



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES**

**“DISEÑO Y EVALUACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE
SIMULACIÓN UNA RED IOT QUE PERMITA EL
CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL CASO DE
ESTUDIO “CASAS INTELIGENTES””**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:

JOSÉ PATRICIO CASTILLO RUIZ

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES

**“DISEÑO Y EVALUACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE
SIMULACIÓN UNA RED IOT QUE PERMITA EL
CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL CASO DE
ESTUDIO “CASAS INTELIGENTES””**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al Grado Académico de:
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: JOSÉ PATRICIO CASTILLO RUIZ

DIRECTOR: Ing. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA M.Sc.

Riobamba-Ecuador

2022

© 2022, José Patricio Castillo Ruiz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo José Patricio Castillo Ruiz, declaró que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación: El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de abril de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Patricio Castillo Ruiz', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

José Patricio Castillo Ruiz

160080129-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica. “**DISEÑO Y EVALUACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN UNA RED IOT QUE PERMITA EL CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL CASO DE ESTUDIO “CASAS INTELIGENTES”**” realizado por el señor **JOSÉ PATRICIO CASTILLO RUIZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Alberto Arellano Aucancela PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ALBERTO LEOPOLDO ARELLANO AUCANCELA	2022-04-18
Ing. Oswaldo Geovanny Martínez G. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA Firmado digitalmente por OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA	2022-04-18
Ing. Paul Patricio Romero Riera MIEMBRO DEL TRIBUNAL	PAUL PATRICIO ROMERO RIERA Firmado digitalmente por PAUL PATRICIO ROMERO RIERA Fecha: 2022.05.17 23:47:06 -05'00'	2022-04-18

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, que con su cuidado y bendición me ha guiado para cumplir este logro. A mis padres que con su apoyo hicieron esto posible. A mis hermanos que siempre han estado a mi lado. A toda mi familia y mis amigos que han estado pendientes de mí durante este proceso universitario.

José

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y mis padres por darme la fuerza necesaria para continuar mis estudios. A la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo por brindarme la formación necesaria y una carrera profesional, de igual manera a sus docentes quienes han compartido sus conocimientos conmigo. Gracias a mis compañeros de clase y mis amigos que colaboraron cuando los necesite, agradezco de corazón a todos los que me ayudaron a cumplir este logro.

José

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Estado del arte	4
1.2. Bases teóricas de internet de las cosas	5
1.2.1. <i>Internet de las cosas IoT</i>	5
1.2.1.1. <i>¿Qué es el internet de las cosas? (IoT)</i>	6
1.2.2. <i>Características de IoT</i>	7
1.2.3. <i>Arquitectura de IoT (capas)</i>	8
1.2.4. <i>Conectividad y protocolos de IoT</i>	10
1.2.4.1. <i>Redes de IoT</i>	10
1.2.4.2. <i>Protocolos de aplicación</i>	11
1.2.5. <i>Dominios de aplicación de IoT</i>	12
1.3. Domótica - Casas inteligentes	13
1.3.1. <i>Beneficios de la domótica</i>	13
1.3.2. <i>Componentes en domótica</i>	14
1.3.3. <i>Arquitectura en domótica</i>	15
1.4. Software de simulación IoT	17
1.4.1. <i>Simuladores, emuladores y bancos de pruebas para IoT</i>	17
1.4.2. <i>Lenguaje de programación visual (VPL) de IoT</i>	18
1.5. Marco legal.....	19

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DE LA RED IoT DE CASA INTELIGENTE.....	21
2.1. Topología general de la red IoT	21
2.2. Modelado 3D de la casa inteligente	22

2.2.1.	<i>Planos en Adobe Illustrator</i>	22
2.2.2.	<i>Modelado 3D en 3ds Max</i>	23
2.3.	Condiciones de la red IoT doméstica	23
2.3.1.	<i>Sistemas IoT</i>	23
2.3.2.	<i>Atajos IoT</i>	24
2.4.	Simulación de la red IoT externa	25
2.5.	Configuración de los dispositivos	27
2.6.	Simulación de red IoT en el hogar	28
2.6.1.	<i>Sistema IoT de iluminación (luces)</i>	28
2.6.2.	<i>Sistema IoT de cámaras de seguridad</i>	29
2.6.3.	<i>Sistema IoT de detección de incendios</i>	30
2.6.4.	<i>Sistema IoT puertas y ventanas</i>	30
2.6.5.	<i>Atajo IoT dormir</i>	31
2.6.6.	<i>Atajo IoT bañarse</i>	32
2.6.7.	<i>Atajo IoT reunión</i>	32
2.6.8.	<i>Atajo IoT cochera</i>	33

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	34
3.1.	Pruebas en sistemas	34
3.1.1.	<i>Sistema IoT de iluminación (luces)</i>	34
3.1.2.	<i>Sistema IoT de cámaras de seguridad</i>	35
3.1.3.	<i>Sistema IoT de detección de incendios</i>	37
3.1.4.	<i>Sistema IoT puertas y ventanas</i>	39
3.2.	Pruebas en atajos	40
3.2.1.	<i>Atajo IoT dormir</i>	40
3.2.1.1.	<i>Opción acostarse</i>	41
3.2.1.2.	<i>Opción levantarse</i>	42
3.2.2.	<i>Atajo IoT bañarse</i>	43
3.2.2.1.	<i>Opción bañera</i>	43
3.2.2.2.	<i>Opción ducha</i>	44
3.2.3.	<i>Atajo IoT reunión</i>	45
3.2.3.1.	<i>Opción reunión en la sala</i>	46
3.2.3.2.	<i>Opción reunión en el patio</i>	47
3.2.4.	<i>Atajo IoT cochera</i>	48
3.2.4.1.	<i>Opción Abrir cochera</i>	48

3.2.4.2.	<i>Opción Cerrar cochera</i>	49
----------	------------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.	GESTIÓN DEL PROYECTO	51
4.1.	Cronograma	51
4.2.	Recursos Materiales	51
4.3.	Presupuesto	51
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES	544
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Tecnologías de red utilizadas en IoT.....	10
Tabla 1-4:	Presupuesto de equipamiento.....	52
Tabla 2-4:	Presupuesto de suministros.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: La Historia de los ciclos de innovación.....	6
Figura 2-1: Características del internet de las cosas.....	7
Figura 3-1: Modelo de 7 capas de la arquitectura IoT.....	8
Figura 4-1: Protocolos IoT dentro del modelo OSI.....	11
Figura 5-1: Dominios de aplicación de IoT.....	12
Figura 6-1: Accesibilidad en domótica.....	14
Figura 7-1: Dispositivos de sistemas de domótica.	15
Figura 8-1: Tipos de arquitectura en domótica.....	16
Figura 9-1: Entorno Cisco Packet Tracer	19
Figura 1-2: Topología de la red IoT	21
Figura 2-2: Planos arquitectónicos de la casa inteligente.....	22
Figura 3-2: Modelado 3D casa inteligente	23
Figura 4-2: Simulación red externa	26
Figura 5-2: Panel de configuración de red global e inalámbrica.....	27
Figura 6-2: Panel de programación	27
Figura 7-2: Monitor IoT	28
Figura 8-2: Simulación sistema IoT iluminación.	29
Figura 9-2: Simulación sistema IoT cámaras de seguridad.....	29
Figura 10-2: Simulación sistema IoT de detección de incendios.....	30
Figura 11-2: Simulación sistema IoT puertas y ventanas	31
Figura 12-2: Simulación atajo IoT dormir.....	31
Figura 13-2: Simulación atajo IoT bañarse.....	32
Figura 14-2: Simulación atajo IoT reunión.....	32
Figura 15-2: Simulación atajo IoT cochera	33
Figura 1-3: Simulación de luces on/off, sistema luces	34
Figura 2-3: Monitor IoT luces en on/off, sistema luces	34
Figura 3-3: Simulación de luces patio y escaleras, sistema luces	35
Figura 4-3: Monitor IoT luces patio y escaleras, sistema luces.....	35
Figura 5-3: Simulación cámaras activadas, sistema cámaras	36
Figura 6-3: Monitor IoT cámaras y sensores, sistema cámaras.....	36
Figura 7-3: Navegador de correo, sistema cámaras.....	37
Figura 8-3: Simulación detectores y ventanas encendidas, sistema detección.....	38
Figura 9-3: Monitor IoT detectores y ventanas, sistema detección.....	38
Figura 10-3: Navegador de correo, alerta, sistema de detección	39

Figura 11-3: Simulación puertas y ventanas, sistema puertas y ventanas	39
Figura 12-3: Monitor IoT puertas y ventanas, sistema puertas y ventanas.....	40
Figura 13-3: Simulación opción acostarse, atajo dormir	41
Figura 14-3: Monitor IoT opción acostarse, atajo dormir.....	41
Figura 15-3: Simulación opción levantarse, atajo dormir.....	42
Figura 16-3: Monitor IoT opción levantarse, atajo dormir	42
Figura 17-3: Simulación opción bañera, atajo tomar un baño	43
Figura 18-3: Monitor IoT opción bañera, atajo tomar un baño	44
Figura 19-3: Simulación opción ducha, atajo tomar un baño	44
Figura 20-3: Monitor IoT opción ducha, atajo tomar un baño	45
Figura 21-3: Simulación opción reunión en la sala en la noche, atajo reunión	46
Figura 22-3: Monitor IoT opción reunión en la sala en la noche, atajo reunión.....	46
Figura 23-3: Simulación opción reunión en el patio, atajo reunión.....	47
Figura 24-3: Monitor IoT opción reunión en el patio, atajo reunión	47
Figura 25-3: Simulación opción abrir cochera, atajo cochera	48
Figura 26-3: Monitor IoT opción abrir cochera, atajo cochera.....	49
Figura 27-3: Simulación opción cerrar cochera, atajo cochera.....	49
Figura 28-3: Monitor IoT opción cerrar cochera, atajo cochera	50
Figura 1-4: Diagrama de Gantt.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESCENARIOS SIMULADOS EN CISCO PACKET TRACER.

ANEXO B: DETALLES DE LA RED UTILIZADOS EN LAS SIMULACIONES DE IOT.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

IoT	Internet de las cosas
M2M	Máquina a Máquina
DNS	Sistema de nombres de dominio
IaaS	Infraestructura como servicio
PaaS	Plataforma como servicio
SaaS	Software como servicio
3G	Telefonía móvil de tercera generación
IoE	Internet de todo
LPWAN	Redes de área extensa de bajo consumo
MQTT	Transporte de Telemetría MQ
CoAP	Protocolo de Aplicación Restringido
HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
IP	Protocolo de internet
VPL	Lenguaje de Programación Visual
ICM	Aplicaciones industriales, científicas y médicas
WAN	Red de área amplia
ISP	Proveedor de servicios de internet
DHCP	Protocolo de configuración dinámica de host
MCU	Unidad de microcontrolador
SBC	Computadora de placa única
ARCOTEL	Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar y evaluar mediante software de simulación una red de internet de las cosas (IoT) para el hogar que permita el control y monitoreo en tiempo real. Se realizó una revisión bibliográfica de los avances en el área de la tecnología del internet de las cosas, teniendo en cuenta el diseño de redes y diferentes escenarios simulados, también se investigó acerca del área de las casas inteligentes para determinar sus características y necesidades. Como parte del proyecto se analizó las funcionalidades y características de los distintos software de simulación IoT, determinando el uso del simulador Cisco Packet Tracer como el más apropiado. El desarrollo del proyecto se estructuró mediante el diseño de la topología de red IoT que incluye la red local del hogar, el servicio IoT y la red celular para acceso remoto. Para la red IoT del hogar primero se recreó un modelo 3D de una casa en la cual se plantearon sistemas y atajos con condiciones consideradas importantes para los usuarios, luego se simularon en diferentes escenarios usando los planos arquitectónicos de la casa para tener en cuenta la disposición de los objetos. Por último, se evaluó los escenarios junto al modelado 3D comprobando el cumplimiento de las condiciones planteadas y los requerimientos de monitoreo y control en tiempo real. Se recomienda crear funciones que generen un uso continuo de los dispositivos IoT.

Palabras Clave: <INTERNET DE LAS COSAS (IOT)> <CASA INTELIGENTE>
<SIMULADORES IOT> <SIMULADOR CISCO PACKET TRACER> <MONITOREO Y CONTROL>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0632-DBRA-UPT-2022

2022-04-07

SUMMARY

The objective of the research was to design and evaluate by means of simulation software a network of internet of things (IoT) for the home that allows control and monitoring in real time. It was developed by a bibliographic review of the advances in the area of internet technology of the things, taking into account the design of networks and different simulated scenarios, it was also investigated the area of smart homes to determine their characteristics and needs. As part of the project, the functionalities and characteristics of the different IoT simulation software, determining the use of the Cisco Packet Tracer simulator as the most appropriate. The development of the project was structured through the design of the topology IoT network including local home network, IoT service and cellular network for remote access. For the home IoT network, a 3D model of a house was first recreated in which systems and shortcuts with conditions considered important for users, then they were simulated in different scenarios using the architectural plans of the house to take into account the arrangement of objects. Finally, the scenarios were evaluated together with the 3D modeling verifying compliance with the conditions set forth and the monitoring requirements and real-time control. It is recommended to create functions that generate a continuous use of the IoT devices.

Key Words: <INTERNET OF THINGS (IOT)> <SMART HOME> <IOT SIMULATORS>
<CISCO PACKET TRACER SIMULATOR> <MONITORING AND CONTROL>.



Firmado electrónicamente por:
WILSON GONZALO
ROJAS YUMISACA

INTRODUCCIÓN

En los últimos años un área de la tecnología que crece de forma acelerada es el de las casas inteligentes, que consta en disponer de un sistema formado por varios dispositivos en el hogar con el fin de controlar y monitorizar objetos y áreas de nuestro interés, este tipo de servicios es mejor conocido como domótica, desde la aparición del control remoto, la visión de cómo nos relacionamos con el entorno en el hogar empezó a cambiar, la facilidad de controlar cualquier objeto o vigilar el hogar desde la comodidad de un smartphone impulsaron el desarrollo de tecnologías y empresas destinadas a proveer este servicio, como parte de este avance se crea la definición de internet de las cosas (IoT) el cual es un área de la tecnología que permite dotar a objetos de capacidades de adquisición de información tanto del entorno físico como del estado actual del objeto, de tal forma que puedan comunicarse entre ellos y ofrecer nuevos servicios a sus usuarios (Ballard, 2016, párr.2).

Dentro de esta situación como parte del desarrollo de una casa inteligente se debe realizar el diseño y simulación de una red IoT, para esto es necesario seleccionar el software simulador con las mayores ventajas en el campo de las tecnologías IoT que además permita evaluar el funcionamiento correcto de la red.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se puede diseñar y evaluar mediante software de simulación una red IoT que permita el control y monitoreo en tiempo real, para mejorar la comodidad y seguridad en el hogar?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los requerimientos necesarios que debe cumplir un software simulador de redes IoT, para el diseño y evaluación de una casa inteligente?

¿Cuál será el funcionamiento y comportamiento de los distintos módulos y dispositivos electrónicos al ser utilizados en el diseño?

¿Qué tipo de red se podrá adaptar al diseño para cumplir con los requerimientos definidos en la investigación?

¿El diseño de red IoT cumple con los requerimientos establecidos para el control y monitoreo en tiempo real?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Hoy en día la automatización del hogar se ha popularizado gracias al desarrollo acelerado de la tecnología, sin embargo aún es relativamente caro comprar o construir una casa totalmente inteligente, en vista del creciente mercado y con la visión de facilitar la creación de estos hogares inteligentes muchas empresas han desarrollado una gran variedad de software que permite el diseño y evaluación de casas que usan las nuevas tecnologías como IoT, una simulación permite adquirir experiencia de manera rápida con un bajo costo, por ejemplo podemos elegir la posición de los objetos a controlar de una manera que sea cómoda para el usuario, también permite colocar cámaras de forma que se consiga la mayor seguridad, es decir auxilia el proceso de innovación ya que permite al experimentador observar y manipular el sistema, por lo cual generar una correcta simulación, otra ventaja de una simulación es poder evaluar por ejemplo el funcionamiento de la red, es decir que los dispositivos se conecten e interactúen entre sin que existan interferencias y de la forma más eficiente.

Además, es importante mencionar que, debido al problema de salud pública provocado por la pandemia, la institución necesita aumentar el conocimiento en el área de la automatización y monitoreo, que mejora la calidad de vida y seguridad de las personas, como parte de este conocimiento en esta nueva área es necesario crear investigación en la simulación como primer paso para implementar casas inteligentes con tecnología IoT.

Por lo citado anteriormente se cree conveniente crear el diseño y evaluación de una red IoT, centrándose en el estudio de las casas inteligentes, lo cual permite el avance en conocimientos de software dedicado al área de las tecnologías IoT y al área de diseño y construcción de casas inteligentes.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Es importante recalcar que el uso de la tecnología como herramienta de ayuda y de múltiples aplicaciones enfocadas en la comodidad y seguridad han mejorado la calidad de vida de las personas, como el presente diseño que se enfoca en la simulación de una casa inteligente, mediante el uso de las tecnologías de IoT convirtiendo al hogar en un sistema sencillo, autónomo, de bajo consumo de potencia permitiendo ser de alta durabilidad energética.

Mediante objetos con capacidades IoT se puede controlar todo el tiempo la temperatura, las luces, el cuidado del jardín entre otros lo cual brindan mayor comodidad al usuario, también es posible monitorizar las puertas, ventanas, y áreas de la casa esto permite mejorar la seguridad del hogar. Los distintos módulos pueden también interactuar entre sí, por ejemplo, los detectores de humo pueden informar a otros objetos que tomen acciones así las ventanas pueden abrirse y también el

usuario recibiría información de lo que pasa en el hogar. Si el sistema detecta que existe un ladrón en el hogar la información es recibida por el dueño mediante una aplicación móvil, incluso puede observar mediante cámaras conectadas a internet lo que sucede en tiempo real en el hogar, lo cual le permite tomar acciones como llamar a la policía.

La comunicación en el área de las tecnologías IoT viene a la par de la integración de las tecnologías de medios no guiados basando su comunicación en envío de datos este tipo de información permite supervisar y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad en el hogar, la información es tomada de los objetos y puede ser procesada o almacenada y acceder a la misma, de esta forma se puede ofrecer más servicios a los usuarios.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Evaluar mediante software de simulación una red IoT que permita el control y monitoreo en tiempo real de una casa inteligente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar la funcionalidad y características de los distintos software de simulación de redes IoT.
- Seleccionar el tipo de sensores y módulos de comunicación que va a tener la casa inteligente para el desarrollo de la simulación.
- Aplicar la red IoT apropiada usando el software y los dispositivos seleccionados.
- Evaluar que el sistema de red IoT cumpla con los requerimientos establecidos de control y monitoreo en tiempo real.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del arte

El análisis del estado del arte que aquí se realiza pretende dar a conocer los avances realizados en el área de la tecnología del Internet de las cosas (IoT), analizando conceptos y ventajas en cuanto al diseño de redes y escenarios de IoT.

Internet of Things (IoT) Diseño de Red IoT para el Hogar

El Objetivo del siguiente trabajo de grado es “Diseñar una red casera de IoT a la cual se pueda acceder y administrar desde cualquier dispositivo móvil o de escritorio” (Chitiva, 2020, p.9). Se establecen los requerimientos de la red IoT y se realizan pruebas en el simulador de Packet Tracer 7.1.

La importancia de Internet en el desarrollo y expansión de IoT están directamente relacionados, el crecimiento exponencial de objetos conectados a la red ha creado una demanda inmensa de procesamiento en internet, otra consecuencia de este crecimiento es la enorme infraestructura de redes desplegada. Internet ha vivido según, Cisco System, fases con efectos cada vez mayores, sobre los negocios y la sociedad, nos encontramos en la fase de Internet of things (IoT) que aprovechan la data para brindar nuevas experiencias y servicios.

El concepto de internet de las cosas (IoT) se usa por, Kevi Ashton, en el año 1999, ingeniando la idea de interconectar sensores a la red, para visualizar una línea de producción, naciendo el actual internet de las cosas (IoT). Internet de las cosas es el desarrollo en la comunicación entre máquinas (M2M) Máquina a Máquina, esta nueva herramienta introduce una nueva dimensión de la comunicación la cual se realiza en cualquier instante, en cualquier lugar y ahora con cualquier objeto.

Para la simulación del proyecto de una red IoT para una casa inteligente se ha esquematizado los requerimientos necesarios, primero se ha construido una red externa proporcionando conexión de soluciones fijas y soluciones móviles, se aloja un servidor WEB IoT y un servidor DNS, y una red de servicio móvil. Se configuró la red IoT del hogar a través de un router con conectividad WIFI al cual se conectan los objetos IoT que se administran por el servidor IoT, de forma local o móvil.

En las conclusiones se logró diseñar una red IoT para el hogar, con el uso del simulador Packet Tracer se esquematizó y probó la red logrando los resultados deseados, esta red puede controlar objetos de forma local o remota, que permiten accionar puertas o cámaras.

IoT Simulations with Cisco Packet Tracer

En la siguiente tesis de maestría se tiene por objetivo “Ofrecer simulaciones prácticas de IoT utilizando la herramienta Cisco Packet Tracer para respaldar el curso de Internet de las cosas en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Metropolia” (Finardi, 2018, p.7). Se plantean tres etapas: recolección de requisitos, simulación y exposición a los estudiantes.

Es necesario entender el servicio de Cloud computing el cual es esencial en el uso de la tecnología IoT, este se puede definir como el acceso y utilización de recursos informáticos de forma sencilla y desde cualquier lugar, asignados mediante un proveedor con amplia gestión de requisitos. Se incluyen 3 modelos de servicios en la nube, Infraestructura como servicio (IaaS), Plataforma como servicio (PaaS) y Software como servicio (SaaS). También se tiene 4 modelos de implementación en la nube, nubes públicas, nubes comunitarias, nubes privadas y nubes híbridas. Se trata de 4 simulaciones de aplicaciones domésticas e industriales de IoT descritas con el propósito de analizar de forma separada la red y el diseño de IoT. Las dos primeras simulaciones son de casas inteligentes, en ambas simulaciones se permite el control de dispositivos, la principal diferencia es la red externa que en el segundo escenario se proporciona por Software como servicio y conexión remota usando una red 3G. El tercer escenario se trata de un campus universitario inteligente, donde junto a redes tradicionales de escuelas y apartamentos se ha conectado una red IoT con distintos dispositivos repartidos en el campus. En el cuarto escenario se simula una industria inteligente, es la simulación más compleja por su diseño de red y conexiones lógicas de los dispositivos de IoT.

En las conclusiones se da a conocer la experiencia positiva de los estudiantes con las simulaciones. Se entregó a los estudiantes entornos preconfigurados para el rápido entendimiento tanto del software como de la materia de IoT, lo cual permite avanzar con simulaciones más complejas y con clases prácticas del curso de internet de las cosas.

1.2. Bases teóricas de internet de las cosas

En el presente capítulo se tratan los temas relacionados con el internet de las cosas (IoT) y la domótica, se realiza un análisis de los software simuladores de redes IoT y se presenta el marco legal del proyecto.

1.2.1. Internet de las cosas IoT

Se ha sugerido que el espíritu empresarial y el desarrollo económico operan bajo largas oleadas de innovación, es así que el cambio en los mercados de industrias claves tienen efectos descomunales en la economía. Tomemos a internet por ejemplo que surgió a principios de la

década de 1990 e irrumpió en industrias enteras, desde los medios de comunicación hasta el comercio minorista (visualcapitalist, 2021, párr.2).

El surgimiento de internet derrumbó las barreras de la información, cambiando así los ciclos de comunicación y de noticias, este hecho marcó el comienzo de una era sin fronteras de los flujos de información digital. La Figura 1-1 muestra cómo los ciclos de innovación han impactado en las economías desde 1785 y lo que se prevé en el futuro.

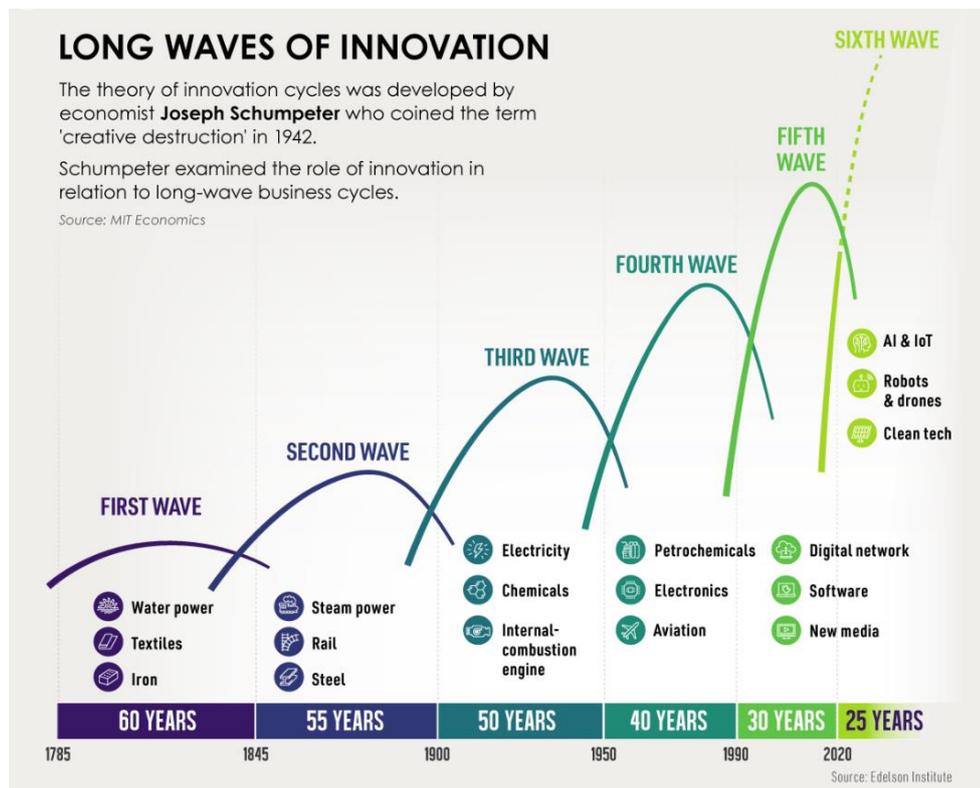


Figura 1-1: La Historia de los ciclos de innovación

Fuente: visualcapitalist, 2021.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Como podemos observar en la Figura 1-1 la sexta ola de innovación está marcada por la inteligencia artificial y la digitalización a través del internet de las cosas (IoT), la robótica y los drones, esto conduce al desarrollo de la automatización, el análisis predictivo y el procesamiento de datos, estos tendrían un impacto económico y social, por lo que es necesario el estudio y diseño creativo en estas tecnologías.

1.2.1.1. ¿Qué es el internet de las cosas? (IoT)

Desde una perspectiva empresarial, Internet de las Cosas (IoT) es la convergencia de sistemas dedicados, sistemas de control y automatización a través de redes de sensores inalámbricos que permiten industrias conectadas, venta minorista inteligente, asistencia sanitaria, casas y ciudades

inteligentes, y dispositivos ponibles. Las tecnologías de IoT permiten transformar los negocios con conclusiones basadas en datos, procesos operativos mejorados, nuevas líneas de negocio y un uso más eficaz de los materiales. (Azure, 2021, párr.1).

1.2.2. Características de IoT

Se han definido varias características necesarias para el despliegue de redes de internet de las cosas, las cuales se explican a continuación (Pedamkar , 2020, párr1).

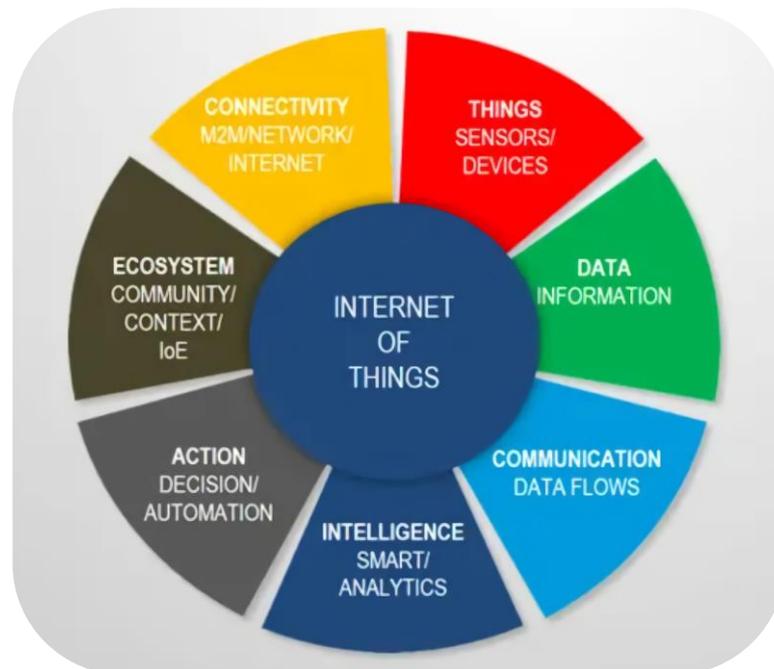


Figura 2-1: Características del internet de las cosas

Fuente: i-SCOOP, 2019.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 1-2 se exponen varias características de internet de las cosas.

Las cosas en IoT son dispositivos que recopilan cualquier acción o contexto físico específico y lo convierte en datos. Los datos son información recopilada de los dispositivos, los cuales son procesados en tiempo real y enviados a la red. La comunicación se refiere al flujo de datos a través de dispositivos, redes y servicios en la nube que conforman la infraestructura de IoT.

La inteligencia en IoT consiste en la recopilación de información de valor y hacer un análisis sistemático e inteligente, de datos o estadísticas, para cualquier acción que nuestra solución IoT desee abordar. Las acciones son resoluciones alcanzadas de forma inteligente, mediante el uso de equipos se logra la automatización de procesos industriales o de negocio.

El ecosistema de la tecnología IoT genera una comunidad que conlleva a tomar en cuenta el contexto del escenario para una evaluación completa, de esta forma se extiende el énfasis del

internet de las cosas al de internet de todo (IoE), que abarca personas que interactúan con su entorno físico y procesos.

Conectividad en IoT con intercambio de información máquinas a máquina (M2M), redes de sistemas interconectando personas o cosas, y el uso de internet para un control y gestión a nivel mundial. Otra de las características es la seguridad, que involucra cualquier sistema de internet y los específicos de cada dispositivo. Estas características nos señalan los factores necesarios que rodean el funcionamiento y despliegue de redes de internet de las cosas.

1.2.3. *Arquitectura de IoT (capas)*

El siguiente modelo de arquitectura de IoT fue presentado por Cisco, IBM e Intel en el foro mundial de IoT de 2014, presenta siete capas. Este modelo fue creado con el objetivo de ayudar a educar a directores de informática de las empresas, departamentos de tecnologías de la información y desarrolladores sobre la implementación de proyectos IoT y acelerar la adopción de IoT (CISCO, 2014, pp.1-3).

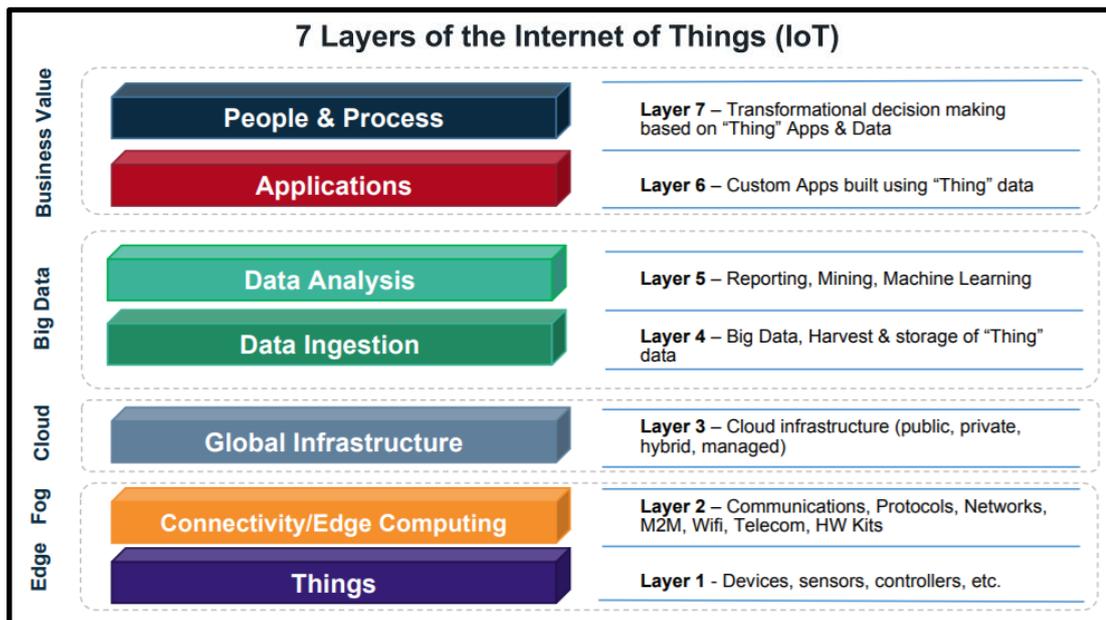


Figura 3-1: Modelo de 7 capas de la arquitectura IoT

Fuente: Cloud Technology Partners, 2017.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 1-3 se encuentra el modelo de 7 capas de la arquitectura IoT propuesto en el foro mundial de IoT, a continuación, se presenta una descripción general de cada capa.

Capa 1. Cosas: Para recoger datos y realizar comandos. Dispositivos como móviles, tablets, cámaras, drones, autos; sensores de temperatura, localización, sonido; actuadores como válvulas, interruptores, alarmas.

Capa 2. Conectividad: Para la comunicación y preprocesamiento de los datos. Comunicación RFID, Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi, Ethernet; protocolos como MQTT, HTTP, XMPP, CoAP; y Redes como LAN, WAN, PAN, Celular, Satelital.

Capa 3. Infraestructura Global: Para el análisis y transformación de los datos generados. Son la Nube pública, privada e híbrida con servicios IaaS, PaaS y SaaS; Hosting como Centurylink, Equinix, Terremark; y Software como plataformas IoT, Kits de desarrollo y APIs.

El análisis de datos de un sistema de internet de las cosas se realiza mediante una arquitectura jerárquica compuesta por capas como son: Cloud computing, Fog computing y Edge computing (Días y Ferreira, 2018, pp.12-14).

- Edge computing: Cuando agregamos capacidades de computación de datos al dispositivo que realizó las lecturas del sensor o sistemas embebidos.
- Fog computing: Cuando la computación se distribuye al nivel de red de área local de la arquitectura de red, procesando datos en un nodo de niebla o IoT Gateway.
- Cloud computing: Los datos consolidados en la computación distribuida generalmente terminan enviándose a lagos de datos centralizados en la nube, para ser analizados con fines estratégicos y visión empresarial.

En la capa superior de Cloud computing se encuentran los datacenters, en la capa de Fog computing se encuentran los Gateway y en la capa inferior de Edge computing se encuentran los dispositivos. Las capas superiores tienen más latencia y más potencia de cálculo que las capas inferiores.

Capa 4. Acumulación de Datos: Big Data, recolección y almacenamiento de datos generados por capas anteriores. Cumple funciones de extraer, transformar y cargar datos (ETL), streaming de datos, transferencia de datos, registro y monitoreo de datos.

Capa 5. Análisis de datos: Adición y acceso a datos generado por capas inferiores, producción de informes, modelos para aplicaciones de control usando machine learning. Usa inteligencia de negocios, lenguajes de programación, paquetes matemáticos, bibliotecas de minería de datos.

Capa 6. Aplicaciones: Negocios de aplicaciones personalizadas usando la información de las cosas. Como son cadenas de suministros, Smart City, vigilancia, Smart homes, cuidado de la salud, energía y transporte.

Capa 7. Personas y Procesos: Se involucra directamente a las personas y los ciclos de negocio. Renovación radical en taxis, autos sin conductor, pagos, drones inspectores; además nuevas soluciones mediante aplicaciones compuestas para el consumidor e industria IoT.

1.2.4. Conectividad y protocolos de IoT

1.2.4.1. Redes de IoT

Las comunicaciones entre dispositivos y servicios en la nube o pasarelas involucran diferentes tecnologías de redes. Hay varios factores a tener en cuenta, pero algunos de los más importantes son el ancho de banda, el radio de alcance de la comunicación y la energía que se consume (Díaz, 2019, pp.26-29).

Las redes de corto alcance y bajo consumo son adecuadas para hogares, oficinas y entornos de tamaño reducido, usualmente, necesitan baterías pequeñas y su uso es económico, ejemplos comunes: Bluetooth, NFC, WiFi/802.11, Z-Wave, Zigbee.

Las redes de área extensa de bajo consumo (LPWAN) permiten comunicaciones de un mínimo de 500 metros de alcance, tienen mínimo consumo de energía y se usan para la mayoría de dispositivos IoT, ejemplos comunes: 4G LTE, 5G, LoRaWAN, Sigfox.

Tabla 1-1: Tecnologías de red utilizadas en IoT

TECNOLOGÍAS DE RED UTILIZADAS EN IoT			
Red	Conectividad	Pros y Contras	Casos de uso populares
Ethernet	Cableado, Corto alcance	+Alta velocidad +Seguridad -Rango limitado a la longitud del cable -Movilidad limitada	IoT estacionario: cámara de video, consola de juegos, equipos fijos
WiFi	Inalámbrico, Corto alcance	+Alta velocidad +Gran compatibilidad -Rango limitado -Alto consumo de energía	Hogar inteligente, dispositivos que se pueden recargar fácilmente
NFC	Inalámbrico, Ultracorto alcance	+Fiabilidad +Bajo consumo de energía -Rango limitado -Falta de disponibilidad	Sistemas de pago, hogar inteligente
Bluetooth Low-Energy	Inalámbrico, Corto alcance	+Alta velocidad +Bajo consumo de energía -Rango limitado -Ancho de banda bajo	Pequeños dispositivos domésticos, usables
LPWAN	Inalámbrico, Largo alcance	+Largo alcance +Bajo consumo de energía -Ancho de banda bajo -Alta latencia	Hogar inteligente, ciudad inteligente, agricultura inteligente (monitoreo del campo)
ZigBee	Inalámbrico, Corto alcance	+Bajo consumo de energía +Escalabilidad -Rango limitado -Problemas de certificación	Domótica, sanidad e instalaciones industriales
Red celular	Inalámbrico, Largo alcance	+Cobertura casi global +Alta velocidad +Fiabilidad -Alto costo -Alto consumo de energía	Drones enviando videos e imágenes

Fuente: altexsoft, 2020.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Tabla 1-1 se muestran las principales tecnologías de redes utilizadas en los proyectos de IoT, se describe el tipo de conectividad, sus pro y contras, y sus casos de uso populares.

1.2.4.2. Protocolos de aplicación

Una vez que las partes de la solución de IoT están conectadas en red, aún necesitan protocolos de mensajería para compartir datos entre dispositivos y con la nube. Los protocolos más populares utilizados en los ecosistemas de IoT son según (Díaz, 2019, pp.30-32).:

MQTT (Transporte de Telemetría MQ), un protocolo de mensajería ligero construido sobre la pila TCP / IP para la recopilación de datos centralizada de dispositivos de baja potencia.

CoAP (Protocolo de Aplicación Restringido), un protocolo de software diseñado para dispositivos restringidos: nodos finales limitados en memoria y energía (por ejemplo, sensores inalámbricos). Se parece mucho a HTTP, pero usa menos recursos.

HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto), comparado con el resto, está menos optimizado para el uso en el Internet de las Cosas. Sin embargo, está más que probado y es posible implementarlo en casi cualquier dispositivo.

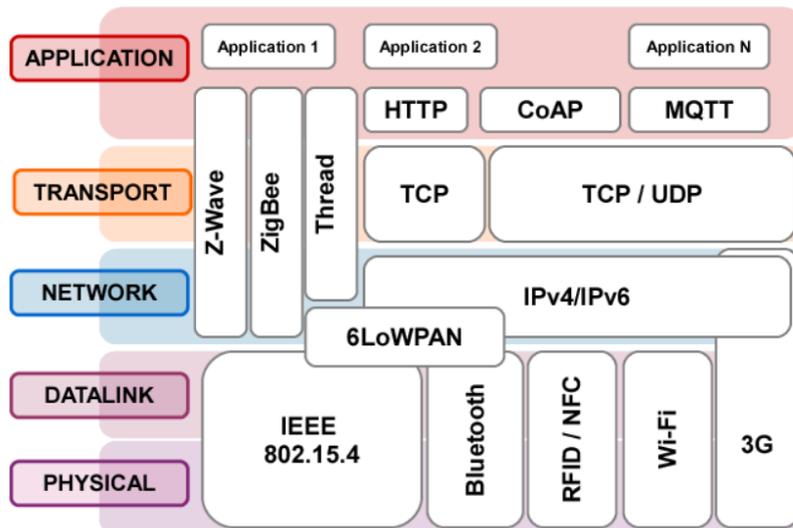


Figura 4-1: Protocolos IoT dentro del modelo OSI

Fuente: iotfutura, 2019.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

La Figura 1-4 muestra qué posición ocupa cada protocolo IoT (tanto de comunicaciones como de aplicación) dentro del estándar OSI, con el propósito de aclarar el tema de protocolos.

1.2.5. Dominios de aplicación de IoT

El uso de IoT está presente en una gran variedad de dominios de aplicación, por ejemplo, industria, salud, hogar, energía, ciudad, entre otros, estos dominios de aplicación forman ecosistemas tecnológicos que recopilan la información de valor para mejorar la toma de decisiones, los dominios se pueden entrelazar entre sí formando un dominio más amplio como son las ciudades inteligentes (Sarabia, 2020, pp.21-24).



Figura 5-1: Dominios de aplicación de IoT

Fuente: Sarabia David, 2020.

En la Figura 1-5 se encuentran algunos de los posibles dominios de aplicación de internet de las cosas, a continuación, se abordan algunos de ellos.

En el dominio del hogar: A Través de cualquier dispositivo móvil podemos controlar la iluminación para ahorrar energía cuando recibimos luz natural, podemos adecuar la climatización de forma remota y específica para cada estancia, también es adecuado para la apertura y cierre de puertas y ventanas incluido la posición de persianas y cortinas, la puerta del garaje es un elemento común para controlar, la seguridad es dotada con elementos inteligentes que detectan el movimiento y cámaras que nos permiten revisarlas en tiempo real, además nos permite acceder a elementos de ocio como televisor o altavoces, una gran aplicación es la extracción de datos que nos permite concluir nuestro consumo lumínico o de cualquier elemento, por último es importante tener en cuenta el planear un proyecto en domótica de IoT, pues al solo conectar dispositivos sin un objetivo podríamos terminar con herramientas incomunicadas y dándonos más trabajo del necesario.

El dominio de la ciudad: Es otro sector que participa en el internet de las cosas, con soluciones que gestionan el suministro de agua, gas y electricidad ayudando a controlar fugas, también hay soluciones que controlan la calidad del aire y el agua, para cuestiones de tráfico existen aplicaciones como Google maps o waze que nos informan en tiempo real del estado de las calles y carreteras.

En el dominio de la salud: Es uno de los que más provecho sacan al internet de las cosas mediante soluciones para la medicina a distancia, el control de pacientes en tiempo real y para diagnósticos anticipados, con esto se mejora la atención a personas que viven en áreas remotas y el cuidado de emergencias de algunas enfermedades muy específicas.

1.3. Domótica - Casas inteligentes

Se define como un conjunto de técnicas orientadas en automatizar una vivienda, agregando además del control automático y la gestión eficiente la posibilidad de una integración debido al uso de internet y dispositivos móviles, cuando hablamos de integración abarcamos un concepto más amplio de servicios dedicados y pensados en la seguridad y confort del usuario, aportando una interacción de forma intuitiva, sobre problemas prácticos y necesidades de tipo medicas o especiales de los usuarios (Dueñas, 2018, pp.28-33).

1.3.1. Beneficios de la domótica

El control y automatización de los objetos a distancia ha mejorado notablemente debido a las nuevas tecnologías, lo que ha presentado notables mejoras. Según (Tamayo, 2016, pp.5-11) los principales beneficios que presenta la domótica se detallan a continuación:

- **Ahorro energético:** Se debe tener en cuenta la eficiencia energética de los elementos utilizados, permite el ahorro de energía y control del consumo.
- **Seguridad:** Es el beneficio más importante, esta área está provista con una gran variedad de alarmas y posibilidades de monitoreo. Cámaras de vigilancia IP, sensores de movimiento, alarmas de humo, etc.
- **Confort:** Poder disponer de un control centralizado, de forma local o a través del uso de Internet, en el cual se pueda planear nuestra vida cotidiana automatizando áreas.
- **Accesibilidad:** El uso de la tecnología puede beneficiar de gran manera a personas con necesidades especiales como se muestra en la Figura 1-6. Personas con movilidad reducida pueden interactuar mejor con su entorno, también las aplicaciones móviles para el control posibilitan un aprendizaje más sencillo y didáctico.



Figura 6-1: Accesibilidad en domótica

Fuente: Sunrise Medical, 2019.

- **Fácil instalación:** Esta es una característica que permite una fácil implementación en hogares que no fueron pensados para usar sistemas inteligentes al construirse.
- **Fácil comunicación:** Los sistemas inteligentes mantienen una comunicación local y remota para permitir al usuario gestionar y supervisar la vivienda mediante un ordenador, laptop, móvil, smartwatch, etc.

Estas características promueven la adquisición de sistemas domóticos, además la reciente situación de pandemia que ha causado problemas al mundo ha acelerado la creación y venta de estos sistemas, por lo que se espera un cambio más rápido y profundo en la automatización del hogar.

1.3.2. Componentes en domótica

Las aplicaciones en domótica abarcan desde la interacción con un único dispositivo hasta el control integral e inteligente de toda una vivienda, por lo cual se debe distinguir a los distintos equipos. Podemos definir los distintos dispositivos dependiendo de la tarea que realicen dentro del sistema, según (Díaz, 2017, pp.23-25) son:

- **Controlador:** Es un dispositivo programable encargado de gestionar las funciones del sistema, mediante el procesamiento y respuesta de señales recibidas.
- **Sensor:** Este elemento también conocido como captador o detector se encarga de recoger información de una magnitud del ambiente y transformarla a otra magnitud, normalmente eléctrica.

- Actuator: Este dispositivo recibe órdenes del controlador, las cuales ejecuta sobre un aparato o sistema. Estas órdenes pueden estar en función de las mediciones de un sensor, es por eso que en algunos casos el sensor y actuator se encuentren en el mismo dispositivo.
- Bus: Se encarga de la interconexión de los dispositivos y las conexiones que permiten controlarlos conjuntamente. Entre los principales medios de transmisión están: el cableado propio, cableado compartido e inalámbrico.
- Interfaz: Permite visualizar la información generada por el sistema, es el medio por el cual los usuarios interactúan con el sistema, además permite que los sistemas se comuniquen.



Figura 7-1: Dispositivos de sistemas de domótica.

Fuente: Díaz María, 2017.

Los dispositivos de la Figura 1-7 permiten que existan sistemas sencillos que involucren un solo objeto modular, como un foco automático, o sistemas complejos que requieren aplicaciones de control, programación y obras de instalación, por esto es importante definir los dispositivos a usar y encontrar los óptimos para su aplicación.

1.3.3. Arquitectura en domótica

La arquitectura nos indica la posición de los dispositivos del sistema de domótica, según la ubicación de los sensores, actuadores, controladores, bus e interfaces podemos clasificar en cuatro tipos de arquitecturas como nos indica (Torres, 2016, pp.18-21).

- Arquitectura centralizada: La disposición de los cables es en forma de estrella con el controlador en la parte central conectado a los sensores y actuadores que no tienen comunicación entre sí.
- Arquitectura descentralizada: Existe una distribución de los controladores los cuales se conectan y comunican entre ellos, cada controlador se conecta a los sensores y actuadores. El cableado de cada controlador es en estrella, y los distintos controladores se conectan mediante un bus.
- Arquitectura distribuida: En este caso tenemos que los sensores y actuadores actúan también como controladores, de esta forma según la información recibida es capaz de sensar y actuar de forma individual. Los elementos se acoplan al bus con una interfaz de acceso compartido.
- Arquitectura híbrida o mixta: Esta es la combinación de las 3 arquitecturas antes mencionadas, se puede disponer de controladores distribuidos o uno centralizado, cada sensor y actuador pueden actuar como controladores y tanto actuar como enviar señales a los demás dispositivos del sistema.

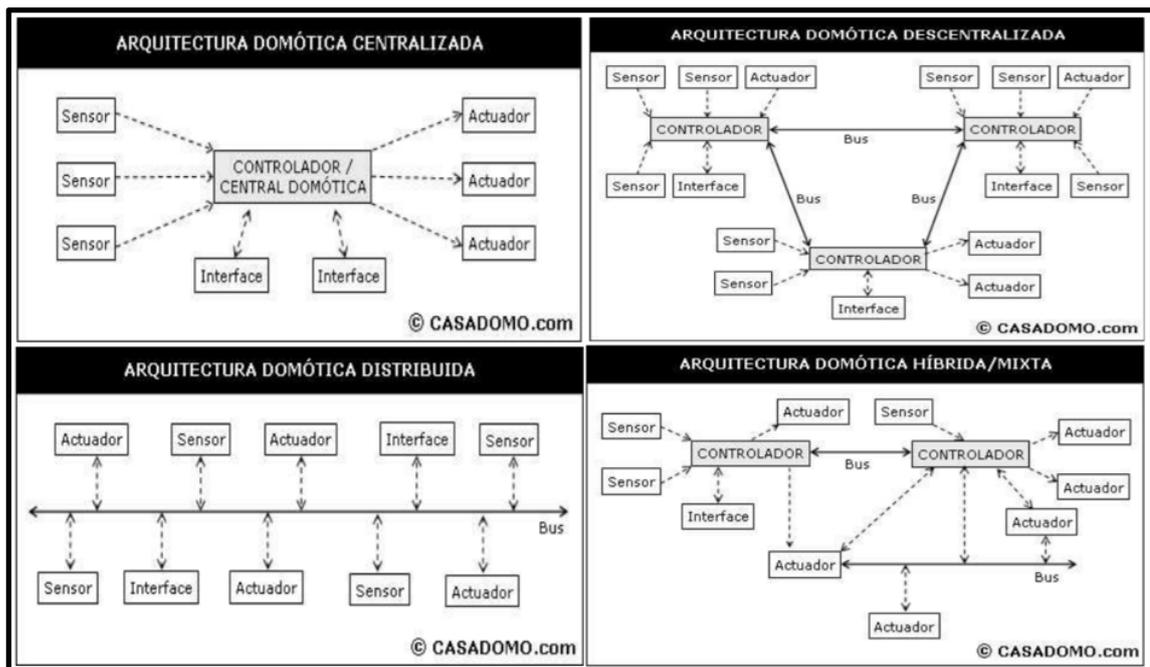


Figura 8-1: Tipos de arquitectura en domótica

Fuente: Torres César, 2016.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Los distintos tipos de arquitectura en domótica en la Figura 1-8 deben ser seleccionados de acuerdo a cada estancia del hogar y adaptado a la aplicación del proyecto.

1.4. Software de simulación IoT

Como parte del diseño de una red IoT que permite el control y monitoreo en tiempo real de una casa inteligente se analiza la funcionalidad y características de los distintos software de simulación.

Diseñar, desarrollar y evaluar nuevos proyectos de IoT antes de ser implementados en un ambiente característico necesita de pruebas y ensayos con distintas técnicas, existe una variedad de software que ofrece precisión para entornos que involucran dispositivos heterogéneos, eficiencia energética, escalabilidad y bajo costo. El paradigma de IoT ha supuesto que muchas herramientas disponibles para la investigación de redes básicas se han modificado para incluir elementos específicos de IoT (Abosata et al., 2021, p.6).

Entre los requisitos para elegir el software de IoT adecuado se considera la capacidad de captar los aspectos destacados con la capa física (sensores), los actuadores y la lógica computacional. Es importante en la recreación del sistema considerar la disposición de objetos y el escenario, también es necesario realizar pruebas continuas de los dispositivos en diferentes entornos de IoT (Thamizhselvan et al., 2020, p.4).

1.4.1. Simuladores, emuladores y bancos de pruebas para IoT

En la investigación de (Patel et al., 2019, pp.143-144) se estudian las tres técnicas accesibles para el entorno de IoT: simuladores, emuladores y bancos de pruebas. En el Análisis se presenta una encuesta sobre estas herramientas de investigación de IoT.

El simulador permite diseñar o representar fenómenos que pueden ocurrir en implementaciones reales, muchos son creados con una interfaz gráfica de usuarios básica, lo que permite un rápido proceso de simulación. En esta investigación bajo ciertos parámetros se comparan dieciséis simuladores: DPWSim, iFogSim, IOTSim, CupCarbon, SimIoT, OMNeT++, NS-3, QueNet, AtomitonioT, SWE-IoT, TOSSIM, MobIoTSim, EdgeCloudSim, IoTIFY, Bevywise-IoT, y Ansys-IoT. Se concluye que los mejores simuladores para diseñar son NS-3, Bevywise-IoT y Ansys-IoT.

El emulador es un hardware o software que posibilita que un sistema se comporte como otros dispositivos informáticos para realizar pruebas, los emuladores de IoT habilitan ejecutar programas o utilizar dispositivos periféricos en una plataforma diferente de aquella para la cual fueron escritos originalmente. Se han comparado bajo ciertos parámetros cuatro emuladores: Cooja, MAMMoth, NetSim y NCTUns 6.0. Se encontró que el mejor emulador es Cooja para depurar.

Los Bancos de pruebas se basan en la inmersión de los componentes del sistema sometidos a pruebas en un entorno virtual, con el objetivo de realizar ensayos de aplicaciones de IoT, brindan

una variedad de entornos de IoT donde se puede crear, desarrollar, depurar, solucionar y analizar sus proyectos. La ventaja es el uso de dispositivos en tiempo real, y ofrece una dimensión de escalamiento y administración remota, la desventaja de los bancos de pruebas son la movilidad de los nodos y la dependencia del área. Se compararon bajo ciertos parámetros seis bancos de pruebas: MBTAAS, WHYNET, FIT IoT-LAB, FIESTA-IoT, Smart Santander y JOSE. Se concluye que los mejores bancos de prueba son FIESTA-IoT y FIT IoT-LAB funcionan en sensores de hardware reales y se pueden usar para análisis en hardware a gran escala.

En conclusiones de (Patel, Narottam, et al, 2019) sobre el uso de simuladores, emuladores y bancos de pruebas en las diferentes fases de ejecución y evaluación de un proyecto IoT determina que el un simulador es la opción correcta en la fase inicial de diseño, los simuladores permiten un nivel de abstracción y prueba de dispositivos IoT futuristas. Los emuladores son adecuados para la fase de desarrollo, estos crean una red completa con mapeo de dispositivos reales a dispositivos simulados equivalentes, ejecutan código equivalente al de los nodos reales, por lo que reducen el ejercicio de implementación real. Los bancos de pruebas son la opción apropiada para la fase de implementación con el análisis en entornos reales, proporcionan un contexto de prueba y evaluación de protocolos equivalente a la implementación real, sin embargo, pueden no ofrecer entornos equivalentes al del proyecto real.

1.4.2. Lenguaje de programación visual (VPL) de IoT

El lenguaje de programación visual de IoT hace uso de iconos y diagramas para transmitir información y permitir la comunicación multimodal entre humanos y computadoras, permite una simulación fácil promoviendo el ingenio en el desarrollo de sistemas IoT (Días y Ferreira, 2018, pp.17-27).

En el ciclo de desarrollo de un proyecto de IoT se establece una estrategia de implementación rápida mediante lenguajes de programación visual para abstraer conceptos y detalles de bajo nivel en una lógica de más alto nivel, los lenguajes de programación visual en entornos de programación visual usan objetos de IoT incorporados y capacidades de programación para facilitar el diseño de proyectos IoT.

En el estudio realizado por (Días y Ferreira, 2018, p.27), realiza una comparación general y una discusión entre lenguajes de programación visual de IoT, se ofrece una tabla comparativa y una descripción general de veinticuatro VPL los cuales son: Node-RED, Flogo, NETLab Toolkit, Ardublock, S4A, Modkit, miniBloq, NooDL, DGLux5, AT&T Flow, Reactive Blocks, GraspIO, Wyliodrin, Zenodys, ASU VIPLE, Flowhub IoT, XOD, Packet Tracer 7.0, Visuino, WoTKit, Losant, IFTTT, Blynk, EPIDOSITE. Esta comparación determinó que existe una buena cantidad de soluciones que cubren diferentes aspectos del desarrollo, sin embargo, debido al dominio

cruzado de IoT, se encontraron limitaciones en la escalabilidad, desarrollo de dispositivos y al abordar las especificidades de los escenarios IoT.

En el estudio de caso de una planta de fabricación de fertilizantes de (Gwangwava y Mubvirwi, 2021, pp.65-66) se decide usar una VPL de IoT ya que reduce el tiempo de comercialización en el ciclo de vida de desarrollo de productos IoT. El software seleccionado es Packet Tracer ya que ofrece componentes de red que simulan una red real, funcionalidades IoT, dispositivos inteligentes, sensores, actuadores y puede simular microcontroladores como Arduino o Raspberry Pi.

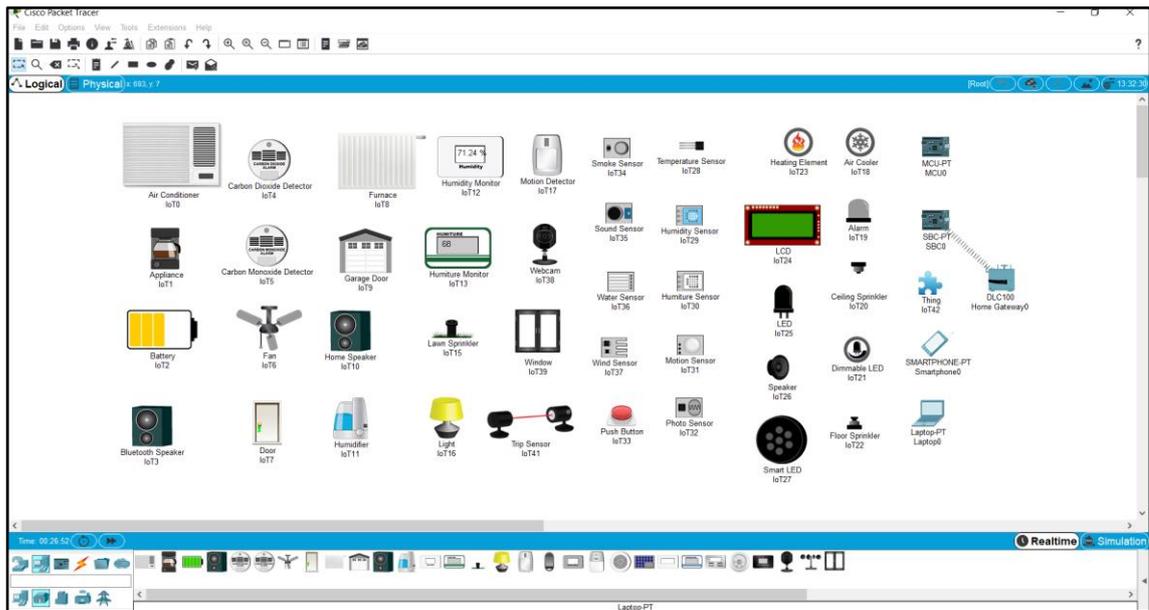


Figura 9-1: Entorno Cisco Packet Tracer

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 1-9 se presenta el entorno de simulación de Cisco Packet Tracer, se muestran objetos IoT, sensores, actuadores, microcontroladores y dispositivos finales.

Después de analizar los distintos software de simulación IoT se concluye que para el presente caso de estudio de una casa inteligente lo más conveniente es usar una VPL debido a la facilidad de diseño y simulación además de ser una opción rápida en el desarrollo. Se ha seleccionado el software Packet Tracer debido a que el objetivo del presente estudio es demostrar el monitoreo y control en tiempo real de un sistema IoT, y Packet Tracer proporciona un lenguaje visual que permite la creación de prototipos de arquitecturas y sistemas de redes IoT en tiempo real.

1.5. Marco legal

La Organización Internacional de Normalización (ISO) publica la norma ISO/IEC 30141 sobre Internet de las Cosas (IoT) la cual es una arquitectura de referencia que proporciona un marco común para los diseñadores y desarrolladores de aplicaciones de IoT, para desarrollar sistemas

fiables, seguros, protegidos, respetuosos con la privacidad y capaces de afrontar interrupciones debidas a catástrofes naturales o ciberataques según indica el organismo (Alfonzo, 2020, pp.55-58).

En marzo de 2015, la Comisión Europea lanzó la alianza para apoyar la creación de un ecosistema de Internet de las Cosas innovador e impulsado por la industria. En EE. UU. en septiembre de 2017 se presentó una propuesta de ley para el establecimiento de los estándares mínimos de seguridad que deben cumplir los dispositivos IoT para que puedan ser adquiridos por las agencias federales.

En Ecuador la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión (ARCOTEL, 2020, párr.1). Las frecuencias de las tecnologías inalámbricas LAN y WAN para IoT como Zigbee, IEEE 802.15.4 y LoRaWAN están enmarcadas dentro de las bandas de uso libre (UDBL), del cual hay reglamentación actual emitida por ARCOTEL. Aunque no se hace referencia explícita a las tecnologías de IoT, se especifican las aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) en los cuales ya hay estudios y se los presenta en la normativa de uso de espectros de banda libre (Alfonzo, 2020, p.106).

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DE LA RED IOT DE CASA INTELIGENTE

El presente capítulo contiene el diseño de la red de la casa inteligente, la topología de la red, el modelado 3D de la casa, las condiciones planteadas para la casa modelada, la simulación de la red IoT del hogar con las condiciones planteadas usando el software Cisco Packet Tracer.

2.1. Topología general de la red IoT

En el diseño de red IoT de casa inteligente se consideró poder acceder de forma local y remota a los dispositivos, por lo que la red consta de cuatro áreas: la red doméstica, la nube de internet, el servidor IoT y la red celular.

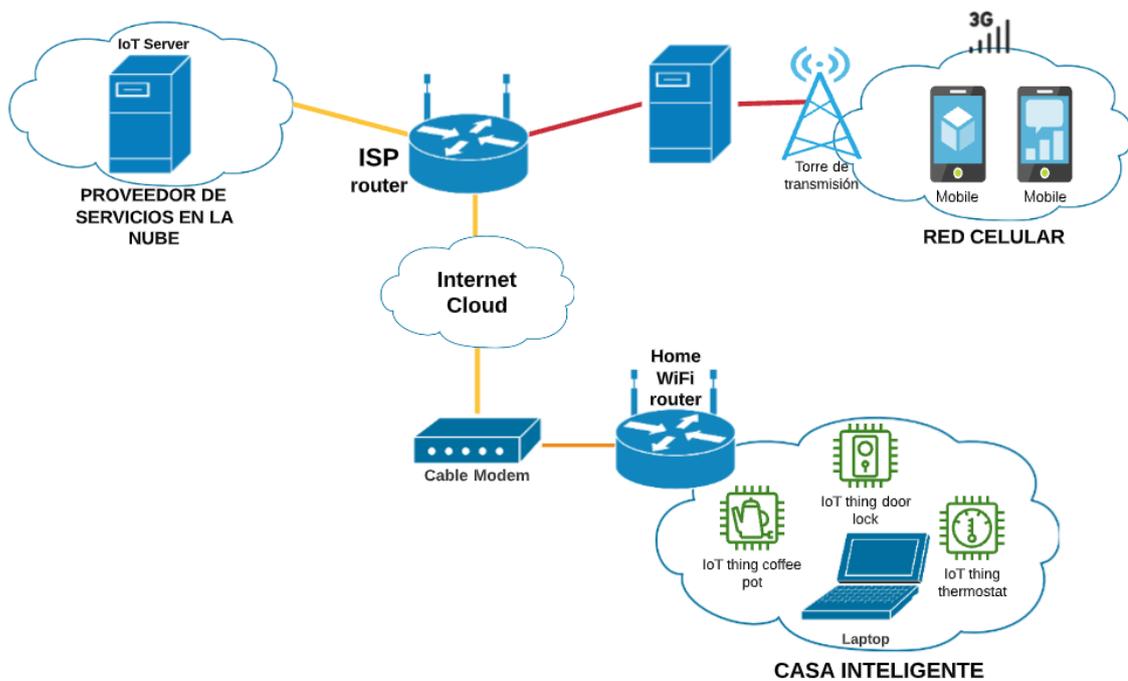


Figura 1-2: Topología de la red IoT

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Como se muestra en la Figura 1-2 la topología de red consta de cuatro partes, en la primera tenemos la red doméstica con diferentes dispositivos IoT conectados al router WiFi del hogar. La segunda parte de la red es la nube de internet (WAN) que está conectada al enrutador WiFi a través de un cable modem para proporcionar internet a los dispositivos IoT del hogar. La tercera parte es el servidor IoT que registra los dispositivos IoT y proporciona más funcionalidades de internet de las cosas. La cuarta parte es la red celular, el teléfono inteligente se conecta a la torre celular para tener conexión a internet y acceder de forma remota a los dispositivos IoT.

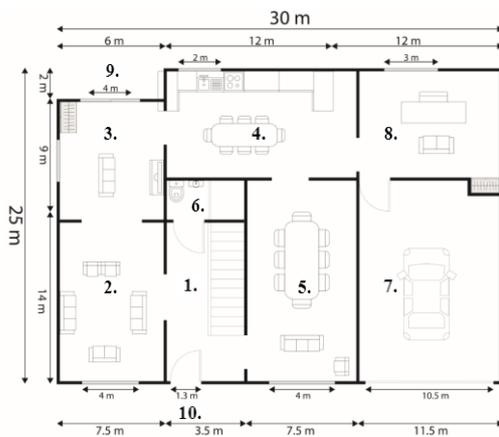
2.2. Modelado 3D de la casa inteligente

Para la recreación de la red IoT doméstica se realizó una simulación 3D de una casa, así se consideró la disposición de los objetos en el entorno y los escenarios en los que interactúan.

2.2.1. Planos en Adobe Illustrator

Primero se realizaron los planos arquitectónicos de la casa usando Adobe Illustrator que es uno de los software de gráficos vectoriales más usados en todo el mundo (Adobe, 2021, párr.1).

Plano Arquitectónico primera planta



Planos Arquitectónicos segunda planta

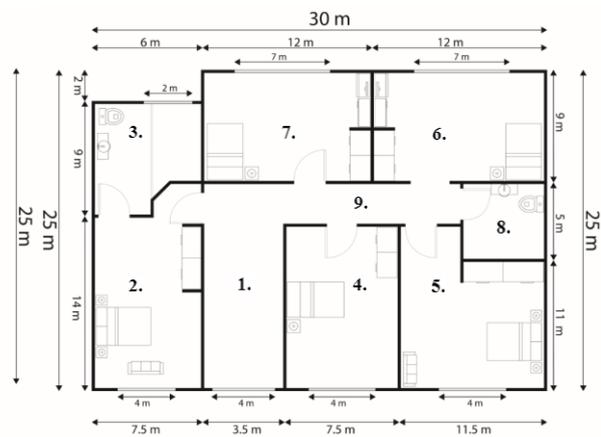


Figura 2-2: Planos arquitectónicos de la casa inteligente

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Habitaciones Primera Planta

1. Escaleras
2. Sala 1 Lectura
3. Sala 2 TV
4. Cocina
5. Comedor
6. Baño Inferior
7. Cochera
8. Lavandería
9. Patio Trasero
10. Entrada

Habitaciones Segunda Planta

1. Escaleras
2. Cuarto matrimonial
3. Baño matrimonial
4. Cuarto 1
5. Cuarto 2
6. Cuarto 3
7. Cuarto 4
8. Baño superior
9. Pasillo

En la Figura 2-2 se muestran los planos arquitectónicos de una casa de dos pisos con sus medidas, además se enumera y enlista las habitaciones de cada piso.

2.2.2. Modelado 3D en 3ds Max

De acuerdo con los planos arquitectónicos se modeló la casa en 3D usando 3DS MAX, que es un software de modelado y renderización en 3D para visualización de diseños, juegos y animación (3ds Max, 2021, párr.1).

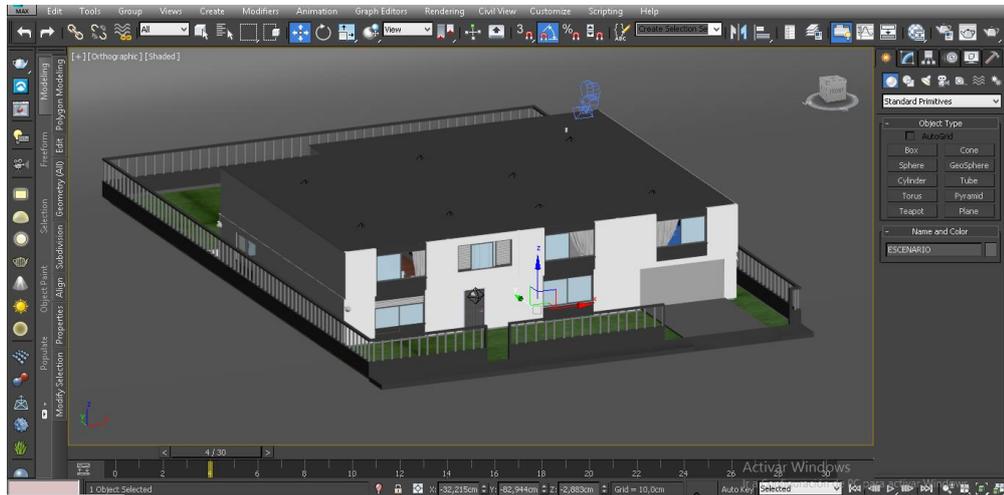


Figura 3-2: Modelado 3D casa inteligente

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 3-2 se encuentra el modelado 3D de la casa desde la parte frontal, también se han modelado las habitaciones y los dispositivos inteligentes.

2.3. Condiciones de la red IoT doméstica

Se han planteado una serie de condiciones que debe cumplir la red IoT, se ha dividido la red en escenarios llamados sistemas y atajos. Los sistemas resuelven problemas generales del hogar con dispositivos que interactúan con un mismo propósito. Los atajos se pensaron como personalizaciones con el objetivo de facilitar procedimientos repetitivos a los usuarios, los atajos presentan opciones sobre la acción requerida.

2.3.1. Sistemas IoT

- Sistema IoT de iluminación (luces)
 - Descripción: Todas las luces tienen la opción on/off según la habitación, las luces del patio y escaleras tienen sensor de movimiento, los focos con sensor de movimiento solo se prenden en la noche.
 - Objetos: luces, sensores de movimiento, fotoceldas.
- Sistema IoT de cámaras de seguridad

- Descripción: Monitorear toda cámara en tiempo real, todas las cámaras cuentan con sensores de movimiento, las cámaras se activan siempre con el movimiento, pero solo envían mensajes de alerta al móvil en la noche.
- Objetos: Cámaras de seguridad, sensores de movimiento, fotocelda.
- Sistema IoT de detección de incendios
 - Descripción: Cuando se detecte humo se activarán los rociadores contra incendios, además se abrirán las ventanas de las habitaciones y se enviarán mensajes de alerta al móvil.
 - Objetos: detector de humo, rociadores contra incendios, ventanas.
- Sistema IoT puertas y ventanas
 - Descripción: Cerrar o abrir cualquier ventana, bloquear o desbloquear las puertas delantera y trasera.
 - Objetos: puerta, ventana.

2.3.2. *Atajos IoT*

- Atajo IoT dormir
 - Opción acostarse
 - Descripción: Al presionar apaga las luces de la habitación matrimonial y el baño, cierra las cortinas de la habitación matrimonial, apaga la laptop, enciende el AC de la habitación matrimonial a 21 grados centígrados (Sleep Foundation, 2021).
 - Objetos: luces, cortinas, laptop, AC.
 - Opción levantarse
 - Descripción: Al presionar enciende las luces de la habitación matrimonial y el baño, abre las cortinas de la habitación matrimonial, apaga el AC de la habitación matrimonial.
 - Objetos: luces, cortinas, AC.
- Atajo IoT bañarse
 - Opción bañera
 - Descripción: Enciende la luz del baño matrimonial, enciende el grifo termostático de la bañera, calienta el agua a 25 grados centígrados, en una tina de baño de 50 cm de altura se apaga el flujo de agua a los 35 cm de alto (El Diario NY, 2020).
 - Objetos: luces, grifo termostático.
 - Opción ducha

- Descripción: Enciende la luz del baño matrimonial, enciende el segundo grifo termostático, calienta el agua hasta 25 grados centígrados.
 - Objetos: luces, grifo termostático.
- Atajo IoT reunión
 - Opción reunión en la sala
 - Descripción: Si es de día enciende el ventilador y el humidificador, pero si es de noche enciende la luz de la sala de lectura, bloquea la puerta trasera, enciende la cafetera, enciende la música, enciende el humidificador y ventilador; el ventilador se enciende si hay más de 25 grados y se apaga a los 20 grados centígrados, el humidificador mantiene la humedad relativa del aire en un 40% (Rehau, 2020).
 - Objetos: luces, puerta, altavoz, cafetera, ventilador, humidificador.
 - Opción reunión en el patio
 - Descripción: la luz del patio y la sala de lectura se encienden solo si es de noche además desbloquea la puerta trasera y enciende la música,
 - Objetos: luces, puerta trasera, altavoz.
- Atajo IoT cochera
 - Opción Abrir cochera
 - Descripción: Enciende la luz de la cochera, abre la puerta de la cochera.
 - Objetos: luces, puerta cochera.
 - Opción Cerrar cochera
 - Descripción: Apaga la luz de la cochera, cierra la puerta de la cochera.
 - Objetos: luces, puerta cochera.

Algunas condiciones del ambiente óptimas son la temperatura al dormir de entre 18 y 21 grados centígrados según la (Sleep Foundation, 2021). La temperatura ideal al ducharse según (El Diario NY, 2020) está entre los 25 y 35 grados centígrados. La humedad relativa del aire debe estar por encima del 40% y no superar el 60% según (Rehau, 2020).

2.4 Simulación de la red IoT externa

Usando el software Cisco Packet Tracer en la Figura 4-2 se observa la simulación de la red IoT externa, en ella se encuentra el enrutador ISP (Proveedor de servicios de internet) que conecta las interfaces de red entre sí, en este se configura el servidor DHCP para asignación de direcciones. El servidor IoT se utiliza para registrar y acceder a los dispositivos IoT de forma remota usando una interfaz web alojada en el servidor. El servidor DNS se usa para acceder al servidor IoT sin usar la dirección IP sino utilizando el nombre de dominio del servidor DNS que es “casaiot.com”. El servidor EMAIL permite crear un dominio y registrar usuarios para enviar correos electrónicos.

El servidor de oficina central conecta la torre celular al ISP y viceversa. La torre celular proporciona cobertura del sistema celular para acceder y controlar los objetos IoT de forma remota.

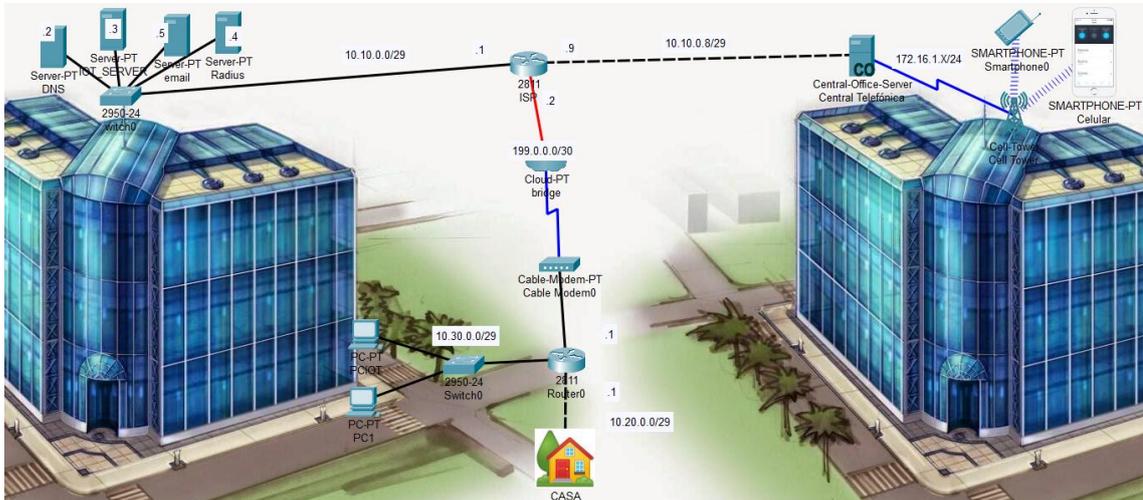


Figura 4-2: Simulación red externa

Realizado por: Castillo, J. 2021.

La red del hogar está formada por un home Gateway que obtiene la dirección IP del router ISP automáticamente al establecer conexión con la nube de internet. Los objetos inteligentes conectados al home Gateway obtienen una dirección IP del router ISP automáticamente a través de la nube de internet. Los objetos se conectan al home Gateway inalámbricamente o por cable ethernet.

Se han aplicado 3 modelos de seguridad a la red IoT. El primer modelo es el acceso Wireless mediante radius que utiliza servidores radius para la gestión de conexión a redes inalámbricas, los elementos en este modelo son el suplicante que quiere acceder a la red, el autenticador como punto de acceso wifi y el servidor radius que, valida la autenticación, el modelo se denomina WPA/WPA2 enterprise. El segundo modelo son las listas de control de acceso, su objetivo es permitir o denegar el acceso de una red a otra, se ha tomado dos criterios, el tráfico desde y hacia los dispositivos IoT sea específicamente desde el proveedor de servicios IoT y que el acceso al proveedor de servicios sea controlado para dispositivos permitidos. El tercer modelo es una VPN sitio a sitio con Isec cuyo objetivo es poder transmitir paquetes desde el origen a través del túnel Isec al destino de manera segura, consta de dos fases, la primera llamada IKE o ISAKMP para la asignación e intercambio de llaves y la segunda llamada Isec para el traspaso de datos protegidos.

2.5. Configuración de los dispositivos

Los objetos IoT cuentan con paneles de configuración de red, en la Figura 5-2 mediante servidor DHCP se asignan dinámicamente los parámetros de configuración de red. Se proporcionan los parámetros de autenticación del servidor IoT y de autenticación inalámbrica.

The image shows a configuration window for a device. On the left, under 'Global Settings', there are fields for 'Display Name' (Led_sala), 'Serial Number' (PTT08105C7W-), and 'Interfaces' (Wireless0). Below this are three sections: 'Gateway/DNS IPv4' (DHCP selected, Default Gateway 192.168.10.254, DNS Server 10.10.0.2), 'Gateway/DNS IPv6' (Automatic selected), and 'IoT Server' (Remote Server selected, Server Address 10.10.0.3, User Name jose, Password admin). On the right, under 'Wireless0', there are fields for 'Port Status' (On), 'Bandwidth' (300 Mbps), 'MAC Address' (0001.63EA.93BE), and 'SSID' (CASA_IOT). Below this is the 'Authentication' section with 'WPA2-PSK' selected, 'PSK Pass Phrase' 123456789, and 'Encryption Type' AES. The 'IP Configuration' section has 'DHCP' selected with 'IPv4 Address' 192.168.0.104 and 'Subnet Mask' 255.255.0.0. The 'IPv6 Configuration' section has 'Automatic' selected with 'IPv6 Address' and 'Link Local Address' FE80::201:63FF:FEEA:93BE.

Figura 5-2: Panel de configuración de red global e inalámbrica

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Cada objeto cuenta con un panel de programación como en la Figura 6-2. Packet Tracer cuenta con dos placas programables, una unidad de microcontrolador (MCU) y una computadora de placa única (SBC) estas se conectan a objetos IoT para programar funcionalidades de internet de las cosas. Se usan los lenguajes JavaScript y Python para la programación.

```
Config Programming Attributes
ain.js
Import Stop Clear Outputs Help
Reload Copy Paste Undo Redo Find Replace Zoom: + -
1- function setup () {
2   pinMode(0, INPUT);
3   pinMode(1, INPUT);
4
5- IoEClient.setup ({
6   type: " Luces de 2da. Planta",
7   states: [{
8
9     name: "Detector de movimiento",
10    type: "bool",
11  },
12  {
13    name: "Fotocelda",
14    type: "bool",
15  }
16  ]});
17 }
18 }
19
20- function loop() {
21   var mov= digitalRead(0);
22   var ldr = digitalRead(1) ;
23
24   Serial.print(mov  );
25   Serial.println(ldr);
26
27 // condiciones
```

Figura 6-2: Panel de programación

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Una vez los objetos se han conectado a la red y agregado funciones programables, es posible usar teléfonos inteligentes o laptop para controlarlos. En la Figura 7-2 se encuentra el monitor IoT que cuenta con funciones como visualizar los dispositivos de la red. Otra opción del monitor IoT es la de crear condiciones que resultan en acciones entre objetos.

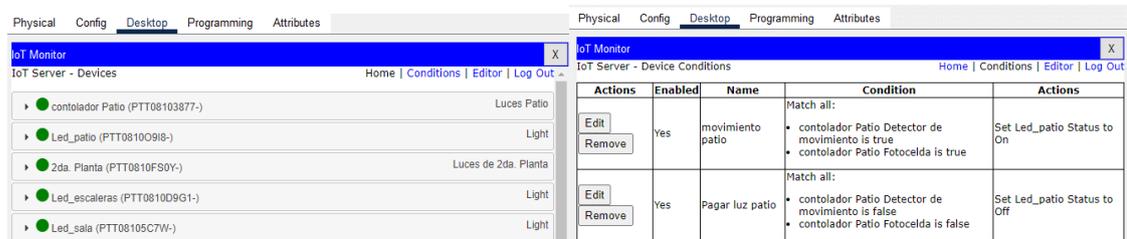


Figura 7-2: Monitor IoT

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 7-2 se muestra un ejemplo de condición, que al detectar un cambio en un objeto se responde con una acción de otro objeto.

2.6. Simulación de red IoT en el hogar

Los sistemas y atajos fueron simulados en escenarios de Cisco Packet Tracer usando los planos arquitectónicos como imagen de fondo para recrear la disposición de los objetos.

2.6.1. Sistema IoT de iluminación (luces)

Se colocó una luz led en cada una de las dieciocho habitaciones del hogar, se conectaron los detectores de luz y movimiento a un MCU para imprimir su estado en el monitor IoT. Las funciones de encendido y apagado del patio y las escaleras se establecieron mediante condiciones según las señales de luz y movimiento de los detectores.

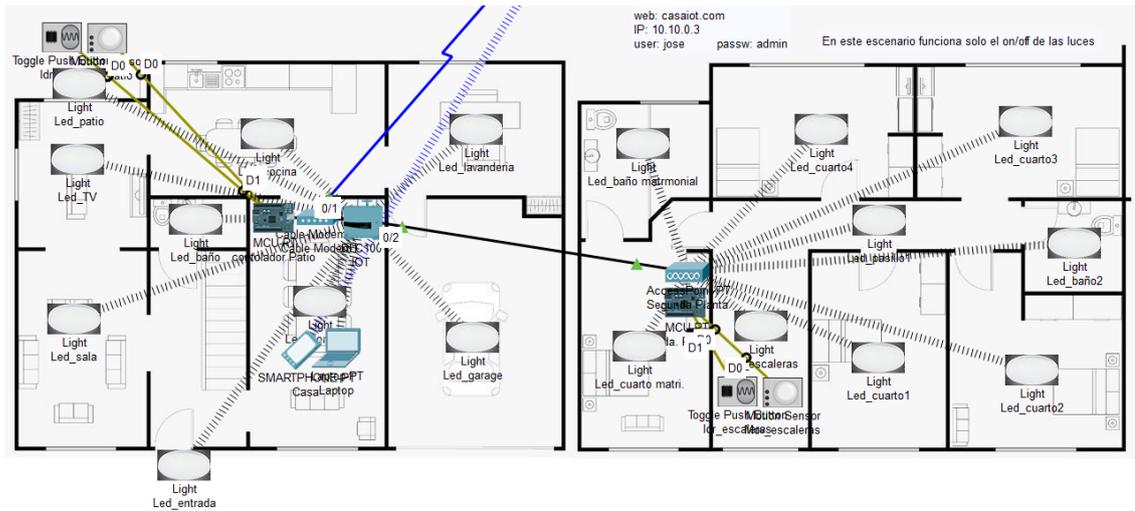


Figura 8-2: Simulación sistema IoT iluminación.

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Mediante la Figura 8-2 se observa la iluminación de todas las áreas del hogar.

2.6.2. Sistema IoT de cámaras de seguridad

Se usaron cuatro cámaras cada una con un detector de movimiento a cada lado del primer piso del hogar, y un detector de luz. Se utilizó un SBC para enviar mensajes de alerta si es de noche y mostrar el estado de los detectores en el monitor IoT. Para el encendido de las cámaras al detectar movimiento se usaron condiciones.

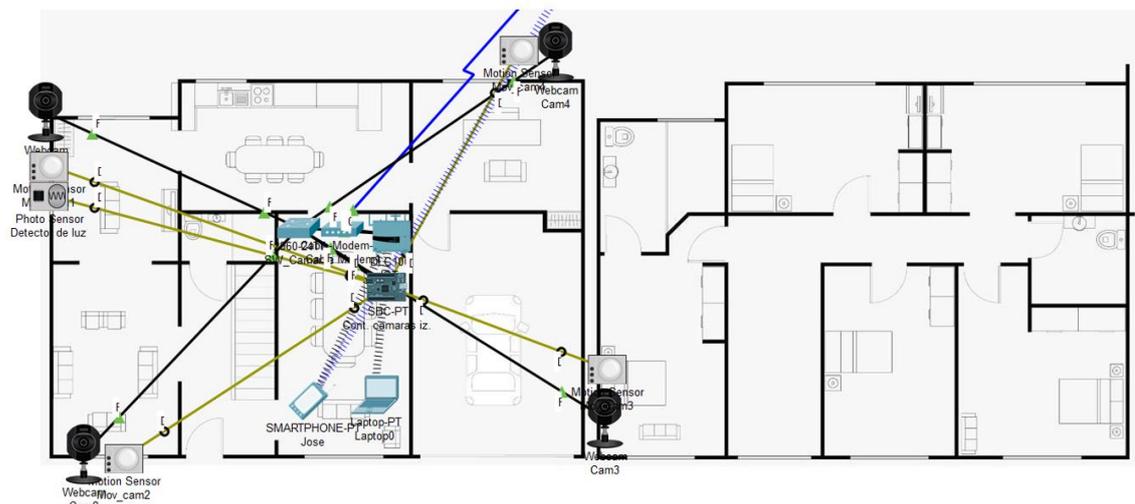


Figura 9-2: Simulación sistema IoT cámaras de seguridad

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Las cámaras están ubicadas según la Figura 9-2 para cubrir el área de cada lado del hogar.

2.6.3. Sistema IoT de detección de incendios

Se ha dispuesto el sistema contra incendios sólo en las seis habitaciones del primer piso por ser el área de mayor riesgo, cada habitación tiene un rociador y un detector de humo ambos conectados a un MCU para establecer un máximo nivel de humo y enviar mensajes de alerta. La apertura de las ventanas se estableció mediante condiciones según el nivel de humo detectado en cada habitación.

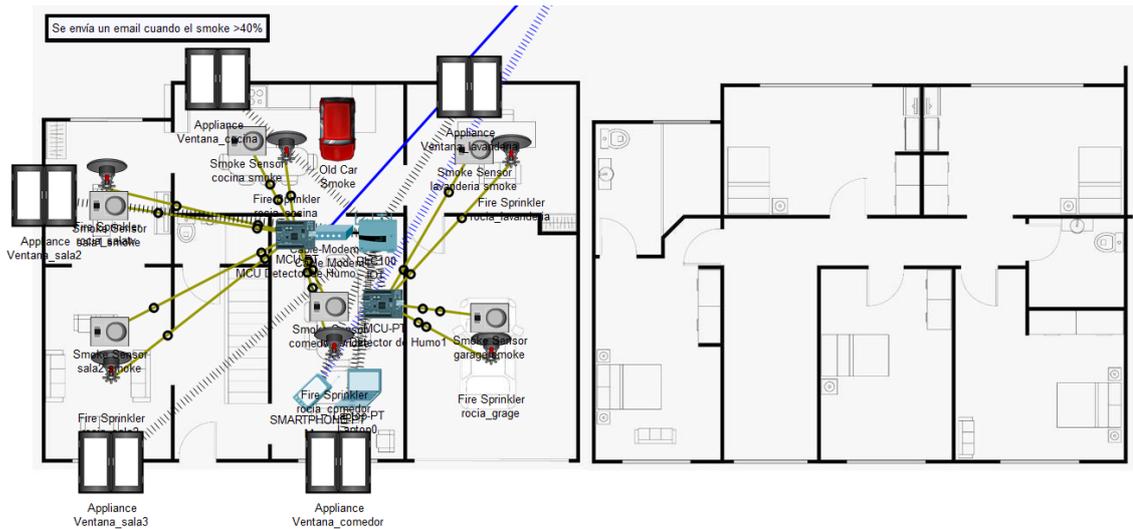


Figura 10-2: Simulación sistema IoT de detección de incendios

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 10-2 el objeto auto provoca la subida del nivel de humo en el ambiente.

2.6.4. Sistema IoT puertas y ventanas

Existen doce ventanas en el hogar, todas ellas son controladas inalámbricamente. Solo las puertas delantera y trasera son controladas inalámbricamente.

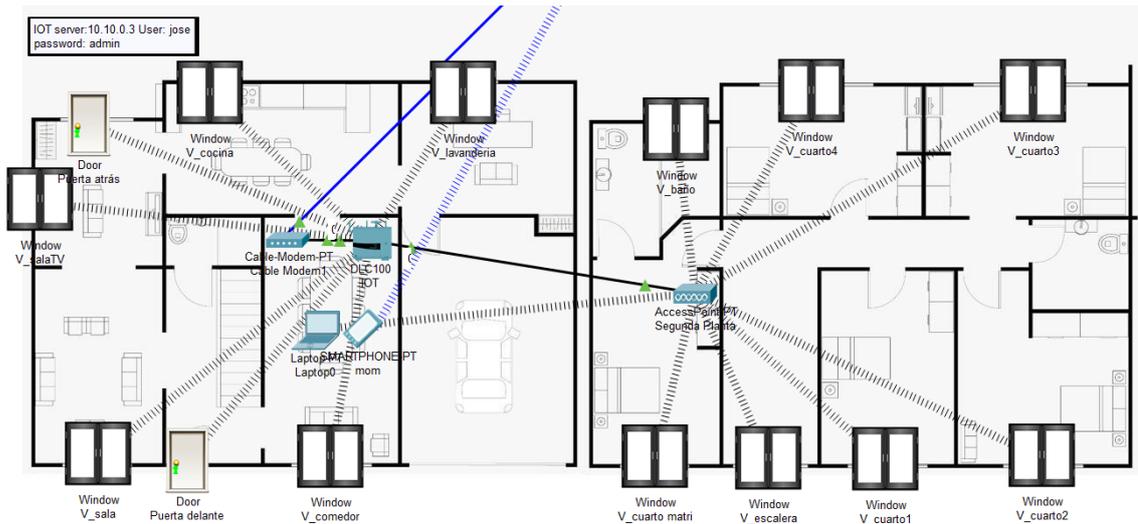


Figura 11-2: Simulación sistema IoT puertas y ventanas

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 11-2 los objetos se conectan a un router IoT en el primer piso y un Acces point en el segundo piso.

2.6.5. Atajo IoT dormir

Este atajo se ubica solo en la habitación matrimonial, para accionar las opciones se usaron actuadores pulsables los cuales se integran a la red inalámbrica IoT y al monitor IoT. Las opciones se establecieron mediante el panel de condiciones. La temperatura se establece mediante un termostato y se controla mediante actuadores de calor y frío.

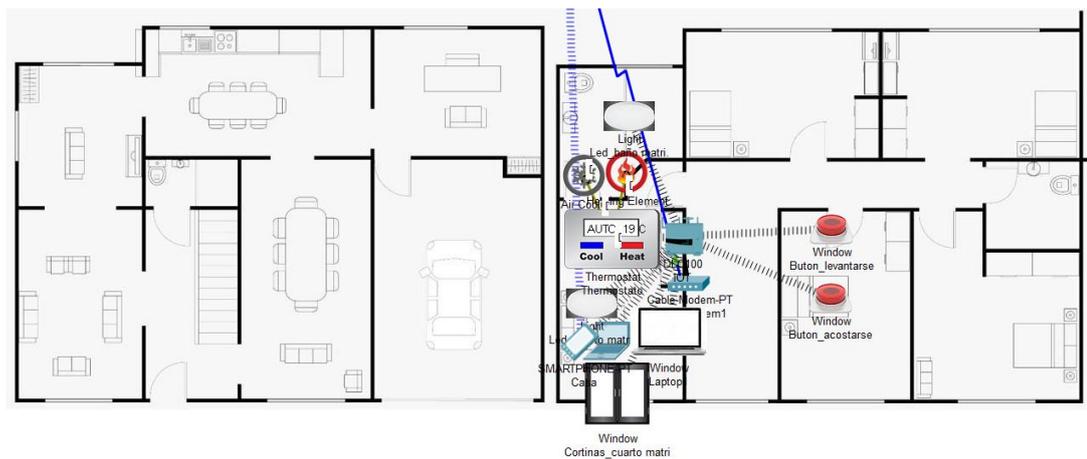


Figura 12-2: Simulación atajo IoT dormir

Realizado por: Castillo, J. 2021.

El actuador de calor se representa mediante un icono de llama y el frío con un icono de nieve en la Figura 12-2.

2.6.6. Atajo IoT bañarse

El atajo bañarse cuenta con la opción ducha, se asignó las acciones mediante condiciones. Para la opción bañera se usó un sensor de agua y un MCU para indicar que se active a los 35 cm de altura, el resto de las acciones se realizó por condiciones.

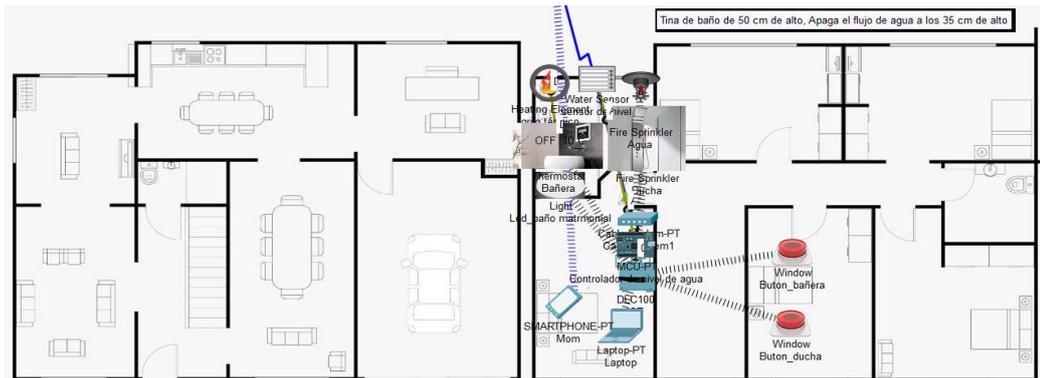


Figura 13-2: Simulación atajo IoT bañarse

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la figura 13-2 se usó un termostato y un accionador de calor para controlar la temperatura.

2.6.7. Atajo IoT reunión

Se usa un MCU en este atajo para programar y mostrar el estado de los detectores de luz y movimiento que son usados en ambas opciones. La opción reunión en la sala depende de los sensores de temperatura y humedad, usados en el panel de condiciones para cumplir los parámetros. La opción de reunión en el patio se preparó en el panel de condiciones.

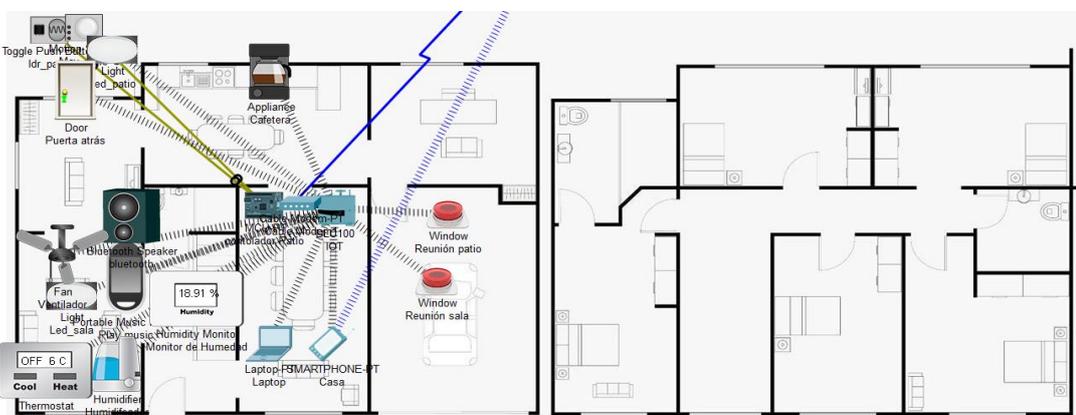


Figura 14-2: Simulación atajo IoT reunión

Realizado por: Castillo, J. 2021.

La Figura 14-2 muestra la disposición de los objetos en cada habitación de la primera planta.

2.6.8. Atajo IoT cochera

Para cumplir las opciones de este atajo se usó un solo accionador pulsable ya que las opciones solo cambian de estado apagado a encendido de los objetos.

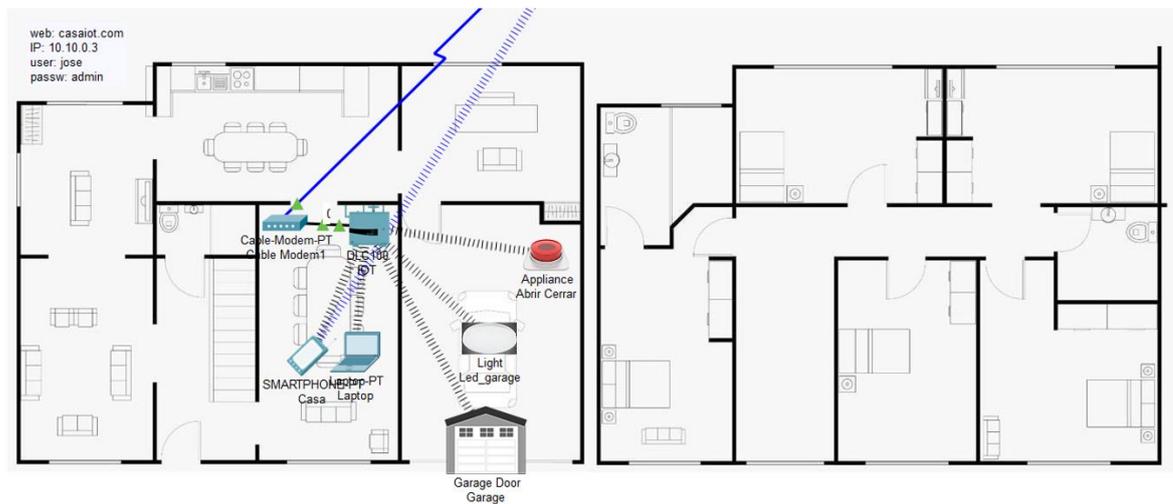


Figura 15-2: Simulación atajo IoT cochera

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 15-2 la luz y la puerta de la cochera se activan y desactivan según la opción seleccionada.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se evalúa que la red de cada escenario IoT del hogar cumpla con las condiciones planteadas y los requerimientos establecidos de control y monitoreo en tiempo real. Los escenarios se han integrado con el modelado 3D del hogar, para recrear de una forma realista el funcionamiento de la tecnología de internet de las cosas.

3.1 Pruebas en sistemas

3.1.1. Sistema IoT de iluminación (luces)

En esta prueba se revisa el funcionamiento del sistema de iluminación del primer y segundo piso de la casa, las condiciones son poder encender y apagar todas las luces de cada habitación, además las luces del patio y escaleras funcionan con sensor de movimiento y solo se encienden en la noche.

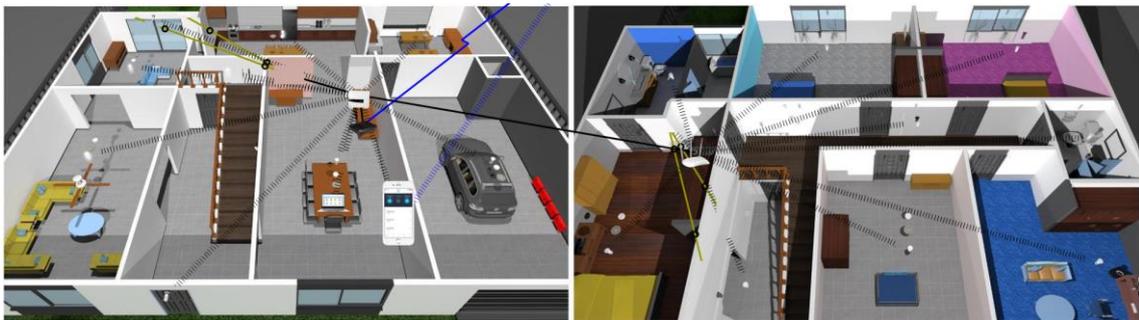


Figura 1-3: Simulación de luces on/off, sistema luces

Realizado por: Castillo, J. 2021.

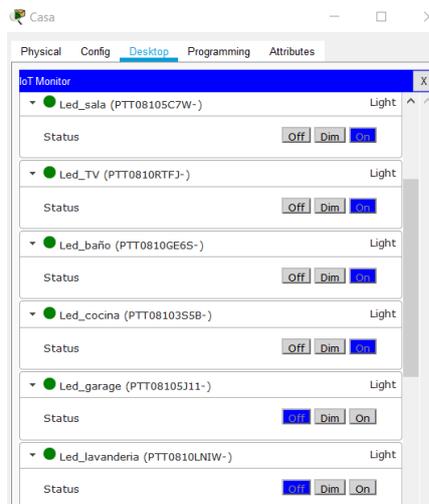


Figura 2-3: Monitor IoT luces en on/off, sistema luces

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 1-3, se comprueba que las luces se encuentran funcionando con algunas encendidas y otras apagadas, mediante el monitor IoT de la Figura 2-3 podemos controlar el estado on/off de cada una de las luces según la habitación.

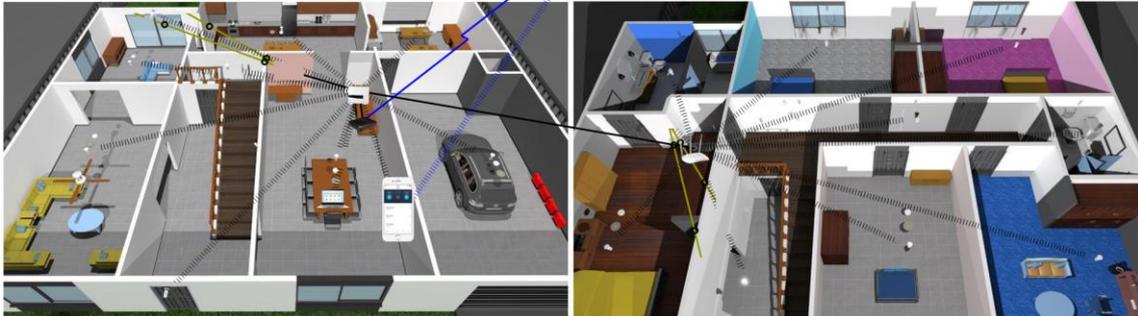


Figura 3-3: Simulación de luces patio y escaleras, sistema luces

Realizado por: Castillo, J. 2021.

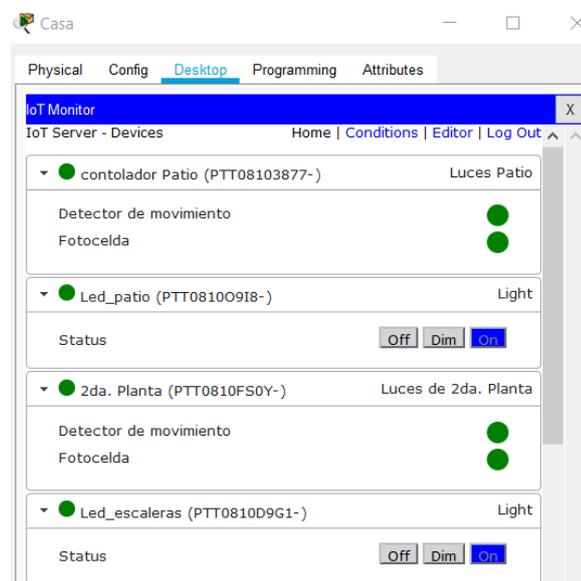


Figura 4-3: Monitor IoT luces patio y escaleras, sistema luces

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 3-3, se puede observar que en la red IoT las luces del patio y escaleras se encuentran encendidas, esto sucede como se muestra en la Figura 4-3 debido a que las fotoceldas se encuentran activadas indicando que es de noche y los sensores de movimiento han sido activados. Por lo que la red funciona correctamente.

3.1.2. Sistema IoT de cámaras de seguridad

A continuación, se prueba el funcionamiento del sistema de cámaras de seguridad ubicadas en el primer piso de la casa, las condiciones son monitorear todas las cámaras en tiempo real, las

cámaras se activan siempre con el movimiento, pero solo se envían mensajes de alerta al móvil en la noche.

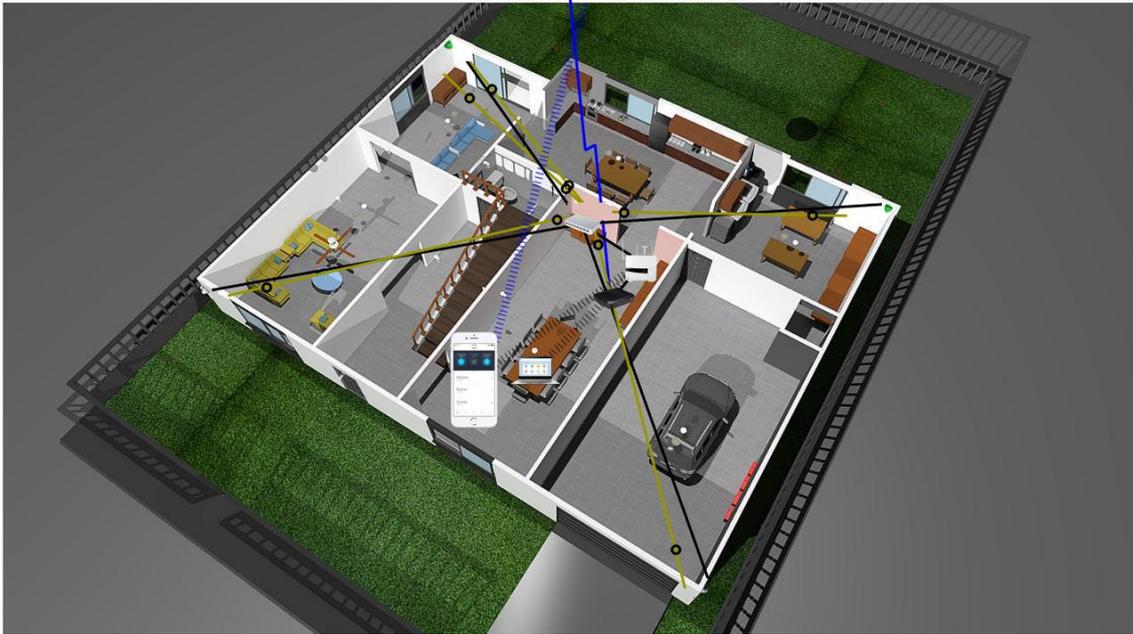


Figura 5-3: Simulación cámaras activadas, sistema cámaras

Realizado por: Castillo, J. 2021.

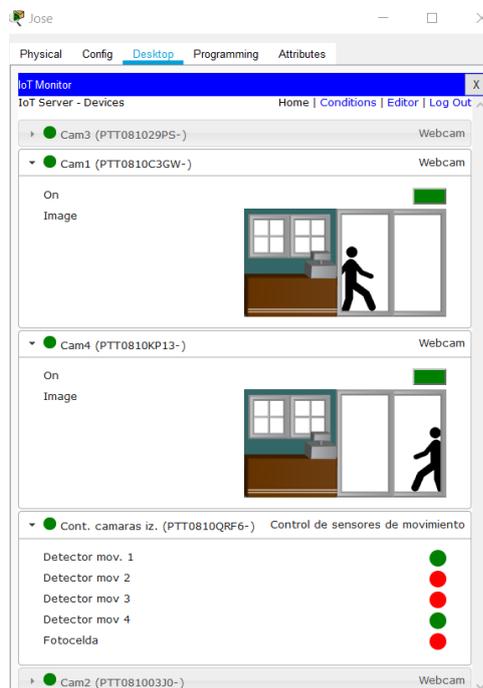


Figura 6-3: Monitor IoT cámaras y sensores, sistema cámaras

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 5-3, que las cámaras activadas se identifican con una luz de color verde. En la Figura 6-3 se observa en el monitor IoT, que las cámaras 1 y 4 se han encendido debido a que sus sensores

de movimiento correspondientes se han activado, también la fotocelda indica que no detecta luz por lo que es de noche.

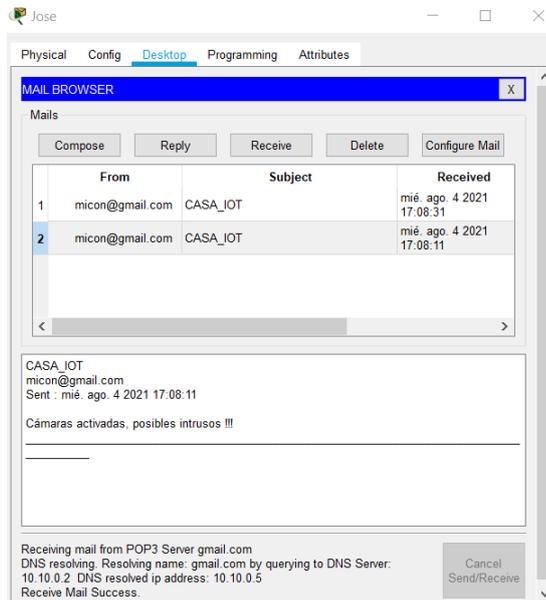


Figura 7-3: Navegador de correo, sistema cámaras

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Finalmente, para cumplir todas las condiciones del sistema, en la Figura 7-3 se muestra el navegador de correo, debido a que la fotocelda señala que es de noche y las cámaras se han activado por sus sensores de movimiento se ha enviado un correo electrónico indicando el mensaje “cámaras activadas, posibles intrusos”.

3.1.3. Sistema IoT de detección de incendios

Seguidamente se pone a prueba el funcionamiento del sistema de detección de incendios, ubicado en el primer piso de la casa, las condiciones son cuando se detecte humo se encenderán los rociadores contra incendios, también se abrirán las ventanas de las habitaciones y se enviarán mensajes de alerta al móvil.

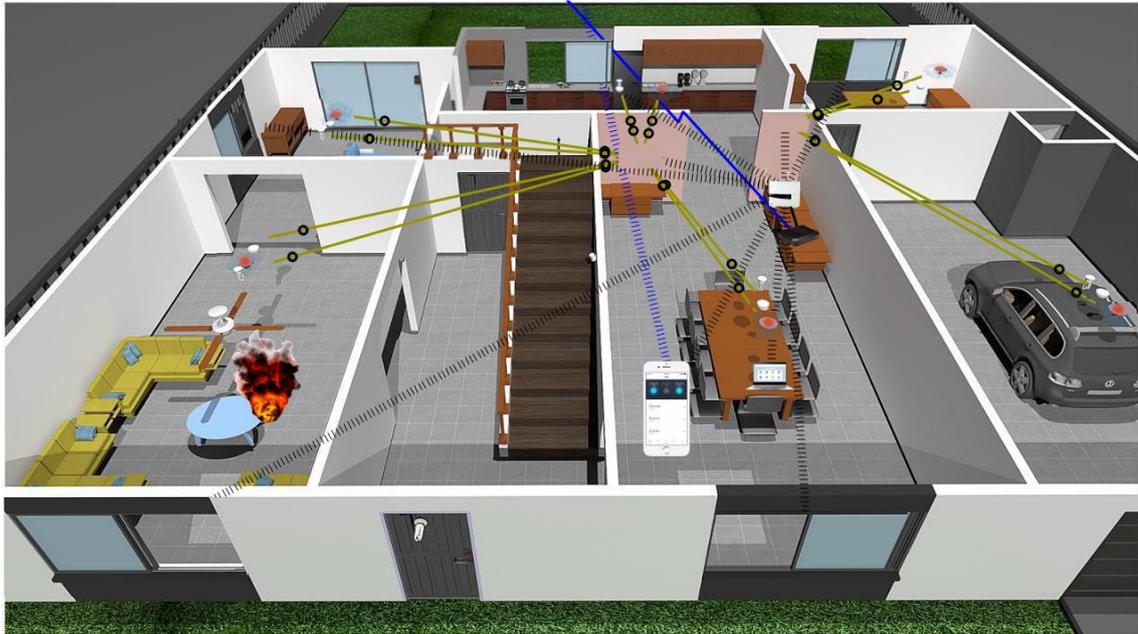


Figura 8-3: Simulación detectores y ventanas encendidas, sistema detección

Realizado por: Castillo, J. 2021.

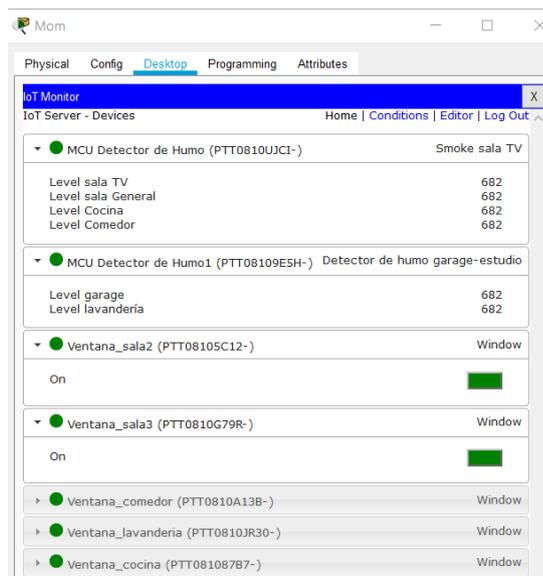


Figura 9-3: Monitor IoT detectores y ventanas, sistema detección

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 8-3, se puede observar un incendio lo que activó los rociadores contra incendios, además se abrieron las ventanas. En el monitor IoT de la Figura 9-3, se observa los altos niveles de humo en los detectores de humo por lo que se envió una señal al controlador el cual encendió los rociadores contra incendios, también provocó que debido al humo se abrieran las ventanas.

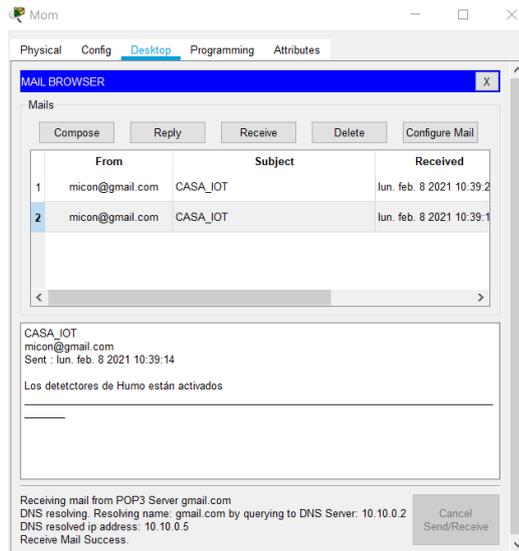


Figura 10-3: Navegador de correo, alerta, sistema de detección

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Para cumplir todas las condiciones, en la Figura 10-3 se muestra el navegador de correo, debido a que se detectó humo en el aire se envían mensajes de alerta al móvil, mostrando el mensaje “Los detectores de humo están activados”.

3.1.4. Sistema IoT puertas y ventanas

Ahora se prueba el funcionamiento del sistema de puertas y ventanas, ubicado en el primer y segundo piso de la casa, las condiciones son controlar todas las ventanas abriéndolas y cerrándolas, además poder bloquear y desbloquear las puertas delantera y trasera.

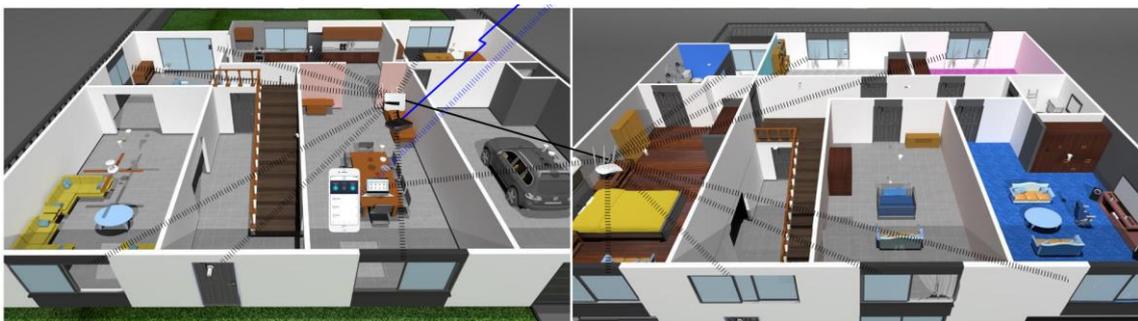


Figura 11-3: Simulación puertas y ventanas, sistema puertas y ventanas

Realizado por: Castillo, J. 2021.



Figura 12-3: Monitor IoT puertas y ventanas, sistema puertas y ventanas
Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 11-3 algunas ventanas están abiertas y otras cerradas además se muestra la puerta delantera desbloqueada con un sello verde y la trasera bloqueada con un sello rojo. Se comprueba que el sistema funciona en el monitor IoT de la Figura 12-3, podemos controlar todas las ventanas según la habitación y se puede bloquear y desbloquear las puertas.

3.2 Pruebas en atajos

3.2.1. Atajo IoT dormir

A continuación, se prueba el funcionamiento del atajo dormir, el cual cuenta con la opción acostarse y la opción levantarse, cada opción cuenta con sus condiciones. La opción acostarse apaga las luces de la habitación matrimonial y del baño, cierra las cortinas, apaga la laptop y enciende el AC a 21 grados centígrados. La opción de levantarse enciende las luces de la habitación matrimonial y del baño, abre las cortinas y apaga el AC.

3.2.1.1. Opción acostarse



Figura 13-3: Simulación opción acostarse, atajo dormir

Realizado por: Castillo, J. 2021.

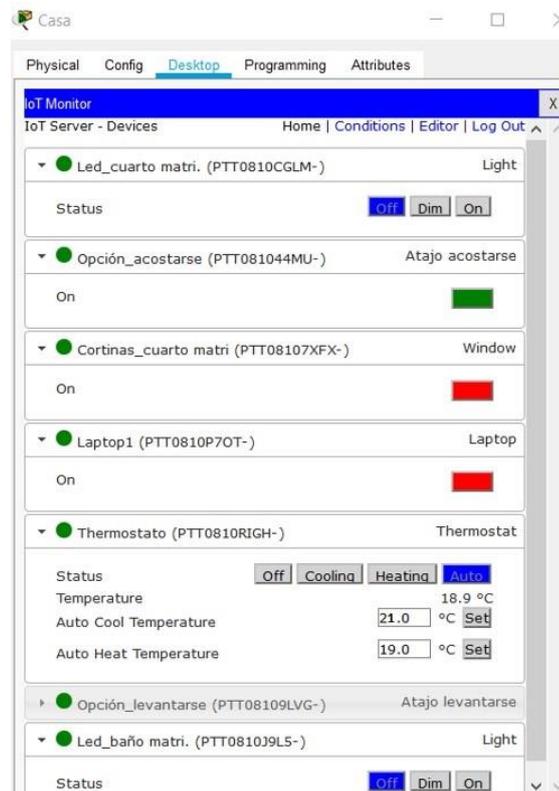


Figura 14-3: Monitor IoT opción acostarse, atajo dormir

Realizado por: Castillo, J. 2021.

La opción acostarse se muestra en la Figura 13-3, las luces de la habitación y del baño se han apagado, las cortinas se han cerrado, la laptop se ha apagado, y el AC se ha encendido a 21 grados centígrados. En la Figura 14-3 se muestra el monitor IoT, con la opción acostarse activada lo que provocó que se cumplan las condiciones planteadas.

3.2.1.2. Opción levantarse

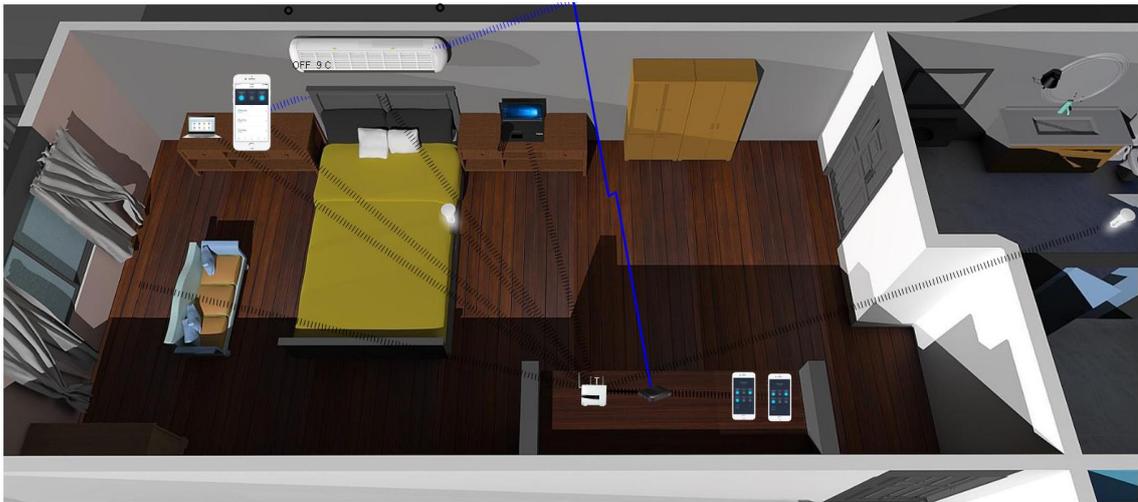


Figura 15-3: Simulación opción levantarse, atajo dormir

Realizado por: Castillo, J. 2021.

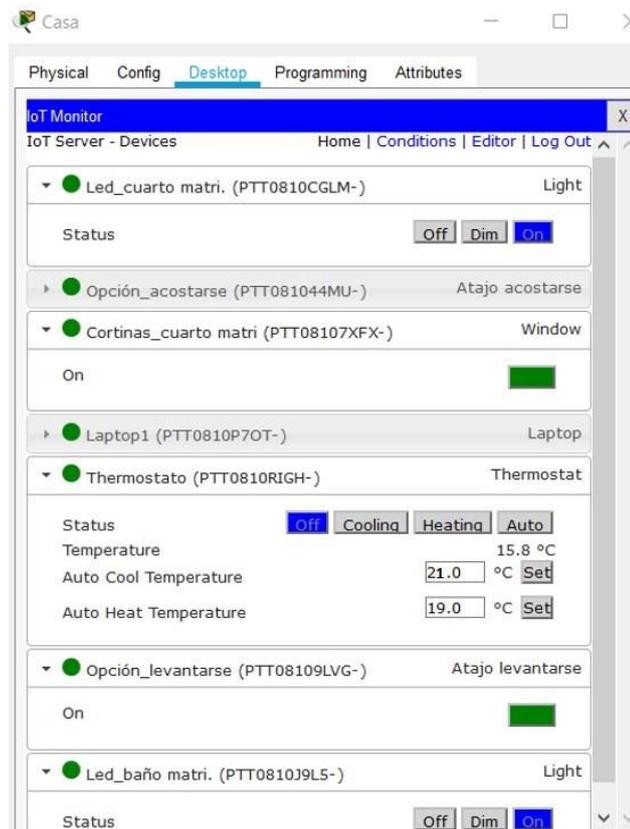


Figura 16-3: Monitor IoT opción levantarse, atajo dormir

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 15-3 las luces de la habitación y del baño se han encendido, las cortinas se han abierto, y el AC se ha apagado. La opción levantarse se encuentra activada en el monitor IoT de la Figura 16-3, también se observa el control de la temperatura y los objetos funcionando.

3.2.2. *Atajo IoT bañarse*

Ahora se realiza la prueba del atajo bañarse, el cual cuenta con la opción bañera y la opción ducha, cada opción cuenta con sus condiciones. La opción bañera enciende la luz del baño matrimonial, enciende el grifo de la bañera, calienta el agua a 25 grados centígrados, y llena una bañera de 50 cm hasta llegar a los 35 cm de altura. La opción ducha enciende la luz del baño matrimonial, enciende el segundo grifo y calienta el agua a 25 grados centígrados.

3.2.2.1. *Opción bañera*



Figura 17-3: Simulación opción bañera, atajo tomar un baño

Realizado por: Castillo, J. 2021.

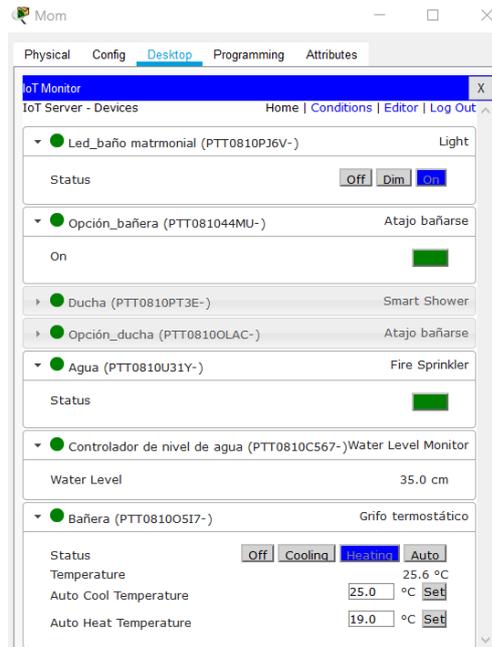


Figura 18-3: Monitor IoT opción bañera, atajo tomar un baño
Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 17-3 se observa que se ha encendido la luz del baño y se ha encendido la ducha sobre la bañera hasta llegar a los 25 grados centígrados. En la Figura 18-3 se muestra el monitor IoT, con la opción bañera activada, el control de la temperatura en 25 grados centígrados, además la altura del nivel del agua que está en 35 cm y el resto de los objetos funcionando.

3.2.2.2. Opción ducha



Figura 19-3: Simulación opción ducha, atajo tomar un baño
Realizado por: Castillo, J. 2021.

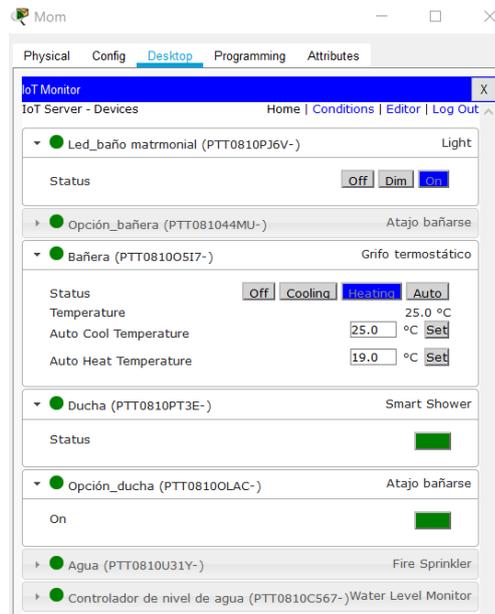


Figura 20-3: Monitor IoT opción ducha, atajo tomar un baño

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 19-3 se observa que se ha encendido la luz del baño y se ha encendido la segunda ducha calentándose hasta llegar a los 25 grados centígrados. En la Figura 20-3 se muestra el monitor IoT, con la opción ducha activada, se muestra el control con la temperatura en 25 grados y los objetos señalados funcionando.

3.2.3. *Atajo IoT reunión*

Se realizan las pruebas del atajo reunión, el cual cuenta con la opción reunión en la sala y la opción reunión en el patio, cada opción cuenta con sus condiciones. La opción reunión en la sala si es de noche se encenderá la luz de la sala de lectura, se bloquea la puerta trasera, enciende la cafetera, enciende la música, enciende el humidificador y ventilador, de día enciende solo el ventilador si la temperatura sube los 25 grados y se apaga a los 20 grados y enciende el humidificador que mantendrá la humedad del aire en un 40%. La opción reunión en el patio en caso de ser de noche enciende la luz del patio y la sala, además siempre se enciende la música y se desbloquea la puerta trasera.

3.2.3.1. Opción reunión en la sala



Figura 21-3: Simulación opción reunión en la sala en la noche, atajo reunión

Realizado por: Castillo, J. 2021.

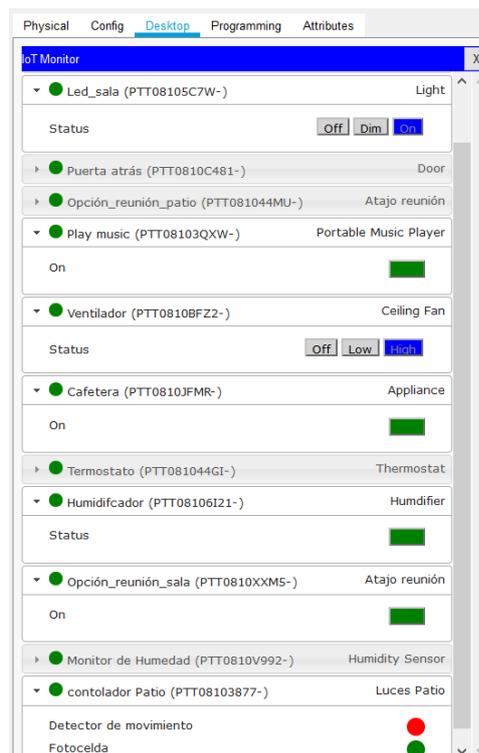


Figura 22-3: Monitor IoT opción reunión en la sala en la noche, atajo reunión

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 21-3 se observa que se ha encendido el ventilador y el humidificador, se encendió la luz de la sala de lectura, se ha bloqueado la puerta trasera, se encendió la cafetera y la música. En

la Figura 22-3 se muestra el monitor IoT, con la opción reunión en la sala activada, y la fotocelda activada lo que indica que es de noche, por lo cual se cumplen las condiciones de reunión en la sala en la noche.

3.2.3.2. Opción reunión en el patio



Figura 23-3: Simulación opción reunión en el patio, atajo reunión

Realizado por: Castillo, J. 2021.



Figura 24-3: Monitor IoT opción reunión en el patio, atajo reunión

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 23-3 se observa en la simulación que se desbloqueó la puerta trasera, se encendió la música, y se encendieron las luces del patio y de la sala de tv. En la Figura 24-3 se muestra el monitor IoT, con la opción reunión en el patio activada, además la fotocelda activada indica que es de noche, por lo que se han cumplido las condiciones de reunión en el patio en la noche.

3.2.4. Atajo IoT cochera

Se realizó la prueba del atajo cochera, el cual cuenta con la opción abrir cochera y la opción cerrar cochera, cada opción cuenta con sus condiciones. La opción abrir cochera enciende la luz de la cochera y abre la puerta de la cochera, mientras que la opción cerrar la cochera apaga la luz de la cochera y cierra la puerta de la cochera.

3.2.4.1. Opción Abrir cochera



Figura 25-3: Simulación opción abrir cochera, atajo cochera

Realizado por: Castillo, J. 2021.

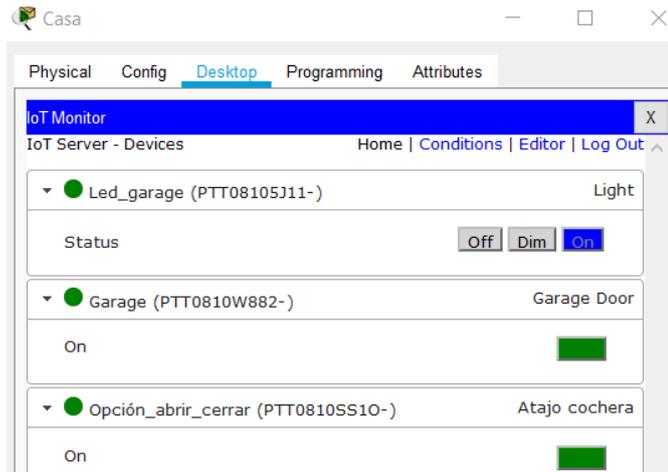


Figura 26-3: Monitor IoT opción abrir cochera, atajo cochera
Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 25-3 se observa que se ha encendido la luz de la cochera y se abrió la puerta de la cochera. En la Figura 26-3 se observa en el monitor IoT, que se activó el atajo cochera, cumpliendo las condiciones de abrir cochera.

3.2.4.2. Opción Cerrar cochera



Figura 27-3: Simulación opción cerrar cochera, atajo cochera
Realizado por: Castillo, J. 2021.

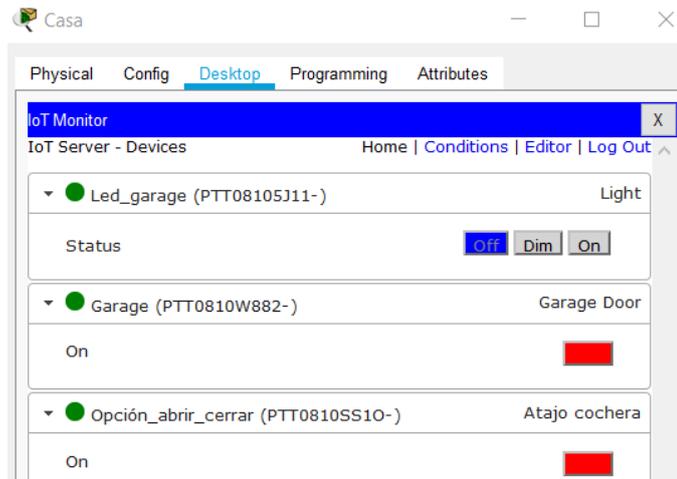


Figura 28-3: Monitor IoT opción cerrar cochera, atajo cochera

Realizado por: Castillo, J. 2021.

En la Figura 27-3 se observa que se apagó la luz de la cochera y se cerró la puerta de la cochera. En la Figura 28-3 se observa en el monitor IoT, que se desactivo el atajo cochera, cumpliendo las condiciones de cerrar cochera.

CAPÍTULO IV

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1 Cronograma

Como se muestra en la Figura 1-4 se desarrolló el proyecto de acuerdo a la planeación por objetivos y fechas determinadas.

DIAGRAMA DE GANTT

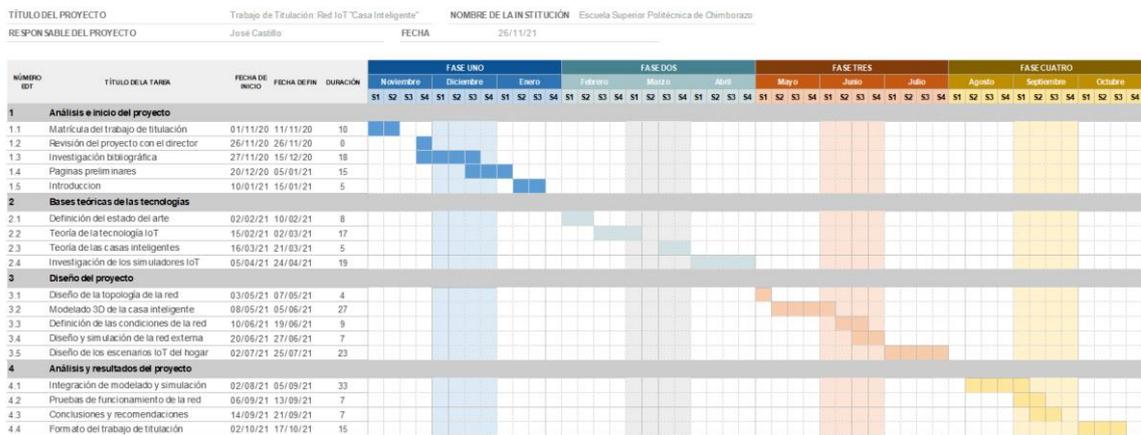


Figura 1-4: Diagrama de Gantt

Realizado por: Castillo, J. 2021.

4.2 Recursos Materiales

Hardware

Computadora portátil con las siguientes características:

- Procesador Intel Core i7
- Memoria RAM 16 GB
- Disco duro de 700 GB
- Sistema operativo WINDOWS 10

Software

- Cisco Packet Tracer 7.2
- Adobe illustrator 2021
- 3ds Max 2016
- JavaScript, Python.

4.3 Presupuesto

Equipamiento

Tabla 1-4: Presupuesto de equipamiento

Detalle	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
PC	\$ 1200,00	1	\$ 1200,00
TOTAL			\$ 1200,00

Realizado por: Castillo, J. 2021.

Suministros

Tabla 2-4: Presupuesto de suministros

Detalle	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
Hojas de papel bond	\$ 0,50	100	\$ 5,00
Carpetas	\$ 2,00	3	\$ 6,00
Otros gastos	\$ 50,00	1	\$ 50,00
TOTAL			\$ 61,00

Realizado por: Castillo, J. 2021.

De acuerdo con el presupuesto presentado en los cuadros anteriores, se ha determinado: GASTO

TOTAL: \$ 1261,00

Fuente de financiamiento

Propio

CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación sobre los software de simulación IoT, se ha elegido un simulador con un entorno de programación Visual por permitir un diseño rápido y sencillo, el software seleccionado fue Cisco Packet Tracer ya que permite la recreación de entornos y redes en tiempo real.

La selección de los dispositivos IoT del hogar se ha realizado mediante una planeación, teniendo en cuenta funciones necesarias y personalizadas, planteadas en forma de condiciones.

Para la administración de una casa inteligente ha sido necesario una red que conecte un proveedor de servicios IOT, una red celular para acceso remoto y una red local que conecte los dispositivos IoT.

Por último, se ha concluido que las condiciones planteadas en la red IoT del hogar inteligente cumplen con los requerimientos de control y monitoreo en tiempo real, a través de sistemas y atajos que generan a los usuarios seguridad y confort.

RECOMENDACIONES

Es necesario crear funciones teniendo en cuenta el comportamiento de los usuarios, es decir las rutinas y estilo de vida, para generar un uso continuo de las tecnologías, se debe tener en cuenta no adquirir objetos IoT que compliquen la vida de los usuarios o que sean olvidados.

Se recomienda en futuros proyectos incorporar inteligencia artificial que controle la eficiencia del uso de los recursos del hogar como consumo eléctrico y de agua.

BIBLIOGRAFÍA

ABOSATA, N., AL-RUBAYE, S., INALHAN, G., & EMMANOUILIDIS, C. Internet of Things for System Integrity: A Comprehensive Survey on Security, Attacks and Countermeasures for Industrial Applications [En línea]. *Sensors* (Basel, Switzerland), 2021, p. 6. [Consulta: 02 Mayo 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s21113654>

ADOBE ILLUSTRATOR. *Illustrator / Preguntas frecuentes: Conceptos Básicos* [En línea]. EE. UU., 2021, párr.1. [Consulta: 05 Mayo 2021]. Disponible en: <https://helpx.adobe.com/la/illustrator/faq.html>

ALFONZO GUZMÁN, M. Análisis Técnico y Regulatorio de Nuevas Redes de Transmisión para Dispositivos IoT (Internet of Things) en la ciudad de Guayaquil, Ecuador [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Sistema de Posgrado, Maestría en Telecomunicaciones, Guayaquil, Ecuador. 2020. pp. 55-58, p. 106. [Consulta: 07 Abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15760>

ARCOTEL. “Agencia de Regulación y Control de las telecomunicaciones: Preguntas frecuentes” [En línea]. Ecuador, 2020, párr.1. [Consulta: 10 Abril 2021]. Disponible en: <https://www.arcotel.gob.ec/1-preguntas-generales/>

AZURE. “Protocolos y tecnologías de IoT” [En línea], 2020, EE. UU., párr. 1. [Consulta: 15 Febrero 2021]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>

BALLARD, D. *Intro to the Internet of Things*. [blog] EE. UU. Blog de Red Hat, 2016. [Consulta: 10 Enero 2020]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/blog/intro-internet-things>

CHITIVA BERNAL, Y. Internet of Things (IoT). DISEÑO DE UNA RED DE IoT PARA EL HOGAR [En línea] (Monografía de grado). Universidad cooperativa de Colombia, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de Telecomunicaciones, Bogotá D.C, Colombia. 2020. p. 9. [Consulta: 02 Febrero 2021]. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17670/1/2020_diseno_red_iot.pdf

CISCO. “The Internet of Things Reference Model” [En línea]. 2014, EE. UU., pp. 1-3. [Consulta: 17 Febrero 2021]. Disponible en:
http://cdn.iotwf.com/resources/71/IoT_Reference_Model_White_Paper_June_4_2014.pdf

DÍAZ HERNÁNDEZ, M. CARACTERIZACIÓN, IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DE DISPOSITIVOS DOMÓTICOS PARA ADULTOS MAYORES MEDIANTE SISTEMAS EMBEBIDOS E INTERNET DE LAS COSAS [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Bogotá, Colombia. 2017. pp. 23-25. [Consulta: 19 Marzo 2021]. Disponible en:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/8025/D%EDazHern%E1ndezMar%E1DaFernanda2018.pdf;jsessionid=8D1A7D375779540F3FEDC4F6EEEE33F6?sequence=1>

DIAS, J & FERREIRA, H. State of the Software Development Life-Cycle for the Internet-of-Things [En línea] (Artículo). Association for Computing Machinery. 2018. pp. 12-14, pp. 17-27. [Consulta: 16 Abril 2021]. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1811.04159.pdf>

DÍAZ MOLINA, D. Implementación de las prácticas de laboratorio sobre el internet de las cosas [En línea] (Trabajo de grado). Universidad de San Buenaventura Colombia, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Electrónica, Santiago de Cali, Colombia. 2019. pp. 26-29, pp.30-32. [Consulta: 25 Febrero 2021]. Disponible en:
http://45.5.172.45/bitstream/10819/7446/1/Implementacion_practicas_internet_Diaz_2019.pdf

DUEÑAS IGLESIAS, J. MODELO DE NEGOCIO PARA LA APLICACIÓN DE DOMÓTICA EN VIVIENDAS DE URBANIZACIONES PRIVADAS DE LA VÍA GUAYAQUIL – SALITRE [En línea]. (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Magíster en administración de empresas, Guayaquil, Ecuador. 2018. pp. 28-33. [Consulta: 16 Marzo 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10870/1/T-UCSG-POS-MAE-176.pdf>

FINARDI, A. IoT Simulation with Cisco Packet Tracer [En línea] (Master’s Thesis). Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Master of Engineering, Information Technology, Helsinki, Finland. 2018. p. 7. [Consulta: 10 Febrero 2021]. Disponible en:
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150158/Andrea%20Finardi%20%20Master%20of%20Engineering%20%20Information%20technology.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GWANGWAVA, N. & MUBVIRWI, T. Design and Simulation of IoT Systems Using the Cisco Packet Tracer [En línea] (Artículo). *Advances in Internet of Things*, 2021, pp. 65-66. [Consulta: 24 Abril 2021]. Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/ait_2021041614510152.pdf

PATEL, N., & MEHTRE, B & WANKAR, R. Simulators, Emulators, and Test-beds for Internet of Things: A Comparison [En línea]. *Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2019, pp. 143-144. [Consulta: 13 Abril 2021]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9032519>

PEDAMKAR, P. “IoT Features” [En línea], EDUCBA proveedor global líder de educación, 2020, párr. 1. [Consulta: 16 Febrero 2021]. Disponible en: <https://www.educba.com/iot-features/>

SARABIA JÁCOME, D. Arquitectura de análisis de datos generados por el Internet de las cosas (IoT) en tiempo real [En línea]. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Comunicaciones, Valencia, España. 2020. pp. 21-24. [Consulta: 02 Marzo 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/149398>

TAMAYO DOMÍNGUEZ, M. ESTUDIO Y DISEÑO DE DOMÓTICA PARA EL CONJUNTO VILLA NAVARRA [En línea]. (Trabajo de titulación). (Posgrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Maestría en redes de comunicaciones, Quito, Ecuador. 2016. pp. 5-11. [Consulta: 17 Marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11321/Tesis%20Dom%C3%B3tica%20Fernanda%20Tamayo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

THAMIZHSELVAN, MANIVANNAN & RADHAKRISHNAN, P. A Comprehensive Analysis of Simulation Tools for Internet of Things [En línea] (Artículo). PG & Research Department of Computer Science, Don Bosco College (Co-Ed), Guezou Nagar, Yelagiri Hills. (2020), p. 4. [Consulta: 05 Abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346411781_A_Comprehensive_Analysis_of_Simulation_Tools_for_Internet_of_Things

TORRES CAROCA, C. EVALUACIÓN ECONÓMICA E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DOMÓTICO EN DEPARTAMENTO HABITACIONAL UBICADO EN LA COMUNA DE LA FLORIDA [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Andrés Bello,

Ingeniería en Construcción, Santiago de Chile, Chile. 2016. pp. 18-21. [Consulta: 21 Marzo 2021]. Disponible en:

http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3519/a118555_Torres_C_Evaluacion_economica_e_implementation_de_2016_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VISUALCAPITALIST. “Long Waves: The History of Innovation Cycles” [En línea], 2021, EE. UU, párr. 2. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en:

https://www.visualcapitalist.com/the-history-of-innovation-cycles/?utm_campaign=later-linkinbio-visualcap&utm_content=later-18614323&utm_medium=social&utm_source=linkin.bio

3DS MAX. Descripción general: Introducción a 3ds Max [En línea]. EE. UU., 2021, párr.1. [Consulta: 14 Mayo 2021]. Disponible en:

<https://www.autodesk.es/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

ANEXOS

Anexo A: Escenarios simulados en Cisco Packet Tracer.

Anexo B: Detalles de la red utilizados en las simulaciones de IoT.

Red del hogar:

SSID: CASA_IOT

Contraseña: 123456789

IP: 192.168.10.254

Subnet: 255.255.0.0

Servidor IOT:

IP: 10.10.0.3

DNS: casaiot.com

Usuario: jose

Contraseña: admin

Servidor EMAIL:

IP: 10.10.0.5

DNS: gmail.com

Email Address: patricio@gmail.com

Usuario: patricio

Contraseña: cisco

Central telefónica

Proveedor: ptcellular