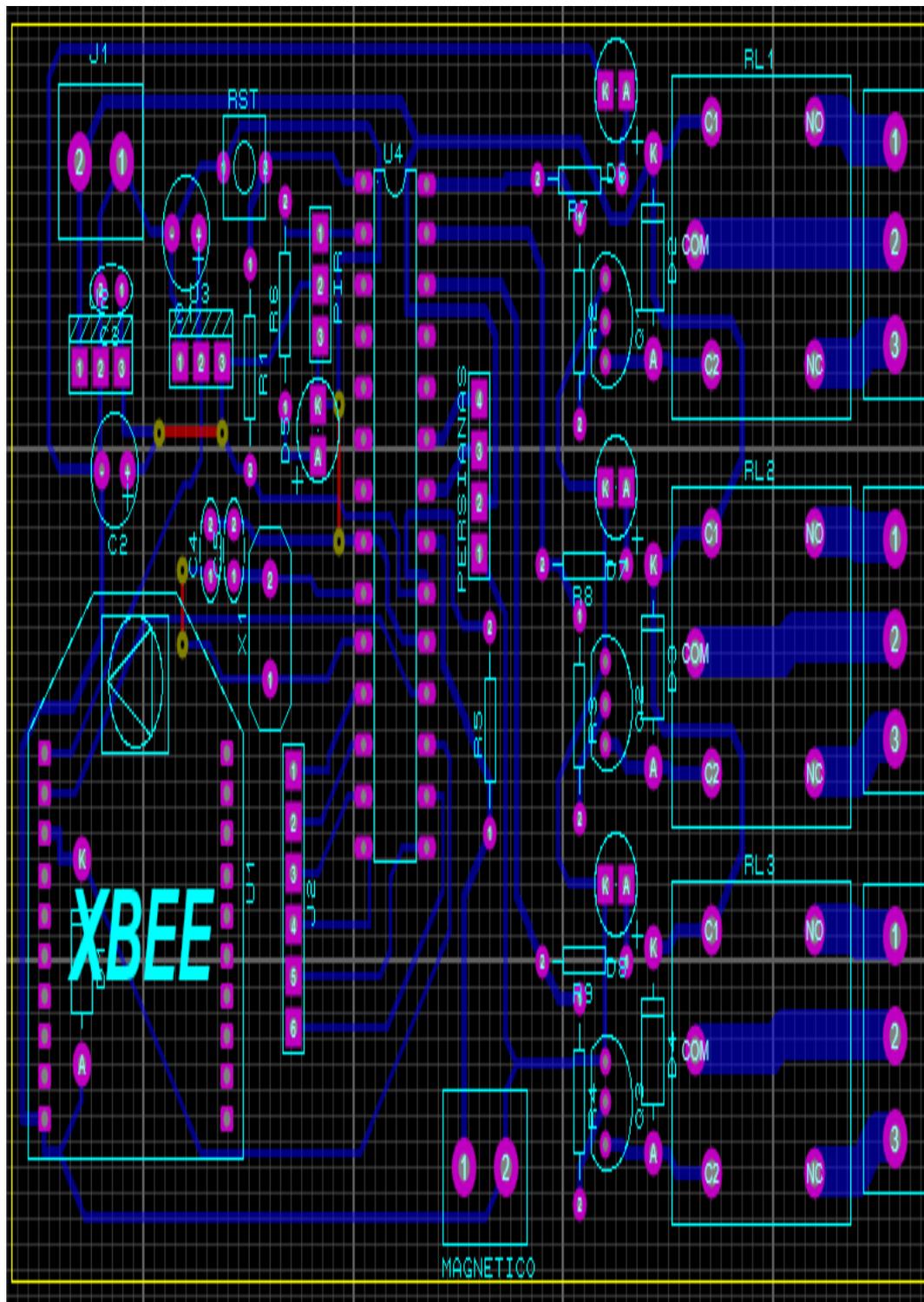


Figura 62. Esquema PCB de iluminación, PIR, magnético y persianas.

4.1.1.8. Diseño circuital de humedad de suelo para jardín

En este ítem se realiza el esquema de circuitos que corresponde a la detección de fuga de agua y humedad de suelo para irrigación de plantas en jardín.

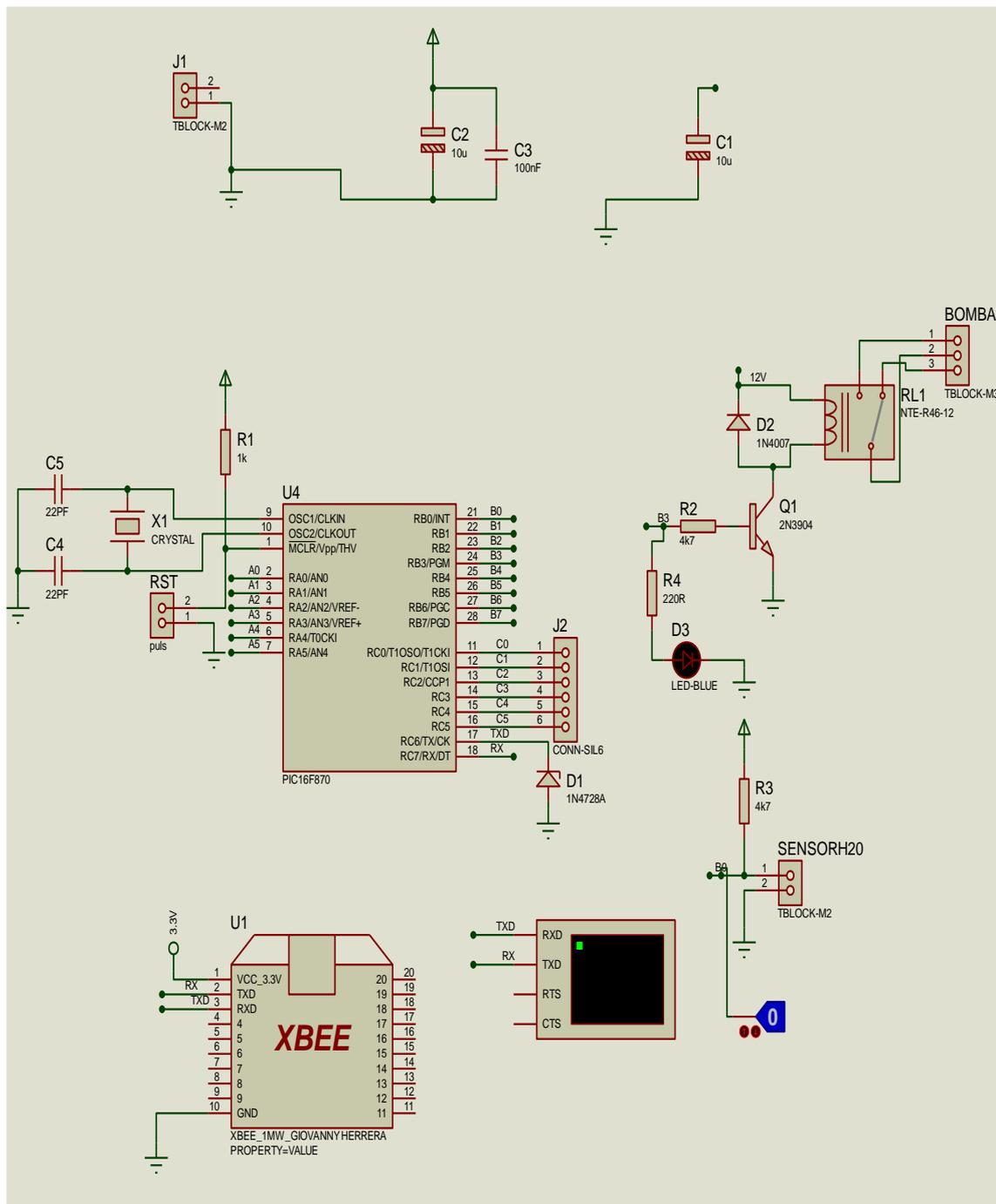


Figura 63. Diagrama de circuito de sensor de humedad de suelo en jardín.

Esquema de circuito impreso PCB

Por último se procede con el diseño respectivo de la placa para en lo posterior quemarlo en la baquelita y que corresponde al dispositivo sensor de agua y sonda de humedad de suelo en jardín.

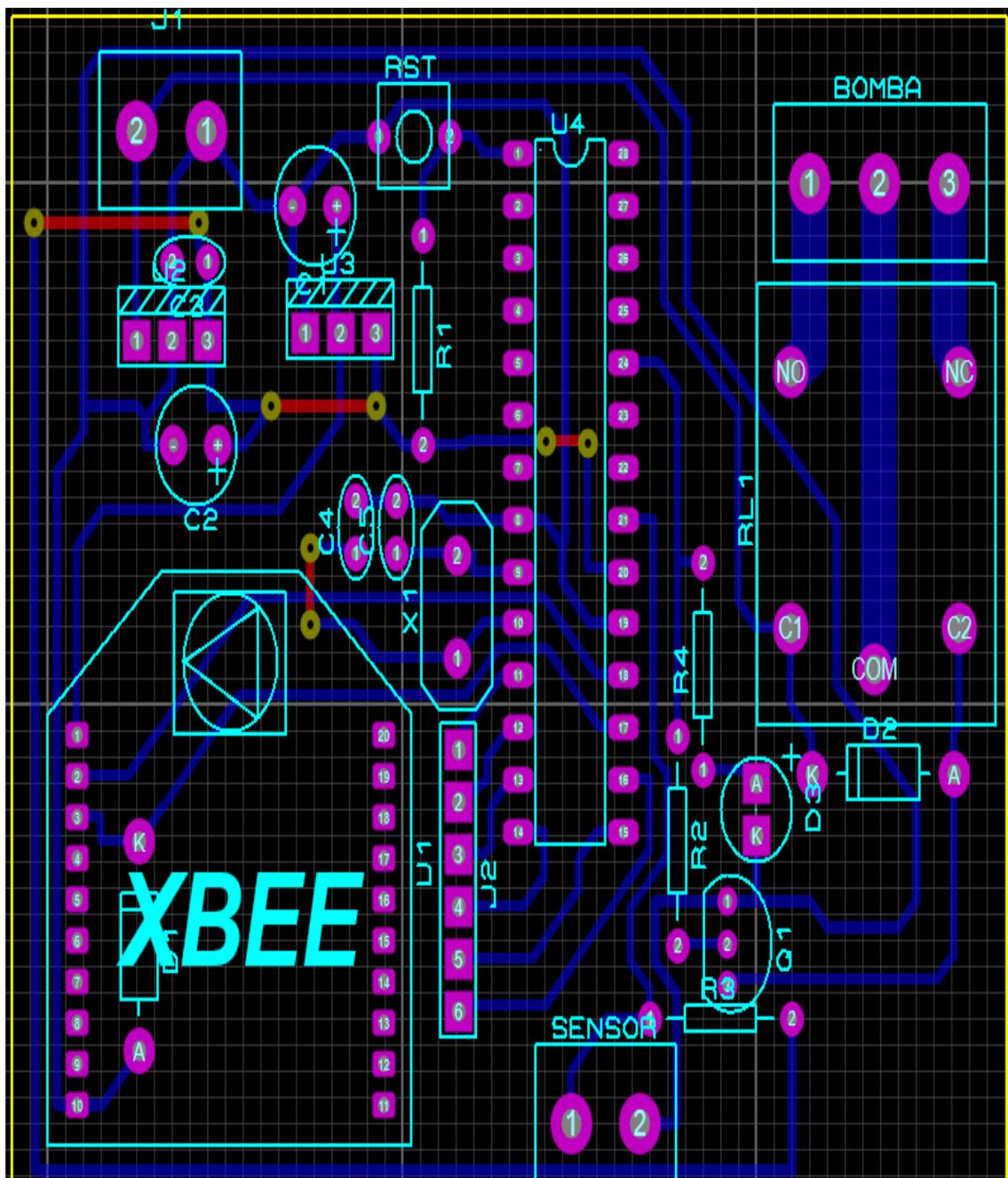


Figura 64. Diseño de placa electrónica de sensor de humedad de suelo.

4.1.1.9. Programación de los microcontroladores PIC

Por último, una vez que se tiene la PCB producida se empieza con el desarrollo y programación de los microcontroladores para que a través de los pines que tiene el PIC pueda enviar alguna acción al actuador o sensor. El código fuente se lo detalla en el Anexo F.

4.1.2. Ciclo estructural del arquetipo en la nube

En esta etapa estructural del prototipo denominado nube se ha tomado como punto de partida a los datos que envían los sensores, actuadores a través del PIC para luego enviar esa información a los XBee dispositivos finales al módulo XBee coordinador que es el encargado de recibir toda la información para luego expedir esa información al Arduino; y este a su vez ordena los paquetes y exporta los datos a través del módulo Wi-Fi; para en lo posterior establecer un enlace WLAN del hogar y salir hacia Internet donde los datos serán almacenados en el servidor web.

Por otro lado los elementos que conforman en esta fase estructural del prototipo en la sección nube se citan a los siguientes:

- XBee coordinador Series 2.
- Modulo inalámbrico ESP-8266.

En la siguiente figura se detallan los procesos que intervienen en la sección nube.

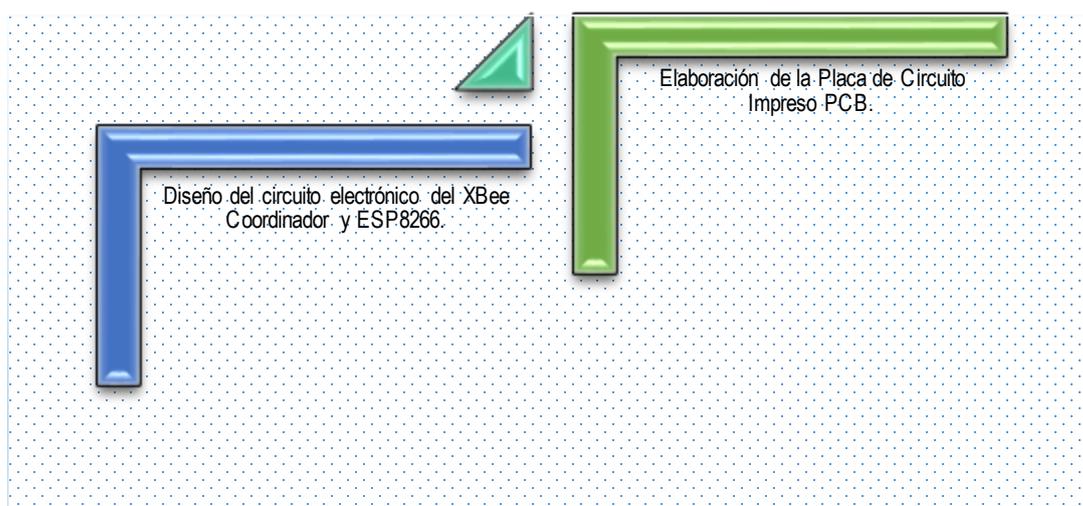


Figura 65. Descripción de los procesos en el diseño del prototipo.

4.1.2.1. Circuito electrónico nodo XBee Coordinador

En primer lugar se procede a realizar la simulación y diseño de los componentes que intervienen en el PCB como se muestra en la Figura 66 utilizando una herramienta denominada ISIS perteneciente al software para diseño esquemático electrónico PROTEUS; a parte de ello la fortaleza de este aplicativo es que cuenta con un simulador para cualquier dispositivo electrónico por ejemplo: microcontroladores, Arduino, XBee, diodos, displays, entre otros.

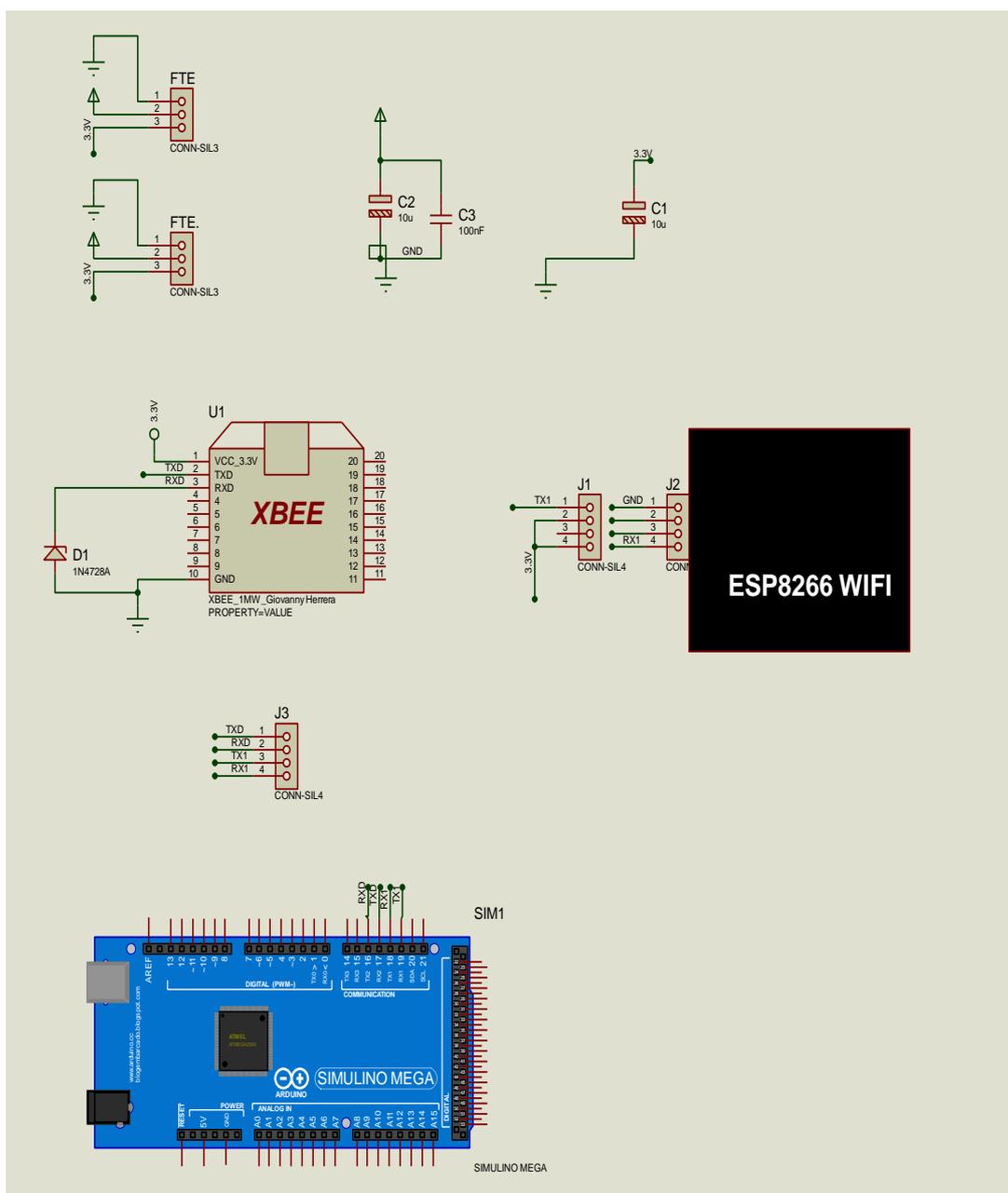


Figura 66. Diagrama circuitual XBee Coordinador – ESP8266 – Arduino.

Diseño placa de circuito impreso nodo Coordinador

De igual forma una vez realizado el diagrama circuital en el numeral anterior; así mismo se procede a realizar la fabricación del circuito impreso en baquelita del nodo XBee coordinador quien será el administrador de la red; empleando el software denominado ARES de PROTEUS propicio para realizar el diseño de PCB como se puede apreciar en la Figura 67.

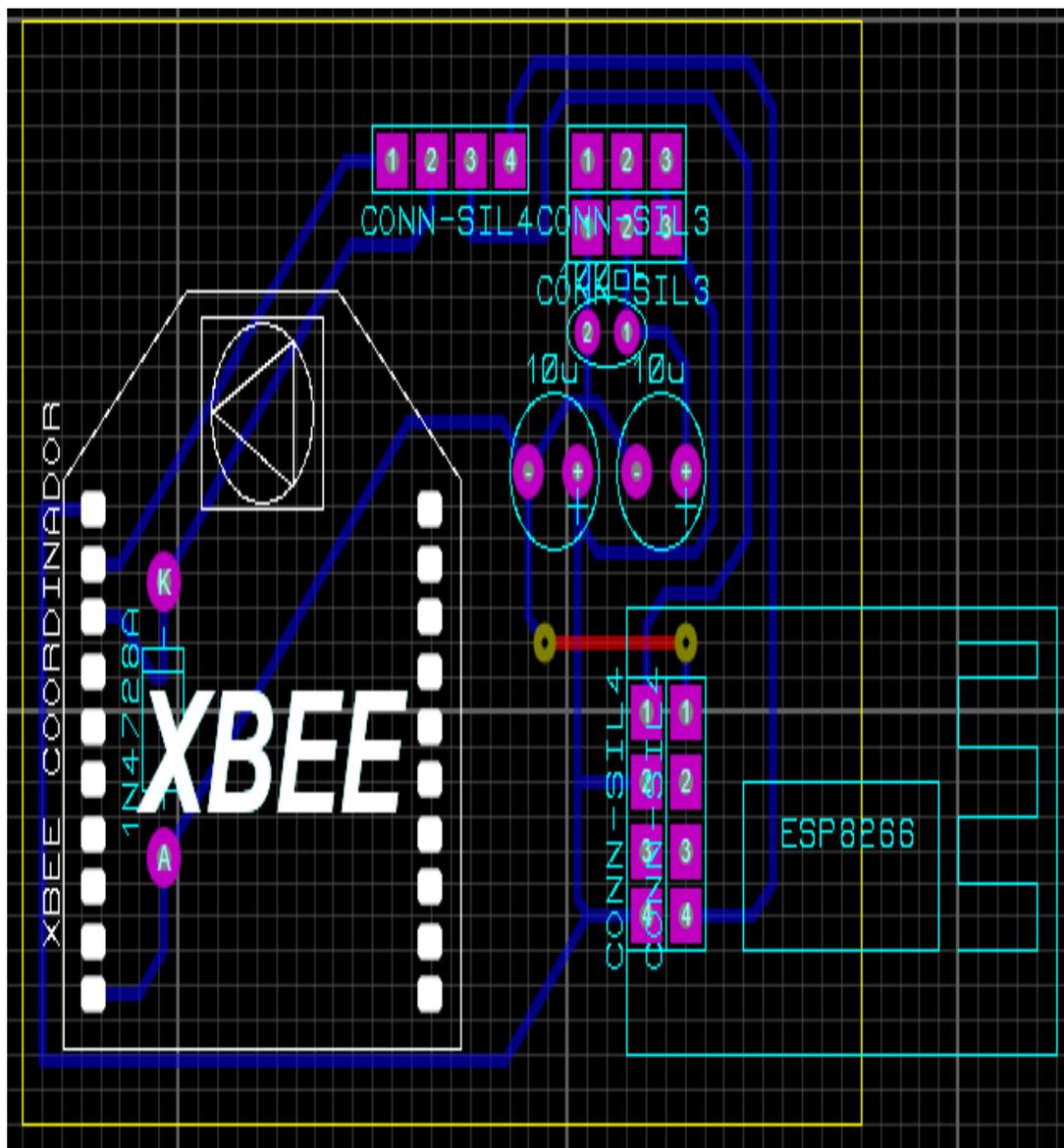


Figura 67. Layout del circuito XBee Coordinador.

Por otro lado es necesario tomar en cuenta que las configuraciones tanto del XBee coordinador y el módulo Wi-Fi ESP8266 ensamblados en esta placa de circuito impreso se detallan en el Anexo B y Anexo C respectivamente.

4.1.3. Ciclo estructural del arquetipo en el espacio usuario local o remoto

Por último en esta sección hace referencia a la conexión remota ya sea dentro de una red privada, pública o datos móviles en cualquier zona geográfica donde haya acceso a Internet con el objetivo de conectar externamente a la red local de automatización y control del hogar a través del portal domótico alojado en la nube.

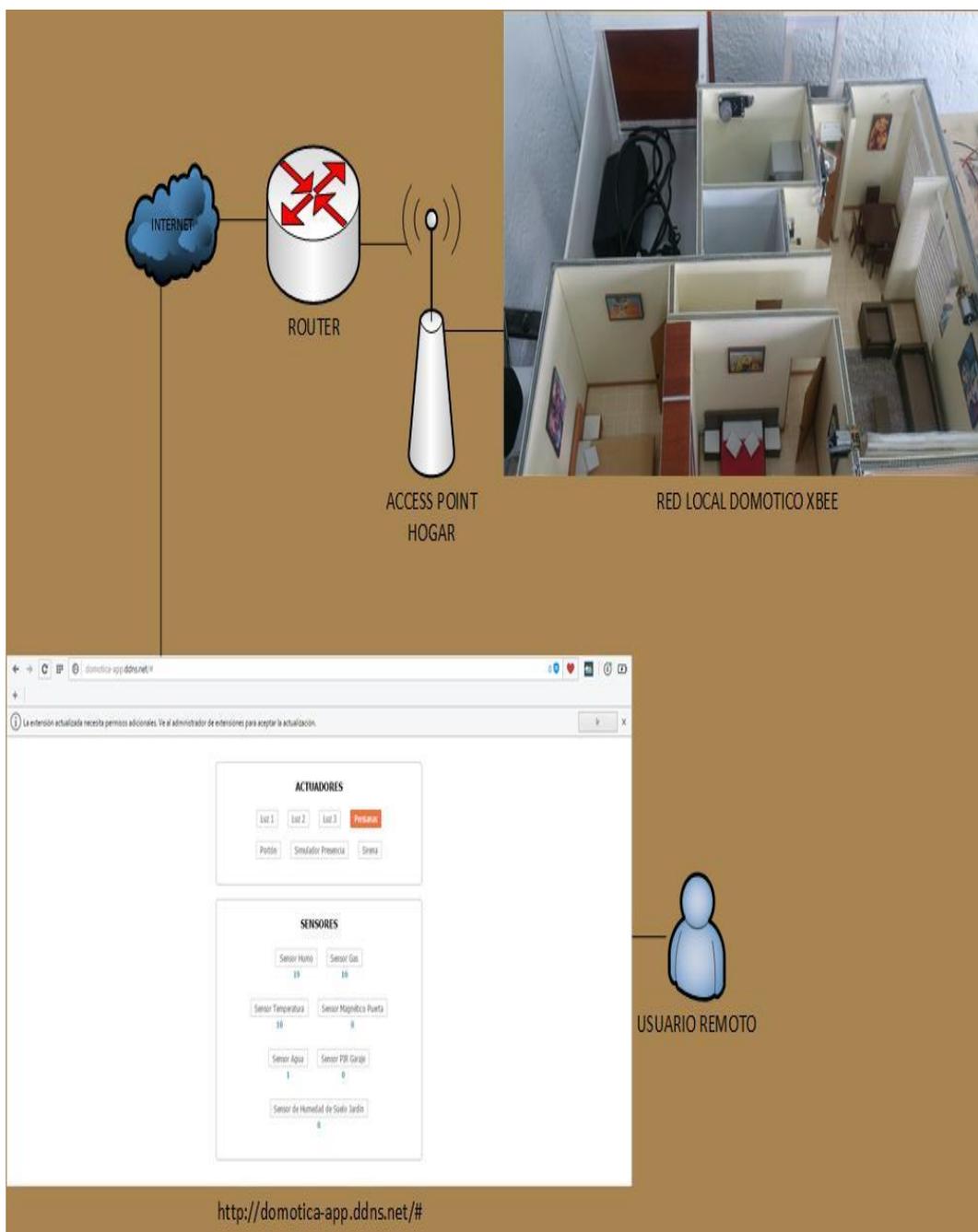


Figura 68. Esquema estructural del arquetipo de acceso remoto.

4.1.4. Pruebas y resultados de funcionamiento del prototipo

A continuación se detallan las pruebas y resultados de funcionamiento del arquetipo de automatización y control en hogares; el mismo que se encuentra detallado por cada zona que se mencionan en el siguiente listado:



Figura 69. Iluminación prototipo.

- **Iluminación dormitorio Junior**

En primer lugar para el encendido/apagado de iluminación para esta estancia; se presiona el botón “Habitación junior”; en la App BeeHome en el cual se verifica que se enciende luminosidad correspondiente luego de 9 segundos de haber dado la orden. Este tiempo se debe específicamente al retardo en las comunicaciones, entre el sistema de control y la base de datos el mismo que se encuentra alojado en un servidor web, utilizando un conexionado de internet mediante datos celulares.

- **Iluminación Sala**

Para el encendido/apagado de iluminación para esta estancia; de igual forma en el aplicativo móvil se presiona el botón “Sala”; luego se verifica que se enciende luminosidad luego de 5 segundos de haber dado la orden.

- **Iluminación Comedor**

En la sección comedor del prototipo se procede con el encendido/apagado de iluminación; y para ello se toca el botón en la App móvil denominada “Comedor”; y se verifica que se enciende luminosidad correspondiente luego de 7 segundos de haber dado la orden.

- **Iluminación Cocina**

Asimismo para el encendido/apagado de iluminación de “Cocina”; se verifica que se enciende luminosidad correspondiente luego de 10 segundos de haber dado la orden.

- **Iluminación Garaje**

De la misma forma para el encendido/apagado de iluminación para este ambiente se presiona el botón “Habitación junior “en el aplicativo móvil Android; se verifica que se enciende luminosidad correspondiente luego de 8.5 segundos de haber dado la orden.

- **Iluminación Entrada**

Por último se realiza el encendido/apagado de iluminación; para ello se presiona el botón “Pasaje”; se verifica que se enciende luminosidad correspondiente luego de 5.7 segundos de haber dado la orden.

- **Persianas**

A continuación se muestra el funcionamiento de la apertura de las persianas correspondiente al escenario sala y comedor como se muestra en la siguiente Figura 70; asimismo para realizar la prueba de funcionamiento para el ambiente en mención; se procede a tocar el botón denominado “Persianas” en el aplicativo móvil llamado BeeHome; en lo posterior se verifica que efectivamente las persianas se han abierto luego de 20 segundos de haber presionado el botón. Es importante recalcar que este tiempo se debe concretamente al retardo en las comunicaciones, entre el sistema de control y

la base de datos alojado en un servidor web, utilizando un conexionado de internet mediante datos celulares.



Figura 70. Apertura de persianas.

- **Apertura de portón.**

Por último se ejemplifica la apertura del portón de garaje en el arquetipo usando el aplicativo móvil como se muestra en la siguiente Figura 71; asimismo para realizar la prueba de funcionamiento para el ambiente en mención; se procede a tocar el botón denominado “Portón” en el aplicativo móvil llamado BeeHome.



Figura 71. Apertura de portón en garaje.

4.1.4.1. Resultados obtenidos de sensores

De igual forma se lleva a cabo los resultados de las pruebas obtenidas de los sensores a través del aplicativo web llamado BeeHome como se muestra en la siguiente ilustración:

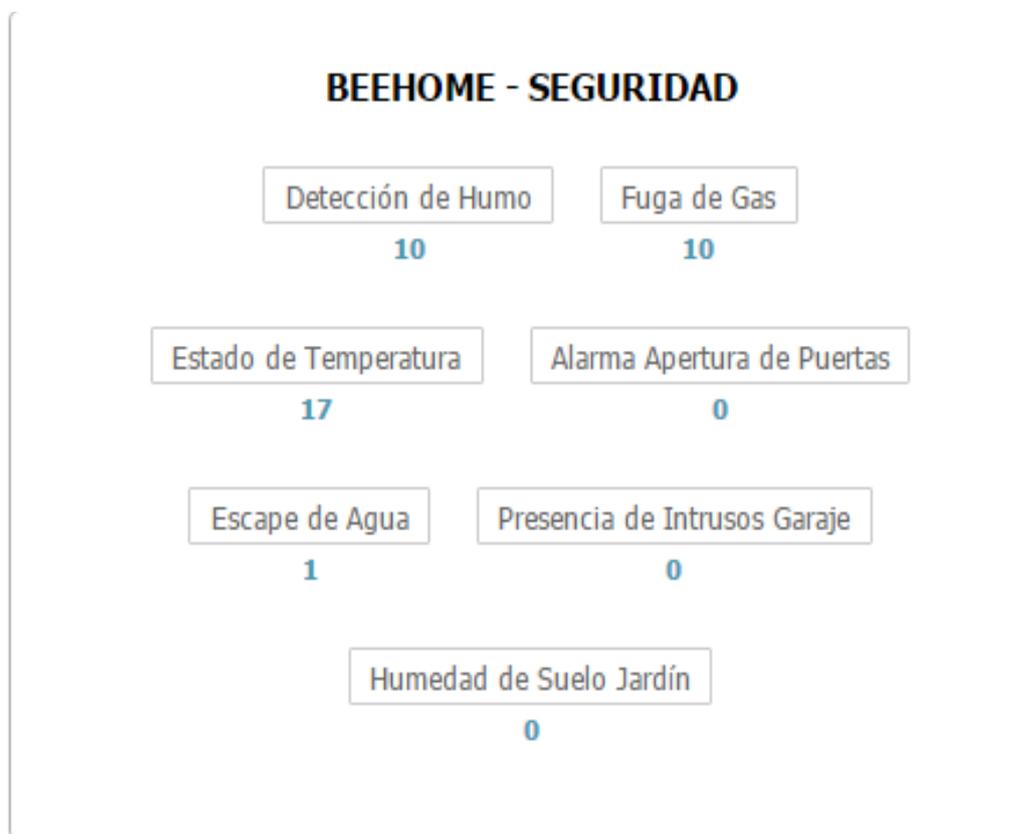


Figura 72. Pruebas y resultados de los sensores.

- **Sensor de humo**

Mientras tanto para el sensor de humo el umbral crítico es de 10; pasado éste se activará una sirena para alertar de posible evento de humo en el sitio. Al realizar la prueba de funcionamiento para el sensor en mención; se procede a simular humo encendiendo una varita de incienso cerca del sensor y en lo posterior se verifica que efectivamente el sensor envía actualizaciones a la base de datos alojado en un servidor web a los 7 segundos después de haber simulado el humo en el sensor. El retardo se debe específicamente entre las comunicaciones del sistema de control y la base de datos alojados en un servidor web, utilizando un conexionado de Internet mediante datos móviles del teléfono celular.

- **Sensor de gas**

Para el sensor de gas el umbral crítico es de 10; pasado esta medida se activara un led con el objetivo de simular la activación de una electroválvula con el objetivo de cortar el paso de gas al ambiente en peligro. Asimismo para realizar la prueba de funcionamiento para el sensor en referencia; se procede a simular gas con una fosforera presionando la horquilla que permite la apertura y cierre del gas proveniente de la válvula; luego se verifica que evidentemente el sensor envía actualizaciones a la base de datos alojado en un servidor en Internet tanto en el aplicativo y en el portal web BeeHome a los 7 segundos después de haber realizado el ensayo.

- **Sensor de temperatura**

Mientras tanto para el sensor de temperatura y humo el umbral crítico es de 10 grados Celsius para lo cual se activara un led simulando que se ha encendido un ventilador con el propósito de disipar la temperatura ambiente bajando así a su estado normal. De igual manera para realizar la prueba de funcionamiento para el sensor en referencia; se procede a simular con una fosforera presionando la horquilla que permite la apertura y cierre del gas proveniente de la válvula y a la vez rotar la piedra de fricción con suficiente velocidad y fuerza para luego generar una chispa con el propósito de dar calor al sensor LM35; luego se comprueba que el sensor cambia de estado en el aplicativo a los 7 segundos después de haber realizado las pruebas.

- **Sensor magnético**

En el sensor de apertura de puertas cambiará el estado de "0" a "1" siendo 0 libre de intrusos y 1 presencia de intrusión. Ahora para realizar la prueba de funcionamiento se procede a cerrar la puerta en la maqueta donde se encuentra el sensor magnético y se confirma en el portal web que el sensor envía actualizaciones al portal web en Internet a los 5 segundos después de haber realizado las pruebas.

- **Sensor de agua**

Para el sensor de agua cambiara el estado de "0" a "1" siendo 0 no hay derrame de agua y 1 derrame de agua; pasado esta medida se activará un led con el objetivo de simular la activación de una electroválvula con el objetivo de cortar

el paso de agua en la estancia en peligro. Para ejecutar la prueba de funcionamiento se procede a simular agua humedeciendo a una esponja y luego proceder a frotar en el sensor que se encuentra instalado en el baño del prototipo arquitectónico; y a los 7 segundos después de haber realizado las pruebas se actualiza en el sitio web mostrando el estado del sensor.

- **Sensor de presencia en garaje**

Para el sensor de presencia en garaje cambiará el estado de “0” a “1”; siendo 0 no hay presencia de intrusos y 1 presencia de intrusos. En el caso de que se violara el perímetro en el garaje; el sensor detectará y activará una sirena para alertar de posible evento ocurrido en el hogar. De igual manera para ejecutar la prueba de funcionamiento se procede a poner un objeto en el sensor PIR que se encuentra instalado en la entrada del prototipo arquitectónico; una vez realizado la prueba con el sensor; el mismo se actualiza 5 segundos después de haber realizado el experimento.

- **Sensor de humedad de suelo**

Finalmente para el sensor de humedad de suelo en jardín se ha definido que 0 simboliza que el suelo se encuentra en seco; mientras tanto si el sensor se activa en 1 interpreta que se encuentra la tierra húmeda con el propósito de que a la planta no le falte agua. Ahora bien; en la ejecución de la prueba de funcionamiento al sensor se lo inserta sobre tierra húmeda y en lo posterior se verifica que el sensor envía actualizaciones al portal web BeeHome en Internet a los 7 segundos después de haber realizado el test.

A continuación se detallan los resultados que se obtuvieron en las pruebas de funcionamiento con el objetivo de verificar el tiempo de retardo al iniciar una acción ya sea del aplicativo o portal web BeeHome para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 14. Resultados pruebas de funcionamiento.

DISPOSITIVOS ACTUADOR	TIEMPO DE MEDICION EN SEGUNDOS
Iluminación garaje on/off	9s-5s
Iluminación jardín on/off	5.7s-6s
Iluminación cocina on/off	7s-10s
Apertura – Cierre de portón	7s-5s
Apertura – Cierre de persianas	40s-30s
Simulador de presencia	7.7s-6s

Activación de Sirena	6s-5s
DISPOSITIVOS SENSOR	TIEMPO DE MEDICION EN SEGUNDOS
Sensor de humo	7s
Sensor de gas	7s
Sensor temperatura	7s
Sensor magnético puertas	5s
Sensor agua	7s
Sensor de humedad de suelo	7s
PIR	5s

4.1.4.2. Causas

Como se puede observar en la TABLA 14 en el cual es evidente que el principal problema es el retardo que existe al interactuar tanto en el aplicativo móvil o el portal web con los dispositivos sensores y actuadores para llevar un evento de automatización y control; sin embargo las posibles causas al problema se describen a continuación:

- ≡ El punto relevante por el cual hay un retardo es debido a que los datos que envía los sensores y actuadores a la base de datos el mismo que está alojado en un hosting web es a través de la conexión de datos móviles del teléfono celular.
- ≡ De igual forma la utilización de los Delay en el procesamiento de código con una duración excesiva hace que el proyecto tarde en ejecutar procesos de forma instantánea; siendo no viable para datos donde se necesiten una lectura muy frecuente de los dispositivos; ya que el uso adecuado de los delay es un factor clave.

A continuación se muestra el valor de los delay en el procesamiento datos para los actuadores en el código fuente:

```

Serial.print("l1:");Serial.println(l1);
Serial.print("l2:");Serial.println(l2);
Serial.print("l3:");Serial.println(l3);
Serial.print("m1:");Serial.println(m1);
Serial.print("m2:");Serial.println(m2);
Serial.print("b1:");Serial.println(b1);
Serial.print("a1:");Serial.println(a1);
for(int rep=1;rep<2;rep++){
  if(l1=="1"){
    Serial2.print("D");
    Serial.print("D");
    delay(700);
  }
  if(l1=="0"){
    Serial2.print('d');
    Serial.print('d');
    delay(700);
  }
  if(l2=="1"){
    Serial2.print("E");
    Serial.print('E');
    delay(700);
  }
}

```

Figura 73. Valor del delay en el procesamiento de datos.

Como se muestra en la ilustración se llega a la conclusión que recomendaciones por parte de desarrolladores Arduino Fórum mencionan que los inconvenientes del uso indiscriminado de delay bloquea el bucle principal del programa y además no ahorra energía.

4.1.4.3.Solución

La solución según Arduino Fórum es utilizar la función DelayMicroseconds con el objetivo de minimizar en lo posible el tiempo de retardo; tal como se muestra en la siguiente figura.

```
Serial.print("l1:");Serial.println(l1);
Serial.print("l2:");Serial.println(l2);
Serial.print("l3:");Serial.println(l3);
Serial.print("m1:");Serial.println(m1);
Serial.print("m2:");Serial.println(m2);
Serial.print("b1:");Serial.println(b1);
Serial.print("a1:");Serial.println(a1);
for(int rep=1;rep<2;rep++){
  if(l1=="1"){
    Serial2.print("D");
    Serial.print("D");
    delayMicroseconds(350);
  }
  if(l1=="0"){
    Serial2.print('d');
    Serial.print('d');
    delayMicroseconds(350);
  }
  if(l2=="1"){
    Serial2.print("E");
    Serial.print('E');
    delayMicroseconds(350);
  }
  if(l2=="0"){
    Serial2.print('e');
    Serial.print('e');
    delayMicroseconds(350);
  }
}
```

Figura 74. Cambio en la sentencia delay por delayMicroseconds.

En la siguiente tabla muestra los tiempos de respuesta entre App móvil y dispositivos finales.

TABLA 15. Resultados obtenidos ejecutando cambios en el código.

Dispositivos actuador	Tiempo de medición en segundos
Iluminación garaje on/off	3.8s-2.67s
Iluminación jardín on/off	3.5s-2.8s
Iluminación cocina on/off	3.25s-2.3s
Apertura – Cierre de portón	3.9s-2.6s
Apertura – Cierre de persianas	3.45s-2.8s
Simulador de presencia	3.1s-2.4s
Activación de Sirena	3.34s-2.9s
DISPOSITIVOS SENSOR	TIEMPO DE MEDICIÓN EN SEGUNDOS
Sensor de humo	3s
Sensor de gas	3s
Sensor temperatura	2s
Sensor magnético puertas	2.3s
Sensor agua	3.75s
Sensor de humedad de suelo	3.4s
PIR	3.47s

Como se puede observar en la TABLA 15 los tiempos de respuesta son evidentes ya que el uso adecuado de los delay son rasgos claves para llevar a cabo una acción de automatización de control sin demoras ya que así el proyecto funciona de manera eficiente y eficaz con resultados razonables.

5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DEL SISTEMA

En el presente capítulo se formulará un análisis técnico económico de la solución propuesta frente a otras soluciones de automatización y control domóticos en hogares a través de medios alámbricos e inalámbricos.

5.1.SISTEMAS DOMÓTICOS ACTUALES

En la actualidad la domótica cobra importancia en la actualidad para dar respuesta a las necesidades de la sociedad que se encuentra en continuo cambio creando hogares a medida del propietario y cubriendo las expectativas del usuario.

Igualmente las diferencias más significativas entre los distintos sistemas hacen referencia al mecanismo de comunicación, la naturaleza del sistema es decir abierto o propietario y su situación actual en el mercado.

En la siguiente TABLA 16 se ejemplifica los distintos sistemas de comunicaciones que se pueden hallar en un sistema domótico.

TABLA 16. Distintos sistemas de comunicación domótica.

Tipo	Descripción
Power Line (PLC)	Utiliza el medio físico a través de cableado eléctrico y los enchufes de un hogar. Ejemplo X10 es una tecnología Power Line.
Ondas de radio frecuencia	Diversas tecnologías emergentes tales como ZigBee y Z-Wave son cimentadas en radiofrecuencia.
Líneas telefónicas	Maneja el cableado telefónico y las rosetas de una residencia. En la práctica, hay muy pocas tecnologías disponibles.
Cableado estructurado	Es una elección más fiable y robusta, pero efectivamente práctica únicamente cuando se está construyendo una casa o llevando a cabo obras mayores. Entre los sistemas típicos de cableado contienen cable coaxial para sistemas de entretenimiento y cable Ethernet Cat-5 para datos y comunicaciones.

Asimismo tomando como base a los sistemas de comunicaciones; en la siguiente tabla se listan los protocolos más acreditados y el medio físico que utilizan para comunicarse.

TABLA 17. Comparativa de protocolos principales para hogares inteligentes.

Protocolo	Power line	Cableado	Radiofrecuencia	Código abierto
ZigBee	No	No	Si	Si
Wi-Fi	No	No	Si	Si
Bluetooth	No	No	Si	Si
NFC	No	No	Si	No
6loWPAN	No	No	Si	Si
X10	Si	No	Si	Si
Insteon	Si	No	Si	Si
Z-Wave	No	No	Si	No

5.2.COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS Y LOS ALÁMBRICOS

Existen pros y contras de usar una tecnología u otra. Dependiendo lo que se opte puede depender de varios factores tales como:

- Coste.
- Tiempo de instalación.
- Facilidad de despliegue

De igual modo si la casa se está construyendo o a su vez se están creando reformas y los muros aún no están selladas; en ese caso es mejor utilizar sistemas cableados puesto que así no se tendrá que picar las paredes en un futuro haciendo que se vea el hogar estéticamente no atractivo en las paredes del hogar.

5.2.1.PRECIO

A nivel de coste general los sistemas cableados son mucho más caros que los sistemas inalámbricos.

Años atrás cuando los dispositivos Wi-Fi estaban en plena cúspide; el precio por dispositivo, eran mucho más costosos los dispositivos inalámbricos que los

cableados; debido especialmente al coste de añadir el componente de radiofrecuencia. Sin embargo, los precios de los dispositivos inalámbricos han bajado considerablemente en los últimos años.

5.2.2.Fiabilidad del sistema

El sistema cableado es más fiable que los sistemas inalámbricos debido a que son inmunes a interferencias. Asimismo se excluyen los sistemas cableados que aprovechan el cableado eléctrico existente conocido por sus siglas en inglés como: Powerline Communications.

El cableado posee una capacidad de transmisión de datos muy amplia llegando hasta los 1000 Mbit/s que el de una red inalámbrica. Incluso la red Ethernet tiene la capacidad de transmitir información a más de 100 metros sin necesidad de repetidores. Mientras que el de un medio inalámbrico la cobertura máxima bordea los 20 metros sin obstrucciones en el hogar; y se atenúa la señal según las barreras físicas que hayan de por medio.

Por último, la seguridad en cuanto a la probabilidad de buen funcionamiento del sistema frente a posibles atacantes, los sistemas alámbricos, al estar la señal en el propio cable son mucho más fiables. No obstante, los sistemas inalámbricos deben hacer frente a esa disponibilidad de la señal mediante soluciones como la encriptación, para garantizar la integridad, la autoría y la privacidad del mensaje (Tanenbaum & Wetherall, 2013).

5.2.3.Funcionalidades del sistema

En un inicio los sistemas cableados disponían de considerables funcionalidades que los sistemas inalámbricos debido a que esta nueva tecnología estaba en pleno crecimiento. No obstante, con el pasar del tiempo iban ganando más adeptos los sistemas inalámbricos, a tal punto de que han ido evolucionando con el objetivo de brindar las mismas funcionalidades que los sistemas cableados.

5.2.4.Evolución a largo plazo

En un futuro no muy lejano los sistemas inalámbricos van a ir evolucionando mucho más en cuanto a cobertura, velocidad de transmisión que los sistemas alámbricos o cableados, debido principalmente a que son mucho más rentables debido a:

- La fácil configuración al no tener que instalar cables en una ubicación de difícil acceso.
- La escalabilidad es decir a medida que se necesite ampliar la red de dispositivos a largo plazo utilizando la misma infraestructura de red.
- La reducción de costos ya sea por el traslado de oficinas, reubicación, nuevas configuraciones o expansiones.

5.3.COMPARATIVA ENTRE SOLUCIONES

A continuación se realiza una comparativa de soluciones más importantes en el área de la automatización y control en hogares; y para ello se analizan las siguientes soluciones:

- ZigBee.
- Z-wave.
- Insteon.

Es esencial mencionar que para realizar una mejor comparativa de las 3 soluciones se ha tomado como referencia los siguientes criterios:

- Características y capacidades.
- Fiabilidad de comunicación.
- Seguridad de comunicación.
- Interoperabilidad.
- Precio.

5.3.1.ZigBee

Es una alianza, sin ánimo de lucro. Es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales.

5.3.1.1.Características y capacidades

- Es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s y rangos de 10 m a 75 m.
- Opera en las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).
- Una red ZigBee puede formar hasta 255 nodos.
- Bajo consumo de energía para envío de datos cortos.

5.3.1.2.Fiabilidad de comunicación

ZigBee se caracteriza principalmente por los dispositivos que pueden crear una red inalámbrica mallada asegurando el enrutamiento multipunto a cada módulo; obteniendo así una gran fiabilidad de la información en caso de interferencia e incluso cuando algún dispositivo de ruta falla.

5.3.1.3.Seguridad de comunicación

La seguridad en la comunicación es uno de los puntos fuertes de ZigBee. Implementando su modelo de seguridad siguiendo el definido en IEEE 802.15.4, el diseño del protocolo proporciona tanto mecanismos de control de acceso de los dispositivos a la red (autenticación) como de cifrado utilizando criptografía de clave simétrica; así como de integridad, asegurando que las tramas transmitidas no hayan sufrido manipulación con comprobaciones de integridad de mensaje MIC (Instituto Nacional de Ciberseguridad de España, 2016).

5.3.1.4.Interoperabilidad

En cuanto a la comunicación entre tecnologías es preciso mencionar que ZigBee opera con ciertas tecnologías como: HomePlug, Wi-Fi.

5.3.1.5.Precios

En la TABLA 18 se muestra el costo que implica realizar la automatización y control utilizando ZigBee.

TABLA 18. Costo del proyecto tecnología ZigBee.

Descripción Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Arduino UNO	N/A	2	36.00	72.00
XBee S2	N/A	13	45.00	585.00
Sensor de humo para primera y segunda planta solo en cocina	N/A	2	34.00	68.00
Sensor de gas para primera y segunda planta solo en cocina	N/A	2	75.25	150.50
Sensor de agua o inundación en dormitorios-cocina y baños	N/A	6	45.95	275.70
Sensor de humedad de suelo en jardín	N/A	1	7.80	7.80
Contacto magnético en puertas y ventanas primera y segunda pl.	N/A	24	35.99	863.76
Sensor movimiento en primera y segunda planta	N/A	13	50.00	650.00
Electrovalvulas de corte de paso de agua	N/A	6	30.00	180.00
Electrovalvulas de corte de paso de gas	N/A	2	30.00	60.00
Motor persianas 30Nm de 2m de longitud	N/A	10	80.00	800.00
Relevadores para iluminación-portones-persianas.	N/A	21	3.00	63.00
Instalacion de sensores y dispositivos y creacion de escenarios	N/A	1	800.00	800.00
Sensor de temperatura en primera y segunda planta	N/A	2	3.95	7.90
Zócalo XBee	N/A	13	1.20	15.60
PIC 16F873A	N/A	13	5.60	72.80
Cables para conexión con los sensores y actuadores en PCB	m	100	0.50	50.00
Fuentes de alimentación	3.3 - 5V DC	13	1.80	23.40
Placa baquelita fibra de vidrio	20x30cm	6	8.50	51.00
Canaletas plásticas 40x40mm 2m	2m c/can	30	8.49	254.70
Placa de circuito impreso con montaje de componentes electrónicos tales como: resistencias, condensadores, diodos zener, entre otros montados en PCB y diseño	PCB	13	80.00	1040.00
TOTAL	\$			6,091.16

5.3.2.Z-Wave

Es un protocolo de comunicaciones inalámbricas patentado y diseñado para la automatización del hogar, domótica, y soluciones comerciales de control (Z-wave Alliance, 2016).

5.3.2.1.Características y capacidades

- Es un sistema inalámbrico y fiable puesto que forma una red en malla donde los nodos envían la información unos a otros vía radio.
- Necesita poca energía y poco ancho de banda, lo que significa un mejor alcance de la señal y una mayor duración de las baterías en los nodos alimentados por éstas.
- Utiliza frecuencias de radio en la banda inferior a 1Mhz con lo que no colisiona con las redes Wi-Fi.

5.3.2.2. Fiabilidad de comunicación

Es una tecnología fiable debido a que forma una red malla donde los nodos envían la información unos a otros vía radio sin la necesidad de un nodo coordinador.

5.3.2.3. Seguridad de comunicación

Soporta velocidades de datos de hasta 100 kbps, con encriptación AES128, IPV6, y operación multicanal (Z-wave Alliance, 2016).

5.3.2.4. Interoperabilidad

El ecosistema Z-Wave abarca más de 1.350 productos interoperables de más de 325 marcas líderes en todo el mundo. Estos productos funcionan juntos a través de la aplicación estricta de certificación Z-Wave, realizada en los laboratorios de pruebas independientes, y supervisado por la Alianza Z-Wave (Z-wave Alliance, 2016).

5.3.2.5. Precios

El costo de automatización y control utilizando tecnología inalámbrica Z-wave para una vivienda de dos plantas como se muestra en la tabla.

TABLA 19. Costo del proyecto con tecnología Z-wave.

Descripción Elementos	Cantidad	Precio Unitario	Total
Router Z-wave	1	450.00	450.00
Sensor gas	1	65.00	65.00
Sensor humo	1	45.00	45.00
Detector de inundación	5	59.80	299.00
Sensor de humedad de suelo	1	50.00	50.00
Contactos magnético	12	45.98	551.76
Detector de movimiento o presencia	13	45.98	597.74
Motor domótico 150 w con estructura aluminio persianas horizontales.	10	150.00	1500.00
Reles Z-wave para iluminación	21	97.00	2037.00
Sensor de humedad en Jardín	1	70.00	70.00
Interruptores Z-wave	21	100.00	2100.00
Sensor de temperatura	2	60.00	120.00
Electrovalvulas de corte agua-gas	6	190.00	1140.00
Instalación de sensores y dispositivos	1	300.00	300.00
Configuración y creación de escenarios	1	500.00	500.00
TOTAL		\$	9,825.50

5.3.3. Insteon

Es una robusta y redundante red de doble malla que combina la radio frecuencia inalámbrica (RF) con el cableado eléctrico existente de la casa. Insteon es menos susceptible que otras redes de su clase a las interferencias.

5.3.3.1. Fiabilidad de comunicación

El protocolo de comunicaciones, Insteon®, puede ser inalámbrico y cableado eléctrico existente en la casa estableciendo comunicaciones entre equipos de distinta vía de comunicación.

5.3.3.2. Seguridad de comunicación

Insteon se basa por ser una tecnología domótica fiable es su red de doble malla. Se confirma cada mensaje que se recibe, y si se detectan errores, el mensaje se reenvía automáticamente. Ya que cada dispositivo Insteon actúa como un repetidor de 2 vías, la red Insteon se vuelve más fuerte y fiable conforme va creciendo.

5.3.3.3. Interoperabilidad

Es totalmente ampliable, pudiendo insertarse nuevos dispositivos en una instalación ya realizada, o reprogramarse los ya instalados. Es decir la tecnología Insteon es compatible con soluciones domóticas para hogares inteligentes tales como: X-10, ZigBee, Z-Wave entre otros.

5.3.3.4. Precios

El costo de automatización y control utilizando tecnología Insteon para una vivienda de dos plantas como se muestra en la TABLA 20.

TABLA 20. Costo del proyecto con tecnología Insteon.

Descripción Elementos	Cantidad	Precio Unitario	Total
Detector magnético INSTEON	24	39.94	958.56
Detector de inundación	6	66.35	398.10
Detector de movimiento por infrarrojos	13	39.94	519.22
Sirena INSTEON	2	39.99	79.98
Detector de incendio en cocina, humo etc.	2	34.99	69.98
Controlador INSTEON	2	79.99	159.98
Sensor de gas	2	50.75	101.50
Modulos de control de persianas	10	59.84	598.40
motores para persianas	10	80.00	800.00
Modulo para control de subida bajada portones	1	59.84	59.84
Software de control domótico	2	750.00	1500.00
Electroválvula de agua	6	34.99	209.94
Electroválvula de gas	2	34.99	69.98
Configuración y creación de escenarios	1	500.00	500.00
TOTAL		\$	6,025.48

5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE SOLUCIONES PARA HOGARES

En esta sección se formulará un análisis económico del costo total del proyecto utilizando las 3 principales tecnologías para automatización y control en hogares:

5.5. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

Por otro lado en la siguiente se desglosa los dispositivos y el costo unitario utilizado en el presente proyecto; con el objetivo de determinar el costo total utilizando la solución domótica ZigBee; tomando como referencia que será instalado en una casa mediana señalado con anterioridad en el levantamiento de información correspondiente al capítulo II.

TABLA 21. Comparativa de principales tecnologías para hogares inteligentes

Tecnologías	Fiabilidad	Seguridad	Interoperabilidad	Precio
ZigBee	Bajo	AES-128	Home Plug – Wi-Fi- Insteon	Medio
Z-wave	Medio	AES-128	X10	Medio alto
Insteon	Alto	-	Zwave- ZigBee	Medio

El aspecto fundamental es la fiabilidad del sistema y al hablar de aquello es importante tomar en cuenta que un sistema es más fiable cuando utiliza medios cableados debido a que son inmunes a interferencias. Una vez dicho esto las soluciones fiables son: Z-wave que es una solución que utiliza medios físicos e inalámbricos al igual que INSTEON.

El punto importante en todo sistema inteligente es la seguridad de los dispositivos para comunicarse entre sí y así no perder paquetes de información cuando hay alguna colisión debido a factores externos. El punto fuerte de ZigBee en cuanto a seguridad es que utiliza un cifrado de clave simétrica con el objetivo de asegurar de que la trama transmitida no haya sufrido manipulación alguna. Mientras que Z-wave utiliza un tipo de encriptación AES-128 que eliminan ataques hombre en la mitad. De igual forma en un sistema de automatización y control es primordial contar con una solución que sea interoperable con tecnologías ya que se puede aprovechar la tecnología de cableado eléctrico como es el caso de Insteon para ejecutar una red de sensores en el hogar utilizando tecnologías antiguas como ZigBee e incluso las más actuales en el mercado tales como: Z-wave-X10 entre otras.

Una vez que se ha hecho una estimación del costo de implementar en una vivienda de dos plantas tomando como referencia soluciones tecnológicas en el ámbito de la automatización y control tales como: Z-wave, Insteon y ZigBee. Mientras tanto Z-wave debido a que los equipos de esta tecnología son costosos; incluso el estándar es cerrado y para acceder se tiene que ser miembro. ZigBee e Insteon son tecnologías de costo medio debido a los dispositivos de RF que se usan para la instalación en hogares inteligentes.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La versatilidad de los dispositivos inalámbricos XBee hace que sean propicios en diversas aplicaciones donde el medio alámbrico o cable sea un impedimento para ejecutar una red debido a la estética u coste; asimismo estos pequeños módulos trabajan satisfactoriamente en condiciones donde el flujo de datos es bajo como por ejemplo: medición de gas, agua, temperatura entre otros.

Se creó la base de datos basado en MySQL debido a la configuración e instalación factible, de igual forma es open source y soporta una gran diversidad de sistemas operativos; asimismo puede ser ejecutado en un computador con escasos recursos sin tener problema alguno.

Se desarrolló la interfaz web en lenguaje PHP para monitorear en forma remota los datos; así como también la actualización de la información medidos por los sensores situados en ambientes específicos en el hogar.

Lo que difiere entre ZigBee y Z-wave es el rango de transmisión debido a que Z-wave ofrece un rango de cobertura inalámbrica de 30 metros frente a 100m con ZigBee.

Los resultados obtenidos en el prototipo fue el retardo que se generó en las pruebas de resultados obtenidos de los sensores y actuadores tanto en el aplicativo móvil y en el portal web debido a que el envío de información es enviado a la base de datos alojado en el hosting en Internet; y la conexión a través de datos móviles del teléfono celular.

La principal ventaja de la tecnología Insteon con respecto a ZigBee y Z-wave es que opera a través del cableado eléctrico del hogar sin necesidad de cableado adicional; así como también por radio frecuencia. Incluso es una tecnología robusta y compatible con soluciones antiguas y actuales en el ambiente de la automatización y control para hogares como ZigBee, Z-Wave y X-10 entre otros.

El factor primordial en las pruebas de resultados en el arquetipo fue el tiempo de retardo excesivos en un principio; ya que prolongaría el tiempo de ejecución de un proceso para llevar a cabo una acción; sin embargo si no se utiliza de forma adecuada los delay en el código para mejorar el rendimiento en un

proyecto de automatización y control en hogares caso contrario se verá afectado por bucles infinitos ralentizando cada vez más los procesos.

Es fundamental tomar en cuenta que un sistema es más fiable cuando utiliza medios cableados debido a que son inmunes a interferencias y a posibles hackers man-in-the-middle a través de medios inalámbricos. ZigBee utiliza una tecnología inalámbrica al igual que Z-wave. Mientras que INSTEON aprovecha el cableado eléctrico existente en el hogar y se lo puede complementar inalámbricamente con la misma tecnología u otra tales como ZigBee, Z-wave, etc.

En el análisis de costos se comprueba que la tecnología Z-wave comparado con ZigBee es un 38% costoso; mientras tanto al comparar con Insteon se obtiene un 63% más costoso Z-wave. Por otra parte se ha analizado la tecnología ZigBee frente a Insteon y se obtiene que ZigBee es más caro con menos del 1%. Se concluye que es importante considerar que los precios pueden variar dependiendo del distribuidor e incluso el precio por importar estos dispositivos a Ecuador.

La seguridad en las tecnologías ZigBee y Z-wave son tecnologías que tienen un estándar de encriptación avanzada de 128 bits haciendo que este tipo de soluciones sean seguras con mecanismos de seguridad propios de cada tecnología.

El análisis de costes de los dispositivos es en base al diseño de la red para un hogar bifamiliar; y se lo hizo tomando como referencia los precios de los fabricantes aliados como: Fibaro de Z-wave; SmartThings de ZigBee e Insteon de SmartHome.

6.2.Recomendaciones

Es recomendable el uso de zócalos con los respectivos pines del elemento que concierna ya sea de memorias, microcontroladores, módulos XBee, entre otros; de este modo se podrá reemplazar el componente electrónico averiado con urgencia y así no tener que ocasionar deterioros en cuanto a tener que desoldar el componente de la placa afectando así a la integridad del circuito de placa impreso del proyecto.

Es esencial tener en cuenta que al manipular un dispositivo XBee; se deba comprobar en la hoja de datos los voltajes para la comunicación con elementos externos como CMOS o TTL; solo así se evadirá el riesgo de causar averías perjudiciales con respecto a voltajes errados para la operación de los módulos ZigBee tanto en transmisión y recepción.

Es fundamental saber de buena tinta en cuanto al uso de los XBee sin la asistencia de las tarjetas de conversión de voltaje USB; para ello es necesario diseñar una fuente de alimentación confiable; ya que estos dispositivos son sensibles a fallos de voltaje y pueden ocasionar daños permanentes; lo recomendable es el uso de diodos Zener de 3.3V a la salida de la fuente para cerciorar un voltaje firme.

Actualizar el firmware XCTU para la configuración de los módulos XBee es esencial ya que contienen nuevas características; de la misma forma añade soporte para los módulos XBee Wi-Fi.

Recomiendo que para mejorar el proyecto se deba incluir sensores precisos compatibles con ZigBee de los fabricantes domóticos; ya que los dispositivos que se utilizan para prototipo son propensos a errores obteniendo así una mala experiencia en cuanto a medición de datos imprecisos.

Es relevante recomendar que es necesario disponer y elegir un módulo inalámbrico compatible con Arduino ya que el ESP8266-01 es muy simple dependiendo de la tasa de transmisión y recepción de datos y en ciertos momentos del proyecto presentaba inestabilidades de conexión.

REFERENCIAS

- Arduino. (2016). Recuperado el 13 de febrero de 2016 de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Aznar, A. (2014). Tipos de redes en IPv4. In A. Aznar, La red Internet. El modelo TCP/IP. Madrid: RA-MA Editorial.
- BACNet International. (2014). Introduction to BACNet. Marietta, Atlanta, United States of America.
- Behrouz, A., Combs, C., & Chung, S. (2014). Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. Madrid: McGraw-Hill.
- Bell, C. (2013). Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi. Virginia: Apress.
- Bermúdez, J., & Navas, M. (2013). Montaje en instalaciones domóticas en edificios. Madrid: IC Editorial.
- Burton, M., & Franken, G. (2012). Android Application Development For Dummies. Wiley.
- CEDOM. (2016). Recuperado el 8 de diciembre de 2016 de <http://www.cedom.es/es>
- Cisco Networking Academy. (2015). Curricula Routing and Switching. California: Cisco Press.
- Coskun, V., Ok, K., & Ozdenizci, B. (2011). Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice. Hoboken: Wiley.
- Creative_Commons_Attribution-ShareAlike. (2016). Wi-Fi. Recuperado el 9 de octubre de 2016 de <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- Digi International Inc. (2016). Digi. Recuperado el 18 de julio de 2016 de <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/modules/xbee-pro-xsc>
- Domínguez, F., Paredes, M., & Santacruz, L. (2014). Programación multimedia y dispositivos móviles. Madrid: RA-MA Editorial.
- DomoGeeks. (2014). Que es X10. Recuperado el 24 de febrero de 2014 de <https://domogeeks.wordpress.com/2014/02/24/que-es-x10/>
- Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks. United States of America: O'Reilly Media, Inc.

- Hersent, O., Boswarthick, D., & Elloumi, O. (2012). *Internet of Things: Key Applications and Protocols (2)*. Hoboken: Wiley.
- Huidrobo, J., & Millan, R. (2007). *Domótica. Edificios Inteligentes*. Mexico: Editorial Limusa.
- Ingenium. (2016). *Our history: Ingenium*. Recuperado el 3 de diciembre de 2016 de <http://ingeniumsl.com/website/en/the-company/>
- Instituto Nacional de Ciberseguridad de España. (2016). CERTSI. Recuperado el 6 de diciembre de 2016 de <https://www.certsi.es/blog/seguridad-comunicaciones-zigbee>
- Kevin, S., & Liem, W. (2015). *ZigBee Home Automation: El nuevo estándar global para la automatización del hogar*. Recuperado el 17 de Julio de 2015, de <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/07/docs-07-5380-00-0mwig-zigbee-home-automation-el-nuevo-estndar-global-para-la-automatizacin-del-hogar.pdf>
- KNX Association. (2012). *KNX*. Recuperado el 27 de abril de 2012 de <https://www.knx.org/knx-es/knx/tecnologia/medios-de-transmision/index.php>
- Labcenter Electronics Ltd. (2016). *Labcenter Electronics*. Recuperado el 3 de septiembre de 2016 de Proteus: <https://www.labcenter.com>
- Labiody, H., Afifi, H., & de Santis, C. (2007). *Wi-Fi*. In H. Labiody, H. Afifi, & C. de Santis, *Wi-Fi™, Bluetooth™, ZigBee™ y WiMax™*. Netherlands: Dordrecht: Springer.
- LonWorks. (2011). *Una Introducción a LonWorks*. Recuperado el 8 de enero de 2011 de <http://www.lonworks.es/index.php/component/content/article/35-webs-oficiales/46-una-introduccion-a-lonworks.html>
- Microchip Technology Inc. (2016). *Microchip Technology Inc. El Embedded Control Solutions Company®*. Recuperado el 20 de noviembre de 2016 de <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F870>
- Murphy, M. (2009). *Beginning Android*. Apress.
- NFC Forum. (2016). *NFC forum*. Recuperado el 16 de abril de 2016 de <http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>
- Olsson, M. (2013). *PHP Quick Scripting Reference*. Finland: Apress.

- Overview for 6LoWPAN. (2017). Recuperado el 27 de enero de 2017 de <http://www.ti.com/lscds/ti/wireless-connectivity/6lowpan/overview.page>
- Plumley, S. (2004). Home Networking Bible. United States: Wiley Publishing, Inc.
- Redolfi, L. (2013). Domótica. Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Fox Andina.
- Ribes, C., & Jesús, R. (2013). Introducción a las redes inalámbricas. In C. Ribes, & R. Jesús, Redes locales. Madrid: Macmillan Iberia, S.A.
- Roland, M. (2015). Security Issues in Mobile NFC Devices. United States: Springer International Publishing.
- Romero, C., Vásquez, F., & Lozano, C. (2013). Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Rovere, C., Plaza, J., Silva, W., Urbano, A., & Utrera, V. (s.f., s.f. s.d.). Bluetooth. Recuperado el 1 de Junio de 2015, de <http://dc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G1/index.html>
- Sanchez, J., & J, L. (2004). Topologías LAN, MAN, WAN. In J. Sánchez, & L. J, Redes Iniciación y Referencia. Madrid: MacGraw-Hill.
- Sato, T., Kammen, D., & Duan, B. (2015). Smart Grid Standards: Specifications, Requirements, and Technologies (1). John Wiley & Sons, Incorporated.
- Sosinsky, B. (2009). Networking Bible. Hoboken: Wiley.
- Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2013). Redes de Computadoras. México: Pearson Educación.
- Terán, D. (2010). Capa de Internet Protocol. In D. Terán, Redes Convergentes. Diseño e implementación. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Tobajas, C. (2012). Tipos de sistemas de control. In C. Tobajas, Instalaciones domóticas. Barcelona: Cano Pina.
- Torrente, O. (2015). Arduino Curso práctico de formación. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Valade, J. (2004). PHP y MySQL Para Dummies. Chicago: Wiley.
- Venturi, B. -B.-B.-C. (2016). Android Os Documentation. Los Angeles, California, United States of America. Recuperado 4 de julio de 2016 de <http://android.com>

Wang, C., Jiang, T., & Zhang, Q. (2014). ZigBee® Network Protocols and Applications. USA: CRC Press.

Wi-Fi Alliance. (2016). Who we are: Wi-Fi Alliance. Recuperado el 9 de octubre de 2016 de <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/15-years-of-wi-fi>

Z-wave Alliance. (2016). Z-wave Alliance. Recuperado el 6 de diciembre de 2016 de http://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/

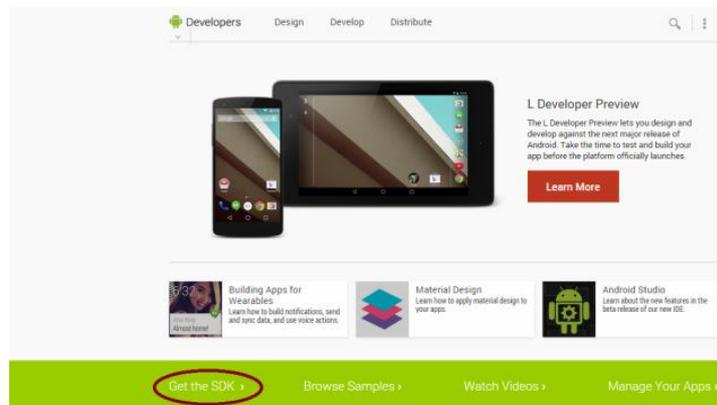
ANEXOS

Anexo A. Instalación del SDK para desarrollo de aplicativo Android.

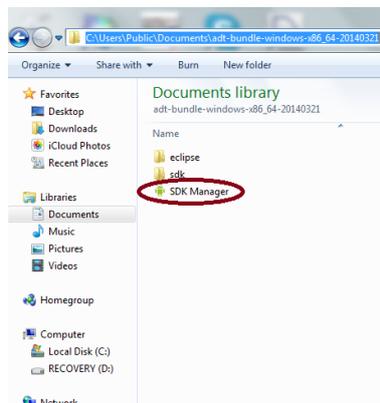
En primer lugar, para iniciar la respectiva instalación del SKD de Android debemos descargar todo el paquete necesario para dicha instalación; procediendo de la siguiente manera:

Ir al navegador y digitar en la barra de direcciones la siguiente dirección electrónica: <http://developer.android.com>

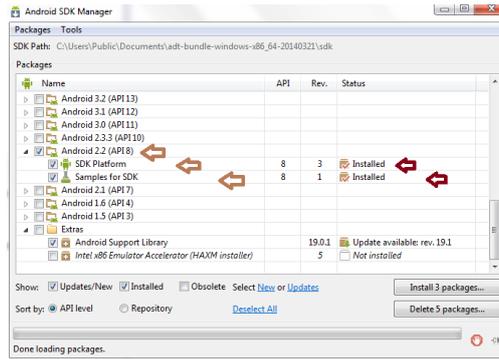
Luego click en “Get the SDK”. El SDK es el compilador para programar en Android e incluye también una serie de simuladores para cualquier dispositivo Android.



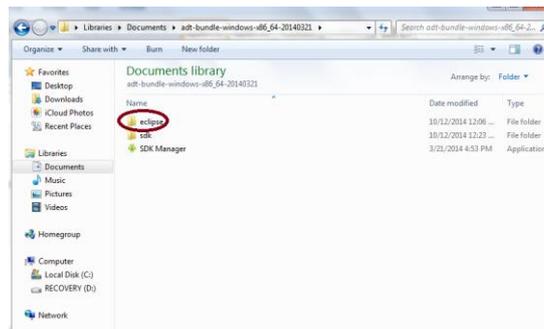
Una vez descargado el archivo, descomprimir en la carpeta; ya sea en el directorio [C: /]. Una vez instalado el JDK, se procede a ejecutar el archivo “SDK Manager”, haciendo doble clic sobre él.



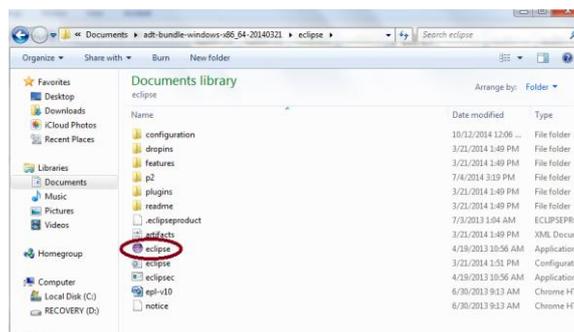
A continuación, se elige los paquetes de la versión Android con la cual se va a trabajar y se procede con la instalación.



Una vez instalado todo, el siguiente paso es ejecutar “Eclipse”, que es el entorno de desarrollo Android. Dentro de la carpeta en donde se descomprimió el SDK.



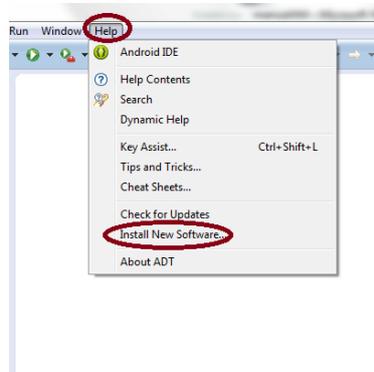
Luego clic en la carpeta “Eclipse” y doble clic sobre el archivo ejecutable llamado “Eclipse”.



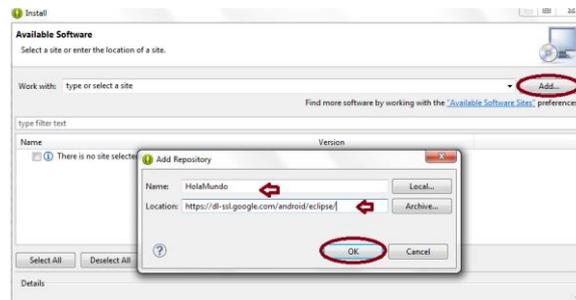
Instalación del Plugin ADT

Es importante mencionar que el plugin es desarrollado por Google con el propósito de integrar el SDK de Android en Eclipse, con el objetivo de desarrollar programas de forma nativa desde eclipse.

Ahora se procede a instalar el plugin de Android o el ADT de la siguiente manera:



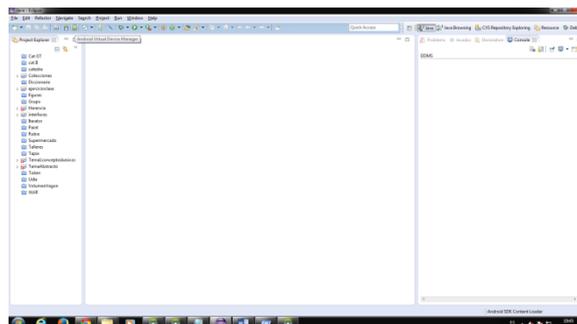
Luego hacer clic en agregar; y en la nueva ventana se llena los campos respectivos tales como: nombre llamado “Plugin ADT” y en localización la siguiente URL: <https://dl-ssl.google.com/android/eclipse> en el respectivo campo llamado localización.



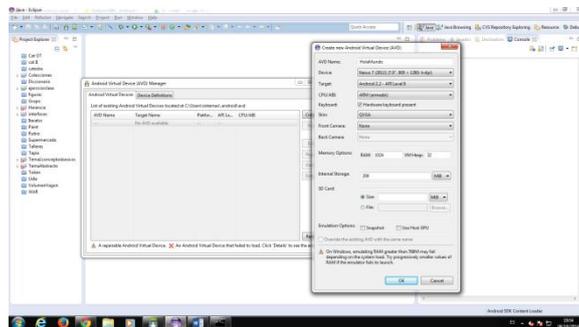
Creación del emulador virtual

El AVD como lo hemos mencionado anteriormente es un emulador Android para probar las aplicaciones que hemos programado.

Se crea el AVD (Android Virtual Device Manager). Para ello clic en el icono.



Crear el nuevo AVD; para lo cual se debe dar clic en “crear” y se llena todos los campos necesarios y luego pulsar OK.



Finalmente, aparecerá el nombre del emulador virtual creado llamado “Domótica”.



Anexo B. Desarrollo del aplicativo móvil basado en Android.

A continuación se describe el código del aplicativo móvil; el mismo es desarrollado en Android Studio.

```
<RelativeLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
  xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
  android:layout_width="match_parent"
  android:layout_height="match_parent"
  android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
  android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
  android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
  android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
  tools:context=".MainActivity"
  android:id="@+id/PrimeraPlanta">
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Garaje y Jardin"
android:id="@+id/textView"
android:singleLine="true"
android:layout_gravity="center"
android:layout_alignParentTop="true"
android:layout_centerHorizontal="true" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:text="Iluminacion "
android:id="@+id/textView2"
android:layout_below="@+id/textView"
android:layout_alignParentLeft="true"
android:layout_alignParentStart="true"
android:layout_marginTop="73dp" />
```

<Button

```
style="?android:attr/buttonStyleSmall"
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Garaje "
android:id="@+id/button"
android:layout_below="@+id/textView2" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:text="Monitoreo Seguridad"
android:id="@+id/textView3"
android:layout_alignTop="@+id/textView2"
android:layout_toRightOf="@+id/textView7"
android:layout_toEndOf="@+id/textView7" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:id="@+id/textView4"
android:layout_alignTop="@+id/textView3"
android:layout_toRightOf="@+id/textView"
android:layout_toEndOf="@+id/textView" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:text="Intrusion"
android:id="@+id/textView5"
android:layout_alignBottom="@+id/button"
android:layout_toLeftOf="@+id/textView4"
android:layout_toStartOf="@+id/textView4" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:text="Area violada"
android:id="@+id/textView6"
android:textColor="#221bff"
android:layout_above="@+id/textView7"
android:layout_alignParentRight="true"
android:layout_alignParentEnd="true" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:id="@+id/textView7"
android:layout_below="@+id/textView5"
android:layout_alignLeft="@+id/textView5"
android:layout_alignStart="@+id/textView5" />
```

<TextView

```
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
android:text="Automatizacion Acceso"
android:id="@+id/textView8"
android:layout_below="@+id/textView7"
android:layout_alignParentLeft="true"
android:layout_alignParentStart="true" />
```

<Button

```
style="?android:attr/buttonStyleSmall"
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="PORTON GARAJE"
android:id="@+id/button2"
android:layout_below="@+id/textView8"
android:layout_alignParentLeft="true"
android:layout_alignParentStart="true" />
```

```
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:text="Irrigacion de jardin"
    android:id="@+id/textView9"
    android:layout_alignTop="@+id/textView8"
    android:layout_toLeftOf="@+id/textView6"
    android:layout_toStartOf="@+id/textView6" />
```

```
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:text="Humedad Plantas"
    android:id="@+id/textView10"
    android:layout_toRightOf="@+id/textView7"
    android:layout_toEndOf="@+id/textView7"
    android:layout_alignBottom="@+id/button2" />
```

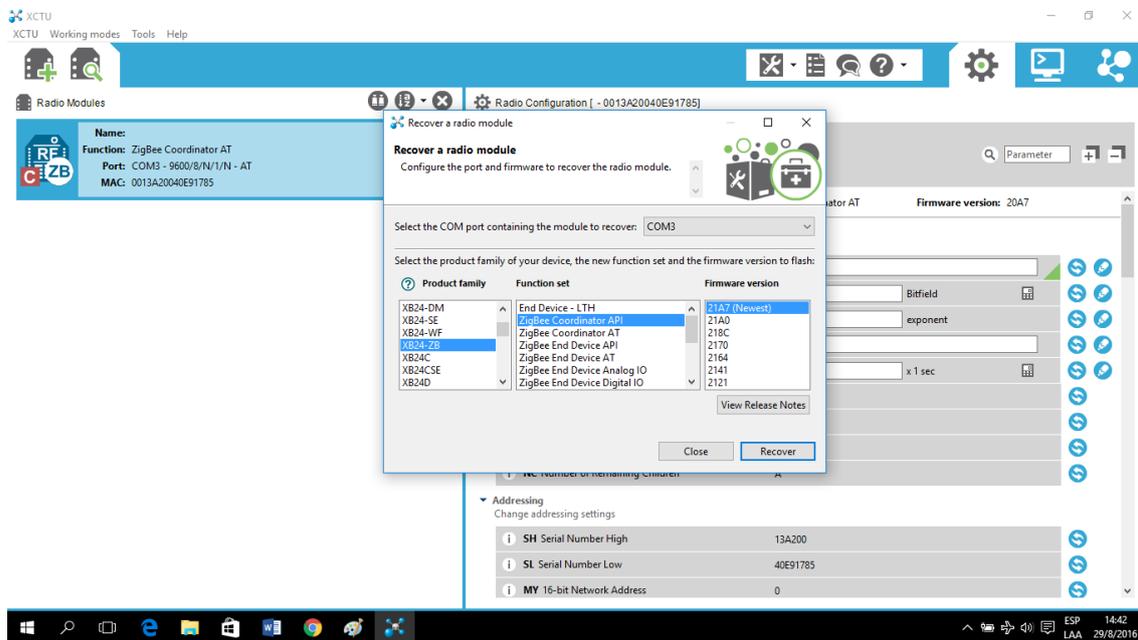
```
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:text="seco"
    android:id="@+id/textView11"
    android:layout_alignTop="@+id/textView10"
    android:layout_alignLeft="@+id/textView6"
    android:layout_alignStart="@+id/textView6"
    android:textColor="#1c0fff" />
```

```
</RelativeLayout>
```

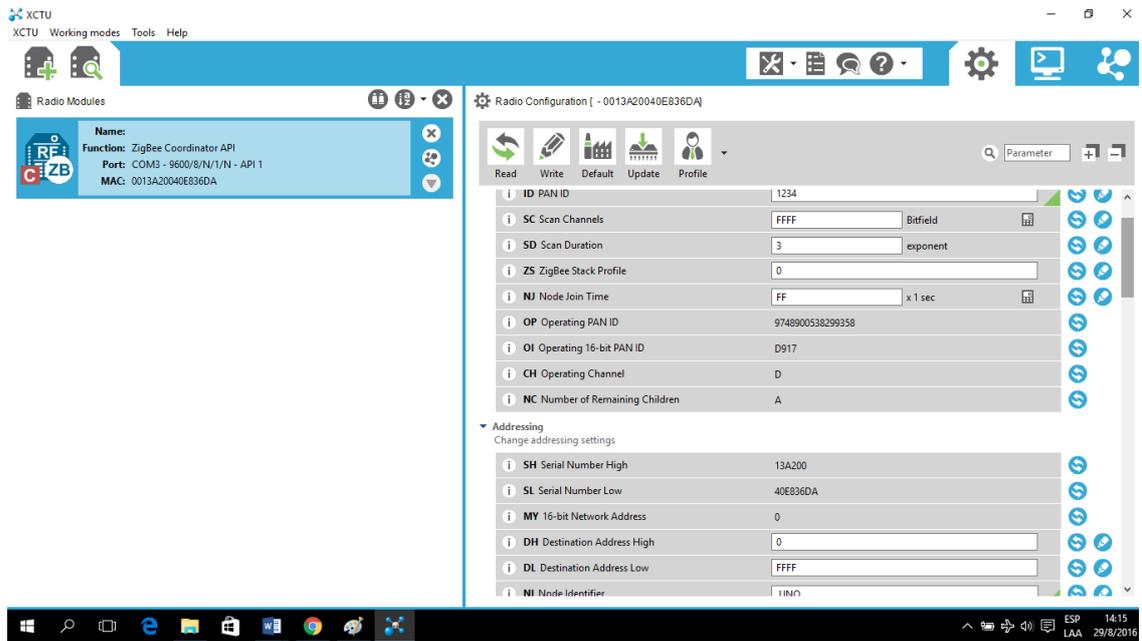
Anexo C. Instalación de XCTU para configuración de los dispositivos XBEE.

Configuración de XBee

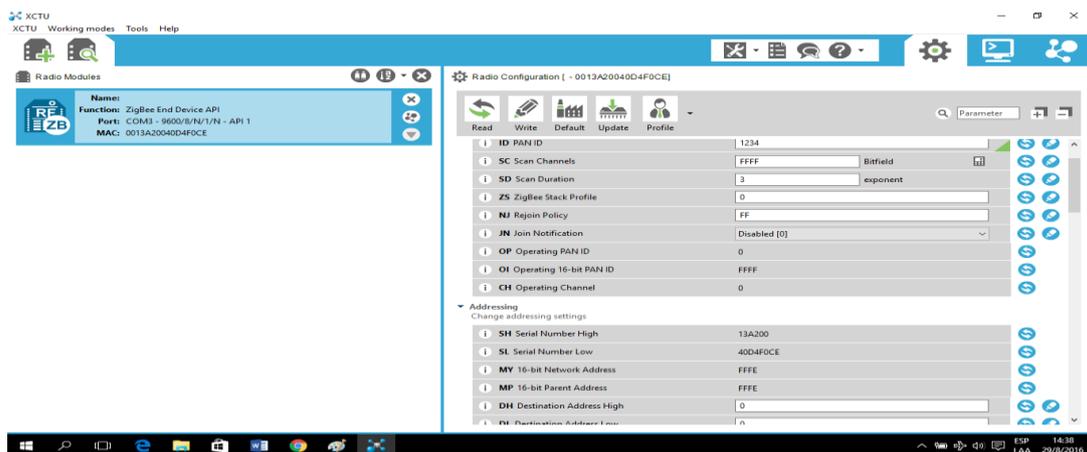
A continuación se procede con la configuración del XBee; para ello se conecta el dispositivo a través del puerto USB del computador y clic en “discover devices” o “add devices”; cualquiera de las 2 opciones es válido; ahora bien se procede a seleccionar el puerto de comunicación al cual está atado el modulo y la función del dispositivo con el cual se va a configurar es decir: ZigBee Coordinador, Ruteador o Dispositivo final; como se muestra en la ilustración.



Asimismo una vez que se ha definido las funciones al dispositivo en la imagen anterior; ahora se despliega una ventana como se muestra en la siguiente ilustración, en la cual se debe configurar el PAN ID que es el identificador único de la red y el nodo identificador es decir el nombre que le asigna al módulo XBee; para terminar se guardan los cambios realizados; para lo cual dar clic en el icono del lápiz de la parte superior del programa.



De igual forma se procede con la configuración del dispositivo final; los cuales deben contener los mismos parámetros que contiene el nodo coordinador como por ejemplo: PAN ID y los canales que son los elementos principales en la configuración de los dispositivos finales.



Anexo D.

Programación Arduino para el envío y recepción de datos hacia el servidor web.

```

/**
 * @example
 HTTPGET.ino
 * @brief The HTTPGET
 demo of library
 WeeESP8266.
 * @author Wu
 Pengfei <pengfei.wu@itead.cc>
 * @date 2015.03
 *
 * @par Copyright:
 * Copyright (c) 2015
 ITEAD Intelligent
 Systems Co., Ltd.
 \n\n
 * This program is
 free software; you
 can redistribute it
 and/or
 * modify it under
 the terms of the GNU
 General Public
 License as
 * published by the
 Free Software
 Foundation; either
 version 2 of
 * the License, or
 (at your option) any
 later version. \n\n
 * THE SOFTWARE IS
 PROVIDED "AS IS",
 WITHOUT WARRANTY OF
 ANY KIND, EXPRESS OR
 * IMPLIED, INCLUDING
 BUT NOT LIMITED TO
 THE WARRANTIES OF
 MERCHANTABILITY,
 * FITNESS FOR A
 PARTICULAR PURPOSE
 AND NONINFRINGEMENT.
 IN NO EVENT SHALL THE
 * AUTHORS OR
 COPYRIGHT HOLDERS BE
 LIABLE FOR ANY CLAIM,
 DAMAGES OR OTHER
 * LIABILITY, WHETHER
 IN AN ACTION OF
 CONTRACT, TORT OR
 OTHERWISE, ARISING
 FROM,

```

```

 * OUT OF OR IN
 CONNECTION WITH THE
 SOFTWARE OR THE USE
 OR OTHER DEALINGS IN
 * THE SOFTWARE.
 */
#include <string.h>
#include
"ESP8266.h"

#define SSID
"AndroidAP"
#define
PASSWORD
"oiwj2231"
#define
HOST NAME
"domotica-
app.ddns.net"
#define
HOST_PORT (80)
String
stringOne;
String
stringtwo;
String dato;
int st=0;
int
mqh=0;//humo
int
hum=0;//soil
int
gas=0;//gas
int
tem=0;//temperatura
int
mag=0;//magnetico
int
agu=0;//agua
int
pir=0;//presencia

ESP8266
wifi(Serial1);

void
setup(void)
{pinMode(8,
OUTPUT);
digitalWrite(8, LOW);

Serial.begin(9600);

Serial2.begin(9600);//
XBEE S2

Serial.print("setup
begin\r\n");

Serial.print("FW
Version:");

```

```

Serial.println(wifi.g
etVersion().c_str());

if
(wifi.setOprToStation
SoftAP()) {

Serial.print("to
station + softap
ok\r\n");
} else {

Serial.print("to
station + softap
err\r\n");
}

if
(wifi.joinAP(SSID,
PASSWORD)) {

Serial.print("Join AP
success\r\n");

Serial.print("IP:");

Serial.println(
wifi.getLocalIP().c_s
tr());
} else {

Serial.print("Join AP
failure\r\n");
}

if
(wifi.disableMUX()) {

Serial.print("single
ok\r\n");
} else {

Serial.print("single
err\r\n");
}

Serial.print("setup
end\r\n");
}

void
loop(void)
{
stringtwo="";
while
(Serial2.available()
> 0) {
char
xd=Serial2.read();

stringtwo+=xd;
}

```

```

Serial.println(string
two);
    procesoxb();
    delay(1000);
    leer();
    escribir();
}

void
procesoxb() {
    String
dato1=stringtwo.subst
ring(0,1);
    String
lpg="0";
    String
tmp="0";
    String
h20="0";
    String
hmo="0";//humo

    String
hmm="0";//soil
    String
mgg="0";
    String
prrr="0";

//Serial.println(dato
1);

//Serial.println(stri
ngtwo.length());

if(dato1=="L"){//lpg

if((stringtwo.length(
)>8)){

lpg=stringtwo.substri
ng(1,3);

tmp=stringtwo.substri
ng(4,6);

h20=stringtwo.substri
ng(7,8);

hmo=stringtwo.substri
ng(9,11);//humo

hmm=stringtwo.substri
ng(12,13);//soil 1 0
0

gas=lpg.toInt();

tem=tmp.toInt();

agu=h20.toInt();

hum=hmm.toInt();//soi
l

mqh=hmo.toInt();//hum
o

mag=mgg.toInt();

pir=prrr.toInt();
}

}

/*
    int hum=0;
    int gas=0;
    int tem=0;
    int mag=0;
    int agu=0;
    int pir=0;
*/

Serial.print("gas:");
Serial.println(gas);

```

```

Serial.print("tem:");
Serial.println(tem);

Serial.print("agu:");
Serial.println(agu);

Serial.print("soi:");
Serial.println(hum);

Serial.print("mqo:");
Serial.println(mqh);

Serial.print("mag:");
Serial.println(mag);

Serial.print("pir:");
Serial.println(pir);
}

void
escribir() {
//-----ESCRITURA
DE VALORES DE
SENSORES EN PAGINA
WEB -----
    uint8_t
buffer[1024] = {0};

    if
(wifi.createTCP(HOST_
NAME, HOST_PORT)) {

Serial.print("create
tcp ok\r\n");
    } else {

Serial.print("create
tcp err\r\n");
    }
//http://domotica-
app.ddns.net/datos/se
nsores.php?humo=0&gas
=5&temp=45&magn=1&agu
a=0&pir=1&hs=72
//http://www.pymsoft.
com/domotica/datos/se
nsores.php?humo=0&gas
=5&temp=45&magn=1&agu
a=1&pir=1&hs=70
    char
ipconnect[200]="GET
/datos/sensores.php?h
umo=";
[4];//humo
    char buf1
[4];//gas
    char buf2
[4];//temp
    char buf3
[4];//mag
    char buf4
[4];//agu
    char buf5
[4];//agu
    char buf6
[4];//pir
    char buf7
[4];//soil

    delay(10);
    sprintf
(buf1, "%02d", mqh);
    delay(10);

    strcat(ipconnect,buf1)
;
    delay(10);
    char
pp1[]="&gas=";
    char
pp2[]="&temp=";
    char
pp3[]="&magn=";
    char
pp4[]="&agua=";
    char
pp5[]="&pir=";
    char
pp6[]="&hs=";
    char pp7[]="
HTTP/1.1\r\nHost:
domotica-
app.ddns.net\r\nConne
ction:
close\r\n\r\n";

//http://www.pymsoft.
com/domotica/datos/se
nsores.php?humo=0&gas
=5&temp=45&magn=1&agu
a=1&pir=1&hs=70
//char
pp3[]="&temp=15&magn=
off&agua=off&pir=off
HTTP/1.1\r\nHost:
www.pymsoft.com\r\nCo
nnection:
close\r\n\r\n";

    strcat(ipconnect,pp1);
    delay(10);
    sprintf
(buf2, "%02d", gas);
    delay(10);

    strcat(ipconnect,buf2)
;
    delay(10);

    strcat(ipconnect,pp2);
    delay(10);
    sprintf
(buf3, "%02d", tem);

    strcat(ipconnect,buf3)
;
    delay(10);

    strcat(ipconnect,pp3);
    sprintf
(buf4, "%01d", mag);
;
    strcat(ipconnect,buf4)
;

    strcat(ipconnect,pp4);
    sprintf
(buf5, "%01d", agu);
;
    strcat(ipconnect,buf5)
;

    strcat(ipconnect,pp5);
    sprintf
(buf6, "%01d", pir);
;
    strcat(ipconnect,buf6)
;

    strcat(ipconnect,pp6);
    sprintf
(buf7, "%01d", hum);
;
    strcat(ipconnect,buf7)
;

    strcat(ipconnect,pp7);

Serial.println(ipconec
t);

wifi.send((const
uint8_t*)ipconnect,
strlen(ipconnect));

    uint32_t len
= wifi.recv(buffer,
sizeof(buffer),
10000);
    if (len > 0)
{
Serial.print("Receive
d:");
    for(uint32_t
i = 0; i < len; i++)
{
Serial.print((char)bu
ffer[i]);

stringOne=stringOne+(
(char)buffer[i]);

//Serial.print(string
One);
}

Serial.print("]\r\n")
;
}

```

```

    }
    if
(wifi.releaseTCP()) {
Serial.print("release
tcp ok\r\n");
    } else {
Serial.print("release
tcp err\r\n");
    }

Serial.print(stringOn
e);
    //procesar();
    stringOne="";

//-----
FIN DE ESCRITURA DE
VALORES DE SENSORES
EN PAGINA WEB ----
    }

void leer(){
//-----
LECTURA DE ACTUADORES
DE LA PAGINA WEB-----
-----
    uint8_t
buffer[1024] = {0};

    if
(wifi.createTCP(HOST_
NAME, HOST_PORT)) {
Serial.print("create
tcp ok\r\n");
    } else {
Serial.print("create
tcp err\r\n");
    }
//http://domotica-
app.ddns.net/datos/ac
tuadores.php
    char
*ipconnect = "GET
/datos/actuadores.php
/ HTTP/1.1\r\nHost:
domotica-
app.ddns.net\r\nConne
ction:
close\r\n\r\n";

wifi.send((const
uint8_t*)ipconnect,
strlen(ipconnect));

    uint32_t len
= wifi.recv(buffer,
sizeof(buffer),
10000);
    if (len > 0)
{
Serial.print("Receive
d:");
    for(uint32_t
i = 0; i < len; i++)
{
Serial.print((char)bu
ffer[i]);

stringOne=stringOne+(
(char)buffer[i]);

//Serial.print(string
One);
    }

Serial.print("]\r\n");
    }

    if
(wifi.releaseTCP()) {
Serial.print("release
tcp ok\r\n");
    } else {
Serial.print("release
tcp err\r\n");
    }

Serial.print(stringOn
e);
    procesar();
    stringOne="";

//-----
-----FIN LECTURA
ACTUADORES PAGINA
WEB-----
    }

void
procesar(){
Serial.print("tamano:
");

Serial.println(string
One.length());

if((stringOne.length(
)>100)&&(stringOne.le
ngth(<155))){//valida
cion para correcta
recepcion de datos

dato=stringOne.substr
ing(136,150);

Serial.print("dato:");
Serial.println(dato)
;
    String
l1=dato.substring(0,1
);
    String
l2=dato.substring(2,3
);
    String
l3=dato.substring(4,5
);
    String
m1=dato.substring(6,7
);
    String
m2=dato.substring(8,9
);
    String
b1=dato.substring(10,
11);
    String
al=dato.substring(12,
13);

Serial.print("l1:");S
erial.println(l1);

Serial.print("l2:");S
erial.println(l2);

Serial.print("l3:");S
erial.println(l3);

Serial.print("m1:");S
erial.println(m1);

Serial.print("m2:");S
erial.println(m2);

Serial.print("b1:");S
erial.println(b1);

Serial.print("al:");S
erial.println(al);

    for(int
rep=1;rep<2;rep++){
        if(l1=="1"){

Serial2.print("D");

Serial.print("D");
        delay(500);
        }
        if(l1=="0"){

Serial2.print('d');

Serial.print('d');
        delay(500);
        }
        if(l2=="1"){

```


Anexo E. archivos de configuración para conexión con la base de datos.

Conexión a la bases de datos con PDO

Por otro lado se crea una conexión PDO por sus siglas en inglés (PHP Data Objects); su principal objetivo es la conexión a la base de datos con él oobjetivo abstraer los datos.

```
/**
 * Crear una nueva conexión PDO basada
 * en los datos de conexión
 * @return PDO Objeto PDO
 */
public function getDb()
{
    if (self::$pdo == null) {
        self::$pdo = new PDO(
            'mysql:dbname=' . DATABASE .
            ';host=' . HOSTNAME .
            ';port:63343;',
            USERNAME,
            PASSWORD,
            array(PDO::MYSQL_ATTR_INIT_COMMAND => "SET NAMES utf8")
        );

        // Habilitar excepciones
        self::$pdo->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE, PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
    }

    return self::$pdo;
}
```

Establecer conexión en PHP con la base de datos

El siguiente archivo llamado “config.php” contiene el código para establecer la conexión con la base de datos tal como se muestra en la figura.

```

<?php
/**
 * Provee las constantes para conectarse a la base de datos
 * PostgreSQL.
 */

define("HOSTNAME", "localhost");// ==> Nombre del host
define("DATABASE", "domotica"); // ==> Nombre de la base de datos
define("USERNAME", "root"); // ==> Nombre del usuario
define("PASSWORD", ""); // ==> Contraseña
define("PUERTO", "5432"); // ==> Puerto

```

Clase meta y definición de métodos de todos los registros

La función de crear la clase “meta.php” es con el objetivo de conseguir un método de los registros de una tabla tales como: insertar, eliminar, actualizar y por último el fragmento de un solo registro.

Por otra parte se procede a crear el método para cambiar el estado del actuador cuando el usuario haya presionado encender luz 1 en el aplicativo como se puede apreciar en la figura.

```

<?php
/**
 * Representa el la estructura de las metas
 * almacenadas en la base de datos
 */
require 'conexion.php';

class Meta
{
    function __construct()
    {
    }

    /**
     * Insertar una nueva meta
     *
     * @param $id_test      identificador
     * @param $nombre      nuevo titulo
     * @param $edad        nueva descripcion
     * @return PDOStatement
     */
    public static function Cambiar_Estado_Actuador($actuador)
    {
        // Sentencia INSERT
        $comando = "UPDATE actuadores SET ".$actuador."=ABS(".$actuador."-1) "
            . "WHERE id_actuadores=1";

        // Preparar la sentencia
        $sentencia = Database::getInstance()->getDb()->prepare($comando);

        return $sentencia->execute();
    }
}

```

Consulta SQL

Luego que ha cambiado el estado del actuador dicho anteriormente se hace una consulta a la base de datos para capturar la fila por la cual contiene el estado del actuador.

```
/**
 * Obtiene los campos de una meta con un identificador
 * determinado
 *
 * @param $id_test Identificador de la meta
 * @return mixed
 */
public static function Consulta_Unico($sql) {
    // Consulta de la meta
    $consulta = $sql;

    try {
        // Preparar sentencia
        $comando = Database::getInstance()->getDb()->prepare($consulta);
        // Ejecutar sentencia preparada
        $comando->execute();
        // Capturar primera fila del resultado
        $row = $comando->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);
        return $row;
    } catch (PDOException $e) {
        // Aquí puedes clasificar el error dependiendo de la excepción
        // para presentarlo en la respuesta Json
        return -1;
    }
}
```

Ingresar datos en la base de datos

Seguidamente se crea un método para insertar los datos en la base de datos.

```
/**
 * Insertar una nueva meta
 *
 * @param $id_test      identificador
 * @param $nombre      nuevo titulo
 * @param $edad        nueva descripcion
 * @return PDOStatement
 */
public static function Ingresar_Datos($sql)
{
    // Sentencia INSERT
    $comando = $sql;

    // Preparar la sentencia
    $sentencia = Database::getInstance()->getDb()->prepare($comando);

    return $sentencia->execute();
}
```

Eliminar registro de datos

A continuación elimina el registro del campo que se encuentre distinto en la tabla como se puede ver a continuación.


```

<?php

if ( (isset($_GET['humo'])) && (isset($_GET['gas'])) &&
(isset($_GET['temp'])) && (isset($_GET['magn'])) &&
(isset($_GET['agua'])) && (isset($_GET['pir'])) ){

    require ('../php/meta.php');

    $sensor1 = $_GET['humo'];
    $sensor2 = $_GET['gas'];
    $sensor3 = $_GET['temp'];
    $sensor4 = $_GET['magn'];
    $sensor5 = $_GET['agua'];
    $sensor6 = $_GET['pir'];

    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor1', $sensor1, 'id_sensores', '1');
    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor2', $sensor2, 'id_sensores', '1');
    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor3', $sensor3, 'id_sensores', '1');
    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor4', $sensor4, 'id_sensores', '1');
    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor5', $sensor5, 'id_sensores', '1');
    $actualizar = Meta::Actualizar_Campo('sensores', 'sensor6', $sensor6, 'id_sensores', '1');

    echo 'ok';
}else{
    echo 'error';
}

```

Por otra parte se lee los datos de actuadores en la siguiente ilustración; los mismos que son instalados en el hogar con el objetivo de accionar algún efecto a un proceso automatizado como por ejemplo: relevador para iluminación, motores de persianas, electroválvula.

```

<?php

require('../php/meta.php');

try{

    $actuadores = Meta::Consulta_Unico("SELECT luz1, luz2, luz3, "
    . "motor1, motor2, bomba, sirena" . " FROM actuadores "
    . "WHERE id_actuadores=1");

    foreach ($actuadores as $linea) {
        echo $linea.'/' ;
    }
}catch(Exception $e){

}

```

Anexo F. Desarrollo y programación del microcontrolador PIC16F870.

CODIFICACIÓN PIC DE PERSIANAS Y SIRENA

A continuación se muestra en el siguiente ejemplo el desarrollo de la programación del PIC perteneciente a la automatización en el hogar de persiana y sirena.

```
1  #include <16f873A.h>
2  #fuses HS,NOWDT
3  #device adc=10
4  #use delay (clock=2000000)
5  #use fast_io(a)
6  #use fast_io(b)
7  #use fast_io(c)
8  #use rs232(baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)//conexcion xbee
9
10
11
12  void main(){
13  int16 dato=0;
14  char tecla;
15  set_tris_b(0);
16  output_low(Pin_B0);
17  output_low(Pin_B1);
18  output_low(Pin_B2);
19
20  while(1){
21  tecla=getc();
22  if(tecla=='A'){//abrir persiana
23  output_high(Pin_B1);//rele direccion
24  delay_ms(500);
25  output_high(Pin_B2);//rele on
26  delay_ms(2000);
27  output_low(Pin_B2);//rele off
28  }
29
30  if(tecla=='a'){//cerrar persiana
31  output_low(Pin_B1);//rele direccion
32  delay_ms(500);
33  output_high(Pin_B2);//rele on
34  delay_ms(2000);
35  output_low(Pin_B2);//rele off
36
```

```
38  if(tecla=='B'){//prender sirena
39  output_high(Pin_B0);//rele direccion
40  }
41
42  if(tecla=='b'){//apagar sirena
43  output_low(Pin_B0);//rele direccion
44  }
45  }
46  }
```

CODIFICACIÓN PIC DE AGUA, GAS Y TEMPERATURA

Por otra parte se muestra en el siguiente ejemplo el desarrollo de la programación del PIC perteneciente al control de agua, gas y temperatura.

```
1  #include <16f873A.h>
2  #fuses HS,NOWDT
3  #device adc=10
4  #use delay (clock=2000000)
5  #use fast_io(a)
6  #use fast_io(b)
7  #use fast_io(c)
8  #use rs232(baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)
9  void main(){
10     int16 lpg=0;
11     int16 tmp=0;
12     int16 hum=0;
13
14     char tecla;
15     set_tris_b(0);
16     output_low(Pin_B0);
17     output_low(Pin_B1);
18     output_low(Pin_B2);
19     set_tris_A(255);
20     setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
21     setup_adc(adc_clock_internal);
22
23
24     while(1){
25         set_adc_channel(0);
26         delay_ms(1);
27         lpg=read_adc(); // lea el puerto a0 transformelo a digital y almacene en la variable dato
28         lpg=lpg/10.23;
29
30         set_adc_channel(1);
31         delay_ms(1);
32         tmp=read_adc(); // lea el puerto a0 transformelo a digital y almacene en la variable dato
33         tmp=tmp/2.05;
34
35         set_adc_channel(2);
36         delay_ms(1);
37         hum=read_adc(); // lea el puerto a0 transformelo a digital y almacene en la variable dato
38         hum=hum/10.23;
39
40         printf("\fL%luT%luH%lu",lpg,tmp,hum);
41         delay_ms(500);
42     }
43 }
```

14:12 Insert Pjt: xb1 C:\Users\Gic

CODIFICACIÓN PIC DE ILUMINACION, PIR, MAGNÉTICO Y PERSIANAS

Por otro lado se muestra en el siguiente ejemplo el desarrollo de la programación del PIC perteneciente al control de iluminación, sensores tanto de presencia y magnéticos en puertas y finalmente motores de apertura y cierre de persianas en el hogar.

```
1  #include <16f870.h>
2  #fuses HS,NOWDT
3  #device adc=10
4  #use delay (clock=20000000)
5  #use fast_io(a)
6  #use fast_io(b)
7  #use fast_io(c)
8  #use rs232(baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)
9  char Keypress=' ';
10
11 #int_rda
12 void serial_isr() {
13
14     Keypress=0x00;
15     if(kbhit()){
16         Keypress=getc();
17         if(Keypress!=0x00){
18             if(Keypress=='C'){//ABRIR PUERTA
19                 output_high(Pin_B1);//rele direccion
20                 delay_ms(500);
21                 output_high(Pin_B2);//rele on
22                 delay_ms(2000);
23                 output_low(Pin_B2);//rele off
24             }
25
26             if(Keypress=='c'){//cerrar puerta
27                 output_low(Pin_B1);//rele direccion
28                 delay_ms(500);
29                 output_high(Pin_B2);//rele on
30                 delay_ms(2000);
31                 output_low(Pin_B2);//rele off
32             }
33
34             if(Keypress=='D'){//ENCIENDO LUZ1
35                 output_high(Pin_B7);//rele direccion
36             }
37             if(Keypress=='d'){//APAGO LUZ1
38                 output_low(Pin_B7);//rele direccion
39             }
40
41             if(Keypress=='E'){//ENCIENDO LUZ2
42                 output_high(Pin_B6);//rele direccion
43             }
44             if(Keypress=='e'){//APAGO LUZ2
45                 output_low(Pin_B6);//rele direccion
46             }
47
48             if(Keypress=='F'){//ENCIENDO LUZ3
49                 output_high(Pin_B5);//rele direccion
50             }
51             if(Keypress=='f'){//APAGO LUZ3
52                 output_low(Pin_B5);//rele direccion
53             }
54
55             //putchar(keypress);
56             keypress=0x00;
57         }
58     }
59 }
60
61
62 void main(){
63     int mag=0;
64     int pir=0;
65     int hum=0;
66 }
```

```
67 char tecla;
68 set_tris_a(255);
69 set_tris_b(1);
70 set_tris_A(255);
71 output_low(Pin_B1);//motor
72 output_low(Pin_B2);//motor
73 output_low(Pin_B5);//LUZ3
74 output_low(Pin_B6);//LUZ2
75 output_low(Pin_B7);//LUZ1
76
77 enable_interrupts(global);
78 enable_interrupts(int_rda);
79
80
81 while(1){
82
83
84     if(input(PIN_b0)==1){//SENSOR MAGNETICO
85         mag=1;//puera abierta
86     }else{
87         mag=0;//puerta cerrada
88     }
89
90     if(input(PIN_A0)==1){//SENSOR PIR
91         pir=1;
92     }else{
93         pir=0;
94     }
95
96     printf("\fM%uP%u",mag,pir);
97     delay_ms(500);
98 }
99 }
```

49:43 Insert Pjt: xb1

CODIFICACIÓN PIC DE SIRENA Y SENSOR DE HUMEDAD

Por último se muestra en el siguiente ejemplo el desarrollo de la programación del PIC perteneciente al control y automatización de sirena y sensor de humedad en jardín.

```

1  #include <16f870.h>
2  #fuses HS,NOWDT
3  #device adc=10
4  #use delay (clock=20000000)
5  #use fast_io(a)
6  #use fast_io(b)
7  #use fast_io(c)
8  #use rs232(baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)
9  char Keypress=' ';
10
11 #int_rda
12 void serial_isr() {
13
14     Keypress=0x00;
15     if(kbhit()){
16         Keypress=getc();
17         if(Keypress!=0x00){
18
19             if(Keypress=='G'){//ENCIENDO RELE
20                 output_high(Pin_B3);//releON
21             }
22             if(Keypress=='g'){//APAGO RELE
23                 output_low(Pin_B3);//rele OFF
24             }
25
26

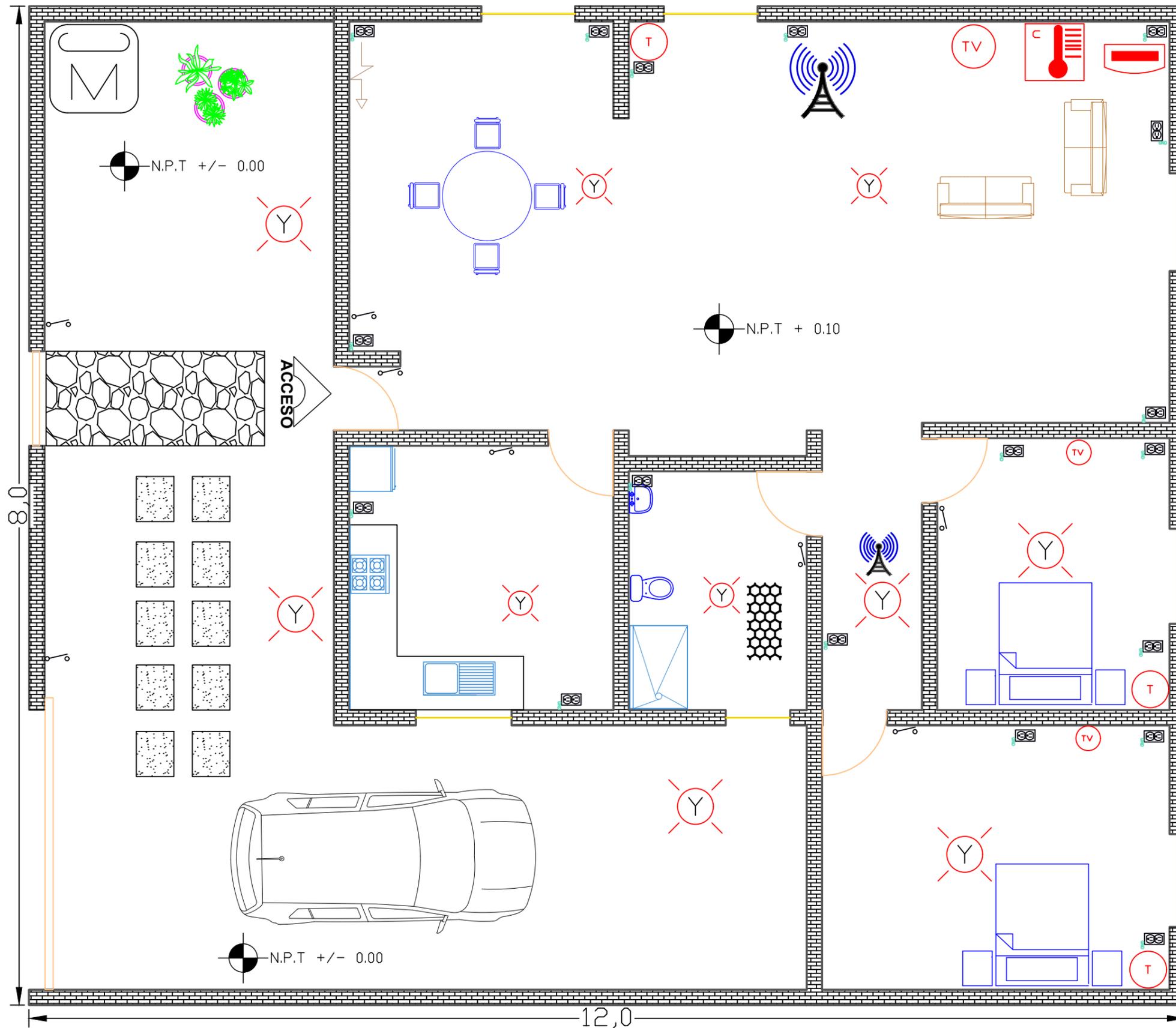
```

```

27         //putchar(keypress);
28         keypress=0x00;
29     }
30 }
31 }
32
33
34 void main(){
35     int agua=0;
36
37     char tecla;
38     set_tris_a(255);
39     set_tris_b(1);
40     set_tris_A(255);
41     output_low(Pin_B3);//SIRENA
42
43     enable_interrupts(global);
44     enable_interrupts(int_rda);
45
46
47     while(1){
48         if(input(PIN_b0)==0){//SENSOR AGUA DE HUMEDAD
49             agua=1;//AGUA
50         }else{
51             agua=0;//NO AGUA
52         }
53
54         printf("\fH%u",agua);
55         delay_ms(500);
56     }
57

```

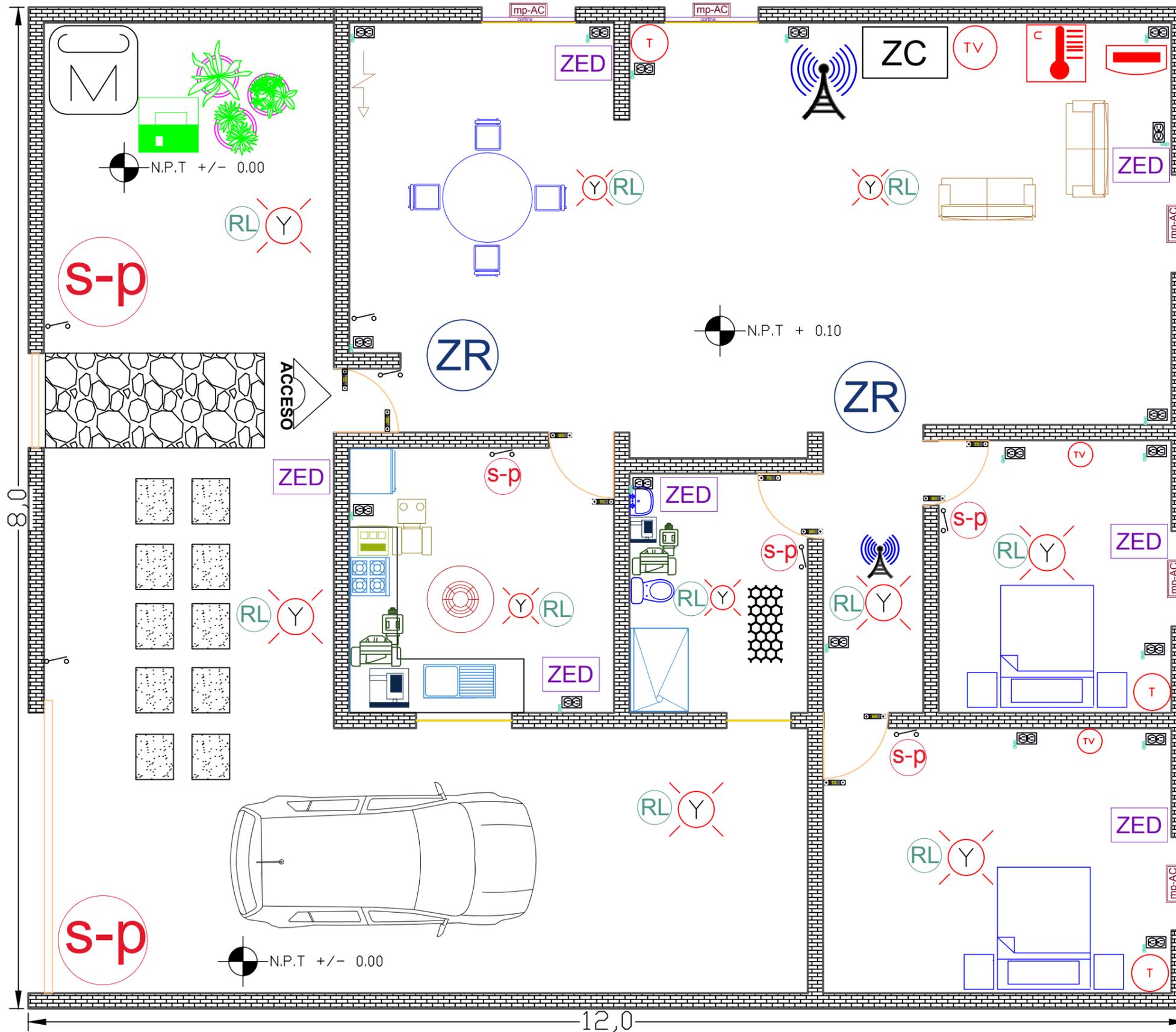
PRIMERA PLANTA



ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE PLANTA	
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA CORRIENTE
	LÁMPARA
	INTERRUPTOR
	VENTILADOR
	ENTRADA TELÉFONO
	ENTRADA TELEVISIÓN
	ACOMETIDA ELÉCTRICA
	MEDIDOR

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS		PROYECTO:	
FECHA: FEBRERO-2017		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ZIGBEE	
EXF: FEBRERO-2017		PETICIONARIO:	
ESCALA: 1:100		FAMILIA HERRERA	
PLANO Nº 1		AUTOR:	
PLANO DE: PLANTA 1		GIOVANNY HERRERA	

PRIMERA PLANTA



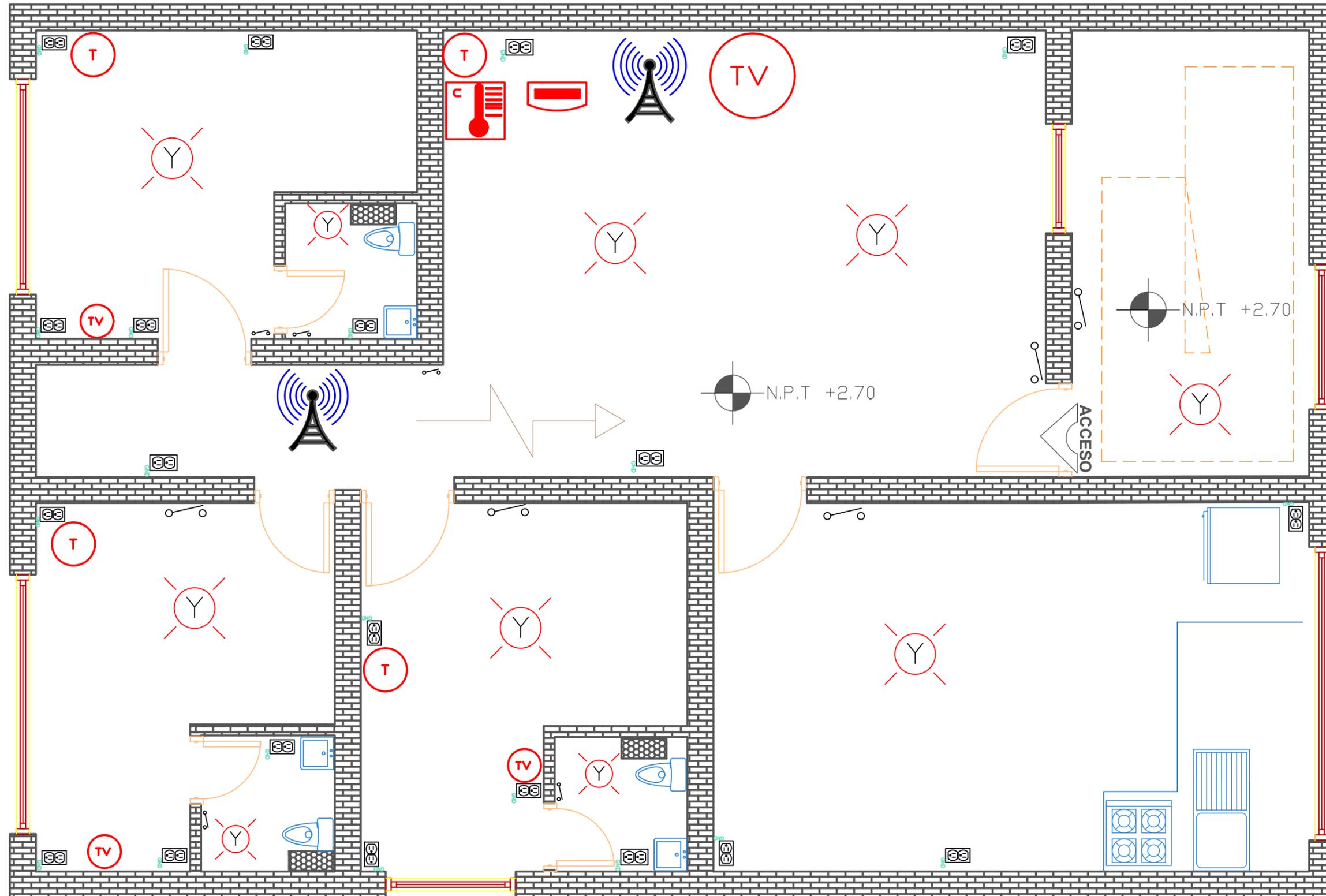
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ILUMINACIÓN RELEVADOR
	SENSOR PRESENCIA
	MOTOR PERSIANAS
	SENSOR DE HUMO
	SENSORES MAGNÉTICOS
	SENSOR DE TEMPERATURA
	ROUTER INALÁMBRICO
	MÓDULO XBEE ROUTER
	DETECTOR DE GAS
	DETECTOR DE HUMEDAD
	DETECTOR DE FUGA DE AGUA
	CORTINA PERSIANAS
	MÓDULOS XBEE END DEVICE
	MÓDULO XBEE COORDINADOR
	INTERRUPTOR
	ELECTROVÁLVULA DE AGUA
	ELECTROVÁLVULA DE GAS

ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE PLANTA

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA CORRIENTE
	LÁMPARA
	INTERRUPTOR
	VENTILADOR
	ENTRADA TELÉFONO
	ENTRADA TELEVISIÓN
	ACOMETIDA ELÉCTRICA
	MEDIDOR

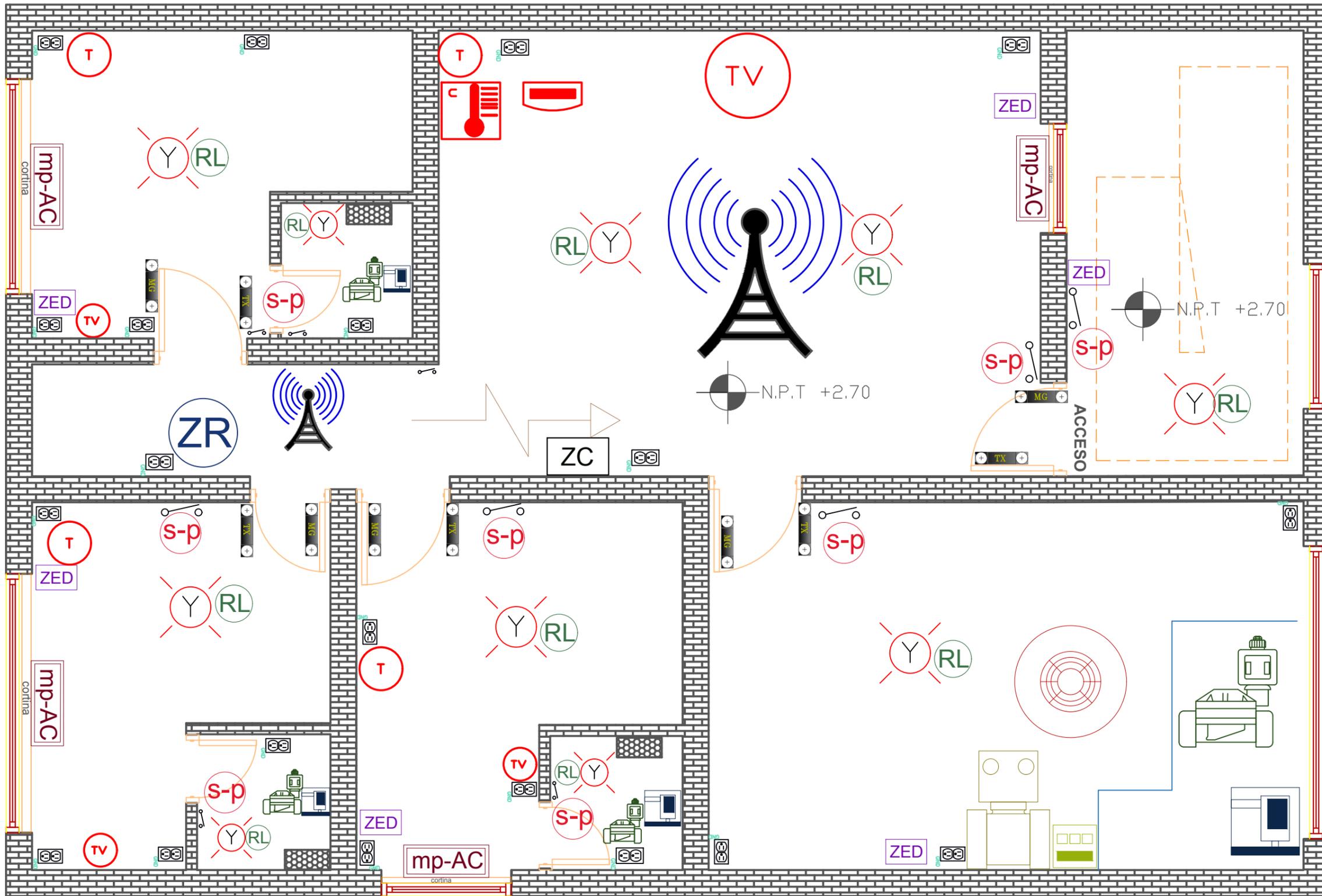
SEGUNDA PLANTA



ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE PLANTA	
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA CORRIENTE
	LÁMPARA
	INTERRUPTOR
	VENTILADOR
	ENTRADA TELÉFONO
	ENTRADA TELEVISIÓN
	ACOMETIDA ELÉCTRICA MEDIDOR

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS		PROYECTO:	
FECHA: FEBRERO-2017		AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ZIGBEE	
EXPI: PLANO N° 2		PETICIONARIO:	
ESCALA: 1:100		FAMILIA HERRERA	
PLANO DE: PLANTA 2		AUTOR:	
		GIOVANNY HERRERA	

SEGUNDA PLANTA



DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ILUMINACIÓN RELEVADOR
	SENSOR PRESENCIA
	MOTOR PERSIANAS
	SENSOR DE HUMO
	SENSORES MAGNÉTICOS
	SENSOR DE TEMPERATURA
	ROUTER INALÁMBRICO
	MÓDULO XBEE ROUTER
	DETECTOR DE GAS
	DETECTOR DE HUMEDAD
	DETECTOR DE FUGA DE AGUA
	CORTINA PERSIANAS
	MÓDULO XBEE END DEVICE
	MÓDULO XBEE COORDINADOR
	INTERRUPTOR
	ELECTROVÁLVULA DE AGUA
	ELECTROVÁLVULA DE GAS

ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE PLANTA	
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA CORRIENTE
	LÁMPARA
	INTERRUPTOR
	VENTILADOR
	ENTRADA TELÉFONO
	ENTRADA TELEVISIÓN
	ACOMETIDA ELÉCTRICA
	MEDIDOR

