CREACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE SEGURIDAD Y CONSUMO ENERGÉTICO PARA HOGARES: HOMENODE

DIEGO FERNANDO MESA SANDOVAL
CAMILO RICARDO ROJAS GARCÍA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2015

CREACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE SEGURIDAD Y CONSUMOENERGÉTICO PARA HOGARES: HOMENODE

DIEGO FERNANDO MESA SANDOVAL
CAMILO RICARDO ROJAS GARCÍA
Estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones

Emprendimiento

Director:
CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ
Ingeniero Electrónico
Magister en Calidad y Gestión Integral

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2015

CONTENIDO

pág.
CONTENIDO 3
INTRODUCCIÓN 11
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13
1.1 Pregunta Problema 13
1.2 Planteamiento del Problema 13
2. JUSTIFICACIÓN 16
3. OBJETIVOS 18
3.1 Objetivo General 18
3.2 Objetivos Específicos 18
4. METODOLOGÍA 19
5. MARCO TEÓRICO 21
5.1 Teoría del Hogar 21
5.2 Historia de la Introducción de la Tecnología en el Hogar 21
5.3 Domótica 23
5.4 Redes Domóticas 25
5.4.1Arquitectura de las Redes Domóticas 25
5.4.2 Topologías usadas en las Redes Domóticas 26
5.4.3 Medios de Transmisión usados en las Redes Domóticas 27
5.4.3.1 Medios de Transmisión Cableados 27
5.4.3.2 Medios de Transmisión Inalámbricos 28
5.4.3.3 Medios de Transmisión Ópticos 28
5.4.4 Protocolos y Tecnologías usadas en las Redes Domóticas 29
5.4.4.1 Protocolo X-10 29
5.4.4.1.1 Funcionamiento 30
5.4.4.1.2 Ventajas y Desventajas 31
5.4.4.2 Protocolo KNX 33
5.4.4.2.1 Funcionamiento 34
5.4.4.2.2 Ventajas y Desventajas 36
5.4.4.3 Protocolo LONTALK 37
5.4.4.3.1 Funcionamiento 38
5.4.4.3.2 Ventajas y Desventajas 40
5.5 Internet de las Cosas (*Internet of Things – IoT*) 40
5.5.1 Influencia del IoT en la Domótica 43
5.5.1.1 Bluetooth 45
5.5.1.1.1 Funcionamiento 46
5.5.1.2 Wi-Fi 47
5.5.1.2.1 Funcionamiento 48
5.5.1.3 ZigBee 49
5.5.1.3.1 Funcionamiento 50
5.6 Ciudades Inteligentes 53
6. ESTADO DEL ARTE 58

6.1 Estado Actual de IoT en el Mercado 59
6.1.1 Texas Instruments 59
6.1.2 Arduino 59
6.1.2.1 Casa Jasmina 59
6.1.3 Particle 60
6.1.4 Amazon Echo 60
6.1.5 Ozom 60
6.1.6 Sparkfun 61
7. PLAN DE NEGOCIOS: “HOMENODE” 62
7.1 Mercado 62
7.1.1 Investigación de Mercados 62
7.1.1.1 Objetivos del Plan de Negocio 62
7.1.1.2 Justificación del Servicio 63
7.1.1.3 Análisis del Sector 64
7.1.1.4 Análisis de Mercado 66
7.1.1.5 Análisis de la Competencia 68
7.1.1.5.1 Geologik S.A.S. 68
7.1.1.5.2 DTI Colombia LTDA. 70
7.1.2 Estrategias de Mercado 72
7.1.2.1 Concepto del Servicio 72
7.1.2.2 Estrategias de Distribución 72
7.1.2.2.1 Alternativas de Comercialización 72
7.1.2.3 Estrategias de Precio 73
7.1.2.4 Estrategias de Promoción 75
7.1.2.5 Estrategias de Servicio 75
7.1.3 Proyecciones de Venta 76
7.2 Operación 77
7.2.1 Operación del Servicio 77
7.2.1.1 Ficha Técnica 77
7.2.1.1.1 Conexión de Usuarios y Panel de Control 78
7.2.1.1.1.1 Autenticación de Usuarios 79
7.2.1.1.1.2 Almacenamiento de Datos en la Base de Datos 79
7.2.1.1.1.3 Módulo de Demostración 80
7.2.1.1.2 Dispositivo Bluetooth Local 81
7.2.1.1.3 Módulo Medidor de Consumo Energético 82
7.2.1.1.4 Dispositivo y Algoritmo del Token 84
7.2.1.1.5 Dispositivo de Control Central 87
7.2.1.1.5.1 Circuito de Comunicación Celular 88
7.2.1.1.6 Sensores y Controladores de Luces 89
7.2.1.2 Descripción de la Prestación del Servicio 89
7.2.2 Costos de Producción 90
7.2.2.1 Materia Prima 91
7.2.2.2 Insumos 94
7.2.2.3 Transporte 94

7.2.2.4 Arrendamiento 95
7.2.2.5 Mano de Obra 95
7.2.3 Infraestructura 96
7.2.3.1 Ubicación de la Sede Principal 96
7.2.3.2 Maquinaria y Equipos 97
7.2.3.3 Mobiliario 97
7.3 Organización 97
7.3.1 Estrategia Organizacional 98
7.3.1.1 Análisis DOFA 98
7.3.1.2 Organismos de Apoyo 100
7.3.1.2.1 Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC 100
7.3.1.2.2 Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones – CCIT 100
7.3.1.2.3 Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – CINTEL 101
7.3.1.2.4 Fondo Emprender 101
7.3.1.3 Misión 101
7.3.1.4 Visión 101
7.3.1.5 Cadena de Valor 102
7.3.2 Estructura Organizacional 104
7.3.2.1 Área Administrativa 104
7.3.2.2 Área Operativa 105
7.3.3 Aspectos Legales 105
7.3.4 Gastos Administrativos 106
7.3.4.1 Gastos de Personal 106
7.3.4.2 Gastos de Puesta en Marcha 107
7.3.4.3 Gastos de Administración 107
7.4 Finanzas 107
7.4.1 Fuentes de Financiación 108
7.4.2 Formatos Financieros 109
7.4.2.1 Estado de Resultados 109
7.4.2.2 Balance General 110
8. RECONOCIMIENTOS Y CONVOCATORIAS 111
8.1 ITU – Young Innovators 111
8.2 Apps.co – Descubrimiento de Negocios 112
8.3 Semana de Emprendimiento Tomasino – Universidad Santo Tomas 112
CONCLUSIONES 113
BIBLIOGRAFÍA 116
GLOSARIO 123

ANEXOS 127
Anexo A. Esquemático del Token. 127
Anexo B. Circuito impreso del Token (Top y Bottom). 128
Anexo C. Esquemático del Módulo Celular. 129
Anexo D. Circuito impreso de Módulo Celular (Top y Bottom). 130

Anexo E. Esquemático del Dispositivo de Control Central.....131
Anexo F. Circuito impreso del Dispositivo de Control Central (Top, GND, Inner 1, Inner 2, Inner 3, Inner 4, PWR y Bottom).....132
Anexo G. Código fuente de aplicación del Token en PHP.....136
Anexo H. Código fuente de documento HTML de inicio de sesión. 138
Anexo I. Código fuente de documento HTML del Módulo de Demostración del lado del cliente.....145
Anexo J. Código fuente de aplicación JavaScript del Módulo de Demostración del lado del servidor.....157

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Mercado actual de equipos domésticos. 22
Figura 2. Mercado horizontal de equipos domésticos. 23
Figura 3. Función del sistema Domótico en el Hogar y su entorno. 25
Figura 4. Topologías de Red. a) Malla, b) Estrella, c) Árbol, d) Bus, e) Anillo. 27
Figura 5. Logotipo Protocolo X-10. 29
Figura 6. Envío de “1” y un “0” lógicos en protocolo X-10. 31
Figura 7. Logotipo Protocolo KNX. 33
Figura 8. Topologías permitidas y no permitidas en KNX. 36
Figura 9. Logotipo de la Asociación LonMark. 37
Figura 10. Topologías soportadas por LonWorks. 39
Figura 11. Introducción de una nueva dimensión al entorno de las telecomunicaciones. 42
Figura 12. Velocidad de adopción del Internet de las Cosas en las distintas industrias. 45
Figura 13. Logotipo de la tecnología Bluetooth. 46
Figura 14. Logotipo de la Wi-fi Alliance. 48
Figura 15. Logotipo de la ZigBee Alliance. 50
Figura 16. Modelo de capas de la especificación ZigBee Alliance. 51
Figura 17. Topologías de red permitidas por la ZigBee Alliance. a) Estrella, b) Árbol, c) Malla. 52
Figura 18. Marco integrador para las Ciudades Inteligentes. 57
Figura 19. Comportamiento de la actividad de Correo y Telecomunicaciones con respecto al comportamiento del PIB 2010-2014. 65
Figura 20. Distribución del Consumo Intermedio total de las empresas investigadas, según actividades de servicios 2013. 66
Figura 21. Suscriptores a internet fijo dedicado por estratos socioeconómicos. 67
Figura 22. Esquema de conexión entre usuario, servidor y dispositivo central. 78
Figura 23. Formulario de autenticación de usuario. 79
Figura 24. Ejemplo de campo en la base de datos MySQL. 79
Figura 25. Esquema general de funcionamiento del Módulo de Demostración. 80
Figura 26. Módulo de Demostración. 81
Figura 27. Dispositivo Bluetooth Local. 82
Figura 28. Módulo medidor de consumo energético. 83
Figura 29. Gráfica de medición de consumo energético en tiempo real. 84
Figura 30. Dispositivo Token de HomeNode (Circuito impreso, batería y pantalla LCD). 85
Figura 31. Algoritmo de Token. 86
Figura 32. Dispositivo de Control Central. 88
Figura 33. Circuito de Comunicación Celular. 89
Figura 34. Descripción de la prestación del servicio. 90
Figura 35. Ecosistema IoT. 103
Figura 36. Modelo 2 de Servicio IoT. 103

Figura 37. Organigrama General de HomeNode. 104
Figura 38. Reconocimiento de la ITU a HomeNode.....111

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del protocolo X-10. 32
Tabla 2. Características de los medios físicos e inalámbricos usados por LonTalk. 38
Tabla 3. Distancia alcanzadas por Bluetooth según la potencia de transmisión....47
Tabla 4. Características de los principales estándares 802.11. 49
Tabla 5. Características generales de la capa física del estándar 802.15.4. 51
Tabla 6. Prioridades Claves para impulsar el desarrollo de ciudades inteligentes y algunas actividades. 55
Tabla 7. Especificaciones y costos de los paquetes de servicio domóticos ofrecidos por Geologik. 69
Tabla 8. Productos privados de Confort4. 71
Tabla 9. Kit Básico Domótica de DTI Colombia, con especificaciones y valor. 71
Tabla 10. Precios y especificaciones de los kits básicos de instalación de la empresas competidoras. 73
Tabla 11. Precio y especificaciones del kit básico de instalación de HomeNode. .74
Tabla 12. Puntos de Equilibrio por Producto de HomeNode. 75
Tabla 13. Unidades Proyectadas de Venta del Primer Año. 76
Tabla 14. Proyección de Unidades Vendidas a Cinco (5) Años. 77
Tabla 15. Costos de la página web para la conexión de usuarios. 91
Tabla 16. Costos del Dispositivo Bluetooth Local. 91
Tabla 17. Costos del módulo medidor de consumo energético. 91
Tabla 18. Costos del dispositivo Token. 92
Tabla 19. Costos de dispositivo de control central y del circuito de comunicación celular. 92
Tabla 20. Costos de los sensores. 92
Tabla 21. Costos del módulo interruptor de baja potencia. 93
Tabla 22. Costos del módulo interruptor de alta potencia. 93
Tabla 23. Costos del módulo de demostración. 93
Tabla 24. Costos totales de materia prima. 94
Tabla 25. Detalle del costo mensual de insumos. 94
Tabla 26. Gastos de Transporte. 95
Tabla 27. Costos de Arrendamiento. 95
Tabla 28. Costos de Mano de Obra. 96
Tabla 29. Costos de Máquinas y Equipos. 97
Tabla 30. Costos de Mobiliario. 97
Tabla 31. Matriz DOFA. 98
Tabla 32. Cargos Administrativos y sus funciones. 104
Tabla 33. Cargos Operativos y sus funciones. 105
Tabla 34. Gastos de Personal Administrativo. 106
Tabla 35. Gastos de Puesta en Marcha. 107
Tabla 36. Gastos de Administración. 107
Tabla 37. Fuentes de Financiación. 108

Tabla 38. Detalle de la Inversión del Capital Social. 108
Tabla 39. Estado de Resultados de HomeNode a Cinco (5) Años. 109
Tabla 40. Balance General de HomeNode a Cinco (5) Años. 110

INTRODUCCIÓN

El hombre a través de los años ha desarrollado herramientas y mecanismos para automatizar procesos cotidianos con el fin de mejorar su calidad de vida y ahorrar tiempo para usarlo en actividades de su interés. Con los avances tecnológicos de las últimas décadas, actualmente se sitúa al hombre en la sociedad de la información y las comunicaciones, donde él mismo se ha propuesto estudiar la tecnología y aplicarla a aspectos de interés general, tales como: confort, seguridad y ahorro energético. Es así que el hombre encuentra en su propio hogar un campo lleno de posibilidades en el cual puede desarrollar e implementar soluciones tecnológicas para mejorar su calidad de vida.

La domótica nace de la necesidad de integrar los elementos tecnológicos que actualmente hace parte del hogar, permitiendo de esta manera un control general de dichos elementos a través de un nodo central, dando al hombre así la posibilidad de dar un manejo óptimo de cada uno de éstos. Esta integración se logra por medio de la interconexión de redes privadas dentro del hogar, con la posibilidad de manipularlas remotamente por medio de redes externas de comunicación de fácil acceso para los residentes.

En el presente documento se expone un proyecto para desarrollare implementar un sistema domótico basado en la gestión, control y monitoreo de la red eléctrica del hogar, que al mismo tiempo se encuentre acoplada a una red de seguridad interna equipada con cámaras, sensores, etc. Al mismo tiempo se analizará el mercado actual colombiano, evaluando la viabilidad del proyecto para la producción e implementación de dicho sistema en Colombia, visto como una oportunidad de negocio.

El capítulo uno se enfoca en comprender y definir la problemática que se presenta actualmente en la sociedad colombiana alrededor del consumo energético y la seguridad en los hogares, donde todo se puntualiza como una pregunta que a través del desarrollo del proyecto logre ser respondida.

En el capítulo dos se encuentran las razones que soportan la necesidad de desarrollar éste proyecto, desde diferentes perspectivas tales como: económicas, académicas, sociales, etc.

En el capítulo tres se reúnen y especifican los pasos u objetivos planteados para realizar en el proyecto, buscando que al final realizados éstos pasos se logre dar respuesta a la pregunta planteada en el capítulo uno.

El capítulo cuatro define y expone las metodologías que se usaron para el desarrollo del presente proyecto, entendiendo las razones de su uso y del acoplamiento de éstas en actual documento.

El capítulo cinco busca contextualizar al lector en la Domótica, como la técnica dedicada a integrar la tecnología en el hogar, su historia, definición y funcionamiento. Allí se describen los principales protocolos de comunicaciones desarrollados a través del tiempo para la automatización del hogar. De igual manera, se menciona cómo IoT ha ido tomando importancia dentro del campo de la Domótica, y cuál ha sido su influencia en esta rama de la tecnología desde el punto de vista de tecnologías, dispositivos y protocolos.

En el capitulo siete se desarrolla y expone el sistema domótico desarrollado, donde en primer lugar se busca analizar y evaluar las características del mercado específico al cual se quiere llegar, y en segundo lugar exponer el prototipo total del sistema desarrollado, con sus respectivas características técnicas y de funcionamiento. Éste capítulo se basa en los lineamientos propuestos por el Fondo Emprender para la presentación de nuevas ideas de negocio.

Por último se muestran las conclusiones de los autores frente a las barreras tecnológicas actuales como factor determinante de la domótica en Colombia, además del campo de exploración que tiene la academia, los entes públicos y privados en esta rama de la tecnología, que puede llegar a traer un gran número de beneficios positivos frente a temas ambientales, económicos y sociales en ámbito colombiano, y como HomeNode puede acoplarse a esta situación actual para ser una idea de negocio de éxito.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Pregunta Problema

¿Cuál es la solución óptima que integre diferentes tecnologías para el monitoreo de consumo energético y equipos de seguridad en hogares viable como modelo de negocio en Colombia?

1.2 Planteamiento del Problema

A nivel mundial se ha venido marcando una especial tendencia en la industria tecnológica enfocada en automatizar diversos procesos cotidianos del hogar, logrando crear soluciones domóticas compuestas con tecnologías, protocolos y dispositivos propios, con el fin de que los hogares brinden una mejor calidad de vida y de la misma manera contribuyan a la sostenibilidad medioambiental. Aunque en el caso colombiano la posibilidad de que esto sea una realidad actual, al parecer es lejana.

En la actualidad existen algunas barreras o circunstancias que han limitado la capacidad de desarrollar soluciones domóticas en Colombia, donde dos de los principales motivos son: el desconocimiento del usuario final del concepto de la domótica y sus posibilidades, y por otro lado el alto costo de los productos o servicios asociados a la domótica, al no ser un elemento imprescindible en la vivienda[1]. De acuerdo a esto, algunos empresarios dedicados al sector de la domótica consideran que el conjunto de este tipo de barreras ha desembocado en la falta de demanda en el mercado.

Por otra parte, en Colombia las ramas de la ingeniería dedicadas al estudio y desarrollo de nuevas tecnologías, siendo los actores más importantes de la industria domótica encargados de la programación, diseño, implementación, distribución y mantenimiento de las redes domóticas, han ignorado que muchos dispositivos electrónicos comerciales usados actualmente, como computadores portátiles ó teléfonos inteligentes, pueden ser usados en la domótica, mediante la integración de una red de dispositivos capaces de ofrecer al usuario un nivel automatización, ajustando el modelo de negocio a las necesidades del hogar colombiano.

Otro aspecto de gran importancia, es la falta de software de simulación que le permita al usuario final comprender el funcionamiento general de una red domótica y cada uno de sus dispositivos, indicándole mediante la interacción con el sistema

[1] JUNESTRAND, Stefan; PASSARET, Xavier y VÁZQUEZ, Daniel. “Domótica y Hogar Digital”. 1 ed. España. Editorial Paraninfo. 2004. p. 32.

las ventajas que puede llegar a tener en su hogar, a través de canales directos de comunicación como páginas web o aplicaciones para teléfonos inteligentes o tabletas.

Como ya se había mencionado anteriormente, el buen resultado de los sistemas domóticos radica en que deben ajustarse a las necesidades del hogar según las condiciones de su entorno, donde para el caso colombiano, los estudios demuestran que dos de las principales preocupaciones del hogar colombiano, en las cuales la domótica puede llegar a generar algún tipo de desarrollo tecnológico viable desde el punto de vista económico y social, es la seguridad y el ahorro energético.

Respecto al tema de seguridad, si se revisa el caso de Bogotá, según cifras de la Cámara de Comercio de Bogotá en su Encuesta de Percepción y Victimización[2], al finalizar el año 2014 dos de cada tres personas se sienten inseguras en el barrio en el cual viven, y el porcentaje de hogares que han sido víctimas de robos no ha disminuido desde el año 2013. Estas cifras presentadas son realmente alarmantes, debido a que las estrategias institucionales que se han venido implementando para mejorar la seguridad de la ciudad no han sido contundentes, lo cual ha permitido que la percepción de seguridad no presente ninguna mejora desde el año 2013.

Para el caso del consumo energético, según cifras de Codensa[3], el país anualmente ha experimentado un aumento del 2,8% en promedio desde 2008 hasta 2014, es decir que aproximadamente al año se aumenta en 1.705 GWh el consumo de energía eléctrica, donde más del 88% de los usuarios corresponden a residencias. Considerando la magnitud de la creciente demanda, se esperaría que las grandes ciudades del país adquirieran el compromiso de generar estrategias o políticas orientadas al uso eficiente de la energía. Investigando el caso de Bogotá, Codensa en su informe Memoria Anual en el módulo de Gestión Ambiental y Regulatoria[4], no presenta planes de acción encaminados al uso racional de la energía ni tampoco inversiones a largo plazo para el desarrollo de fuentes de energía renovables, sino que por el contrario presenta diferentes proyectos encaminados a fomentar el uso de la energía eléctrica como solución alternativa amigable con el medio ambiente, como por ejemplo los taxis eléctricos. Se debe tener en cuenta que dichos proyectos no presentan medidas de prevención para evitarlos grandes picos en la demanda de energía eléctrica, lo cual puede conducir a afectar las medidas tarifarias de los usuarios[5].

---

[2] CÁMARA DE COMERCIO. “Encuesta de percepción y victimización”. Bogotá D.C.: Observatorio de Seguridad, 2015. p. 24.
[3] CODENSA. “Mercado de Energía y Tarifas”. Bogotá. 2014.
[4] CODENSA. “Memoria Anual Codensa 2014”. Bogotá. 2014. p. 59.
[5] FUNDACIÓN PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL DESARROLLO. “Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca”. Bogotá. 2013. p. 102.

De acuerdo a lo evidenciado, se puede abarcar el problema como la búsqueda de una solución tecnológica integrada que minimice el consumo energético en los hogares colombianos, de la mano de sistemas de seguridad que mejoren la calidad de vida de sus residentes. Asimismo, dicha solución tecnológica debe desarrollarse bajo un modelo de negocio sostenible, eficiente y de bajo coste, generando viabilidad para su producción y distribución, basados a nivel macroeconómico en los ingresos per cápita de los hogares colombianos.

Debido a que actualmente no se tiene un consenso sobre los elementos que debe incluir un sistema domótico, y dado que en el mercado existe una gran variedad de dispositivos para el desarrollo de estos sistemas, es preciso recordar que el desarrollo de dicha solución domótica se debe realizar bajo dos directrices: la primera de ellas enfocada a que los elementos que compongan el sistema deben tener la mayor integración posible, y la segunda referente a que dicha solución debe contener solamente los elementos necesarios que permitan la automatización de la vivienda, evitando al mínimo una percepción negativa del coste para el usuario.

Por último, en los últimos años se ha insistido en la gran importancia que tiene el desarrollo de una legislación mundial que dictamine los términos sobre el tratamiento de la privacidad y seguridad de los datos de usuario en la red, potenciado principalmente por el exponencial crecimiento de las redes sociales, ya que en la actualidad las normativas existentes son de aplicación local. De acuerdo a este vacío legal y ante el oscuro panorama evidenciado sobre el establecimiento de una normativa mundial, se debe plantear una estrategia informática que blinde la información sensible del usuario ante posibles intentos de robo de información en red, o accesos no autorizados a perfiles de usuario, con el fin de generar confianza del usuario en el uso de los sistemas domóticos.

2. JUSTIFICACIÓN

Los actuales avances tecnológicos desarrollados a nivel mundial asociados a la búsqueda de herramientas que mejoren el bienestar y calidad de vida de la sociedad y sus individuos, ha hecho necesario enfocarse en la domótica como la ciencia que reúne y permite encontrar soluciones tecnológicas que incrementen el bienestar y calidad de vida de los hogares y sus habitantes, aportando de la misma manera en la sostenibilidad del medio ambiente y contribuyendo al mejoramiento del desarrollo humano y social. Recientemente, la domótica ha orientado sus esfuerzos a desarrollar aplicaciones eco-sostenibles y que apunten a incrementar la seguridad de los hogares.

En este sentido, en Colombia existe la necesidad de encontrar una solución domótica que por un lado refleje en su entorno, mediante la disminución del consumo energético en hogares, la reducción de los gastos económicos en energía eléctrica consumida y el decrecimiento de los impactos ambientales asociados a la generación de la misma. Por otro lado, mejorar los índices de seguridad en los hogares, mediante la implementación de sistemas privados de monitoreo remoto, desarrollados bajo protocolos de seguridad y ajustados a las necesidades de cada usuario, originando en la sociedad un cambio que mejore la percepción de seguridad de cada individuo.

En el actual mercado globalizado, la industria tecnológica a nivel mundial ofrece una innumerable cantidad de productos y aplicaciones asociados a la domótica, que satisfacen necesidades básicas como la de regular la temperatura, hasta la de controlar la salud de una persona por medio de dispositivos especializados. Por este tipo de razones, es que la domótica en Colombia suele ser vista como un lujo exclusivo de personas con alto poder adquisitivo, y no como una herramienta tecnológica capaz de mejorar la calidad de vida de las personas desde diferentes aspectos, que puede llegar a generar cambios sociales positivos en la medida que se masifica su uso. Debido a este hecho, y a la misma gran variedad de productos que ofrece el mercado, diferentes marcas extranjeras han encontrado con dificultad el lograr posicionar sus productos en Colombia. Éste mencionado escenario, supone una gran oportunidad de negocio para las iniciativas que se desarrollen a nivel nacional, ya que al ser un mercado potencial, se pueden aprovechar ventajas en temas relacionados a disminución de costos, generación de empleo, mejores tiempo de respuesta, entre otras.

Estas nuevas tendencias e iniciativas globales, han dado pie para que los diferentes entes gubernamentales de los países, adopten políticas que favorezcan e impulsen la Ciencia, Tecnología e Innovación, como pilar fundamental para el desarrollo económico y social. Para citar el caso colombiano, en el Reporte de

Competitividad publicado posterior al Foro Económico Mundial de 2014[6], Colombia en el índice Global de Competitividad paso de ocupar el puesto 69 a ocupar el puesto 66, donde el indicador que presento un mayor aumento fue el de "*Potenciador de eficiencia en la preparación tecnológica*", que pasó del puesto 87 al puesto 68. Por este tipo de hechos, el gobierno colombiano en su Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, ha destinado más del 27% del total del presupuesto, en las estrategias transversales "*Competitividad e infraestructura estratégica*" y "*Crecimiento Verde*"[7], las cuales incluyen objetivos que apuntan directamente al progreso tecnológico del país.

Finalmente, con este proyecto se pretende contribuir a fomentarla investigación en Colombia para la invención de nuevos productos tecnológicos que estén a la vanguardia de los desarrollos mundiales actuales, ofreciendo a sus usuarios la oportunidad de tener en sus hogares una herramienta de confort amigable con el medio ambiente, elaborada con altos estándares de calidad y de bajo coste, que a su vez les permita estabilizar temas económicos y de seguridad en su hogar. Igualmente la propuesta de una solución domótica, abre la necesidad de estudiar una gran variedad de temas de alto interés de aprendizaje en el área de las Telecomunicaciones, tales como: regulación de bases de datos, programación web, modelos de negocio, sistemas embebidos, circuitos impresos, arquitecturas de red, entre otros.

[6] WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2014-2015: Full Data Edition. Ginebra: World Economic Forum; 2014. p. 13.

[7] CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1573 (9, junio, 2015). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país". Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2015. no. 49538. p. 3.

3. OBJETIVOS

El proyecto que se presenta a continuación, es solo una base que busca cimentar una idea de negocio que consiga dejar entrever las grandes posibilidades de usufructuar un mercado de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones inexplorado en Colombia.

Éste caso en particular intentará aglomerar la mayor cantidad de información acerca de la Domótica, con el fin de estudiarla y analizarla para lograr acoplar una idea de negocio a la actualidad del mercado TIC colombiano, utilizando las herramientas que nos brinda la academia para su desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos para este proyecto son:

3.1 Objetivo General

Diseñar, desarrollar e implementar un producto tecnológico para hogares basado en el monitoreo de la red de energía eléctrica integrado a una red de seguridad, desarrollado bajo la metodología SCRUM, viable para su desarrollo y comercialización en el mercado colombiano.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los elementos que son utilizados en una red domótica y evaluar su nivel o grado de optimización.

- Estudiar las soluciones domóticas existentes hasta el momento y su nivel de integración.

- Diseñar e implementar un prototipo de red domótica para controlar variables eléctricas, ambientales, económicas, de seguridad y confort.

- Implementar un modelo de negocio que determine la viabilidad económica del prototipo de red domótica en el mercado colombiano.

4. METODOLOGÍA

Debido a la naturaleza de éste proyecto, el cual pretende exponer una idea de negocio innovadora en el ámbito tecnológico colombiano, que se proyecta como una idea capaz de satisfacerla necesidad de mejorar las condiciones de seguridad, economía y confort en los hogares colombianos, aprovechando la oportunidad de la inversión pública y privada en tecnología que busca resolver problemáticas sociales, ambientales y económicas de la forma más eficiente, produciendo un cambio favorable en el sistema bajo el cual actualmente operan, para el desarrollo de este proyecto son utilizadas dos metodologías de estudio, donde una de ellas permite recopilar y analizar información referente al tema de estudio, y la otra proporciona un modelo para el desarrollo de productos tecnológicos.

La primera parte del documento se desarrolla bajo la metodología de investigación documental, la cual permite hacer una completa recopilación de la información más relevante acerca de la historia de la domótica, sus avances tecnológicos y la proyección futura, analizando la mayor cantidad de elementos bibliográficos, que sirvan como base y punto de partida para el desarrollo de nuevos prototipos domóticos que estén a la vanguardia de la tecnología actual.

Por otro lado, la segunda parte del documento que corresponde al desarrollo de la idea de negocio, utiliza la metodología SCRUM[8], la cual plantea que bajo la acumulación de pequeños avances parciales, planteados como fases a completar, es posible crear un producto tangible y eficiente, donde cada avance parcial contiene un ciclo de pruebas, el cual permita corregir los posibles errores y deficiencias que pueda llegar a presentar el producto. Las fases planteadas para el desarrollo de cada producto son las siguientes:

- Fase I – Recopilación de Información
- Fase II – Definición de Requerimientos Técnicos y Socio - Económicos
- Fase III – Definición de las Herramientas de Software y Hardware a utilizar
- Fase IV – Diseño del Modelo Funcional
- Fase V – Desarrollo e implementación del Modelo Funcional
- Fase VI – Análisis de Viabilidad (Costo-Beneficio)
- Fase VII – Pruebas Generales de Funcionamiento del Modelo

[8] PALACIO, Juan. “El modelo Scrum”. 2006

Se debe tener en cuenta que cada producto debe repetir las Fases, siempre que la evaluación final del cliente sea negativa y no supere sus expectativas, o en su defecto que aparezcan nuevos requerimientos de optimización en su funcionamiento.

Estás dos metodologías se escogieron con el fin de alcanzar los objetivos planteados, y al mismo tiempo, desarrollar un documento integral que partiera desde el estudio académico de antiguas y nuevas tecnologías orientadas a la domótica, hasta formalizarlo como una idea de negocio con un modelo sostenible desde el punto de vista económico y social, teniendo presente que éste proyecto se trabaja bajo el modelo de emprendimiento.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Teoría del Hogar

Desde la época de las cavernas hasta la era digital, el hombre ha buscado que el espacio al que ha llamado hogar, cuente con la suficiente sofisticación para que cumpla funciones básicas, tales como: dar resguardo de la intemperie, albergar a sus seres queridos, proteger sus bienes, etc. El hogar a través del tiempo ha tomado diferentes configuraciones en cuanto diseño y estructura, ya que estos elementos dependen directamente de la tecnología disponible en cada época, es decir que los materiales y herramientas con las que se construye el hogar siempre han estado en constante cambio[9].

Éste constante cambio de materiales y herramientas no solo es atribuible al hecho del progreso tecnológico del hombre, también es de destacar que el hombre en su proceso evolutivo ha variado sus necesidades (seguridad, confort, ahorro energético, etc.), por lo cual ha buscado crear avances tecnológicos que suplan dichas necesidades y que de igual manera sean adaptables a su entorno más cercano, en este caso su hogar. Actualmente, esta búsqueda tiene como resultado que el hombre ha logrado concebir conceptos como *edificios inteligentes* y *vivienda domótica*, y que actualmente estos mismos conceptos están siendo impulsados por tres factores principales: evolución tecnológica, cambios sociales y oportunidades de negocio[10].

Aunque a través de la historia han cambiado muchos elementos referentes al hogar y su entorno, es posible concluir y afirmar el hecho que el hombre siempre ha explorado como acondicionar éste espacio a sus gustos y necesidades.

5.2 Historia de la Introducción de la Tecnología en el Hogar

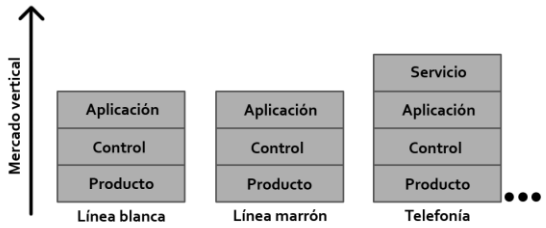
Contrario a lo que se puede llegar a pensar, los hogares no siempre han sido espacios destinados única y exclusivamente para el descanso, la familia y la privacidad. Si se realiza una comparación cronológica de las funciones que ha venido desarrollado el hogar, se puede iniciar analizando el hogar griego, el cual según descripciones de los libros albergaba la familia, animales domésticos, esclavos, riquezas, pastos y tierras de cultivo. Años más adelante, los hogares de la Edad Media usaban el hogar para combinar el trabajo con la residencia, es decir que una misma pieza podía tener varias funciones, por ejemplo una misma lámina de madera podía servir como mesa para comer, banco para sentarse o cama para

[9] DOMÍNGUEZ, Hugo y SÁEZ, Fernando. “Domótica: Un enfoque sociotécnico”. 1 ed. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. 2006. p. 4.
[10] JUNESTRAND. Op. cit., p. 3.

dormir. Con el inicio del suministro de energía eléctrica, se potencia el desarrollo de aparatos domésticos durante la segunda mitad del siglo XX y se llega al actual hogar moderno, el cual está diseñado para el descanso, la familia y la privacidad, dotado de equipos que facilitan las labores domésticas[11].

Dicho desarrollo de equipos o máquinas para labores domésticas supuso un mercado totalmente vertical, que actualmente aún prevalece en la mayoría de mercados, donde los equipos inventados son totalmente independientes, es decir que funcionan de forma autónoma, sin necesidad alguna de comunicarse con otros equipos del hogar (ver Figura 1).

Figura 1. Mercado actual de equipos domésticos.



Fuente. Junestrand, S. Passaret, X. Vázquez, D. “Domótica y Hogar Digital”. Pág. 8.

El exponencial crecimiento de los últimos tiempos que han experimentado campos como la informática, la electrónica y las telecomunicaciones, ha desembocado en que actualmente la sociedad se encuentre inmersa en un entorno el cual le ofrece una vasta gama de dispositivos con un sinnúmero de funciones. Visto desde otra perspectiva, los equipos incorporados a los hogares ya no son puramente diseñados y construidos para mecanizar labores domésticas, sino que se ha creado toda una industria en torno a desarrollar aplicaciones y elementos que puedan ser agregados a un hogar, dotándolo, se podría decir, de inteligencia[12].

Junto con éste nuevo sector de la industria tecnológica, surgen dos nuevos conceptos: domótica e inmótica. El primero término se refiere a la automatización de las viviendas y el segundo para el resto de las edificaciones[13].

[11] DOMÍNGUEZ. Op. cit., p. 7.
[12] BOUZAS MILLARES, Josefa. Panorámica de los sistemas domóticos e inmóticos. Trabajo de grado Ingeniera de Telecomunicaciones. Sevilla: Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2005. p. 6.
[13] HUIDOBRO, José y MILLÁN, Ramón. “Manual de Domótica”. 1 ed. España. Creaciones Copyright. 2010. p. 9.

5.3 Domótica

La domótica se puede situar en los inicios de la década de los 70's, cuando tras muchas investigaciones aparecieron los primeros dispositivos de automatización, que estaban limitados a una sola función, como por ejemplo la regulación de la temperatura en los edificios. Durante los años siguientes con el auge de los computadores personales, se empiezan a incorporar en estos edificios los primeros Sistemas de Cableado Estructurado, con la finalidad de simplificar la conexión de cualquier tipo de terminal, usando un cableado estándar y puntos de acceso distribuidos por todo el edificio. A mediados de la década de los 90's, es cuando dichos sistemas que solo se instalaban en edificios empiezan a adecuarse en viviendas particulares, y es allí cuando empiezan las primeras nociones de *casas inteligentes*, *vivienda domótica*, etc. Hacia 1998, los diccionarios franceses empezaron a acuñar la palabra "*domotique*", la cual traducida al español significa *domótica*. Ésta palabra es originaria de la palabra latina "*domus*" (que quiere decir casa) y la palabra francesa "informatique" (que quiere decir informática)[14].

Según la RAE, la domótica se define como el "*Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda."*, aunque dicha definición puede ser aún más compleja si se entiende la domótica como la "*…ciencia y los elementos y servicios desarrollados por ella que proporcionan algún nivel de automatización o automatismo dentro de la casa."*[15].

Como se puede evidenciar en la Figura 1, los electrodomésticos hasta el momento desarrollados son independientes y autónomos, lo que hace que se tenga un mercado vertical. La domótica puede entenderse como el ente transformador de un mercado vertical a un mercado horizontal, el cual busca conseguir una red convergente que le permita la comunicación de los diferentes elementos tecnológicos implementados en el hogar (ver Figura 2).

Figura 2. Mercado horizontal de equipos domésticos.

Fuente. Junestrand, S. Passaret, X. Vázquez, D. "Domótica y Hogar Digital". Pág. 8.

[14] HUIDOBRO. Op. cit., p. 4.
[15] HUIDOBRO. Op. cit., p. 4.

No obstante, aunque aún no se tenga definido cuáles son los elementos y cualidades que debe cumplir cualquier sistema domótico, es importante decir que cualquier sistema domótico debe asegurar a los consumidores brindar información útil y tener características de control, al tiempo que se le garantiza la facilidad de uso, disponibilidad, seguridad y privacidad. Para respaldar que dichos ítems se cumplan, la Universidad del Sur de California[16] propone para los Sistemas de Gestión de Energía, los siguientes requisitos con el fin de mantener una funcionalidad del sistema avanzada y versátil, que al tiempo facilite el seguimiento y control:

- *Seguimiento:* El sistema debe generar información sobre el consumo de energía en diferentes frecuencias de tiempo, con el fin de que el consumidor pueda relacionar en tiempo real la información con sus actos de consumo de energía.

- *Clasificar:* Brindar información del efecto del consumo eléctrico en tiempo real de diferentes dispositivos específicos.

- *Disponibilidad y Accesibilidad:* El sistema debe ofrecer disponibilidad de la información en todo momento, ya sea en forma de dispositivo o a través de una web o portal móvil que de acceso remoto a la información.

- *Información de la Integración:* El sistema debe entregar diferentes tipos de información relacionadas con todas las demás aplicaciones integradas al sistema.

- *Accesibilidad a la Vivienda:* El mantenimiento del sistema debe ser simple, y que su consumo de energía sea mínimo.

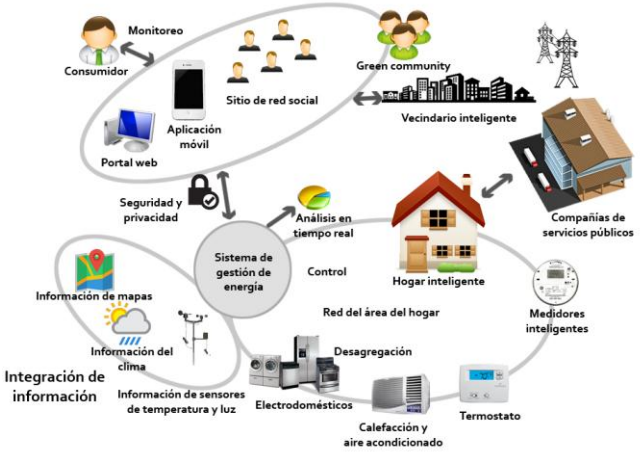
- *Controlar:* El sistema debe ser capaz de proporcionar al usuario un control remoto para realizar operaciones manuales.

- *Privacidad:* El sistema debe autenticar todas las transacciones para asegurar que los datos y operaciones de los consumidores sean seguros y no accesible a terceros.

Así mismo, la Universidad del Sur de California ilustra el funcionamiento general de un sistema domótico (ver Figura 3), en relación directa con los principales elementos de su entorno, indicando en qué puntos es necesario aplicar los requisitos anteriormente planteados.

[16] AMAN, Saima; SIMMHAN, Yogesh y PRASANNA, Viktor K. “Energy Management Systems: State of the Art and Emerging Trends”. En: IEEE Communications Magazine. Enero, 2013. Vol. 51, no. 1, p. 114.

Figura 3. Función del sistema Domótico en el Hogar y su entorno.



Fuente. "Energy Management Systems: State of the Art and Emerging Trends". Pág. 2.

5.4 Redes Domóticas

Al momento de implementar cualquier red domótica se debe tener claro que ésta debe cumplir con unas mínimas especificaciones técnicas avaladas y clasificadas por diferentes entes de estandarización internacional. La Comisión de Domótica del Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba expone, define y clasifica los que considera los requerimientos más importantes que deben considerarse al momento de implementar una red domótica según la normativa de los diferentes entes reguladores[17]:

- Arquitectura
- Topología
- Medios de Transmisión
- Protocolos y Tecnologías

5.4.1 Arquitectura de las Redes Domóticas

En las redes domóticas, como en diferentes tipos de redes, la arquitectura de red juega un papel de vital importancia ya que se puede entender como el punto en donde reside la inteligencia del sistema domótico a implementar. Algunos autores definen la arquitectura de red como un "…*conjunto de acciones que definen el diseño y la operación de los componentes de hardware y software*…"[18], es decir

[17] COLEGIO DE INGENIEROS ESPECIALISTA DE CÓRDOBA. "Guía de contenidos mínimos para la elaboración de un proyecto de domótica". Argentina. 2012. P. 9.
[18] HERRERA PÉREZ, Enrique. "Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos". 1 ed. México. Limusa. 2010.

que la arquitectura de red puede llegar a determinar la serie de protocolos, dispositivos, tecnologías, etc., que llegara a necesitar un sistema domótico. Se pueden definir tres diferentes tipos de arquitectura[19]:

- *Arquitectura Centralizada:* Éste tipo de arquitectura dispone de un controlador central, el cual se encarga de recibir todos los datos de los diferentes dispositivos que hacen parte de la red, procesarlos y transmitirlos al usuario, para que éste genere las órdenes que considere oportunas.

- *Arquitectura Distribuida:* Éste tipo de arquitectura distribuye toda la inteligencia del sistema en cada uno de los dispositivos instalados, los cuales son capaces de procesar los datos y transmitirlos al usuario.

- *Arquitectura Mixta:* Éste tipo de arquitectura combina la arquitectura centralizada y distribuida, con el fin de crear pequeños controladores capaces de recibir y procesar los datos de múltiples dispositivos y transmitirlos al usuario.

5.4.2 Topologías usadas en las Redes Domóticas

Las redes domóticas como muchas otra redes de comunicaciones, precisan que la topología de red se define como la configuración en la cual se interconectan los equipos o dispositivos asociados a red para su comunicación. Cabe resaltar que la topología de red puede ser vista desde dos puntos de vista:

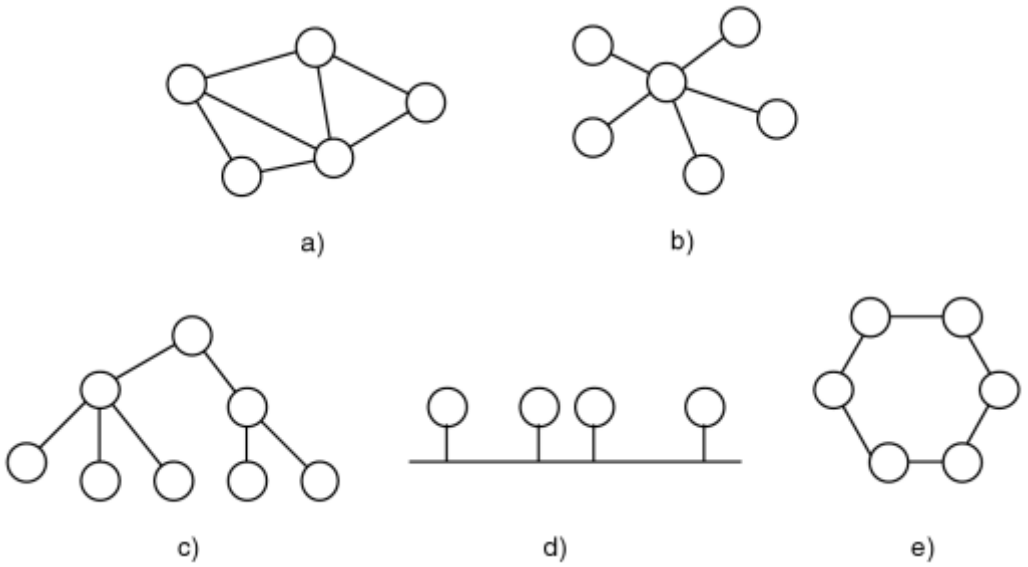
- *Topología de Red Lógica:* Se entiende como la forma en la cual se comunican los equipos o dispositivos asociados a la red basado en su configuración de software independiente de sus conexiones físicas.

- *Topología de Red Física:* Se entiende como la forma en la cual están conectados los equipos o dispositivos asociados a la red desde el punto de vista de enlaces o medios físicos de transmisión.

Actualmente las redes domóticas manejan las 5 principales tipos de topologías de red: Estrella, Anillo, Bus, Malla y Árbol (ver Figura 4). Algunos autores consideran un sexto tipo de topología de red definida como *“mixta”,* cuando éstas se combinan entre sí.

[19] COLEGIO DE INGENIEROS ESPECIALISTA DE CÓRDOBA. Op. cit., p. 9.

Figura 4. Topologías de Red. a) Malla, b) Estrella, c) Árbol, d) Bus, e) Anillo.



Fuente. “Análisis de redes y sistemas de comunicaciones”. Pág. 28.

5.4.3 Medios de Transmisión usados en las Redes Domóticas

Los medios de transmisión que utilizan las redes domóticas actualmente, se han acoplado a los desarrollados a través de los años para las diferentes redes de comunicaciones, ya que tienen la misma finalidad, servir como vía o puente de comunicación para transmitir la señal de datos entre los dispositivos o equipos asociados a la red. Cabe resaltar que cada medio de transmisión posee unas características específicas tales como: velocidad de transmisión, distancia máxima de conexión entre dos puntos, facilidad de implementación, protección ante interferencias, soporte de diferentes tecnologías, etc., por lo cual dependiendo de las necesidades de la red se debe escoger el medio de transmisión a utilizar.

Para la implementación y adecuación de redes domóticas, es posible clasificar los diferentes medios de transmisión en tres grandes grupos: cableados, inalámbricos y ópticos, según la forma en la cual se transmite la señal[20], donde esta clasificación no limita a que se puedan combinar diferentes medios de transmisión con el fin de elaborar una red domótica más eficiente.

5.4.3.1 Medios de Transmisión Cableados

Los medios de transmisión cableados son aquellos que transmiten señales de datos eléctricas por medio de cables que están conectados a los dispositivos o

[20] COLEGIO DE INGENIEROS ESPECIALISTA DE CÓRDOBA. Op. cit., p. 9.

equipos de la red. Actualmente los medios de transmisión cableados son ampliamente usados en las implementaciones de redes domóticas, ya que una de sus principales características es que solo permite cortas distancias de conexión lo cual se adapta perfectamente para la mayoría de hogares, aunque para grandes edificaciones puede llegar a ser una gran desventaja. Otra de sus principales ventajas radica en su bajo coste de compra e instalación, por lo cual la industria asociada a los medios cableados ha enfocado sus esfuerzos en sacar el mayor provecho en usar y desarrollar estándares bajo éste de medio de transmisión.

Sin embargo, la principal desventaja que presentan los medios de transmisión cableados es su alta sensibilidad de interferencia ante el ruido eléctrico, y además en el hecho que al momento de implementar una red domótica con medios cableados se puede ver afectada la imagen de hogar, si se tiene en cuenta que la red se implementa en una antigua edificación.

Dentro de los medios de transmisión cableados más importantes utilizados en las redes domóticas se encuentran: las líneas eléctricas, el par trenzado y el cable UTP.

5.4.3.2 Medios de Transmisión Inalámbricos

Los medios de transmisión inalámbricos son aquellos que utilizan antenas como medio de transmisión y recepción de señales de datos electromagnéticas entre los dispositivos o equipos de la red. Su principal ventaja reside en que dichos medios se adaptan fácilmente a diferentes entornos, ya que básicamente al ser el aire su medio de transmisión es constante en cualquier ambiente, lo cual permite que las instalaciones sean más rápidas y sencillas de implementar. Además los medios inalámbricos bajo ciertas condiciones, proporcionan largas distancias de comunicación y altas tasas de velocidad en la transmisión de datos.

Las principales desventajas que presenta éste medio de transmisión, es que su costo es más alto respecto a los medios de transmisión cableados, además que en algunas condiciones atmosféricas puede generarse interferencia en las señales electromagnéticas lo que afecta su funcionamiento en espacios abiertos.

Algunas tecnologías desarrolladas para usar el medio de transmisión inalámbrico y que se usan en la actualidad en la implementación de redes domóticas son: ZigBee, Bluetooth y WiFi.

5.4.3.3 Medios de Transmisión Ópticos

Los medios de transmisión ópticos son aquellos que utilizan rayos de luz modulados para la comunicación de los dispositivos o equipos de la red, donde la

señal de datos puede ser transmitida a través del aire con línea de vista directa entre los equipos o dispositivos, ó por medio de su confinación en delgadas hebras de cristal o plástico interconectadas entre los equipos o dispositivos de la red. Su principal característica, y razón de desarrollo, es que es capaz de transmitir grandes cantidades de datos e información a tasas de velocidad bastante altas. Asimismo, tolera grandes distancias de comunicación ya que la señal de datos presenta muy bajas atenuaciones debido a la carencia de interferencias.

Su principal desventaja se refleja en el alto costo que tiene respecto a otros medios de transmisión, ya que su adquisición e instalación requieren de una alta capacidad monetaria adquisitiva para su desarrollo e implementación. Por tal razón, en el presente pocas empresas dedicadas a la domótica han realizado avances tecnológicos bajo éste medio de transmisión.

En el presente existen dos tipos de medios ópticos que han sido utilizados en el mercado para la implementación de redes domóticas: el infrarrojo y la fibra óptica.

5.4.4 Protocolos y Tecnologías usadas en las Redes Domóticas

5.4.4.1 Protocolo X-10

El protocolo X-10 fue desarrollado por la empresa escocesa *Pico Electronics Ltd.* entre los años 1976 y 1978, siendo uno de los protocolos más antiguos de automatización que buscaba transmitir datos por el cableado eléctrico de baja tensión. Su nombre se debe a que cada proyecto interno estudiado por la empresa tenía asignado un número de experimento, para éste caso era el “Experimento No. 10”, o de manera abreviada “X10”[21].

Figura 5. Logotipo Protocolo X-10.

Fuente. “Instalaciones domóticas”. Pág. 67.

[21] VAQUERO, Joaquín; CORRALES, Esther y RODRÍGUEZ, Cristina. “Domótica y sistemas embebidos para comunicaciones inalámbricas”. Universidad Rey Juan Carlos. 2011. p. 4.

A partir del año 1978 el protocolo X-10 empezó a comercializarse en el mercado de los Estados Unidos como un producto para la automatización del hogar. En sus inicios fue un protocolo propietario, pero a partir del año 1998 a raíz de que la patente caduco, un gran número de empresas se interesaron en el desarrollo de productos basados en esta tecnología, con tal alcance que en la actualidad se han vendido más de 150 millones de equipos alrededor del mundo que combinan la tecnología de corrientes portadoras con comunicaciones inalámbricas y sistemas de monitoreo[22].

5.4.4.1.1 Funcionamiento

El protocolo X-10 basa su funcionamiento en el uso de la red eléctrica como medio de comunicación, donde la transmisión de datos entre los dispositivos conectados a la red se realiza mediante corrientes portadoras ó PLC por sus siglas en inglés, la cual se puede definir como la tecnología que "*se basa en la utilización de líneas de distribución, eléctricas o telefónicas principalmente, para transmitir la información sin perjuicio de su uso original, es decir, compartiendo el medio con la señales eléctricas o telefónicas, respectivamente"*[23].

Cabe resaltar, que dichos dispositivos tienen la capacidad de poder conectarse directamente a la toma corriente y realizar el proceso necesario para la obtención de datos. Las redes domóticas desarrolladas bajo éste protocolo, pueden funcionar en redes eléctricas de corriente alterna (AC) de tipo monofásica o trifásica y además con diferentes voltajes, dependiendo del país en el cual se implemente. Para el caso colombiano, los dispositivos desarrollados bajo el protocolo X-10 deben funcionar a 110V y 220V a 60Hz[24].

La codificación de datos del protocolo X-10 se realiza modulando la señal eléctrica de la siguiente manera: cuando la onda sinusoidal de 60Hz (*) pasa por el valor de 0V, se inserta una ráfaga de señal de 0,5W y 1ms de duración a una frecuencia de 120kHz, donde dicho pulso de 120kHz representa el "1" binario y el "0" binario se representa cuando existe la ausencia de dicho pulso[25] (ver Figura 6).

---

[22] GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. Configuración de instalaciones domóticas y automáticas. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2013. p. 164.

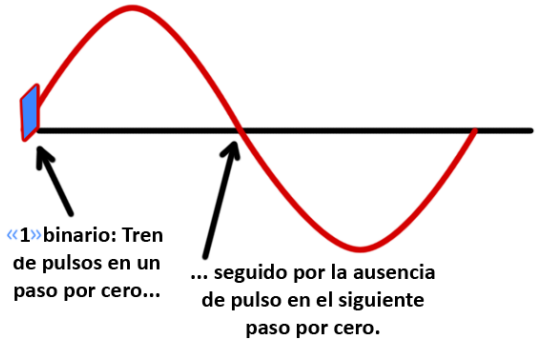
(*) La frecuencia depende del país en referencia, para el caso colombiano es de 60Hz.

[23] GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. Elementos de sistemas de telecomunicaciones. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2015. p. 9.

[24] GAVIRIA, César; ORDOÑEZ, Jhonatan y RAMOS, Julián. "Estudio comparativo del internet de las cosas frente a los protocolos tradicionales de la domótica y propuesta de un protocolo unificado". Trabajo de Especialización. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás. Especialización Redes de Datos. 2014. p. 37.

[25] MORO VALLINA, Miguel. "Instalaciones domóticas". 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2011. 191 p. 76.

Figura 6. Envío de “1” y un “0” lógicos en protocolo X-10.



Fuente. “Configuración de instalaciones domóticas y automáticas”. Pág. 165.

Para transmitir información o datos a un dispositivo X-10, se realiza mediante telegramas que se componen de 13 bits y tienen una duración de 11 ciclos de red. La estructura del telegrama contiene los siguientes campos[26]:

- *Código de Inicio*: Siempre es “1110” y sirve para identificar el inicio de un telegrama. Este campo ocupa dos ciclos de la onda eléctrica.

- *Código de Casa*: Identifica el código de la casa, donde es posible configurar dieciséis posibles códigos (letras de la “A” a la “P”). Este campo ocupa 4 ciclos de la onda eléctrica.

- *Código Numérico o Código de Función*: Este campo con dieciséis posibles valores y que ocupa 5 ciclos de la onda eléctrica, puede identificar a cada uno de los dispositivos receptores (Código Numérico) ó indicar la acción que se debe llevar a cabo en el dispositivo X-10 (Código de Función), según el código de casa y el código numérico.

De esta manera, para transmitir un mensaje a un dispositivo X-10 se deben transmitir dos telegramas de forma consecutiva, donde en el primero se especifica cuál es el dispositivo al que va destinado el mensaje, y en el segundo se especifica la función que debe realizar el dispositivo.

5.4.4.1.2 Ventajas y Desventajas

Diferentes autores concuerdan que las dos mayores ventajas de instalar una red domótica bajo el protocolo X-10, radican en el hecho de que su implementación tiene un bajo costo debido a que no necesita un cableado especifico sino

[26] GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. Configuración de instalaciones domóticas y automáticas, Op. cit., p. 166.

solamente conectar los dispositivos necesarios, y además aplica para cualquier recinto cerrado ya construido como: hogares, oficinas, bodegas, etc., ya que no requiere la instalación de una red adicional para la transmisión de datos. Sin embargo, estos mismos autores reconocen que las redes domóticas desarrolladas bajo el protocolo X-10 no están respondiendo a las necesidades actuales del mercado debido a que sus funcionalidades son muy básicas, y asimismo presentan inconvenientes respecto a temas de seguridad, atenuación en las señales de datos a largas distancias, interferencias con redes eléctricas aledañas, y en el más crítico de los casos, si la red eléctrica deja de funcionar toda la red domótica fallaría.

En la Tabla 1 se pueden evidenciar un conjunto de ventajas e inconvenientes que presentan la redes domóticas desarrolladas bajo el protocolo X-10 al momento de realizar su implementación.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del protocolo X-10.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Instalación sencilla y fácil: básicamente hay que colocar los mecanismos y asociarlos entre sí.	Baja fiabilidad del protocolo debido a la posibilidad de órdenes falsas.
Bajo coste de la instalación debido al aprovechamiento del cableado eléctrico.	Al compartir el medio de transmisión con la red eléctrica, existe riesgo de interferencias eléctricas.
Integrable en hogares, comercios y oficinas ya construidas.	Es necesario instalar filtros en el cuadro eléctrico del recinto automatizado, debido a que la señal puede viajar fuera de la instalación o podría accionarse desde el exterior por otro sistema X-10 o alguna interferencia.
Ampliable: al basar su funcionamiento en módulos independientes, el propio usuario, en previsión de sus necesidades, aumentará el número de dispositivos a automatizar.	Prestaciones bajas comparadas con otros productos: desde un PC se pueden manejar 256 dispositivos con un máximo de 99 eventos distintos.
Protocolo abierto; multitud de fabricantes de productos X-10.	Ancho de banda bajo: las frecuencias de voltaje de la red eléctrica son 60Hz en EE.UU. y 50Hz en Europa, por lo que lo hace apropiado para aplicaciones domésticas, pero no inmóticas.
Con un PC o una pantalla táctil o una pasarela residencial podemos monitorizar el estado del sistema y	Los mecanismos de seguridad son escasos, no existiendo confirmación de que las tramas de datos lleguen a su

programar acciones diarias, semanales, etc.	destino.
Posibilidad de configurar el sistema según las necesidades del usuario y de las que pueden ir surgiendo a través de su uso, integrando servicios de seguridad, confort, comunicación, gestión energética, etc.	Si uno de sus aparatos se estropea, el resto de la instalación puede llegar a dejar de funcionar.

Fuente. “Configuración de instalaciones domóticas y automáticas”. Pág. 164.

Actualmente en el mercado existen mejoras del protocolo X-10, como lo son *X10Pro* desarrollado por una subsidiaria de la empresa *X10 Limited*, y *Advanced X-10* desarrollado por la empresa *Eaton Holec*, donde ambos protocolos traen consigo mejoras en la transmisión de las señales de datos y minimizan los errores de transmisión a largas distancias. Aunque estas mejoras aumentan la funcionalidad del protocolo, también se debe resaltar que de la misma manera se incrementa ampliamente su costo en relación al costo a los módulos básicos del protocolo X-10.

5.4.4.2 Protocolo KNX

El protocolo KNX nace producto de la asociación de las principales empresas de automatización europeas EIBA de Bélgica, BCI de Francia y EHSA de Holanda, que hacia el año de 1997 deciden sumar esfuerzos y tomar las mejores características de cada uno de sus correspondientes sistemas desarrollados: EIB (*European Installation Bus*), BatiBUS y EHS (*European Home Systems*), y comenzar la iniciativa llamada “*Asociación* Konex” la cual tenía como objetivo crear un protocolo de comunicación estándar que fuera principalmente: compatible, versátil, escalable y abierto. Finalmente en el año 2002, ya con el nombre ligeramente modificado, la “*Asociación KNX*” presenta el protocolo KNX con sus respectivas especificaciones, el cual se caracteriza principalmente por ser un estándar abierto e interoperable entre dispositivos de diferentes fabricantes.

Figura 7. Logotipo Protocolo KNX.

Fuente. “Instalaciones domóticas”. Pág. 86.

En la actualidad del protocolo KNX ha sido aprobado por diferentes entes de estandarización a nivel mundial, entre los más importantes de ellos se encuentran:

- *CENELEC EN 50090*: En Diciembre de 2003 fue aprobado como estándar europeo.
- *ISO/IEC 14543-3*: En Noviembre de 2006 fue aprobado como estándar internacional.
- *GB/Z 20965*: En Julio de 2007 fue aprobado como estándar chino.
- *ANSI/ASHRAE 135*: En Enero de 2007 fue aprobado por la ASHRAE y en Marzo del mismo año por la ANSI como estándar Norteamericano

5.4.4.2.1 Funcionamiento

El protocolo KNX además de ser abierto e independiente de fabricantes, es capaz de utilizar diferentes medios de transmisión para intercambiar información a través de los dispositivos asociados a la red, entre estos medios se encuentran: líneas eléctricas, Ethernet y radiofrecuencia. Esta diversidad de medios, hacen del protocolo KNX, a nivel de capa física, un protocolo versátil y adaptable en viviendas, edificios o cualquier tipo de construcción, donde es posible implementar los siguientes tipos soluciones de comunicación[27]:

- *TP-0 (Twisted Pair, tipo 0)*: La comunicación se realiza por medio de cable de pares trenzados a una tasa de transmisión de 4800 bit/s. Dicho tipo de comunicación fue aportada por BatiBUS.

- *TP-1 (Twisted Pair, tipo 1)*: La comunicación se realiza por medio de cable de cobre trenzado a una tasa de transmisión de 9600 bit/s. Dicho tipo de comunicación fue aportada por EIB.

- *PL-110 (Power Line, 110 kHz)*: La comunicación se realiza por medio de ondas portadoras a una tasa de transmisión de 1200 bit/s. Dicho tipo de comunicación fue aportada por EIB.

- *PL-132 (Power Line, 132 kHz)*: La comunicación se realiza por medio de ondas portadoras a una tasa de transmisión de 2400 bit/s. Dicho tipo de comunicación fue aportada por EHS.

- *RF (Radio Frequency, 868 MHz)*: La comunicación se realiza por de radio frecuencia a una tasa de transmisión de 38,4 Kbit/s. Dicho tipo de comunicación fue desarrollado por la Asociación KNX.

[27] RIVAS ARIAS, Jose Maria. “Manual ilustrado para la instalación domótica”. 1 ed. España. Editorial Paraninfo. 2009. p. 14.

- *Ethernet (KNXnet/IP)*: La comunicación se realiza por medio del estándar Ethernet a una tasa de transmisión de 10 Mbit/s. Dicho tipo de comunicación fue aportado por EIB para la transferencia de datos entre productos de la misma tecnología a través del protocolo IP.

Cada uno de estos medios de transmisión son los encargados de transportar los telegramas de datos que comunican a los diferentes equipos o dispositivos de la red KNX. Estos telegramas tienen una longitud variable de 9 bytes hasta 23 bytes, debido a que en KNX existen dos tipos diferentes de datos[28]:

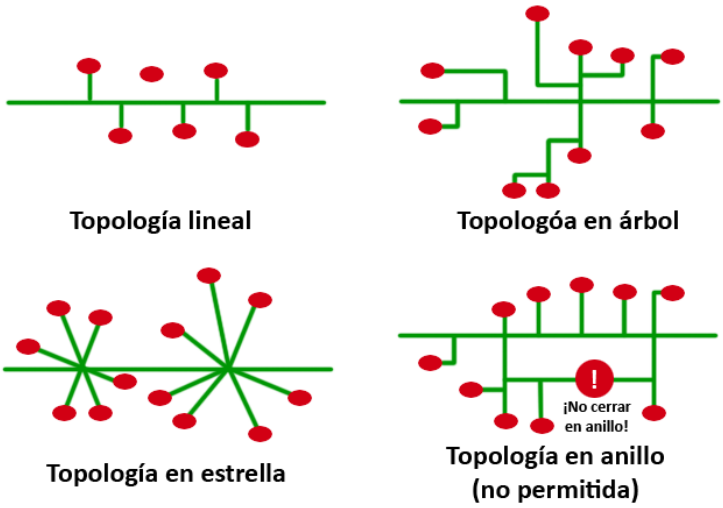
- *Datos Útiles:* Informan sobre algún evento de la red. Estos pueden ser 2 bytes de conmutación o 16 bytes de transmisión de texto.

- *Datos Específicos:* Siempre ocupan 7 bytes y contienen información de control para la transmisión del telegrama. Están distribuidos de la siguiente manera: un byte con el campo de control, dos bytes con la dirección de origen, un byte de comprobación y un byte con la longitud de datos útiles.

Por último, se debe tener en cuenta al momento de implementar instalaciones domóticas bajo el protocolo KNX, que dicho protocolo se debe diseñar en forma de bus, es decir una línea compartida por todos los dispositivos o componentes que hacen parte de la red de automatización. De esta manera, el protocolo KNX acepta las topologías en forma de línea, estrella o árbol, y no permite la topología en forma de estrella (ver Figura 8).

[28] MAESTRE TORREBLANCA, José. “Domótica para ingenieros”. 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2015. p. 14.

Figura 8. Topologías permitidas y no permitidas en KNX.



Fuente. “Configuración de instalaciones domóticas y automáticas”. Pág. 197.

5.4.4.2.2 Ventajas y Desventajas

Se puede afirmar que la principal y mayor ventaja del protocolo KNX es que es un protocolo altamente flexible, ya que al ser un sistema descentralizado, es decir que no necesita de un control central ya que todos sus componentes se comunican entre sí, le da la gran ventaja de ser un sistema fácilmente extensible, modificable y ajustable a las necesidades del usuario. Por ejemplo, para instalaciones domóticas bajo el protocolo KNX, es posible usar diferentes fabricantes de dispositivos debido a que en el mundo muchos dispositivos se fabrican bajo el protocolo KNX para su comunicación, ya que el protocolo cuenta con el respaldo de diferentes entes de normatividad internacional.

Sin embargo, los dispositivos desarrollados para KNX en su gran mayoría presentan elevados precios, ya que cada uno de los dispositivos de la red deben tener un mínimo de funcionalidades para hacer de éste un sistema distribuido, lo cual en cierta medida los hace menos atractivos en el mercado para su implementación. Por otro lado, su funcionamiento en forma de bus afecta en un alto grado el tema de reducción de cableado para construcciones antiguas, ya que la mayoría de soluciones domóticas KNX conectan los dispositivos o equipos por cableado, y las que se desarrollan para funcionar bajo radiofrecuencia tienen un coste aún más elevado.

5.4.4.3 Protocolo LONTALK

El protocolo LonTalk aparece a principios de la década de los noventa como protocolo de comunicación para la tecnología *LonWorks*, la cual fue creada por la compañía estadounidense *Echelon*, para la implementación de redes de control y automatización en edificios y hogares. Dicho protocolo que tiene como función principal el intercambio de telegramas de control y estado, permite emplear diferentes topologías y medios de comunicación, ya que todos los dispositivos desarrollados bajo la tecnología *LonWorks* deben operar con el microprocesador llamado *Neuron Chip*, el cual se programa bajo las características de comunicación del protocolo *LonTalk*, haciendo de ésta una tecnología flexible e interoperable. En la actualidad, un conjunto de más de 200 fabricantes, instaladores y usuarios crearon la Asociación LonMark, la cual tiene como función gestionar los procesos de certificación y normalización asociados a la tecnología LonWorks.

Figura 9. Logotipo de la Asociación LonMark.

Fuente. “Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas”. Pág. 3.

Diferentes entes de estandarización a nivel mundial han aprobado y acogido el protocolo LonTalk, donde entre las normativas más importantes se encuentran:

- *ISO/IES EN-14908. Open Data Communication in Building Automation, Controls and Building Management.*

- *ANSI/EIA/CEA 709.1. Control Network Protocol Specification.*

- *IEEE 1473-1999. Standard for Communications Protocol Aboard Trains.*

- *GB/Z 20177-2006. Control network LONWORKS technology specification*.

5.4.4.3.1 Funcionamiento

Debido a que la tecnología *LonWorks* cuenta con dos importantes características las cuales son: ser abierta a cualquier fabricante y abarcar los sietes niveles OSI, ha provocado que dicha tecnología tome características de ser fiable y robusta, al mismo tiempo que se establece cada día como una tecnología de arquitectura descentralizada, teniendo en cuenta que cada dispositivo debe contener integrado el microprocesador *Neuron Chip* para su correcto funcionamiento. La comunicación entre microprocesadores, a nivel de capa física, se puede establecer mediante diferentes medios, donde en la Tabla 2 se presentan los medios físicos e inalámbricos más usados por el protocolo LonTalk, debido a que por sus características hacen la comunicación más eficiente entre los diferentes dispositivos.

Tabla 2. Características de los medios físicos e inalámbricos usados por LonTalk.

Tipo de Canal	Medio Físico	Velocidad	Distancia Máxima
TP/FT-10	Par trenzado, fibra óptica y *link power*	78 Kbps	500m en topología libre. 2.200m en topología bus.
TP/XF-1250	Par trenzado (topología bus)	1,25 Mbps	130m
PL-20	Línea de potencia	5,4 Kbps	Depende del entorno
IP-10	LonWorks sobre IP	10 Mbps 100 Mbps	En función de la red IP
FO-20	Fibra Óptica	1,25 Mbps	30Km
IR	Infrarrojos	78,1	10 – 30m
RF-10 RF-100	RF (49 MHz) RF (433 – 472MHz)	4,88 Kbps	2Km – Depende del entorno y potencia del transceptor

Fuente. “Introducción a LON”. Pág. 17.

Para conseguir interoperabilidad entre sus dispositivos, *LonWorks* define que los objetos que contienen información de la red, tales como: temperatura, humedad, consumo eléctrico, etc., deben estar clasificados con un único tipo de variable que cuente con características propias como: unidades, escala, tamaño, etc., con el fin de que al momento de ser compartida dicha variable en red, los demás dispositivos asociados puedan comprender la información enviada, con el formato bajo el cual haya sido compartida. Para realizar este tipo de intercambio de

información entre los dispositivos de la red, el protocolo *LonTalk* establece 4 tipos de mensajes[29]:

- *Mensaje de reconocimiento o con acuse*: Este tipo de mensaje se usa con el fin de obtener un reconocimiento o acuse de un grupo específico de dispositivos. Si no se recibe el reconocimiento o acuse de dichos dispositivos, se espera un tiempo determinado y se reintenta la operación. El tiempo de espera y el número de intentos son definidos por el programador.

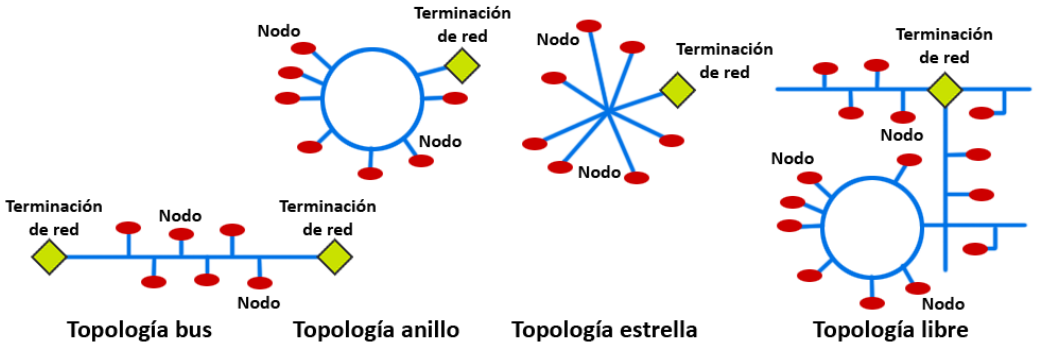
- *Mensaje con petición de respuesta*: Se usa para enviar un mensaje a uno o varios dispositivos con el fin de obtener respuestas individuales. El mensaje es recibido y procesado por el dispositivo antes de producir una respuesta. También es posible configurar el tiempo de espera y números de intento.

- *Mensaje sin reconocimiento o de repetición*: Este mensaje se envía a uno o varios dispositivos sin esperar respuesta alguna de los dispositivos. Es muy utilizado cuando se quiere hacer un *broadcast* a gran número de dispositivos.

- *Mensaje de autentificación*: Es empleado para que los dispositivos receptores puedan saber si el dispositivo emisor estaba autorizado para el envío del mensaje. Para este servicio se emplean claves de 48bits.

Finalmente, la tecnología *LonWorks* permite abarcar distintas topologías de red, donde principalmente para edificios se utiliza la topología bus para alcanzar grandes distancias, y en hogares se utiliza la topología libre al ser distancias que no superan los 500 metros (ver Figura 10).

Figura 10. Topologías soportadas por LonWorks.



Fuente. “Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas”. Pág. 9.

[29] GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2013. p. 16.

5.4.4.3.2 Ventajas y Desventajas

La principal ventaja de *LonWorks* radica en su acelerado crecimiento y adopción, debido a la rápida internacionalización de su tecnología y productos, principalmente en los mercados de Europa, Estados Unidos y China. De igual manera, uno de los principales atractivos de la tecnología *LonWorks* es su estabilidad en cuando al correcto funcionamiento con un gran número de dispositivos asociados, esto debido a la diferencia de velocidades que precisa *LonWorks* respecto a otros protocolos que se encuentran en el mercado.

Si se realiza una comparación respecto al protocolo KNX, *LonWorks* aventaja a éste protocolo por dos razones principales: la primera de ellas, es que en KNX se deben asignar direcciones físicas a cada uno de los dispositivos asociados a la red, mientras que en *LonWorks* los dispositivos desarrollados ya vienen marcados con un código de identificación de fábrica, lo cual hace que se haga más sencilla su implementación. La segunda razón, radica en que KNX al no aceptar la topología tipo anillo, reduce la redundancia que puede llegar a ofrecer la red ante un error en la comunicación o la irrupción en un tramo del cableado, lo cual para muchos desarrolladores puede resultar en futuros inconvenientes[30].

Aunque *LonWorks* ofrece una gran gama de ventajas respecto a otros protocolos, también tiene dos desventajas en las cuales debe trabajar con el fin de establecerse como una herramienta óptima a la hora de realizar automatizaciones bajo ésta tecnología. La primera desventaja se presenta en su protocolo inalámbrico, ya que de este solo se ha lanzado una versión, que al ser comparado con otros protocolos se queda muy rezagado debido a la baja explotación de dicho medio de comunicación, lo cual puede llegar a reducir su campo de acción. La segunda desventaja, es que no cuenta con una herramienta universal para el manejo y desarrollo de software, sino por el contrario, en la actualidad existen varias herramientas de software para la programación de dispositivos *LonWorks*, lo cual puede desencadenar en problemas de comunicación entre dispositivos.

5.5 Internet de las Cosas (*Internet of Things – IoT*)

Con los desarrollos tecnológicos obtenidos entre los años de 1970 y 1990, donde el mercado mundial da lugar a la penetración en masa de las primeras computadoras de uso personal, e inicia el auge por la creación y desarrollo de la telefonía móvil, algunos estudiosos, científicos y visionarios de la tecnología, originan las primeras discusiones y comentarios sobre la independencia futura de las máquinas para pensar y tomar decisiones. Durante muchos años nadie logró agrupar en un solo término todos los conceptos asociados a aquella visión

[30] KELL, Alan y COLEBROOK, Peter. Open Systems for Homes and Buildings: Comparing LonWorks and KNX. I&I Limited. 2004.

futurista. Fue en 1999, cuando Kevin Ashton Gerente de Marca de la compañía *Procter & Gamble*, en una presentación para su empresa, acuña por primera vez el término "*Internet of Things*", el cual era el título de su presentación[31]. Dicha presentación, planteaba la posibilidad de poder rastrear sus productos a través de sensores conectados a Internet, obteniendo de esta manera una imagen en tiempo real de su cadena de suministro global, permitiendo a la empresa responder a la demanda de sus productos más eficientemente. Posteriormente, Ashton fue cedido al MIT para ocupar el cargo de Director Ejecutivo del *Auto-ID Center*, con el fin de que pudiera desarrollar y profundizar en la idea de *IoT*.

En los siguientes años, a nivel mundial las empresas privadas, entes gubernamentales y la academia, empezaron a mostrar un alto interés por investigar en las ventajas y beneficios que podría llegar a traer el desarrollo y la implementación de *IoT* alrededor del mundo. Cabe resaltar, que las ideas de lo que podría llegar a suponer este nuevo concepto, durante un tiempo fueron muy dispersas, por lo cual *IoT* no se consolidaba como una nuevo concepto capaz de generar un cambio significativo en la sociedad.

En Noviembre de 2005, la ITU publica un reporte llamado "*ITU Internet Reports: The Internet of Things*"[32], el cual contiene una visión general de todo lo que supone *IoT*, desde diferentes puntos de vista, tales como: mercado, tecnologías, desafíos, oportunidades para el mundo en desarrollo, el panorama futuro, etc. Desde el punto de vista técnico, este reporte de la ITU basa el desarrollo de *IoT* en tres conceptos clave:

- *Redes Ubicuas*: Centrar el desarrollo de redes que permitan la comunicación de diferentes tecnologías en cualquier momento y en cualquier lugar.

- *Redes de Próxima Generación (Next-Generation Networks–NGN)*: Integrar al Core de las NGN, plataformas subyacentes que soporten los servicios y aplicaciones del futuro.

- *Computación Ubicua*: Mejorar la potencia de procesamiento de dichas redes.

La finalidad de proyectar estos tres conceptos como base para el desarrollo de *IoT*, es buscar una red global que cumpla con la premisa "…*en cualquier momento y en cualquier lugar, por cualquier persona y por cualquier cosa…*", ya que en la actualidad las redes solo soportan que cualquier usuario pueda conectarse en cualquier momento y en cualquier lugar, pero no cualquier cosa. La visión de la ITU, es que estas cosas a futuro van a ser capaces de comunicarse con otras cosas, por ejemplo: una nevera con un supermercado, por lo cual esta red global a

[31] ASHTON, Kevin. That 'Internet of Things' Thing. En: RFID Journal. Diciembre, 2009. vol. 6, no. 6.
[32] ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things. Ginebra. Noviembre, 2005, vol. 7, no. 1.

la que se pretende llegar, que comprende la comunicación entre objetos inanimados, creará una nueva dimensión en cuanto al entorno de las telecomunicaciones (ver Figura 11).

Figura 11. Introducción de una nueva dimensión al entorno de las telecomunicaciones.

Fuente. "Internet Reports 2005: The Internet of Things". Pág. 3.

En el año 2011, la ITU lanza la Iniciativa Mundial de Normalización sobre Internet de las Cosas (Internet of Things – Global Standards Initiative), la cual tiene como objetivo principal "*…promover la adopción de un enfoque unificado para la elaboración de normas técnicas sobre la IoT a escala mundial…*"[33]. En el año 2012, dicha iniciativa consolida la siguiente definición global acerca de lo que es *IoT*:

> Se entiende por Internet de las cosas (IoT) una sociedad definida por "cosas" inteligentes que pueden comunicarse entre sí directamente o a través de una red. La IoT es la realización de la idea según la cual todo puede ser conectado en cualquier parte y en todo momento. Este concepto puede aplicarse a sectores como la cibersalud, el cibergobierno, la industria automotriz, los sistemas de información geográfica, la teledetección, las redes

[33] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. ITU-T Global Standards Initiatives – IoT. 2012. p. 2.

en el hogar (domótica), el comercio electrónico y la atenuación de los efectos de cambio climático[34].

En la actualidad, la iniciativa de la ITU cuenta con 10 grupos de estudio asociados que evalúan el desarrollo de IoT, en temas relacionados con: gestión de la prestación de servicios de telecomunicaciones, requisitos de señalización y protocolos, aspectos económicos y políticos, codificación multimedia, entre otros. A partir de los estudios realizados a la fecha, la ITU ha publicado la Recomendación ITU-T Y.2060[35], la cual proporciona el concepto y alcance de *IoT*, identifica las características fundamentales y requisitos de *IoT*, y describe el modelo referencia de *IoT*.

5.5.1 Influencia del IoT en la Domótica

Entendidos los conceptos de Domótica e Internet de las Cosas, y que el surgimiento de la automatización del hogar apareció primero que la idea de comunicar los objetos, la Domótica suele verse como una atractiva aplicación para el futuro de *IoT*, teniendo en cuenta que las actuales aplicaciones de monitoreo y control remoto de los sistemas domóticos, con *IoT* podrán ser auto configurables, evitando así la interconexión física a Internet. Es aquí donde *IoT* también encuentra la mayor debilidad de la Domótica, ya que la mayoría de sistemas domóticos al ser controlados remotamente a través de Internet, utilizan una única dirección IP pública, la cual identifica a toda la red domótica del hogar, y no a un solo dispositivo de la red, lo cual puede desembocar en problemas de seguridad, limitación de funcionalidad y de gestión remota de dispositivos[36].

Aunque son muchas las desventajas que podrían llegar a encontrarse en la Domótica desde el punto de vista de *IoT*, también es cierto que se debe evaluar que la implementación y despliegue de plataformas, dispositivos y protocolos que soporten *IoT*, es una idea que en varios sectores implican años de desarrollo para su adopción, donde además se debe tener en cuenta que la implementación de *IoT,* principalmente se ve limitada por el sobre cargado uso actual de direcciones IPv4 en el mundo, y de las escasas funciones que poseen los dispositivos de hardware empleados para la comunicación entre objetos. En 2013 el Clúster TIC-

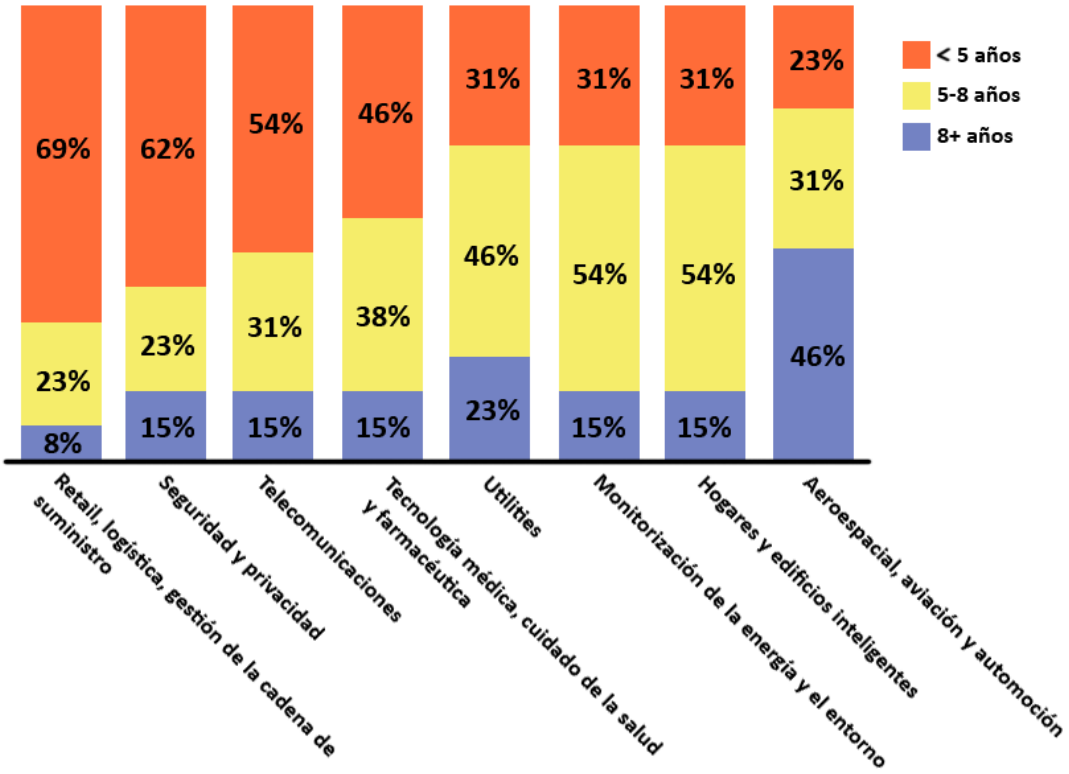
[34] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. ITU-T Global Standards Initiatives – IoT. Op. cit., p. 1.
[35] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Overview of the Internet of things. ITU-T Y.2060. Ginebra. 2012.
[36] MIORI, Vittorio y RUSSO, Davide. “Domotic evolution towards the IoT”. En: IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (28: 13-16, mayo: Victoria, Canada). IEEE Computer Society. 2014.

Audiovisual de Madrid[37], estimo que para la industria de hogares y edificios inteligentes, y de monitorización de la energía eléctrica, el 69% total del sector tardará más de 5 años en adoptar soluciones de *IoT* para su funcionamiento (ver Figura 12).

A corto plazo, la intención de *IoT* no es modificar las funciones establecidas años atrás por la Domótica, sino que por el contrario se desea que *IoT* realice de una manera más eficiente los procedimientos que se llevan a cabo a fin de atender las funciones actuales de la Domótica. Dicho de esta manera, el primer paso para lograr éste objetivo es que se deben acoplar paulatinamente herramientas desarrolladas para *IoT*, como tecnologías y protocolos, que articulen y mejoren el correcto funcionamiento de las redes domóticas. Las primeras herramientas que se podrían adaptar a las redes domóticas, son los dispositivos, tecnologías y protocolos, pensados y elaborados con la finalidad de interconectar objetos, y que además sean flexibles a la hora de acondicionar su funcionamiento a la redes domóticas actuales. De acuerdo a estas características, las tecnologías más adaptables son: Bluetooth, Wi-Fi y ZigBee, las cuales tienen asociados dispositivos propios capaces de comunicarse entre sí, además de ser ampliamente utilizadas hoy en día.

[37] CLÚSTER ICT – Audiovisual de Madrid. “Internet de las Cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes”. Marzo. 2013. P. 6.

Figura 12. Velocidad de adopción del Internet de las Cosas en las distintas industrias.



Fuente. “Internet de las Cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes”. Pág. 7.

5.5.1.1 Bluetooth

La tecnología Bluetooth nace como un proyecto en 1994 de la compañía Ericsson Mobile Communications, la cual quería desarrollar una tecnología la cual fuera capaz de conectar el teléfono móvil con sus accesorios mediante una interfaz de radio, donde dicha tecnología debía tener características de bajo consumo de energía y coste, con un tamaño reducido con el fin de ser integrado al teléfono móvil. Los primeros encargados de desarrollar la tecnología Bluetooth fueron Jaap Haartsen y Mattison Sven de la compañía Ericsson, quienes vieron en esta tecnología la oportunidad de reemplazar los cables para la interconexión de dispositivos como impresoras, teclados, parlantes, etc., de manera transparente para el usuario. Con las utilidades que se fueron observando en la tecnología Bluetooth a través de los años, en Febrero de 1998 las compañías Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel crean el Bluetooth SIG (Grupo de Interés Especial – SIG por sus siglas en inglés), como una asociación sin ánimo de lucro que promueve el desarrollo de Bluetooth como un estándar abierto para la interfaz de radio, buscando desarrollar protocolos interoperables y compatibles entre los equipos de los diferentes fabricantes. En Mayo de 1998, el Bluetooth SIG dio a conocer formalmente cual sería el objetivo de esta tecnología, definiéndola

como*"…un estándar de comunicaciones inalámbricas de corto alcance mediante señales de radiofrecuencia que permite la transmisión de voz y datos…"*[38].

Figura 13. Logotipo de la tecnología Bluetooth.

Fuente. En línea: Página Oficial de Bluetooth (www.bluetooth.com)

Los miembros del Bluetooth SIG son los encargados de dirigir el desarrollo de la tecnología Bluetooth, además de implementar y comercializar la tecnología en los dispositivos que cada uno de ellos produce. Según el sitio oficial del Bluetooth SIG, esta asociación ya cuenta con más de 27.000 afiliados alrededor del mundo, y en el 2014 alcanzo una penetración en el mercado aproximadamente del 90% en los teléfonos móviles. Cabe resaltar que el Bluetooth SIG como asociación sin ánimo de lucro no fábrica ni vende dispositivos Bluetooth.

5.5.1.1.1 Funcionamiento

La tecnología Bluetooth al trabajar con redes de corto alcance como WLAN (Red de Área Local Inalámbrica – WLAN por sus siglas en inglés) o WPAN (Red de Área Personal Inalámbrica – WPAN por sus siglas en inglés), opera en la banda de radiofrecuencia ISM de 2,4 a 2,48 GHz, donde es importante recordar que la ITU ha definido que las bandas de radiofrecuencia ISM están reservadas internacionalmente para uso abierto de todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida[39].

El funcionamiento básico de Bluetooth es la transmisión de datos a través de saltos de frecuencia, que en total son 79 frecuencias con intervalos de 1MHz, con capacidad de comunicación bidireccional o *Full Duplex*, es decir enviando y recibiendo mensajes simultáneamente, donde la distancia de alcance está determinada por la potencia de salida del transmisor (ver Tabla 3). Este método de saltos de frecuencia, fue implementado debido a que la banda ISM al ser de libre uso, está sujeta a múltiples interferencias con las cuales debe ser sortear la tecnología Bluetooth, sin limitar sus capacidades[40].

[38] SALLENT, Oriol; VALENZUELA, José y COMES, Ramon. "Principios de comunicaciones móviles". 1 ed. Barcelona. UPC. 2003. p. 41.
[39] En línea: http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/faq/index.html#g013
[40] SALLENT. Op. cit., p. 106.

Tabla 3. Distancia alcanzadas por Bluetooth según la potencia de transmisión.

Clase	Potencia Máxima Permitida (mW)	Potencia Máxima Permitida (dBm)	Alcance (Apróximado)
1	100 mW	20 dBm	~30m
2	2.5 mW	4 dBm	~10 – 5m
3	1 mW	0 dBm	~1m

Fuente. “Integración de funciones de presentación y control de datos médicos en tablet PC”. Pág. 19.

El bajo consumo de energía, el bajo costo y el reducido tamaño de los dispositivos Bluetooth, se debe principalmente a que son desarrollados con circuitos CMOS, con lo cual se ha conseguido crear dispositivos de 9x9mm que tienen un consumo 97% menor al de un teléfono móvil convencional. Estos dispositivos constan de dos partes:

- *Dispositivo de Radio*: Su función es la modular y transmitir la señal.

- *Controlador Digital*: Es el encargado de procesar las señales recibidas y manejar los protocolos de comunicación entre los dispositivos.

A la fecha han sido publicadas varias versiones de la tecnología Bluetooth, donde en cada una de ellas se mejoran temas de velocidad en la transmisión de datos, bajo consumo de energía, seguridad, entre otros. Es importante aclarar que todas las versiones de Bluetooth que son desarrolladas, son compatibles con las versiones creadas anteriormente. La versión más actualizada es la 4.2 lanzada el 2 de Diciembre de 2014, la cual incorpora nuevas funciones como conectarse directamente a Internet, mejorar la seguridad en cuanto a permisos previos de conexión, mayor velocidad en el envío y codificación de la información[41].

5.5.1.2 Wi-Fi

Con el creciente uso de las conexiones inalámbricas durante la década de los noventa, en 1999 las empresas 3Com, Aironet, Intersil, Lucent Technologies, Nokia y Symbol Technologies deciden crear una asociación comercial llamada *Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)*, con el objetivo de desarrollar un mecanismo de compatibilidad para la conexión inalámbrica de los dispositivos desarrollados por los diferentes fabricantes asociados. Durante este mismo año, la IEEE publica el estándar *802.11b*, el cual especifica los métodos de transmisión

[41] HUÉRFANO RODRÍGUEZ, Paula Adriana Catalina. Estudio para reducción de consumo energético en Colombia basado en tecnología domótica. Trabajo de grado Ingeniera de Sistemas. Bogotá D.C.: Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Facultad de Ingenierías. 2011. p. 19.

de datos para la capa física y de enlace según el modelo OSI, para que las redes inalámbricas alcancen una tasa de transferencia de 11M/bits usando la banda ISM de 2,4 a 2,48 GHz[42]. Basados en este estándar, la *WECA* en el año 2000 publica la marca Wi-Fi y a su vez certifica la total interoperabilidad de todos los productos desarrollados bajo ésta marca, es decir que todos los productos que lleven el sello Wi-Fi, independiente del fabricante, podrán trabajar conjuntamente sin inconvenientes. La *WECA* cambió su nombre en 2002a *Wi-Fi Alliance* y sigue siendo dueño de la marca Wi-Fi, donde en el sitio web oficial manifiestan que actualmente cuentan con más de 600 compañías afiliadas y más de 25.000 productos certificados.

Figura 14. Logotipo de la Wi-fi Alliance.

Fuente. En línea: Página Oficial de la Wi-Fi Alliance (www.wi-fi.org)

Acorde al desarrollo de nuevos estándares publicados por la IEEE 802.11 para redes inalámbricas, la *Wi-Fi Alliance* los ha venido adoptando con el fin de tener tecnología de vanguardia en los productos certificados que brinden seguridad y confiabilidad al usuario, donde al día de hoy entre los estándares adoptados que han sido masificados en gran escala son los *802.11b*, *802.11g*, *802.11n* y *802.11ac*. Cabe resaltar que no todos los dispositivos desarrollados bajos los estándares IEEE 802.11 deben ser certificados por la marca Wi-Fi, ya que al ser una marca privada, dicho proceso de certificación en el producto tiene un costo que se debe pagar a la Wi-Fi Alliance.

5.5.1.2.1 Funcionamiento

Teniendo en cuenta que Wi-Fi certifica la interoperabilidad de productos basados en los estándares 802.11, se debe entender comprender el desarrollo que ha presentado cada uno de ellos a través de los años. En la Tabla 4 se presentan las principales características de los estándares 802.11 que han sido ampliamente adoptados e implementados en los productos Wi-Fi.

[42] NEGUS, Kevin y PETRICK, Al. History of Wireless Local Area Networks (WLANs) in the Unlicensed Bands. George Mason University. 2008. p. 8.

La compatibilidad de estos productos y de las diferentes versiones de los estándares 802.11, radica principalmente en el protocolo de control de acceso al medio, el cual se realiza por medio CSMA/CD que optimiza el uso del canal de información y evita principalmente la perdida de información[43].

Tabla 4. Características de los principales estándares 802.11.

Estándar	Año	Banda de Operación	Ancho de Banda	Velocidad	Modulación	Alcance aprox. en Interiores
802.11b	1999	2.4 GHz	22 MHz	11 Mbit/s	DSSS	35 m
802.11g	2003	2.4 GHz	20 MHz	54 Mbit/s	OFDM/DSSS	38 m
802.11n	2009	2.4/5 GHz	20/40 MHz	600 Mbit/s	OFDM	70 m
802.11ac	2014	5 GHz	20/40/80/160 MHz	1 Gbit/s	OFDM	35 m

Fuente. Elaboración propia con datos de: "Sistemas informáticos y redes locales". Págs. 144, 145.

Debido a que el tráfico de datos se realiza a través de un medio inalámbrico, una de las mayores preocupaciones de Wi-Fi es la seguridad de la información ante posibles infiltraciones de usuarios no autorizados. Por dicha razón, y basados en el estándar 802.11i, Wi-Fi a la fecha ha desarrollado 3 tipos de protocolos de seguridad: WEP, WPA y WPA2, los cuales básicamente realizan cifrado de la información entre usuario y en punto de acceso a la red, y autentican los usuarios conectados a la red. El objetivo principal de dichos protocolos de seguridad, es asegurar toda que se transmite entre el terminal del usuario y el punto de acceso a la red[44].

En la actualidad, algunos dispositivos comerciales desarrollados y distribuidos a partir de 2014 por las compañías Apple, Samsung, HTC, LG, Motorola, entre otras, cuentan con la certificación de Wi-Fi más avanzada que adopta el estándar 802.11ac, alcanzando las más altas tasas de transmisión de datos en redes inalámbricas.

5.5.1.3 ZigBee

Con el fin de crear redes inalámbricas más eficientes, la IEEE en al año 2001 crea el grupo de trabajo 802.15.4, con el fin de definir un estándar para redes WPAN con bajas tasas transmisión de datos, buscando que los fabricantes de tecnología lograrán desarrollar dispositivos de bajo coste y consumo energético, que además con un mínimo de inversión en infraestructura consiguiera ser una red inalámbrica adaptable y segura. La primera versión del estándar 802.15.4 fue aprobada en el

[43] VALDIVIA MIRANDA, Carlos. Sistemas informáticos y redes locales. 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2014. p. 145.
[44] ANDREU, Fernando; PELLEJERO, Izaskun y LESTA, Amaia. Redes WLAN: Fundamentos y aplicaciones de seguridad". 1 ed. España. Marcombo. 2006. p. 99.

año 2003, donde casi paralelamente, a finales del año 2002 había sido creada la *ZigBee Alliance* como una asociación conformada principalmente por fabricantes de semiconductores, fabricantes de equipos originales y proveedores de tecnología, con la finalidad de promover una especificación de protocolos de comunicación inalámbricos basados en el estándar 802.15.4, proyectada como una solución eficiente para la automatización de hogares[45]. Cabe resaltar que varias compañías y organizaciones empresariales han desarrollado productos y tecnologías de automatización basados en el protocolo 802.15.4, como por ejemplo *Wireless HART*, *ISA100.11a* y *MiWi*, entre los más importantes.

Figura 15. Logotipo de la ZigBee Alliance.

Fuente. En línea: Página Oficial de la ZigBee Alliance (www.zigbee.org)

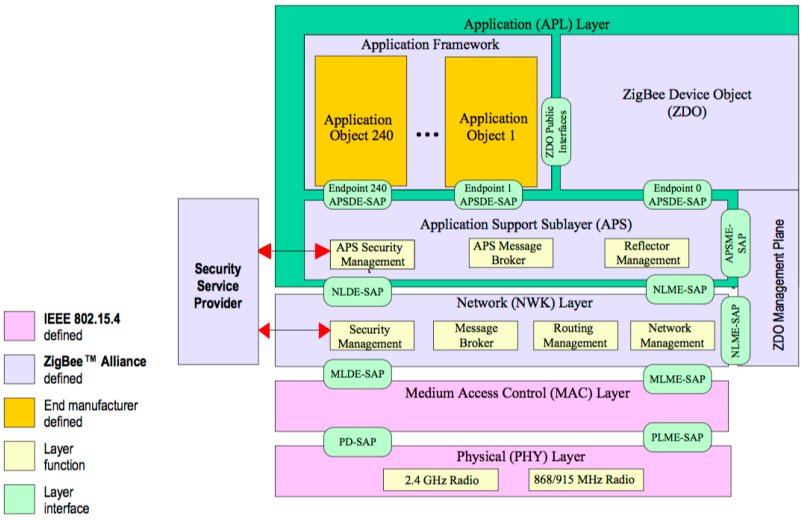
Teniendo en cuenta que los estándares IEEE solo especifican la capa física y de enlace, actualmente la *ZigBee Alliance* ha adoptado el estándar 802.15.4 aprobado en 2006, siendo éste el más avanzado a la fecha. Por otro lado, esta organización ha definido y especificado los protocolos para las capas de red y aplicación de los productos que deseen acoger dicha especificación, la cual tiene su versión más actualizada llamada como *ZigBee Pro* y fue presentada en el año 2007[46]. Dicha especificación ZigBee está disponible para cualquier usuario con petición previa y con fines no comerciales, ya que si se usa con fines comerciales tiene un costo que se debe pagar anualmente.

5.5.1.3.1 Funcionamiento

Según la versión más actualizada de la especificación de la *ZigBee Alliance*, define que *ZigBee* es una arquitectura que comprende un modelo de funcional compuesto por 4 capas de red, las cuales son: física, enlace, red y aplicación. Como ya se había mencionado anteriormente, *ZigBee* adopta el estándar 802.15.4 para el desarrollo de las dos primeras capas del modelo, y las dos superiores son desarrollados por las *ZigBee Alliance* (ver Figura 16).

[45] OEHEN, Patrice. “ZigBee: An Overview of the Upcoming Standard”. Distributed Computing Seminar. p. 14.
[46] ZIGBEE STANDARDS ORGANIZATION. ZigBee Specification. ZigBee Document 053474r17. California. 2008.

Figura 16. Modelo de capas de la especificación ZigBee Alliance.



Fuente. "ZigBee Specification". Pág. 30.

Tomando el estándar 802.15.4 para la capa física del modelo *ZigBee*, en la Tabla 5 se presentan las principales características de la capa física que se adopta para el modelo en mención.

Tabla 5. Características generales de la capa física del estándar 802.15.4.

Ítem	2.4 GHz	915 MHz	868 MHz
Banda	ISM	ISM	ISM
Cobertura	En todo el mundo	América	Europa
Velocidad de Datos	250 Kbps	40 Kbps	20 Kbps
Canales	16	10	1

Fuente. "ZigBee: An Overview of the Upcoming Standard". Pág. 15.

Para la capa de de enlace, antes de mencionar la manera en la cual se realiza la transmisión de datos, el estándar 802.15.4 define dos tipos de dispositivos de comunicación, los cuales son: FFD (Dispositivo de Funcionalidad Completa – FFD por sus siglas en inglés) y RFD (Dispositivo de Funcionalidad Reducida – RFD por sus siglas en inglés), donde su principal diferencia radica en la capacidad de procesamiento que tiene cada dispositivo para realizar una cantidad determinada de funciones. Con estos dos tipos de dispositivos es posible tener dos tipos de comunicación de datos[47]:

- *Comunicación Directa*: El dispositivo receptor debe tener siempre su receptor encendido, haciendo que la entrega de los paquetes de datos se realice de

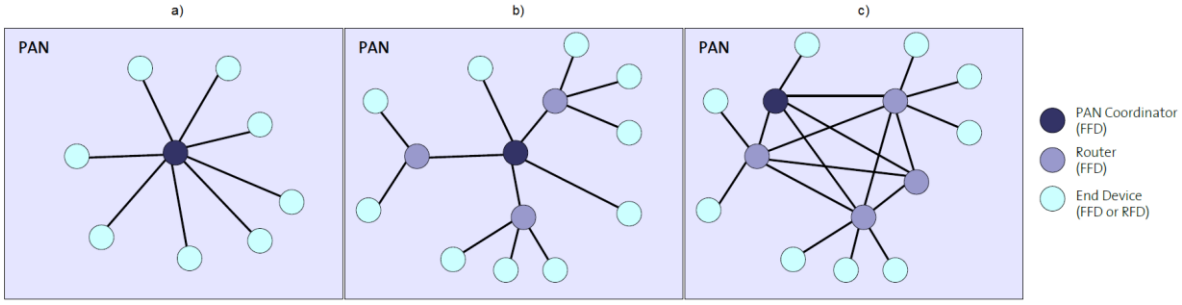
[47] MARSDEN, Ian. "Network Layer Overview". ZigBee Alliance. 2006. p. 10.

manera inmediata. Éste tipo de comunicación solo es posible entre dispositivos del mismo tipo, es decir dispositivos FFD con otros dispositivos FFD, y dispositivos RFD con otros dispositivos RFD. Además utiliza el protocolo CSMA/CD para el control de acceso al medio.

- *Comunicación Indirecta*: Es te tipo de comunicación solo es posible con dispositivos FFD que deseen comunicarse con dispositivos RFD, ya que el dispositivo RFD receptor permanece en un estado de dormido, por lo cual el dispositivo FFD de solicitar el paquete de datos previamente.

En la capa de red, la *ZigBee Alliance* determino tres tipos de topologías de red que son posibles de usar para el correcto funcionamiento de la red y sus dispositivos asociados, tal y como se muestran en la Figura 17. Basados en estas topologías de red, la especificación de la *ZigBee Alliance* dicta que según las características de implementación de la red, se deben ubicar los tipos de dispositivos FFD y RFD. Cabe resaltar, que la especificación no solo determina la ubicación de los tipos de dispositivos, sino que también define las funciones específicas que debe cumplir cada dispositivo según su ubicación.

Figura 17. Topologías de red permitidas por la ZigBee Alliance. a) Estrella, b) Árbol, c) Malla.



Fuente. “ZigBee: An Overview of the Upcoming Standard”. Págs. 30, 31, 32.

En la capa de aplicación del modelo *ZigBee*, se especifican las interfaces que se deben utilizar para los sistemas que se presentarán al usuario final, así como la gestión de dispositivos que debe ser realizada por cada fabricante, en temas de seguridad, identificación de dispositivos y servicios ofrecidos, responder a solicitudes de usuario. Una parte de esta capa de aplicación, es la que se encarga de realizar el puente entre la capa de red y las diferentes aplicaciones que sean desarrolladas por el fabricante.

5.6 Ciudades Inteligentes

Con el progresivo acogimiento de herramientas TIC en los diferentes territorios y ciudades del mundo, tanto por sus ciudadanos como por sus entidades públicas y privadas, ha generado que los Gobiernos de los países empiecen a ver una oportunidad de transformar el entorno urbano actual por uno más inteligente, que brinde la posibilidad de ofrecer servicios y aplicaciones tecnológicas, permitiendo principalmente hacer uso eficiente de los recursos naturales del planeta, mediante la implementación de plataformas y estándares que articulen los diferentes sistemas de información, como base para generar y adaptar los nuevos servicios a las necesidades de la comunidad.

Con la llegada del nuevo milenio, durante la década del año 2000 al 2010, diferentes autores empezaron a dar algunas definiciones aproximadas sobre las principales características que debía tener una ciudad del futuro, donde la mayoría de ellos incorporan conceptos como: infraestructura tecnológica, sostenibilidad medioambiental y capacidad de innovación, todas ellas pensadas con la finalidad de conseguir crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida. Posterior a la década del 2010, se elimina el concepto de *ciudad del futuro* y es reemplazado por el nuevo concepto llamado *ciudades inteligentes*, el cual incluye a los entes gubernamentales como uno de sus principales actores, obteniendo de esta manera, definiciones que precisan que un territorio o ciudad inteligente es aquella "*…que utiliza tecnologías inteligentes para integrar sus infraestructuras y servicios, la cual se esfuerza por aprovechar estas tecnologías para mejorar la eficiencia, la eficacia, la transparencia y la sostenibilidad…*"[48].

La ITU, en 2013 estableció un Grupo Temático para el estudio de Ciudades Inteligentes Sostenibles, el cual tiene como objetivo proporcionar material científico del tema en estudio, que sirva como base para el posterior desarrollo de nuevas recomendaciones. Dicho Grupo Temático, basado en los estudios que ha llevado a cabo, a finales de 2014, publica en un Informe Técnico, una definición clara y precisa que agrupa los diferentes criterios que debe satisfacer una ciudad inteligente:

> Una Ciudad Inteligente Sostenible es una ciudad innovadora que utiliza las tecnologías de la información y comunicación y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de la operación y los servicios urbanos, y la competitividad, garantizando al mismo tiempo la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras con respecto a los aspectos económicos, sociales y ambientales[49].

[48] CHOURABI, Hafedh, *et al*. "Understanding Smart Cities: An Integrative Framework". En: Hawaii International Conference on System Sciences (45: 4-7, junio: Maui, Hawaii USA). IEEE Computer Society. 2012. p. 2290.

[49] ITU-T Focus Group – Smart Sustainable Cities. Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de información y comunicación.

Según la definición expuesta por el Grupo Temático de la ITU, una ciudad inteligente debe abarcar las diferentes problemáticas asociadas a la urbanización mundial, donde es posible encontrar otro tipo de ventajas que puede llegar a ofrecer una ciudad inteligente. Basados en esta definición, el Observatorio de Sociedad, Gobierno y Tecnologías de Información de la Universidad Externado de Colombia, justifica que es necesario introducir un modelo de desarrollo urbano más inteligente, con el fin de conseguir[50]:

- Tener un medio ambiente más protegido, conservado y limpio.
- Mejorar la gestión de los recursos hídricos.
- Ampliar el acceso y la calidad de la educación.
- Ampliar el acceso y la calidad de los servicios de salud.
- Tener un sistema de movilidad más limpio, ágil y seguro.
- Tener un sistema de energía eléctrica más limpio, eficiente y descentralizado.
- Mayor seguridad urbana.
- La creación y crecimiento de los negocios.
- Acceder a mejores servicios de turismo.

Conforme con al actual crecimiento de urbanización mundial, la ITU prevé que en el 2050 las zonas de concentración urbana alcanzarán un 70% del total de la población mundial, lo cual ha producido que la ITU se preocupe por promover la adopción de nuevas tecnologías que fomenten el uso racional de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente, ya que en la actualidad las ciudades con alta densidad poblacional son las responsables de generar más del 70%de emisiones de gases de invernadero, y de consumir del 60% al 80% de la energía eléctrica mundial[51]. A partir de dicha preocupación, en la Tabla 6 se presentan las 10 prioridades y algunas actividades claves planteadas por la ITU, con el fin de impulsar el desarrollo de nuevas ciudades inteligentes.

[50] OBSERVATORIO DE SOCIEDAD, GOBIERNO Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. “Guía de territorios y ciudades inteligentes”. Universidad Externado de Colombia. Agosto. 2013. p. 34.
[51] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. European Commission. “Call to Action on Smart Sustainable Cities”. ITU GREEN STANDARS WEEK. 2012. p. 1.

Tabla 6. Prioridades Claves para impulsar el desarrollo de ciudades inteligentes y algunas actividades.

Prioridad Clave	Actividades
Mitigación del cambio climático y reducción de la huella TIC en las ciudades.	• Promover políticas eficaces, estrategias, normas y metodologías para ayudar a avanzar hacia una economía baja en carbono y reducir los gases de efecto invernadero. • Promover el uso intensivo de las TIC en las políticas sostenibles y marcos financieros para maximizar la riqueza social, económica y ambiental en las ciudades. • Promover el uso de las TIC para mitigar los costos sociales, económicos y ambientales que resultan ascendente crecimiento de las ciudades y disminuir la carga sobre sus recursos.
Eficiencia Energética	• Proporcionar incentivos para el desarrollo de las redes inteligentes con el objetivo final de mejorar la eficiencia energética, la maximización del uso de energía procedente de fuentes renovables y de reducción de la huella ambiental de las ciudades. • Utilizar soluciones TIC para proporcionar a las personas más información acerca de su consumo de energía. • Adoptar tecnologías verdes de bajo consumo y bajas emisiones de carbono, para proporcionar servicios públicos a la sociedad.
Gestión de residuos	• Confiar en los servicios TIC como IoT para desarrollar nuevas estrategias de gestión de residuos. • Difundir información sobre reciclaje utilizando redes sociales y aplicaciones.
Administración del Agua	• Implementar soluciones, como medidores de agua, para proporcionar a las personas más información acerca de su uso del agua y elevar su conciencia. • Confiar en los servicios TIC como IoT para desarrollar soluciones automatizadas que permitan identificar y resolver problemas de fugas de agua. Actualmente, una gran cantidad de agua se pierde en los sistemas de distribución de agua debido a fugas ocultas.
Adaptación al cambio climático y urbanismo	• Apoyar las iniciativas en curso para aumentar la resiliencia de las zonas urbanas. • Fomentar el desarrollo de las TIC, impulsada por las políticas, estrategias y normas para hacer frente a las vulnerabilidades de las ciudades, y así ayudarles a adaptarse al cambio climático.
Arquitectura e	• Aumentar los niveles de eficiencia energética para las

infraestructura inteligente	nuevas construcciones de edificios, mediante el establecimiento de normas de aislamiento y de iluminación, y aplicar estas normas sobre las estructuras existentes. • Invertir en TIC para obtener una solución automatizada inteligente del alumbrado público, destinado a reducir el uso de energía eléctrica para el alumbrado público. • Invertir en sistemas TIC para gestionar las nuevas infraestructuras y apoyar a las ya existentes.
Movilidad inteligente	• Animar a la gente a utilizar los sistemas de transporte comunes, haciéndolos asequibles y más amigables con el medio ambiente. • Promover el uso de las TIC para mejorar la movilidad en zonas urbanas congestionadas, regulando las condiciones del tráfico y de la carretera.
Áreas suburbanas	• Mejorar la calidad de vida en las zonas suburbanas, estimulando el establecimiento de programas descentralizados. • Identificar las barreras para lograr la sostenibilidad en las zonas suburbanas, que abarca las esferas ambientales, económicas y sociales. • Definir estrategias para permitir el acceso generalizado a las TIC en las zonas suburbanas de la misma forma que en las zonas centrales.
Compromiso de la comunidad y justicia ambiental	• Apoyar la creciente tendencia de los ciudadanos que utilizan las TIC para vigilar el medio ambiente urbano. • Ayudar a que las personas sean consientes del valor de las soluciones TIC para mejorar la calidad de sus vidas. • Promover la arquitectura esencial de las TIC, que sustenta todos los servicios y actividades en la ciudad, para mejorar la calidad de vida e impulsar el crecimiento hacia un futuro sostenible e integrador.
Ciudades inteligentes sostenibles	• Apoyar los esfuerzos en curso para ayudar a la transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades para las ciudades sostenibles inteligentes en los países en desarrollo. • Fomentar la integración de las TIC en la infraestructura urbana y las políticas de las ciudades sostenibles inteligentes.

Fuente. “Call to Action on Smart Sustainable Cities”. Pág. 2.

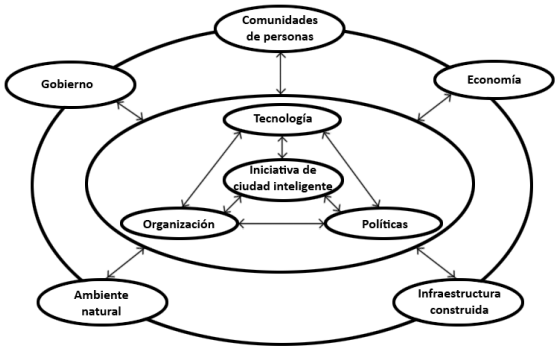
Finalmente, se expone un marco integrador con el cual se quiere explicar las relaciones e influencias que tienen diferentes sectores asociados al desarrollo de ciudades inteligentes, posibilitando así una mejor comprensión del impacto real de las variables que afectan el éxito de una ciudad inteligente. Dicho marco integrador se compone de 8 factores, clasificados en dos niveles de influencia, exterior o interno, según el grado de influencia que éste tenga sobre el correcto desarrollo de una ciudad inteligente. Dichos factores se clasifican de la siguiente manera[52]:

- *Factores Exteriores*: Gobierno, personas y comunidades, medio ambiente, infraestructura y economía.

- *Factores Internos*: Tecnología, organización y política.

Cabe resaltar que todos los factores tienen un impacto de doble vía, ya que cada uno de ellos está sujeto a ser influenciado por factores ajenos en diferentes momentos y contextos, siendo algunos más influyentes que otros. La Figura 18 nos muestra gráficamente la articulación de éstos factores, según el marco integrador expuesto.

Figura 18. Marco integrador para las Ciudades Inteligentes.



Fuente. “Understanding Smart Cities: An Integrative Framework”. Pág. 2294.

[52] CHOURABI, Hafedh, *et al*. Op. cit., p. 2291.

6. ESTADO DEL ARTE

Siendo IoT un concepto relativamente nuevo en el mercado, durante los últimos meses se han venido desarrollando modernas herramientas de software, como plataformas y APIs, las cuales han permitido que el proceso de desarrollo e implementación de nuevos proyectos relacionados con IoT, se realicen de manera más fácil y rápida.

De igual manera, cabe resaltar que actualmente uno de los principales problemas que afrontan los dispositivos de IoT es todo lo relacionado con seguridad. Ya en varias ocasiones se ha demostrado la vulnerabilidad para acceder a estos dispositivos desde la red pública. Por tal motivo, el mercado de la ciber-seguridad en dispositivos IoT está tendiendo a crecer· rápidamente, y por lo tanto, postulándose como una gran buena oportunidad de negocio.

Para solucionar este tipo de inconvenientes con la violación de la seguridad en los dispositivos IoT, se han utilizado arquitecturas de red que involucran el uso de un dispositivo de puerta de enlace (*Gateway*), el cual se conecta con cada dispositivo IoT mediante una red LAN. Esta puerta de enlace es la encargada de enviar y recibir la información a través de Internet, de manera tal que traduce dicha información para que pueda ser interpretada por cada dispositivo IoT.

Por otro lado, existe otro tipo de arquitectura, la cual utiliza dispositivos IoT capaces de conectarse a Internet por su propia cuenta, es decir que tienen su propia dirección IP. Dicha arquitectura no ha podido ser ampliamente desplegada debido al actual agotamiento de las direcciones IPv4, por lo cual se espera que con la implementación de IPv6, donde las direcciones serán de mayor longitud y por lo tanto existirán más direcciones disponibles, sea posible que cada dispositivo IoT cuente con su propia dirección IP en Internet.

Muchos de los dispositivos que hoy se encuentran en el mercado de IoT han estado ligados en sus inicios a desarrollos basados en software de tipo código abierto (*open source*), ya que estos son sencillos de utilizar y permiten al usuario acomodarlos a sus necesidades especificas. Algunos de los principales fabricantes de este tipo de dispositivos son *Arduino*, *Sparkfun*, *Olimex, Adafruit*, entre otros. Cabe destacar que también uno de los protocolos más usados tanto en dispositivos de *open source* como en dispositivos privados es *ZigBee*, ya que este permite a diferentes áreas de la ingeniería enfocarse en desarrollar aplicaciones productivas, mediante el uso de dispositivos de bajo consumo para comunicaciones inalámbricas.

6.1 Estado Actual de IoT en el Mercado

Actualmente, existen compañías y proyectos con iniciativas y productos IoT que se relacionan estrechamente con el proyecto HomeNode. Es importante resaltar que las compañías más influyentes en el mercado son los fabricantes de circuitos integrados, ya que establecen la premisa de diseño de cada nuevo dispositivo.

6.1.1 Texas Instruments[53]

Texas Instruments es un fabricante de circuitos integrados, que actualmente cubre la demanda de soluciones electrónicas en protocolos de comunicaciones inalámbricas tales como: *ZigBee*, *Smart Bluetooth*, *6LowPan*, *Wi-Fi* y un protocolo propietario de 2.4GHz.

Las nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica son de muy bajo consumo energético. Por ejemplo, los circuitos integrados transreceptores *SimpleLink CC26xx/CC13xx* fabricados por esta empresa, poseen una alta capacidad computacional en relación a su consumo energético. Cabe resaltar, que contrario a la creencia popular, estos transreceptores de radio constituyen un elemento fundamental en la contribución al bajo consumo energético.

6.1.2 Arduino[54]

Arduino es una plataforma para prototipos de tipo *open source*. Su principal característica se basa en la facilidad que ofrece a sus usuarios para la manipulación tanto de software como de hardware. Esta plataforma utiliza micro-controladores que permiten monitorear y controlar salidas y entradas digitales. En la actualidad existen varios modelos de hardware, incluso versiones no oficiales, que combinadas con sistemas de comunicación inalámbrica hacen posible el uso de esta plataforma para el desarrollo de dispositivos y aplicaciones IoT.

6.1.2.1 Casa Jasmina[55]

Casa Jasmina es un proyecto piloto creado por Arduino con el objetivo de abrir un espacio para el desarrollo de dispositivos IoT para el hogar. El proyecto busca principalmente combinar los objetos de uso diario de un hogar cotidiano con dispositivos electrónicos de tipo *open source*, y así exponerlos en un espacio real de demostración. Este proyecto nace de la iniciativa de aportar conocimiento a la

[53] En: http://www.ti.com/ww/en/internet_of_things/iot-products.html
[54] En: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
[55] En: http://casajasmina.arduino.cc/about/

industria de IoT para hogares, especialmente a los dispositivos de tipo *open source*.

6.1.3 Particle[56]

Particle es una compañía estadounidense que produce elementos electrónicos para desarrolladores de dispositivos IoT. No se requiere de altos conocimientos técnicos para el uso de sus elementos, ya que estos utilizan conectividad Wi-Fi, 2G y 3G. De igual manera, basados en sus características técnicas de conectividad, se puede afirmar que estos elementos son potencialmente útiles para el desarrollo de dispositivos IoT, ya que se prestan para construir prototipos capaces de trabajar en entornos cerrados.

6.1.4 Amazon Echo[57]

Amazon lanzó al mercado un dispositivo llamado Echo, el cual es un pequeño dispositivo que se controla principalmente por voz que contiene 7 micrófonos, de manera que reconozca patrones de voz desde cualquier ángulo. Echo se conecta a Alexa, un servicio en la nube basado en voz, mediante el cual es posible preguntar a Echo acerca del clima, deportes, noticias y demás. Adicionalmente, este dispositivo puede reproducir música, controlar calendarios y listas de compras. En lo que respecta a IoT, Echo puede controlar dispositivos de fabricantes como *WeMo*, *Philips Hue*, *SmartThings*, *Insteon* y *Wink* mediante comandos de voz.

6.1.5 Ozom[58]

Ozom es una compañía que recientemente llego a Colombia, la cual ofrece productos para el control de dispositivos inteligentes en los hogares por medio de conectividad inalámbrica. La base de este sistema es un dispositivo G*ateway* al cual se conectan todos los demás dispositivos instalados en el hogar. Dicha empresa ofrece dispositivos como: cámaras IP, enchufes inteligentes, luces LED, sensores de temperatura y de presencia, entre otros.

[56] En: https://www.particle.io/
[57] En: http://www.amazon.com/dp/B00X4WHP5E
[58] En: http://www.ozom.com/

6.1.6 Sparkfun[59]

Sparkfun posee una plataforma de recolección de datos gratuita, con la cual se pretende recibir datos de cualquier dispositivo IoT con acceso a Internet. Cabe aclarar, que este servicio funciona con el protocolo HTTP, donde el servidor hace la recepción de datos mediante peticiones GET en las cuales es necesario incluir el dato a enviar y una llave privada para verificar la identidad. Posteriormente, los datos pueden ser analizados utilizando una llave pública directamente desde el navegador. Dicha plataforma, también da la opción al usuario de descargar los datos en diferentes formatos como JSON y CSV. Este servicio de IoT, como muchos otros, hace uso de la aplicación Node.js, la cual permite programar servidores para diversos protocolos de manera rápida y segura. Por último, ésta plataforma utiliza el lenguaje JavaScript y contiene una gran cantidad de librerías.

[59] En: https://data.sparkfun.com/

7. PLAN DE NEGOCIOS: “HOMENODE”

El plan de negocio que se presenta a continuación está basado en la metodología propuesta por el Fondo Emprender[60], para el proceso de formulación y desarrollo de planes de negocio para emprendedores, ajustado a las necesidades del proyecto.

7.1 Mercado

La identificación del mercado es uno de los principales factores al momento de establecer la viabilidad de un proyecto de emprendimiento. HomeNode debe poder asentarse en un sector del mercado que sea coherente con sus capacidades en cuanto a competencia.

7.1.1 Investigación de Mercados

A pesar de que el mercado en el que HomeNode desea incursionar se encuentra mayormente inexplorado en Colombia, es necesario hacer una investigación exhaustiva del mercado que sirva de base para este proyecto.

7.1.1.1 Objetivos del Plan de Negocio

- Desarrollar los análisis correspondientes que permitan identificar: el sector actual, el mercado objetivo y la competencia del servicio propuesto, en el cual el plan de negocios se encontraría inmerso.

- Establecer los costos necesarios para la puesta en marcha y operación del plan de negocios.

- Definir los lineamientos del servicio para determinar el funcionamiento operativo del plan de negocios.

- Determinar la viabilidad del plan de negocios por medio de un estudio financiero.

[60] FONDO EMPRENDER. “Metodología para la implementación de buenas prácticas de formulación Fondo EMPRENDER”. 2014.

7.1.1.2 Justificación del Servicio

En el contexto actual colombiano, donde el aumento de la población en las cabeceras urbanas de las principales ciudades ha tenido un crecimiento exponencial, ha dado pie para generar diferentes problemáticas en los sistemas territoriales, ambientales, económicos, seguridad ciudadana, entre otros. En el caso de Bogotá, este crecimiento desmedido ha llevado a que la Alcaldía Mayor de Bogotá expidiera el Decreto 562 de 2014[61] el cual consigna en sus páginas dos aspectos altamente importantes: uno de ellos es que el Decreto amplia las zonas de renovación urbana, es decir que permite que más sectores de la ciudad sean reconstruidos, y el segundo aspecto es que posibilita la construcción de edificios más altos, con el fin de densificar algunos sectores de vivienda de la ciudad.

Sin embargo, Bogotá aún tiene pendientes otras problemáticas en temas críticos como seguridad, ambiente y economía, que a la fecha no presentan soluciones sostenibles a largo plazo. Debido a esta situación, nace la preocupación por desarrollar una solución estratégica y progresiva que permita gestionar de manera eficaz la creciente demanda en seguridad, ambiente y economía, y además que sea sostenible en el tiempo. De igual manera, el desarrollo de soluciones tecnológicas sostenibles en Colombia puede visualizarse como una oportunidad para la generación de valor y beneficios económicos, ya que según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su Política Nacional de Producción y Consumo asegura que "…*las tendencias de producción y consumo sostenible generan nuevas oportunidades de negocios para productos, tecnologías y servicios sostenibles. Estas nuevas oportunidades abren camino para el desarrollo de nuevos renglones de la economía nacional*…"[62].

La principal razón por la cual se desarrollará el plan de negocios HomeNode, es que propone una solución sostenible al paradigma de crear nuevos sistemas de gestión enfocados a mejorar problemáticas de origen social, económico, ambiental y de seguridad, a través del desarrollo de un moderno sistema domótico que le permite al usuario hacer un seguimiento remoto de su consumo energético y vigilar su hogar, ambas cosas en tiempo real, con el fin aumentar su calidad de vida. Dicho sistema domótico involucra los siguientes aspectos donde se podrán obtener los siguientes beneficios:

- *Aspecto Ambiental*: Crear en el usuario prácticas de sensibilización y concientización sobre el uso y consumo de la energía eléctrica de su hogar, lo

[61] BOGOTÁ. ALCALDÍA MAYOR. Decreto 562 (12, diciembre, 2014). Por el cual se reglamentan las condiciones urbanísticas para el tratamiento de renovación urbana, se incorporan áreas a dicho tratamiento, se adoptan las fichas normativas de los sectores con este tratamiento y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 2014.

[62] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, 2010.

que se traduce en generar prácticas amigables con el medio ambiente teniendo como finalidad minimizar los impactos negativos causados por el mal uso de la energía eléctrica.

- *Aspecto Económico*: El proyecto está encaminado en hacer eficiente el uso de la energía eléctrica en los hogares colombianos, lo cual supone una gran oportunidad de negocio para los desarrolladores de la mano de una iniciativa para el mejoramiento de la calidad medioambiental. De igual manera el usuario se verá beneficiado con la reducción de costos de acuerdo al correcto uso de la energía eléctrica, creando así una imagen medioambiental responsable.

- *Aspecto Seguridad*: Con este proyecto se busca que las diferentes personas afectadas por la inseguridad de su ciudad de residencia ó por cuidado y vigilancia de menores de edad, se beneficien mediante el monitoreo remoto de cámaras en sus hogares en tiempo real. Su beneficio radica en la posibilidad de reducir la percepción de inseguridad que se vive en las principales ciudades.

- *Aspecto Confort*: Desarrollar herramientas de automatización tecnológicas que le permitan al usuario disfrutar de una interacción intuitiva con su hogar, velando por la comodidad, la seguridad y el uso eficaz de los recursos, lo cual converge a una mejor calidad de vida, haciendo el hogar al servicio del usuario.

7.1.1.3 Análisis del Sector

La influencia de las TIC en los diferentes sectores productivos de la economía mundial, ha propiciado que los gobiernos de los diferentes países en los últimos años en sus políticas de desarrollo económico y social, se enfoquen en implementar infraestructura que soporte la masificación deservicios TIC a través del uso de internet. Según estudios macroeconómicos realizados por la ITU, se estima que si un país aumenta en un 10% la penetración en el uso de internet de banda ancha, éste crecimiento se podría traducir como un incremento en el PIB de 0,25% a 1,38%[63]. Por dicha razón, diferentes entes gubernamentales a nivel mundial consideran que las TIC surgen como una apuesta productiva de gran potencial, que además pueden jugar un papel clave en impulsar otros sectores de la economía.

En Colombia, el sector TIC ha presentado un aumento en los últimos cuatro años gracias a las políticas implementadas por el Gobierno y el fuerte apoyo de diferentes entidades privadas, que buscan consolidar el sector TIC como uno de los más fuertes en el mercado colombiano, con el fin de que se logre ubicar como

[63] FINANCIERA DEL DESARROLLO TERRITORIAL. Análisis Sectorial 2014 – 2015. Marzo. 2015. p. 64.

uno de los sectores de más alta participación en el PIB nacional. Como se puede observar en la Figura 19, el sector TIC en Colombia ha crecido a un ritmo paralelo al del PIB hasta el año 2012, donde debido a la desaceleración de los mercados a causa de la crisis económicas mundiales, las cuales han repercutido de forma negativa en el comportamiento de todos los sectores productivos de la economía, el sector TIC presenta una pérdida de fuerza pero mantiene estable sus variaciones anuales, es decir que aunque están por debajo del promedio tienen tendencias al alza respecto a otros sectores de la economía[64].

Figura 19. Comportamiento de la actividad de Correo y Telecomunicaciones con respecto al comportamiento del PIB 2010-2014.

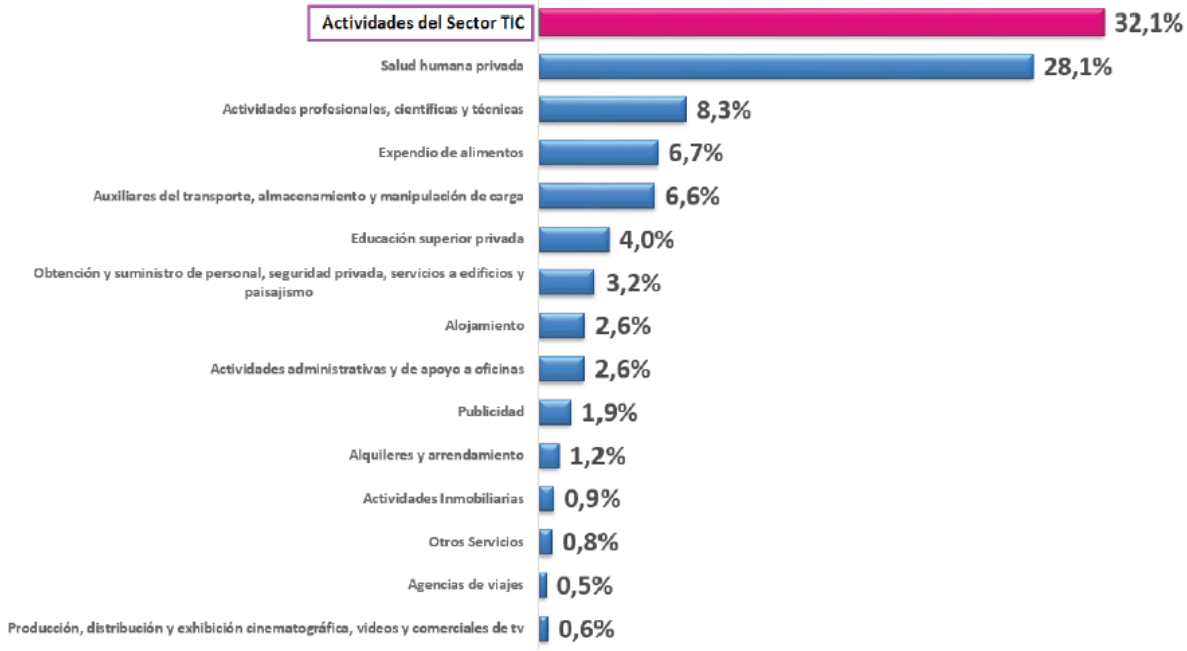
Fuente. “Comportamiento del Sector TIC en Colombia”. Pág. 7.

Esta tendencia al alza se puede entender como el reflejo de la latente necesidad de los últimos años de las personas y empresas para acceder y ofrecer servicios a través de herramientas TIC, lo cual ha provocado que el consumo intermedio de bienes y servicios TIC presente la mayor cifra respecto al resto de actividades con una participación del 32% del total generado en la economía colombiana (ver Figura 20). De igual manera, se puede evidenciar el aumento de la productividad del sector TIC entre el año 2010 y 2013 donde el sector registro un crecimiento del 2,4%[65].

[64] COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Panorama TIC: Comportamiento del Sector TIC en Colombia. Bogotá D.C.: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015. p. 7.

[65] COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Panorama TIC: Comportamiento del Sector TIC en Colombia. Op. cit., p. 8.

Figura 20. Distribución del Consumo Intermedio total de las empresas investigadas, según actividades de servicios 2013.



Fuente. “Comportamiento del Sector TIC en Colombia”. Pág. 18.

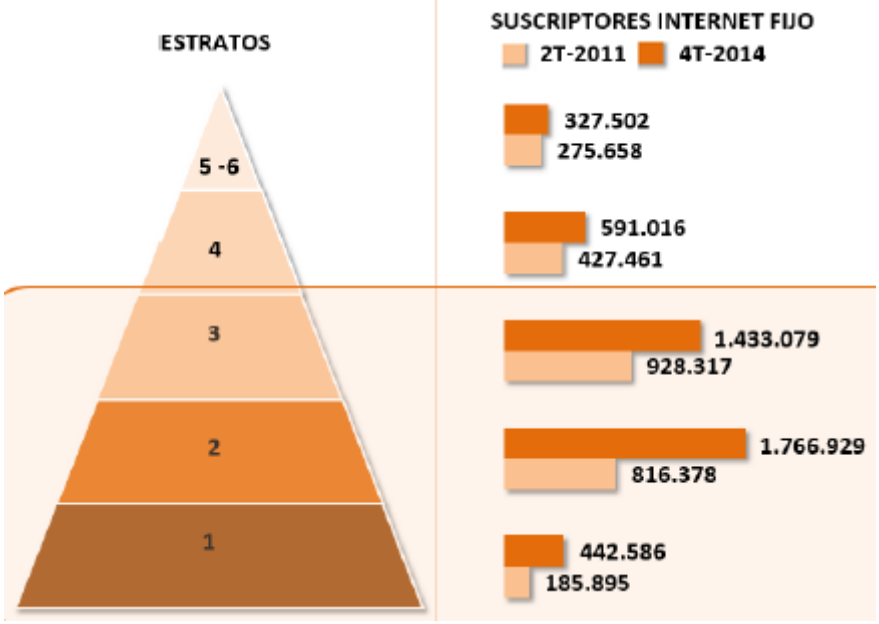
Desde el punto de vista microeconómico, según cifras de el DANE, se estima que el sector TIC puede llegar a tener una gran influencia en el desarrollo de los demás sectores productivos del país, debido a que en 2014 se reveló que durante el año 2013 por cada peso que se gastaba en el sector TIC, se obtenían $0,6 de rentabilidad, es decir que el sector tiene un rendimiento productivo de aproximadamente el 60%.

7.1.1.4 Análisis de Mercado

La importancia que ha venido tomando la introducción y uso de las TIC’s en los hogares colombianos, ha causado que en la actualidad entes públicos y privados se interesen en el estudio del acelerado crecimiento que viene presentando el sector TIC durante los últimos años, con el fin de desarrollar estrategias que favorezcan el crecimiento sostenible del sector. Uno de los principales indicadores que permite evaluar este crecimiento en Colombia es la variación que ha tenido en el tiempo los suscriptores a internet, ya sea de tipo fijo o móvil. Según el MinTIC, los suscriptores de internet fijo al finalizar el 2014 en todos los estratos socioeconómicos presentaron una variación de crecimiento mayor al 18% desde el segundo trimestre de 2011, donde se destacan los estratos 2 y 3 que presentaron

una variación de crecimiento del 116,4% y 54,4% respectivamente[66] (ver Figura 21).

Figura 21. Suscriptores a internet fijo dedicado por estratos socioeconómicos.



Fuente. "Boletín trimestral de las TIC. Cifras Cuarto Trimestre de 2014". Pág. 21.

La variación de crecimiento presentada por los suscriptores a internet fijo de los estratos 2 y 3, concuerda con la información suministrada en el Censo Inmobiliario 2015 de la Alcaldía Mayor de Bogotá[67], la cual indica que los predios destinados para residencia se encuentran concentrados en el estrato 3 con 635.237 predios y en el estrato 2 con 525.362 predios, donde el estrato 3 sobresale siendo el más grande, ya que ocupa más del 30% de los predios destinados para hogares residenciales.

En este punto es importante resaltar que el perfil del mercado objetivo para este proyecto, son los hogares colombianos ubicados en la ciudad de Bogotá, que tengan la necesidad de mejorar su calidad de vida en temas críticos de seguridad, confort y ahorro, teniendo en cuenta que las actuales problemáticas afrontadas por la ciudad de Bogotá no tienen soluciones viables sostenibles que hagan frente a la demanda acrecentada por los residentes de la misma.

---

[66] COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Boletín trimestral de las TIC. Cifras Cuarto Trimestre de 2014. Bogotá D.C.: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015. p. 21.

[67] BOGOTÁ. ALCALDÍA MAYOR. "Censo Inmobiliario Vigencia 2015". Bogotá D.C.: Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2015. p. 13.

7.1.1.5 Análisis de la Competencia

Con el fin de evaluar y analizar los principales competidores que podría llegar a tener HomeNode en el actual mercado colombiano, a continuación se presentan las principales empresas que prestan servicios o productos domóticos en la ciudad de Bogotá. Es importante resaltar el hecho, que con el fin de realizar un análisis y estudio comparativo, las empresas mencionadas a continuación son aquellas que presentan una mayor similitud en cuanto a los productos y servicios prestados. Dicha se clasificación, determinará los competidores directos con los cuales se puede encontrar HomeNode en su introducción al mercado objetivo.

7.1.1.5.1 Geologik S.A.S.

Empresa colombiana que ofrece el servicio de diseño, construcción y operación de sistemas tecnológicos sostenibles para la gestión del agua y la energía eléctrica en hogares y empresas, bajo la implementación de equipos y dispositivos que cuentan con tecnología de punta. Dentro de su portafolio de servicios para la gestión de la energía eléctrica en el hogar, ofrecen paquetes de automatización domótica que incluyen servicios remotos y programables de iluminación, seguridad y entretenimiento. Entre las principales funcionalidades que brindan éstos sistemas domóticos, se encuentran[68]:

- Control de zonas de iluminación
- Control de acceso al hogar por medio de cerraduras inteligentes
- Monitoreo de cámaras
- Programación de alarmas por medio de sensores
- Control de sistemas de entretenimiento (teatro en casa, televisor, sistemas de sonido, etc.)

Dichas soluciones domóticas, son principalmente implementadas con equipos o dispositivos importados o desarrollados por empresas extranjeras, tales como: EvolveControls, Vera Control Ltd., Yale Security Inc., AeonLabs LLC., entre otras, los cuales son interconectados mediante un software diseñado por Gelogik, el cual cuenta con una interfaz de usuario para su control y funcionamiento.

El coste por cada servicio no se encuentra tipificado en sus medios publicitarios, ya que informan que los paquetes de servicio se ajustan a las necesidades y

[68] GEOLOGIK. Paquetes de Automatización Domótica. Bogotá.

gustos del usuario. Sin embargo, en sus folletos publicitarios describen un listado de paquetes que puede llegar a adquirir el usuario con algunas funcionalidades específicas. En la Tabla 7 se muestran algunos de estos paquetes con sus especificaciones y respectivo valor.

Tabla 7. Especificaciones y costos de los paquetes de servicio domóticos ofrecidos por Geologik.

PAQUETE	ESPECIFICACIONES	VALOR
Básico 1	• Iluminación en 5 zonas • Controlador, enrutador, software y programación. • Completamente expandible para futuras adiciones	COP $ 2.853.500
Básico 2	• Iluminación en 5 zonas • Cerradura inteligente. • Controlador, enrutador, software y programación • Completamente expandible para futuras adiciones	COP $3.769.500
Básico 3	• Iluminación en 5 zonas • Cerradura inteligente. • Sistema control entretenimiento • Controlador, enrutador, software y programación • Completamente expandible para futuras adiciones	COP $ 4.421.000
Premium 1	• Iluminación en 9 zonas • Cerradura inteligente • 2 sensores puerta/ventana. • 2 cámaras • Sensor 4 en 1 • Sistema control entretenimiento • Sistema eléctrico adicional • Controlador, enrutador, software y programación • Completamente expandible para futuras adiciones	COP $ 8.801.000
Premium 2	• Iluminación en 9 zonas • Cerradura inteligente. • 2 sensores puerta/ventana • 2 cámaras • Sensor 4 en 1 • Sistema control entretenimiento	COP $ 9.241.500

	• 2 tomas eléctricas y 1 modulo de corriente • Controlador, enrutador, software y programación • Completamente expandible para futuras adiciones	

Fuente. “Paquetes de Automatización Domótica”. Págs. 2, 9.

7.1.1.5.2 DTI Colombia LTDA.

Empresa colombiana fundada en 1996, orientada a la comercialización de productos para el ahorro de energía, automatización de hogares y edificios, iluminación, calefacción y herramientas de construcción. Al ser una empresa que desarrolla su actividad económica bajo el concepto de comercializadora, trabaja como representante autorizado de diferentes marcas a nivel mundial, ofreciendo así en su portafolio de productos el diseño, servicio técnico e instalación de diferentes fabricantes. Para el tema específico de automatización, trabaja como distribuidor autorizado de la marca *Control4*®, marca propietaria la empresa estadounidense *Control4 Corporation*, la cual DTI Colombia la implementa como una solución domótica que integra elementos de luces, música, video, climatización y seguridad. Actualmente, bajo la marca *Control4*, DTI Colombia ofrece los siguientes servicios domóticos:

- Encendido y apagado de luces local y remotamente.

- Sistema integrado de cámaras IP

- Alarmas con sensores de movimiento

- Control de acceso al hogar

- Cerraduras electromecánicas

- Manejo local de equipos de entretenimiento como teatros en casa, equipos de audio, televisores, entre otros.

Aunque una de las principales cualidades de *Confort4*es que es capaz de adaptar sus dispositivos de software a la mayoría de los elementos del hogar, necesita de un mínimo de productos privados o compatibles, para lograr su correcto funcionamiento. En la Tabla 8 se muestran cuáles de elementos deben ser reemplazados o compatibles.

Tabla 8. Productos privados de Confort4.

ELEMENTO	DETALLE
Interfaz de Usuario	Existe una variedad de dispositivos móviles o fijos que sirven para instalar la interfaz de usuario, para el control remoto de los dispositivos del hogar. Funciona con todos los dispositivos MAC, pero existen limitantes con dispositivos Android y Windows.
Iluminación	Los interruptores de las luces a automatizar, deben ser reemplazados por los de *Control4*.
Audio	Para el control de sistemas de audio, *Control4* implementa en sus soluciones domóticas solo productos de audio desarrollados por ellos mismos.
Seguridad	En cuanto a vigilancia, se adapta a cualquier tipo de cámara IP. En cuanto a control de acceso, maneja un limitado número de marcas de cerraduras para su instalación y puesta en funcionamiento.

Fuente. Elaboración propia con datos de: “Soluciones para un hogar inteligente” págs. 9,10.

Los precios de los productos no están disponibles en sus diferentes medios publicitarios, debido a que la cotización del producto se realiza bajo diseño previo de la solución domótica a implementar, además que cada distribuidor autorizado de *Control4* puede ofrecer diferentes precios. Con el fin de obtener un valor aproximado de un paquete básico de servicios domóticos, en la Tabla 9 se presenta un Kit Básico ofrecido por la empresa en mención, con sus respectivas especificaciones y valor.

Tabla 9. Kit Básico Domótica de DTI Colombia, con especificaciones y valor.

PAQUETE	ESPECIFICACIONES	VALOR
Kit Básico Domótica	• 4 zonas para el control de la iluminación • Controlador general para el sistema de audio y video • Cable HDMI • Teatro en casa Onkyo 7.1, siete parlantes y un subwofer • Protección contra altas tensiones de corriente en 4 salidas • Control remoto	COP $ 8.932.043

Fuente. “http://www.dticolombia.com/domotica/conceptos-basicos/ipor-donde-comienzo”

7.1.2 Estrategias de Mercado

Luego de identificar el mercado y sus principales actores, se deben establecer estrategias que permitan una introducción exitosa de HomeNode a este.

7.1.2.1 Concepto del Servicio

HomeNode se dedica a la prestación de servicios domóticos a través de productos tecnológicos fabricados y diseñados por la misma empresa. El plan de negocios se enfoca en los hogares de la ciudad de Bogotá de los estratos 2 y 3, que deseen mejorar las condiciones de bienestar y confort de su vivienda, ya que se encontró la necesidad de desarrollar una solución tecnológica sostenible dirigida a mejorar problemáticas de origen social, económico, ambiental y de seguridad, ya que actualmente los sistemas domóticos del mercado tienen un coste demasiado alto, por lo cual muchas veces no es accesible de acuerdo al poder adquisitivo y las necesidades básicas a suplir en el hogar.

7.1.2.2 Estrategias de Distribución

Teniendo en cuenta que en esta estrategia el objetivo primordial es garantizar la satisfacción del cliente respecto a los servicios solicitados y los tiempos de respuesta al requerimiento realizado, se manejará como principal canal de distribución la venta directa, con el fin de ajustar los servicios ofrecidos por HomeNode a las necesidades específicas del cliente.

De esta manera, la atención de servicios se cubrirá por medio de visitas previas de reconocimiento del hogar para la posterior instalación de los servicios acordados con anticipación, y las visitas para los servicios correctivos y preventivos de soporte post-venta, en un vehículo con el que ya cuenta la empresa. Posteriormente, a un plazo de un año se buscará ampliar y diversificar los medios de transporte, según el crecimiento en la demanda de servicios.

7.1.2.2.1 Alternativas de Comercialización

Con el propósito de buscar que los servicios prestados por HomeNode sean conocidos por el mercado objetivo, se contará con un sitio web el cual muestre de manera didáctica el modo en el cual operan los servicios de la empresa y las ventajas que estos suponen, donde el mismo sitio brinde herramientas de contacto directo entre la empresa y el cliente, a fin de encontrar clientes potenciales los cuales estén interesados en adquirir los servicios prestados por la empresa. De igual manera, los productos y servicios desarrollados por HomeNode, serán exhibidos en escenarios académicos y empresariales que tengan como objetivo la

exposición de proyectos innovadores y de emprendimiento en el área de tecnología y hogar.

7.1.2.3 Estrategias de Precio

Con la intención de realizar un análisis competitivo de precios que permita determinar un valor acorde a las condiciones actuales del mercado para los productos de HomeNode, se tomaron como base los precios de venta de los kits básicos de instalación domótica de las 3 empresas competidoras que actualmente se encuentran en el mercado colombiano. En la Tabla 10, se presentan las especificaciones y precios de los kits mencionados anteriormente, con el objetivo de realizar posteriormente una comparación análoga con los productos de HomeNode, definiendo así un precio ajustado al mercado y a las necesidades del plan de negocios.

Tabla 10. Precios y especificaciones de los kits básicos de instalación de las empresas competidoras.

Empresa	Producto	Especificaciones	Precio
Geologik S.A.S.	Básico 1	• Iluminación en 5 zonas • Controlador, enrutador, software y programación.	$ 2.853.500
DTI Colombia Ltda.	Kit Básico Domótica	• 4 zonas para el control de la iluminación. • Controlador general para el sistema de audio y video. • Cable HDMI. • Teatro en casa Onkyo 7.1, siete parlantes y un subwofer. • Protección contra altas tensiones de corriente en 4 salidas. • Control remoto.	$ 8.932.043
Ozom	Kit Smart Control	• 4 bombillas para el control de la iluminación. • 1 tomacorriente para el control de encendido y apagado de aparatos eléctricos. • OzomBox para el control de los productos.	$ 748.900

Fuente. Elaboración Propia.

Como se ve en la Tabla 10, los kits básicos de instalación que tienen más similitud, en cuanto a especificaciones, son los ofrecidos por las empresas Geologik S.A.S. y Ozom, aunque cabe resaltar que la diferencia de precio de venta al superar los Dos Millones de Pesos ($2.000.000), hace que Ozom se

perfile como un competidor más fuerte en cuanto a la pugna por adquirir la mayor cantidad de clientes. Por tal razón, se tomarán los precios de dicha empresa como punto de partida para determinar los precios de los productos ofrecidos por HomeNode, sin olvidar los demás competidores.

Un hecho importante, es que la introducción de la empresa Ozom en el mercado colombiano se dio a finales del mes de Octubre de 2015 a través de los almacenes de cadena HomeCenter, por lo cual a la fecha aún no se tiene mucha información acerca del modelo de negocio y sus productos. Sin embargo, una desventaja que presenta la empresa Ozom, es que la venta de sus productos genéricos hace que se reduzca el servicio al cliente, en cuanto a temas de diseño y necesidades ajustadas a las necesidades de cada hogar.

Teniendo en cuenta este análisis, en la Tabla 11 se presenta el kit de control básico ofrecido por HomeNode, que agrupa las principales especificaciones ofrecidas por las empresas competidoras, donde además en esta Tabla se muestra el precio de venta determinado para los hogares.

Tabla 11. Precio y especificaciones del kit básico de instalación de HomeNode.

Empresa	Producto	Especificaciones	Precio
HomeNode	Kit de Control Básico	• 4 zonas para el control de iluminación. • 1 módulo para el control de encendido y apagado de aparatos eléctricos. • 1 módulo de control central para el control de los productos.	$ 950.000

Fuente. Elaboración Propia.

El precio presentado en la Tabla 11 fue establecido en conformidad a los precios de la competencia, ya que aunque se encuentre por encima del precio de Ozom, HomeNode ofrece la ventaja de que los servicios son a domicilio, lo cual genera más comodidad y flexibilidad para los usuarios y/o clientes. De igual manera, el precio definido tiene un margen de utilidad de aproximadamente el 44% sobre los costos de materia prima e insumos, el cual será utilizado para cubrir los gastos administrativos y operativos que genere de la empresa. Basados en este margen de utilidad, en la Tabla 12 se presentan los puntos de equilibrio para cada uno de los productos de HomeNode.

Tabla 12. Puntos de Equilibrio por Producto de HomeNode.

	Circuito Bluetooth Local	Módulo Medidor de Consumo Energético	Dispositivo de Token	Módulo Central de Control	Sensores	Módulo Interruptor de Baja Potencia	Módulo Interruptor de Alta Potencia
Punto de Equilibrio	194	47	155	310	78	349	116

Fuente. Elaboración Propia.

7.1.2.4 Estrategias de Promoción

Como estrategia inicial de promoción, con el objetivo de obtener la mayor cantidad de clientes y de reconocimiento de la empresa, al momento en el cual el cliente decida adquirir los servicios de HomeNode, se le dará la opción de financiar el valor de su compra, donde el tiempo de financiamiento estará sujeto a la suma del valor total de los servicios adquiridos, sin generar ningún tipo de interés durante el tiempo de financiamiento evitando sobrecostos para cliente.

Para el mediano plazo, estimando el crecimiento del plan de negocios, el objetivo será la fidelización y generación de confianza de la relación proveedor-cliente, por lo cual basados en el comportamiento de pagos del cliente en servicios adquiridos anteriormente, se dará un descuento para nuevos servicios de hasta el 10%, basados en la suma del valor total de los nuevos servicios adquiridos.

Por último, para casos especiales, como herramienta de negocio se utilizará dar una muestra de nuestros servicios por un tiempo limitado a clientes específicos, teniendo en cuenta la previa evaluación de viabilidad económica de la inversión a realizar, respecto a los servicios a los cuales se quiere llegar a concertar con el cliente.

7.1.2.5 Estrategias de Servicio

Para cumplir con las estrategias anteriormente mencionadas, se plantean las siguientes estrategias específicas de servicio con el cliente:

- *Visitas de Reconocimiento:* Se realizarán visitas a los clientes que soliciten una cotización ajustada a sus requerimientos, teniendo en cuenta que la gran mayoría de hogares cuentan con un diseño diferente y se deben evaluar las diferentes variables que puedan afectar la prestación del servicio.

- *Servicios Preventivos:* Se realizarán 2 visitas de carácter preventivo en el transcurso del primer año de instalación de los servicios, con el fin de evaluar el correcto funcionamiento del sistema adecuado.

- *Garantía:* Según las evaluaciones y pruebas del sistema, se dará garantía de 1 año por fallas de configuración o de elementos, lo cual no incluye fallas por manipulación o factores de índole externo. Cabe resaltar, que la garantía de elementos es generada de manera interna por los proveedores de HomeNode, y las fallas de configuración serán asumidas directamente por la empresa.

- *Pagos:* Se implementará el sistema de pagos en efectivo ó por tarjetas crédito y débito, que permita facilitar el proceso de pago al cliente. Para el mediano plazo, se evaluará la posibilidad de implementar el sistema de pagos on-line.

7.1.3 Proyecciones de Venta

Teniendo en cuenta el mercado objetivo determinado anteriormente, el cual comprende un total de 3.200.008 hogares que cuentan con suscripción a Internet fijo de los estratos socioeconómicos 2 y 3, se estimo en el primer año llegar al 0,01% del total de la población, es decir que durante el primer año se proyecta llegar a un total de 320 hogares.

En base a esta cantidad de hogares, y en la relación costo-beneficio de cada uno de los productos ofrecidos por HomeNode, en la Tabla 13 se presentan el total de unidades proyectadas a vender durante el primer año de cada uno de los productos de HomeNode. Dichas cantidades se estimaron partiendo del hecho que el Módulo Central de Control es necesario para el control del resto de productos instalados en el hogar, es decir que dicho producto tendrá 320 unidades fijas durante el primer año, y el resto de unidades se determinaron con la variación de la medida de tendencia de percentiles.

Tabla 13. Unidades Proyectadas de Venta del Primer Año.

Producto	Percentil	Unidades Proyectadas de Venta
Módulo Medidor de Consumo Energético	15	48
Sensores	30	80
Módulo Interruptor de Alta Potencia	40	120
Dispositivo de Token	50	160
Circuito Bluetooth Local	65	200
Módulo Central de Control	100	320
Módulo Interruptor de Baja Potencia	120	360

Elaboración Propia.

Conforme a las cantidades halladas en la Tabla 13, y con el fin de planificar las cantidades de venta a corto plazo, en la Tabla 14 se presentan las ventas proyectadas a cinco (5) años. Dichas cantidades, fueron calculadas en base al promedio de los indicadores macroeconómicos nacionales de crecimiento del

mercado TIC, el cual durante el año 2014 fue del 3,9%, y la participación del mismo en el PIB, el cual en el año 2014 tuvo una participación del 3,1%[69]. De esta manera, se calculo un crecimiento estimado para el año 2016 del 3,5% en el mercado TIC.

Tabla 14. Proyección de Unidades Vendidas a Cinco (5) Años.

Producto	Año 1 (Unds.)	Año 2 (Unds.)	Año 3 (Unds.)	Año 4 (Unds.)	Año 5 (Unds.)
Circuito Bluetooth Local	200	207	214	222	230
Módulo Medidor de Consumo Energético	48	50	51	53	55
Dispositivo de Token	160	166	171	177	184
Módulo Central de Control	320	331	343	355	367
Sensores	80	83	86	89	92
Módulo Interruptor de Baja Potencia	360	373	386	399	413
Módulo Interruptor de Alta Potencia	120	124	129	133	138

Fuente. Elaboración Propia.

7.2 Operación

Las operaciones de HomeNode involucran los productos y servicios que se ofrecen, sus costos directos e indirectos, y la infraestructura necesaria para llevar a cabo la fabricación y administración de dichos productos y servicios. Este es el primer paso para la puesta en marcha de un proyecto, para luego realizar el respectivo análisis financiero.

7.2.1 Operación del Servicio

La operación del servicio de HomeNode depende de los dispositivos desarrollados por la misma compañía y el modo como se abordarán las relaciones con el cliente desde que este solicita nuestro servicio hasta el momento en el que comienza a recibirlo.

7.2.1.1 Ficha Técnica

La parte técnica del proyecto HomeNode es la base que hace posible considerarlo viable. A continuación ser describen los desarrollos y técnicas que pertenecen a la

[69] COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Panorama TIC: Comportamiento del Sector TIC en Colombia. Op. cit., p. 5.

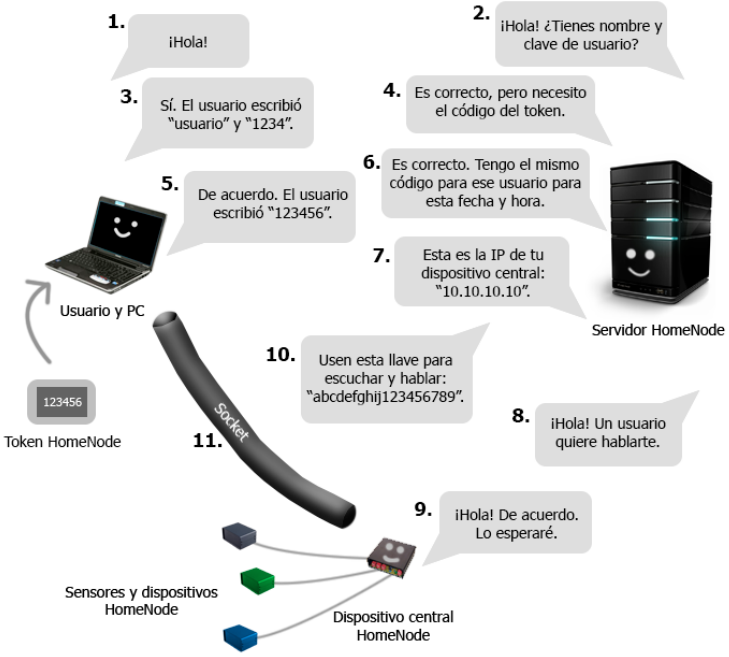
propiedad intelectual de HomeNode, y que han sido resultado de investigaciones exhaustivas durante los últimos años.

7.2.1.1.1 Conexión de Usuarios y Panel de Control

Cada usuario de HomeNode tendrá su propia cuenta en el sitio web de HomeNode. Dicha cuenta contiene un plano del hogar en el cual el usuario tiene instalados los dispositivos de HomeNode. El plano tendrá ubicados interruptores y alertas según esté dispuesta la configuración de sensores y relés. El sistema de usuarios se implementó con los lenguajes de programación PHP, MySQL, JavaScript y HTML5.

La conexión entre el dispositivo central HomeNode en cada hogar y los usuarios es directa, es decir que el servidor gestiona la conexión inicial más no la mantiene. Luego de que el usuario se ha autenticado correctamente se crea un socket entre el dispositivo central y el usuario, donde los datos que entran a dicho socket son encriptados al enviar y desencriptados al recibir, haciendo uso de una llave aleatoria que provee el servidor tanto al dispositivo central como al usuario (ver Figura 22). Por seguridad, el socket se mantiene abierto durante un tiempo finito evitando posibles ataques.

Figura 22. Esquema de conexión entre usuario, servidor y dispositivo central.



Fuente. Elaboración propia.

7.2.1.1.1.1 Autenticación de Usuarios

Para ingresar a su cuenta, cada usuario debe indicar un nombre de usuario, contraseña y código del Token de 6 dígitos, el cual cambia cada 30 segundos (ver Figura 23). Cada cuenta de usuario tiene asociada una llave secreta que comparte con el dispositivo Token y permite generar el código de 6 dígitos, es decir que esta llave nunca se envía pero está dispuesta simétricamente.

Figura 23. Formulario de autenticación de usuario.

Fuente. Elaboración propia.

7.2.1.1.1.2 Almacenamiento de Datos en la Base de Datos

Toda la información, a excepción de las imágenes, es almacenada en la base de datos. Las contraseñas de usuario se tratan especialmente, ya que no se almacenan de manera directa. Las contraseñas se almacenan con una técnica llamada "*salted hash*" o "*saltedpasswords*", que utiliza algoritmos que encriptan la contraseña, generando así una representación o hash de dicha contraseña. Además se le agrega una cadena de caracteres (*salt*) que será creada con base en el hash de una manera impredecible. Con lo anterior se asegura que quien tenga acceso a la base de datos no pueda leer las contraseñas a simple vista (ver Figura 24).

Figura 24. Ejemplo de campo en la base de datos MySQL.

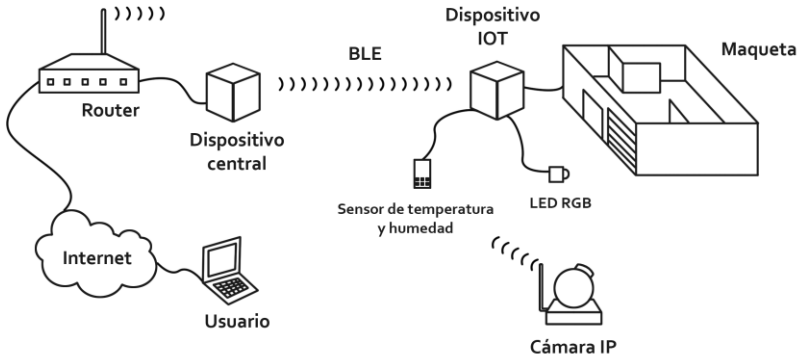
id	usuario	nombre	apellido	clave	salt	token	ip
1	santotomas	Universidad	Santo Tomás	45894c8ae7...	2jd83jdsa9sdkdq0	abc	0.0.0.0

Fuente. Elaboración Propia

7.2.1.1.1.3 Módulo de Demostración

Con el fin de mostrar al público en general el funcionamiento básico de HomeNode, se diseño un modulo interactivo que permite a cualquier persona conectada a Internet, manipular un modelo a escala de un hogar con diferentes opciones de control remoto. En la primera parte de éste modulo, se le muestra al usuario el esquema general de funcionamiento tal como se ve en la Figura 25, donde están todos los elemento que hacen parte de éste modulo interactivo, y la manera en que se comunican entre sí.

Figura 25. Esquema general de funcionamiento del Módulo de Demostración.

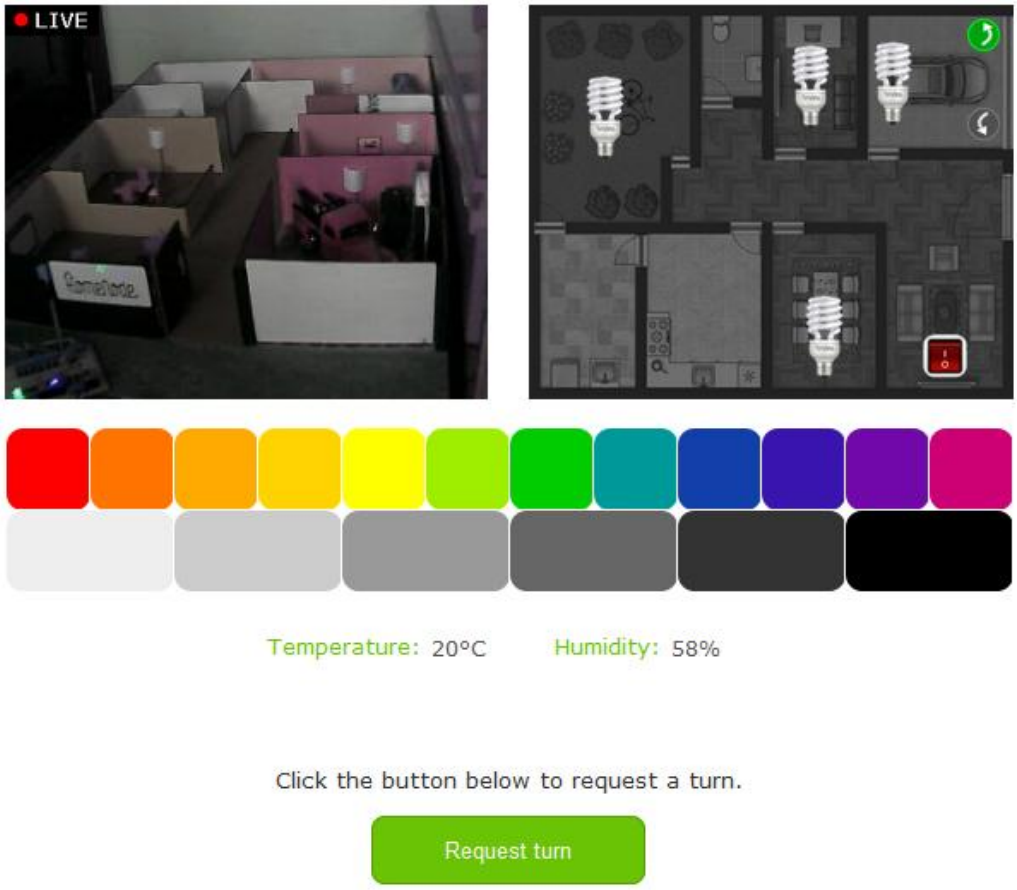


Fuente. Elaboración propia.

Después de entendido el esquema general de funcionamiento, se le presenta al usuario el módulo interactivo, el cual funciona por medio de un sistema de turnos de 30 segundos para cada usuario que desee manipularlo. Dicho sistema es implementado con el fin de evitar que dos usuarios manipulen el sistema al mismo tiempo, lo cual podría producir errores y fallas en el sistema. Es decir, que si el sistema se encuentra siendo manipulado por un usuario, y otro usuario quiere acceder al mismo, se pondrá en cola para cuando a dicho usuario se le acaben los 30 segundos correspondientes.

Durante estos 30 segundos, el usuario habilitado tendrá la posibilidad de monitorear lo que sucede en el modelo a escala del hogar, con funciones como: prender y apagar luces de diferentes áreas, darle diferentes tonalidades a una luz periférica, medir en tiempo real la humedad y la temperatura del medio, prender y apagar un equipo de televisión, y por último, abrir y cerrar la puerta de un garaje. La presentación de dicho módulo se ve en la Figura 26, la cual fue desarrollada y diseñada para que cualquier usuario sea capaz de manipularlo por instinto, sin la necesidad de tener un amplio conocimiento de Internet.

Figura 26. Módulo de Demostración.



Fuente. Elaboración propia.

7.2.1.1.2 Dispositivo Bluetooth Local

Este dispositivo utiliza tecnología Bluetooth 3.0 para comunicarse con cualquier otro dispositivo compatible con dicha tecnología. El micro-controlador tiene el *bootloader* de Arduino, lo que permite una fácil programación de este. Se establece un tipo de comunicación serial, que pertenece al perfil SPP, de esta manera es posible con verter un puerto UART cableado a uno inalámbrico sobre Bluetooth.

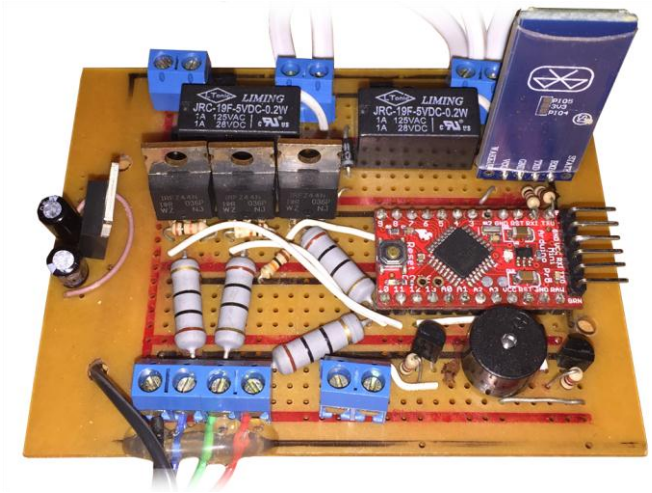
Este dispositivo puede controlar varios elementos de iluminación y un electrodoméstico. En total posee 2 relés que soportan hasta 1A de corriente cada uno, lo que le da capacidad de conectar de hasta 110Watt. Además el dispositivo es capaz de manejar un relé de estado sólido, que permite cargas de hasta 440Watt, donde dicho relé no funciona de manera electromecánica sino con elementos semiconductores.

Por último, el dispositivo posee 3 canales LED para conectar LEDs RGB de alta

potencia. Estos canales hacen uso de transistores MOSFET de alta potencia.

Las características anteriores pueden ser controladas mediante el uso de una aplicación programada para Android. Esta es una solución desarrollada para controlar hogares de manera local, ya que la tecnología ofrece un alcance de hasta 10m, siendo esta una red de área personal (PAN).

Figura 27. Dispositivo Bluetooth Local.



Fuente. Elaboración propia.

7.2.1.1.3 Módulo Medidor de Consumo Energético

Pocas personas conocen los vampiros energéticos y el factor de potencia. Los vampiros energéticos son dispositivos que malgastan energía, inclusive en modo de espera. Por ejemplo, si se conecta un cargador de teléfono celular sin el teléfono, se está malgastando la energía eléctrica debido a que el transformador interno del cargador lo hace.

El factor de potencia está relacionado con las cargas reactivas, tales como motores eléctricos (mezcladores de cocina, aspiradoras, lavadoras, etc.). Dichos dispositivos producen un corrimiento en la fase de la corriente, por lo tanto un gasto de energía. Seguramente dinero no, pero se trata de pensar en el cuidado de nuestros recursos naturales.

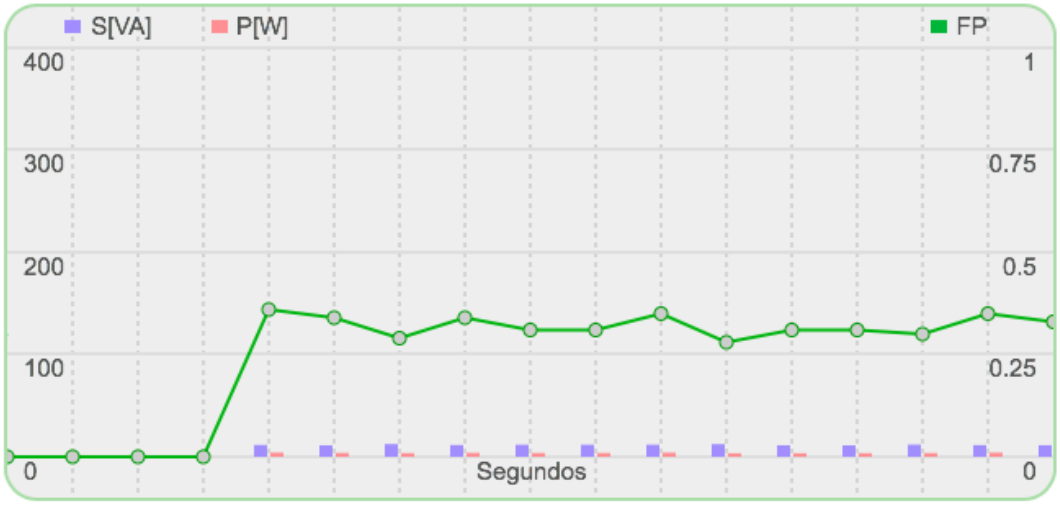
El módulo medidor de consumo energético es una extensión con forma de tomacorriente. Este mide la eficiencia en el suministro de energía a dispositivos conectados al mismo.

Figura 28. Módulo medidor de consumo energético.

Fuente. Elaboración propia.

Los datos son enviados al dispositivo central mediante tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) o Bluetooth 4.0. Se pueden obtener mediciones en tiempo real o recopilar información durante un tiempo determinado, lo que permite estimar el valor de una factura por el servicio de energía eléctrica. La presentación de consumo de energía eléctrica en tiempo real al usuario es como se ve en la Figura 29.

Figura 29. Gráfica de medición de consumo energético en tiempo real.



Potencia real:	3.75	W
Potencia aparente:	11.34	VA
Voltaje RMS:	117.73	V
Corriente RMS:	0.10	A
Factor de potencia:	0.33	
Corrección FP:	2.05	uF

Fuente. Elaboración propia.

7.2.1.1.4 Dispositivo y Algoritmo del Token

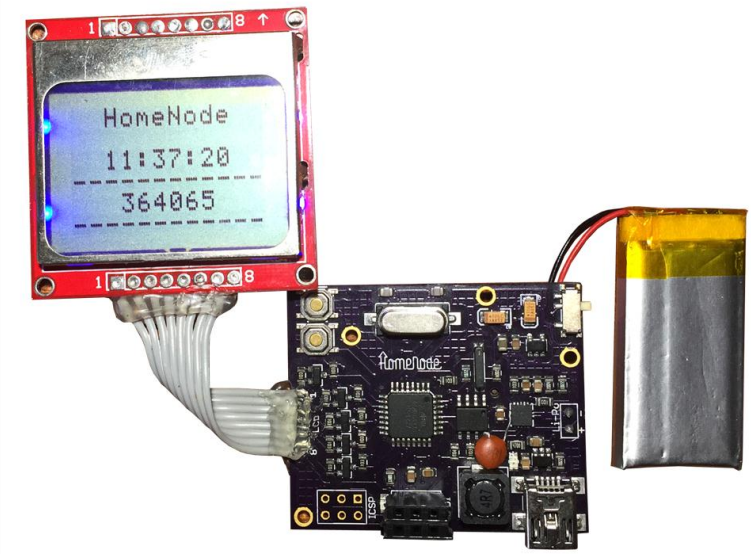
El Token desarrollado para HOMENODE es un prototipo basado en RFC 6238[70], donde la unidad de procesamiento tiene el *bootloader* de Arduino, que controla un display LCD mediante el puerto SPI.

El display muestra un código cambiante de acceso a la plataforma de control del hogar inteligente, que coincide con el que se genera en el servidor de HOMENODE con base en una llave almacenada tanto en el Token como en el servidor. A partir de esta llave y con el número de segundos desde la época UNIX, es posible usar el algoritmo descrito en RFC 6238, y éste algoritmo desarrollado cumple con la definición contenida en RFC 6238.

[70] INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. TOTP: Time-Based One-Time Password Algorithm". RFC 6238. 2011.

De acuerdo a lo mencionado, se realiza la transcripción a lenguaje PHP y C para Arduino, y de esta manera el algoritmo es idéntico en el caso del dispositivo token y el servidor web. Conforme con lo anterior los relojes en el dispositivo token y el servidor web deben estar sincronizados con la menor diferencia posible. Por tal razón se eligió un tiempo de cambio de código de 30 segundos, de modo que el token no es muy rápido como para ser inutilizable ni es lento como para ser poco seguro.

Figura 30. Dispositivo Token de HomeNode (Circuito impreso, batería y pantalla LCD).



Fuente. Elaboración propia

A continuación se detalla en funcionamiento del dispositivo token desarrollado por HomeNode:

- Se obtiene la cantidad de segundos que han pasado desde una fecha específica de referencia, es este caso, 1 de Enero de 1970 a las 00:00:00 UTC. Esta fecha es conocida como Unix Time.

- Se divide la cantidad de segundos obtenida anteriormente entre el número de segundos que deben pasar para que el código del token cambie, en este caso 30 segundos. También se deben aproximar los números decimales, por lo tanto sencillamente se elimina la parte decimal. De esta manera se garantiza que el resultado de este paso dará como resultado un número entero que cambia cada 30 segundos.

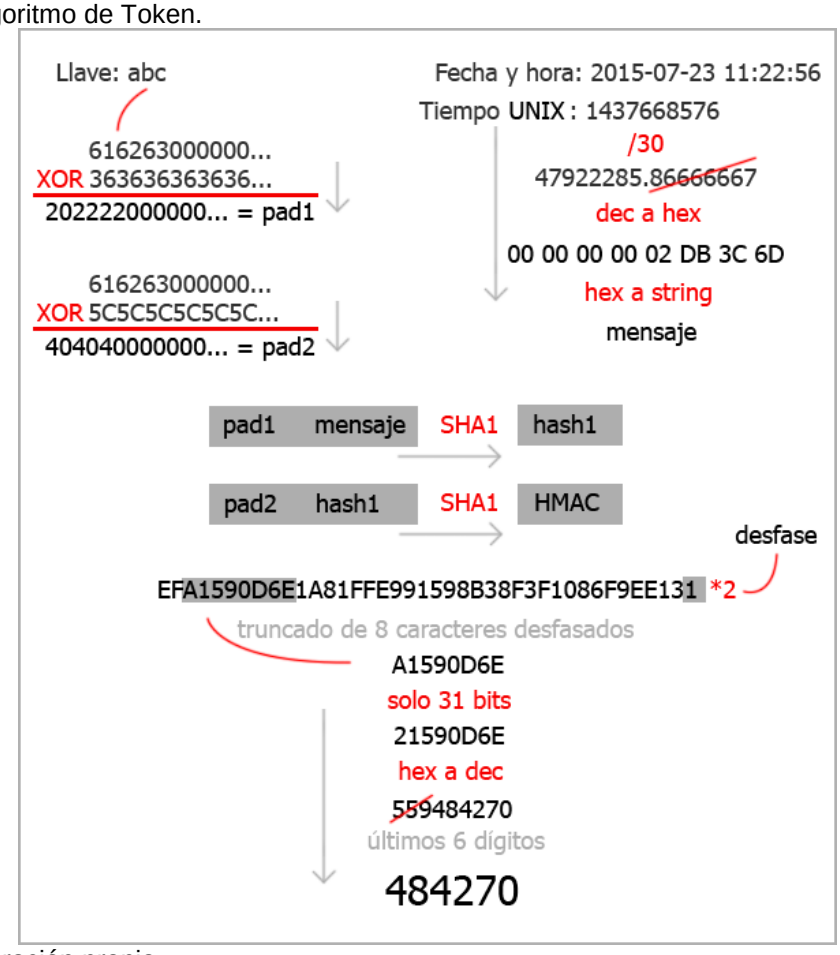
- Se generar un hash HMAC mediante el algoritmo SHA-1. Para dicho proceso, deben haber dos entradas de datos, que son: el mensaje y la clave. En este

caso el mensaje es la cantidad entera obtenida en el paso 2, y la clave será una cadena de caracteres única de cada cliente de HOMENODE.

- Luego, al hash HMAC obtenido se le aplica un truncado dinámico ya que solo se requieren 6 dígitos numéricos. El truncado dinámico toma un dígito de una posición determinada del hash y según su contenido realiza un corrimiento en la posición inicial desde la cual se empezará a leer el hash para generar el número entero de 6 dígitos.

Luego de obtener el código final se debe acondicionar para darle uso. Por ejemplo si el código inicia con un cero, en realidad dicho código sería de 5 dígitos aunque se debe asegurar que el cero aparezca como parte del código.

Figura 31. Algoritmo de Token.



Fuente. Elaboración propia

7.2.1.1.5 Dispositivo de Control Central

Este dispositivo es un pequeño computador basado en el procesador A20 de Allwinner, que cuenta con: un procesador de 1GHz Dual Core, 4GB de memoria NAND Flash, memoria RAM de 1GB, puertos USB, HDMI, Ethernet, audio y GPIO. La razón de existencia de este dispositivo, es que se requiere un pequeño servidor instalado en cada hogar, para aligerar la carga en el servidor principal de HomeNode, y además, brindar mayor seguridad a los dispositivos de cada hogar. Actualmente, se dice que hay mayores beneficios con una red de servidores de poca capacidad frente a un servidor de muy alta capacidad. Lo anterior se puede afirmar debido a los altos costos de mantenimiento de un equipo servidor, la energía invertida en el procesamiento de información y la adecuación de un lugar apto para el buen funcionamiento de los equipos.

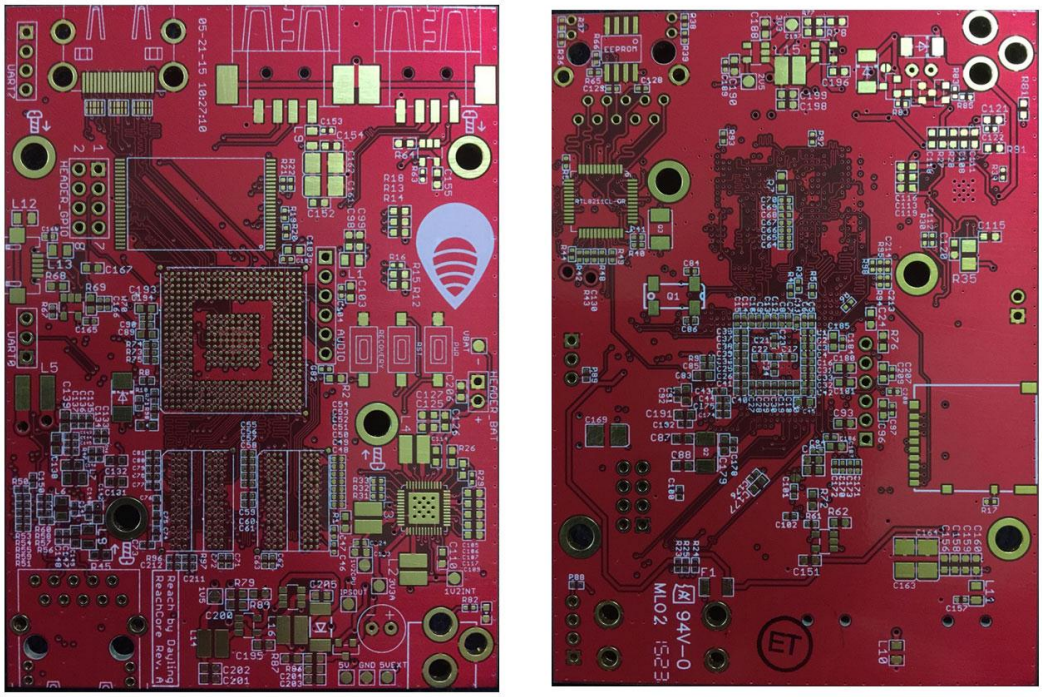
El dispositivo actualmente se encuentra funcionando aunque se puede afirmar que aún se encuentra en etapa de desarrollo, ya que se deben ajustar algunos aspectos en cuanto a presentación y pruebas de funcionamiento. Dicho dispositivo fue creado y diseñado desde cero en el software EAGLE CAD.

Este dispositivo actúa como una puerta de entrada a cada hogar y permite convertir los paquetes IP, que provienen de Internet, en lenguajes que puedan comprender los dispositivos instalados en el hogar.

Las buenas prácticas de diseño para este PCB son críticas, ya que hay presencia de componentes que trabajan a muy altas velocidades como el procesador, las memorias RAM y la memoria NAND Flash. Cada una de las ocho capas del circuito tiene diferentes funciones, por ejemplo hay una capa dedicada a las rutas entre el procesador y las memorias RAM.

Debido a que este dispositivo aún está en etapa de desarrollo, debido a su complejidad, se usará el dispositivo que provee BeagleBoard.com, llamado BeagleBone, que cumplirá con las mismas funciones del Dispositivo de Control Central, aunque de una manera menos eficiente.

Figura 32. Dispositivo de Control Central.



Fuente. Elaboración propia

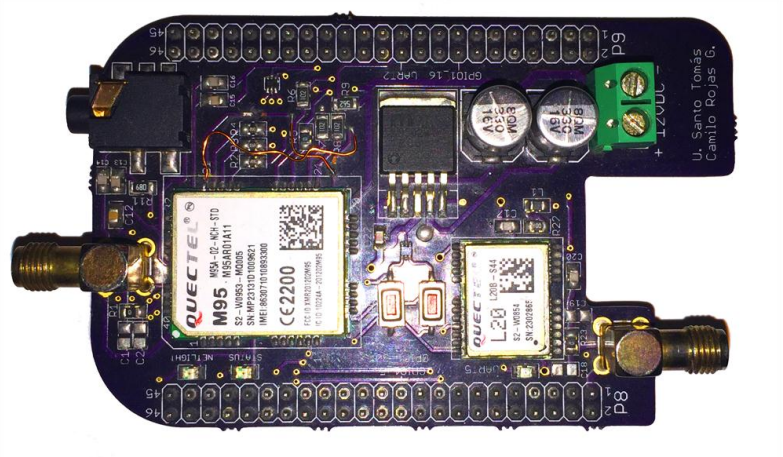
7.2.1.1.5.1 Circuito de Comunicación Celular

El envío de alertas provenientes del cambio de estado de sensores no es muy efectivo vía internet, ya que se requiere el constante monitoreo por parte del usuario. Existen mejores alternativas utilizando la red celular mediante mensajes de texto e incluso llamadas telefónicas.

El circuito de comunicación celular provee capacidades a la BeagleBone con un módulo GSM/GPRS. Este permite hacer o contestar llamadas de voz y enviar y recibir mensajes de texto. Su componente principal es el módulo M95 de Quectel. Las bandas de frecuencia compatibles con este circuito son 850MHz, 900MHz, 1800MHz y 1900MHz.

Este circuito es un complemento al dispositivo de control central, que le da la capacidad de transmitir datos hacia la red celular. Por ejemplo, cuando un sensor de movimiento cambia su estado, este envía la información al dispositivo central, el cual utiliza el circuito de comunicación celular para enviar un mensaje de texto al número de celular almacenado en el panel de control.

Figura 33. Circuito de Comunicación Celular.



Fuente. Elaboración propia

7.2.1.1.6 Sensores y Controladores de Luces

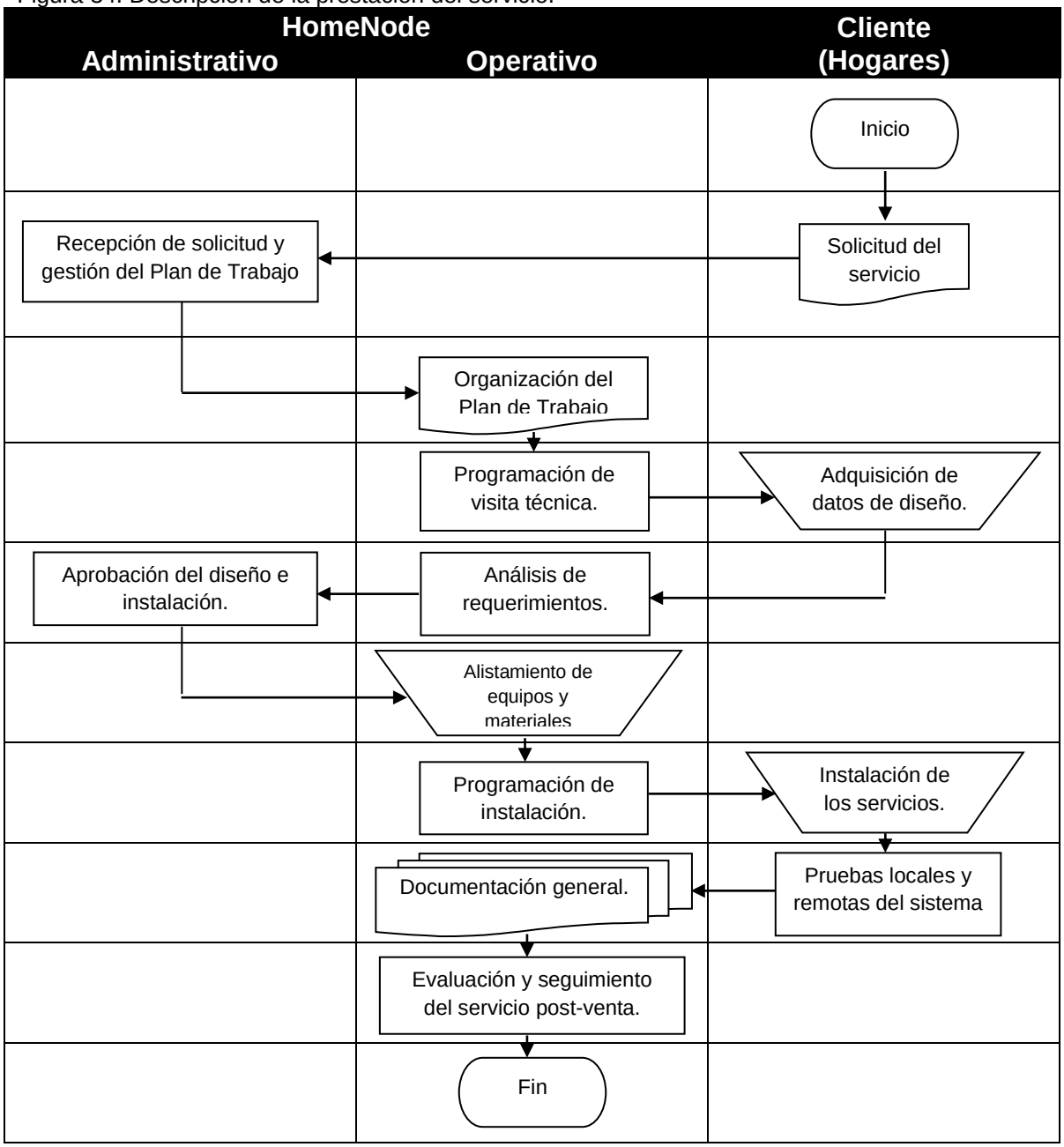
Estos dispositivos trabajan con módulos Xbee, basados en la tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee, los cuales se conectan al dispositivo central, para enviar y recibir paquetes con el fin de controlar dispositivos como electrodomésticos, bombillos, sensores de calidad del aire, sensores de movimiento, sensores de fuego, etc.

Todos los dispositivos se basan en el *bootloader* de Arduino. Poseen baterías de polímero de litio y un cargador integrado al mismo dispositivo. Otra variante implementada, es la de utilizar baterías no recargables de alta duración, cuyo compuesto principal en el cloruro de litio-tionilo. Estas baterías pueden contener una carga de hasta 19Ah y son de un tamaño pequeño.

7.2.1.2 Descripción de la Prestación del Servicio

En la Figura 34 se encuentra descrita la manera de prestación del servicio. Debe seguirse este mismo modelo con cada uno de los clientes y evitar actividades improvisadas que puedan generar sobrecostos. Por lo anterior, es importante que los clientes también tengan conocimiento de este esquema.

Figura 34. Descripción de la prestación del servicio.



Fuente. Elaboración Propia.

7.2.2 Costos de Producción

HomeNode no debería asumir ningún costo imprevisto con respecto a la producción, por esta razón es necesario planificar y calcular dichos costos con la mayor exactitud posible y ante diferentes escenarios.

7.2.2.1 Materia Prima

Para el desarrollo y elaboración de los dispositivos mencionados en la ficha técnica, se usaron diferentes piezas y componentes en cada uno de ellos, que se acoplarán de la manera más eficiente al diseño planteado. Con el fin de tener un costo base para la futura determinación del precio del servicio, de la Tabla 15 a la 23, se presentan los costos de la materia prima en la que se incurrió para el desarrollo de los prototipos y su presentación en el Proyecto.

Tabla 15. Costo unitario y proyectado a 5 años de la página web para la conexión de usuarios.

Página Web	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Dominio por un año con 100MB de Hosting	$ 98.800	$ 98.800	$ 101.586	$ 104.451	$ 107.396	$ 110.425
TOTAL	**$ 98.800**	**$ 98.800**	**$ 101.586**	**$ 104.451**	**$ 107.396**	**$ 110.425**

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 16. Costo unitario y proyectado a 5 años del Dispositivo Bluetooth Local.

Circuito Bluetooth Local	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arduino Pro Mini	$ 5.642	$ 5.642	$ 5.801	$ 5.965	$6.133	$6.306
Modulo Bluetooth 2.0	$ 8.842	$ 8.842	$ 9.091	$ 9.348	$ 9.611	$ 9.882
Transistores MOSFET	$ 1.600	$ 1.600	$ 1.645	$ 1.692	$ 1.739	$ 1.788
Conectores	$ 1.200	$ 1.200	$ 1.234	$ 1.269	$ 1.304	$ 1.341
Componentes Pasivos	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
Relés Electro-Mecánicos	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
Circuito Impreso	$ 3.000	$ 3.000	$ 3.085	$ 3.172	$ 3.261	$ 3.353
Relé de Estado Sólido	$ 8.600	$ 8.600	$ 8.843	$ 9.092	$ 9.348	$ 9.612
Zumbador	$ 500	$ 500	$ 514	$ 529	$ 544	$ 559
Adaptador	$ 4.319	$ 4.319	$ 4.441	$ 4.566	$ 4.695	$ 4.827
TOTAL	**$ 37.703**	**$ 37.703**	**$ 38.766**	**$ 39.859**	**$ 40.983**	**$ 42.139**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 17. Costo unitario y proyectado a 5 años del módulo medidor de consumo energético.

Módulo Medidor de Consumo Energético	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sensor de Voltaje	$ 10.000	$10.000	$ 10.282	$ 10.572	$ 10.870	$ 10.870
Caja Contenedora	$ 3.000	$ 3.000	$ 3.085	$ 3.172	$ 3.261	$ 3.261
Sensor de Corriente	$ 19.981	$ 19.981	$ 20.544	$ 20.124	$ 21.720	$ 21.720
Módulo Bluetooth 4.0	$21.326	$21.326	$21.927	$22.546	$23.182	$23.182
Arduino Pro Mini	$ 5.642	$ 5.642	$ 5.801	$ 5.965	$ 6.133	$ 6.133
Fuente de Poder	$ 5.000	$ 5.000	$ 5.141	$ 5.286	$ 5.435	$ 5.435
Componentes Pasivos	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.174
TOTAL	**$ 66.949**	**$66.949**	**$ 68.837**	**$ 70.778**	**$ 72.774**	**$ 72.774**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 18. Costo unitario y proyectado a 5 años del dispositivo Token.

Dispositivo de Token	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Display OLED azul	$ 14.330	$ 14.330	$ 14.734	$ 15.150	$ 15.577	$ 16.016
PCB 4 capas	$ 8.000	$ 8.000	$ 8.226	$ 8.458	$ 8.696	$ 8.941
MCU ATMEGA32U4	$ 14.435	$ 14.435	$ 14.842	$ 15.261	$ 15.691	$ 16.133
Reloj de tiempo real DS3231	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
Medidor de batería	$ 2.500	$ 2.500	$ 2.571	$ 2.643	$ 2.718	$ 2.794
Batería de litio	$ 20.000	$ 20.000	$ 20.564	$ 21.144	$ 21.740	$ 22.353
Acelerómetro ADXL345	$ 5.223	$ 5.223	$ 5.370	$ 5.522	$ 5.677	$ 5.838
Componentes discretos	$ 5.000	$ 5.000	$ 5.141	$ 5.286	$ 5.435	$ 5.588
Conectores	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
TOTAL	**$ 73.488**	**$ 73.488**	**$ 75.560**	**$ 77.691**	**$ 79.882**	**$ 82.135**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 19. Costo unitario y proyectado a 5 años del dispositivo de control central y el circuito de comunicación celular.

Módulo Central de Control	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Circuito de Comunicación Celular	$ 85.000	$ 85.000	$ 87.397	$ 89.862	$ 92.396	$ 95.001
Módulo ZigBee	$ 44.000	$ 44.000	$ 45.241	$ 46.517	$ 47.828	$ 49.177
Módulo Bluetooth 4.0	$ 21.000	$ 21.000	$ 21.592	$ 22.201	$ 22.827	$ 23.471
BeagleBone	$ 110.000	$ 110.000	$ 113.102	$ 116.291	$ 119.571	$ 122.943
TOTAL	**$ 260.000**	**$ 260.000**	**$ 267.332**	**$ 274.871**	**$ 282.622**	**$ 290.592**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 20. Costo unitario y proyectado a 5 años de los sensores.

Sensores	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Circuito Sensor de Humedad	$ 58.000	$ 58.000	$ 59.635	$ 61.317	$ 63.046	$ 64.824
Circuito Sensor de CO2	$ 62.000	$ 62.000	$ 63.748	$ 65.546	$ 67.395	$ 69.295
Circuito Sensor de Fuego	$ 56.000	$ 56.000	$ 57.579	$ 59.203	$ 60.872	$ 62.589
Circuito Sensor de Nivel de Agua	$ 58.000	$ 58.000	$ 59.636	$ 61.317	$ 63.046	$ 64.824
TOTAL	**$ 234.000**	**$ 234.000**	**$ 240.599**	**$ 240.599**	**$ 254.360**	**$ 261.533**

Fuente. Elaboración propia.

Antes de presentar los costos de los controladores de luces, se debe tener en cuenta que se desarrollaron de dos tipos, dependiendo de la utilidad que le quiera dar el usuario:

- *Módulo Interruptor de Baja Potencia*: Tiene como finalidad principal el funcionar como interruptor para control de luces, o elementos en el hogar que funcionen con baja tensión.

- *Módulo Interruptor de Alta Potencia*: Tiene como finalidad funcionar como interruptor para el control de electrodomésticos, o elementos en el hogar que funcionen con alta tensión.

Tabla 21. Costo unitario y proyectado a 5 años del módulo interruptor de baja potencia.

Módulo Interruptor de Baja Potencia	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arduino Pro Mini	$ 5.642	$ 5.642	$ 5.801	$ 5.965	$ 6.133	$ 6.306
ZigBee	$ 44.000	$ 44.000	$ 45.241	$ 46.517	$ 47.828	$ 49.177
Relé Electro-Mecánico	$ 1.000	$ 1.000	$ 1.028	$ 1.057	$ 1.087	$ 1.118
Componentes Pasivos	$ 1.000	$ 1.000	$ 1.028	$ 1.057	$ 1.087	$ 1.118
Circuito Impreso	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
TOTAL	**$ 53.642**	**$ 53.642**	**$ 55.155**	**$ 56.710**	**$ 58.309**	**$ 59.954**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 22. Costo unitario y proyectado a 5 años del módulo interruptor de alta potencia.

Módulo Interruptor de Alta Potencia	Costo Unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arduino Pro Mini	$ 5.642	$ 5.642	$ 5.801	$ 5.965	$ 6.133	$ 6.306
ZigBee	$ 44.000	$ 44.000	$ 45.241	$ 46.517	$ 47.828	$ 49.177
Relé de Estado Solido	$ 8.600	$ 8.600	$ 8.843	$ 9.092	$ 9.348	$ 9.612
Componentes Pasivos	$ 1.000	$ 1.000	$ 1.028	$ 1.057	$ 1.087	$ 1.118
Circuito Impreso	$ 2.000	$ 2.000	$ 2.056	$ 2.114	$ 2.174	$ 2.235
TOTAL	**$ 61.242**	**$ 61.242**	**$ 62.969**	**$ 64.745**	**$ 66.571**	**$ 68.448**

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 23. Costos del módulo de demostración.

Módulo de Demostración	Costo Unitario
Maqueta	$ 220.000
Cámara IP	$ 140.000
Circuito de Control Inalámbrico	$ 45.000
Circuito de Conexión a Internet	$ 131.000
TOTAL	**$ 536.000**

Fuente. Elaboración propia.

Por último, en la Tabla 24 se presenta la sumatoria de costos totales de la materia prima que se utilizo para todos los dispositivos desarrollados para HomeNode.

Tabla 24. Costos unitarios totales de materia prima.

Costos Totales: Materia Prima	Costos Unitarios
Página Web	$ 98.800
Circuito Bluetooth Local	$ 37.703
Módulo Medidor de Consumo Energético	$ 66.949
Dispositivo de Token	$ 73.488
Módulo Central de Control	$ 260.000
Sensores	$ 234.000
Módulo Interruptor de Baja Potencia	$ 53.642
Módulo Interruptor de Alta Potencia	$ 61.242
Módulo de Demostración	$ 536.000
TOTAL	**$ 1.421.824**

Fuente. Elaboración propia.

7.2.2.2 Insumos

De acuerdo a los productos desarrollados por HomeNode, en la Tabla 25 se detalla la cantidad de cada uno de los insumos que se estiman consumir mensualmente y su respectivo costo.

Tabla 25. Detalle del costo mensual de insumos.

Insumo	Cantidad	Costo
Soldadura en pasta	600 gr	$ 292.500
Pegamento	100 gr	$ 50.700
Alambre para soldadura	500 gr	$ 78.000
Fluido para soldar	20 ml	$ 62.400
Tornillos	8000 unds.	$ 150.000
Alcohol isopropílico	2,5 L	$ 126.700
TOTAL		**$ 766.350**

Fuente. Elaboración Propia.

7.2.2.3 Transporte

Los gastos mensuales de transporte se presentan en la

Tabla **26**, los cuales se calcularon teniendo en cuenta el gasto promedio mensual en gasolina del vehículo con el que cuenta la empresa. Dicho vehículo será utilizado principalmente para la realización de las visitas previas de reconocimiento en los hogares, y para la instalación de los productos en los mismos. De igual manera, cabe resaltar que también servirá como medio de transporte para el desarrollo de tareas correspondientes al área administrativa de la empresa.

Tabla 26. Gastos de Transporte.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Transporte Mensual	$ 200.000	$ 205.647	$ 211.453	$ 217.423	$ 223.561
Total Gasto Anual	$ 2.400.000	$ 2.467.760	$ 2.537.433	$ 2.609.073	$ 2.682.736

Fuente. Elaboración Propia.

7.2.2.4 Arrendamiento

Los costos mensuales y anuales de arrendamiento de la Oficina en la cual funcionará HomeNode se muestran en la Tabla 27, donde basados en el promedio anual del Índice de Precios al Consumidor (IPC) de los últimos 5 años reportados por el Banco de la República[71], se proyectaron de la siguiente manera para los próximos 5 años con un aumento del 2,99%.

Tabla 27. Costos de Arrendamiento.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arriendo Mensual	$390.000	$ 401.661	$ 413.671	$ 426.039	$ 438.778
Total Costo Anual	$ 4.680.000	$ 4.819.932	$ 4.964.048	$ 5.112.473	$ 5.265.336

Fuente. Elaboración Propia.

7.2.2.5 Mano de Obra

Para el cálculo de los costos referentes a la mano de obra, se tomaron en cuenta el total de los salarios del Desarrollador y Técnico Operativo, ya que éste es el personal que interviene directamente en el área operativa de HomeNode. Dichos costos se presentan en la Tabla 28, donde para obtenerlos se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- La tarifa del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV) para el año 2015 será de Seiscientos Cuarenta y Cuatro Mil Trescientos Treinta y Seis Pesos ($644.336), según lo establecido por el Ministerio de Trabajo.

- La tarifa del Subsidio de Transporte para el año 2015 será de Setenta y Cuatro Mil Pesos ($74.000), según lo establecido por el Ministerio de Trabajo. Cabe resaltar, que según el Código Sustantivo del Trabajo el Subsidio de Transporte solo le se debe pagar al trabajador siempre y cuando su salario básico se encuentre por debajo de 2 SMMLV.

[71] En: http://www.banrep.gov.co/es/ipc

- Según el Código Sustantivo del Trabajo, la Dotación es obligatoria si el salario básico está por debajo de 2 SMMLV. Por dicha razón, se estableció que el valor total de la Dotación anual será de Doscientos Mil Pesos ($200.000).

- Para el aporte al Sistema General de Riesgos Profesionales, según el Decreto 1607 de 2202 los "…S*ervicios Relacionados con las Telecomunicaciones*…" se tipifican con una clase de riesgo 3.Según esta clasificación, el Decreto 1772 de 1994 reglamenta que para las actividades con clase de riesgo 3, se debe aportar un 2,436% mensual sobre el salario devengado.

- Los demás aportes que se presentan en la Tabla x, se ajustan a la legislación y normatividad que actualmente se encuentra establecida en Colombia.

Tabla 28. Costos de Mano de Obra.

	Salario Devengado	Aportes Seguridad Social	Aportes Parafiscales	Prestaciones Sociales	TOTAL
Desarrollador	$ 874.000	$ 200.461	$ 78.660	$ 199.449	$ 1.352.570
Técnico Operativo	$ 724.000	$ 166.057	$ 65.160	$ 168.079	$ 1.123.296

Fuente. Elaboración Propia.

7.2.3 Infraestructura

HomeNode, a pesar de ser un proyecto orientado a la prestación de servicios, requiere de una infraestructura específica para desarrollar actividades como la fabricación de dispositivos, programación de estos, tareas administrativas y mercadeo.

7.2.3.1 Ubicación de la Sede Principal

Inicialmente la sede principal de HomeNode será una Oficina ubicada en la ciudad de Bogotá en el barrio Normandía. Dicha ubicación se escogió debido a que es una referencia central de la ciudad, y el sector aledaño es principalmente residencial, lo cual puede ayudar potencialmente en la adquisición de nuevos clientes. De igual manera, el promedio de los costos de arrendamiento de las Oficinas ubicadas en este barrio, se ajustan a lo destinado y presupuestado por HomeNode para este fin.

7.2.3.2 Maquinaria y Equipos

En la Tabla 29 se muestran los costos de inversión que debe realizar HomeNode en maquinaria y equipos, necesarios para el correcto funcionamiento y desarrollo de la empresa a nivel administrativo y operativo. En la misma Tabla, se detalla la depreciación mensual de las máquinas y equipos utilizados, según lo reglamentado por el Decreto 3019 de 1989.

Tabla 29. Costos de Máquinas y Equipos.

Máquina - Equipo	Unidades	Costo Unitario	Costo Total	Vida Útil (Años)	Depreciación Mensual
Soldador manual	2	$ 48.750	$ 97.500	10	$ 813
Atornillador	2	$ 9.750	$ 19.500	10	$ 163
Osciloscopio	1	$ 1.072.500	$ 1.072.500	10	$ 8.938
Multímetro	2	$ 78.000	$ 156.000	10	$ 1.300
Computador	3	$ 880.000	$ 2.640.000	5	$ 44.000
Teléfono Fijo	1	$ 109.900	$ 109.900	10	$ 916
Impresora multifuncional	1	$ 399.900	$ 399.900	5	$ 6.665

Fuente. Elaboración Propia.

7.2.3.3 Mobiliario

Según las necesidades administrativas y operativas de HomeNode, en la Tabla 30 se presentan los costos del mobiliario requerido para el inicio y puesta en marcha del plan de negocios. De igual manera, se presenta la depreciación mensual total de cada uno de ellos, según la reglamentación del Decreto 3019 de 1989.

Tabla 30. Costos de Mobiliario.

Mueble	Unidades	Costo Unitario	Costo Total	Vida Útil (Años)	Depreciación Mensual
Escritorio	3	$ 169.000	$ 507.000	10	$ 4.225
Silla giratoria	3	$ 150.000	$ 450.000	10	$ 3.750
Estante	1	$ 130.000	$ 130.000	10	$ 1.083

Fuente. Elaboración Propia.

7.3 Organización

El desarrollo de una estructura de organización permitirá a HomeNode ser más eficiente en temas administrativos, de creación de departamentos y de consolidación de amenazas y oportunidades para el proyecto.

7.3.1 Estrategia Organizacional

Para hallar la manera correcta de organización para HomeNode, es necesario descubrir los factores propios y externos que podrían afectar el comportamiento del proyecto en el mercado.

7.3.1.1 Análisis DOFA

Mediante el análisis DOFA se evaluarán las debilidades y fortalezas que presenta la idea de negocio HomeNode, seguido de las amenazas y oportunidades que se encuentran determinadas por el comportamiento del mercado.

Tabla 31. Matriz DOFA.

INTERNOS / EXTERNOS	**FORTALEZAS**	**DEBILIDADES**
	F1: Talento humano altamente calificado para un mercado potencial en el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas. F2: Paquetes de servicios flexibles y ajustables a las necesidades de los hogares. F3: La implementación de nuevas tecnologías permite generar un impacto positivo en temas ambientales, económicos y sociales en los hogares.	D1: No se cuenta con todos los recursos administrativos y logísticos. D2: No se cuenta con experiencia en el mercado. D3: Posicionamiento de la empresa y de los paquetes de servicios.
OPORTUNIDADES	**ESTRATEGIA(OF)**	**ESTRATEGIA(OD)**
O1: Incremento en la implementación de soluciones tecnológicas para la gestión de la energía eléctrica. O2: La necesidad de los hogares por reducir costos y	O1F1: Diseñar estrategias de servicio para el mejoramiento en la gestión y prestación de la energía eléctrica, ofreciendo calidad e innovación en todo el proceso del servicio con un modelo CANVAS, logrando satisfacer la demanda de esta problemática.	O1D1: Mediante el apoyo a los procesos de emprendimiento brindados por el gobierno por medio de programas como el Fondo Emprender o Apps.co, contar con los recursos necesarios para la puesta en marcha de la

de las empresas por disminuir su impacto ambiental. O3: El aumento en la demanda de servicios tecnológicos. O4: Baja oferta de soluciones domóticas en el mercado colombiano.	O2F3: Establecer relaciones duraderas con los hogares dado los impactos económicos, sociales y ambientales que tiene la idea de negocio. O3O4F2: Posicionar la empresa en el mercado nacional, con miras de proyección internacional, aprovechando el crecimiento del sector tecnológico y la participación e importancia que ha tomado domótica, aprovechando el talento humano y la flexibilidad en los servicios.	idea de negocio. O3O4D2: Ejecutar un plan de implementación de servicios domóticos en un nicho de mercado potencial, por medio de alianzas estratégicas con constructoras y otras empresas de servicios tecnológicos, que no cuenten con el servicio para diversificar su portafolio. O2D3: Mediante una página Web y aplicaciones para teléfonos inteligentes y tabletas, posicionar la idea de negocio con un portafolio de servicios relacionado con el manejo de herramientas domóticas.
AMENAZAS	**ESTRATEGIA(AF)**	**ESTRATEGIA(AD)**
A1: Incremento de la competencia de grandes empresas tecnológicas interesadas en la automatización de hogares. A2: Robo de información sensible acerca de los usuarios del servicio. A3: Falta de experiencia en los procesos de publicidad y expansión para este tipo de servicio.	A1F2: Segmentar el mercado para aprovechar la ausencia de estas grandes empresas en las hogares que consideran un mercado no potencial. A2F1: Por medio de la gestión de tecnologías de encriptación y cifrado de datos, así como la educación del usuario para el manejo de información, prevenir el robo de datos desde el usuario hasta los	A1D3: Se implementaran relaciones personales con los clientes o usuarios del servicio, así como clientes potenciales, mediante comunicación directa de especialistas y consultores propios, para la presentación del servicio a los mismos. A3D2D3: Mediante el

	robos de información en la red. A3F2: Aprovechamiento de la flexibilidad en los paquetes de servicios para hacerle frente al proceso de implementación servicios domóticos, optimizando algunos pasos.	trabajo con agremiaciones y entes de emprendimiento existentes, fortalecer los procesos de masificación del servicio para el sector hogar, dada la falta de conocimiento en la operación del servicio.

Fuente. Elaboración Propia.

7.3.1.2 Organismos de Apoyo

Existen organismos interesados fomentar la competitividad colombiana, especialmente en áreas de tecnología. De esta manera, HomeNode recibe una gran ventaja al momento de la puesta en marcha del proyecto.

7.3.1.2.1 Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC

A través de iniciativas como Apps.co, el MinTIC busca potenciar la generación de capacidades y conocimiento en tecnologías de la información y las comunicaciones para el desarrollo de aplicaciones móviles, plataformas web, software y contenidos digitales. De igual manera, ésta iniciativa propicia los espacios para conectar las ideas, el talento y el mercado, con el fin de que por medio del trabajo colaborativo los emprendedores colombianos puedan convertir sus ideas en negocios[72].

7.3.1.2.2 Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones – CCIT

Es una entidad de carácter gremial fundada en 1993 como una persona jurídica constituida como corporación sin ánimo de lucro, que agrupa a las empresas más importantes del sector de telecomunicaciones e informática en Colombia, que busca en su gestión, como organismo autorizado del sector privado, propender a la protección, defensa y desarrollo de sus asociados por la promoción de las actividades de los mismos[73].

[72] En: https://apps.co/acerca/appsco/#que-es
[73] En: http://www.ccit.org.co/index.php/sobre-la-ccit/quienes-somos

7.3.1.2.3 Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – CINTEL

Es un centro de desarrollo tecnológico creado en 1991, como una corporación de derecho privado sin ánimo de lucro de participación mixta, orientada a la investigación aplicada, generación de conocimiento e innovación a través de proyectos TIC, contribuyendo a incrementar la competitividad y eficiencia de los miembros suscritos y sus clientes, generando bienestar a sus colaboradores y a la sociedad en general[74].

7.3.1.2.4 Fondo Emprender

Es un fondo de capital semilla creado por el Gobierno Nacional Colombiano en el 2002, que se constituyo como una cuenta independiente y especial adscrita al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), el cual es administrado por esa entidad y cuyo objetivo es financiar iniciativas empresariales que provengan y sean desarrolladas por aprendices o asociaciones entre aprendices, practicantes universitarios o profesionales que su formación se esté desarrollando o se haya desarrollado en instituciones, que para los efectos legales, sean reconocidas por el Estado[75].

7.3.1.3 Misión

HomeNode es una empresa de tecnología dedicada a ofrecer servicios domóticos enfocados a mejorar la seguridad y reducir el consumo energético de los hogares, mediante la integración de herramientas de software y hardware que permitan el desarrollo de sistemas de control remotos, ajustados a las necesidades y requerimientos de los clientes para el cuidado y monitoreo del hogar, cumpliendo con las expectativas de servicio al cliente con sistemas de alto valor.

7.3.1.4 Visión

HomeNode se proyecta a cinco años, como una empresa que mejorará la calidad de vida de los hogares por medio de herramientas tecnológicas que brinden bienestar y seguridad a sus residentes, buscando ser reconocida en el ámbito nacional, desarrollando e implementando estrategias de servicio que permitan posicionara la empresa como líder en el sector de servicios domóticos, abarcando diferentes ciudades y ampliando la cobertura de la empresa, aumentado el nivel de productividad.

---

[74] En: http://www.cintel.org.co/acerca-de-nosotros/quienes-somos/
[75] En: http://www.fondoemprender.com/SitePages/QueEsFondoEmprender.aspx

7.3.1.5 Cadena de Valor

Con el fin de entender el nuevo ecosistema tecnológico creado con la entrada en el mercado de herramientas tecnológicas de IoT, y ubicar a HomeNode dentro de este mercado, la ITU en la Recomendación ITU-T Y.2060 ha definido 5 mínimos posibles jugadores que componen el mercado actual de IoT y que cumplen con un rol específico dentro del mismo, además de estar interrelacionados de la forma establecida en la Figura 35, donde cada jugador cumple con las siguientes funciones determinadas[76]:

- *Proveedor de Dispositivos*: Responsable de los dispositivos que proporcionan los datos en bruto y/o el contenido al proveedor de red y aplicaciones de acuerdo con la lógica del servicio.

- *Proveedor de Red*: Es el jugador central en el ecosistema IoT, ya que tiene como funciones principales: el acceso y la integración de los recursos proporcionados por otros proveedores, soporte y control de la infraestructura usada por IoT, y por último, ofrecer la capacidad a IoT de incluir una red consolidada para la exposición de recursos a otros proveedores.

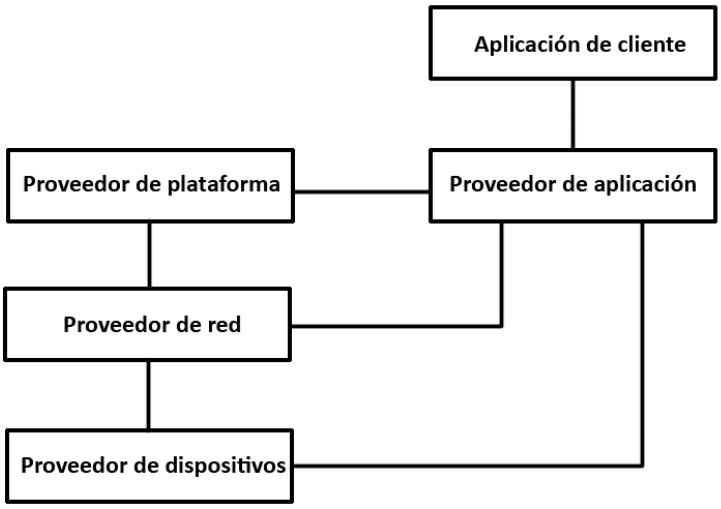
- Proveedor de Plataforma: Ofrece capacidades de integración de interfaces abiertas para los proveedores de aplicaciones. Además, debe contar con características de almacenamiento y procesamiento de datos para la gestión de dispositivos.

- *Proveedor de Aplicaciones*: Utiliza las capacidades o recursos proporcionados por el proveedor de red, dispositivos y plataformas, con el fin de proporcionar aplicaciones de IoT a la aplicación de cliente.

- *Aplicación de Cliente*: Es el usuario de la aplicación de IoT, donde una aplicación de cliente puede representar a varios usuarios de aplicaciones.

[76] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Overview of the Internet of things. Op. cit., p. 10.

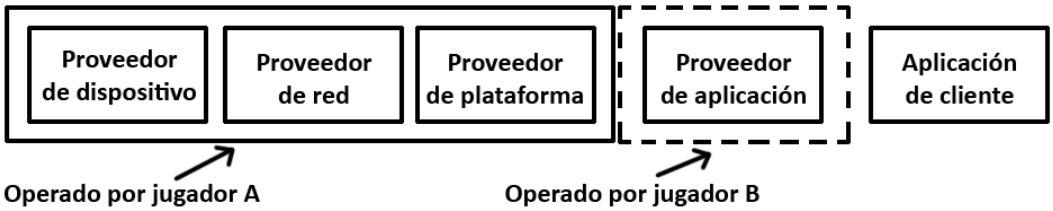
Figura 35. Ecosistema IoT.



Fuente. “ITU-T SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRAESTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEX-GENERATION NETWORKS”. Pág. 10.

Aunque el ecosistema IoT plantee las principales relaciones entre los diferentes jugadores, de la misma manera un jugador puede comprender varias funciones, y por lo tanto ser varios jugadores a la vez. La Recomendación ITU-T Y.2060 plantea 5 modelos de negocio basados en este planteamiento, donde HomeNode se acopla al Modelo 2, el cual propone que un jugador A opere la provisión de dispositivos, de red y plataforma, y un jugador B opera la provisión de aplicaciones la aplicación de cliente, tal y como se muestra en la Figura 36. Desde el punto de vista operativo, el Modelo 2 plantea que el jugador A sean los operadores de telecomunicaciones, y el jugador B el proveedor de servicios, que para este caso será HomeNode.

Figura 36. Modelo 2 de Servicio IoT.

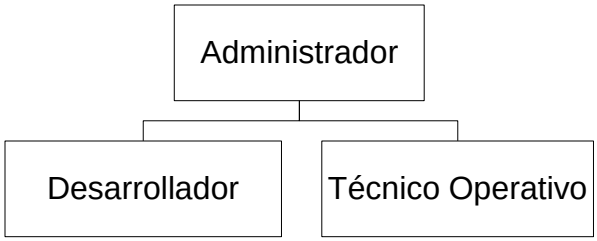


Fuente. “ITU-T SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRAESTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEX-GENERATION NETWORKS”. Pág. 11.

7.3.2 Estructura Organizacional

Basados en la necesidad interna de HomeNode por cumplir con las proyecciones y objetivos del plan de negocios, inicialmente se contratarán tres personas de manera directa a la empresa, las cuales están distribuidas según el Organigrama General que se ve en la Figura 37.

Figura 37. Organigrama General de HomeNode.



Fuente. Elaboración Propia.

7.3.2.1 Área Administrativa

Del área administrativa solo hará parte el Administrador, quién tendrá a cargo como principales funciones las mencionadas en la Tabla 32.

Tabla 32. Cargos Administrativos y sus funciones.

Cargo	Funciones Principales
Administrador	- Ser responsable ante los socios por los resultados y el desempeño de la empresa. - Ejercer autoridad y control funcional sobre el resto de cargos. - Controlar y dirigir los procesos contables y la administración de los recursos financieros. - Adoptar medidas para mantener y mejorar la imagen de la empresa. - Formular planes de gestión para la empresa, proyectando las necesidades físicas, económicas y organizacionales.

Fuente. Elaboración Propia.

7.3.2.2 Área Operativa

Del área operativa harán parte el Desarrollador y el Técnico Operativo, donde cada uno de ellos cumplirá con las funciones del cargo descritas en la Tabla 33.

Tabla 33. Cargos Operativos y sus funciones.

Cargo	Funciones Principales
Desarrollador	- Diseñar las soluciones domóticas ajustadas a los requerimientos del cliente - Ensamblar los productos ofrecidos y desarrollados por la empresa. - Verificar que el producto terminado cumpla con los requerimientos del cliente. - Dirigir y coordinar las tareas de programación y control de las actividades relacionadas con la operación de los servicios. - Suministrar especificaciones técnicas para la adquisición de equipos destinados a la operación de los servicios.
Técnico Operativo	- Realizar la instalación de los servicios y productos asignados. - Ejecutar los servicios de mantenimientos preventivos. - Efectuar las visitas previas de reconocimiento a los hogares de los clientes. - Mantener actualizada la bitácora de servicios atendidos. - Apoyar al Desarrollador en las labores operativas de su competencia.

Fuente. Elaboración Propia.

7.3.3 Aspectos Legales

Teniendo en cuenta el tipo de asociaciones empresariales que actualmente se encuentran legisladas en Colombia, se buscó cuál de ellas se acopla de manera eficiente al modelo de negocio presentado para HomeNode anteriormente. Desde

2008, existe un nuevo tipo de asociación empresarial llamada Sociedad por Acciones Simplificadas (SAS), la cual fue creada principalmente para ofrecer más flexibilidad a los nuevos empresarios a la hora de crear empresa. Éste tipo de asociación ofrece ventajas específicas como[77]:

- La creación de una SAS se puede realizar mediante documento privado.

- Las SAS no requieren que se establezca una duración determinada de la misma.

- No es necesario fijar el objeto social de la empresa cuando se crea bajo la figura de una SAS.

- El pago del capital de la empresa puede ser diferido hasta por dos años.

Por dichas razones, se determinó que para la constitución legal de HomeNode, la asociación considerada más conveniente para iniciar su actividad comercial será una Sociedad por Acciones Simplificadas.

7.3.4 Gastos Administrativos

Los cálculos adecuados de los gastos administrativos evitarán los posibles sobrecostos en etapas más avanzadas del proyecto HomeNode.

7.3.4.1 Gastos de Personal

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones presentadas en el numeral 7.2.2.5 del presente trabajo, en la Tabla 34 se muestran los gastos correspondientes al personal administrativo de HomeNode.

Tabla 34. Gastos de Personal Administrativo.

Cargo	Salario Devengado	Aportes Seguridad Social	Aportes Parafiscales	Prestaciones Sociales	TOTAL
Administrador	$ 1.024.000	$ 234.865	$ 92.160	$ 230.819	$ 1.581.843

Fuente. Elaboración Propia.

[77] COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. “Guía Básica SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA S.A.S.”. Bogotá D.C. 2011.

7.3.4.2 Gastos de Puesta en Marcha

Con el fin de establecer los gastos pre-operativos necesarios para la puesta en marcha de HomeNode, en la Tabla 35 se presentan los valores de dichos gastos los cuales fueron determinados basados en la legislación colombiana vigente.

Tabla 35. Gastos de Puesta en Marcha.

Concepto	Observación	Valor
Licencia Ambiental	Valor aproximado según escala tarifaria expuesta en la Resolución 1280 de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, para proyectos cuyo valor esté entre 25 y 35 SMMLV.	$ 107.841
Registro Mercantil	Tarifa establecida para 2015 por la Cámara de Comercio de Bogotá[78], para la matrícula en el registro público mercantil de comerciantes cuyo rango de activos esté entre 30 y 31 SMMLV.	$ 230.000

Fuente. Elaboración Propia.

7.3.4.3 Gastos de Administración

Con el fin de integrar todos los posibles gastos en los cuales puede llegar a incurrir el plan de negocios, en la Tabla 36 se establecieron los gastos estimados de administración mensuales, los cuales se encuentran acordes al promedio socioeconómico de la ubicación de la empresa y la actualidad del mercado. Cabe resaltar, que los gastos presentados son los que fueron considerados como mínimos requeridos para el correcto funcionamiento de la organización del plan de negocios.

Tabla 36. Gastos de Administración.

Concepto	Valor Mensual
Servicios Públicos	$ 170.000
Papelería	$ 50.000
Tarjetas de Presentación	$ 6.300
Servicios Generales	$ 21.000

Fuente. Elaboración Propia.

7.4 Finanzas

Los recursos y detalles financieros son de gran importancia para la puesta en marcha del proyecto, por tal motivo, a continuación se presenta el estudio financiero realizado para el proyecto de emprendimiento HomeNode.

[78] http://www.ccb.org.co/Inscripciones-y-renovaciones/Nuevas-tarifas-de-los-registros-publicos-2015

7.4.1 Fuentes de Financiación

La inversión a realizar en el plan de negocios HomeNode comprende un capital inicial por valor de Veinte Millones de Pesos ($20.000.000), el cual será obtenido en su totalidad por los aportes de dos socios. Uno de los socios aportará un total de Doce Millones de Pesos ($12.000.000) equivalente al 60% del total del capital inicial, y el otro socio aportará un total de Ocho Millones de Pesos ($8.000.000) equivalente al 40% del capital inicial (ver Tabla 37).

Tabla 37. Fuentes de Financiación.

Socio	Valor Aporte	Porcentaje
1	$ 12.000.000	60%
2	$ 8.000.000	40%
TOTAL CAPITAL SOCIAL	**$ 20.000.000**	**100%**

Fuente. Elaboración Propia.

El detalle de la inversión del capital social se muestra en la Tabla 38, donde allí mismo es posible evidenciar la depreciación anual de cada uno de los activos que se van a adquirir con este capital. De igual manera, se deja un saldo correspondiente a Capital de trabajo, el cual servirá como base económica para soportar los primeros meses de gastos administrativos y costos operativos del plan de negocios.

Tabla 38. Detalle de la Inversión del Capital Social.

Activo	Ítem	Costo Unitario	Unidades	Costo Total	Vida Útil (Años)	Depreciación Anual
Maquinaría y Equipos	Soldador Manual	$ 48.750	2	$ 97.500	10	$ 9.750
	Atornillador	$ 9.750	2	$ 19.500	10	$ 1.950
	Osciloscopio	$ 1.072.500	1	$ 1.072.500	10	$ 107.250
	Multímetro	$ 78.000	2	$ 156.000	10	$ 15.600
	Computador	$ 880.000	3	$ 2.640.000	5	$ 528.000
	Teléfono Fijo	$ 109.900	1	$ 109.900	10	$ 10.990
	Impresora Multifuncional	$ 399.900	1	$ 399.900	5	$ 79.980
Mobiliario	Escritorio	$ 169.000	3	$ 507.000	10	$ 50.700
	Silla Giratoria	$ 150.000	3	$ 450.000	10	$ 45.000
	Estante	$ 130.000	1	$ 130.000	10	$ 13.000

Vehículo	Automóvil	$ 10.000.000	1	$ 10.000.000	5	$ 2.000.000
Capital de Trabajo		$		4.417.700		
TOTAL INVERSIÓN			**$**	**20.000.000**		

Fuente. Elaboración Propia.

7.4.2 Formatos Financieros

Para conocer unas proyecciones acertadas de las utilidades netas es necesario desarrollar un estado de resultados y un balance general. Estos brindarán información acerca del comportamiento contable del proyecto.

7.4.2.1 Estado de Resultados

En la Tabla 39 se presenta el estado de resultados del primer año de funcionamiento del plan de negocios HomeNode, y su proyección para los siguientes 4 años, donde dicho formato se desarrollo en base a los costos y gastos presentados anteriormente. Se debe tener en cuenta para éste formato, que para calcular los impuestos se utilizo la tarifa del 33% sobre la utilidad operacional, la cual correspondiente al impuesto de renta para sociedades comerciales.

Este formato financiero permite evidenciar que desde el primer año de funcionamiento del plan de negocios se obtiene una utilidad neta positiva, y su proyección es creciente durante los 4 años siguientes. Es decir, que durante el primer año de actividad económica de HomeNode, el plan de negocios no presentará pérdidas y percibirá utilidades por más de Un Millón de Pesos ($1.000.000).

Tabla 39. Estado de Resultados de HomeNode a Cinco (5) Años.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas	$218.232.899	$232.248.143	$ 247.163.467	$263.036.675	$ 279.929.285
Costo de Ventas	$151.550.624	$ 161.283.432	$ 171.641.296	$ 182.664.358	$ 194.395.337
Utilidad Bruta	**$66.682.275**	**$ 70.964.710**	**$ 75.522.170**	**$ 80.372.317**	**$ 85.533.948**
Nómina	$48.980.934	$ 51.092.677	$ 53.296.753	$ 55.597.205	$ 57.998.255
Gastos Administrativos	$12.807.600	$ 13.169.201	$ 13.541.012	$ 13.923.320	$ 14.316.421
Depreciación	$ 2.862.220	$ 2.862.220	$ 2.862.220	$ 2.862.220	$ 2.862.220
Utilidad	**$2.031.520**	**$ 3.840.612**	**$ 5.822.186**	**$ 7.989.572**	**$ 10.357.052**

Operacional					
Impuestos	$ 670.402	$ 1.267.402	$ 1.921.321	$ 2.636.559	$ 3.417.827
Utilidad Neta	**$ 1.361.119**	**$ 2.573.210**	**$ 3.900.864**	**$ 5.353.014**	**$ 6.939.225**

Fuente. Elaboración Propia.

7.4.2.2 Balance General

Con el fin de evaluar en un tiempo determinado el comportamiento contable del plan de negocios, en la Tabla 40 se presenta el balance general del primer año y los 4 años siguientes. Dicho formato financiero permitirá a los socios proyectar el comportamiento de su inversión en base al capital inicial, y de esta manera tomar decisiones que ayuden al crecimiento del plan de negocios.

Tabla 40. Balance General de HomeNode a Cinco (5) Años.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ACTIVOS					
Caja	$ 4.893.740	$ 10.926.170	$ 18.343.174	$ 27.273.645	$ 37.856.359
Activos Fijos	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000
Depreciación Acumulada	$ 2.862.220	$ 5.724.440	$ 8.586.660	$ 11.448.880	$ 14.311.100
TOTAL ACTIVOS	**$22.031.520**	**$25.201.730**	**$29.756.514**	**$35.824.765**	**$43.545.259**
PASIVOS					
Impuestos por Pagar	$ 670.402	$ 1.267.402	$ 1.921.321	$ 2.636.559	$ 3.417.827
TOTAL PASIVOS	**$ 670.402**	**$ 1.267.402**	**$ 1.921.321**	**$ 2.636.559**	**$ 3.417.827**
PATRIMONIO					
Capital Social	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000	$ 20.000.000
Utilidad Neta	$ 1.361.119	$ 2.573.210	$ 3.900.864	$ 5.353.014	$ 6.939.225
Utilidad Acumulada		$ 1.361.119	$ 3.934.329	$ 7.835.193	$ 13.188.206
TOTAL PATRIMONIO	**$ 21.361.119**	**$ 23.934.329**	**$ 27.835.193**	**$ 33.188.206**	**$ 40.127.431**
TOTAL PASIVO + PATRIMONIO	**$ 22.031.520**	**$ 25.201.730**	**$ 29.756.514**	**$ 35.824.765**	**$ 43.545.259**

Fuente. Elaboración Propia.

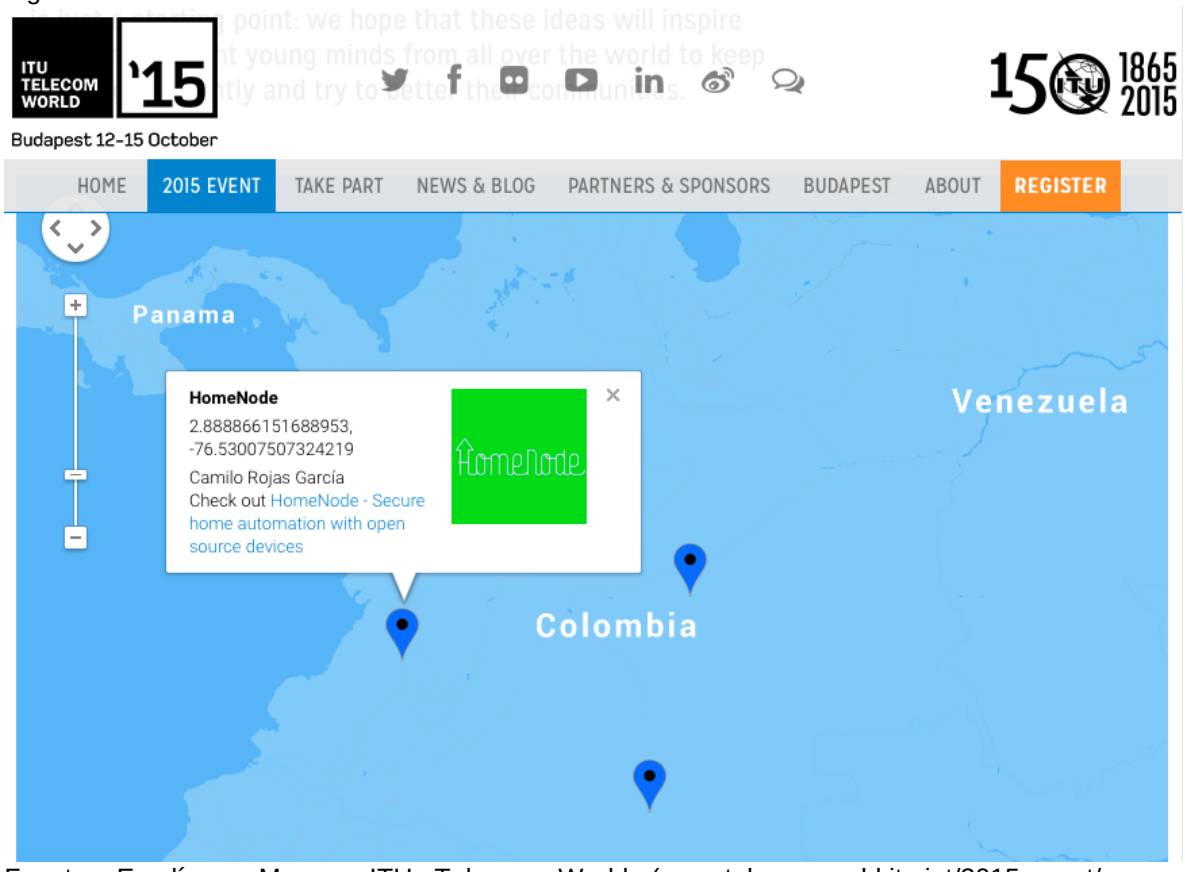
8. RECONOCIMIENTOS Y CONVOCATORIAS

El proyecto HomeNode ha recibido la atención de entidades a nivel nacional e internacional debido a ser viable y haber sido desarrollado por jóvenes emprendedores.

8.1 ITU – Young Innovators

La idea de HomeNode ha sido expuesta en varias convocatorias a nivel internacional, en su mayoría organizados por la ITU. Esta organización, para su aniversario número 150, decidió mostrar al mundo entero los 150 proyectos de telecomunicaciones más sobresalientes, y dentro de la categoría de jóvenes innovadores aparece HomeNode como parte de un mapa interactivo publicado en el sitio web de la ITU (ver Figura 38).

Figura 38. Reconocimiento de la ITU a HomeNode.



Fuente. En línea: Map – ITU Telecom World (www.telecomworld.itu.int/2015-event/young-innovators/map/)

8.2 Apps.co – Descubrimiento de Negocios

La idea de negocio HomeNode fue presentada en la iniciativa Apps.co, que actualmente desarrolla el MinTIC, en la fase de Descubrimiento de Negocios en la categoría de Seguridad. Luego de dicha presentación, la idea de negocio fue seleccionada para ser presentada presencialmente ante jurados de la Corporación Ventures, quienes actualmente se encuentran en proceso de evaluación de la idea de negocio para pasar a la siguiente fase.

8.3 Semana de Emprendimiento Tomasino – Universidad Santo Tomas

Los prototipos desarrollados por HomeNode han sido presentados en dos ocasiones en la Semana de Emprendimiento Tomasino, organizada por la Universidad Santo Tomás, como emprendedores representantes de la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones. Dichos prototipos han tenido una gran acogida entre el público asistente al evento, debido principalmente a la visión tecnológica que este presenta y proyecta, además la mayoría de los asistentes manifiestan que los precios de los productos presentados son accesibles respecto a sus condiciones financieras.

CONCLUSIONES

La domótica durante su historia ha sido una de las ramas tecnológicas pioneras en la creación de protocolos de automatización, los cuales han servido como base para el desarrollo de IoT. Debido a la gran variedad de productos desarrollados bajo diferentes protocolos, actualmente no existe una unificación total a nivel técnico que permita la intercomunicación de dispositivos IoT, lo cual se traduce como una desventaja para la interoperabilidad entre productos. Por dicha razón, es necesario comprender que las nuevas soluciones tecnológicas aplicadas al área de la domótica deben ser complementarias, es decir que se deben desarrollar aplicaciones capaces de integrar los beneficios que ofrecen cada uno de los diferentes protocolos, en tanto los organismos de estandarización definen la unificación de diferentes aspectos técnico tales como: frecuencias de operación, velocidades de transmisión, medios de transmisión, entre otros.

Teniendo en cuenta que la idea general de IoT es la comunicación entre objetos en cualquier momento y lugar, para desarrollar una solución domótica óptima que permita ajustarse a dicha premisa, se deben tomar ciertas consideraciones generales con el fin de que ésta solución sea escalable en el tiempo. Desde el punto de vista de medios de transmisión, las comunicaciones inalámbricas presentan las mayores ventajas, ya que éstas emplean menos materiales en el sistema y además reducen los tiempos de instalación, permitiendo así fácil escalabilidad. A nivel de comunicación, se debe tener en cuenta que IoT involucra la convergencia de aplicación y capas OSI de bajo nivel como, por ejemplo, la comunicación entre una aplicación web y la interfaz serial de un dispositivo. De igual manera, para la interacción y gestión de dichos objetos con el ser humano, las aplicaciones web ofrecen una mayor compatibilidad con una gran variedad de dispositivos electrónicos, tales como computadores, tabletas y teléfonos inteligentes. Las aplicaciones dedicadas a sistemas operativos específicos son ideales por su ergonomía y facilidad de uso, pero consumen más tiempo y recursos para su elaboración.

Durante el diseño e implementación de la red domótica desarrollada por HomeNode, se presentaron diferentes inconvenientes de hardware y software, los cuales afectaron la funcionalidad de la red domótica. A nivel de hardware, uno de los principales problemas fue el ruido electromagnético producido por la corriente alterna, el cual interfiere en la comunicación de las PAN de los ZigBee. Por tal motivo, es necesario mantener aislados los circuitos de alimentación así como la parte de alta potencia. Igualmente, para el control de los relés, los opto acopladores presentan mejores resultados que los transistores, ya que aíslan los circuitos y de esta manera se evitan dichos problemas de interferencia. También se contempló la posibilidad de que en algún momento se detenga o exista alguna falla con el fluido eléctrico en el lugar donde se instale el sistema HomeNode, aunque también dicha situación puede ser generada por alguna persona

maliciosa. Para evitar cualquier tipo de falla de comunicación por alimentación en la energía eléctrica, los sensores y dispositivos de comunicación inalámbrica operan con baterías, lo cual reduce el riesgo de que se presente este tipo de falla.

En lo que respecta a temas de software, la mayor atención estuvo centrada en asegurar la estabilidad de conexión al sistema, y en reforzar la seguridad de la red para tratar la información sensible del usuario. Para obtener una alta estabilidad de conexión en red, se debe tener en cuenta que la mayoría de usuarios de internet utilizan IP dinámicas, por lo cual este dato para cada usuario debe actualizarse periódicamente. Para evitar inconvenientes con el acceso a las cuentas o dispositivos por parte de los usuarios, HomeNode implementó una solución mediante la técnica de *polling*, la cual permite enviar la IP al servidor de forma periódica sin importar si no es la misma en el transcurso del tiempo.

Teniendo presente que la seguridad en los servicios de tecnología debe estar equilibrada junto con la usabilidad de dicho sistema, ambas características deben tratarse con el mismo grado de importancia. En el caso del sitio web de HomeNode, se transmiten y reciben datos que contienen información sensible del usuario, por lo cual deben protegerse de escuchas externas. Para mitigar la probabilidad de robo de información se utilizó la tecnología SSL, ya que esta permite establecer una conexión segura entre un navegador web y el servidor. De esta manera, se dificulta la distinción y lectura de datos mediante aplicaciones tipo *Sniffer*.

Por otro lado, el almacenamiento de contraseñas en bases de datos debe hacerse de forma indirecta, de tal manera que si alguna persona maliciosa logra tener acceso a la base de datos, no pueda extraer las contraseñas de los usuarios. En esta base de datos, se almacenan representaciones de las contraseñas generadas mediante funciones hash (p.ej. SHA, MD5, etc.).Incluso, si se almacenaran estas representaciones, existe la posibilidad de sufrir un ataque de *RainbowTable*, que es una tabla pre-calculada que intenta reversar las funciones hash mediante fuerza bruta. Entonces, se concatena una cadena única y aleatoria a cada contraseña, llamada *salt* y luego se aplica la función hash. Esta técnica dificulta el proceso de reversar los hashes, ya que la contraseña no contendrá únicamente palabras comunes de un diccionario.

De igual forma, los formularios en aplicaciones que se comunican con bases de datos son una amenaza potencial a la seguridad de un sistema, por tal razón, se deben considerar los usuarios maliciosos que intentan utilizar los formularios como medios de ataque a las bases de datos. Los ataques de inyección MySQL, pretenden enviar un fragmento de una sentencia MySQL en lugar de un dato que se le solicite al usuario (p.ej. nombre, e-mail, contraseña, etc). Los campos de datos deben aislarse de las sentencias MySQL para evitar estas vulnerabilidades.

Por último, los indicadores financieros, basados en los estudios económicos realizados, fueron positivos. Por tal motivo, la idea de negocio HomeNode es viable para su implementación y desarrollo en el mercado colombiano. Cabe recalcar el hecho que para entrar en producción a gran escala e introducción a mercados internacionales, se requiere de la solicitud de certificados de calidad tales como: CE, FCC, entre otros, los cuales representarían una inversión monetaria bastante alta.

Luego de investigar y probar rigurosamente las tecnologías más utilizadas en el sector de Internet de las Cosas y la domótica, es posible elegir las más adecuadas dependiendo del escenario y los recursos disponibles. Para cada caso en particular se debe identificar el problema, reconocer las tecnologías más adecuadas para resolverlo y prever las posibles amenazas en cuanto a ataques informáticos y la disponibilidad del servicio. Lo anterior es posible cuando se sigue una metodología de diseño bien estructurada y que tenga en cuenta todos los factores externos que afectan el uso de una tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

AMAN, Saima; SIMMHAN, Yogesh y PRASANNA, Viktor K. “Energy Management Systems: State of the Art and Emerging Trends”. En: IEEE Communications Magazine. Enero, 2013. Vol. 51, no. 1, p. 114-119.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA. “Colombia: Balance 2014 y Perspectivas 2015”. 2014

ANDREU, Fernando; PELLEJERO, Izaskun y LESTA, Amaia. “Redes WLAN: Fundamentos y aplicaciones de seguridad”. 1 ed. España. Marcombo. 2006. 106 p. ISBN 84-267-1405-6.

ASHTON, Kevin. That ‘Internet of Things’ Thing. En: RFID Journal. Diciembre, 2009. vol. 6, no. 6.

BOGOTÁ. ALCALDÍA MAYOR. Decreto 562 (12, diciembre, 2014). Por el cual se reglamentan las condiciones urbanísticas para el tratamiento de renovación urbana, se incorporan áreas a dicho tratamiento, se adoptan las fichas normativas de los sectores con este tratamiento y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 2014. 43 p.

BOGOTÁ. ALCALDÍA MAYOR. “Censo Inmobiliario Vigencia 2015”. Bogotá D.C.: Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2015.

BOGOTÁ. CÁMARA DE COMERCIO. “Encuesta de percepción y victimización”. Bogotá D.C.: Observatorio de Seguridad, 2015.

BLUETOOTH SPECIAL INTEREST GROUP. Master Table of Contents & Compliance Requirements. Bluetooth Specification Version 4.2. Washington, 2014. 2272 p.

BOUZAS MILLARES, Josefa. Panorámica de los sistemas domóticos e inmóticos. Trabajo de grado Ingeniera de Telecomunicaciones. Sevilla: Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2005. 91 p.

CHOURABI, Hafedh, *et al*. “Understanding Smart Cities: An Integrative Framework”. En: Hawaii International Conference on System Sciences (45: 4-7, junio: Maui, Hawaii USA). IEEE Computer Society. 2012. p. 2289-2297.

CLÚSTER ICT – Audiovisual de Madrid. “Internet de las Cosas: Objetos interconectados y dispositivos inteligentes”. Marzo. 2013.

CODENSA. “Memoria Anual Codensa 2014”. Bogotá. 2014.

CODENSA. “Mercado de Energía y Tarifas”. Bogotá. 2014.

COLEGIO DE INGENIEROS ESPECIALISTA DE CÓRDOBA. “Guía de contenidos mínimos para la elaboración de un proyecto de domótica”. Argentina. 2012.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES. IV Reporte de Industria del Sector TIC. Bogotá D.C.: Coordinación de Centro de Conocimiento de la Industria y Proyectos Especiales, 2015. Serie de Reportes: 4.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1573 (9, junio, 2015). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2015. no. 49538. p. 1-105.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1450 (16, junio, 2011). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2011. no. 48102. p. 1-90.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. “Guía Básica SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA S.A.S.”. Bogotá D.C. 2011.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Boletín trimestral de las TIC. Cifras Cuarto Trimestre de 2014. Bogotá D.C.: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015. Serie de Reportes: 18.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Panorama TIC: Comportamiento del Sector TIC en Colombia. Bogotá D.C.: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2015. Serie de Reportes: 1.

CONTROL4 CORPORATION. “Soluciones para un hogar inteligente”. 2011.

COUGHLAN, Tim, *et al*. “Exploring Acceptance and Consequences of the Internet of Things in the Home”. En: IEEE International Conference on Green Computing and Communications (2: 20-23, noviembre: Besançon, Francia). IEEE Computer Society. 2012. p. 148-155.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (Colombia). “Boletín de Prensa – ENCUESTA DE CONVIVENCIA Y SEGURIDAD CIUDADANA 2013”. Agosto. 2013.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (Colombia). “INDICADORES BÁSICOS DE TENENCIA Y USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN – TIC EN HOGARES Y PERSONAS 2014”. 2015

DOMÍNGUEZ, Hugo y SÁEZ, Fernando. “Domótica: Un enfoque sociotécnico”. 1 ed. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. 2006. 188 p. ISBN 84-7402-335-1.

EVANS, Dave. “Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo”. CISCO IBSG. 2011.

FUNDACIÓN PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL DESARROLLO. “Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca”. Bogotá. 2013.

FINANCIERA DEL DESARROLLO TERRITORIAL. “ANÁLISIS SECTORIAL 2014 – 2015”. Marzo. 2015.

FONDO EMPRENDER. “Metodología para la implementación de buenas prácticas de formulación Fondo EMPRENDER”. 2014.

GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. “Configuración de instalaciones domóticas y automáticas”. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2013. 286 p. ISBN 978-84-9732-931-6.

GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. “Elementos de sistemas de telecomunicaciones”. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2015. 206 p. ISBN 978-84-283-3663-5.

GALLARDO VÁZQUEZ, Sergio. “Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas”. 1 ed. Madrid. Ediciones Paraninfo. 2013. 268 p. ISBN 978-84-9732-932-3.

GAVIRIA, César; ORDOÑEZ, Jhonatan y RAMOS, Julián. “Estudio comparativo del internet de las cosas frente a los protocolos tradicionales de la domótica y propuesta de un protocolo unificado”. Trabajo de Especialización. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás. Especialización Redes de Datos. 2014. 159 p.

GEOLOGIK. “PAQUETES DE AUTOMATIZACIÓN DOMÓTICA”. Bogotá.

GOMEZ, Carles y PARADELLS, Josep. “Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies”. En: IEEE Communications Magazine. Junio, 2010. Vol. 48, no. 6, p. 92-101.

HARPER, Richard. “INSIDE THE SMART HOME”. 1 ed. Estados Unidos. Springer. 2003. 264 p. ISBN 1-85233-688-9.

HERRERA PÉREZ, Enrique. “TECNOLOGÍAS Y REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS”. 1 ed. México. Limusa. 2010. 312 p. ISBN 978-968-18-6383-8.

HERRERA QUINTERO, Luis Felipe. Viviendas inteligentes (Domótica). En: Revista Ingeniería e Investigación. Agosto, 2005. vol. 25, no. 2, p. 47-52.

HESSELBACH, Xavier y BOSCH, Jordi. “Análisis de redes y sistemas de comunicaciones”. 1 ed. Barcelona. UPC. 2002. 186 p. ISBN 84-8301-611-7.

HUÉRFANO RODRÍGUEZ, Paula Adriana Catalina. Estudio para reducción de consumo energético en Colombia basado en tecnología domótica. Trabajo de grado Ingeniera de Sistemas. Bogotá D.C.: Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Facultad de Ingenierías. 2011. 96 p.

HUIDOBRO, José y MILLÁN, Ramón. “Manual de Domótica”. 1 ed. España. Creaciones Copyright. 2010. 218 p. ISBN 978-84-92779-37-6.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. European Commission. “Call to Action on Smart Sustainable Cities”. ITU GREEN STANDARS WEEK. 2012.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. “ITU-T GLOBAL STANDARDS INITIATIVES – IOT”. 2012.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Overview of the Internet of things. ITU-T Y.2060. Ginebra. 2012. 22p.

INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. TOTP: Time-Based One-Time Password Algorithm”. RFC 6238. 2011. 16 p.

ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things. Ginebra. Noviembre, 2005, vol. 7, no. 1.

ITU-T Focus Group – Smart Sustainable Cities. “Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de información y comunicación”.

JUNESTRAND, Stefan; PASSARET, Xavier y VÁZQUEZ, Daniel. “Domótica y Hogar Digital”. 1 ed. España. Editorial Paraninfo. 2004. 228 p. ISBN 84-283-2891-9.

KELL, Alan y COLEBROOK, Peter. “Open Systems for Homes and Buildings: Comparing LonWorks and KNX”. I&I Limited. 2004.

LONMARK SESSIONS. “Introducción a LON”. 2007

MAESTRE TORREBLANCA, José. “Domótica para ingenieros”. 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2015. 318 p. ISBN 978-84-9732-976-7.

MARSDEN, Ian. “Network Layer Overview”. ZigBee Alliance. 2006.

MARTÍNEZ ABIETAR, Alejandro. Sistemas Difusión Radio y Cable: Acceso WiFi. Universidad Politécnica de Valencia. 2011.

MENÉNDEZ, Eduardo Vicente. Integración de funciones de presentación y control de datos médicos en tablet PC. Universidad Autónoma de Madrid. España. 2014.

MICHAELS, Harvey, *et al*. The Future of the Electric Grid. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2011. Serie de Reportes: 7.

MIORI, Vittorio y RUSSO, Davide. “Domotic evolution towards the IoT”. En: IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (28: 13-16, mayo: Victoria, Canada). IEEE Computer Society. 2014. p. 809-814.

MORO VALLINA, Miguel. Instalaciones domóticas. 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2011. 191 p. ISBN 978-84-9732-857-9.

NEGUS, Kevin y PETRICK, Al. History of Wireless Local Area Networks (WLANs) in the Unlicensed Bands. George Mason University. 2008.

OBSERVATORIO DE SOCIEDAD, GOBIERNO Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN. “Guía de territorios y ciudades inteligentes”. Universidad Externado de Colombia. Agosto. 2013.

OEHEN, Patrice. ZigBee: An Overview of the Upcoming Standard. Distributed Computing Seminar.

PALACIO, Juan. “El modelo Scrum”. 2006.

PIYARE, Rajeev. “Internet of Things: Ubiquitous Home Control and Monitoring System using Android based Smart Phone”. En: International Journal of Internet of Things. 2013. Vol. 2, no. 1, p. 5-11.

QUINTANA GUERRERO, Boris Andrés. Aplicaciones domóticas en Colombia en un marco de sostenibilidad global. En: Seminario de Investigación en Diseño (4: 3-5, octubre: Duitama, Colombia). Memorias. 2012.

REINNISCH, Christian; KOFLER, Mario y KASTNER, Wolfgang. “ThinkHome: A Smart Home as Digital Ecosystem”. En: IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (4: 13-16, abril: Dubai, Emiratos Árabes Unidos). IEEE. 2010. p. 256-261.

RIVAS ARIAS, Jose Maria. “Manual ilustrado para la instalación domótica”. 1 ed. España. Editorial Paraninfo. 2009. 116 p. ISBN 978-84-2833-205-7

SALLENT, Oriol; VALENZUELA, José y COMES, Ramon. “Principios de comunicaciones móviles”. 1 ed. Barcelona. UPC. 2003. 226 p. ISBN 84-8301-715-6.

SAMSUNG ELECTRONICS. Official Global Blog. “Samsung Unveils New Era of Smart Home at CES 2014”. Enero de 2014.

TARIQ, Muhammad, *et al*. “Smart Grid Standards for Home and Building Automation”. En: IEEE International Conference on Power System Technology (8: 30-02, octubre-noviembre: Auckland, Nueva Zelanda). IEEE. 2012. p. 1-6.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO; 2015.

VALDIVIA MIRANDA, Carlos. “Sistemas informáticos y redes locales”. 1 ed. Madrid. Editorial Paraninfo. 2014. 365 p. ISBN 978-84-9732-449-6.

VAQUERO, Joaquín; CORRALES, Esther y RODRÍGUEZ, Cristina. “Domótica y sistemas embebidos para comunicaciones inalámbricas”. Universidad Rey Juan Carlos. 2011.

VERMESAN, Ovidiu y FRIESS, Peter. “Internet of Things – Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems”. River Publishers. Dinamarca. 2013.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2014-2015: Full Data Edition. Ginebra: World Economic Forum; 2014.

ZIGBEE STANDARDS ORGANIZATION. ZigBee Specification. ZigBee Document 053474r17. California. 2008. 604 p.

GLOSARIO

6LoWPAN	IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BCI	Batibus Club International
BLE	Bluetooth Low Energy
CE	Conformité Européenne
CEA	Consumer Electronics Association
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
CSV	Comma Separated Value
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
EHSA	European Home Systems Association
EIA	Electronic Industries Alliance
EIBA	European Installation Bus Association
FFD	Full Function Device
GB/Z	Guobiao Standards
GND	Ground
GPIO	General Purpose Input/Output
GPRS	General Packet Radio Service

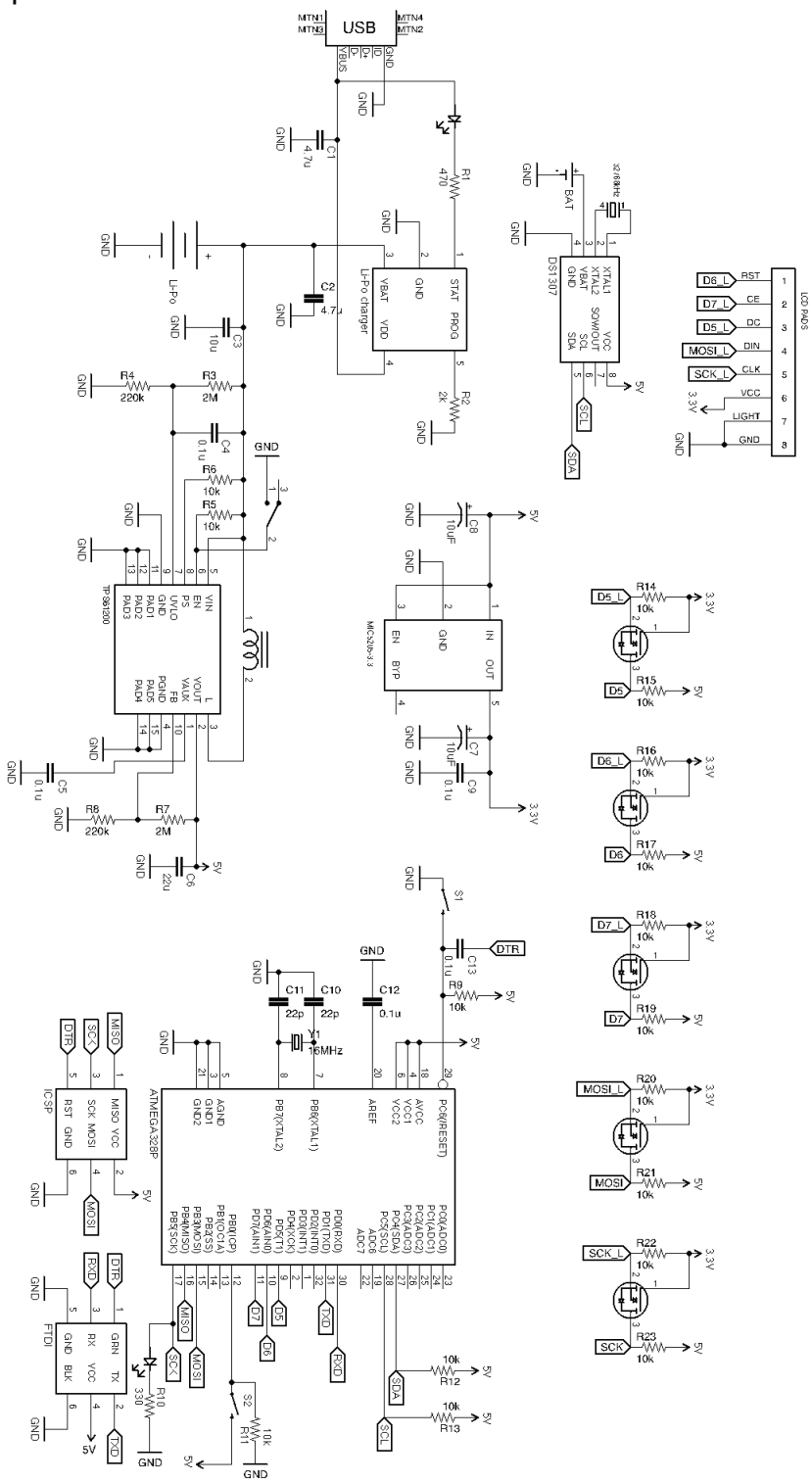
GSM	Global System for Mobile Communications
GWh	Gigawatt-hours
HMAC	Hash Message Authentication Code
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPC	Índice de Precios al Consumidor
ISO	International Organization for Standardization
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ITU	International Telecommunication Union
JSON	JavaScript Object Notation
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emitting Diode
MCU	Micro-Controller Unit
MD5	Message-Digest Algorithm 5
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MOSFET	Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSI	Open System Interconnection
PAN	Personal Area Network

PCB	Printed Circuit Board
PHP	Hypertext Pre-Processor
PIB	Producto Interno Bruto
PLC	Power Line Communications
RAE	Real Academia Española
RAM	Random-Access Memory
RFC	Request for Comments
RFD	Reduced Function Device
SMMLV	Salario Mínimo Mensual Legal Vigente
SHA	Secure Hash Algorithm
SIG	Special Interest Group
SPI	Serial Peripheral Interface
SPP	Serial Port Profile
SQL	Structured Query Language
SSL	Secure Sockets Layer
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UTC	Universal Time Coordinate
UTP	Unshielded Twisted Pair
WEP	Wired Equivalent Privacy
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	WLAN Protected Access

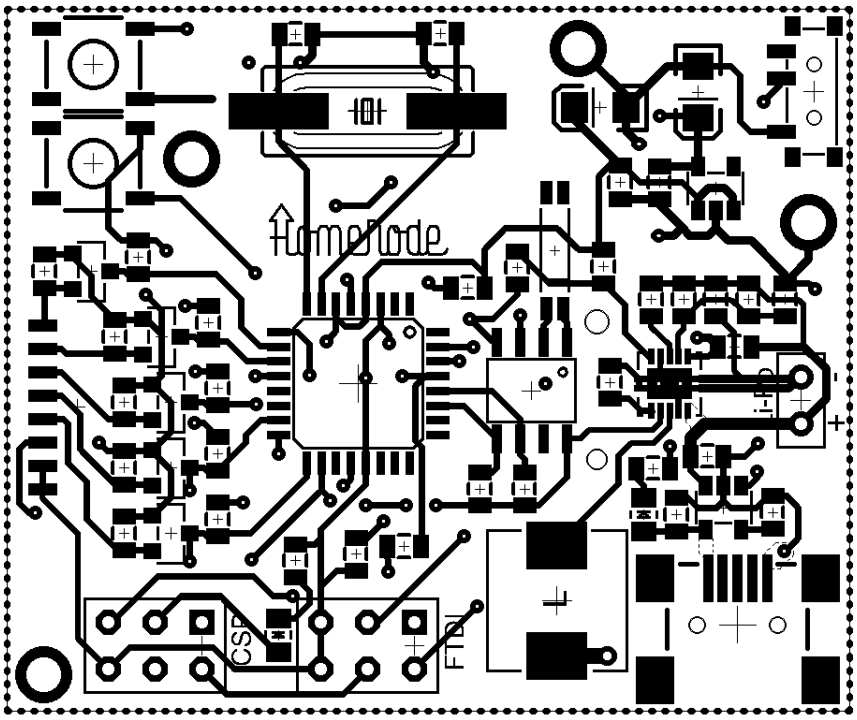
WPA2	WLAN Protected Access version.2
WPAN	Wireless Personal Area Network

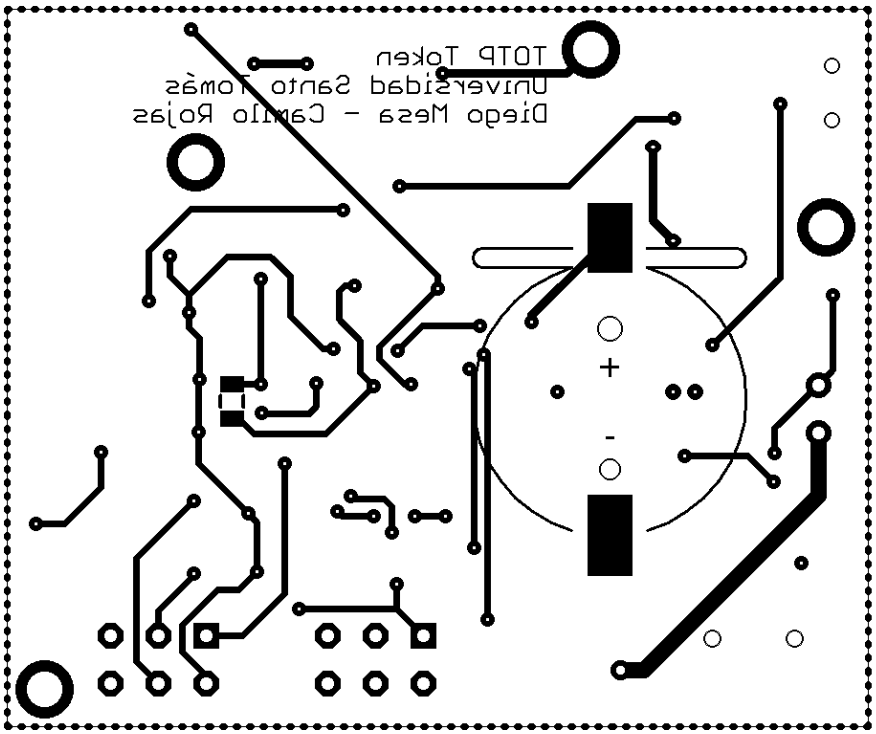
ANEXOS

Anexo A. Esquemático del Token.

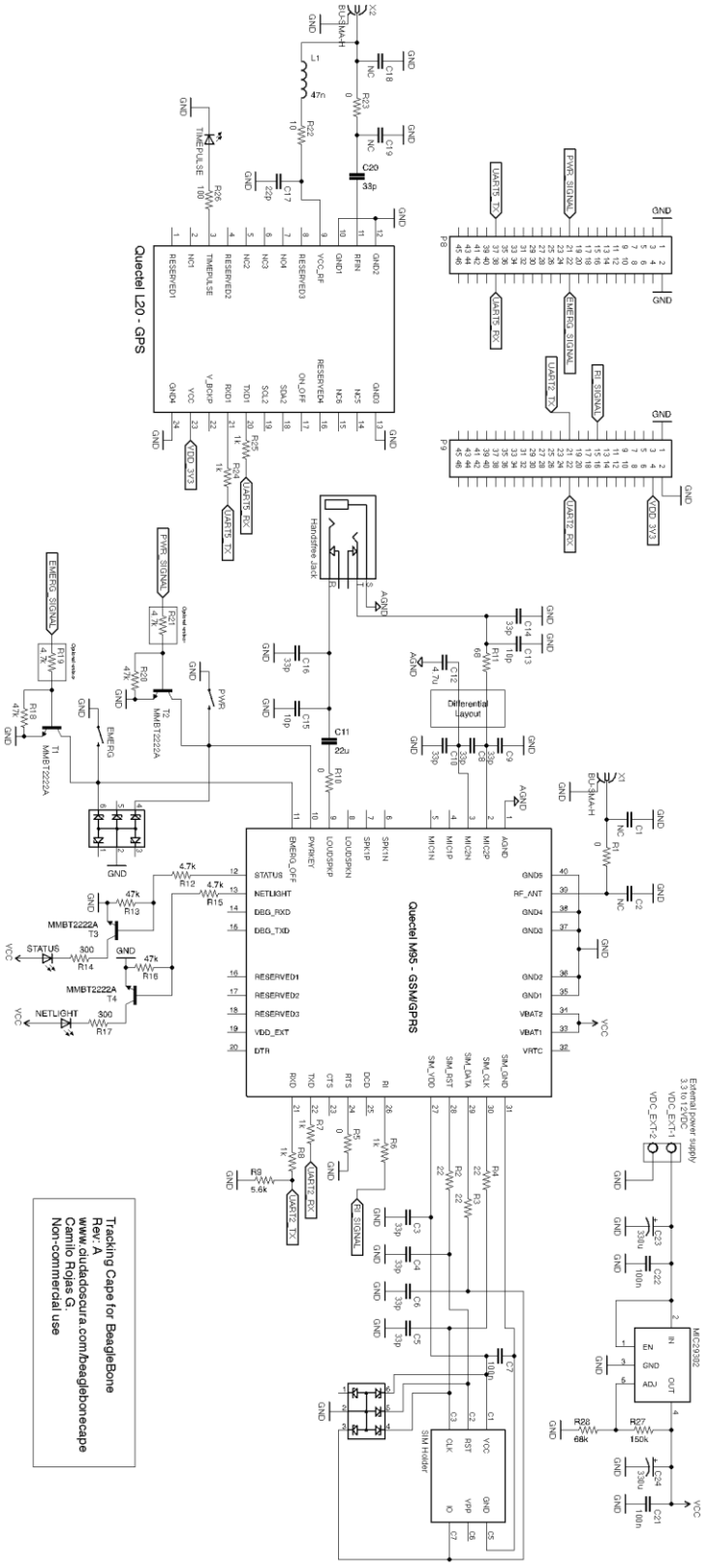


Anexo B. Circuito impreso del Token (Top y Bottom).

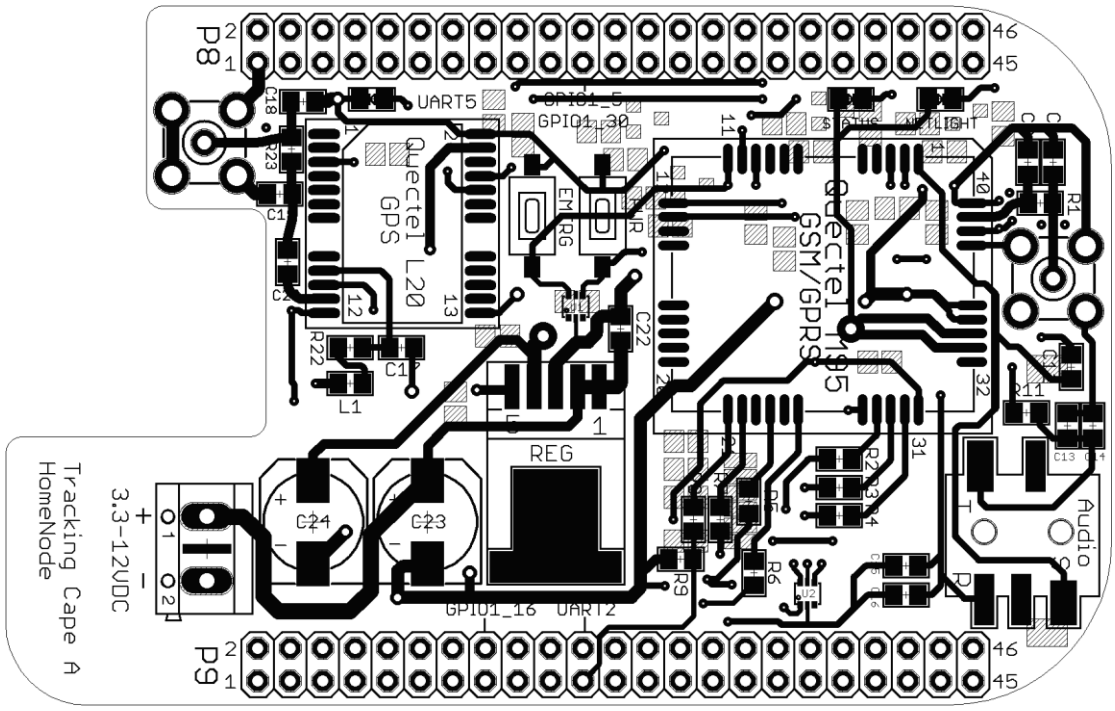


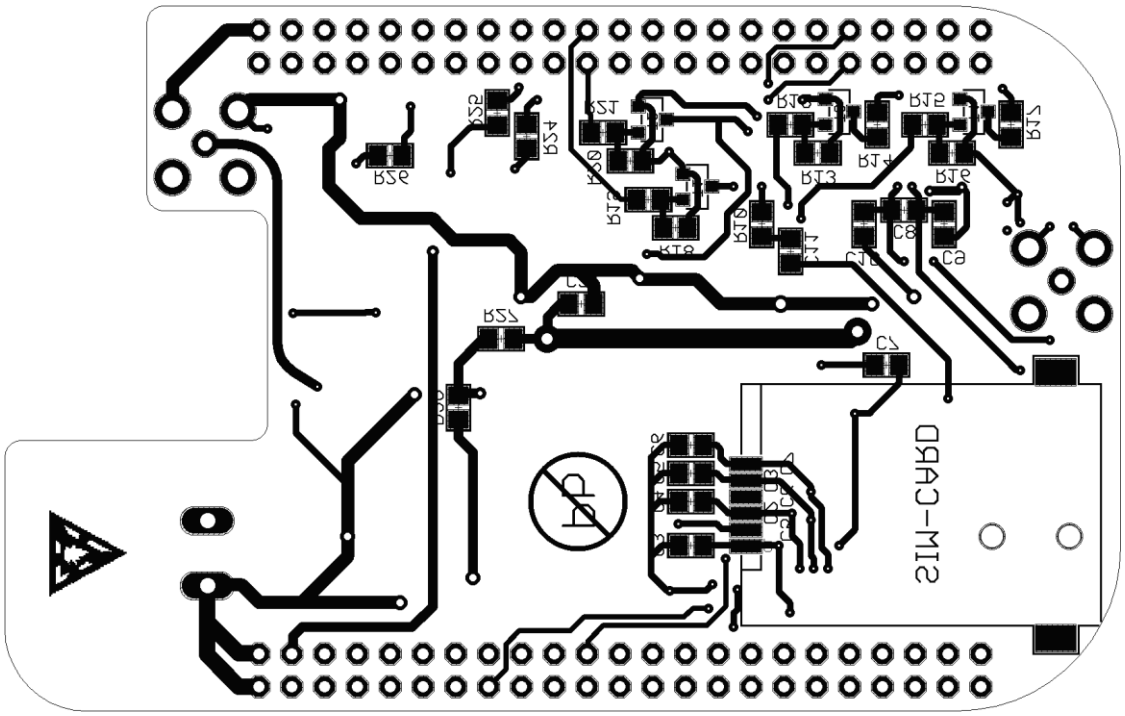


Anexo C. Esquemático del Módulo Celular.

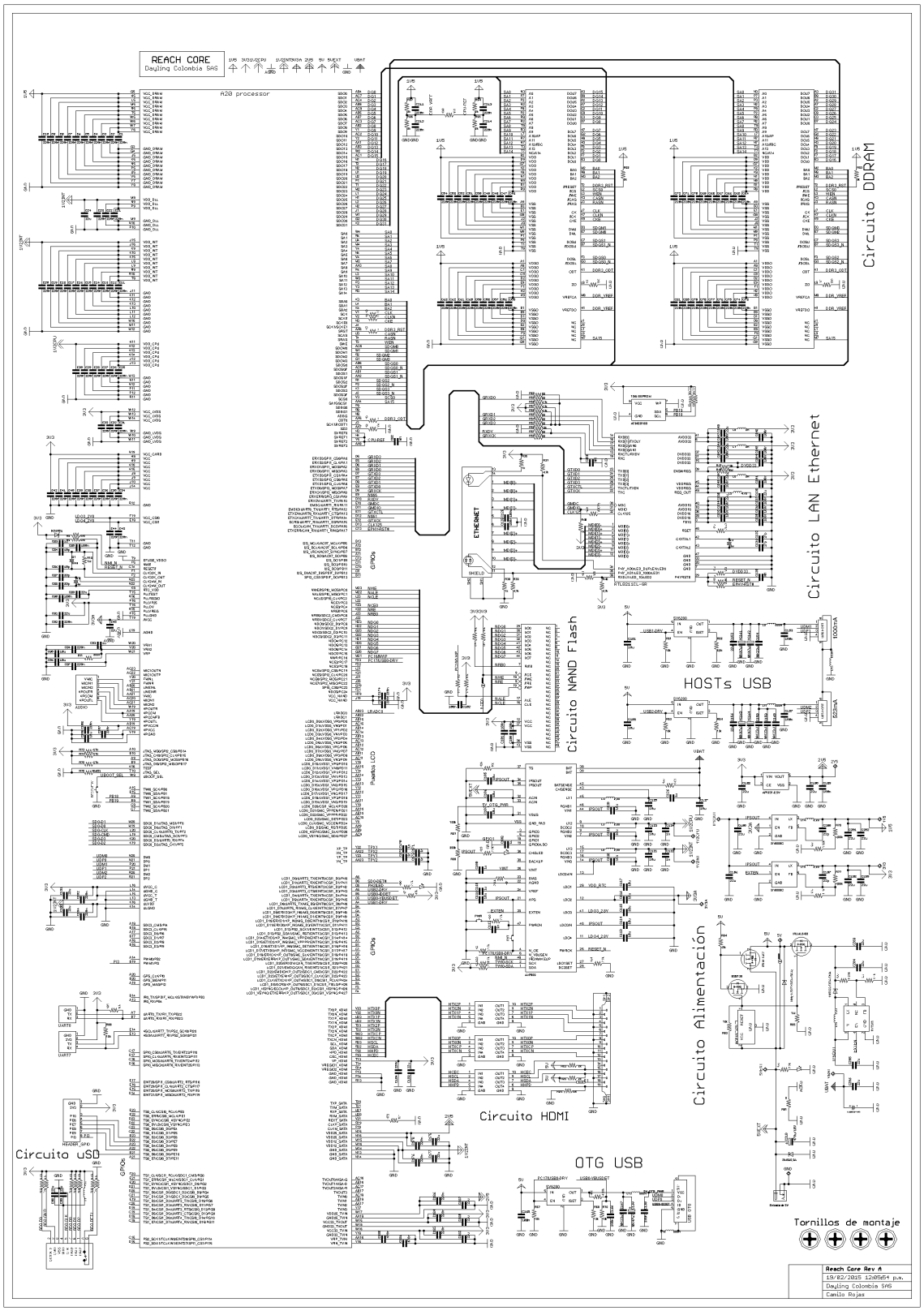


Anexo D. Circuito impreso de Módulo Celular (Top y Bottom).

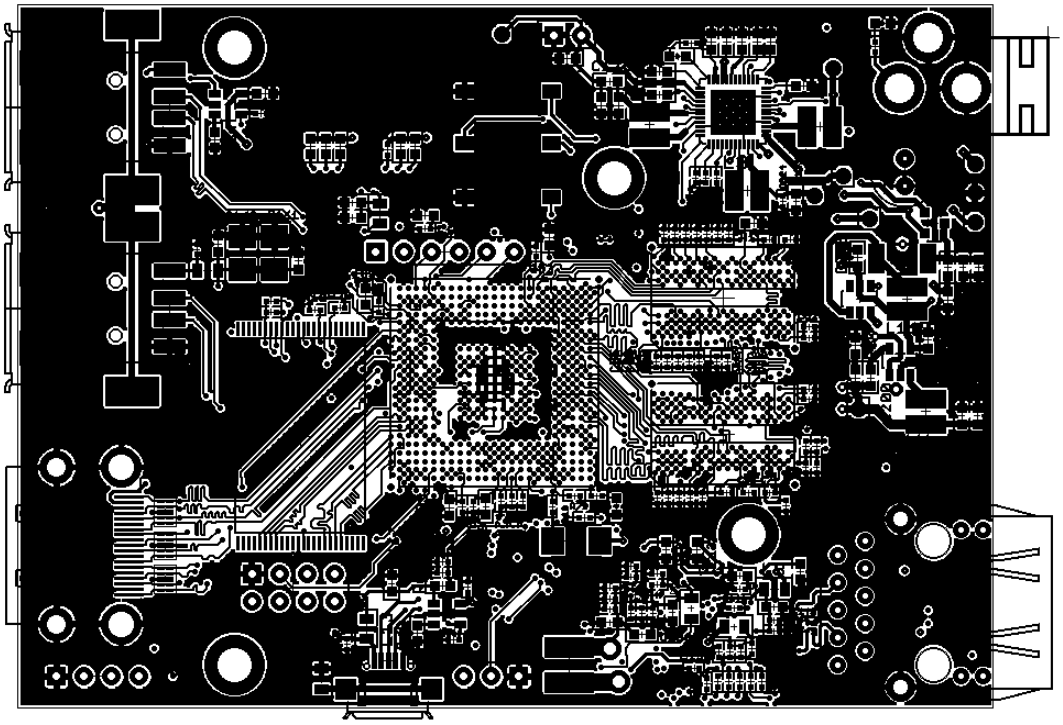


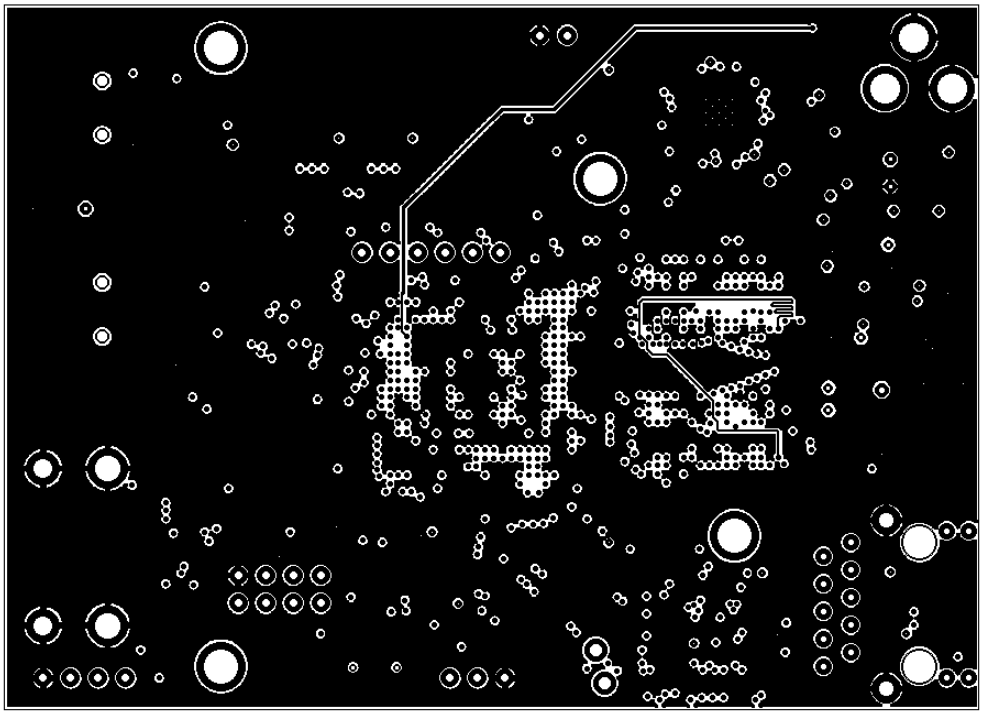


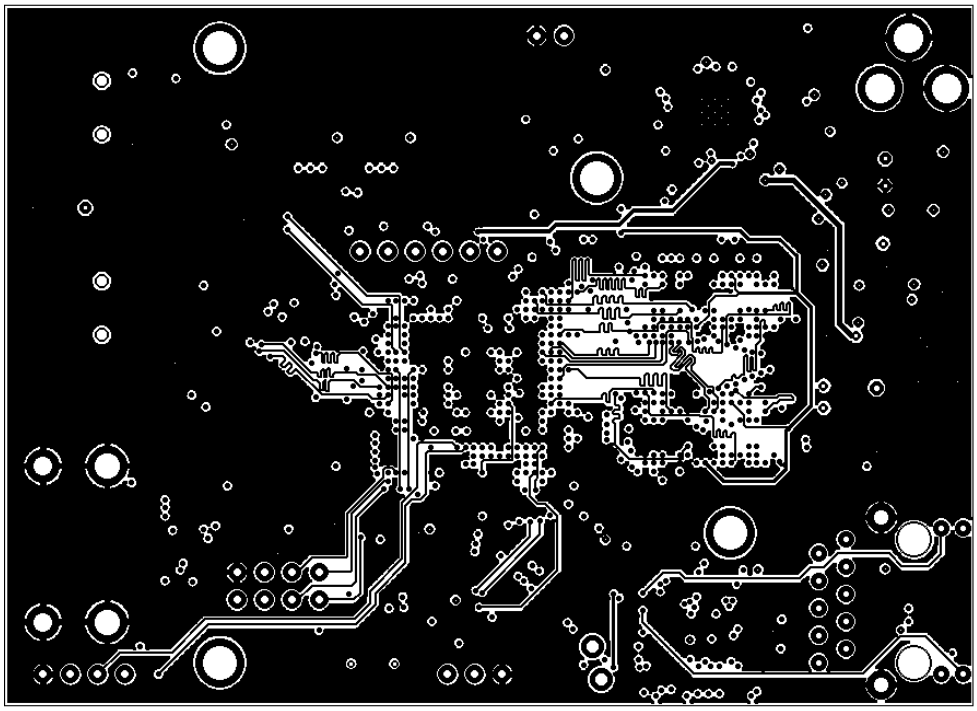
Anexo E. Esquemático del Dispositivo de Control Central.

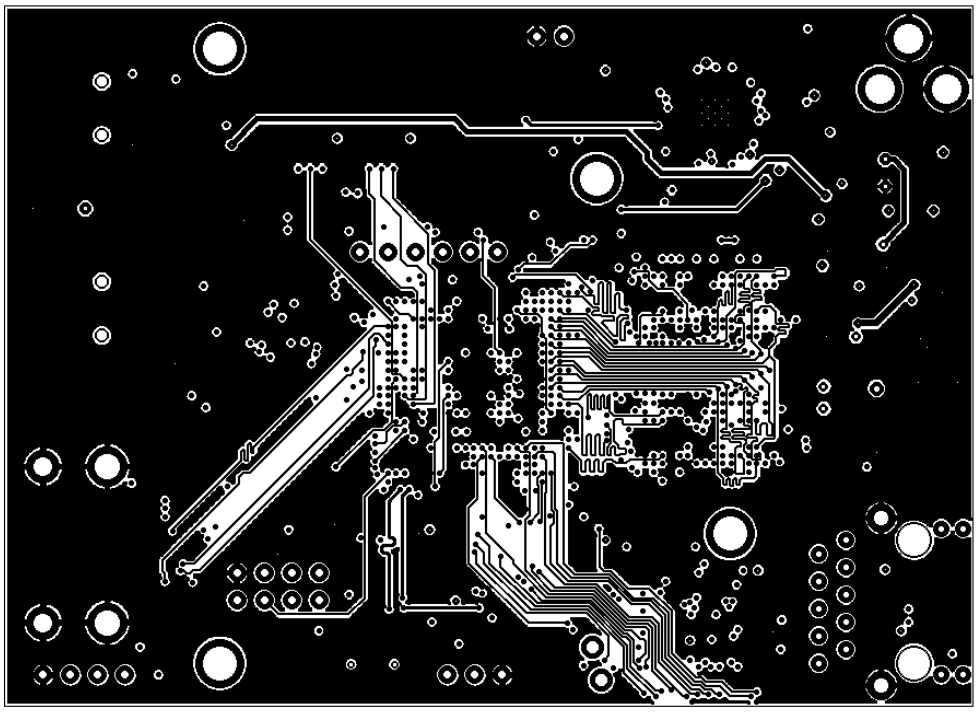


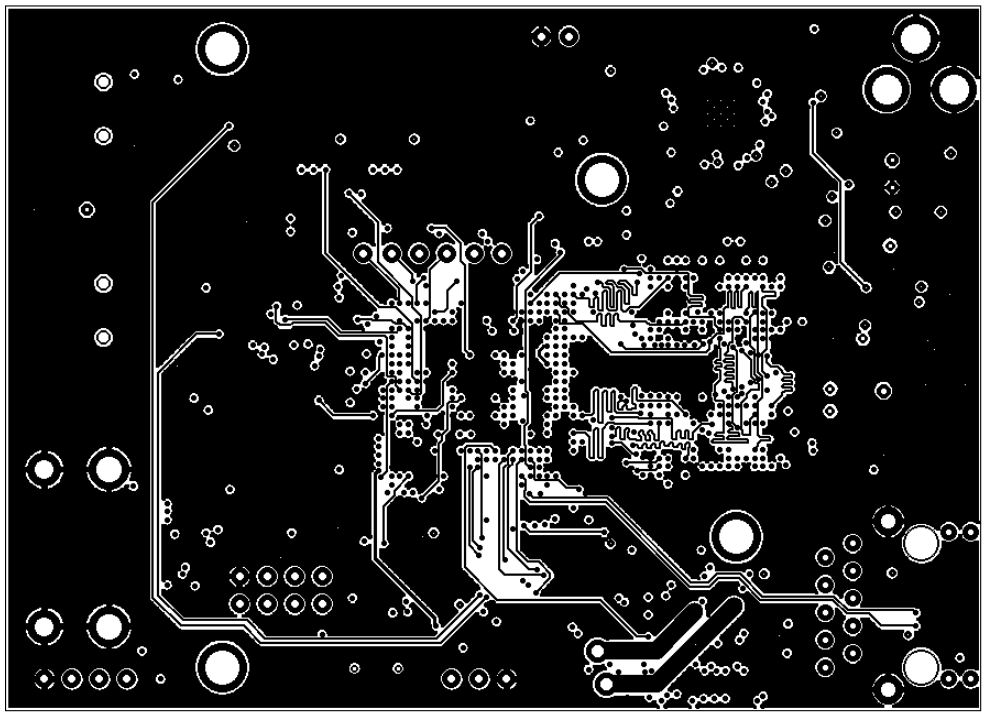
Anexo F. Circuito impreso del Dispositivo de Control Central (Top, GND, Inner 1, Inner 2, Inner 3, Inner 4, PWR y Bottom)

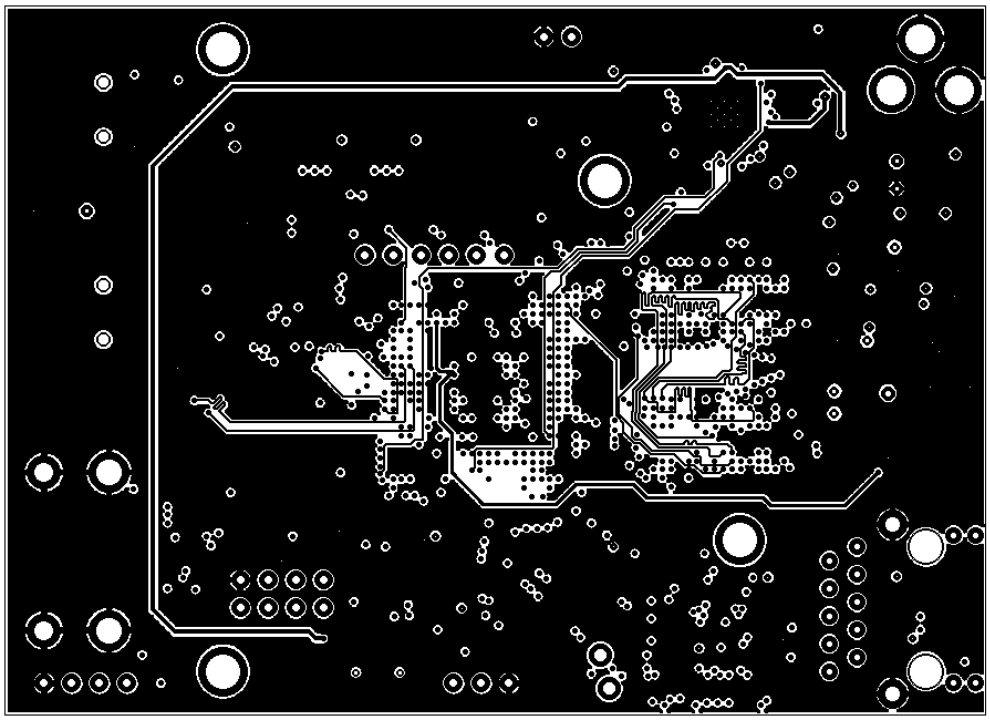


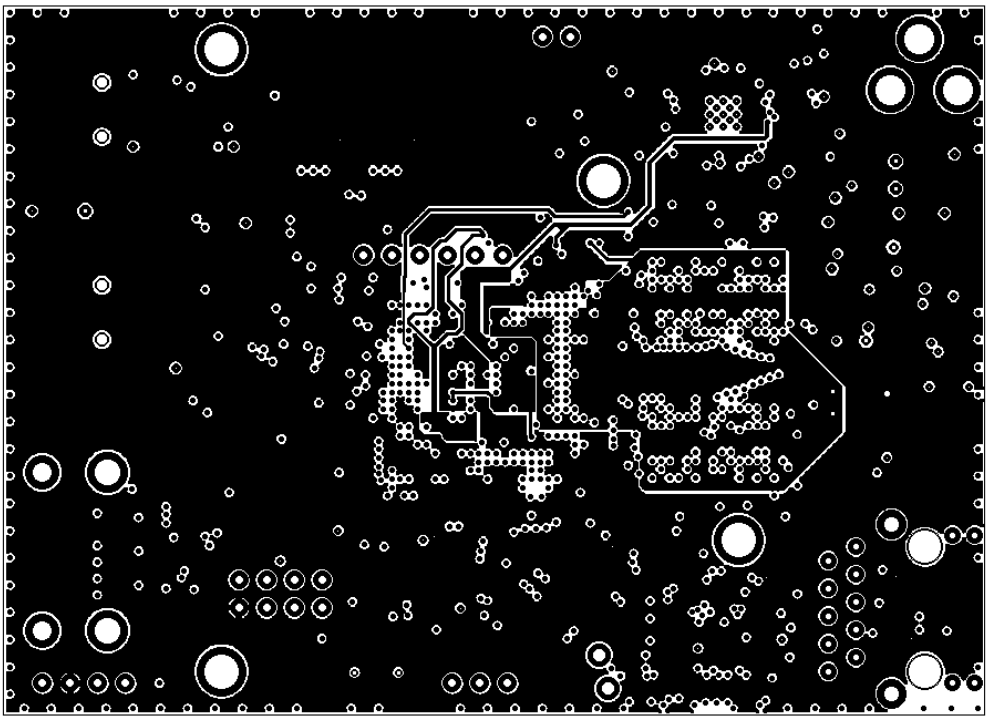


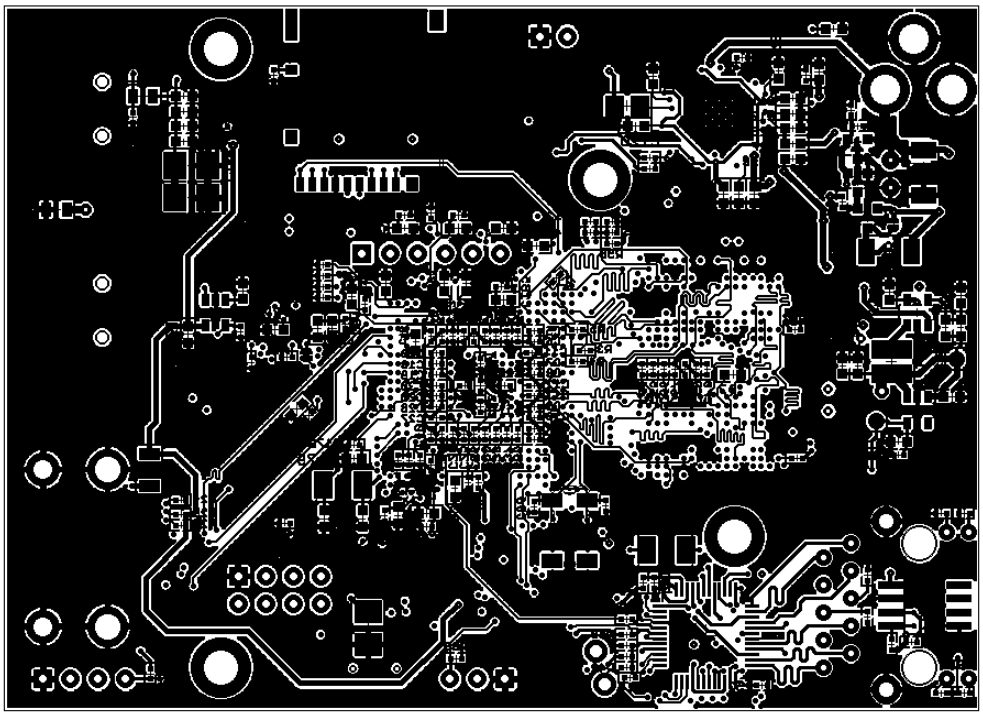












Anexo G. Código fuente de aplicación del Token en PHP.

```
<?php
date_default_timezone_set('America/Bogota');
function tokenhmacsha1($susc_id){
	$tiempo = floor(time()/30);
	$arrTiempo = array(0,0,0,0,0,0,0,0);
	$truncado = array(0,0,0,0,0,0,0,0);
	$tiempoStr = dechex($tiempo);

	while(strlen($tiempoStr) < 8){
		$tiempoStr = '0'.$tiempoStr;
	}

	$arrTiempo[0] = 0;
	$arrTiempo[1] = 0;
	$arrTiempo[2] = 0;
	$arrTiempo[3] = 0;
	$arrTiempo[4] = hexdec(substr($tiempoStr,-8,2));
	$arrTiempo[5] = hexdec(substr($tiempoStr,-6,2));
	$arrTiempo[6] = hexdec(substr($tiempoStr,-4,2));
	$arrTiempo[7] = hexdec(substr($tiempoStr,-2,2));

	$tiempoStr = '';

	foreach($arrTiempo as $valor){
		$tiempoStr .= chr($valor);
	}

	$hash =  hash_hmac('sha1',$tiempoStr,$susc_id);
	$desfase = hexdec($hash[40 - 1]) * 2;

	for ($j = 0; $j < 8; ++$j) {
		$truncado[$j] = $hash[$desfase + $j];
	}

	$tokenStr = '';
	$truncadoTemp = hexdec($truncado[0]) & 7;
	$truncado[0] = dechex($truncadoTemp);
	for($i = 0; $i < 8; $i++){
		$tokenStr .= $truncado[$i];
	}
	//$cadenasel = $tokenStr;
	$tokenInt = hexdec($tokenStr);
	$tokenStr = bcmod($tokenInt, '1000000');
	//$tokenStr = $tokenInt%1000000;
	$tokenStr = sprintf("%06ld", $tokenStr);
```

```
        $tokenStr = (string)$tokenStr;

        return $tokenStr;
}
?>
```

Anexo H. Código fuente de documento HTML de inicio de sesión.

```
<?php
ob_start();
session_start();
$mensaje = "<br/>";
if (isset($_SESSION['usuario_id']))
{
	header("Location: inicio.php");
	exit();
}
if(isset($_POST['enviar']))
{
	require 'token.php';

	$usuario = $_POST['usuario'];
	$usuario_valido = preg_match("/[a-z|0-9]{6,20}/i", $usuario);

	$clave = $_POST['clave'];
	$clave_valida = preg_match("/.{6,30}/", $clave);

	$token = $_POST['token'];
	$token_valido = preg_match("/[0-9]{6}/", $token);

	if( $usuario_valido && $token_valido && $clave_valida)
	{
		$mysqli = new mysqli("localhost", "homenode_access", "6A1.75cn))?@",
"homenode_usuarios");
		if ($mysqli->connect_errno) {
			echo "Fallo al conectar a MySQL: (" . $mysqli->connect_errno . ") " .
$mysqli->connect_error;
		}
		$resultado = $mysqli->query("SELECT id, clave, salt, token FROM usuarios WHERE
usuario='".$usuario."'");
		mysqli_close($mysqli);
		for ($num_fila = $resultado->num_rows - 1; $num_fila >= 0; $num_fila--) {
			$resultado->data_seek($num_fila);
			$fila = $resultado->fetch_assoc();
			$id_db = $fila['id'];
			$clave_db = $fila['clave'];
			$salt_db = $fila['salt'];
			$token_db = $fila['token'];
		}

		$clave_hash = hash("sha256", $clave.$salt_db);
		$token_actual = tokenhmacsha1($token_db);
```

```
                    if( $clave_hash == $clave_db && $token_actual == $token && $resultado-
>num_rows == 1 )
                    {
                            $_SESSION['usuario_id'] = $id_db;
                            header("Location: inicio.php");
                            exit();
                    }else{
                            $mensaje = "Error. Datos incorrectos.";
                    }
            }else{
                    $mensaje = "Error. Datos incorrectos.";
            }
}
?>
<html>
<head>
        <title>HomeNode - Inicio de sesi&oacute;n</title>
<style>
        body{
                background-color: #DDD;
                margin: 0px;
        }

        #menu{
                margin-top: 55px;
                float:right;
        }

        #menu ul {
                clear: both;
                width: 100%;
                list-style: none;
                margin: 0;
                padding: 0;
        }

        #menu ul li{
                float: left;
        }

        #menu ul li a{
                color: #417B11;
                font-family: 'Arial';
                font-size: 12px;
                text-decoration: none;
                font-weight: bold;
```

```
            padding-right: 12px;
            padding-left: 12px;
            padding-top: 5px;
            height:35px;
            display: block;
            border-top-right-radius:10px;
            border-top-left-radius:10px;
        }

        #menu ul li a:hover{
            color: #A9E169;
            font-family: 'Arial';
            font-size: 12px;
            text-decoration: none;
            font-weight: bold;
            height:35px;
            background-color: #66B011;
            display: block;
            border-top-right-radius:10px;
            border-top-left-radius:10px;
        }

        .rgb_tabla{
            padding:0px;
            margin-right: auto;
            margin-left: auto;
            width:840px;
            height:140px;
            border-collapse:collapse;
            border-spacing: 0;
            border:0;
        }

        #titulo{
            color:#666;
            font-family:'Arial';
            text-align: center;
        }

        #encabezado{
            background-color: #6BC306;
            padding:15px;
            height:78px;
            border-bottom: 6px solid #66B011;

        }
```

```
#contenido{
	margin-top: 50px;
	width:900px;
	background-color: #FFF;
	padding-top: 50px;
	padding-bottom: 50px;
	margin-left: auto;
	margin-right: auto;
	border-top-left-radius: 25px;
	border-top-right-radius: 25px;
	border-bottom-right-radius: 50px;
	border-bottom-left-radius: 50px;
	border:2px solid #b6d9a8;
}

#texto1{
	font-family: 'Arial';
	font-size: 18px;
	color:#555;
	text-align: justify;
	width: 820px;
	padding:40px;
}

#form_cont{
	color:#6BC306;
	font-family: 'Arial';
	font-size: 16px;
	text-align: center;
	line-height: 50px;
}

#sms_op{
	width:20px;
	height:20px;
	vertical-align: middle;
}

#sms_num{
	color:#555;
	width:120px;
	height:30px;
	vertical-align: middle;
	font-family: 'Arial';
	font-size: 16px;
```

```
}

#boton_guardar{
	color:#FFF;
	width:250px;
	height:50px;
	vertical-align: middle;
	font-family: 'Arial';
	font-size: 16px;
	background-color: #6BC306;
	border:2px solid #55A000;
	border-radius: 10px;
}

#boton_guardar:hover{
	color:#FFF;
	width:250px;
	height:50px;
	vertical-align: middle;
	font-family: 'Arial';
	font-size: 16px;
	background-color: #8DE528;
	border:2px solid #66B011;
	border-radius: 10px;
}

#alerta{
	background-color: #AA0000;
	float:right;
	color: #FFF;
	border-radius: 3px;
	font-size: 11px;
	margin-left: 5px;
	padding: 3px;
	line-height: 8px;
	font-family: 'Arial';
}

.tabla_titulo_campo{
	color:#6BC306;
	font-family: 'Arial';
	font-size: 16px;
	text-align: right;
}

#tabla_sesion{
```

```
                border:0px;
                text-align: center;
                margin:0px auto;
        }


        #error{
                color:#FF0000;
                font-family: 'Arial';
                font-size: 16px;
                text-align: center;
        }



</head>

</style>

<body>
<div id="encabezado">
<img width="250" height="78" src="logo_mini.png">
<div id="menu">
<!--
<ul>
        <li><a href="inicio.php">INICIO</a></li>
        <li><a href="camaras.php">C&Aacute;MARAS</a></li>
        <li><a href="sensores.php">SENSORES</a></li>
        <li><a href="luces.php">LUCES Y DISPOSITIVOS</a></li>
        <li><a href="consumo.php">CONSUMO ENERG&Eacute;TICO</a></li>
        <li><a href="salir.php">SALIR</a></li>
</ul>
-->
</div>
</div>
<div id="contenido">
<h3 id="titulo">INICIO DE SESI&Oacute;N</h3>
<div id="texto1">
Bienvenido. Para iniciar sesi&oacute;n debes tener tu token a la mano e introducir los <u>6
d&iacute;gitos</u> que est&aacute;n en la pantalla de este.
</div>
<div id="form_cont">
        <form name="formulario" action="<?php echo $_SERVER['PHP_SELF']; ?>"
method="post">
        <table id="tabla_sesion">
                <tr>
```

```
                    <td class="tabla_titulo_campo">Usuario:</td><td><input id="sms_num"
type="text" name="usuario" /></td>
                    </tr>
                    <tr>
                    <td class="tabla_titulo_campo">Contrase&ntilde;a:</td><td><input
id="sms_num" type="password" name="clave" /></td>
                    </tr>
                    <tr>
                    <td class="tabla_titulo_campo">C&oacute;digo del token:</td><td><input
id="sms_num" type="text" name="token" /></td>
                    </tr>
                    </table>
                    <div id="error"><?php echo $mensaje; ?></div>
                    <input id="boton_guardar" type="submit" name="enviar" value="Iniciar
sesi&oacute;n" />
          </form>
</div>
</div>
</body>
</html>
```

Anexo I. Código fuente de documento HTML del Módulo de Demostración del lado del cliente.

```
<html>
<head>
	<title>HomeNode - Live demo</title>

<style>
	body{
		background-color: #DDD;
		margin: 0px;
	}

	#menu{
		margin-top: 55px;
		float:right;
	}

	#menu ul {
		clear: both;
		width: 100%;
		list-style: none;
		margin: 0;
		padding: 0;
	}

	#menu ul li{
		float: left;
	}

	#menu ul li a{
		color: #417B11;
		font-family: 'Arial';
		font-size: 12px;
		text-decoration: none;
		font-weight: bold;
		padding-right: 12px;
		padding-left: 12px;
		padding-top: 5px;
		height:35px;
		display: block;
		border-top-right-radius:10px;
		border-top-left-radius:10px;
	}

	#menu ul li a:hover{
```

```
                color: #A9E169;
                font-family: 'Arial';
                font-size: 12px;
                text-decoration: none;
                font-weight: bold;
                height:35px;
                background-color: #66B011;
                display: block;
                border-top-right-radius:10px;
                border-top-left-radius:10px;
        }

        .rgb_tabla{
                padding:0px;
                margin-right: auto;
                margin-left: auto;
                width:736px;
                height:120px;
                border-collapse:collapse;
                border-spacing: 0;
                border:0;
        }

        #titulo{
                color:#666;
                font-family:'Arial';
                text-align: center;
        }

        #encabezado{
                background-color: #6BC306;
                padding:15px;
                height:78px;
                border-bottom: 6px solid #66B011;

        }

        #contenido{
                margin-top: 50px;
                width:900px;
  height:1250px;
                background-color: #FFF;
                padding-top: 50px;
                padding-bottom: 50px;
                margin-left: auto;
                margin-right: auto;
```

```
                    border-top-left-radius: 25px;
                    border-top-right-radius: 25px;
                    border-bottom-right-radius: 50px;
                    border-bottom-left-radius: 50px;
                    border:2px solid #b6d9a8;
          }

 #texto1{
font-family: 'Arial';
   font-size: 18px;
   color:#555;
   text-align: justify;
   width: 820px;
   padding:40px;
 }

 .color{
   margin:0px;
   padding:0px;
   height:10px;
   width:5px;
   cursor: pointer;
   border:2px solid #FFF;
   border-radius: 12px;
 }

 #rgb1{
   background-color: #FF0000;
 }
 #rgb2{
   background-color: #FF7400;
 }
 #rgb3{
   background-color: #FFAA00;
 }
 #rgb4{
   background-color: #FFD300;
 }
 #rgb5{
   background-color: #FFFF00;
 }
 #rgb6{
   background-color: #9FEE00;
 }
 #rgb7{
   background-color: #00CC00;
```

```
}
#rgb8{
  background-color: #009999;
}
#rgb9{
  background-color: #1240AB;
}
#rgb10{
  background-color: #3914AF;
}
#rgb11{
  background-color: #7109AA;
}
#rgb12{
  background-color: #CD0074;
}

#rgb13{
  background-color: #EEE;
}
#rgb14{
  background-color: #CCC;
}
#rgb15{
  background-color: #999;
}
#rgb16{
  background-color: #666;
}
#rgb17{
  background-color: #333;
}
#rgb18{
  background-color: #000;
}

#botonRequest{
  color:#FFF;
  width:200px;
  height:50px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Arial';
  font-size: 16px;
  background-color: #6BC306;
  border:2px solid #55A000;
  border-radius: 10px;
```

```
  cursor:pointer;
}

#botonRequest:hover{
  color:#FFF;
  width:200px;
  height:50px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Arial';
  font-size: 16px;
  background-color: #78D013;
  border:2px solid #55A000;
  border-radius: 10px;
}

#botonSend{
  color:#FFF;
  width:70px;
  height:30px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Arial';
  font-size: 16px;
  background-color: #6BC306;
  border:2px solid #55A000;
  border-radius: 10px;
}

#oledDisplay{
  color:#555;
  width:200px;
  height:30px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Verdana';
  font-size: 16px;
}

#campoTextoDisplay{
  color:#6BC306;
  font-family: 'Arial';
  font-size: 16px;
  text-align:center;
}

#campoTextoRemChars{
  color:#555;
  width:100px;
```

```
  height:30px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Verdana';
  font-size: 14px;
  border:0px;
 }

 #tempCampo{
  border:0px;
  color:#555;
  width:60px;
  height:30px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Verdana';
  font-size: 16px;
 }

 #humiCampo{
  border:0px;
  color:#555;
  width:60px;
  height:30px;
  vertical-align: middle;
  font-family: 'Verdana';
  font-size: 16px;
 }

</style>

</head>

<body>
<div id="encabezado">
<img width="250" height="78" src="logo_mini.png">

</div>
<div id="contenido">
<h3 id="titulo">LIVE DEMO</h3>
<img style="margin:0px 150px;text-align:center;" src="hndemoble.png" width="589" height="309"
/>
<div id="texto1">
Welcome to HomeNode's live test. This project is for the <b>ITU's Entrepreneurship
Challenge</b>. The project is in Bogot&aacute;, Colombia. You are connected to it using Node.js
and Socket.io library. <br/><br/>Request a turn (button below) and start playing with the house
model. When someone loses his turn, all the lights turn off. Have fun and don't be evil. Don't break
it.
```

```
</div>

<div id="camaraDiv" style="float:left;position:relative;margin-left:82px;">
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:0px; left:0px;">
<img src='liveimg.jpg'>
</div>
<img width="352" height="288"
src="http://186.155.129.109:81/videostream.cgi?user=homenode&pwd=123456789&resolution=
8&rate=12">
</div>

<div style="float:left;margin-right:82px;margin-left:30px;background-
image:url('plano_gris_osc.png'); width:354px; height:288px; position:relative;" id="plano">
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:40px; left:20px;">
<img id="bombillo1" src='bomb_off.png'  onclick='enviarDato("b1");'>
</div>
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:18px; left:170px;">
<img id="bombillo2" src='bomb_off.png'  onclick='enviarDato("b2");'>
</div>
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:200px; left:180px;">
<img id="bombillo3" src='bomb_off.png'  onclick='enviarDato("b3");'>
</div>
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:15px; left:230px;">
<img id="bombillo4" src='bomb_off.png'  onclick='enviarDato("b4");'>
</div>
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:240px; left:288px;">
<img id="sw1" src='sw_off.png'  onclick='enviarDato("sw1");'>
</div>
<!--Washing machine not visible for IP cam
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:225px; left:10px;">
<img id="sw2" src='sw_off.png'  onclick='toggleBombillo("sw2");'>
</div>
   -->
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:10px; left:320px;">
<img id="pt1" src='abrir_on.png'  onclick='enviarDato("pt1a");'>
</div>
<div id="thumb_img" style="position:absolute; top:75px; left:320px;">
<img id="pt2" src='cerrar_off.png'  onclick='enviarDato("pt1c");'>
</div>
</div>

<div style="float:left;margin-top:20px;position:relative;width:500px;margin-left:82px;margin-
right:82px">
<table class="rgb_tabla">
<tr>
<td onClick="enviarColor('g')" class="color" id="rgb1"></td>
```

```
<td onClick="enviarColor('h')" class="color" id="rgb2"></td>
<td onClick="enviarColor('j')" class="color" id="rgb3"></td>
<td onClick="enviarColor('k')" class="color" id="rgb4"></td>
<td onClick="enviarColor('l')" class="color" id="rgb5"></td>
<td onClick="enviarColor('z')" class="color" id="rgb6"></td>
<td onClick="enviarColor('x')" class="color" id="rgb7"></td>
<td onClick="enviarColor('c')" class="color" id="rgb8"></td>
<td onClick="enviarColor('v')" class="color" id="rgb9"></td>
<td onClick="enviarColor('b')" class="color" id="rgb10"></td>
<td onClick="enviarColor('n')" class="color" id="rgb11"></td>
<td onClick="enviarColor('m')" class="color" id="rgb12"></td>
</tr>
<tr>
<td onClick="enviarColor('Q')" colspan="2" class="color" id="rgb13"></td>
<td onClick="enviarColor('W')" colspan="2" class="color" id="rgb14"></td>
<td onClick="enviarColor('E')" colspan="2" class="color" id="rgb15"></td>
<td onClick="enviarColor('R')" colspan="2" class="color" id="rgb16"></td>
<td onClick="enviarColor('T')" colspan="2" class="color" id="rgb17"></td>
<td onClick="enviarColor('Y')" colspan="2" class="color" id="rgb18"></td>
</tr>

</table>
</div>

<div style="position:relative; clear:both; text-align:center; padding-top:10px">
<p id="campoTextoTemp" style="padding-bottom:5px;font-
family:verdana;color:#6BC306;">Temperature: <input id="tempCampo" type="texto"
value="20&deg;C" readonly="readonly">     Humidity: <input
id="tempCampo" type="texto" value="58%" readonly="readonly"></p>
<!--Not implemented
<p id="campoTextoDisplay">OLED display: <input type="text" onKeyUp="validarOLED(this);"
name="display" id="oledDisplay">
<input id="botonSend" type="button" onClick="enviarOLED();" value="Send"><input
id="campoTextoRemChars" readonly="readonly" type="text" value="(12 chars.)"></p>
 -->
<p id="demo" style="padding-top:50px;font-family:verdana;color:#333;">Click the button below
to request a turn.</p>
<audio id="alerta" src="beep.mp3" preload="auto"></audio>
<input id="botonRequest" type="button" onClick="pedirTurno();" value="Request turn">
<br/>
<div id="texto1">
Any question? E-mail me: camilo@ciudadoscura.com
</div>
</div>
</div>
<script type="text/javascript">
```

```
var bombillo1 = false;
   var bombillo2 = false;
   var bombillo3 = false;
   var bombillo4 = false;
   var sw1 = false;
   var puerta = false;

function cambiarImagen(imagen,a) {
     if(a){
       document.getElementById(imagen).src = "bomb_on.png";
     }else{
       document.getElementById(imagen).src = "bomb_off.png";
     }
   }

   function cambiarImagenSw(imagen,a) {
     if(a){
       document.getElementById(imagen).src = "sw_on.png";
     }else{
       document.getElementById(imagen).src = "sw_off.png";
}
   }

   function toggleBombillo(imagen,estado){
     if(imagen=="b1"){
       cambiarImagen("bombillo1",estado);
       bombillo1 = estado;
     }

     if(imagen=="b2"){
       cambiarImagen("bombillo2",estado);
       bombillo2 = estado;
     }

     if(imagen=="b3"){
       cambiarImagen("bombillo3",estado);
       bombillo3 = estado;
     }

     if(imagen=="b4"){
       cambiarImagen("bombillo4",estado);
       bombillo4 = estado;
     }

     if(imagen=="sw1"){
       cambiarImagenSw("sw1",estado);
```

```
      sw1 = estado;
    }

    if(imagen=="pt1"){
     if(estado){
       document.getElementById("pt1").src = "abrir_off.png";
       document.getElementById("pt2").src = "cerrar_on.png";
       puerta = true;
     }else if(!estado){
       document.getElementById("pt1").src = "abrir_on.png";
       document.getElementById("pt2").src = "cerrar_off.png";
       puerta = false;
     }
    }
 }

 function validarOLED(campo){
  var campoRemchars = document.getElementById("campoTextoRemChars");
var tamCampoOLED = campo.value.length;
  if(tamCampoOLED > 12){
    campo.value = campo.value.substring(0, 12);
  }else{
    campoTextoRemChars.value = "(" + (12 - tamCampoOLED) + " chars.)";
  }
 }

</script>
<script src="socket.io.js"></script>
<script>
 var socket = io('http://186.155.129.109:1909');

 function pedirTurno(){
          socket.emit("turn-req");
}

 var contador = 0;
 var intervalo;

          function conteo(conteoEspera){
if(conteoEspera){
    document.getElementById("demo").innerHTML = "Waiting for turn: "+contador+" seconds.";
  }else{
    document.getElementById("demo").innerHTML = "<mark style='color:white;background-
color:green;'>Your turn expires in: <b>"+contador+"</b> seconds.</mark>";
if(contador==30){
      document.getElementById('alerta').play();
```

```
    }
  }
                contador--;
                if(contador < 0){
                        contador = 0;
                        document.getElementById("demo").innerHTML = "Click the button below
to request a turn.";
                        clearInterval(intervalo);
                }
        }

        socket.on("your-turn", function(){
                contador = 30;
                clearInterval(intervalo);
                intervalo = setInterval(function(){conteo(false)},1000);
        });

        socket.on("turn-ack", function(datos){
                contador = datos.tiempo/1000;
                clearInterval(intervalo);
                intervalo = setInterval(function(){conteo(true)},1000);
        });

  socket.on("disps-ack", function(datos){
toggleBombillo("b1",datos.b1);
    toggleBombillo("b2",datos.b2);
    toggleBombillo("b3",datos.b3);
    toggleBombillo("b4",datos.b4);
    toggleBombillo("sw1",datos.sw1);
    toggleBombillo("pt1",datos.pt1);
  });

  function enviarDato(disp){
    var valorEstado;
    if(disp=="b1"){
      valorEstado = !bombillo1;
      socket.emit("cambiarEstado", {dispo: disp, estado: valorEstado});
    }else if(disp=="b2"){
      valorEstado = !bombillo2;
      socket.emit("cambiarEstado", {dispo: disp, estado: valorEstado});
    }else if(disp=="b3"){
      valorEstado = !bombillo3;
      socket.emit("cambiarEstado", {dispo: disp, estado: valorEstado});
    }else if(disp=="b4"){
      valorEstado = !bombillo4;
      socket.emit("cambiarEstado", {dispo: disp, estado: valorEstado});
```

```
}else if(disp=="sw1"){
      valorEstado = !sw1;
socket.emit("cambiarEstado", {dispo: disp, estado: valorEstado});
}else if(disp=="pt1a"){
      if(!puerta){
valorEstado = !puerta;
        socket.emit("cambiarEstado", {dispo: "pt1", estado: valorEstado});
}
    }else if(disp=="pt1c"){
      if(puerta){
valorEstado = !puerta;
        socket.emit("cambiarEstado", {dispo: "pt1", estado: valorEstado});
      }
    }
  }

 function enviarColor(letra){
  socket.emit("cambiarEstado", {dispo: "rgb", color: letra});
 }


</script>
</body>
</html>
```

Anexo J. Código fuente de aplicación JavaScript del Módulo de Demostración del lado del servidor.

```
var io = require('socket.io').listen(1909);
var turnQueue = [];
var activeTurn = false;
var TURN_TIME = 30000;
var activeSocket;
var dispos = [false,false,false,false,false,false];
var lightColor = 'Y'; //RGB turned off
var SerialPort = require("serialport").SerialPort;
var fs = require('fs');

var sp = new SerialPort("/dev/ttyO2", {
	baudrate: 9600
});

sp.on('open',function() {
	console.log("Puerto serial abierto.");
	sp.write("AT+DISC?");
	setTimeout(function() {
		sp.write("AT+CONN0");
	 }, 5000);
});


function validateTurn(sockid){
	var validation = false;
	if(activeSocket == sockid && activeTurn){
		validation = true;
	}
	return validation;
}

function logIP(accion, direccionIP){
	fs.appendFile('/usr/local/lib/log_ip.txt', accion+': '+direccionIP+'\n', function (err){});
}

function resetGPIOS(){
	dispos[0] = false;
	dispos[1] = false;
	dispos[2] = false;
	dispos[3] = false;
	dispos[4] = false;
	dispos[5] = false;
	lightColor = 'Y';
```

```
	sp.write("wrypsfY");
}

function sendDisposValues(){
	io.sockets.emit('disps-ack',{
		b1: dispos[0],
		b2: dispos[1],
		b3: dispos[2],
		b4: dispos[3],
		sw1: dispos[4],
		pt1: dispos[5],
		rgb: lightColor
	});
}

var checkQueue = setInterval(function() {
	if (!activeTurn && turnQueue.length >= 1) {
		activeTurn = true;
		var sockid = turnQueue.shift();
		var client = io.in(sockid);
		activeSocket = sockid;
		client.emit('your-turn');
		console.log("El turno es de "+sockid);

		setTimeout(function() {
			client.emit('lose-turn');
			activeTurn = false;
			resetGPIOS();
			sendDisposValues();
			console.log("El turno termino.");
		}, TURN_TIME);
	}
}, 1000);

io.on('connection', function (socket) {

	var direccionIP = socket.request.connection.remoteAddress;
	var sockid = socket.id;

	logIP("Conexion",direccionIP);

	socket.on('turn-req', function () {
		console.log("Turno solicitado.");
		var i = turnQueue.indexOf(sockid);
		if(i == -1 && !validateTurn(sockid)) {
			turnQueue.push(sockid);
```

```
                        var time = turnQueue.length * TURN_TIME;
                        console.log("Debe esperar "+time+" milisegundos.");
                        logIP("Pedir turno",direccionIP);
                        socket.emit('turn-ack', {tiempo: time});
                }
        });

    socket.on('cambiarEstado', function(datos){
                logIP("Cambiar estado",direccionIP);
         if(validateTurn(sockid)){
                        if(datos.dispo=="b1"){
                                if(datos.estado){
                                        sp.write("o");
                                }else{
                                        sp.write("p");
                                }
                                dispos[0]= datos.estado;
                        }else if(datos.dispo=="b2"){
                                if(datos.estado){
                        sp.write("a");
                }else{
                        sp.write("s");
}
                dispos[1]= datos.estado;
              }else if(datos.dispo=="b3"){
                                if(datos.estado){
                        sp.write("e");
                }else{
                        sp.write("r");
                }
                dispos[2]= datos.estado;
}else if(datos.dispo=="b4"){
                                if(datos.estado){
                        sp.write("t");
                }else{
sp.write("y");
                }
                dispos[3]= datos.estado;
}else if(datos.dispo=="sw1"){
                                if(datos.estado){
                        sp.write("d");
                }else{
sp.write("f");
                }
                dispos[4]= datos.estado;
}else if(datos.dispo=="pt1"){
```

```
                                        if(datos.estado){
                                                sp.write("q");
                                        }else{
                                                sp.write("w");
                                        }
                        dispos[5] = datos.estado;
}else if(datos.dispo=="rgb"){
sp.write(datos.color);
                                        lightColor = parseInt(datos.color);
                                        console.log("Se recibe: "+datos.color);
                                }

                                sendDisposValues();
                        }
                });

                socket.on('disconnect', function () {
                        logIP("Desconexion",direccionIP);
                        var i = turnQueue.indexOf(sockid);
                        if(i != -1) {
                                turnQueue.splice(i, 1);
                        }
                });
});
```