



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

MODALIDAD: PROPUESTA METODOLÓGICA Y TECNOLÓGICA AVANZADA

Título:

Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas de
Información

Autor:

Viteri Castellano Bladimir Fidel

Tutor:

Albán Taipe Mayra Susana PhD

LATACUNGA –ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes” presentado por Viteri Castellano Bladimir Fidel, para optar por el título magíster en Sistemas de Información.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, febrero, 01, 2022



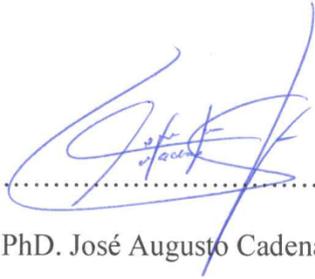
.....
PhD. Albán Taipe Mayra Susana

CC: 0502311988

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes” ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas de Información; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, abril, 25, 2022

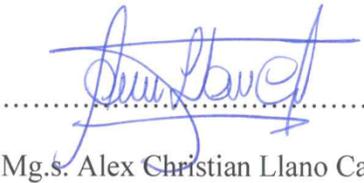


.....

PhD. José Augusto Cadena Moreano.

CC.: 0501552798

Presidente del tribunal

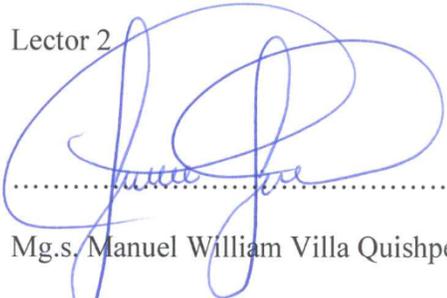


.....

Mg.s. Alex Christian Llano Casa

CC.: 0502589864

Lector 2



.....

Mg.s. Manuel William Villa Quishpe

CC.: 1803386950

Lector 3

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico:

Principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Fidel y Claudina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido poder alcanzar cada una de las metas que me he propuesto en el transcurso de mi vida, todos mis logros se los debo a ustedes.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Bladimir Fidel Viteri Castellano

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios que me bendice cada día con salud y vida junto a mi familia. A mis padres y hermanos que me han ayudado y apoyado en todo momento para cumplir mis sueños.

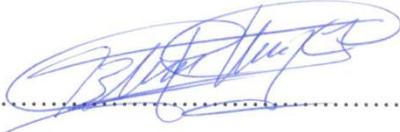
A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente. Un agradecimiento especial a la PhD. Mayra Albán quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en la investigación.

Bladimir Fidel Viteri Castellano

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, febrero, 01, 2022



A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal dotted line.

Viteri Castellano Bladimir Fidel

CC: 1716476518

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero, 01, 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Viteri Castellano', is written over a horizontal dotted line.

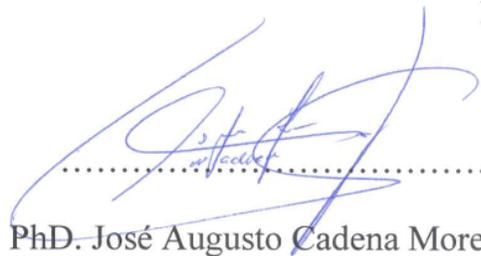
Viteri Castellano Bladimir Fidel

CC: 1716476518

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, abril, 25, 2022



PhD. José Augusto Cadena Moreano

CC.: 0501552798

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Título: Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes.

Autor: Viteri Castellano Bladimir Fidel

Tutor: Albán Taipe Mayra Susana PhD

RESUMEN

El Internet de las Cosas (IoT) es la interconexión de los objetos del mundo físico a través de Internet. El uso del IoT en el hogar brinda al usuario un estilo de vida más confortable, permitiendo gestionar y administrar de manera remota dispositivos prácticos tales como puertas, webcams, electrodomésticos, entre otros. La presente investigación tiene como finalidad diseñar un modelo de referencia de IoT mediante sus principios básicos para el diseño de casas inteligentes, que contribuya a la adopción e implementación de esta tecnología. Para el efecto, en la primera etapa se revisó la literatura relacionada con el tema, comprobando teóricamente el problema de investigación. En general los trabajos analizados presentan limitados documentos que contemplen modelos de referencia aplicando estándares de IoT específicos para este campo. Para el diseño del modelo de referencia se analizó y registró las características más importantes de los modelos y enfoques revisados en la literatura; seguidamente, se aplicó la técnica de validación de expertos para la obtención de los datos que permitió validar el modelo a través de regresión lineal. Posteriormente este modelo de referencia siguió un proceso experimental, mediante la simulación en Cisco Packet Tracer, que se utilizó para diseñar y verificar el funcionamiento del IoT en el hogar, además se implementó dispositivos básicos en el hogar siguiendo el modelo planteado para su proceso de comprobación. Como resultado de la investigación, se obtiene un modelo de referencia de IoT para hogares, que permitirá planificar e implementar estas tecnologías.

PALABRAS CLAVE: Modelo de referencia IoT; IoT; casas inteligentes; Internet de las Cosas; industria 4.0

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Title: IOT REFERENCE MODEL FOR SMART HOME DESIGN

Author: Viteri Castellano Bladimir Fidel

Tutor: Albán Taipe Mayra Susana PhD

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is the interconnection of objects in the physical world through the Internet. The use of IoT in the home provides the user with a more comfortable lifestyle, allowing remote management and administration of practical devices such as doors, webcams, appliances, among others. The purpose of this research is to design an IoT reference model through its basic principles for the design of smart homes, which contributes to the adoption and implementation of this technology. For this purpose, in the first stage, the literature related to the subject was reviewed, theoretically verifying the research problem. In general, the analyzed works present limited documents that contemplate reference models applying specific IoT standards for this field. For the design of the reference model, the most important characteristics of the models and approaches reviewed in the literature were analyzed and recorded; next, the expert validation technique was applied to obtain the data that allowed the model to be validated through linear regression. Subsequently, this reference model followed an experimental process, through simulation in Cisco Packet Tracer, which was used to design and verify the operation of the IoT in the home, in addition, basic devices were implemented in the home following the model proposed for verification. As a result of the research, a reference model of IoT for homes is obtained, which will allow planning and implementing these technologies.

KEYWORDS: IoT reference model; internet of things; smart houses; Internet of Things; industry 4.0

Rosa María Tenelema Caluna con cédula de identidad número: 0201904273. Licenciada en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1017-10-1011115; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes de: Bladimir Fidel Viteri Castellano, aspirante a magister en Sistemas de Información.

Quito, abril, 25, 2022



Rosa María Tenelema Caluna

C.C. 0201904273

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---------------------------------|---|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Antecedentes | 1 |
| Planteamiento del problema..... | 2 |
| Formulación del problema | 5 |
| Objetivo General | 5 |
| Objetivos Específicos | 5 |
| Justificación | 7 |
| Metodología | 8 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| 1.1 Antecedentes. | 10 |
| 1.2 Fundamentación epistemológica. | 12 |
| 1.2.1 Industria 4.0 | 12 |
| 1.2.2 Internet de las Cosas..... | 17 |
| 1.2.3 Casas Inteligentes..... | 27 |
| 1.3 Fundamentación del estado del arte. | 29 |
| 1.3.1 Proyectos relacionados de IoT | 29 |
| 1.3.2 Proyectos académicos de IoT en Ecuador..... | 30 |
| 1.4 Conclusiones Capítulo I | 32 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| 2.1 Diagnóstico del problema..... | 34 |
| 2.2 Métodos específicos de la investigación | 35 |
| 2.2.1 Método de observación | 35 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2.2 | Método analítico-sintético..... | 35 |
| 2.2.3 | Matriz de relación | 36 |
| 2.2.4 | Análisis comparativo de modelos IoT..... | 46 |
| 2.2.5 | Metodología Top-Down..... | 47 |
| 2.3 | Diseño experimental y/o método de criterio de experto para validar la propuesta..... | 48 |
| 2.3.1 | Método de recolección de datos | 49 |
| 2.3.2 | Analítica descriptiva de la población estudiada | 49 |
| 2.3.3 | Análisis de fiabilidad de la encuesta | 51 |
| 2.3.4 | Evaluación de los datos en la Escala Likert | 51 |
| 2.3.5 | Codificación de las variables de análisis..... | 52 |
| 2.3.6 | Método de Regresión lineal | 54 |
| 2.3.7 | Modelo de referencia IoT propuesto | 59 |
| 2.3.8 | Modelo conceptual de IoT propuesto..... | 61 |
| 2.4 | Descripción metodológica de la valoración económica, tecnológica y medio ambiental..... | 63 |
| 2.4.1 | Valoración Económica | 63 |
| 2.4.2 | Valoración Tecnológica | 63 |
| 2.4.3 | Valoración Ambiental | 64 |
| 2.5 | Conclusiones Capítulo II..... | 64 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Resultados del diagnóstico del problema | 65 |
| 3.2 | Resultados de los métodos específicos..... | 66 |
| 3.2.1 | Metodología Top-Down..... | 66 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.3 | Resultados de la valoración económica, tecnológica y ambiental | 92 |
| 3.3.1 | Valoración Económica | 92 |
| 3.3.2 | Valoración Tecnológica | 95 |
| 3.3.3 | Valoración Ambiental | 95 |
| 3.4 | Discusión de la aplicación y/o validación de la propuesta..... | 95 |
| 3.5 | Conclusiones Capítulo III..... | 96 |
| | CONCLUSIONES GENERALES | 97 |
| | RECOMENDACIONES | 98 |
| | Referencias bibliográficas | 99 |
| | ANEXOS | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Matriz de tareas con solución a los objetivos | 6 |
| Tabla 2. Etapas de la investigación | 7 |
| Tabla 3. Alternativas de comunicación en IoT | 26 |
| Tabla 4. Modelo IoTWF (Internet Of Things World Forum) | 36 |
| Tabla 5. Modelo de referencia Intel IoT | 38 |
| Tabla 6. Modelo de referencia IoT Simple | 39 |
| Tabla 7. Modelo de referencia ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) .. | 40 |
| Tabla 8. Modelo de Barton, Salgueiro, & Hanes | 41 |
| Tabla 9. Modelo de referencia de IoT de IBM..... | 41 |
| Tabla 10. Azure IoT Arquitectura de Referencia..... | 42 |
| Tabla 11. Modelo IoT IEEE..... | 43 |
| Tabla 12. Comparación entre modelos de IoT | 44 |
| Tabla 13. Atributos de evaluación de modelos de referencia IoT..... | 45 |
| Tabla 14. Validación de atributos | 45 |
| Tabla 15. Resumen comparativo de los modelos de IoT | 46 |
| Tabla 16. Estadísticas descriptivas de la población estudiada | 49 |
| Tabla 17. Resumen del procesamiento de los casos | 51 |
| Tabla 18. Estadístico de fiabilidad | 51 |
| Tabla 19. Valores de la escala de likert..... | 52 |
| Tabla 20. Evaluación de la escala Likert | 52 |
| Tabla 21. Descripción de los componentes..... | 53 |
| Tabla 22. Correlaciones | 53 |

| | |
|---|----|
| Tabla 23. Resultados del modelo de regresión lineal..... | 56 |
| Tabla 24. Resultados ANOVA ^b | 57 |
| Tabla 25. Coeficientes ^a | 57 |
| Tabla 26. Modelo de referencia propuesto IoT para casas inteligentes | 60 |
| Tabla 27. Resumen lineamientos generales para la identificación de necesidades y definición de alcance..... | 67 |
| Tabla 28. Resumen directrices técnicas | 69 |
| Tabla 29. Condiciones de los dispositivos | 84 |
| Tabla 30. Dispositivos utilizados en la implementación..... | 88 |
| Tabla 31. Gastos Directos | 93 |
| Tabla 32. Gastos Indirectos..... | 94 |
| Tabla 33. Gastos Totales | 94 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Metodología de investigación empleada en el desarrollo de la tesis | 9 |
| Gráfico 2. Evolución de las Revoluciones Industriales | 11 |
| Gráfico 3. Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0 | 16 |
| Gráfico 4. Nacimiento del IoT | 18 |
| Gráfico 5. IoT visto modo red de redes..... | 19 |
| Gráfico 6. Modelo de referencia de IoT | 20 |
| Gráfico 7. Dominios de aplicación de IoT | 22 |
| Gráfico 8. Campos de aplicación de IoT..... | 23 |
| Gráfico 9. Aplicaciones de IoT en el Hogar | 27 |
| Gráfico 10. Relación entre la variable dependiente con las independientes | 56 |
| Gráfico 11. Supuestos de homocedasticidad y normalidad | 59 |
| Gráfico 12. Modelo propuesto de IoT para casas inteligentes | 61 |
| Gráfico 13. Método para la implementación de IoT en los hogares | 67 |
| Gráfico 14. Diagrama de requerimientos técnicos para implementar IoT | 68 |
| Gráfico 15. Área de trabajo Cisco Packet Tracer..... | 70 |
| Gráfico 16. Configuración de la red inalámbrica en el Access Point | 71 |
| Gráfico 17. Configuración IP en el servidor | 71 |
| Gráfico 18. Configuración DHCP en el servidor | 72 |
| Gráfico 19. Prender IoT en el servidor..... | 72 |
| Gráfico 20. Aplicación IoT | 73 |
| Gráfico 21. Creación de usuario y clave en IoT Monitor | 73 |
| Gráfico 22. Configuración Wireless dela cámara | 74 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 23. Configuraciones globales cámara | 74 |
| Gráfico 24. Configuraciones wireless detector de humo | 75 |
| Gráfico 25. Ajustes detector de humo | 76 |
| Gráfico 26. Configuración wireless luz | 77 |
| Gráfico 27. Configuración de ajustes luz | 77 |
| Gráfico 28. Diseño General de la Red IoT en el hogar | 78 |
| Gráfico 29. Administración de objetos IoT desde un teléfono inteligente | 79 |
| Gráfico 30. Puerta abierta desde teléfono inteligente | 80 |
| Gráfico 31. Ventana abierta desde teléfono inteligente | 80 |
| Gráfico 32. Administración de la iluminación | 81 |
| Gráfico 33. Control de elevación de temperatura | 82 |
| Gráfico 34. Apagado de dispositivos de control de temperatura | 82 |
| Gráfico 35. Activación de sirena y ventana cuando el sensor detecta humo | 83 |
| Gráfico 36. Apagado de dispositivos cuando no hay humo | 83 |
| Gráfico 37. Capa Planes Estratégicos | 85 |
| Gráfico 38. Capa Modelos de Negocio | 86 |
| Gráfico 39. Capas del modelo de referencia | 87 |
| Gráfico 40. Añadiendo dispositivos a la aplicación | 89 |
| Gráfico 41. Dispositivos agregados en la aplicación | 89 |
| Gráfico 42. Automatizaciones del hogar | 90 |
| Gráfico 43. Mensaje de alarma de incendios | 91 |
| Gráfico 44. Apartado Yo de la aplicación | 91 |
| Gráfico 45. Centro de mensajes de la aplicación | 92 |

INTRODUCCIÓN

La evolución en el área tecnológica ha llevado a que muchos aspectos de la vida cotidiana cambien de manera significativa, siendo el principal objetivo de este tipo de herramientas mejorar la calidad de vida, con el paso de los años se ha ido modernizando de forma paulatina las viviendas, surgido por la necesidad del ser humano principalmente de seguridad y confort, y como resultado de ello se ha visto una constante evolución en las tecnologías aplicadas al hogar, que crea un nuevo concepto, hogar inteligente. El avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha dado lugar a la cuarta revolución industrial, y con ello al Internet de las Cosas, mediante la cual se puede proveerles de nuevos servicios de seguridad, confort, gestión y eficiencia energética.

Por ello, se hace necesario el conocimiento de las tecnologías asociadas con la automatización y el control eficiente de los hogares, así como lo que cada uno de ellos puede ofrecer para resolver las necesidades particulares. Hoy en día, en nuestro país existe discreta atención en la gestión y automatización en los hogares, esto debido a que no se cuenta con diseños que integren las nuevas tecnologías desde su concepción hasta su ejecución y explotación.

En tal sentido, cuando se estudia la bibliografía referente al tema en nuestro país, resulta evidente la limitación técnica y carencia teórica en el proceso de adopción de estas tecnologías, debido a que son insuficiente los estudios, las investigaciones y publicaciones que abordan el tema. En consecuencia, se hace necesario entonces diseñar un modelo de referencia y así contribuir en el proceso de integrar los elementos inteligentes en los hogares.

Antecedentes, el presente trabajo se relaciona con la línea de investigación Tecnologías de la Información y Comunicación, debido a que a través de su evolución han desempeñado un papel importante en el desarrollo de la economía y de la sociedad

de los países, al tener un papel importante en el aumento de la productividad, la reestructuración y gestión de información en las organizaciones. En este contexto, la cuarta revolución industrial, que es la automatización de los procesos, abre un mundo de oportunidades en los países en vías de desarrollo, mediante sus pilares fundamentales como, big data, robótica, realidad aumentada, internet de las cosas, entre otros, todos estos encaminados en la inteligencia artificial e inteligencia de negocios para toma de decisiones.

En líneas generales, las personas desde sus principios siempre han tratado de mejorar su calidad de vida, adquiriendo nuevas tecnologías que le provean de seguridad, privacidad y confort, ya que el entorno más importante de una persona es su hogar y por lo tanto busca aprovechar de manera eficiente su uso. Gracias al avance de las tecnologías de la información y comunicación, y la aparición del Internet de las Cosas se puede proveer de inteligencia al hogar, mediante dispositivos o sistemas llamados inteligentes, que son capaces de realizar tareas por sí mismos, reaccionando a su ambiente, y de suministrar de información en tiempo real para la toma de decisiones.

El **Planteamiento del problema**; gira en torno a la identificación de la limitada producción científica relacionada a innovación tecnológica en el país, lo cual no permite introducir nuevos servicios o mejorar los existentes, más aun cuando estamos viviendo la cuarta revolución industrial. El concepto Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial fue acuñado por el Gobierno de Alemania en el año 2011 [1], [2], [3] con el fin de definir a la fabricación con interconexión de todos sus procesos. Según Aguilar [4] la Industria 4.0 consiste en la digitalización de los procesos industriales, donde tecnologías digitales como el Internet de las Cosas, el cloud computing, el big data, la realidad aumentada, la impresión 3D o la robótica colaborativa cambiarán el funcionamiento de la industria por medio de la interacción de inteligencia artificial y la optimización de los.

En este campo, el Internet de las Cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado como (IoT) es el componente tecnológico fundamental del paradigma de la Industria 4.0. El Internet de las Cosas es un término que fue empleado por Kevin Ashton profesor del

MIT desde el año 1999 [5] [6], en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red (RFID) y tecnologías de sensores, aunque no fue hasta el año 2009 cuando Ashton empleó la expresión de forma pública por primera vez en el RFID journal. A si pues, el Internet de las Cosas se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet, es la conexión de objetos con otros objetos de su alrededor de manera que puedan comunicarse entre ellos permitiendo llevar a cabo alguna determinada función o tarea[7].

Al respecto, Cisco define al IoT como la interacción entre los seres humanos y los objetos en diversas aplicaciones, tales como la fabricación, la logística, el sector de los servicios, la agricultura, el reciclaje, gestión ambiental, casas inteligentes y otros, añadiendo una nueva forma de conectividad de los "objetos" a Internet [8]. En este campo el Internet de las Cosas tiene mucho potencial y aplicabilidad en la vida diaria, por eso es necesario ver todo en lo que se podría mejorar, para así motivar e incentivar el desarrollo de más software y hardware que proporciona una mejorar calidad de vida de las personas.

En la actualidad, según [9], las personas han tenido contacto con algún objeto inteligente aunque no sean conscientes de lo que son. Las actuales tecnologías están compuestas por sensores y/o actuadores que les permiten realizar acciones de manera automática o semiautomática, de acuerdo con las condiciones de su programación. En los últimos años se ha incrementado la cantidad de dispositivos conectados hacia Internet, la población humana se encuentra continuamente en comunicación con otras personas por medio de la red de Internet, con el pasar del tiempo las personas tienen conocimiento que el IoT no es otra cosa que la concepción de los objetos cotidianos conectados entre sí, a través del Internet, en donde los usuarios pueden interactuar con dichos dispositivos de manera remota a través de una aplicación, para tener control sobre sus electrodomésticos, seguridad y vigilancia de sus hogares.

Por otra parte, en el simposium Revolución Industrial 4.0 llevado a cabo en marzo del 2018 [10], Alemania al ser el referente mundial en innovación tecnológica, compartió su experiencia y, prevé transformar digitalmente el 80% de las industrias para 2021. Mediante

este proceso, incrementará la eficiencia en 18%, reducirá costes en un 13% y tendrá un crecimiento potencial de los negocios de 425 billones de euros para 2025 [10].

En tal sentido, según un estudio de Colmenares [11], en Latinoamérica países como Chile, Perú y Brasil son ejemplos en la región al asumir IoT como una inversión en vez de un costo. Cisco Oil & Gas en Brasil, por ejemplo, ha hecho grandes avances en transmisiones de datos para sus operaciones desde 2013, lo cual ha sido beneficioso para las labores de la compañía.

Por otra parte, según la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt), en el Ecuador se invierte el 1,88% del Producto Interno Bruto (PIB) en tecnología e innovación. En ese sentido, la Cuarta Revolución Industrial supone muchos retos y oportunidades para el país. Precisamente, uno de los ejes del Proyecto Ecuador 2030, desarrollado por el Comité Empresarial Ecuatoriano, es el desarrollo de la Industria 4.0, para de esta manera, posicionar la transformación tecnológica como elemento clave para construir un Ecuador moderno, innovador y productivo [12].

En tal sentido, se puede determinar que en Ecuador no se ha explotado aún las ventajas de la adopción de la tecnología de internet de las cosas, existe muchos campos donde se puede aplicar y mejorar tanto los procesos como el nivel de vida, partiendo de mejorar el nivel de vida de las persona se abre un campo de aplicación que son las casas inteligentes, en este campo, en nuestro medio, se puede observar que la mayoría de las construcciones tienen un diseño tradicional, que en muchos casos no se ha incluido el uso de elementos de IoT, sin embargo, desde hace un tiempo empiezan a aparecer edificaciones públicas, privadas, con características de construcciones inteligentes, pero todavía en un grado menor, proporcionando de esta manera una mayor calidad de vida, para los que integran estos lugares, pues las llamadas casas inteligentes brindan a sus usuarios confort, seguridad y ahorro considerable en electricidad [13].

Por consiguiente, se escucha contradictorio como estas tecnologías que tiene tantas ventajas y beneficios en su uso, puede ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas, contribuye con el ahorro energético, además de fomentar el cuidado al medio ambiente, no está siendo adoptado por la mayor parte de la población.

Debido a esto, la creación de casas inteligentes, no se ha vuelto cuestión de lujos o status, por el contrario, se ha convertido en una necesidad, debido a sus amplias capacidades de brindar comodidad, seguridad y una gran posibilidad de ahorro energético, en este sentido, es esencial disponer de un modelo de referencia que ayude a la implementación de estas tecnologías en el hogar.

Por tales razones se procede a la **Formulación del problema** de investigación, planteado la siguiente interrogante: ¿Cómo contribuir con la adopción del internet de las cosas para el diseño de casas inteligentes?

La investigación presenta como **Objetivo General**, diseñar un modelo de referencia de internet de las cosas (IoT) mediante principios básicos para el diseño de casas inteligentes que permita la adopción de servicios inteligentes para el hogar.

Para el logro del objetivo anteriormente indicado, los **Objetivos Específicos** propuestos para la investigación son:

- Realizar un análisis de los fundamentos teóricos del internet de las cosas para adoptar las mejores prácticas en la construcción del modelo de referencia y la fundamentación teórica del problema de investigación.
- Diseñar un modelo de referencia de IoT para casas inteligentes, determinando los requerimientos y funcionalidades básicas mediante el uso de principios del internet de las cosas.
- Evaluar el modelo IoT propuesto mediante simulación e implementación para verificar el uso adecuado de los componentes diseñados en el modelo propuesto.

A continuación, se describen las **Tareas** para cumplir con los objetivos, se diseñó una tabla con actividades, que al ser ejecutadas aseguran el cumplimiento, tabla 1.

Tabla 1. Matriz de tareas con solución a los objetivos

| Objetivo | Actividad (Tareas) |
|---|---|
| <p>1. Objetivo específico 1: Realizar un análisis de los fundamentos teóricos del internet de las cosas para adoptar las mejores prácticas en la construcción del modelo de referencia y la fundamentación teórica del problema de investigación.</p> | Determinación de fuentes principales de investigación científica. |
| | Análisis de contenido de documentos relacionados |
| | Diseño del marco teórico |
| <p>2. Objetivo específico 2: Diseñar un modelo de referencia de IoT para casas inteligentes, determinando los requerimientos y funcionalidades básicas mediante el uso de principios del internet de las cosas</p> | Análisis de modelos IoT para casas inteligentes |
| | Análisis de requerimientos para la implementación de casas inteligentes |
| | Especificación del diseño. |
| | Especificación del modelo de referencia del IoT para casas inteligentes |
| | Arquitectura del modelo propuesto. |
| <p>3. Objetivo específico 3: Evaluar el modelo IoT propuesto mediante simulación e implementación para verificar el uso adecuado de los componentes diseñados en el modelo propuesto.</p> | Simular aspectos básicos de la integración de objetos IoT en el hogar |
| | Implementar dispositivos IoT en el hogar y verificar su funcionamiento y automatización |

Fuente: Elaborado por el investigador

De igual manera, el proceso investigativo ha sido realizado en base a **Etapas**; las mismas que son detalladas en la tabla 2.

Tabla 2. Etapas de la investigación

| Etapas | Descripción |
|--|---|
| Etapa 1. Protocolo | Identificar y delimitar la problemática objeto de estudio. |
| Etapa 2. Recolección de material bibliográfico | Limitado material bibliográfico en la literatura y sobre todo no existen referentes acercados a la realidad de nuestro país |
| Etapa 3. Propuesta | Análisis, especificación y metodología para el diseño de una solución |
| Etapa 4. Validación de la propuesta | Simulación e implementación de IoT bajo el modelo de referencia propuesto |
| Etapa 5. Informe Final | Plasmar la documentación que permitan demostrar que la propuesta es válida y factible a aplicar. |

Fuente: Elaborado por el investigador

Como **Justificación** del proyecto de investigación se diseñará un modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes, el cual permitirá la adopción de estas nuevas tecnologías aplicadas al hogar. Las tecnologías de la información y comunicación se han convertido en una herramienta indispensable para el intercambio de información, así como, mediante su evolución aparecen nuevos servicios que pretenden mejorar la calidad de vida de las personas. En este contexto el internet de las cosas es una innovación tecnológica que permite transformar todos nuestros objetos en “Smart-objetos”, que estarán conectadas en red transmitiendo y recibiendo información para facilitarnos la vida y volverla más eficiente.

Este estudio pretende, mediante el estado del arte, explicar la importancia del internet de las cosas y su adopción en el diseño de casas inteligentes, ya que es uno de los principales factores en la conversión y desarrollo de la vida de las personas.

La investigación presenta un marco conceptual del IoT en donde se consideraron las mejores prácticas encontradas en la literatura para el desarrollo del modelo de referencia para casas inteligentes, dando una visión sobre su impacto en la vida cotidiana, ponderando sus beneficios por sobre los temas más críticos para su adopción, que servirá de utilidad para que los hogares se interesen en estas innovadoras tecnologías.

El desarrollo de un modelo de referencia IoT para implementación de casas inteligentes generará nuevas oportunidades de negocio, aún no exploradas, así como también, habilidades que serán requeridas para afrontar estos desafíos. Por otro lado, permite explorar el impacto del IoT en la experiencia del usuario y cómo se deberá adoptar este tipo de tecnologías.

Para el desarrollo del presente trabajo, y teniendo en cuenta que parte de la necesidad de realizar el estudio de los fundamentos teóricos del internet de las cosas para el desarrollo de un marco de referencia de IoT, y su aplicación en proyectos de innovación de casas inteligentes para brindar acceso a la tecnología a sus usuarios y contribuir al desarrollo del país, la propuesta está desarrollada mediante el uso de la **Metodología** de la investigación cuantitativa, documental, teórico, experimental, la construcción del marco teórico se basa en la revisión de documentos científicos, artículos e investigaciones académicas, casos de estudio y publicaciones, así como también, el análisis de proyectos y estudios sobre el IoT y sus tendencias en la adopción de estas tecnologías.

Para lograr los objetivos descritos anteriormente se planificó tres fases principales de acuerdo con un enfoque de investigación constructiva, siguiendo un proceso dinámico e interactivo entre las diferentes fases como se muestra en la gráfica 1.

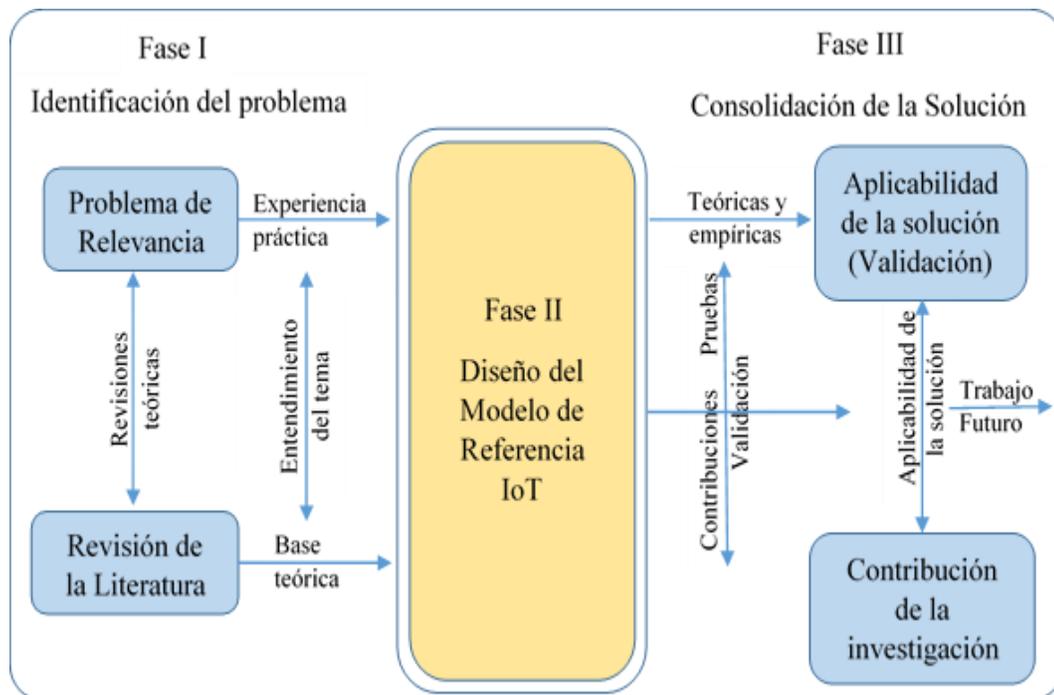


Gráfico 1. Metodología de investigación empleada en el desarrollo de la tesis

Fuente: Elaborado por el investigador

La investigación constructiva se utiliza para definir y resolver problemas prácticos, con la implicación general de contribuir al cuerpo de conocimiento existente [14].

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

1.1 Antecedentes.

La Revolución Industrial está asociado a los cambios en las condiciones tecnológicas de producción. A través de la historia se ha visto varios procesos de transformación donde el avance tecnológico ha impactado sustancialmente en las condiciones materiales y sociales de producción.

Es así como, la Primera Revolución Industrial es propiciada por la creación de la máquina a vapor, que tuvo sus primeras expresiones en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, la Segunda Revolución Industrial tuvo lugar cien años después y fue impulsada por la generación de energía eléctrica, la producción en masa y la introducción de la línea de montaje. La automatización de procesos industriales, gracias a los avances en la electrónica y la computación a inicia en los años setenta dan paso a la Tercera Revolución Industrial, actualmente nos encontramos en la Cuarta Revolución Industrial caracterizada por la informatización y digitalización de la producción, la generación, integración y análisis de grandes cantidad de datos a lo largo del proceso productivo y del ciclo de vida de los productos, facilitados fundamentalmente por Internet [1], como se presenta en el gráfico 2.

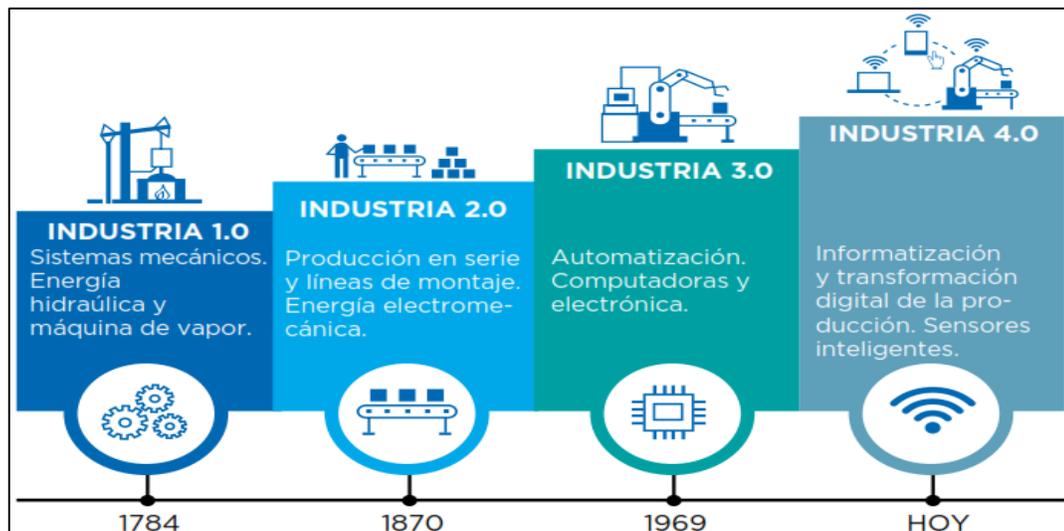


Gráfico 2. Evolución de las Revoluciones Industriales

Fuente. [1]

El término Industria 4.0 es un concepto que surgió en los últimos años debido a los avances tecnológicos en el sector industrial, el gobierno de Alemania apoyó la idea al anunciar que Industrie 4.0 sería una parte integral de su iniciativa "Estrategia de Alta Tecnología 2020 para Alemania", con el objetivo de liderar la innovación tecnológica, la Industria 4.0 se enfoca más en la digitalización e integración de extremo a extremo de los ecosistemas industriales digitales mediante la búsqueda de soluciones completamente integradas.

Hoy estamos en la Cuarta Revolución Industrial, en la que la producción y la conectividad de red se integran a través del Internet de las Cosas (IoT) y sistemas ciberfísicos (CPS). El IoT se refiere a la integración de las tecnologías de la información y comunicación en el entorno industrial, es capaz de ofrecer una conectividad entre objetos físicos, sistemas y servicios, lo que permite el intercambio de datos.

En este contexto, [15] realizaron un estudio bibliométrico sobre la evolución de la Industria 4.0, el mapeo científico presentó 31 grupos en los que los temas más representativos fueron los Sistemas Ciberfísicos, el Internet de las Cosas y el Big Data, resaltaron los esfuerzos de la comunidad científica por la unión entre la manufactura esbelta y la Industria 4.0. Por otra parte, [16] realizaron una revisión de literatura sobre

Industria 4.0 en seis etapas, categorizando cinco áreas principales: el concepto Industria 4.0, la interacción hombre-máquina, la interacción máquina-equipo, las tecnologías clave y la sostenibilidad, también obtuvieron ocho principios de diseño: la interoperabilidad, virtualización, respuesta en tiempo real, descentralización, modularidad y orientación a servicios. Así mismo, [17] realizaron un análisis conceptual de artículos sobre Industria 4.0 y obtuvieron un diagrama estratégico fundamentado en siete áreas: CPS, Computación en la Nube, Redes Inteligentes, Innovación, ADN de decisión, redes de sensores inalámbricos y cadena de suministro, de la misma forma, [18] presentaron un estado actual de Industria 4.0 y listaron como principales pilares tecnológicos a los CPS, el IoT, la Computación en la Nube y la integración industrial y empresarial, también definieron como retos actuales, la estandarización, la escalabilidad y las nuevas técnicas de análisis de datos.

Como se observar, existen pocos trabajos en la literatura que realicen un análisis explícito, sobre los principios de diseño para Industria 4.0, la mayoría de las investigaciones están enfocadas en conceptualizar el termino Industria 4.0 y destacar las tecnológicas que le dan soporte, pero dejan de lado los principios para las fases de diseño e implementación y desarrollo.

1.2 Fundamentación epistemológica.

1.2.1 Industria 4.0

La Industria 4.0 o cuarta revolución industrial es actualmente la principal prioridad para muchas empresas, centros de investigación y universidades, no existe una definición específica, sino que es un conjunto de tecnologías interdisciplinarias, con diferentes niveles de madurez y disponibilidad en el mercado, que facilitan la digitalización, automatización e integración de los procesos.

Por lo que, la Industria 4.0 consiste en una integración generalizada, donde cada elemento de fabricación intercambia información de manera autónoma, desencadena acciones y se controla a sí mismo de manera independiente [19]. Además, es un complejo sistema tecnológico formado principalmente por la conectividad, la

integración y la digitalización de la producción, destacando las oportunidades de integrar todos los elementos (personas, objetos y sistemas) en un sistema con valor agregado, dinámico, autónomo y de funcionamiento en tiempo real [20].

En definitiva, la Cuarta Revolución Industrial es la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad. Si bien muchas de las tecnologías que hoy convergen, ya existían, aunque de forma básica y sin la robustez que hoy aportan, la diferencia con respecto al pasado se basa en la forma en que se combinan para generar disrupciones significativas.

1.2.1.1 Pilares tecnológicos de la Industria 4.0

Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 y en concordancia con [1] [15], [17], [18], se destacan a continuación, igual que se muestra en el gráfico 3.

- **Sistemas de integración**

Integran las tecnologías operacionales con las tecnologías de la información y la comunicación. Conectan máquinas con máquinas (M2M), máquinas con productos, e integran las distintas áreas de la unidad productiva, impactando sobre la gestión interna de la empresa, además permiten mediante plataformas digitales, la conexión entre la empresa y otros actores como proveedores, logística y transporte, llegando hasta el cliente.

- **Máquinas y sistemas autónomos (robots)**

Máquinas inteligentes que automatizan tareas que antes estaban realizadas únicamente por humanos, la tendencia es avanzar sobre la automatización de los procesos productivos, la incorporación de sensores y actuadores, la comunicación de las interfaces. Busca aumentar la robótica colaborativa para conseguir fábricas inteligentes, donde todas las áreas de la empresa puedan trabajar en forma conectada y con alto nivel de automatización en las tareas.

- **Internet de las Cosas (IoT)**

Permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno [21]. Utiliza sensores y actuadores que, en combinación con el análisis de big data y de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes. IoT es una tecnología clave para la fabricación de productos inteligentes (incorporando servicios sobre los productos), que mediante una conexión a internet, reportan al dueño o fabricante información precisa y en tiempo real.

- **Manufactura aditiva**

Permite fabricar piezas a partir de un modelo virtual, utilizando distintos materiales, tomando como referencia un diseño previo. La impresión 3D ofrece grandes ventajas para producir objetos cuya fabricación presenta cierta dificultad, ya sea por la complejidad de su diseño o porque consume demasiadas horas de trabajo, lo cual puede causar grandes pérdidas de productividad. Por lo tanto, la manufactura aditiva se utiliza para prototipar y producir componentes individuales muy específicos [22].

- **Big data**

Se refiere a grandes volúmenes de datos, accede, procesan y analizan, a la variedad de datos que pueden ser estructurados y no estructurados. Estos datos pueden ser obtenidos mediante reportes por máquinas y equipos, sensores, cámaras, micrófonos, software de producción, pueden provenir de diferentes fuentes, como empresas, proveedores, clientes y redes sociales [23]. Los datos se analizan mediante algoritmos avanzados que proveen de información clave para la toma de decisiones, en tiempo real, permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el acceso a nuevos mercados.

- **Computación en la nube**

Ofrece almacenamiento, acceso y uso de servicios informáticos en línea, ofreciendo alta disponibilidad, según el servicio provisto se puede expresar en tres niveles: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software

como servicio. Esta tecnología permite acceder a los recursos informáticos de manera flexible, con un bajo esfuerzo administrativo y desde distintos dispositivos, ofreciendo agilidad, interoperabilidad y escalabilidad. Varias de las aplicaciones que requerían de la instalación de un programa en un servidor alojado en las empresas, ahora son ejecutadas de forma remota.

- **Simulación de entornos virtuales**

Permite representar virtualmente el funcionamiento de máquinas, procesos en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado. Es decir, permite reducir los costos asociados a procesos de aprendizaje mediante una representación virtual para el diseño de nuevos productos, o bien probar distintas configuraciones en las operaciones hasta lograr una “configuración virtual óptima” que será luego plasmada en la línea física de producción, las experiencias obtenidas en el mundo real servirán para mejorar el entorno virtual, generando una suerte de colaboración entre la planta física y su representación virtual [24].

- **Inteligencia Artificial**

Son algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos a una velocidad inusual, logrando además aprendizaje automático. Los algoritmos se nutren de datos y experiencias recientes y se van perfeccionando, habilitando a la máquina con capacidades cognitivas propias de los seres humanos como visión, lenguaje, comprensión, planificación y decisión en base a los nuevos datos, permite el desarrollo de modelos neuronales aplicados a procesar imágenes reforzando la seguridad y el control de calidad [1].

- **Ciberseguridad**

Para que todas las demás tecnologías logren una adecuada penetración en esta fase de digitalización es fundamental la ciberseguridad. La evolución hacia una industria inteligente y la integración creciente de los actores de las cadenas de valor a través de internet, la computación en la nube y las plataformas digitales,

obliga a desarrollar mecanismos de la ciberseguridad. En la medida en que sean más los dispositivos, máquinas y personas conectadas, se valorará la oferta de herramientas preventivas que permitan detectar, anticipar y neutralizar amenazas sobre los sistemas de información [24].

- **Realidad aumentada**

Permite integrar el entorno real con objetos digitales, se trata de sistemas que combinan la simulación, el modelado y la virtualización permitiendo nuevas fórmulas para el diseño de productos y la organización de los procesos, otorgando flexibilidad y rapidez [25].

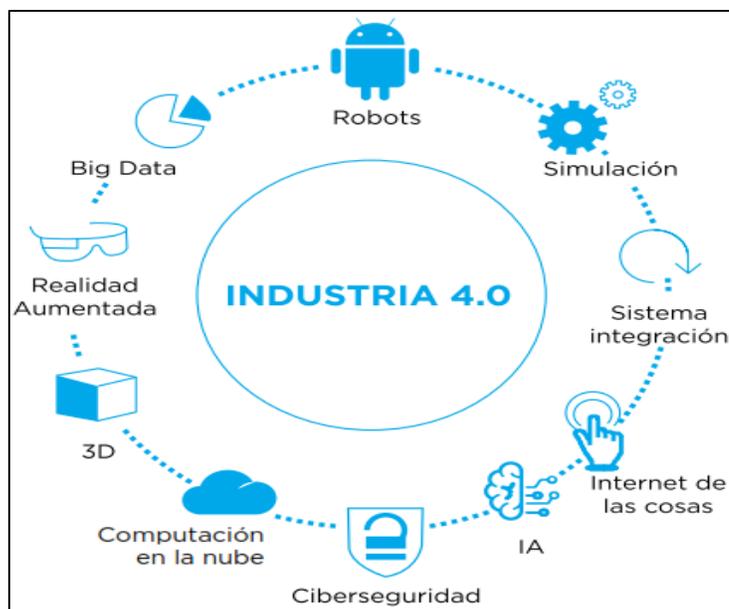


Gráfico 3. Pilares Tecnológicos de la Industria 4.0

Fuente. [1]

Estas tecnologías se completa con otras: sensores inteligentes, controladores, plataformas, sistemas de localización, sistemas de autoidentificación y blockchain, estos son algunos de los muchos ejemplos que emergen por la convergencia de los pilares tecnológicos aquí mencionados y juegan un rol relevante en la amplificación de la matriz tecnológica actual.

1.2.2 Internet de las Cosas

El Internet de las Cosas (Internet of things, en adelante IoT) es considerado como una verdadera revolución en el mundo tecnológico, especialmente en las comunicaciones, según [26] se trata de una red inteligente que permite el intercambio de información y comunicación entre dispositivos inteligentes, por otra parte [27] define a IoT como una potente plataforma capaz de conectar dispositivos para monitorear aspectos de la vida cotidiana. Aunque parezca nuevo el concepto lo lanzó por primera vez Kevin Ashton un investigador de la MIT en el año 1999 [5], [6], [28]. Básicamente, se trata de que todas las cosas del mundo estén conectadas a Internet, todo está impulsado por los avances en las tecnologías de la información y comunicación.

Se denomina IoT a la interconexión de cualquier cosa o dispositivo cotidiano mediante un protocolo estándar a internet, el cual pueda ser controlado o monitoreado de forma remota desde cualquier lado, permitiendo de esta manera que las “cosas” puedan estar conectadas intercambiando datos sin intervención humana [29].

En la actualidad se aplica Internet de las Cosas en áreas de salud, construcciones, tráfico vehicular, agricultura, educación, visión artificial, conservación del ambiente, meteorología, etc. [30], mediante dispositivos y sensores que proveen algún tipo de información, ya sea para monitoreo o control, la capacidad de reunir y analizar este volumen de datos hace que el IoT aporte beneficios considerables a las personas, empresas y a la sociedad .

1.2.2.1 Evolución del IoT

El IoT es más que una revolución tecnológica, encaminado por los avances de las tecnologías de la información y comunicación y el giro que ha dado la comunicación de humano a humano para dar paso a la comunicación máquina a máquina, esto ha transformado en una revolución con impactos directos en la vida de las personas, los negocios y el comercio.

Si bien, como se mencionó anteriormente, el término IoT fue propuesto por primera vez en el año de 1999 por Kevin Asthon, realmente surge entre los años 2008 y 2009, como muestra el gráfico 4, con un punto en el tiempo donde se conectaron a Internet más objetos o cosas que personas [31].

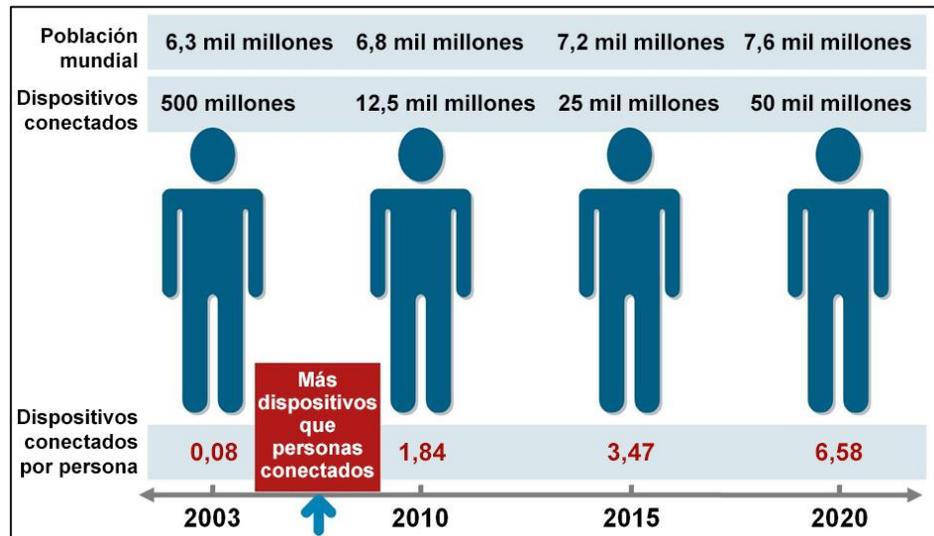


Gráfico 4. Nacimiento del IoT

Fuente. [31]

El IoT se puede remontar a cuando se realizaba investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red RFID, que permitía identificar y conectar los objetos por medio de ondas de radio. Sin embargo, con el pasar de los años, aparecen nuevas tecnologías que apoyan la evolución del ToT como sensores y hardware abierto.

El IoT actualmente está compuesta por una colección dispersa de diferentes redes y con distintos fines, como se muestra en el gráfico 5. A medida que el IoT evoluciona, estas redes estarán conectadas con la incorporación de capacidades de seguridad, análisis y administración, esto permitirá que IoT sea una herramienta aún más poderosa.

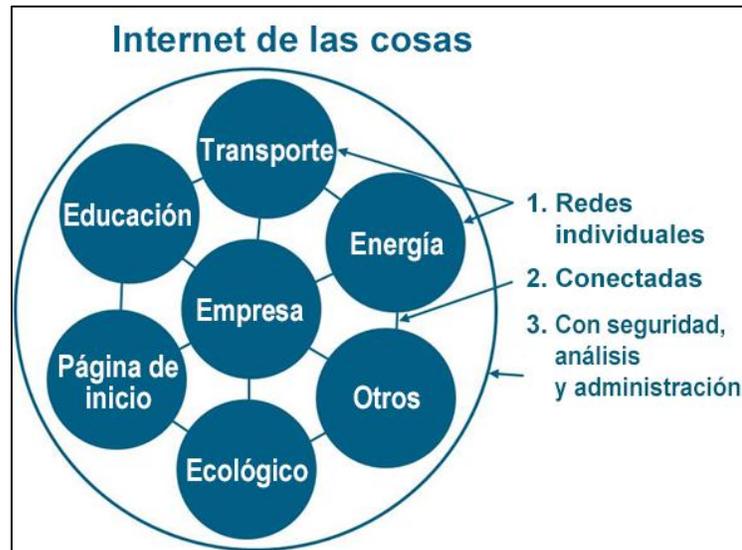


Gráfico 5. IoT visto modo red de redes

Fuente. [31]

1.2.2.2 Arquitectura Básica del Internet de las Cosas.

Para comprender un poco más la distribución de los distintos niveles de los que se compone el modelo de IoT, tomaremos como referencia el modelo planteado por la recomendación ITU-T Y.2060 [32] que establece 4 capas principales, sobre las cuales se desarrollan las distintas capacidades de gestión y seguridad relacionadas con ellas, como muestra el gráfico 6.

Las cuatro etapas son las siguientes: Capa de aplicación, Capa de apoyo a servicios y aplicaciones, Capa de red y Capa de dispositivo.

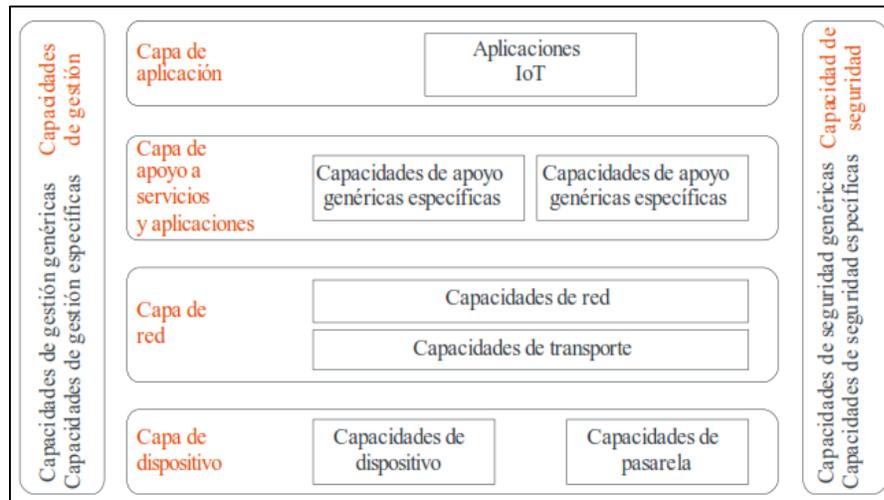


Gráfico 6. Modelo de referencia de IoT

Fuente. [32]

Capa de aplicación: En esta capa se contempla todas las aplicaciones utilizadas por el usuario, ya sea de uso doméstico como industrial, que brindan valor agregado optimizando recursos y tiempo de procesado.

Capa de apoyo a servicios y aplicaciones: En esta capa encontramos 2 tipos de capacidades, por un lado, están las capacidades de soporte genéricas, que son aquellas que corresponden al procesamiento y almacenamiento de datos, y son capacidades que puede utilizar las diferentes aplicaciones IoT. Por otro lado, están aquellas capacidades específicas que ofrecen apoyo para atender las necesidades particulares de las distintas aplicaciones.

Capa de Red: Consiste en 2 tipos de capacidades: la capacidad de red, se encarga ofrecen funciones de control de la conectividad en red, como funciones de control de acceso y de recursos de transporte, gestión de la movilidad, autenticación y autorización, y capacidad de transporte, esta capacidad provee de conectividad para la transmisión de información y datos específicos de aplicaciones y servicios, así como el transporte de información de control y gestión de IoT.

Capa de dispositivo: En la capa de dispositivo, tenemos, capacidades de dispositivo, es la interacción directa con la red de comunicaciones: Los dispositivos pueden recabar

y cargar información directamente en la red de comunicación. También los dispositivos pueden recabar y cargar información indirectamente en la red de comunicación, es decir, mediante capacidades de pasarela. En la capa de dispositivo también encontramos las capacidades de pasarela, estas permiten soportar dispositivos mediante diferentes tipos de tecnologías alámbricas e inalámbricas, tales como Bluetooth o Wi-Fi, y hacia la red pueden comunicarse a través de diversas tecnologías, tales como 2G, 3G, LTE, Ethernet, brindando capacidad de conversión en casos de utilizar distintos protocolos de comunicación entre el dispositivo y el Gateway como entre el Gateway y la capa de Red.

Capacidades de gestión: Las capacidades de gestión engloban la gestión de fallos, de la configuración, del rendimiento y de la seguridad, con funciones como la activación, desactivación de dispositivos remotos, diagnóstico y actualización de software, la detección de las condiciones de saturación de red y la aplicación de reserva de recursos para los flujos de datos.

Capacidades de seguridad: Las capacidades de seguridad son independientes de la aplicación, y tanto para las capas de dispositivos, red y aplicación abarcan, puntos principales como, la autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos.

1.2.2.3 Dominios de aplicación de IoT.

Una aproximación de los dominios aplicativos de la IoT descritos en el libro del CERP-IoT y recogido por [33], detalla que al tener que conectar todas las cosas existentes en muchos entornos, además agregando valor y ampliando capacidades, con ayuda de tecnologías de vanguardia su capacidad de penetración se extiende a cualquier ámbito en consecuencia define los principales dominios de aplicación que podemos ver en el gráfico 7.

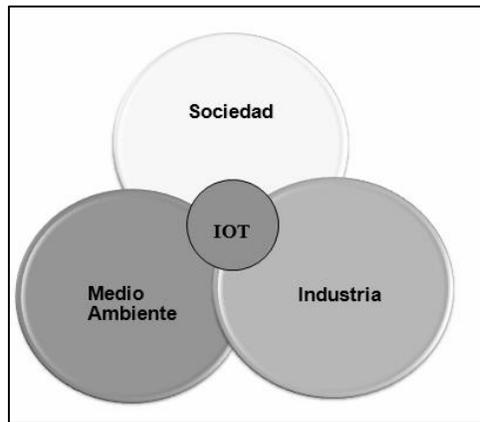


Gráfico 7. Dominios de aplicación de IoT

Fuente. [33]

Los dominios de IoT están relacionados ya que las aplicaciones de cada dominio no están completamente aisladas, como por ejemplo el control de la cadena alimentaria no solo tienen que ver con la propia industria, sino que además tiene implicaciones sociales que debe ser tomadas en cuenta, aunque los dominios tienen diferentes objetivos o metas, no tienen requisitos significativamente diferentes con respecto a la IoT y a las aplicaciones que serían desplegadas en una plataforma o en un sistema.

1.2.2.4 Campos de aplicación de IoT

El IoT abre la puerta a muchas y diversas aplicaciones abarcando prácticamente todos los ámbitos de la sociedad en su conjunto, en áreas como de salud, construcciones, tráfico vehicular, agricultura, educación, conservación del ambiente, entre otras, como se muestra en la gráfica 8, y por ende quiere estar presente en todos los ámbitos de nuestra vida, con fines similares como la mejora de nuestra vida diaria. En la literatura actual se encuentran muchos ejemplos de los diferentes tipos de aplicaciones, cada uno con su propio nombre y enfoque, que coincide en el uso y/o finalidad: crear un mundo más inteligente, fácil y habitable.



Gráfico 8. Campos de aplicación de IoT

Fuente. [34]

1.2.2.4.1 Smart Homes

Las Smart Homes, también conocidas como Casas inteligentes en español, son las redes IoT más cercanas a nosotros. El propósito es mejorar la habitabilidad de las casas, mediante la creación de ciertas automatizaciones y permitiendo controlar casi toda la casa desde casi cualquier dispositivo, como puede ser un Smartphone [5]. De esta forma, esta habitabilidad mejora nuestra vida diaria por la posibilidad de crear eventos automáticos para ciertas condiciones.

1.2.2.4.2 Smart Cities

Una Smart City es una ciudad que ofrece a los ciudadanos nuevos y diferentes servicios, para mejorar la habitabilidad de la ciudad. Lo que buscan las Smart Cities es facilitar la vida diaria de los ciudadanos mediante la conexión de sensores y actuadores para proveer estos servicios, automatizar tareas repetitivas y crear una ciudad inteligente que pueda tomar decisiones u proveer información dependiendo del contexto o usuario.

El propósito final es crear un mejor uso de los recursos públicos, incrementar y mejorar los servicios ofrecidos a los ciudadanos y reducir el coste del gobierno, mediante la optimización de servicios públicos como las luces, el transporte público, la vigilancia, el mantenimiento de áreas públicas, la gestión de la basura, la calidad del aire, la monitorización del ruido, la congestión del tráfico, el consumo de energía de la ciudad [35], una ciudad inteligente es una ciudad innovadora que utiliza las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de las operaciones, los servicios urbanos y la competitividad, al tiempo que garantiza la satisfacción de sus usuarios.

1.2.2.4.3 Industrial Internet of Things

Para el desarrollo del IoT dentro de la industria se definió un nuevo concepto o terminología que se utiliza para diferenciarlos de los usos tradicionales y es el Internet de las Cosas Industrial (IIOT), se refiere a sensores, y otros dispositivos interconectados en red junto con las aplicaciones industriales para la automatización [36], que apuntan a la mejora de la eficiencia, mejoras en la producción, optimizar beneficios, automatizar procesos y ahorro de costes.

1.2.2.4.4 Salud

El IoT en la salud se propone a mejorar y aumentar la calidad de vida humana, tanto previniendo y monitoreando, el uso de la IoT podría reducir el costo de su tratamiento al eliminar hospitalizaciones innecesarias u otras visitas médicas. La información recolectada por los sensores estaría a disposición de los médicos, miembros de la familia y otras partes interesadas en Internet, para mejorar el tratamiento y la capacidad de respuesta. También, los dispositivos IoT pueden usarse para monitorear los medicamentos actuales del paciente y evaluar el riesgo de nuevos medicamentos en términos de reacciones alérgicas e interacciones adversas [37], al contar con más información sobre síntomas, los factores desencadenantes y uso de los medicamentos, los pacientes están mejor informados y comunicar esta información a los profesionales de la salud.

1.2.2.5 Objetos Inteligentes

Mediante la palabra objeto se hace referencia a cualquier dispositivo, sea inteligente o no. En la literatura y en la propia comprensión de los humanos se dice la palabra objeto, y a veces cosa, pues algunos autores las usan indistintamente, pues es muy ambigua, tanto por cómo se usa comúnmente como por su uso en los artículos, lo mismo sucede en inglés con *object* y *thing*.

En el marco de Internet de las Cosas, Objeto es cualquier dispositivo electrónico que pueda ser conectado a Internet y pueda, recoger datos, como puede ser un sensor, o ejecutar una acción que pueda ser realizada por un objeto, comúnmente llamado actuador. Los sensores son dispositivos que nos permiten capturar magnitudes físicas, como pueden ser la variación de luz, la temperatura, la detección de movimiento o cualquier otra alteración del entorno [5]. Es decir, son elementos físicos que nos permiten medir una determinada magnitud física o detectar algo del entorno que rodea.

Por otra parte, los actuadores, en el Internet de las Cosas, son dispositivos mecánicos que permiten realizar una acción sobre sí mismo u otro dispositivo, como puede ser en un smartphone el vibrar, enviar un mensaje o encender la luz de la cámara, o bien un diodo emisor de luz que puede encenderse y apagarse o la acción de moverse perteneciente a un robot, entre otras acciones que puedan disponer [5].

Así mismo, Un Smart Object, se define como un elemento físico, identificable, que interactúa con el entorno y otros objetos, y que puede actuar de manera inteligente según unas determinadas situaciones, mediante una conducta autónoma. Además, los Smart Objects poseen un sistema informático incrustado y frecuentemente poseen sensores o actuadores [38], esto les permite comunicarse con otros objetos, ser capaces de procesar su información, obtener datos del entorno o de realizar un evento, este tipo de objetos, en combinación con Internet de las Cosas, permiten conseguir que la red pase de solo transportar datos, a dotarla de inteligencia y acciones según los datos que recogen estos objetos y los servicios que estos permiten realizar [5].

1.2.2.6 Comunicaciones asociadas al IoT

Las necesidades en comunicación del IoT y en general de las redes inteligentes, son cada vez más exigentes, las aplicaciones de redes inteligentes en las empresas de servicios públicos se soportan en redes privadas y/o comerciales. Sin embargo, la masificación de estas tendencias exige mayor uso de las redes de comunicación, requiriendo mayor uso del espectro radioeléctrico para desarrollar soluciones costo-efectivos [39].

Existe varias alternativas de comunicación asociadas al IoT, algunas conocidas, como WiFi, Bluetooth, pero también existen opciones de red emergentes como Thread LoRaWAN, Sigfox, entre otras, el uso de las mismas depende de la aplicación, factores como el rango, los requisitos de datos, las demandas de seguridad y la autonomía determinarán la elección de una o alguna combinación de tecnologías. Algunas de las alternativas de comunicación se listan en la Tabla 3.

Tabla 3. Alternativas de comunicación en IoT

| Tipo | Estándar | Frecuencia | Rango | Velocidad de datos |
|------------------|--|-------------------------|----------------|---|
| Bluetooth | Bluetooth 4.2 Core Specification | 2.4GHz | 50-150m | 1Mbps (Smart/BLE) |
| Zigbee | ZigBee 3.0 basado en IEEE802.15.4 | 2.4GHz | 10-100m | 250 kbps |
| Z-Wave | Z-Wave Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959 | 900MHz (ISM) | 30 m | 9.6 / 40 / 100kbit / s |
| 6LowPAN | RFC6282 | Varios | N/A | N/A |
| Wifi | 802.11n | 2.4GHz y 5GHz | 50 m | 150-600 Mbps |
| Celular | GSM / GPRS / EDGE (2G), UMTS / HSPA (3G), LTE (4G), 5G | 900/1800/1900 / 2100MHz | 35 km – 200 km | 35-170kps (GPRS) 120-384 kbps (EDGE) -10Mbps (HSPA) 3-10 Mbps (LTE) |

Tabla 3. Alternativas de comunicación en IoT (Continuación)

| | | | | |
|----------------|---------|--------|----------------------------------|-------------|
| LoRaWAN | LoRaWAN | Varios | 2-5 km (Urbano) 15 km (Rural) | 0.3-50 kbps |
|----------------|---------|--------|----------------------------------|-------------|

Fuente: Elaborado por el investigador

1.2.3 Casas Inteligentes

El concepto de Casa inteligente es de poder darle inteligencia al hogar en favor del bienestar de quienes la habitan, brindando principalmente confort, seguridad y ahorro de energía, como se muestra en el gráfico 9, mediante la implementación por ejemplo de distintos sensores, humedad, temperatura, cerraduras inteligentes, persianas automáticas, cámaras, luces inteligentes, interruptores, son algunas de las funciones aplicadas al control y automatización inteligente del hogar, permitiendo poder ser controlados de forma remota, desde cualquier dispositivo como un ordenador, tablet o Smartphone conectado a internet [29], [13].



Gráfico 9. Aplicaciones de IoT en el Hogar

Fuente. [13]

El Internet de las Cosas desde la perspectiva de un hogar inteligente puede describirse como la conexión de objetos domésticos, sensores y actuadores electrónicos. Estos objetos y dispositivos están interconectados entre sí para desarrollar nuevas costumbres

y comprensión de la comunicación inalámbrica entre una persona y las cosas, y entre las cosas mismas [40], [41].

Algunas de las motivaciones para diseñar la casa inteligente son: mejorar la comodidad, el uso eficiente de la electricidad y la seguridad. Se prefiere la palabra 'hogar inteligente' para un entorno hogareño equipado con tecnología que permite el monitoreo y control, e impulsa una mayor calidad de vida a través de pronósticos de bienestar basados en la generación y detección de patrones de comportamiento [42].

1.2.3.1 Confort

Los electrodomésticos inteligentes proveen de grandes comodidades para sus usuarios, como por ejemplo, refrigeradores que informan la cantidad y estado de los productos almacenados, permiten ver los contenidos en el interior sin siquiera abrir las puertas, con el consecuente ahorro de energía que esto implica, y ofrecer ofertas especiales o recetas informando la cantidad de calorías que representa, entre otras características.

Las actividades que pueden automatizarse con el uso de tecnologías IoT incluyen tareas domésticas como limpieza, lavado, preparación y limpieza de alimentos. Según la estimación de ahorro de tiempo esta sería del 17 %, y podría tener un valor global de \$ 135 mil millones a \$ 200 mil millones por año en todo el mundo en 2025 [29]. Una encuesta realizada por MGI [43] a los consumidores, menciona que del 7% a 9% de los hogares de las economías avanzadas podrían optar por algunas de las tareas de automatización que brindan los dispositivos de IoT y que este porcentaje se reduce al 2% en las economías en desarrollo. Se prevé que el mercado global de hogares inteligentes alcance un valor de más de 53 mil millones de U\$S para 2022 [29].

1.2.3.2 Asistentes virtuales

Son agentes de software que permiten por medio de la voz acceder a diferentes actividades como realizar llamadas, activar recordatorios o simplemente hacerle una pregunta, son algunas de las capacidades con las que cuentan los asistentes virtuales.

Algunos de ellos tienen la funcionalidad de HUB, permitiendo de esta manera integrar otros dispositivos conectados en el hogar dando una visión de “hogar integrado”.

1.2.3.3 Gestión energética

Las distintas aplicaciones de administración de energías desarrolladas en IoT podrían tener un impacto económico de U\$S 50 mil millones a U\$S 110 mil millones en todo el mundo en 2025, mediante el ahorro de aire acondicionado, calefacción, el uso general de electricidad, el control de la intensidad de luminosidad [44].

1.2.3.4 Seguridad y monitoreo

Mediante dispositivos de alarma integrados IoT, estos permiten monitorear en tiempo real sobre lo que sucede en un domicilio, mediante el monitoreo se puede dar asistencia médica en caso de emergencia a personas con limitaciones, o bien ir en ayuda de alguna persona con dificultades en la movilidad [29].

1.3 Fundamentación del estado del arte.

En la actualidad, a nivel mundial se están construyendo edificios más automatizados, dicha automatización se convierte cada vez más como un servicio casi básico de toda edificación, esto gracias al avance de la tecnología que lanzan al mercado cada vez más dispositivos IoT, capaces de recopilar e intercambiar datos utilizando sensores, haciendo que nuestras casas sean cada vez más inteligentes.

1.3.1 Proyectos relacionados de IoT

Una casa inteligente es aún en gran medida un concepto o idea sobre cómo debería ser y que tendría que tener para poder ser considerada como tal, por lo que no puede decirse que exista actualmente casa cien por cien inteligente en el mundo, sino que se pueden encontrarse diferentes ejemplos de edificios que de una forma u otra presentan características que permiten definirlos como inteligentes.

A continuación, se describen algunos de estos edificios, localizados en diversas partes del mundo, que han utilizado las nuevas tecnologías y los métodos y materiales de construcción sostenibles para ponerlos a la vanguardia de la innovación.

Capital Tower, Singapur: Localizado en Singapur este edificio consta de un sistema central integrado que permite la gestión de diferentes aspectos del edificio como son el sistema de gestión de electricidad, los sistemas de seguridad, las alarmas anti-incendio, o sistemas como el control de persianas, la iluminación y el control de los ascensores [13].

Duke Energy Center, Charlotte: El edificio incorpora cortinas móviles que se orientan con la luz del sol para reflejar la mayor cantidad de luz posible en el interior de las casas, reduciendo la necesidad de encender luces, esto para reducir el consumo de energía, además posee sistemas con sensores de luz que permiten ajustar el nivel de luz en todo el edificio acorde con cómo varía la luz del día, y presenta sensores de presencia y movimiento para utilizar solo las luces que sean necesarias en cada parte del edificio [13].

Casa Cero, Utah: Consta de un sistema de control y de seguridad de última generación, con un panel de control táctil que incluye estadísticas energéticas en tiempo real, además cuenta con sensores en todas las puertas, ventanas y demás lugares de la casa, lo que permite que el sistema integrado de la casa pueda tomar decisiones por sí misma u ofrecer recomendaciones al inquilino [13].

1.3.2 Proyectos académicos de IoT en Ecuador

En el Ecuador, el término casa inteligente, no posee precedentes relevantes, no se posee documentación específica sobre este tipo de viviendas. Por tal razón el país actualmente no cuenta con un soporte técnico apropiado para desarrollar hogares inteligentes. No existe un modelo de referencia para la aplicación de IoT en el hogar, más bien se podrá notar ciertas tareas automatizadas, de forma independiente con el resto de actividades dentro del hogar, sin seguir una metodología o un modelo de referencia.

Al realizar búsquedas, tanto en el Google Académico, como en el Consorcio de Bibliotecas Universitarias del Ecuador, con el término modelo de referencia IoT para casas inteligentes, los resultados muy escasos, peor aún si utilizamos el término, casas inteligentes utilizando internet de las cosas, en el caso del Consorcio de Bibliotecas Universitarias del Ecuador no hay resultados. Por otro lado en el Google Académico nos muestra algunos estudios relacionados que se detalla a continuación.

En la tesis de pregrado de la Universidad de Guayaquil titulada “Hogar Inteligente Utilizando Internet de las Cosas”, en el año 2018 [45], en el cual realiza un prototipo de hogar inteligente para un tipo de vivienda en especial, en donde especifica todos los objetos utilizados, la plataforma, y tecnología utilizada, concluye que lo más importante del prototipo desarrollado es que proporciona una visión actual de la información y crea un escenario casi real de las cosas en ese momento, porque permite interactuar y experimentar con la herramienta de IoT. Así como recomienda definir los requerimientos básicos para hacer un hogar inteligente para de esa manera disfrutar del ambiente que nos brinda el hogar en sus diferente aspecto, como el confort.

Por otra parte, Diseño e Implementación de un Asistente Virtual para Control y Monitoreo de una Casa Inteligente [46], publicado por la Universidad del Azuay, los autores desarrollan un asistente virtual para el control domótico, en el cual detalla el lenguaje de programación utilizado y las acciones que realiza dicho asistente. Los resultados del asistente virtual es que puede interactuar con los distintos usuarios del hogar, permite manipular el hogar de manera remota. Una desventaja que detallan es al ser un sistema relativamente nuevo, en la aplicación pueden experimentar fallos en los sistemas, así como fallos en la comunicación.

Por último, otro trabajo relacionado y publicado en la Universidad Técnica de Machala, titulado, Diseño e Implementación de un Sistema Domótico basado en IoT [47], trata del diseño e implementación de un sistema domótico, que permita al usuario integrar dispositivos sin importar el fabricante, para así poder controlarlos y monitorearlos a través de la plataforma domótica Home Assistant, Los resultados obtenidos en este

trabajo mediante las pruebas realizadas cumplen con el objetivo de presentar al usuario una comunicación rápida y efectiva entre los dispositivos domóticos y el servidor.

Como se mencionó al inicio de este apartado, se puede evidenciar ciertas tareas automatizadas en el hogar, como por ejemplo, Diseño e implementación de un prototipo de seguridad para control domótico basado en IoT [48], que básicamente se enfoca solo en la seguridad del hogar. A su vez, el trabajo, Desarrollo de un Sistema IoT Para el Monitoreo del Consumo Eléctrico de los Dispositivos Electrónicos Domésticos de Mayor Consumo [49], en el cual desarrollar un sistema IoT prototipo capaz de medir el consumo eléctrico de varios electrodomésticos para recolectar datos de consumo, y mediante la información proporcionada tomar decisiones si los aparatos que más consumen energía son realmente necesarios para el hogar.

Mediante el análisis de los estudios antes descritos se puede evidenciar la realidad nacional concerniente a IoT y casas inteligentes, no se cuenta con ninguna normativa legal, modelo de referencia, que impulse el desarrollo de este tipo de innovaciones, así como la poca importancia sobre este tema, lo que genera que la bibliografía existente sea limitada y sobre todo que las empresas no brinden estos servicios.

1.4 Conclusiones Capítulo I

- La Cuarta Revolución Industrial es la etapa de la digitalización del sector manufacturero y está impulsada por el aumento de los volúmenes de datos, la potencia en los sistemas computacionales y la conectividad, se caracteriza por la integración de una gran variedad de tecnologías.
- Las posibles aplicaciones de IoT son numerosas y diversas, prácticamente en todos los ámbitos de la vida cotidiana, de las empresas y la sociedad en su conjunto. El IoT se presenta como un nuevo paradigma que parece predestinado a cambiar por completo el escenario socioeconómico. Estas nuevas tecnologías están permitiendo la obtención de mayores cantidades de información e incluso

la obtención de datos sobre elementos de los que antes ni siquiera se podía pensar que fuera posible o que se pudiera influir.

- El hogar inteligente está diseñada para brindar una mejor calidad de vida a sus ocupantes, mediante el ahorrarte tiempo, dinero y energía, por medio de la automatización, y que puede ser controlarlo todo desde un equipo móvil conectado a internet de forma local y remota, sin embargo al revisar la literatura no se encuentra un modelo de referencia que ayude al despliegue de forma ordenada y que contenga los elementos básicos necesarios para la implementación de estas tecnologías en el hogar.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1 Diagnóstico del problema

Mediante el análisis de los estudios descritos en el capítulo anterior se identificó la literatura relacionada con el IoT y el diseño de casas inteligentes, se identificó también limitantes respecto al tema en nuestro país, como, normativas legales, modelo de referencia, estándares, metodología de adopción de estas tecnologías, lo que limita un impulso en el desarrollo de este tipo de innovaciones.

En consecuencia, en la actualidad en el campo de la construcción se puede identificar el diseño de casas de forma convencional, sin la incorporación de tecnologías aplicadas al hogar, lo que podría generar mayor gasto económico, además. Con la implementación de IoT en hogares se puede mejorar factores como, la seguridad, comodidad y facilidad para quienes tengan necesidades especiales, niños pequeños o familiares de edad avanzada a quienes se les dificulta ciertas actividades cotidianas, con lo cual se mejora la calidad de vida de las personas. Siendo estas entre muchas otras ventajas más que se pueden obtener mediante la implementación de IoT en los hogares, se hace necesario el desarrollo de todas las herramientas que impulsen este tipo de innovación.

2.2 Métodos específicos de la investigación

2.2.1 Método de observación

Según [50] la observación es la forma más sistematizada y lógica para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer; es decir, es captar de la manera más objetiva posible, lo que ocurre en el mundo real, ya sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica. La observación al igual que otras técnicas de investigación requiere de un sujeto que investiga y un objeto a investigar, tener claros los objetivos que persigue.

Por otra parte [51] señala que, la observación es el procedimiento empírico elemental de la ciencia que tiene como objeto de estudio uno o varios hechos, objetos o fenómenos de la realidad actual.

En tal sentido, se ha considerado el método de la observación científica ya que cuenta con varias ventajas, las cuales hace posible la intención de información tal como se presenta, no influye en el comportamiento de los participantes, acepta material no estructurado, y se puede trabajar con grandes volúmenes de datos como lo describe [52], este método permitirá realizar conclusiones más acertada a partir de los datos observados y recopilados.

2.2.2 Método analítico-sintético

Este método se refiere a dos procesos, el análisis y la síntesis. El análisis es un procedimiento lógico que posibilita descomponer un todo en sus partes y cualidades, propiedades y componentes, permite estudiar el comportamiento de cada parte. La síntesis es la operación inversa, que establece la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad y debe contener solo aquello estrictamente necesario para comprender lo que se sintetiza [53].

Este método se le emplea con más frecuencia para la búsqueda y el procesamiento de la información, para resumir la búsqueda bibliográfica, facilitar el análisis y la

clasificación de las fuentes de información recopiladas, para analizar la documentación referente al tema de investigación, lo cual permitió la extracción de los elementos más importantes que se relacionan con el objeto de estudio [53].

El método analítico sintético tiene gran utilidad para el desarrollo de la tesis ya que permite la búsqueda y el procesamiento de la información, así como su análisis que posibilita descomponerla en busca de lo que es esencial del IoT, mientras que la síntesis lleva a generalizaciones que van contribuyendo a la solución planteada del modelo de referencia para la integración de IoT en el hogar.

2.2.3 Matriz de relación

Para el análisis de los modelos de referencia IoT que se encuentran en la literatura se utiliza una matriz de relaciones, la cual mediante filas y columnas permite priorizar, comparar alternativas, que pueden apoyar el proceso de construcción del modelo, mediante la obtención de datos, organización y sistematización de los mismos [54].

A continuación se detallan los principales modelos de referencia IoT.

- **Modelo IoTWF (Internet Of Things World Forum)**

El modelo IoTWF [55],[56], consta de siete capas, descrito en la tabla 4, los dispositivos envían y reciben datos interactuando con la red donde la data es transmitida, normalizada y filtrada usando Edge Computing antes de ser almacenada, es accesible por aplicaciones la cual procesa y provee a las personas para que pueda actuar y colaborar.

Tabla 4. Modelo IoTWF (Internet Of Things World Forum)

| Capa | Componentes | Descripción |
|--|----------------------------|---|
| Capa 1, Dispositivos físicos y controladores | Capacidades de dispositivo | Todos los dispositivos de diferentes tamaños lo cuales pueden enviar o recibir información. |

Tabla 4. Modelo IoTWF (Continuación)

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| Capa 2, Conectividad | Capacidades de red Capacidades de transporte | Es la encargada de transmitir los datos en el medio deseado, swicth, router, comunicación con la capa 1. |
| Capa 3, Edge Computing | Análisis y transformación | Transformar los datos antes de su disposición final de almacenamiento. |
| Capa 4, Almacenamiento de Datos | Base de datos | Almacenar toda la información generada. |
| Capa 5, Abstracción de datos | Agregación y acceso | Darles forma a los datos generados |
| Capa 6, Aplicación | Aplicaciones IoT | Aplicaciones para análisis de datos, reportes y monitoreo. |
| Capa 7, Procesos y Colaboración | Procesos de negocio | Son los procesos de negocio, es decir, la interacción que se da con entre IoT personas y negocios. |
| Capas Transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | Varios mecanismos de seguridad |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo de referencia Intel IoT**

La arquitectura de IoT de Intel [57] es de seis capas en las cuales tiene una transversal de seguridad ligado a cada capa. Como se detalla en la tabla 5, esta arquitectura se centra en que se garantice la seguridad e integración de objetos inteligentes de forma sencilla, haciendo uso de hardware y software en la nube que brindan seguridad.

Tabla 5. Modelo de referencia Intel IoT

| Capa | Componentes | Descripción |
|----------------------------|---|--|
| Capa 1, Comunicaciones | Capacidades de dispositivo Capacidades de red Capacidades de transporte | Múltiples protocolos entre diferentes tipos de dispositivos, conectados mediante una red PAN/LAN o WAN |
| Capa 2, Datos con análisis | Egde Computing | Esta capa se enfoca a usar Egde Computing para el control de los datos |
| Capa 3, Gestión | Capacidades de gestión | Separado de la gestión se tiene el control del acceso a los dispositivos y políticas de seguridad |
| Capa 4, Control | Capacidades de seguridad | Control del acceso a los dispositivos y políticas de seguridad |
| Capa 5, Aplicación | Aplicaciones IoT | Provee el servicio requerido por el usuario |
| Capa 6, Negocios | Procesos de negocio | Modelos de negocio que hagan posible la implementación y mantenimiento de la tecnología |
| Capas Transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | Protección robusta de principio a fin en cada capa, usando diferentes formas de seguridad dependiendo de la capa que se esté protegiendo |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo de referencia IoT Simple**

Este es un modelo de cinco capas, al igual que en IoT Intel la seguridad es transversal, con un enfoque físico y lógico en el cual integran varios mecanismos de seguridad como autenticación, filtrado, encriptación y protección [58], tabla 6.

Tabla 6. Modelo de referencia IoT Simple

| Capa | Componentes | Descripción |
|---------------------------------|---|--|
| Capa 1, Sensor/Actuador | Capacidades de dispositivo | Dispositivos tipo sensor o actuadores |
| Capa 2, Pasarela | Capacidades de pasarela | Soporte a los dispositivos que no cuenten con conexiones TCP IP |
| Capa 3, Red | Capacidades de red Capacidades de transporte | Manejo de la red |
| Capa 4, Administración/Análisis | Capacidades de administración | Administración de los datos recolectados |
| Capa 5, Big Data / Data Center | Aplicaciones IoT | Capacidad de almacenamiento, procesamiento y presentación de información |
| Capas Transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | Varios mecanismos de seguridad |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo de referencia ITU**

El modelo propuesto por ITU [32],[59], es un modelo de cuatro capas donde tiene dos capacidades transversales para la gestión y seguridad, tabla 7.

Tabla 7. Modelo de referencia ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

| Capa | Componentes | Descripción |
|--|--|--|
| Capa 1, Dispositivos | Capacidades de dispositivo Capacidades de pasarela | Capacidades de dispositivo, interacción directa con la red de comunicaciones |
| Capa 2, Red | Capacidades de red Capacidades de transporte | Control de acceso y de recursos de red |
| Capa 3, Apoyo a servicios y aplicaciones | Capacidades de apoyo genéricas específicas | Procesamiento y almacenamiento de datos, apoyo para atender las necesidades particulares de las distintas aplicaciones |
| Capa 4, Aplicación | Aplicaciones IoT | Aplicaciones utilizadas por el usuario, ya sea de uso doméstico como industrial |
| Capas transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad genéricas Capacidades de seguridad específicos | Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |
| Gestión | Capacidades de gestión genéricas Capacidades de gestión específicas | Gestión de dispositivos, gestión de la topología de red |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo de Barton, Salgueiro, & Hanes**

Este modelo no intenta ser un marco de trabajo para una arquitectura de IoT, sino que presenta los tres bloques principales en los cuales se fundamenta la mayoría de los ecosistemas IoT [58], tabla 8.

Tabla 8. Modelo de Barton, Salgueiro, & Hanes

| Capa | Componentes | Descripción |
|----------------------------|---|---|
| Capa 1, Percepción | Capacidades de dispositivo | Se encuentran los dispositivos físicos de IoT, sensores, actuadores |
| Capa 2, Red | Capacidades de red Capacidades de transporte | Es responsable de conectarse a otros dispositivos físicos, dispositivos de red y servidores |
| Capa 3, Aplicación | Aplicaciones IoT | Capa de negocio donde se procesan y se usan aplicaciones para la toma de decisiones |
| Capas transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo de referencia de IoT de IBM**

La arquitectura de IBM [60], al igual que el anterior, es un modelo de tres niveles donde se integran otras capas transversales como la gestión de identidades o seguridad de los datos, este modelo incluye la interacción con el usuario por medio de dispositivos móviles. En la tabla 9, se visualizan estas capas base, es un enfoque comercial para el uso de sus propios productos

Tabla 9. Modelo de referencia de IoT de IBM

| Capa | Componentes | Descripción |
|----------------------|---|----------------------------------|
| Capa 1, Dispositivos | Capacidades de dispositivo Capacidades de pasarela | Diferentes dispositivos/sensores |

Tabla 10. Modelo de referencia de IoT de IBM (Continuación)

| | | |
|----------------------------|---------------------------|--|
| Capa 2, Edge | Análisis y transformación | Filtrada la información pre-procesamiento |
| Capa 3, Cloud | Aplicaciones IoT | La información que se integra en la nube y modelo de negocio |
| Capas transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |
| Gestión | Capacidades de gestión | Gestión de dispositivos, gestión de la topología de red |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Azure IoT Arquitectura de Referencia**

La arquitectura de referencia Microsoft Azure IoT [61],[62] está basado como una solución para ser usado con Microsoft Azure, el cual se ve como un flujo de datos de tres capas, donde la meta de la arquitectura es tomar acciones de acuerdo con los datos que se han recopilado, se presenta en la tabla 10.

Tabla 11. Azure IoT Arquitectura de Referencia

| Capa | Componentes | Descripción |
|----------------------|---|---|
| Capa 1, Dispositivos | Capacidades de dispositivo | Identificación de dispositivos, recopilación de datos del entorno por parte de los dispositivos |
| Capa 2, Red | Capacidades de red Capacidades de pasarela | Transmitir y procesar los datos de los sensores |
| Capa 3, Aplicaciones | Aplicaciones IoT | Aplicaciones y servicios del usuario |

Tabla 12. Azure IoT Arquitectura de Referencia (Continuación)

| Capas transversales | | |
|----------------------------|--------------------------|---|
| Seguridad | Capacidades de seguridad | de Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |

Fuente: Elaborado por el investigador

- **Modelo IEEE**

El modelo IEEE está considerando como un modelo de tres de capas con la idea de que este framework sea usado por stakeholders y el mercado actual, como un modelo de negocio, proveyendo de seguridad, privacidad y a su vez que posea interoperabilidad y compatible con otros sistemas [63],[58], tabla 11.

Tabla 13. Modelo IoT IEEE

| Capa | Componentes | Descripción |
|----------------------------|---|--|
| Capa 1, Percepción | Capacidades de dispositivo | Representa a los dispositivos físicos de IoT (sensores y actuadores) |
| Capa 2, Red | Capacidades de red Capacidades de pasarela | Responsable de conectarse a otros dispositivos físicos, dispositivos de red y servidores |
| Capa 3, Aplicación | Aplicaciones IoT | Permite compartir datos con otras aplicaciones, servicios, sistemas y plataformas |
| Capas transversales | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | de Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |

Fuente: Elaborado por el investigador

Se han analizado ocho modelos de referencia de IoT, de los cuales, tres modelos son genéricos (Modelo ITU, Modelo IEEE, Modelo de Barton, Salgueiro, & Hanes) y los

otros corresponden a la oferta de IoT como un servicio (Modelo IoTWF, Intel IoT Platform Reference Architecture, IoT Simple, Arquitectura de Referencia de IoT de IBM, Azure IoT Reference Architecture), donde especifican que algunos componentes pueden ser genéricos y otros de su propia marca, todos ofrecen una seguridad transversal inherente a la tecnología usada.

Después de haber analizado los modelos de referencia IoT, en la tabla 12 procedemos a describir algunas de sus características, como: número de capas, seguridad, almacenamiento.

Tabla 14. Comparación entre modelos de IoT

| Modelo | Numero de Capas | Seguridad Transversal | Cloud Propia | Productos propios. |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------|
| ITU | 4 | SI | NO | NO |
| IEEE | 3 | SI | NO | NO |
| Barton, Salgueiro, & Hanes | 3 | SI | NO | NO |
| IoTWF | 7 | SI | NO | PARTNER |
| Intel | 6 | SI | SI | SI |
| IoT Simple | 5 | SI | SI | SI |
| IBM | 3 | SI | SI | SI |
| Azure | 3 | SI | SI | SI |

Fuente: Elaborado por el investigador

Todos los modelos y/o arquitecturas garantizan las siguientes características: Seguridad, Interoperabilidad, Análisis de datos, Almacenamiento de información, Flexibilidad, Escalabilidad, Control de dispositivos.

En la tabla 13 se especifican atributos para evaluar los diferentes modelos de referencia de IoT, y en la tabla 14 se valida dichos atributos.

Tabla 15. Atributos de evaluación de modelos de referencia IoT

| Atributos | |
|-----------|--|
| 1 | Capa transversal de seguridad |
| 2 | Administrable |
| 3 | Interoperable |
| 4 | Heterogéneo |
| 5 | Independiente de un fabricante |
| 6 | Compatible con proveedores de plataforma |

Fuente: Elaborado por el investigador

Tabla 16. Validación de atributos

| Modelo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|----|----|---------|---------|---------|---------|
| ITU | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| IEEE | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| Barton, Salgueiro, & Hanes | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| IoTWF | SI | SI | SI | PARCIAL | PARCIAL | PARCIAL |
| Intel | SI | SI | PARCIAL | PARCIAL | NO | PARCIAL |
| IoT Simple | SI | SI | PARCIAL | PARCIAL | PARCIAL | PARCIAL |
| IBM | SI | SI | PARCIAL | PARCIAL | NO | PARCIAL |
| Azure | SI | SI | PARCIAL | PARCIAL | NO | PARCIAL |

Fuente: Elaborado por el investigador

Analizando los parámetros anteriores en la tabla 14 se puede observar que la condición independiente de plataforma deja por fuera a los modelos comerciales, es decir, que se

debe implementar una suite completa de algún fabricante, otro punto negativo es la compatibilidad con proveedores de plataforma.

2.2.4 Análisis comparativo de modelos IoT

En la tabla 15 encontramos el resultado del análisis y comparación de las capas y los componentes de los modelos de referencia IoT, concluyendo que todas contienen las cuatro capas básicas del ambiente IoT, que son, dispositivos, red, gestión de servicios y aplicaciones, y por supuesto todas proveen de seguridad, en algunos casos cambian de nombre en la capa, pero en concepto realizan la misma función.

Tabla 17. Resumen comparativo de los modelos de IoT

| Modelo | Capas | Modelo | Capas |
|-------------------|-------------------|--|----------------|
| ITU | Dispositivos | IEEE Barton, Salgueiro, & Hanes Azure | Percepción |
| | Red | | Red |
| | Apoyo a servicios | | Aplicación |
| | Aplicación | | Seguridad |
| IoTWF | Dispositivos | Intel | Dispositivos |
| | Conectividad | | Comunicaciones |
| | Aplicación | | Aplicación |
| | Seguridad | | Seguridad |
| IoT Simple | Sensor/Actuador | IBM | Dispositivos |
| | Pasarela | | Red |
| | Red | | Gestión |
| | Aplicación | | Seguridad |
| | Seguridad | | |

Fuente: Elaborado por el investigador

2.2.5 Metodología Top-Down

Para el diseño y validación del modelo de referencia se adaptó una metodología de diseño top-down (de arriba abajo), donde se plantea el problema globalmente, luego se divide en fases y finalmente se abordan los requerimientos particulares de los componentes [64], [65]. Así mismo, se caracteriza por hacer una descripción y definición de la funcionalidad general e ir especificando sus componentes, funciones y relaciones hasta obtener una versión más concreta, esto lo realiza mediante 5 fases que son: requerimientos, diseño físico y lógico, implementación y operación. De los elementos citados, para el diseño del modelo de referencia IoT para casas inteligentes se aplicará las siguientes fases:

Fase I: Análisis de Requerimientos

Esta fase se enfoca en el análisis de los modelos existentes basándose en: requerimientos, objetivos y limitaciones para el dominio de estudio.

Fase II: Diseño

Esta fase abarca el diseño del modelo de referencia IoT para casas inteligentes que se quiere implementar o mejorar, también se estipula las capas y componentes que debe contener el modelo. Se analiza y selecciona los protocolos de conmutación que los dispositivos van a utilizar para poder comunicarse, en esta fase también incluye la seguridad y gestión.

Fase III: Probar, Optimizar y Documentar

Se prueba el modelo mediante la implementación de un piloto y validación de criterio de expertos. Esto se lo hace con el fin de monitorear la validez del diseño, con la información obtenida se plantea conclusiones de la aplicabilidad del modelo para proponer estrategias de optimización, En esta fase también se desarrolla la documentación del diseño, esto implica la recopilación de toda la estructura del modelo.

2.3 Diseño experimental y/o método de criterio de experto para validar la propuesta

Para la creación del cuestionario se va a considerar los siguientes elementos:

Diseño del instrumento. Se define con precisión el campo de investigación, la forma que será recolectada la información, la elaboración del cuestionario, el cual va acompañado de una presentación que incluye el tema de investigación y las finalidades del cuestionario, las condiciones, términos, la garantía del anonimato, y las preguntas que el experto deberá contestar según su experiencia.

Validación del instrumento. En esta etapa se elige a los expertos en base a los conocimientos que posee sobre la investigación planteada, y experiencia que garanticen la confiabilidad de los resultados. Las opiniones de los expertos pueden ser recogidas por diferentes medios, así se obtiene una opinión real de cada uno, evitando que estas puedan ser falseadas.

Aplicación del instrumento. Una vez seleccionado los expertos con los que se realizaría el trabajo, se envía la encuesta, Anexo I, que según [66] es esencialmente una técnica de recolección de información mediante la utilización de cuestionarios para la captura de los mismos facilitando que los expertos pueden responder de una manera que pueda ser cuantificada a través de una tabla de Aspectos / Rangos de Valoración, generalmente los rangos de valoración son 5, es decir, No influye, Baja influencia , Media influencia , Alta influencia y Totalmente influyente, a los que asignamos valor numérico del 1 al 5 en el mismo orden.

Resultados: Finalmente, se captura y almacena los datos proporcionados por los expertos, los cuales serán cargados al sistema estadístico para su correspondiente tratamiento, mediante el cual se obtendrá la información más significativa para la construcción del modelo de referencia IoT para diseño de casas inteligentes.

2.3.1 Método de recolección de datos

Se administró una encuesta utilizando Formularios de Google durante más de tres meses, desde marzo hasta junio 2021. La encuesta fue dirigida a profesionales en carrera afines al tema de investigación, como se muestra en el Anexo II. Un total de 50 profesionales respondieron la encuesta. El objetivo de la encuesta fue conocer la perspectiva de los profesionales expertos, con respecto al diseño de modelos de referencia IoT (Internet de las cosas) para implementación de casas inteligentes. La encuesta constaba de 2 secciones. La sección 1 recogió información relacionada con las características de las personas encuestadas (6 preguntas). En la sección 2 contenía preguntas sobre la información de validación y verificación de los componentes que influyen en el modelo de referencia IoT para diseño de casas inteligentes (13 preguntas).

La encuesta estaba distribuida con preguntas elaboradas a través de la escala Likert, que son instrumentos psicométricos donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo, lo que se realiza a través de una escala ordenada y unidimensional de 5 puntos [67], el rango utilizado para la encuesta fue de 1 a 5, en donde 1 es considerado como el menor valor de la escala y 5 el máximo valor, los valores y su significado son: 1: no influyente, 2: baja influencia, 3: media influencia, 4: alta influencia y 5: totalmente influyente.

2.3.2 Analítica descriptiva de la población estudiada

La tabla 16 muestra un resumen de las características de los profesionales encuestados.

Tabla 18. Estadísticas descriptivas de la población estudiada

| Variable | Descripción | Valor | Porcentaje |
|-----------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Género | Masculino | 46 | 92% |
| | Femenino | 4 | 8% |

Tabla 19. Estadísticas descriptivas de la población estudiada (Continuación)

| | | | |
|--------------------|-------------------------|----|-----|
| Profesión | Ing. Electromecánico | 1 | 2% |
| | Ing. Electrónico | 8 | 16% |
| | Ing. Informática | 19 | 38% |
| | Ing. Sistemas | 16 | 32% |
| | Ing. Telecomunicaciones | 5 | 10% |
| | Magister en redes | 1 | 2% |
| Experiencia en IoT | Menor a 1 año | 5 | 10% |
| | Entre 1 y 2 años | 29 | 58% |
| | Entre 2 y 3 años | 6 | 12% |
| | Entre 3 y 4 años | 4 | 8% |
| | Mayor a 4 años | 6 | 12% |

Fuente: *Elaborado por el investigador*

Los resultados obtenidos de esta indagación permiten determinar diferencias significativas en los datos utilizados para el estudio. La población femenina es menor con un 8%, mientras que el género masculino tiene un 92%. Las edades de los encuestados están entre los 29 y 50 años, siendo el rango de 37 a 40 años el predominante con un 54%. Los profesionales que colaboraron con la encuesta son la mayor parte Ing. Informática y Sistemas con un 70% de la población, el área de trabajo de los encuestados son: Automatización, educación, ISP, redes, TIC, los cargos que desempeñan, entre otros son: Docentes, analistas de TI, CEO.

Por otra parte, el 58% de los encuestados tienen una experiencia en temas relacionados sobre IoT entre 1 y 2 años, el 12% tiene experiencia mayor a 4 años. Con respecto al nivel de influencia que tiene un modelo de referencia de IoT en el diseño de casas inteligentes los porcentajes son: Alta influencia 32% y Totalmente influyente el 68%, el resultado del instrumento aplicado se presenta en el Anexo III.

2.3.3 Análisis de fiabilidad de la encuesta

Mediante el estadístico Alfa de Cronbach, que es un índice utilizado para medir la fiabilidad [68], se procede a analizar el instrumento aplicado. Este proceso fue realizado con el objetivo de determinar la validez y precisión de las preguntas planteadas, los resultados del proceso realizado a través del software SPSS, que es una herramienta estadística de análisis de datos que cuenta con una amplia gama de funcionalidades para acceder, gestionar y representarlos fácilmente [69]. En la tabla 17 se presenta el resumen general del procesamiento de los datos y los casos válidos arrojados mediante la aplicación del software.

Tabla 20. Resumen del procesamiento de los casos

| | | N | % |
|-------|------------------------|----|-------|
| Casos | Válidos | 50 | 100,0 |
| | Excluidos ^a | 0 | ,0 |
| | Total | 50 | 100,0 |

Fuente: Elaborado por el investigador

Como se puede evidenciar en la tabla 18, el resultado obtenido mediante el estadístico Alfa de Cronbach corresponde 0,831, lo que indica que el instrumento utilizado presenta un alto grado de confiabilidad o fiabilidad de los datos.

Tabla 21. Estadístico de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,831 | 13 |

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3.4 Evaluación de los datos en la Escala Likert

Se elaboró un instrumento utilizando la escala de Likert, con preguntas cerradas, referidas a experiencia en temas de IoT, influencia de un modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes, así como las capas y componentes que influyen dentro del modelo; la intencionalidad de las preguntas planteadas fue valorar las

opciones y determinar qué factores influyen en el diseño del modelo de referencia IoT propuesto aplicando la siguiente escala de valoración, como se detalla en la tabla 19.

Tabla 22. Valores de la escala de likert

| Especificación | Valor |
|-----------------------|--------------|
| No influye | 1 |
| Baja influencia | 2 |
| Media influencia | 3 |
| Alta influencia | 4 |
| Totalmente influyente | 5 |

Fuente: Elaborado por el investigador

En la tabla 20 muestra los resultados de la escala Likert de la encuesta entregada a los profesionales sobre los componentes que influyen en el modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes. Utilizando el método de agrupación visual, se obtuvieron los puntos de corte de intervalo, lo que permitió el establecimiento de límites superiores para los rangos.

Tabla 23. Evaluación de la escala Likert

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------|-----------------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válidos | Alta influencia | 8 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| | Totalmente influyente | 42 | 84,0 | 84,0 | 100,0 |
| | Total | 50 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3.5 Codificación de las variables de análisis

Los componentes analizados para el proceso de investigación se presentan en la tabla 21, las cuales sirven como variables de ingreso al modelo de regresión lineal, estos componentes están enfocados para diseño del modelo de referencia de IoT y cuantificadas para medir la influencia de los mismos.

Tabla 24. Descripción de los componentes

| Cod | Descripción |
|------------|--|
| VD | Nivel de Influencia de un modelo de referencia de IoT en el diseño de casas inteligentes |
| V1 | Nivel de influencia de la Capa de Dispositivos en el diseño del modelo de referencia IoT |
| V2 | Nivel de influencia de la Capa de Red en la adopción de tecnologías para el hogar |
| V3 | Nivel de influencia de la Capa de Gestión de Servicio en el modelo de referencia |
| V4 | Nivel de influencia de la Capa de Aplicaciones |
| V5 | Nivel de influencia de la Capa de Seguridad transversal |
| V6 | Nivel de influencia de la Capa de Gestión transversal |
| V7 | Nivel de influencia de la Capa de Modelos de Negocio |
| V8 | Nivel de influencia de la Capa de Planificación |
| V1.1 | Nivel de influencia de la Capacidades de dispositivos |
| V1.2 | Nivel de influencia de la Capacidades de pasarela |
| V2.1 | Nivel de influencia de la Capacidades de red |
| V2.2 | Nivel de influencia de la Capacidades de transporte |

Fuente: Elaborado por el investigador

El coeficiente de correlación, mide el grado de relación o asociación existente generalmente entre dos variables aleatorias. Cabe recordar que el coeficiente fluctúa entre $-1 \leq \rho \leq 1$ [70], en la tabla 22 se muestra la correlación existente entre las variables independientes y la variable dependiente.

Tabla 25. Correlaciones

| Correlaciones | | VD |
|----------------------|------------------------|-----------|
| V1 | Correlación de Pearson | ,354* |
| | Sig. (bilateral) | 0,012 |
| V2 | Correlación de Pearson | ,406** |
| | Sig. (bilateral) | 0,003 |
| V3 | Correlación de Pearson | ,440** |
| | Sig. (bilateral) | ,001 |

Tabla 26. Correlaciones (Continuación)

| | | |
|--|------------------------|--------|
| V4 | Correlación de Pearson | ,354* |
| | Sig. (bilateral) | ,012 |
| V5 | Correlación de Pearson | ,457** |
| | Sig. (bilateral) | ,001 |
| V6 | Correlación de Pearson | ,493** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| V7 | Correlación de Pearson | ,614** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| V8 | Correlación de Pearson | ,529** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| V1.1 | Correlación de Pearson | ,493** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| V1.2 | Correlación de Pearson | ,440** |
| | Sig. (bilateral) | ,001 |
| V2.1 | Correlación de Pearson | ,502** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| V2.2 | Correlación de Pearson | ,721** |
| | Sig. (bilateral) | ,000 |
| *. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). | | |
| **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). | | |

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3.6 Método de Regresión lineal

La regresión lineal está dirigida a describir como es la relación entre dos variables X e Y, de tal manera que incluso se pueden hacer predicciones sobre los valores de la variable Y, a partir de los de X. Cuando la asociación entre ambas variables es fuerte, la regresión nos ofrece un modelo estadístico que puede alcanzar finalidades predictivas [71], [72]. La regresión supone que hay una variable fija, controlada por el

investigador (variable independiente o predictora), y otra que no está controlada (variable respuesta o dependiente).

La regresión lineal en su forma más sencilla se llama regresión lineal simple. Se trata de una técnica estadística que analiza la relación entre dos variables cuantitativas, tratando de verificar si dicha relación es lineal. Si se tiene dos variables hablamos de regresión simple, si hay más de dos variables regresión múltiple [73]. Su objetivo es explicar el comportamiento de una variable Y, que se denomina variable explicada (o dependiente o endógena), a partir de otra variable X, que se llama variable explicativa (o independiente o exógena) [74].

2.3.6.1 Resultados del modelo final

El supuesto de la linealidad implica que la relación entre las variables sea lineal [75]. Según [76] los diagramas de regresión parcial permiten formarse una idea rápida sobre la forma que adopta una relación. En el contexto del análisis de regresión, permiten examinar la relación existente entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes por separado, tras eliminar de ellas el efecto del resto de las variables independientes incluidas en el análisis, genera tantos gráficos parciales como variables independientes se hayan incluido en el análisis. En el gráfico 10 muestra los resultados de la relación que existe entre la variable dependiente con cada una de las independientes, se puede observar que son lineales en algunos casos positivas y otras negativas.

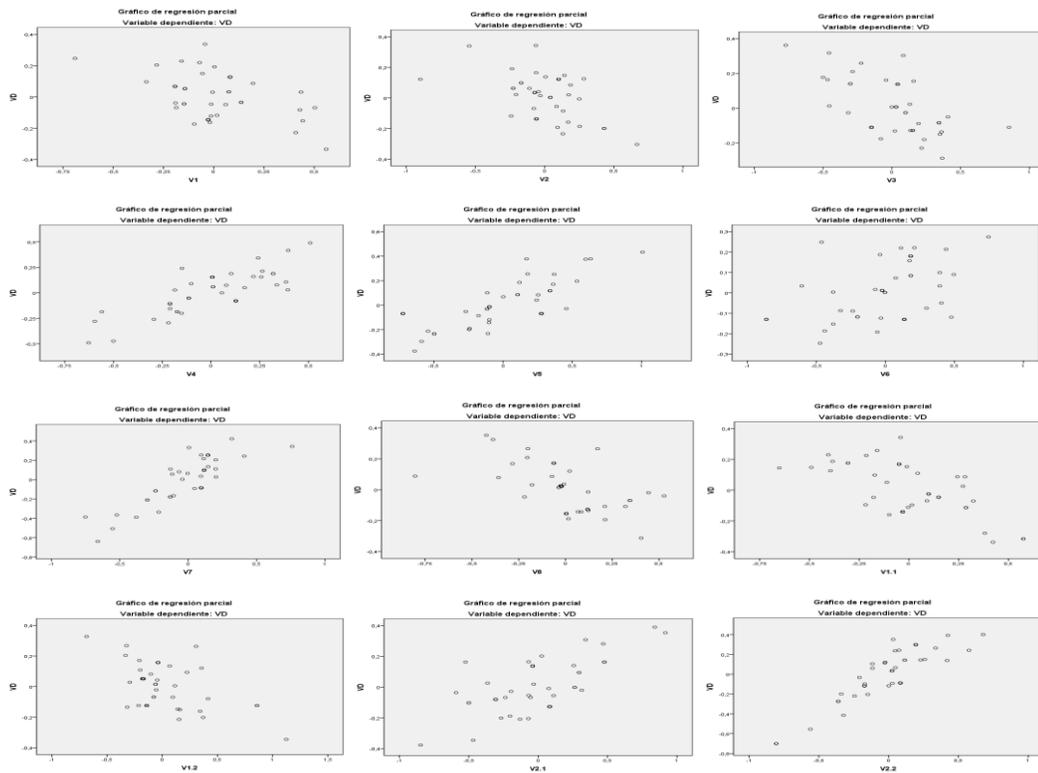


Gráfico 10. Relación entre la variable dependiente con las independientes

Fuente: Elaborado por el investigador

Una vez generado el modelo con las variables más significativas, utilizando el 95% de confianza de la técnica. Como resultado se obtiene para el modelo de regresión con las variables independientes planteadas explica el 93.1% de la varianza de la variable dependiente (R cuadrado: .931), esto quiere decir que el modelo es capaz de explicar la viabilidad observada en la influencia del modelo de referencia de IoT, como se puede observar en la tabla 23.

Tabla 27. Resultados del modelo de regresión lineal

| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación | Durbin-Watson |
|--------|------|------------|----------------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | ,965 | ,931 | ,908 | ,147 | 2,442 |

a. Variables predictoras: (Constante), V2.2, V4, V5, V2.1, V3, V7, V2, V1.2, V1, V6, V8, V1.1
b. Variable dependiente: VD

Fuente: Elaborado por el investigador

Por otra parte. El supuesto de la independencia de los errores implica que los errores en la medición de las variables explicativas sean independientes entre sí [75]. El puntaje de la prueba de Durbin-Watson indica que hay independencia de errores (2,442), tabla 23, lo que se presenta en la literatura muestra que si el valor está entre 1,5 y 2,5 aceptamos el supuesto.

Tabla 28. Resultados ANOVA^b

| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| 1 Regresión | 10,723 | 12 | ,894 | 41,504 | ,000 |
| Residual | ,797 | 37 | ,022 | | |
| Total | 11,520 | 49 | | | |

a. Variables predictoras: (Constante), V2.2, V4, V5, V2.1, V3, V7, V2, V1.2, V1, V6, V8, V1.1

b. Variable dependiente: VD

Fuente: Elaborado por el investigador

En la tabla 24, el Anova del modelo de regresión con las variables propuestas indica significativamente la predicción de la variable dependiente VD (F: 41.504; $p < .001$)

Las variables que aportan significativamente al modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes propuesto, se muestra en la tabla 25, donde los valores de significancia son menores a 0,05, con un nivel de confianza del 95%. Para los coeficientes del modelo de regresión las puntuaciones t indican que las variables tenidas en cuenta aportan significativamente al modelo de predicción (t: -2,896; -3,018; -3,925; 7,209; 5,908; 2,808; 9,006; -3,130; -4,860; -3,130; 5,179; 10,846; $p < .05$).

Tabla 29. Coeficientes^a

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | | | Estadísticos de colinealidad | |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|------------------------------|-------|
| | B | Error típ. | Beta | t | Sig. | Tolerancia | FIV |
| 1 (Constante) | -,103 | ,414 | | -,249 | ,805 | | |
| V1 | -,271 | ,093 | -,225 | -2,896 | ,006 | ,308 | 3,242 |
| V2 | -,267 | ,089 | -,231 | -3,018 | ,005 | ,320 | 3,126 |
| V3 | -,288 | ,073 | -,279 | -3,925 | ,000 | ,369 | 2,709 |
| V4 | ,581 | ,081 | ,484 | 7,209 | ,000 | ,414 | 2,413 |
| V5 | ,303 | ,051 | ,334 | 5,908 | ,000 | ,586 | 1,706 |
| V6 | ,168 | ,060 | ,190 | 2,808 | ,008 | ,408 | 2,452 |

Tabla 25. Coeficientes (Continuación)

| | | | | | | | |
|------|-------|------|-------|--------|------|------|-------|
| V7 | ,712 | ,079 | ,785 | 9,006 | ,000 | ,246 | 4,070 |
| V8 | -,358 | ,092 | -,362 | -3,893 | ,000 | ,216 | 4,634 |
| V1.1 | -,403 | ,083 | -,579 | -4,860 | ,000 | ,132 | 7,592 |
| V1.2 | -,206 | ,066 | -,238 | -3,130 | ,003 | ,324 | 3,088 |
| V2.1 | ,312 | ,060 | ,326 | 5,179 | ,000 | ,472 | 2,120 |
| V2.2 | ,766 | ,073 | ,963 | 10,486 | ,000 | ,222 | 4,509 |

a. Variable dependiente: VD

Fuente: Elaborado por el investigador

En cuanto al supuesto de no colinealidad, implica que las variables independientes no estén correlacionadas entre ellas. Existe multicolinealidad entre las variables explicativas cuando existe algún tipo de dependencia lineal entre ellas, o lo que es lo mismo, si existe una fuerte correlación entre las mismas [75].

Para que no haya multicolinealidad la tolerancia debe ser alta: Una tolerancia menor de 0,10 diagnostica graves problemas de colinealidad. Por otra parte, el FIV es un indicador recíproco de la tolerancia. Cuanto menor sea este valor, menor será la multicolinealidad. Se estima que un valor FIV mayor de 10 diagnostica graves problemas de colinealidad [75].

Para este modelo de referencia, la tabla 25 verifica el supuesto de no colinealidad entre las variables, como puede apreciarse en la columna de tolerancia, esta es $> 0,10$ en todos los casos. En la columna FIV los valores son < 10 en todos los casos (valores entre 7,592 y 1,706).

A continuación, se presenta el cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad, el cual implica que los errores tengan varianza constante, y de normalidad, que implica que las variables siguen la ley normal [75], fueron ejecutando en el SPSS, demostrando así que el modelo es válido, como se muestra en el gráfico 11.

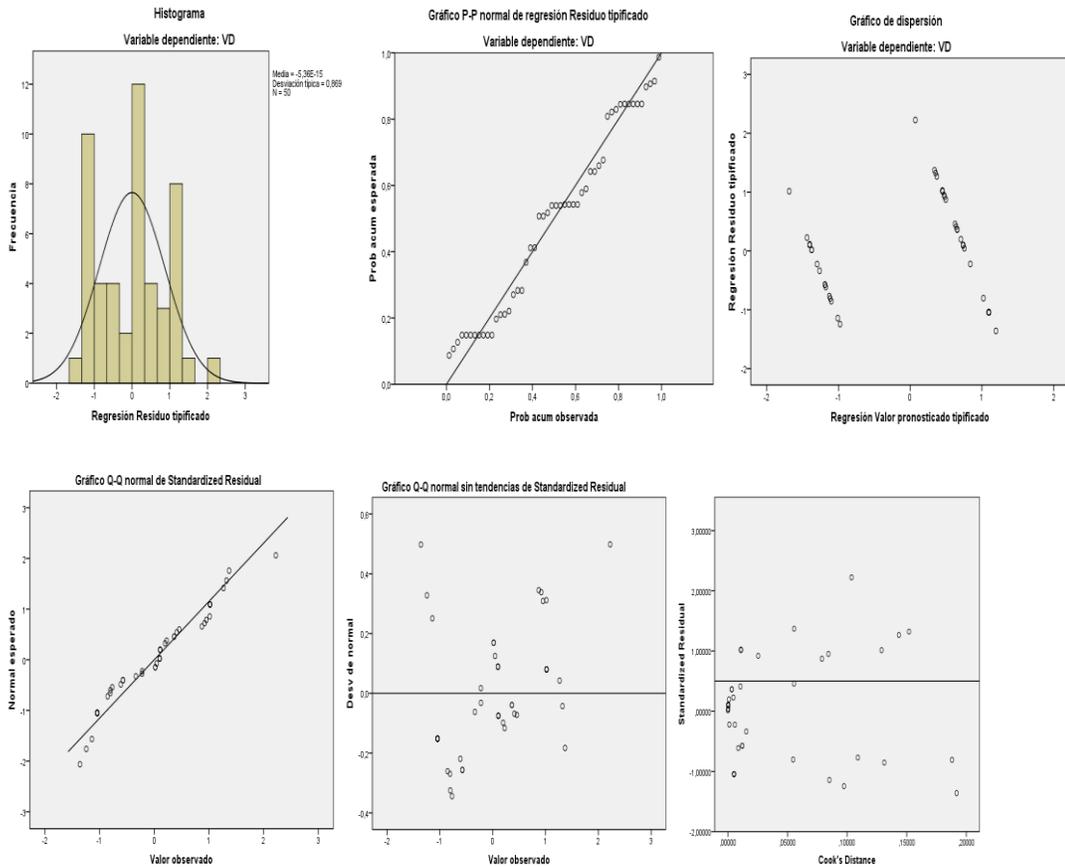


Gráfico 11. Supuestos de homocedasticidad y normalidad

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3.7 Modelo de referencia IoT propuesto

Con el fin de establecer un modelo de referencia IoT para casas inteligentes, se estudiaron modelos propuestos y recomendaciones de organizaciones internacionales que pretenden proveer de estándares, estos modelos son generales y adaptables a todos los dominios de aplicación, se deben seguir unas etapas básicas para que su adopción y despliegue se realice de manera organizada, teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones del contexto en que se desarrolla, es así que tomando la mejor información para el contexto, y luego del análisis de regresión lineal, en la tabla 26 se establece las capas y componentes propuestas para el modelo de referencia IoT para casas inteligentes.

Tabla 30. Modelo de referencia propuesto IoT para casas inteligentes

| Capas | Componentes | Descripción |
|------------------------------------|---------------------------------|---|
| V1 Capa de Dispositivos | V1.1 Capacidades de dispositivo | Capacidades de dispositivo, interacción con la red de comunicaciones |
| | V1.2 Capacidades de pasarela | |
| V2 Capa de Red | V2.1 Capacidades de red | Control de acceso y de recursos de red |
| | V2.2 Capacidades de transporte | |
| V3 Capa de Gestión de servicios | Capacidades de gestión | Procesamiento y almacenamiento de datos |
| V4 Capa de Aplicaciones IoT | Aplicaciones IoT | Aplicaciones utilizadas por el usuario |
| V5 Capa de Modelos de Negocio | Gestión de negocio | Modelos de negocio que hagan posible la implementación y mantenimiento de la tecnología para casas inteligentes |
| V6 Capa de Planes Estratégicos | Estrategias | Planeación y gestión para la implementación de casas inteligentes |
| Capas transversales | | |
| V7 Seguridad | Capacidades de seguridad | Autenticación, autorización, integridad, seguridad y confidencialidad de datos |
| V8 Gestión | Capacidades de gestión | Configuración, activación, desactivación de dispositivos remotos, diagnóstico y actualización de software |

Fuente: Elaborado por el investigador

2.3.8 Modelo conceptual de IoT propuesto

A continuación se integran las capas y requerimientos para formar un modelo de referencia de IoT para casas inteligentes. Se toma en cuenta la información revisada y analizada para formar un modelo que pueda dar impulso y despliegue a la implementación de tecnologías aplicadas al hogar.

Se realiza una agrupación de conceptos, como se muestra en el gráfico 12, donde se especifica las capas y componentes significativos que se requieren para una aplicación IoT e integrarla a un mundo de servicios para el hogar, teniendo en cuenta el modelo propuesto por la UIT en la recomendación técnica y su marco de desarrollo, haciendo énfasis en la necesidad de este dominio.

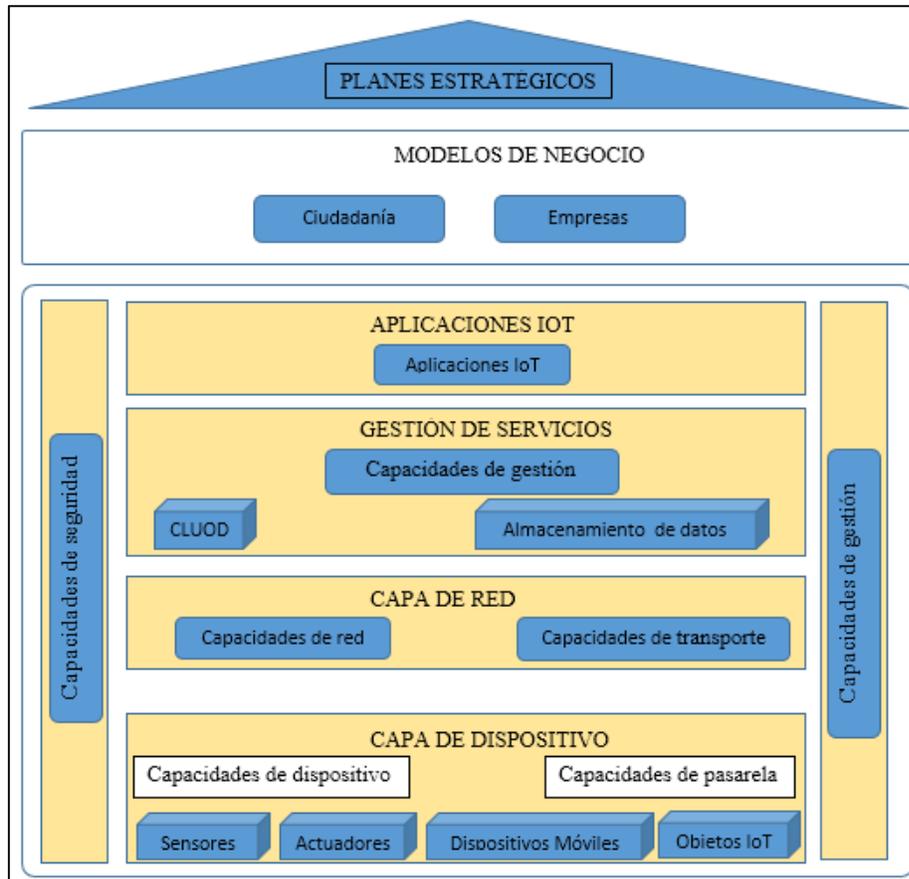


Gráfico 12. Modelo propuesto de IoT para casas inteligentes

Fuente: Elaborado por el investigador

Este modelo se ajusta a los modelos IoT analizadas, donde se tiene la capa de dispositivo, la capa de red, la capa de gestión de servicio y la de aplicaciones. Al igual que en la arquitectura IoT, se requiere el desarrollo de políticas y gestión de seguridad para cada capa. Incorpora las variables estadísticamente significativas que fueron utilizados para la construcción del modelo teórico y que han sido establecidos con base a la validación del criterio de expertos.

Por otro lado, cuando se revisa la arquitectura IoT de manera apartada, solo se tiene en cuenta la estructura general, pero para el diseño de casas inteligentes se requiere aprovechar la infraestructura existente, como el diseño de nuevas construcciones y darle valor agregado, utilizarla en uno o más servicios donde lo requiera el usuario, para que se lleve a cabo estas innovaciones se debe contar con el interés del cliente, así también de proveedores de servicios, de dispositivos IoT y con un modelo de referencia para su implementación, es por ello que se agrega la capa de negocio y planes estratégicos que se explica a continuación, y que influyen en el modelo de referencia propuesto.

Planes Estratégicos, nivel superior del modelo, los planes estratégicos se realizan con el fin de conocer y comprender el entorno donde se realizara la innovación tecnológica y de esta manera contrastar aspectos negativos y tomar ventaja de los aspectos positivos en pos de los objetivos planteados. En esta capa es donde se encuentra la visión, los objetivos y planes a largo plazo que son la guía para toda la implementación, por eso se ubica en este nivel, dentro de esta capa se encuentra planes de vivienda IoT, viviendas IoT de interés social, que deben ser impulsadas tanto por las empresas privadas como públicas, también están los planes individuales, que son los objetivos de implementación de IoT en el hogar, de acuerdo a sus necesidades y capacidades económicas.

Los siguientes son los propósitos de llevar a cabo un plan estratégico:

- Esclarecer el propósito y los objetivos de la implementación

- Determinar prioridades
- Ayudar en la efectiva asignación y uso de recursos

Modelos de Negocio, un modelo de negocio es la forma en que una empresa crea o aporta valor a sus clientes, obteniendo una rentabilidad a cambio. Esa es la esencia del modelo de negocio: crear valor, donde los posibles clientes estén dispuestos a pagar por ese valor y, evidentemente, obtener ingresos con esta actividad que superen los costos. En esta capa incluye diferentes representantes de sectores, participan empresas, inversores, academia y prestadores de servicios, donde se debe acercar a los ciudadanos al desarrollo de las tecnologías para el hogar ya que se requiere de amplia participación de ellos. La conversación de todos los interesados resulta en las estrategias y en los modelos de negocio que aportan a la implementación de casas inteligentes, de tal manera que se permita la expansión de la tecnología y se garantice su operación y mantenimiento.

2.4 Descripción metodológica de la valoración económica, tecnológica y medio ambiental

2.4.1 Valoración Económica

La valoración económica está destinada a analizar los gastos de la realización de cada una de las etapas de la investigación, así como también, cualquier otra inversión económica que deba realizarse para el correcto diseño y validación del modelo de referencia propuesto. Para establecer un costo del proyecto se debe considerar valores económicos relacionados con suministros de oficina, internet, adquisición de licencias de software, contratación de servicios informáticos, elementos tecnológicos para la comprobación del modelo propuesto.

2.4.2 Valoración Tecnológica

En el ámbito tecnológico el impacto es directo, ya que existe un crecimiento agigantado de las tecnologías aplicadas al hogar, y a su vez los usuarios cada vez son más exigentes

y menos conformistas con las aplicaciones ofrecidas, por lo que poseer un modelo de referencia ayudará a la planificación y adopción de estas tecnologías.

2.4.3 Valoración Ambiental

Un modelo de referencia IoT para diseño de casas inteligentes permite la planificación y adopción de estas tecnologías, las cuales permiten economizar en cuanto a costos de consumo energético al permitir la activación de los dispositivos únicamente cuando son necesarios, su desactivación automática reduce el costo energético y desgaste de los elementos. Al reducir el consumo energético sin duda genera beneficios en el medio ambiente.

2.5 Conclusiones Capítulo II

- Las variables obtenidas mediante la revisión sistemática de literatura de diferentes modelos de referencia y enfoques de diversas organizaciones, además del análisis y comparación, han ayudado a la construcción del modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes.
- El modelo construido se desarrolló tomando en cuenta las capas y componentes básicos que la conformen para la implementación en todo tipo de vivienda, es por ello que después de un análisis metodológico se pudo concretar su construcción para luego establecer diferentes criterios de expertos y herramientas que permitan su validación.
- El modelo teórico de IoT para diseño de casas inteligentes se realizó aplicando el análisis de regresión múltiple en la herramienta SPSS, en donde podemos observar la influencia que existe de las variables, en el caso de nuestro modelo las variables son cada una de las capas y componente y se pudo verificar que los elementos que la componen aportan significativamente al modelo, de manera que, este modelo propuesto recoge los componentes básicos de los modelos analizados y agrega dos capas que influyen en el diseño del modelo de referencia de IoT para diseño de casas inteligentes.

CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA

La aplicación de la presente propuesta consiste en el desarrollo de un modelo de referencia IoT para casas inteligentes, teniendo en cuenta que según [77] un modelo de referencia es un marco abstracto para comprender relaciones significativas entre las entidades de algún entorno. Y consiste en un conjunto mínimo de conceptos, axiomas y relaciones unificadoras dentro de un dominio de problema particular, es independiente de estándares, tecnologías, implementaciones u otros detalles específicos. Para la validación de la propuesta se recurre a la simulación mediante la herramienta Cisco Packet Tracer y a la implementación de la iluminación y aspectos básicos en el hogar del investigador, teniendo en cuenta el criterio de los expertos encuestados y analizados en el capítulo anterior, en los apartados siguientes se presentan los resultados de la validación realizada.

3.1 Resultados del diagnóstico del problema

La fundamentación teórica del problema de investigación se realiza en base a la investigación de la literatura, donde se concluye que los modelos de referencia de IoT existentes, tanto genéricos como comerciales, están diseñados de forma general, por lo que se debe adaptar para ciertos dominios de aplicación, se deben seguir etapas

básicas para que su adopción y despliegue se realice de manera organizada, teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones del contexto en que se desarrolla.

3.2 Resultados de los métodos específicos

El desarrollo del modelo de referencia IoT para casas inteligentes se realizó bajo los métodos y técnicas especificados en el capítulo anterior, los cuales permiten el análisis de la información, síntesis, comparación y desarrollo del modelo planteado mediante etapas como análisis de requerimientos, diseño y pruebas.

3.2.1 Metodología Top-Down

Esta metodología es una estrategia para procesar información y conocimiento, se caracteriza por hacer una descripción y definición de la funcionalidad general e ir especificando sus componentes, funciones y relaciones hasta obtener una versión más concreta.

Fase I: Análisis de Requerimientos

En esta fase para la investigación se utilizó el estudio documental y se determinó los requerimientos básicos para el modelo de referencia. Actualmente no se cuenta con un método específico para identificar necesidades y sus posibles soluciones al momento de planificar e implementando IoT en el hogar. Por tal razón, se plantea el siguiente método para análisis de requerimientos, el cual se presenta en el gráfico 11, que sirve de ayuda a personas que deseen implementar nuevas tecnologías en sus hogares, facilitando el proceso de adopción y que conduzca a la solución más adecuada de las distintas necesidades que se puedan encontrar.

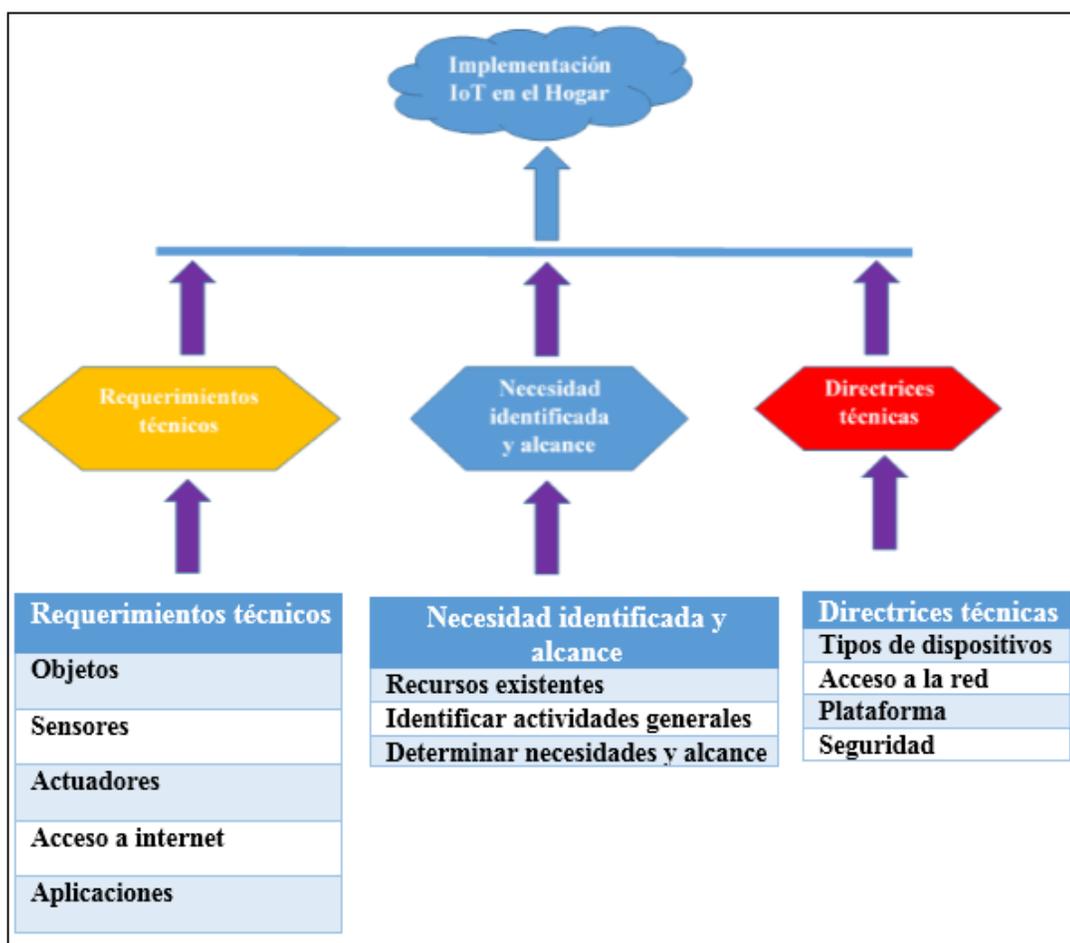


Gráfico 13. Método para la implementación de IoT en los hogares

Fuente: Elaborado por el investigador

Lineamientos para la identificación de necesidades y definición de alcance

Tabla 31. Resumen lineamientos generales para la identificación de necesidades y definición de alcance

| Características de los lineamientos | |
|-------------------------------------|---|
| Reconocer recursos existentes | Es necesario determinar los recursos con los que cuenta en el hogar puesto que son la base para la implementación de IoT y es el punto de partida para la identificación de las necesidades; estos recursos pueden ser: Infraestructura, equipos, servicios, etc. |

Tabla 27. Resumen lineamientos generales para la identificación de necesidades y definición de alcance (Continuación)

| | |
|---|---|
| Identificar actividades generales | Con la finalidad de optimizar procesos, reducir costos, mejorar confort de los usuarios; se identifican las actividades y la frecuencia con las que se realizan |
| Determinación de la necesidad y alcance | Se ordena y analiza la información recolectada en los puntos anteriores para facilitar la identificación de las necesidades y definir el alcance del proyecto. |

Fuente: Elaborado por el investigador

Requerimientos técnicos para implementar IoT

En el gráfico 14 se describe el proceso de IoT cuyo flujo es el siguiente: en la parte inferior se encuentran las cosas las cuales serán medidas y controladas por los diferentes sensores y actuadores, estos se encargan de enviar y recibir los datos (información) al controlador, el cual los remite a la plataforma y/o aplicación para su gestión por medio de Internet, las aplicaciones son las encargadas de procesar la información recibida y enviar una serie de instrucciones a los actuadores.

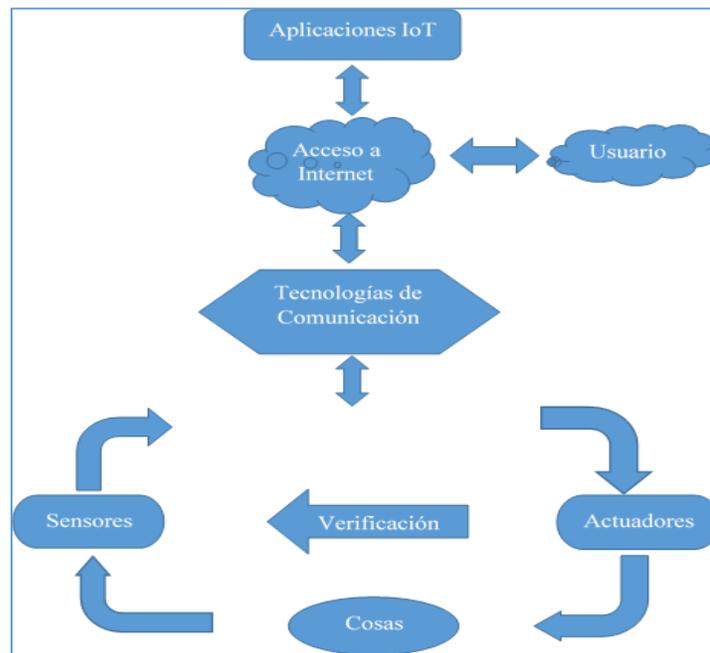


Gráfico 14. Diagrama de requerimientos técnicos para implementar IoT

Fuente: Elaborado por el investigador

Directrices técnicas para implementar IoT en el diseño de casas inteligentes

Teniendo claro de forma general los requerimientos técnicos para implementar IoT, a continuación se presenta una serie de recomendaciones, las cuales deberán ser tomadas en cuenta al momento de la planeación del proyecto, visto que orientan su ejecución, garantizando la eficiencia y eficacia al momento de la adopción de estas tecnologías y así cumpliendo con el objetivo planteado, lo cual se presenta en la tabla 28.

Tabla 32. Resumen directrices técnicas

| Directrices técnicas | |
|-----------------------------|---|
| Tipos de dispositivos | Dependiendo del alcance de la implementación se seleccionan sensores, actuadores y objetos IoT |
| Suministro de potencia | Las energías alternativas tienen la capacidad de suministrar la potencia suficiente para el funcionamiento de los dispositivos IoT. |
| Acceso a la red | Selección de la tecnología de acceso a la red |
| Seguridad | El IoT transforma sectores enteros, las amenazas evolucionan rápidamente. |

Fuente: Elaborado por el investigador

Fase II: Diseño

Cisco Packet Tracer

Para [78] Packet Tracer es un programa de enseñanza interactivo, visual y de autoaprendizaje implementado en forma de software de simulación de redes de computadoras, como se observa en el gráfico 15. Ofrece una combinación única de experiencias realistas de simulación y visualización, capacidades complejas de creación de actividades y evaluación, y oportunidades para la colaboración y la competencia multiusuario. Packet Tracer proporciona un entorno simulado donde los procesos entre varios dispositivos de red, como enrutadores, conmutadores, puntos de acceso inalámbricos, computadoras, enlaces y aplicaciones, son visibles con animaciones y descripciones explicativas sencillas.

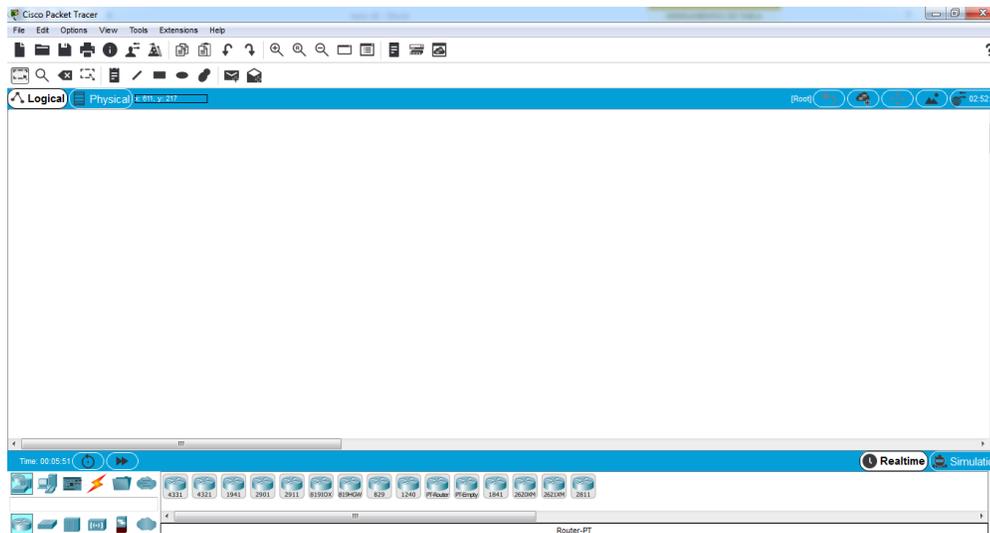


Gráfico 15. Área de trabajo Cisco Packet Tracer

Fuente: [79]

Configuración de componentes

En esta sección se detalla la configuración de elementos básicos IoT para hogar inteligente, elementos como alarma si el sensor de movimiento se activa, encendido de un ventilador si la temperatura es mayor a 20C, y encendido o apagado de la iluminación. A continuación se muestra a detalle la configuración de cada elemento en Packet Tracer:

Configuración del servidor y Access Point.

El servidor se utiliza para asignar direcciones IP dinámicamente a todos los objetos que se conecten a la red, además tendrá la aplicación del internet de las cosas para la administración de los objetos y el Access Point que es un dispositivo de red que permite que los dispositivos con capacidad inalámbrica se conecten a una red por lo que se utiliza para interconectar los objetos mediante la red inalámbrica.

En el Access Point se configura el nombre del identificador de servicio, la contraseña de acceso a la red y el modo de encriptación, como se muestra en el gráfico 16. Cabe señalar que en la implementación la clave debe ser robusta.

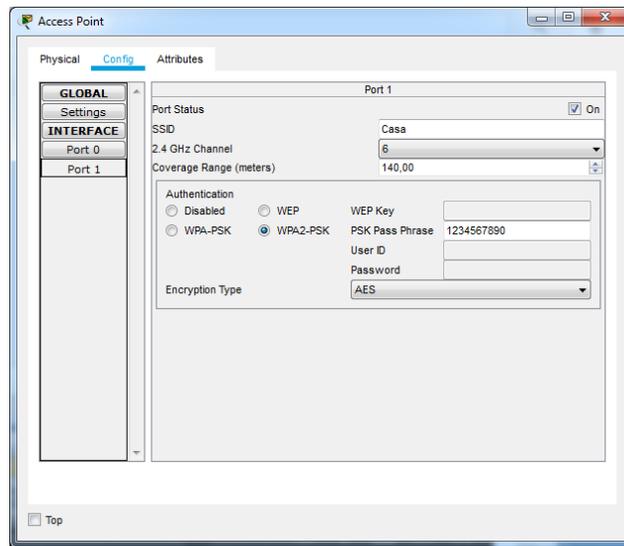


Gráfico 16. Configuración de la red inalámbrica en el Access Point

Fuente: Elaborado por el investigador

En el servidor se configura la dirección IP estática, la máscara de red y el Gateway, ya que los servidores no pueden tener direcciones IP dinámicas, como se muestra en el gráfico 17.

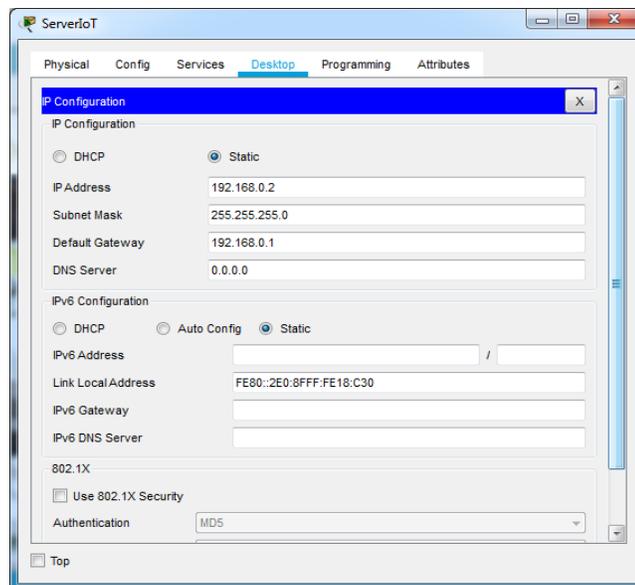


Gráfico 17. Configuración IP en el servidor

Fuente: Elaborado por el investigador

Además se configura el DHCP para que asigne direcciones IP dinámicas a los dispositivos, también se puede configurar la IP inicial y el número máximo de direcciones, gráfico 18.

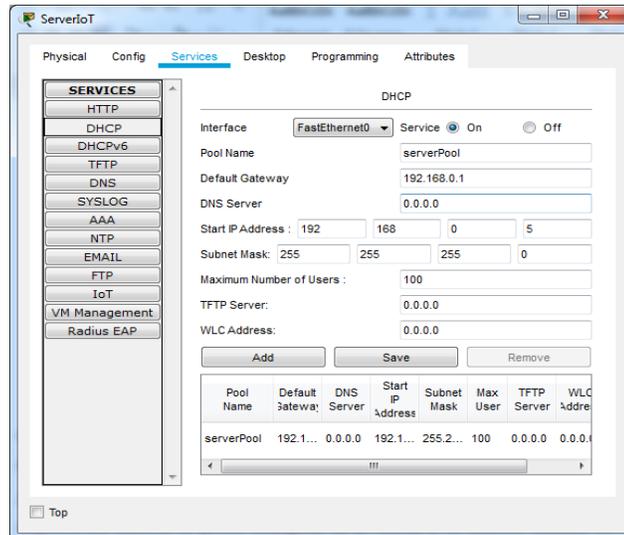


Gráfico 18. Configuración DHCP en el servidor

Fuente: Elaborado por el investigador

Por último se debe activar el servicio de internet de las cosas en el servidor, gráfico 19.

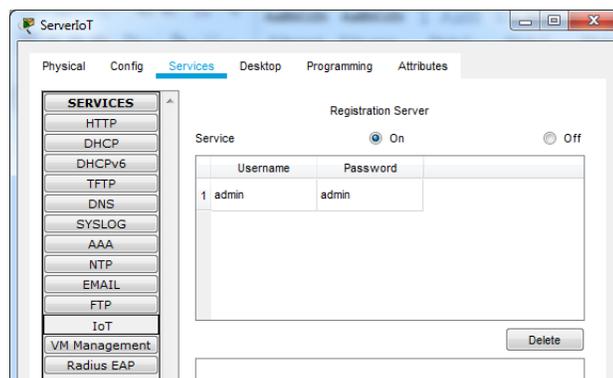


Gráfico 19. Prender IoT en el servidor

Fuente: Elaborado por el investigador

Para ingresar al monitoreo de los dispositivos conectados a la red se debe acceder mediante el Desktop a IoT Monitor, gráfica 20, en la cual se debe crear un usuario, clave y con la dirección del servidor se ingresa para controlar los objetos IoT de la red, que se presenta en la gráfica 21, cabe mencionar que con esas credenciales creadas

podemos ingresar ya sea desde una pc, Smartphone o Tablet, tanto por la aplicación IoT como por el explorador.



Gráfico 20. Aplicación IoT

Fuente: Elaborado por el investigador

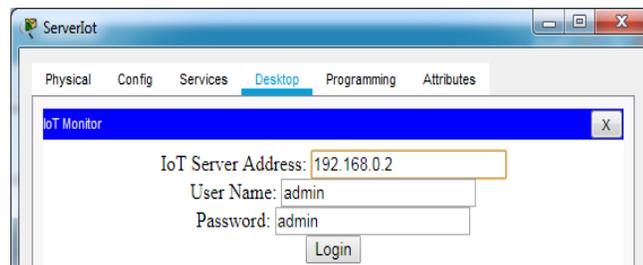


Gráfico 21. Creación de usuario y clave en IoT Monitor

Fuente: Elaborado por el investigador

Configuración de dispositivos de seguridad de del hogar

Para la simulación dentro de los dispositivos de seguridad de acceso al hogar se ha agregado un sensor de movimiento, cama de seguridad, sirena, además con las ventanas y cerraduras IoT se puede monitorear el estado de cada uno de estos objetos.

La configuración de la cámara, en la Wireless, en nombre del SSID se debe ingresar el nombre de la red inalámbrica, el tipo de autenticación, la clave creada en el Access Point y la configuración IP en modo DHCP para que asigne una dirección de manera dinámica, como se presenta en el gráfico 22.

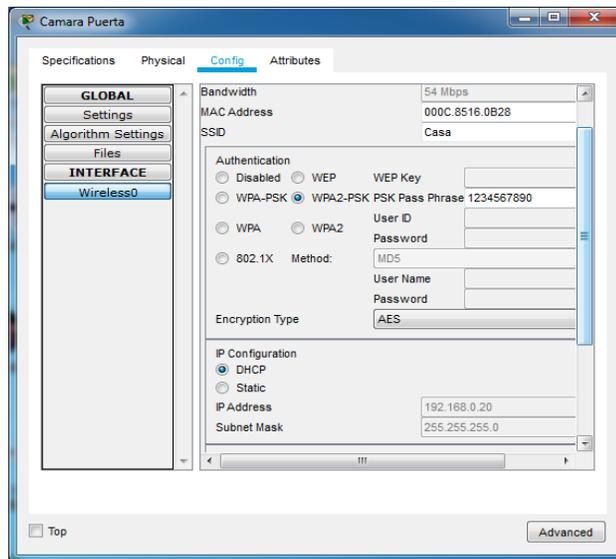


Gráfico 22. Configuración Wireless dela cámara

Fuente: Elaborado por el investigador

También en las configuraciones globales se debe ingresar la IP del servidor IoT, el usuario y la clave creada, de esta forma estaremos conectando al objeto con el servidor, además en esta configuración también se puede ingresar el nombre del objeto para tener una mejor administración, gráfica 23.

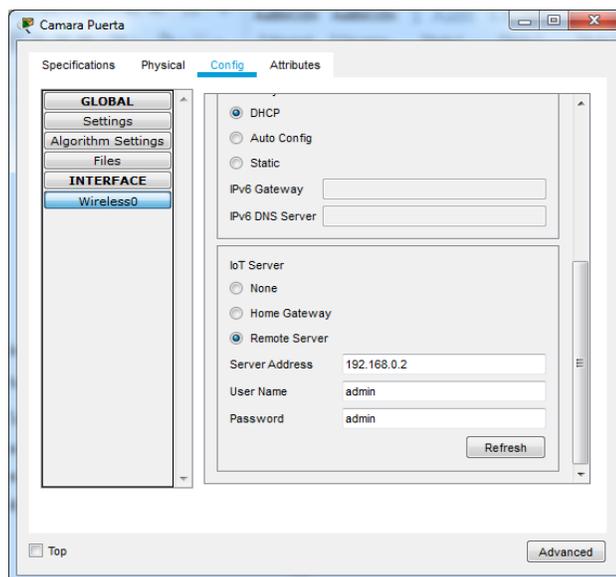


Gráfico 23. Configuraciones globales cámara

Fuente: Elaborado por el investigador

Este proceso de configuración se debe repetir para cada uno de los objetos de seguridad que se agreguen a la red IoT del hogar.

Configuración de dispositivos de seguridad del usuario del hogar

Para la simulación de los dispositivos de seguridad personal en el hogar se ha tomado en cuenta el sensor de gas y de humo, que se encuentran ubicados en la cocina donde es más probable que ocurra un accidente, estos dispositivos podrán alertar al usuario de algún evento mediante la sirena, además automáticamente se abrirá puertas o ventanas según sea el caso, con lo cual se puede no solo salvar bienes materiales sino también vidas.

En la gráfica 24, se muestra las configuraciones de la wireless, del sensor de humo, donde se debe asociar a la red inalámbrica del hogar mediante el nombre de la red, la clave el tipo de autenticación y la configuración IP, así mismo en la parte de ajustes se debe darle un nombre al dispositivo para identificarlo claramente y asociarlo al servidor IoT mediante la dirección IP, el usuario y la clave, como muestra la gráfica 25.

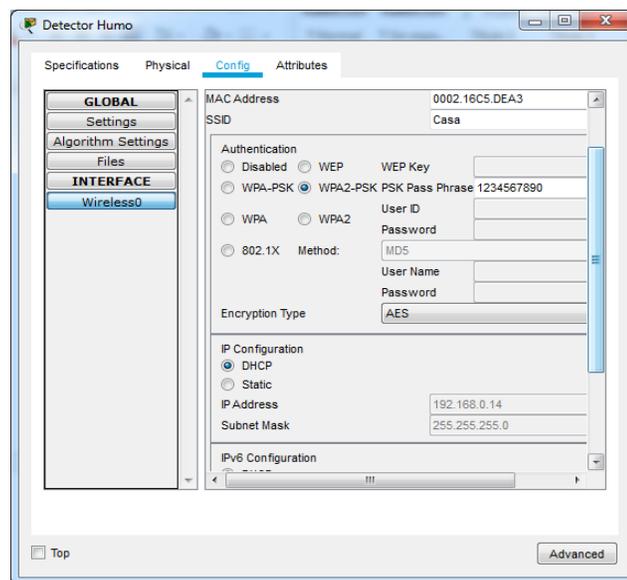


Gráfico 24. Configuraciones wireless detector de humo

Fuente: Elaborado por el investigador

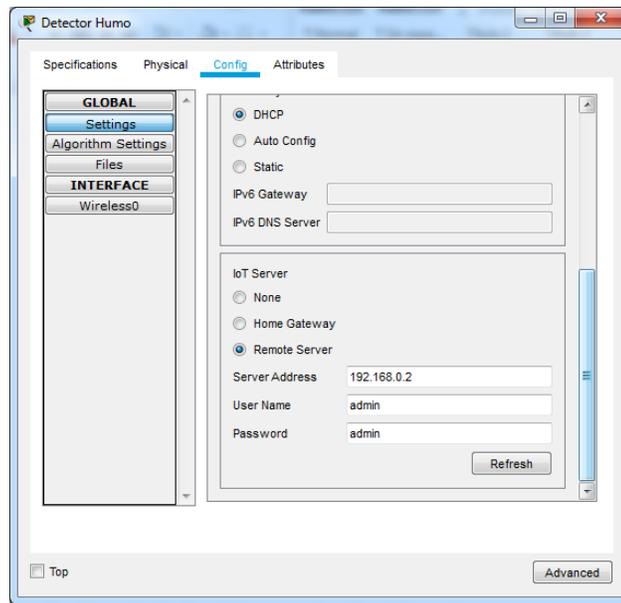


Gráfico 25. Ajustes detector de humo

Fuente: Elaborado por el investigador

Para el detector de gas el procedimiento de configuración es el mismo que el detector de humo.

Configuración de dispositivos para el confort del usuario

Dentro de los dispositivos para mejorar el confort del usuario se ha tomado en cuenta la iluminación, el control de una cafetera, la temperatura de en una habitación y abrir o cerrar puertas y ventanas de acuerdo a las necesidades.

La configuración de estos objetos es la misma que de los anteriores, se configura la wireless, gráfico 26, los ajustes donde se asocia al servidor IoT y se le da un nombre al dispositivo, gráfica 27.

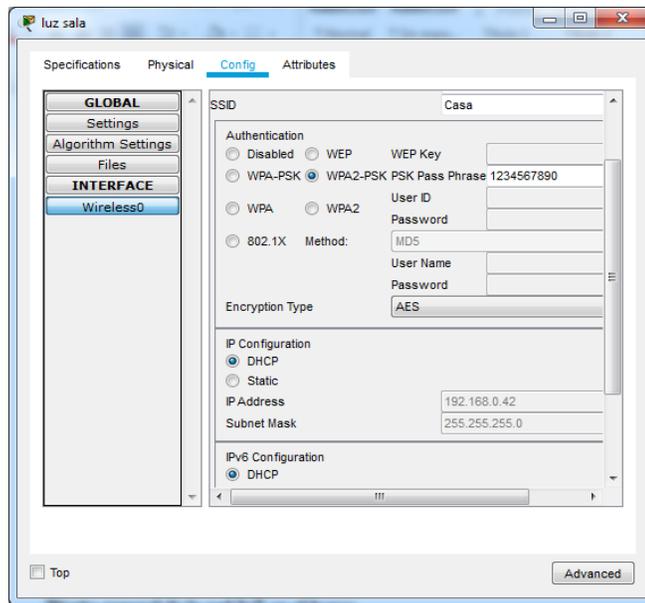


Gráfico 26. Configuración wireless luz

Fuente: Elaborado por el investigador

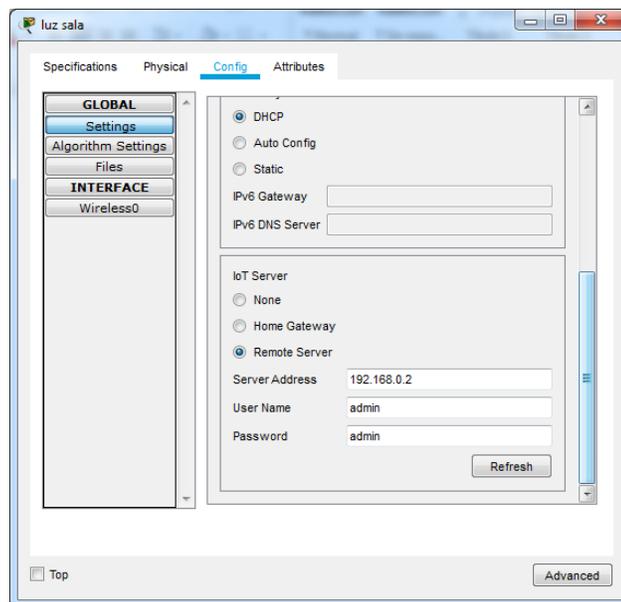


Gráfico 27. Configuración de ajustes luz

Fuente: Elaborado por el investigador

Diseño general de la red IoT en el hogar

Una vez que se obtiene acceso a la red IoT por parte de todos los objetos, se podrá administrar o hacer que esta se auto gestione dependiendo de ciertas condiciones, la

red se muestra en la gráfica 28, con todos los dispositivos configurados para obtener un hogar IoT.

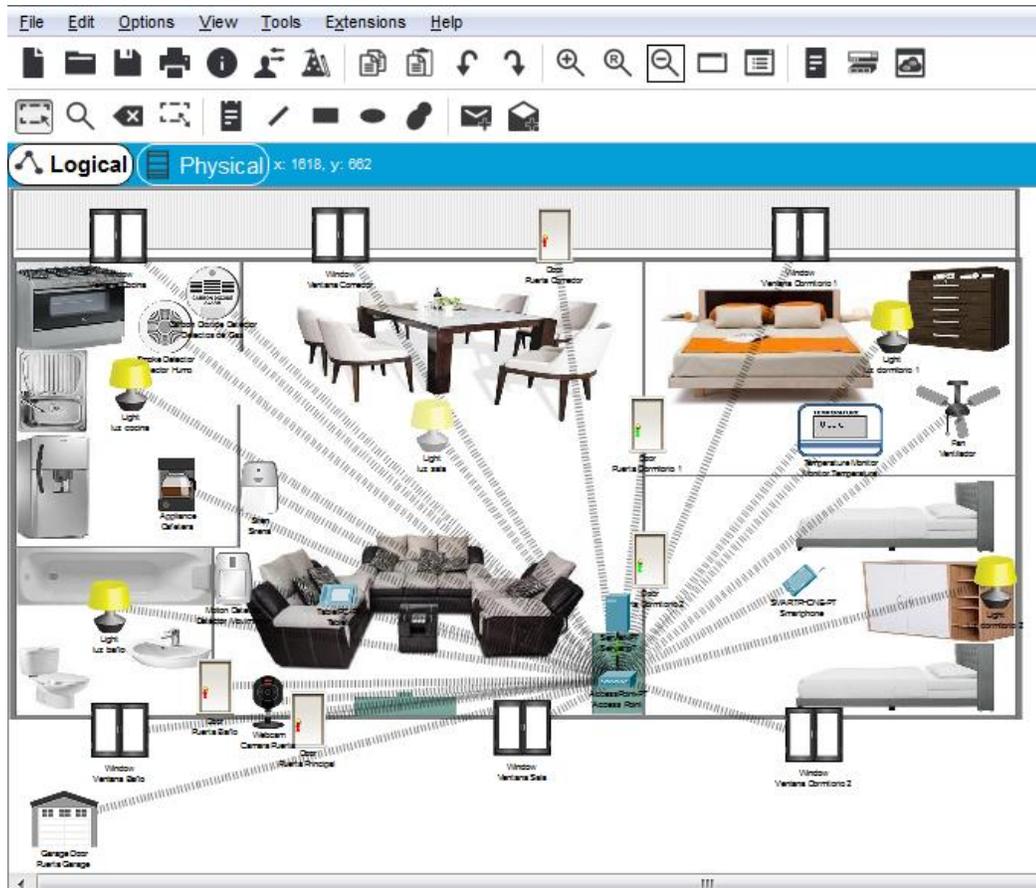


Gráfico 28. Diseño General de la Red IoT en el hogar

Fuente: Elaborado por el investigador

Esta red IoT se puede administrar desde el servidor IoT, desde una Tablet, una pc o un teléfono inteligente mediante la aplicación IoT Monitor y también desde el Web Browser, como se muestra en la gráfica 29, ingresando desde un teléfono inteligente.

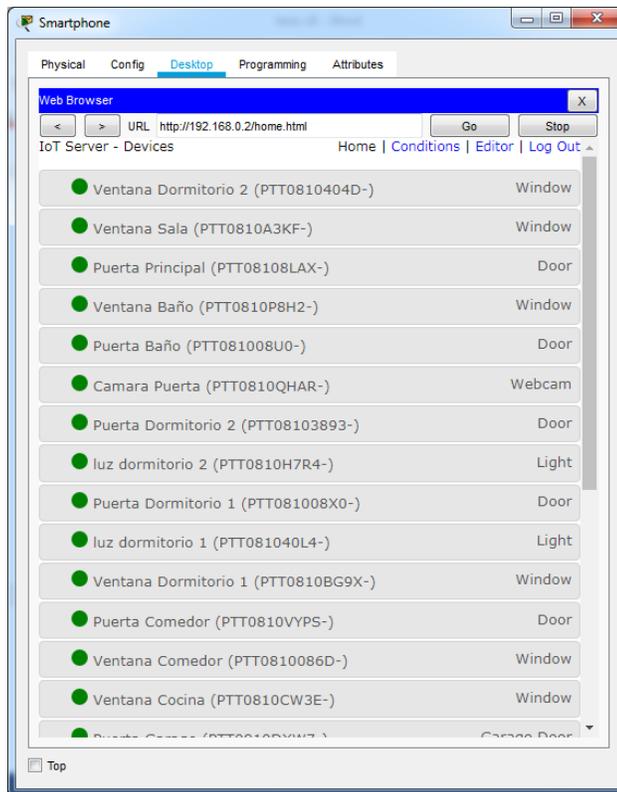


Gráfico 29. Administración de objetos IoT desde un teléfono inteligente

Fuente: Elaborado por el investigador

Fase III: Probar, Optimizar y Documentar

En esta fase se lleva a cabo la comprobación del funcionamiento de la red IoT simulada, por ejemplo si queremos abrir la puerta principal desde un teléfono inteligente presionamos Unlock, la cerradura de la puerta cambia de color a verde que quiere decir que está abierta y para cerrar presionamos en Lock, cabe mencionar que las ventanas tienen la misma administración, los resultados de este proceso se presentan en los gráficos 30 y 31 respectivamente.

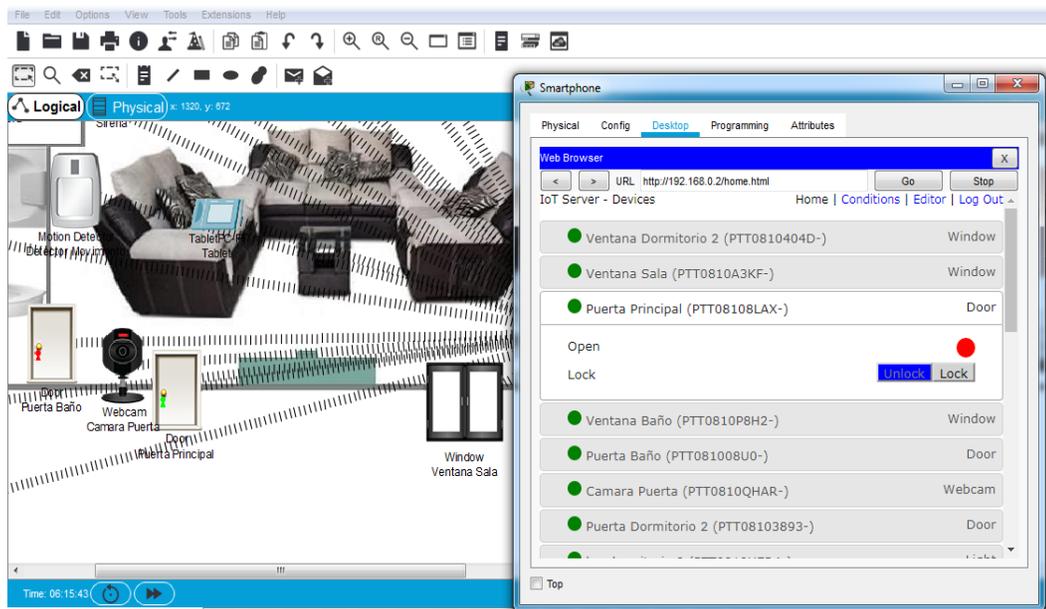


Gráfico 30. Puerta abierta desde teléfono inteligente

Fuente: Elaborado por el investigador

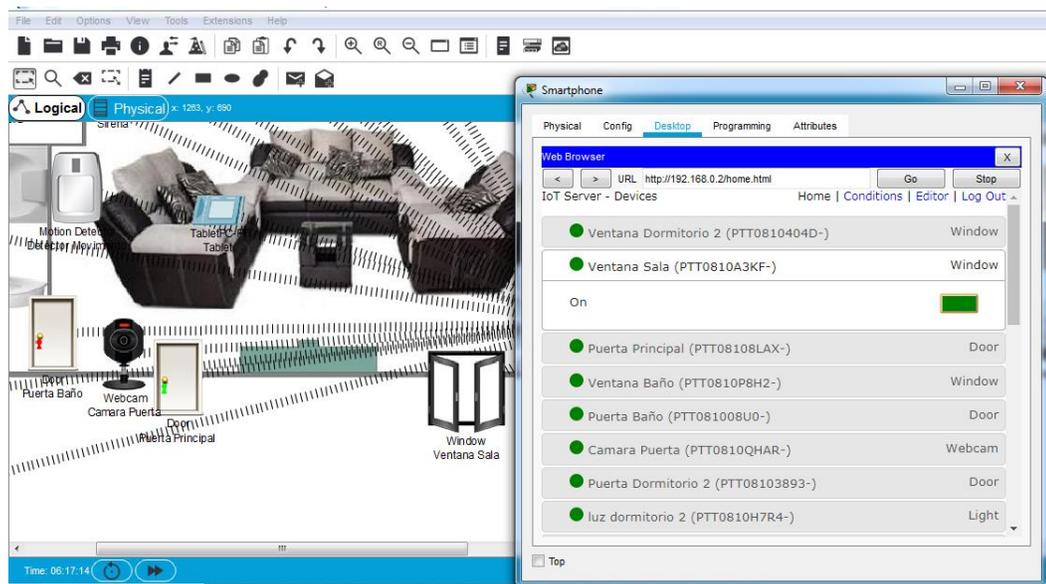


Gráfico 31. Ventana abierta desde teléfono inteligente

Fuente: Elaborado por el investigador

Desde el dispositivo móvil se puede controlar la iluminación, la cual tiene tres estados, prendido, luz media y apagada, gráfico 32, al poder controlar la iluminación desde un teléfono el IoT está ayudando al confort del usuario ya que desde cualquier lugar puede

administrar estos objetos, además con la capacidad de controlar la intensidad de la luz puede ayudar al ahorro de energía.

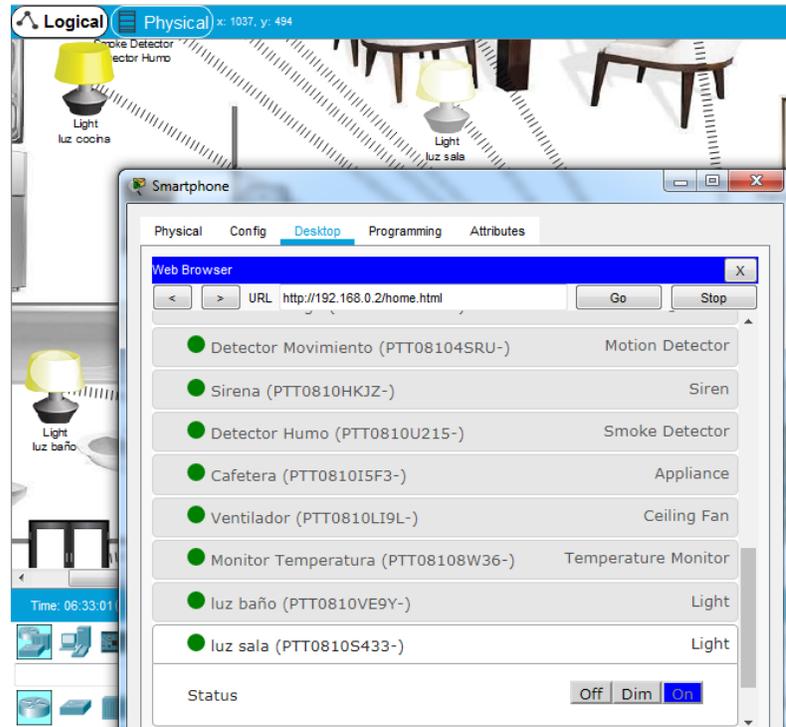


Gráfico 32. Administración de la iluminación

Fuente: Elaborado por el investigador

En el mismo sentido de confort, se puede controlar la temperatura del hogar, para lo que en esta simulación se utiliza un monitor de temperatura, un ventilador y la acción de la ventana que interactúan entre sí dependiendo del grado de temperatura que configure el usuario, para el ejemplo se establece que cuando la temperatura sea mayor de 20 °C la ventana debe abrirse, si la temperatura sigue subiendo y llega a 21 °C el ventilador debe prender en un estado bajo, si la temperatura llega a 22 °C el ventilador aumenta la potencia, en caso que la temperatura sea menor a 20 °C la ventana se cierra y el ventilador se apaga, gráfico 34, todo esto sin la intervención del usuario, gráfica 33.

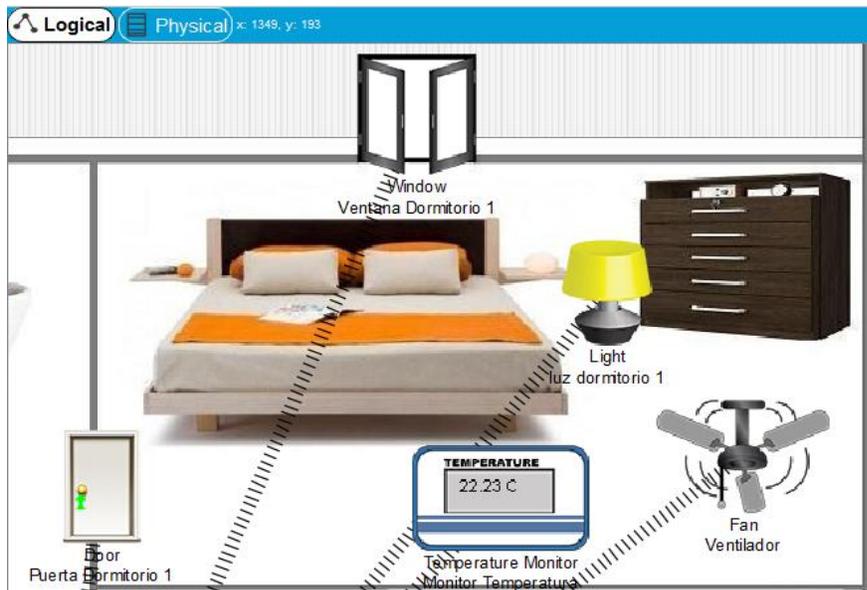


Gráfico 33. Control de elevación de temperatura

Fuente: Elaborado por el investigador

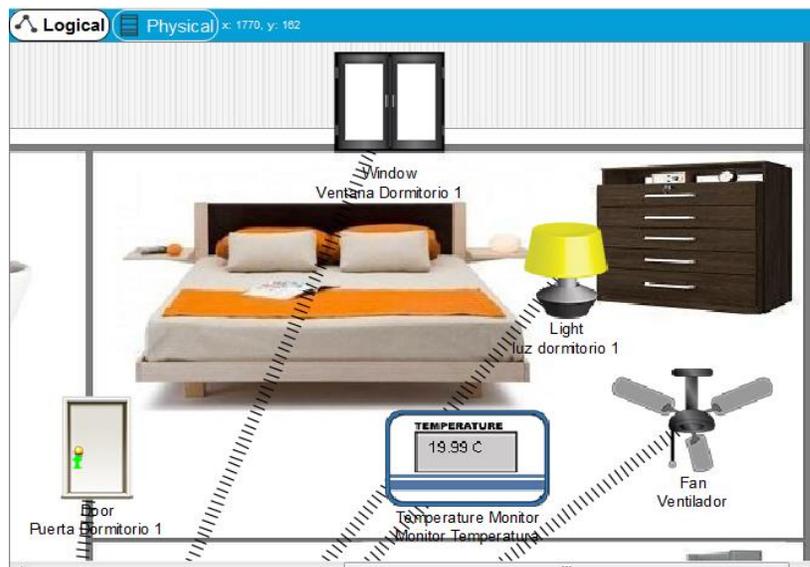


Gráfico 34. Apagado de dispositivos de control de temperatura

Fuente: Elaborado por el investigador

En cuanto a los sensores de seguridad del usuario, como el sensor de humo, este dispositivo al detectar humo activa la sirena y abre la ventana para que se disipe el gas, lo cual se presenta en la gráfica 35, con lo cual se evita que el usuario sufra un accidente. Del mismo modo cuando el sensor no detecta humo, la ventana se cierra y

la sirena se desactiva, como se presenta en la gráfica 36, cabe señalar, como en el caso anterior esto es sin intervención del usuario.

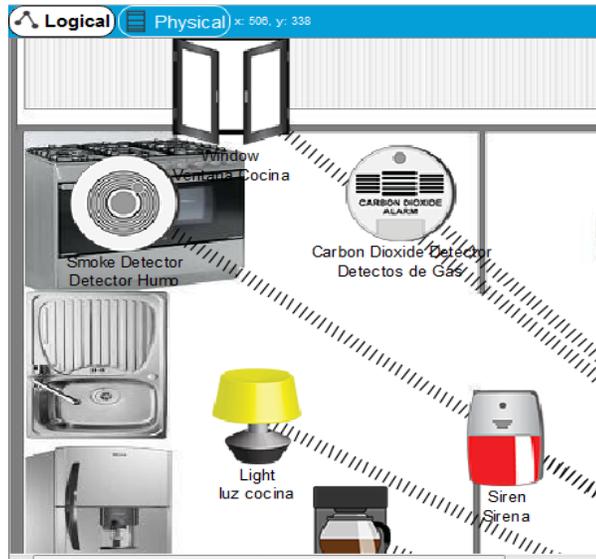


Gráfico 35. Activación de sirena y ventana cuando el sensor detecta humo

Fuente: Elaborado por el investigador

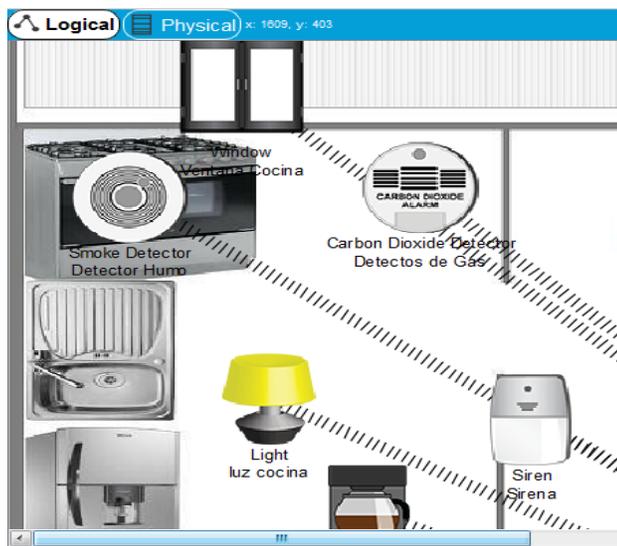


Gráfico 36. Apagado de dispositivos cuando no hay humo

Fuente: Elaborado por el investigador

Para que estos eventos ocurra se logra haciendo que los dispositivos se auto gestionen, es decir, que los dispositivos se activen o se desactiven dependiendo de las condiciones

creadas por el usuario, en la tabla 29, se muestra algunas condiciones creadas para los ejemplos anteriores.

Tabla 33. Condiciones de los dispositivos

| Actions | | Enabled | Name | Condition | Actions |
|---------|--------|---------|--------------------|--|--|
| Edit | Remove | Yes | Sonar Alarma | Detector Movimiento On is true | Set Sirena On to true |
| Edit | Remove | Yes | Apagar Sirena | Detector Movimiento On is false | Set Sirena On to false |
| Edit | Remove | Yes | Humo | Detector Humo Level >= 0.1 | Set Ventana Cocina On to true Set Sirena On to true |
| Edit | Remove | Yes | No humo | Detector Humo Level < 0.1 | Set Ventana Cocina On to false Set Sirena On to false |
| Edit | Remove | Yes | Abre Ventana | Monitor Temperatura Temperature >= 20.0 °C | Set Ventana Dormitorio 1 On to true |
| Edit | Remove | Yes | Cierra ventana | Monitor Temperatura Temperature < 20.0 °C | Set Ventana Dormitorio 1 On to false |
| Edit | Remove | Yes | Prende ventilador | Monitor Temperatura Temperature >= 21.0 °C | Set Ventilador Status to Low |
| Edit | Remove | Yes | Aumenta ventilador | Monitor Temperatura Temperature > 22.0 °C | Set Ventilador Status to High |
| Edit | Remove | Yes | Apaga ventilador | Monitor Temperatura Temperature < 20.0 °C | Set Ventilador Status to Off |

Fuente: Elaborado por el investigador

Implementación:

Con la finalidad de validar el modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes propuesto en el Capítulo II, se procede a la implementación de IoT en una casa como caso de estudio, para lo cual se detalla a continuación las diferentes capas del modelo que lo componen.

Planes Estratégicos, en esta capa es donde se debe establecer los objetivos de acuerdo a la identificación de necesidades en el hogar, así como, los servicios inteligentes a implementar. Para esta implementación se tiene como objetivos los siguientes: gráfica 37.

- Proveer de confort al usuario
- Dar seguridad al hogar
- Proporcionar seguridad personal

Para el cumplimiento de estos objetivos los servicios inteligentes son:

- Control de la iluminación
- Detección de intrusos
- Detección de humo

En consecuencia, para el confort del usuario se utilizó el control de la iluminación, la cual mediante el control de intensidad, el prendido y apagado de forma remota, y la temporización del tiempo de activación proveen al usuario de comodidad. En cuanto a la seguridad del hogar se incorporó un sensor en la puerta, un detector de movimiento, una cámara y una sirena, los cuales al cambiar de estado alertan al usuario del ingreso de personal no autorizado, con lo cual se puede monitorear en tiempo real mediante la cámara para ver lo que está pasando en el hogar, de esta manera proveyendo de seguridad a los bienes materiales. Para la seguridad del usuario se implementó un sensor de humo, el cual, al detectar la presencia de humo emite una alerta y activa la sirena para una rápida respuesta del usuario.



Gráfico 37. Capa Planes Estratégicos

Fuente: Elaborado por el investigador

Modelos de Negocio, para la implementación y despliegue del IoT en los hogares es necesario contar con esta capa para que hagan posible esta innovación tecnológica, entre las cuales tenemos los proveedores de servicios, como servicio de energía eléctrica, acceso a internet, proveedores de objetos IoT, Así mismo, empresas que adopten estas tecnologías y promocionen como un valor agregado en sus construcciones, la academia es de gran importancia para la investigación y desarrollo de estas tecnologías y por supuesto la ciudadanía que se incentive en la adquisición de las tecnologías para el hogar, que lo vea como una inversión y no un gasto, gráfica 38.

Para llevar a cabo la implementación es indispensable los Modelos de Negocio, para ello contamos en esta capa los siguientes representantes de servicios utilizados en el hogar empleado como caso de estudio: Telconet como proveedor de Internet, EEQ que provee de energía eléctrica y proveedor de objetos IoT como JYA SMART, que en su conjunto permiten la ejecución de los objetivos planteados en el plan estratégico.

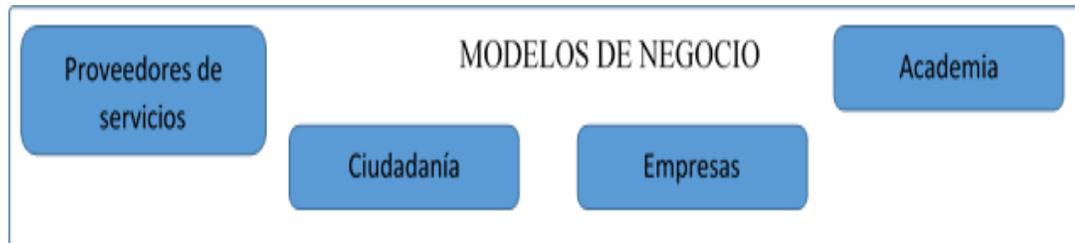


Gráfico 38. Capa Modelos de Negocio

Fuente: Elaborado por el investigador

En la gráfica 39 se explica las capas y componentes utilizados en la implementación y simulación del IoT en el hogar. En la capa de aplicación para la gestión de los objetos se utilizó el Web Browser, IoT Monitor, las cuales pueden ser ingresadas desde una Tablet, pc, teléfono inteligente. En la Capa de Gestión se almacena las condiciones de interacción de los objetos, los eventos que activaron dichos objetos, así mismo todas las configuraciones de los dispositivos ya sea en la nube o en servidores.

La Capa de Red es la que provee la conectividad entre los objetos, para la cual se utilizó la red inalámbrica, por su fácil configuración y por ser muy utilizada en los hogares.

En la Capa de Dispositivos se incorpora los objetos IoT, los dispositivos seleccionados para una implementación serán tomados en cuenta dependiendo de los planes estratégicos. La Capacidad de gestión y seguridad intervienen en las capas anteriormente mencionadas, ya que, en cada una de ellas se debe asegurar la gestión y seguridad, tanto a nivel dispositivos y aplicaciones.



Gráfico 39. Capas del modelo de referencia

Fuente: Elaborado por el investigador

Para la administración de los objetos se utilizó Tuya Smart, que es una herramienta robusta en la gestión de objetos IoT, que se encuentra disponible para android, ios y pc, en la que se puede incorporar diferentes dispositivos de diferentes marcas. Para la Gestión de Servicios esta aplicación provee de espacio de almacenamiento en la nube para almacenar la configuración, automatización y los mensajes enviados de los objetos, además algunos objetos IoT poseen ranuras para tarjetas micro sd para almacenar localmente lo que ocurre con el dispositivo.

En la capa de Red se utilizó la red inalámbrica Wifi que permite la interconexión inalámbrica de los dispositivos. En la Capa de Dispositivos se utilizó focos, sensores, sirena y cámara para monitorear el hogar, tabla 30. Con las Capacidades de gestión

configuramos tanto los dispositivos, la red, los servicios y la aplicación, de la misma manera se configura seguridades en todas las capas mencionadas, tabla 29.

Tabla 34. Dispositivos utilizados en la implementación

| | | | |
|---|--|---|--|
|  <p>Foco</p> |  <p>Sirena</p> |  <p>Sensor de Humo</p> |  <p>Tomacorriente</p> |
|  <p>Sensor de Movimiento</p> |  <p>Sensor Puerta</p> |  <p>Cámara</p> |  <p>Router</p> |

Fuente: Elaborado por el investigador

La administración y configuración de los dispositivos se lo realiza en la aplicación Tuya Smart, la cual se debe instalar en el dispositivo desde el que se desea controlar los dispositivos, la aplicación se verifica mediante código enviado al correo que se registra, por lo que provee una importante medida de seguridad, una vez realizado este proceso se puede agregar los dispositivos a la aplicación, para lo cual debemos de contar con acceso a la red, nombre de la red y clave, gráfico 40.



Gráfico 40. Añadiendo dispositivos a la aplicación

Fuente: Elaborado por el investigador

Dentro de la aplicación se agrega los dispositivos IoT que se haya considerado en la planificación, con los dispositivos agregados, gráfico 41, se puede empezar a administrar cada uno de ellos y crear condiciones de activación y desactivación de los objetos.

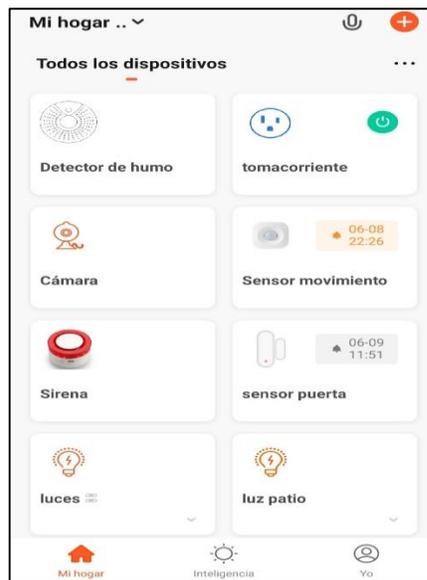


Gráfico 41. Dispositivos agregados en la aplicación

Fuente: Elaborado por el investigador

Todos los dispositivos tienen funciones específicas que se puede administrar, como prender un foco, controlar la intensidad de la iluminación y apagado. En la parte de inteligencia se configura las automatizaciones, para crear eventos donde si el estado de un dispositivo cambia un segundo dispositivo realice una determinada acción, así mismo, se puede activar o desactivar dicha automatización, gráfico 42.

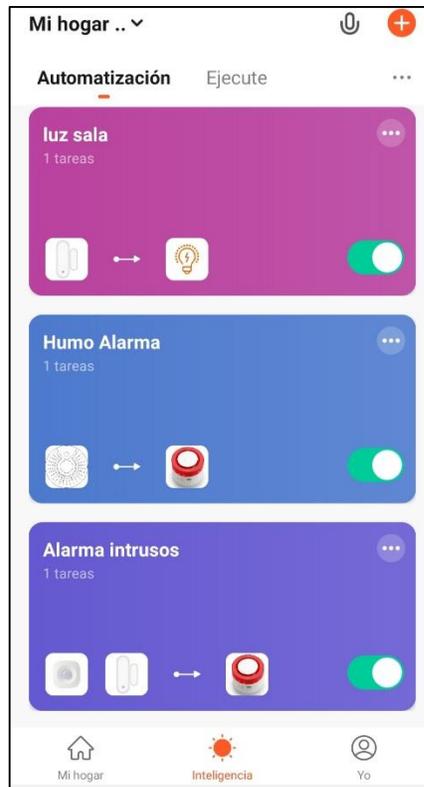


Gráfico 42. Automatizaciones del hogar

Fuente: Elaborado por el investigador

Con las automatizaciones creadas y activadas, si cambia el estado de un dispositivo, llegará una notificación de lo que está ocurriendo, con el nombre del dispositivo que registró el evento, gráfico 43.



Gráfico 43. Mensaje de alarma de incendios

Fuente: Elaborado por el investigador

En el último apartado, Yo, la aplicación provee la utilización de asistentes de voz que se puede utilizar para controlar los dispositivos, además en el centro de mensajes se registran todos los eventos de los dispositivos, lo que se puede visualizar en las gráficas 44, 45 respectivamente.

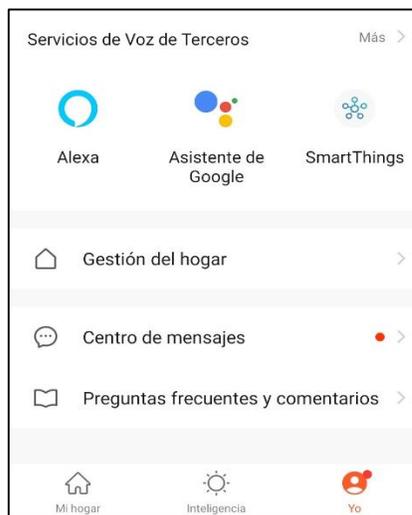


Gráfico 44. Apartado Yo de la aplicación

Fuente: Elaborado por el investigador

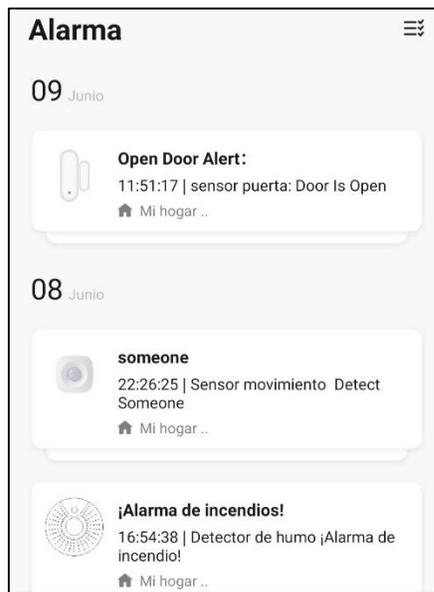


Gráfico 45. Centro de mensajes de la aplicación

Fuente: Elaborado por el investigador

3.3 Resultados de la valoración económica, tecnológica y ambiental

Para la realización del modelo de referencia IoT para casas inteligentes se considera los siguientes puntos:

3.3.1 Valoración Económica

Para el desarrollo del modelo de referencia IoT para diseño de casas inteligentes se ha tomado en cuenta diferentes elementos que son necesarios para implementar la propuesta como los gastos directos e indirectos detallados a continuación.

Por otro lado, el costo de implementaciones IoT para empresarios o emprendedores depende de distintos factores como lo son marca de dispositivos, plataforma, seguridad, cantidad de dispositivos que se deseen conectar, infraestructura entre otros.

Gastos Directos

Como parte de los gastos directos se tiene un conjunto de herramientas de software que son necesarias para el desarrollo del modelo de referencia donde para evitar el

incremento excesivo del presupuesto requerido, el investigador considera oportuno emplear herramientas de software libre con licenciamiento gratuito.

Tabla 35. Gastos Directos

| Gastos | Detalle | Cantidad | V. Unitario | Total |
|---------------|--|-----------------|----------------------|--------------|
| Software | Navegador de Internet Chrome/Firefox | 1 | Licencia Gratuita | \$0.00 |
| | Packet Tracer V 7.3 | 1 | Licencia Gratuita | \$0.00 |
| | Herramientas de Google | | Licencia Gratuita | \$0.00 |
| | SPSS | 1 | Versión 18 de Prueba | \$0.00 |
| | Paquete de Office 2013 (Documentación) | 1 | \$60.00 | \$60.00 |
| | Internet | 12 meses | \$18.00 | \$216.00 |
| Dispositivos | Focos | 4 | \$10 | \$40 |
| | Sirena | 1 | \$20 | \$20 |
| | Sensor de Humo | 1 | \$20 | \$20 |
| | Tomacorriente | 1 | \$15 | \$15 |
| | Sensor de Movimiento | 1 | \$23 | \$23 |
| | Sensor Puerta | 1 | \$16 | \$16 |
| | Cámara | 1 | \$30 | \$30 |
| Total | | | | \$440 |

Fuente: Elaborado por el investigador

Gastos Indirectos

Se detalla a continuación todos los gastos indirectos que se necesitan en la realización del proyecto.

Tabla 36. Gastos Indirectos

| Detalle | Cantidad | V. Unitario | Total |
|----------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Alimentación | 40 | \$2.50 | \$100 |
| Comunicación | 10 | \$3 | \$30 |
| Impresiones | 500 | \$0.05 | \$25.00 |
| Total | | | \$155 |

Fuente: Elaborado por el investigador

Gastos Totales

Una vez estimado los gastos directos e indirectos se calcula el gasto total para el desarrollo del modelo de referencia, también se considera un 10% para imprevistos obteniendo el resultado total.

Tabla 37. Gastos Totales

| Detalle | Total |
|-------------------------------------|--------------|
| Total de Gastos Directos | \$440 |
| Total de Gastos Indirectos | \$155 |
| Gastos Directos + Gastos Indirectos | \$595 |
| Imprevistos (10%) | \$59.5 |
| Total | \$654.5 |

Fuente: Elaborado por el investigador

El presupuesto requerido para el desarrollo de esta investigación es de 654.50 dólares, como se detalla en las tablas 31,32 y 33, con lo cual se contribuye en el modelo de referencia IoT para diseño de casas inteligentes.

3.3.2 Valoración Tecnológica

El modelo de referencia IoT para casas inteligentes representa un aporte tecnológico significativo para la transición de hogares tradicionales a una nueva forma de servicios aplicando tecnologías para el hogar, donde se ha adaptado e incorporado elementos para el desarrollo e implementación en este dominio en específico, basados en modelos y recomendaciones generales encontrados en la literatura, de igual modo este modelo de referencia contribuye en fomentar la innovación y despliegue de casas inteligentes mediante una estructura que se debe tomar en cuenta al momento de planificar viviendas inteligentes.

3.3.3 Valoración Ambiental

Mediante un modelo de referencia IoT para casas inteligentes se puede planificar y adoptar tecnologías para el hogar, las cuales permiten economizar en cuanto a costos de consumo energético al permitir controlar la intensidad de la iluminación. el apagado automática de dispositivos cuando el usuario no está en casa, esto reduce el costo energético y desgaste de los elementos, además, al contar con sensores de gases, estos le notificarán de fugas para una oportuna reparación, esto sin duda genera beneficios en el medio ambiente.

3.4 Discusión de la aplicación y/o validación de la propuesta

Contar con un modelo de referencia de IoT para hogares permite la implementación y despliegue de estas tecnologías, de forma óptima, analizando los requerimientos que se debe tener en cuenta al momento de la planificación de nuevas construcciones que deseen incorporar IoT, así como los recursos existentes que se debe aprovechar en infraestructuras existentes.

Todas las capas y componentes planteados en el modelo de referencia propuesto son necesarios para la implementación de IoT en el hogar, así en su conjunto logran agrupar los componentes básicos para el despliegue de estas tecnologías. Es así que en la capa superior se detalla los objetivos que se desea logran con la implementación, para lo

cual se debe contar con modelos de negocio que faciliten los requerimientos técnicos, mantenimiento e instalación, en las capas inferiores se agrupa los aspectos técnicos para llevar a cabo la implementación: como aplicaciones a ser utilizadas, el almacenamiento de la información, el medio por el cual serán conectados los dispositivos, y los dispositivos que se utilizaran, cada uno de estos aspectos debe tener la capacidad de gestión y seguridad.

Actualmente los dispositivos IoT conectados a una red Wifi trabajan en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, si bien esta frecuencia proporciona un mayor rango de cobertura, se debe realizar un estudio de los beneficios que podrían aportar si trabajan en la frecuencia de 5 GHz, ya que esta frecuencia tiene varias ventajas como: más canales, menos interferencias, y más velocidad de conexión.

La innovación tecnológica trae consigo que cada día existan más vulnerabilidades y agujeros de seguridad que puedan ser explotados por terceros o atacantes maliciosos exponiendo a riesgos al usuario final, por lo que se debe realizar investigaciones que permita la elaboración de un escenario seguro de Internet de las Cosas basado en tecnologías, protocolos, requerimientos de tipo Software y Hardware que garanticen al usuario final una casa inteligente segura.

3.5 Conclusiones Capítulo III

- Para la implementación y despliegue del IoT en los hogares es necesario un modelo de referencia ya que este cuenta con análisis de requerimientos tecnológicos, en el cual se detalla las necesidades y alcance que va a tener el proyecto, así como los requerimientos de servicios que hagan posible la implementación de IoT en el hogar.
- La simulación es una buena herramienta de apoyo que permite reproducir virtualmente los procesos y estudiar su comportamiento, sirve para analizar el impacto de los posibles cambios o para comparar diferentes alternativas de diseño sin el alto coste de los experimentos a escala real.

- Con la implementación de dispositivos IoT en el hogar se puede llegar a tener una casa totalmente automatizada, que reaccione con alarmas bajo determinadas situaciones, ayudando a la seguridad física del hogar, así mismo con la implementación de diferentes sensores de protección personal ayuda a salvar vidas, al contar con el control de iluminación que se puede controlar la intensidad de acuerdo a las necesidades lo que conlleva a un ahorro de energía y sin duda provee de confort para el usuario.

CONCLUSIONES GENERALES

- Los avances tecnológicos han hecho que muchas de las barreras tradicionales hayan desaparecido a través del uso de tecnologías de información y comunicación, estas permiten implementar nuevas tecnologías aplicadas al hogar, de esta manera permitiendo automatizar funciones para la seguridad y confort de sus usuarios. La investigación bibliográfica ha sido fundamental para el desarrollo del proyecto ya que ha permitido revisar los diferentes aportes investigativos existentes acerca del IoT aplicado al hogar, aportando elementos necesarios para continuar con el proceso de investigación.
- El diseño del modelo de referencia IoT para hogares se ha desarrollado con base a la revisión sistemática de literatura, mediante análisis de modelos genéricos y a las variables obtenidas a través del proceso de validación por expertos mediante análisis estadístico para comprobar la validez del modelo propuesto, que además tuvo su aplicación y simulación acorde a las necesidades del usuario, todo esto permitirá que el modelo desarrollado brinde un mayor impulso a la implementación de IoT en los hogares.
- El IoT al ser implementado en el hogar brinda una mejor calidad de vida a sus ocupantes, mediante el ahorro de tiempo, energía y confort, por medio de la automatización, puede ser controlarlo todo desde un equipo móvil conectado a internet, localmente y de forma remota, contar con un modelo de referencia IoT

para hogares ayuda al despliegue de forma ordenada ya que contiene los elementos básicos necesarios para la implementación de estas tecnologías en el hogar.

RECOMENDACIONES

- Es importante para trabajos futuros considerar nuevas tendencias en tecnologías de la información y comunicación, así como en nuevos dispositivos inteligentes, ya que existen diferentes tipos de tecnologías que brindan diversas funciones las cuales permitirán una mayor eficiencia tanto en la administración y comunicación de los dispositivos IoT.
- Revisar el modelo de referencia de IoT para diseño de casas inteligentes en futuras investigaciones en donde se desee implementar, ya que a criterio del investigador las capas y componentes que conforman el modelo pueden ser de utilidad sobre todo para emprendedores y empresarios que deseen aplicar estas innovaciones tecnológicas, debido a que el modelo brinda la posibilidad de seguir creciendo.
- Es conveniente analizar y comparar las diferentes aplicaciones de IoT en aspectos como: seguridad, interoperabilidad con dispositivos de diferentes fabricantes, soporte y actualizaciones.

Referencias bibliográficas

- [1] A. I. Basco, G. Beliz, D. Coatz, and P. Garnero, *Industria 4.0: fabricando el futuro* vol. 647: Inter-American Development Bank, 2018.
- [2] J. L. del Val Román, "Industria 4.0: la transformación digital de la industria," in *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*, 2016.
- [3] A. M. M.-C. Santiago, A., "INDUSTRIA 4.0 SEMINARIO INAOE.," 2018.
- [4] L. J. Aguilar, *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*: Marcombo, 2017.
- [5] C. G. García, "MIDGAR: Interoperabilidad de objetos en el marco de Internet de las Cosas mediante el uso de Ingeniería Dirigida por Modelos," Universidad de Oviedo, 2017.
- [6] J. Salazar and S. Silvestre, "Internet de las cosas," *Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická*, 2016.
- [7] C. G. García, "Interoperabilidad de objetos en el marco de Internet de las Cosas mediante el uso de Ingeniería Dirigida por Modelos," Ingeniería Informática, Universidad de Oviedo, 2017.
- [8] CISCO, "Education and the Internet of Everything," *Cisco Consulting Services and Cisco EMEAR Education Team*, pp. 1-15, 2016.
- [9] J. I. Rodríguez Molano, "Metamodelo para la integración de la Internet de las cosas y redes sociales," 2017.
- [10] E. S. P. d. Litoral. (2018). *Simposio Revolución Industrial 4.0*. Available: <https://www.espol.edu.ec/es/evento/simposio-revoluci%C3%B3n-industrial-40>
- [11] R. Colmenares., "Retos del Internet de las Cosas en Latinoamérica," *América Retail*, 17 octubre, 2019.
- [12] Computerworld. (2018). *Industria 4.0: la nueva era de los negocios*. Available: <https://computerworld.com.ec/actualidad/tendencias/1112-industria-4-0-la-nueva-era-de-los-negocios.html>
- [13] S. Yagüe García, "Análisis del rol de las Casas Inteligentes en Smart City," 2020.
- [14] A. Oyegoke, "The constructive research approach in project management research," *International Journal of Managing Projects in Business*, 2011.
- [15] L. Kipper, Furstenau, L., Hoppe, D., Frozza, R., & Iespen, S, "Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis," *International Journal of Production Research*, 2019.

- [16] S. Kamble, Gunasekaran, A., & Gawankar, S., "Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. ," *Process Safety and Environmental Protection*, 408–425, 2018.
- [17] M. Cobo, Jürgens, B., Herrero-Solana, V., Herrera-Viedma, E., & Martínez, M., " Industry 4.0: a perspective based on bibliometric analysis," *Procedia Computer Science*, 364–371, 2018.
- [18] L. D. Xu, & Duan, L, "Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey," *Enterprise Information Systems*, pp. 1-23, 2018.
- [19] A. Pereira, & Romero, F, " Network and information security challenges within Industry 4.0 paradigm," *ScienceDirect*, 2017.
- [20] R. Neugebauer, Hippmann, S., Leis, M., & Landherr, M, "Industrie 4.0 From the Perspective of Applied Research," *ScienceDirect Procedia CIRP*, 2016.
- [21] M. Kranz, *Internet of things*: Editorial Almuzara, 2017.
- [22] R. Christoph, R. Muñoz, and Á. Hernández, "Manufactura aditiva," *Realidad y Reflexión*, pp. 97-109, 2016.
- [23] I. U. Esumer and O. de Tendencias Futuro, "Big Data y los nuevos manejos de la información," 2018.
- [24] J. L. S. Saquicela, "Transformación digital de la industria 4.0," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, vol. 5, pp. 1344-1356, 2020.
- [25] R. E. Villarreal González and J. A. Ramírez Corzo, "Perspectivas teóricas de las características del uso de la industria 4.0," 2020.
- [26] S. Chen, Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H, "A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective," *IEEE Internet of Things Journal*, pp. 349-359, 2014.
- [27] A. N. Ansari, Sedky, M., Sedky, M., & Tyagi, A, "An Internet of things approach for motion detection using Raspberry Pi. Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things," *ICIT*, pp. 131-134, 2015.
- [28] J. A. Arévalo, "El “Internet de las cosas...”," *Desiderata*, pp. 24-25, 2016.
- [29] A. Pisano, "Internet de la cosas," 2018.
- [30] V. Alvear-Puertas, P. Rosero-Montalvo, D. Peluffo-Ordóñez, and J. Pijal-Rojas, "Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura," *Enfoque UTE*, vol. 8, pp. 244-256, 2017.

- [31] D. Evans, "Internet de las cosas," *Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group-IBSG*, vol. 11, pp. 4-11, 2011.
- [32] U. I. d. Telecomunicaciones, "Descripción general de Internet de los objetos," 2015.
- [33] J. P. L. Alberto, V. V. W. Adrián, and V. E. N. Fernando, "Estado del arte de las arquitecturas de internet de las cosas (iot)," ed: UPM, 2014.
- [34] O. Vermesan, Friess, P, "Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment," *IERC*, 2015.
- [35] N. B. A. Zanella, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet Things*, vol. 1, pp. 22-32, 2014.
- [36] H. Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham, and T. Watson, "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework," *Computers in industry*, vol. 101, pp. 1-12, 2018.
- [37] H. S. Y. Sun, A. J. Jara, and R. Bie, "Internet of Things and Big Data Analytics for Smart and Connected Communities," *IEEE*, vol. 4, 2016.
- [38] G. Fortino, W. Russo, C. Savaglio, W. Shen, and M. Zhou, "Agent-oriented cooperative smart objects: From IoT system design to implementation," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 48, pp. 1939-1956, 2017.
- [39] D. E. S. Ochoa, J. D. M. Castro, and J. A. Zapata, "COLOMBIA INTELIGENTE," *CIDET*, 2018.
- [40] CISCO, "The Internet of Things," 2015.
- [41] IEEE, "Talks IOT," 2015.
- [42] H. Ghayvat, S. Mukhopadhyay, X. Gui, and N. Suryadevara, "WSN-and IOT-based smart homes and their extension to smart buildings," *Sensors*, vol. 15, pp. 10350-10379, 2015.
- [43] M. G. Institute, "The Internet of Things: How to capture the value of IoT," *McKinsey&Company* 2018.
- [44] J. Manyika, "The internet of things: Mapping the value beyond the hype," *Mckinsey Glabal Institute*, 2015.
- [45] L. H. Holguín Salazar, "Hogar inteligente utilizando internet de las cosas," Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de ..., 2018.

- [46] G. E. Meneses Palomeque and C. J. Pesántez Ávila, "Diseño e Implementación de un Asistente Virtual para Control y Monitoreo de una Casa Inteligente," Universidad del Azuay, 2017.
- [47] T. Alejandro and C. Alexander, "Diseño e implementación de un sistema domótico basado en iot," Machala: Universidad Técnica de Machala, 2020.
- [48] D. W. Herrera Chávez, "Diseño e implementación de un prototipo de seguridad para control domótico basado en IoT bajo ambientes de dispositivos móviles con Android," Quito, 2020., 2020.
- [49] D. F. Cevallos Troya, "Desarrollo de un sistema iot para el monitoreo del consumo eléctrico de los dispositivos electrónicos domésticos de mayor consumo," Quito, 2020.
- [50] G. Campos and N. E. L. Martínez, "La observación, un método para el estudio de la realidad," *Xihmai*, vol. 7, pp. 45-60, 2012.
- [51] M. Bunge, *La investigación científica: su estrategia y su filosofía: Siglo XXI*, 2002.
- [52] R. H. Sampieri, C. F. Collado, P. B. Lucio, S. M. Valencia, and C. P. M. Torres, *Metodología de la investigación* vol. 1: Mcgraw-hill México, DF, 1998.
- [53] A. Rodríguez Jiménez and A. O. Pérez Jacinto, "Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento," *Revista Ean*, pp. 179-200, 2017.
- [54] T. M. Cabrera and J. J. C. Cardona, "La Etnografía: una posibilidad metodológica para la investigación en cibercultura," *Encuentros*, vol. 12, pp. 93-103, 2014.
- [55] L. Tseng, L. Wong, S. Otoum, M. Aloqaily, and J. B. Othman, "Blockchain for managing heterogeneous internet of things: A perspective architecture," *IEEE network*, vol. 34, pp. 16-23, 2020.
- [56] M. Oppitz and P. Tomsu, "Internet of things," in *Inventing the Cloud Century*, ed: Springer, 2018, pp. 435-469.
- [57] A. Al-Fuqaha, A. Khreishah, M. Guizani, A. Rayes, and M. Mohammadi, "Toward better horizontal integration among IoT services," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, pp. 72-79, 2015.
- [58] A. Vélez Pérez, "Arquitecturas de referencia para IoT con transferencia segura de información."
- [59] B. Di Martino, M. Rak, M. Ficco, A. Esposito, S. A. Maisto, and S. Nacchia, "Internet of things reference architectures, security and interoperability: A survey," *Internet of Things*, vol. 1, pp. 99-112, 2018.

- [60] A. Gerber, "Simplifique el desarrollo de sus soluciones de IoT con arquitecturas de IoT," *Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-lp201-iot-architectures/index.html>*, 2017.
- [61] H. P. Breivold, "A Survey and Analysis of Reference Architectures for the Internet-of-things," in *ICSEA 2017*, 2017, p. 143.
- [62] L. Boyanov, V. Kisimov, and Y. Christov, "Evaluating IoT Reference Architecture," in *2020 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, 2020, pp. 1-5.
- [63] IEEE, "Towards a Definition of the IoT," 2015.
- [64] F. Vásquez, "Prototype for monitoring patients at rest with Wearable and IoT Technology (June 2017)," in *2017 IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN)*, 2017, pp. 1-6.
- [65] P. Oppenheimer, K. Nabozny, and J. B. Wilson, *Top-down network design*: Cisco Press Indianapolis, 2011.
- [66] F. A. Martín, *La encuesta: una perspectiva general metodológica* vol. 35: CIS, 2011.
- [67] A. Matas, "Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión," *Revista electrónica de investigación educativa*, vol. 20, pp. 38-47, 2018.
- [68] H. C. Oviedo and A. C. Arias, "Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach," *Revista colombiana de psiquiatría*, vol. 34, pp. 572-580, 2005.
- [69] E. B. Herreras, "SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos," *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, vol. 2, pp. 62-69, 2005.
- [70] J. D. H. Lalinde, F. E. Castro, J. E. Rodríguez, J. G. C. Rangel, C. A. T. Sierra, M. K. A. Torrado, *et al.*, "Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones," *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, vol. 37, pp. 587-595, 2018.
- [71] C. Laguna, "Correlación y regresión lineal," *Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud*, vol. 4, pp. 1-18, 2014.
- [72] S. Dagnino, "Regresión lineal," *Rev. Chil. Anest*, vol. 43, pp. 143-149, 2014.
- [73] R. M. Granados, "Modelos de regresión lineal múltiple," *Granada, España: Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Granada*, 2016.
- [74] E. Uriel, "El modelo de regresión simple: estimación y propiedades," *Introducción a la econometría*, pp. 1-49, 2013.

- [75] R. V. Baños, M. Torrado-Fonseca, and M. R. Alvarez, "Anàlisi de regressió lineal múltiple amb SPSS: un exemple pràctic," *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, vol. 12, pp. 1-10, 2019.
- [76] A. Pardo Merino and M. Ruiz Díaz, "Análisis de regresión lineal: El procedimiento Regresión lineal," *Análisis de datos con SPSS 13 Base*, pp. 337-377, 2005.
- [77] D. C. Yacchirema Vargas, "Arquitectura de Interoperabilidad de dispositivos físicos para el Internet de las Cosas (IoT)," 2019.
- [78] J. Janitor, F. Jakab, and K. Kniewald, "Visual learning tools for teaching/learning computer networks: Cisco networking academy and packet tracer," in *2010 Sixth International Conference on Networking and Services*, 2010, pp. 351-355.
- [79] C. P. Tracer, "Cisco networking academy," ed: San Jose, CA: Cisco Systems Inc, 2019.

ANEXOS

Anexo I: Encuesta de Validación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

El objetivo de esta encuesta es conocer la perspectiva de los profesionales expertos, con respecto al diseño de modelos de referencia IoT (Internet de las cosas) para diseño de casas inteligentes. La encuesta va dirigida a profesionales expertos en el área de sistemas de información, redes, IoT, automatización, domótica. Los resultados de la encuesta serán utilizados específicamente para fines académicos. La encuesta se encuentra dividida en dos secciones. En la sección 1 se presenta preguntas relacionadas con las características de las personas encuestadas. En la sección 2 preguntas relacionadas con la información de validación y verificación de los requerimientos del modelo de referencia.

Encuesta:

Sección 1: Datos del Experto

| | |
|--|--|
| Edad | |
| Genero | Masculino <input checked="" type="radio"/> Femenino <input type="radio"/> |
| Profesión | |
| Área de Trabajo | |
| Cargo que Desempeña | |
| Años de Experiencia en temas relacionados con IoT | Menor a 1 año <input checked="" type="radio"/> Entre 1 y 2 años <input type="radio"/> Entre 2 y 3 años <input type="radio"/> Entre 3 y 4 años <input type="radio"/> Mayor a 4 años <input type="radio"/> |

Sección 2: Validación y Verificación de los Requerimientos

En esta sección se presentan preguntas relacionadas con las capas que pueden influir en el diseño del modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes

Conteste las preguntas considerando la escala del 1 al 5 el nivel de influencia de cada capa

1 -> No influye

2 -> Baja influencia

3 -> Media influencia

4 -> Alta influencia

5 -> Totalmente influyente

| Capas del Modelo de Referencia IoT | Grado de Acuerdo | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ¿Qué nivel de influencia cree Usted que tiene un modelo de referencia de IoT en el diseño de casas inteligentes? | | | | | |
| ¿Considera Usted que la Capa de Dispositivos influye en el diseño de un modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes? | | | | | |
| ¿Considera Usted que la Capa de Red influye en la adopción de tecnologías para el hogar? | | | | | |
| ¿Cómo influye la Capa de Gestión de Servicio en el modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes? | | | | | |
| Determine el nivel de influencia que tiene la Capa de Aplicaciones en la interacción presencial o remotamente con los diferentes objetos IoT | | | | | |
| ¿Qué nivel de influencia cree Usted que tiene la Capa de Seguridad transversal del modelo de referencia IoT en la adopción de tecnologías para el hogar? | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| ¿En qué nivel cree Usted que la Capa de Gestión transversal influye en el modelo de referencia IoT para casas inteligentes? | | | | | |
| Determine el nivel de influencia de la Capa de Modelos de Negocio en la adopción de IoT en el hogar | | | | | |
| ¿Cómo influye la Capa de Planificación para la implementación IoT en el hogar? | | | | | |

De los componentes presentados a continuación, señale el nivel de influencia que Usted considere que tiene cada uno para el modelo de referencia IoT para casas inteligentes

| Capas | Componentes | Grado de Influencia | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Dispositivos | Capacidades de Dispositivo | | | | | |
| | Capacidades de pasarela | | | | | |
| Red | Capacidades de red | | | | | |
| | Capacidades de transporte | | | | | |
| Gestión de servicios | Almacenamiento | | | | | |
| Aplicaciones IoT | Aplicaciones útiles para el usuario | | | | | |
| Seguridad | Capacidades de seguridad | | | | | |
| Gestión | Capacidades de gestión | | | | | |
| Negocios | Gestión de negocio | | | | | |
| Estrategia | Planes estratégicos | | | | | |

Anexo II: Perfiles Profesionales

PERFIL PROFESIONAL

DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Gustavo Rodríguez Bárcenas
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1757001357
SEXO: Masculino
DIRECCIÓN: Latacunga
TELÉFONO: 0987658959
E-MAIL: Gustavo.rodriguez@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

Master en Nuevas Tecnologías para la Educación:

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa:

Fecha de Registro: 2015

Master en Ciencias de la Información:

Universidad de la Habana:

Fecha de Registro: 2015

PhD en Documentación Científica:

Universidad de granada:

Fecha de Registro: 2015

EXPERIENCIA LABORAL

Director de TIC UTC

Coordinador de la Dirección de Posgrado UTC

PERFIL PROFESIONAL

DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Cristobal Gabriel Culqui Mullo
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0503145633
SEXO: Masculino
DIRECCIÓN: Latacunga Av. Napo y Guayaquil
TELÉFONO: 0960463639

FORMACIÓN ACADÉMICA

INGENIERO EN ELECTRONICA Y REDES DE INFORMACION:

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Fecha de registro: 2016

EXPERIENCIA LABORAL

Trabajo actual: CEO: Capacitaciones profesionales

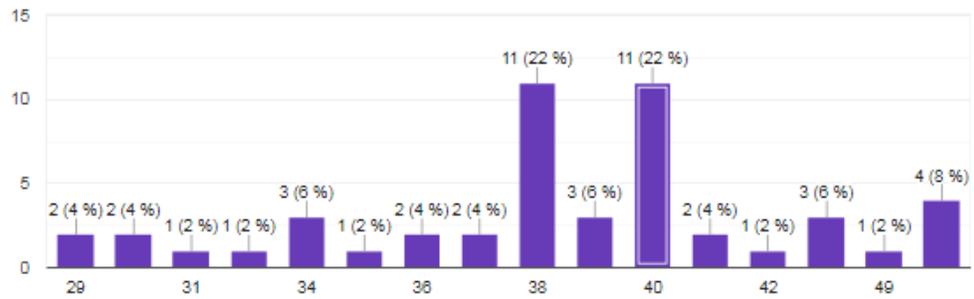
Avantec: Diseño de redes de fibra óptica

Anexo III: Resultados de la encuesta

Sección 1: Información General

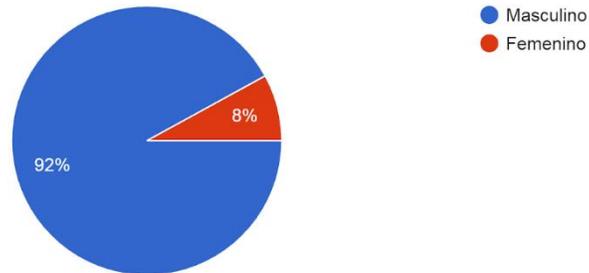
Edad

50 respuestas



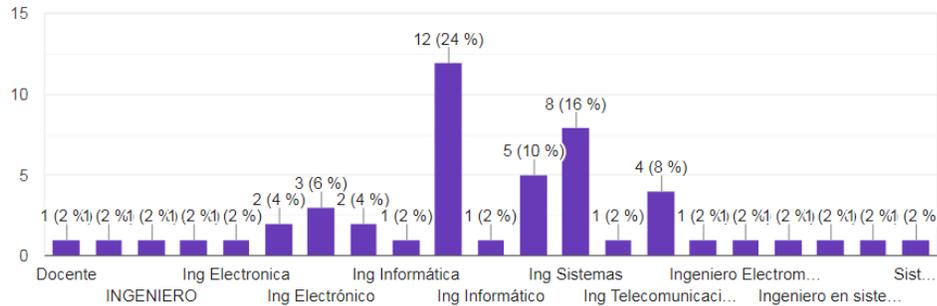
Genero

50 respuestas



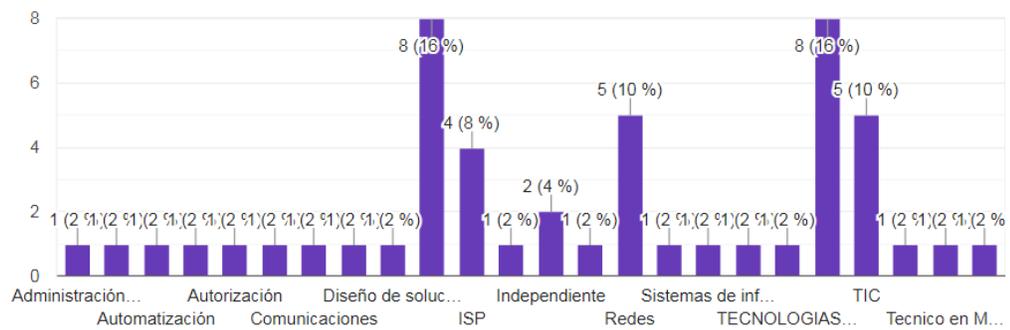
Profesión

50 respuestas



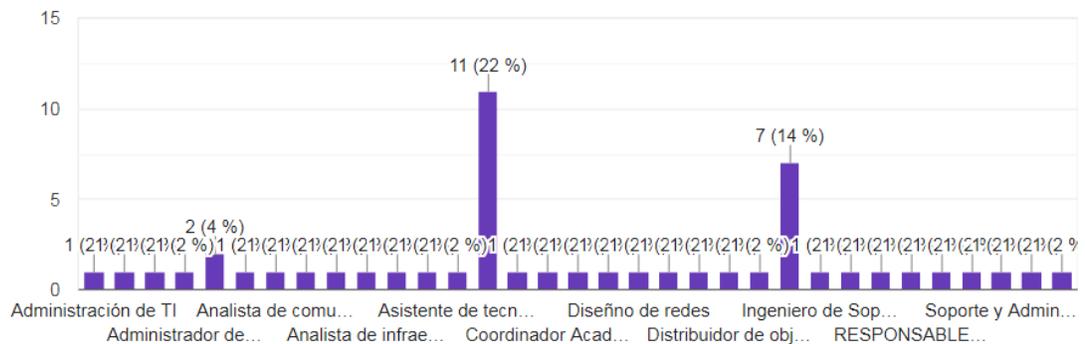
Área de Trabajo

50 respuestas

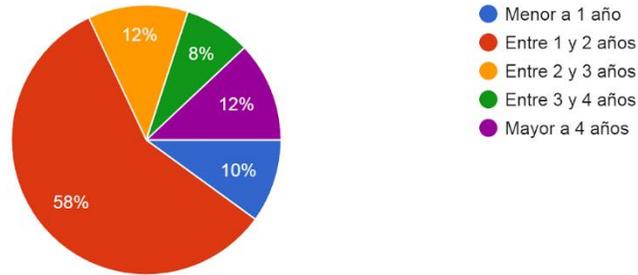


Cargo que Desempeña

50 respuestas



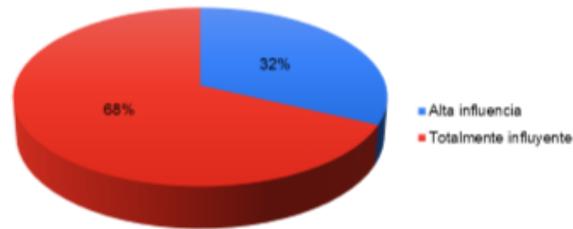
Años de Experiencia en temas relacionados con IoT
50 respuestas



Sección 2: Validación y Verificación de los Requerimientos

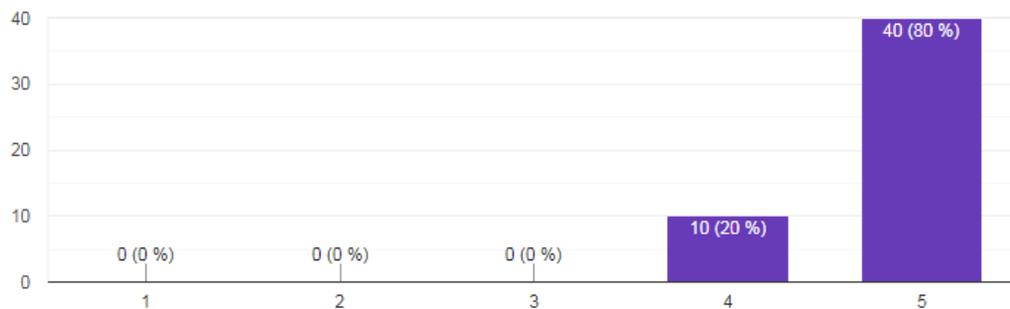
¿Qué nivel de influencia cree Usted que tiene un modelo de referencia de IoT en el diseño de casas inteligentes?

50 respuestas



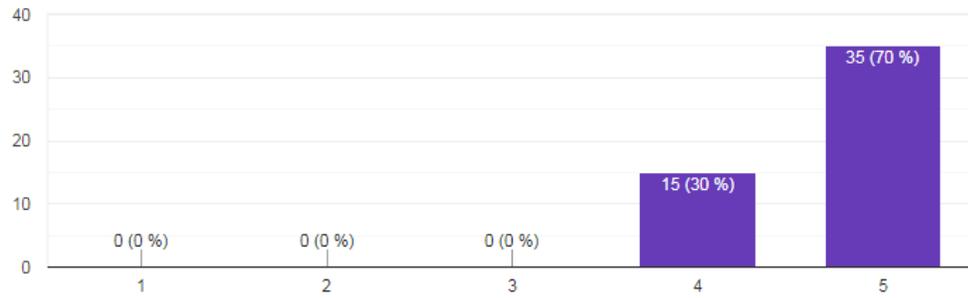
¿Considera Usted que la Capa de Dispositivos influye en el diseño de un modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes?

50 respuestas



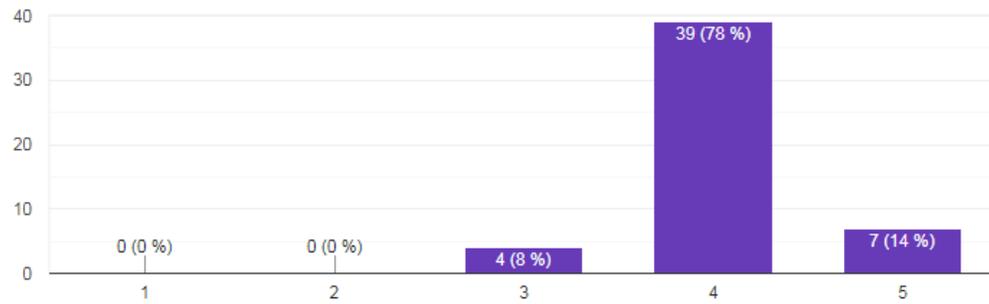
¿Considera Usted que la Capa de Red influye en la adopción de tecnologías para el hogar?

50 respuestas



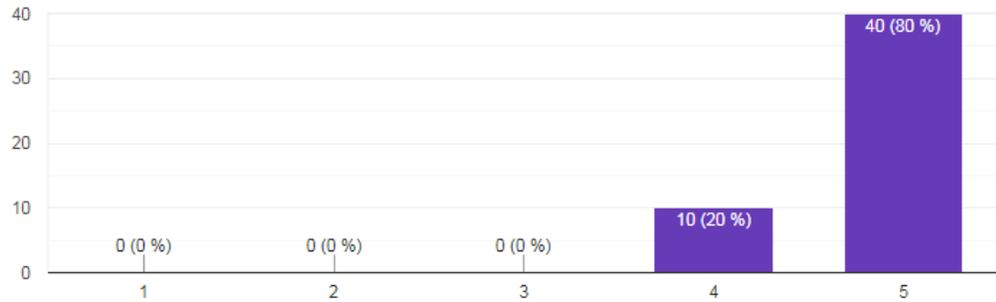
¿Cómo influye la Capa de Gestión de Servicio en el modelo de referencia IoT para el diseño de casas inteligentes?

50 respuestas



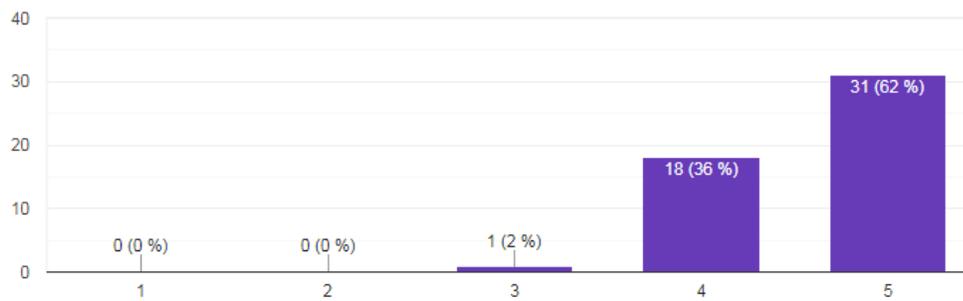
Determine el nivel de influencia que tiene la Capa de Aplicaciones en la interacción presencial o remotamente con los diferentes objetos IoT

50 respuestas



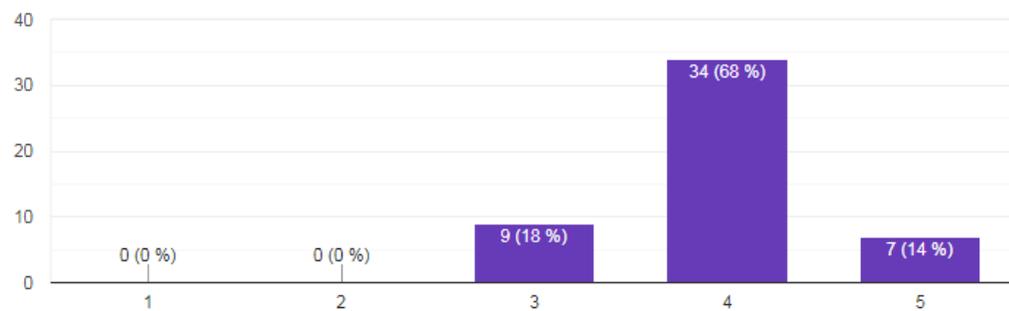
¿Qué nivel de influencia cree Usted que tiene la Capa de Seguridad transversal del modelo de referencia IoT en la adopción de tecnologías para el hogar?

50 respuestas



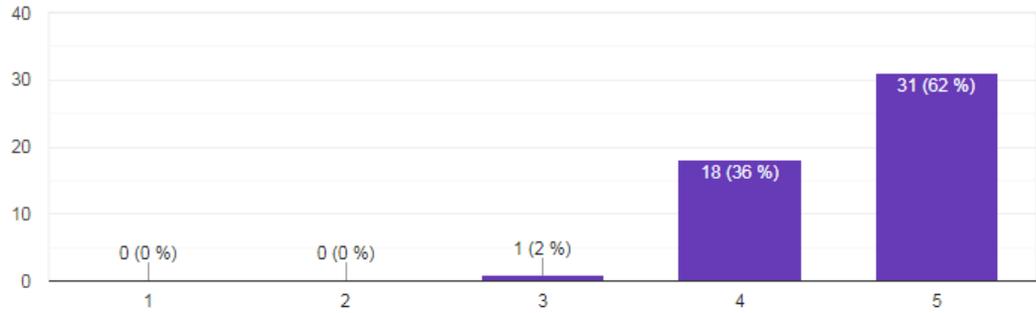
¿En qué nivel cree Usted que la Capa de Gestión transversal influye en el modelo de referencia IoT para casas inteligentes?

50 respuestas



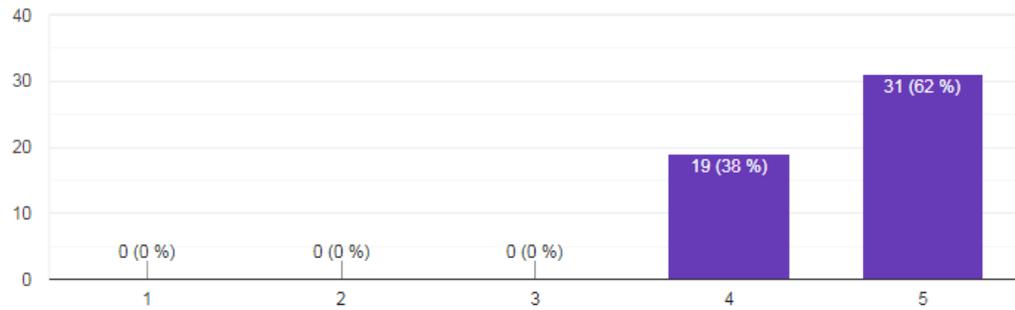
Determine el nivel de influencia de la Capa de Modelos de Negocio en la adopción de IoT en el hogar

50 respuestas

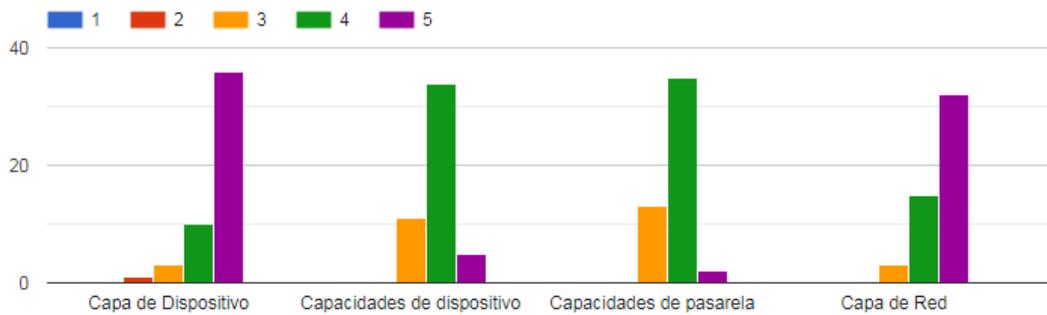


¿Cómo influye la Capa de Planificación para la implementación IoT en el hogar?

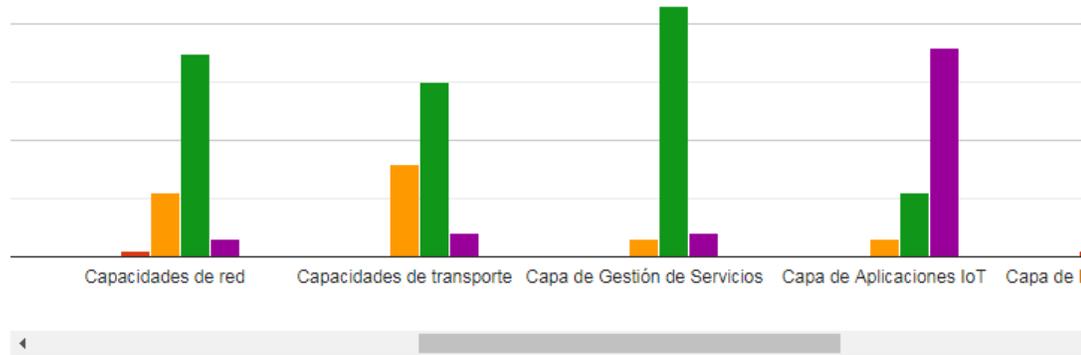
50 respuestas



De los componentes presentados a continuación, señale el nivel de influencia que Usted considere que tiene cada uno para el modelo de referencia IoT para casas inteligentes



De los componentes presentados a continuación, señale el nivel de influencia que Usted considere que tiene cada uno para el modelo de referencia IoT para casas inteligentes



De los componentes presentados a continuación, señale el nivel de influencia que Usted considere que tiene cada uno para el modelo de referencia IoT para casas inteligentes

