



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED IPV6 PARA SUCURSALES
ENFOCADO AL INTERNET DE LAS COSAS (IOT)**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniería en Electrónica

**AUTORES: DIEGO ARMANDO ESPINOZA QUIZHPE
JOEL ANDRÉS BONILLA MORÁN**

TUTOR: ING. DIEGO ROBERTO FREIRE QUIROGA MSC.

Guayaquil – Ecuador

2024

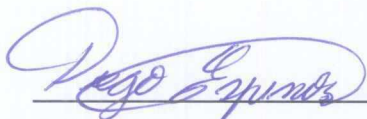
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Diego Armando Espinoza Quizhpe con documento de identificación N° 0950871137 y Joel Andrés Bonilla Morán con documento de identificación N° 0923540728; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de marzo de 2024

Atentamente,



Diego Armando Espinoza Quizhpe

CI: 0950871137



Joel Andrés Bonilla Morán

CI: 0923540728

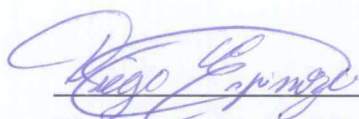
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Diego Armando Espinoza Quizhpe con documento de identificación N° 0950871137 y Joel Andrés Bonilla Moran con documento de identificación N 0923540728, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto de investigación: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED IPV6 PARA SUCURSALES ENFOCADO AL INTERNET DE LAS COSAS(IOT)", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de marzo de 2024

Atentamente,



Diego Armando Espinoza Quizhpe

CI: 0950871137



Joel Andrés Bonilla Moran

CI: 0923540728

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Roberto Freire Quiroga con documento de identificación N° 0917208084, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED IPV6 PARA SUCURSALES ENFOCADO AL INTERNET DE LAS COSAS (IOT), realizado por Diego Armando Espinoza Quizhpe con documento de identificación N° 0950871137 y Joel Andrés Bonilla Moran con documento de identificación N° 0923540728, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción tesis que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de marzo de 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading "Diego Freire Quiroga", written over a horizontal line.

Ing. Diego Roberto Freire Quiroga MSC.

CI: 0917208084

AGRADECIMIENTO

La tesis está dedicada a dios quien me ayudó a guiarme por el buen camino, alentándome a seguir adelante y no renunciar ante los obstáculos, me enseñó siempre a enfrentar las adversidades y nunca perder la dignidad al momento de intentar. A mi familia que gracias a su apoyo incondicional soy lo que soy, especialmente para mis padres por todo el apoyo que me dieron, por sus consejos, su ayuda en momentos difíciles y darme los recursos para estudiar. También doy gracias a mis compañeros que siempre me apoyaron y me dieron su amistad incondicional.

DIEGO ARMANDO ESPINOZA QUIZHPE

AGRADECIMIENTO

En este proyecto quiero agradecerle primero a Dios por permitirme llegar hasta estas instancias, a mis padres por promover mis sueños y esperanzas, a mi padre Cristóbal por ser el motor de la familia, a mi madre Jasmin por sus atenciones cuando yo salía por las madrugadas o llegaba al anochecer, a mi hermana Gisella porque nunca faltaron sus consejos.

Un agradecimiento especial a mi esposa Tammy, porque me acompañó cada instante, me apoyó, me dio ánimos cuando más lo requería, siempre estuvo ahí para reponerme y jamás me dejó tirar la toalla.

A mis maestros quiero agradecerles por tanto conocimiento adquirido y a mis compañeros por su granito de arena aportado para ser el profesional que seré.

En fin, a todos ustedes gracias, por acompañarme en esta travesía que se me tornó muy largo pero que hoy con alegría y entusiasmo puedo decir que ha llegado a su fin dando paso a nuevos comienzos.

JOEL ANDRÉS BONILLA MORÁN

RESUMEN DEL PROYECTO

Año	Alumnos	Tutor de Proyecto de titulación	Proyecto de titulación
2024	Diego Armando Espinoza Quizhpe Joel Andrés Bonilla Moran	Ing. Diego Freire Quiroga MSC.	Diseño y simulación de una red IPv6 para sucursales enfocado al internet de las cosas (IoT)

El principal objetivo de este proyecto técnico es el diseño y simulación de una red IPv6 para sucursales enfocado al internet de las cosas (IoT). Con el desarrollo de este tipo de proyectos Podemos dar apertura a las investigaciones futuras, para que sea una guía de desarrollo para estudiantes, investigadores o docentes de la carrera de ingeniería electrónica puedan mejorar este primer desarrollo de simulación y aplicaciones aplicadas a IoT utilizando redes IPv6.

Se desarrolló un proyecto de networking utilizando herramientas de simulación como CISCO Packet Tracer y sus aplicaciones basadas en IoT, para el diseño se utilizó una arquitectura de malla en sus conexiones WAN conformadas por 4 clústers, los cuales se dividen en Oficina Matriz, Sucursal 1, Sucursal 2 y red de clientes corporativos. Para este proyecto se simula a una empresa de servicios de telecomunicaciones que se ha denominado como IOT Services Corp., la cual brinda servicios de tecnología IoT para clientes corporativos mediante enlaces de última milla de acceso con fibra óptica para el caso de cliente corporativos y tecnología HFC para el caso de clientes residenciales. Se simulan clientes corporativos con instalaciones en granja avícola, control de tráfico utilizando IoT, cliente hospitalario el cual tiene parqueadero Smart con IoT, y un cliente residencial el cual se simulan varios elementos de IoT utilizados en el hogar. Adicional tanto la oficina matriz de la empresa como las sucursales utilizan tecnología IoT dentro de las oficinas. Cabe indicar que en este proyecto todo el direccionamiento IP está basado en IPV6, el enrutamiento en OSPF3, así como también se tiene un datacenter con servidores WEB, DNS y DHCP. Como desenlace del trabajo de esta investigación y simulación de los estudiantes de la carrera de ingeniería en electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, docentes e investigadores del área de electrónica serán beneficiados ya que tienen a su disposición una simulación donde se puede dar ejemplo de las configuraciones basadas en Packet Tracer con tecnologías IoT.

ABSTRACT

The main objective of this degree project is the design and simulation of an IPv6 network for branch offices focused on the Internet of Things (IoT). The development of this type of project opens the way for future research that can be developed by students, professors, and researchers of the electronics engineering career, in which simulation and applications applied to IoT can be developed using IPv6 networks.

A networking project was developed using simulation tools such as CISCO Packet Tracer and its IoT-based applications, for the design a mesh architecture was used in its WAN connections made up of 4 clusters, which are divided into Headquarters Office, Branch 1, Branch 2, and corporate customer network. For this project, a telecommunications services company that has been called IOT Services Corp is simulated, which provides IoT technology services for corporate customers through last mile access links with fiber optics for the corporate customer case and HFC technology for the case of residential customers. Corporate customers with facilities in poultry farm, municipality traffic control using IoT, hospital customer which has smart parking with IoT, and a residential customer which simulates several IoT elements used in the home are simulated. In addition, both the company's head office and branches use IoT technology within the offices. It should be noted that in this project all the IP addressing is based on IPv6, the routing on OSPF3, as well as having a datacenter with web servers, DNS and DHCP

As a conclusion of the work of this research, the students of the electronics engineering career of the Salesian Polytechnic University in Guayaquil, professors, and researchers in the area of electronics will benefit since they have at their disposal a simulation where laboratory practices based on packet tracer with IoT technologies can be conducted.

ÍNDICE GENERAL

1	El problema	2
1.1	Descripción del problema	2
1.2	Antecedentes	2
1.3	Importancia y alcance	3
1.4	Delimitación.....	3
1.4.1	Delimitación temporal.....	3
1.4.2	Delimitación espacial.....	3
1.4.3	Delimitación académica	4
1.5	Beneficiarios de la propuesta	4
1.6	Innovación e impacto del proyecto	4
1.7	Objetivos	5
1.7.1	Objetivo general.....	5
1.7.2	Objetivo específico.....	5
2	Fundamentos teóricos	6
2.1	Direccionamiento IPv6.....	6
2.1.1	Ventajas del Protocolo IPv6 compararlo con el Protocolo IPv4	8
2.1.2	Estructura de asignación de una dirección IPv6	8
2.1.3	Tipo de direcciones IPv6	10
2.1.4	Estructura para direccionamiento IPv6.....	12
2.1.5	Prefijo que no son múltiplos de 16.....	13
2.1.6	Asignación de bloques de direcciones.....	14
2.1.7	Opciones para trabajar sin plan de direccionamiento	15
2.1.8	Enlace directo entre direcciones IPv4 e IPv6.....	15
2.2	El Internet de las Cosas (IoT).....	16
2.2.1	¿Cómo funciona el Internet de las cosas?.....	17
2.2.2	¿Cuáles son algunos ejemplos de dispositivos de IoT?	18
2.3	Cisco Packet Tracer	22
2.4	Routers:	24
2.5	Switches:.....	24
2.6	Dispositivo inalámbrico:.....	25
2.7	Equipo de seguridad:	25
2.8	SBC y MCU.....	27
3	Marco metodológico	28

3.1	Tipo de investigación.....	28
3.2	Diseño de investigación.....	28
3.3	Enfoque de la investigación.....	28
3.4	Metodología de investigación	29
3.5	Propuesta de solución.....	29
3.6	Diseño de la red IPv6 en Cisco Packet Tracer	30
3.6.1	Direccionamiento IPv6 de la red.....	30
3.6.2	Configuración de las redes WAN.....	36
3.6.3	Configuración de clúster Matriz	37
3.6.4	Configuración de clúster Sucursal 1 y 2	58
3.6.5	Configuración de clúster Corporativos IoT.....	69
4	Resultados.....	77
4.1	Resultados de la simulación servidores IoT.....	77
4.2	Resultados de la simulación IPv6.....	86
4.3	Resultados y análisis de Smart Farm, Smart Traffic, Smart Home, Smart Parking .	92
4.4	Evaluación y medición de la red IPv6 con IoT, indicadores y beneficios tangibles.	
	100	
5	Conclusiones	104
6	Recomendaciones.....	105
7	Bibliografía.....	106
8	Anexos	107
8.1	Configuraciones de Routers	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Formato de IPv6.....	8
Figura 2 Omisión de ceros en IPv6.....	9
Figura 3 IPv6 simplificadas.....	9
Figura 4 Red con IPv6.....	11
Figura 5 Agrupación de IPv6	12
Figura 6 Prefijos que no son múltiplo de 16	13
Figura 7 Red IPv6	15
Figura 8 IoT con AWS	18
Figura 9 IoT en casa automatizada	21
Figura 10 Pantalla inicial de Cisco Packet Tracer	22
Figura 11 Requisitos Cisco Packet Tracer.....	23
Figura 12 Ventana de trabajo Cisco Packet Tracer	23
Figura 13 Cisco Packet Tracer e IoT	26
Figura 14 Configuración de malla de enlaces WAN.....	37
Figura 15 Clúster Matriz	38
Figura 16 Servidor Web.....	38
Figura 17 Edición de index en servidor web	39
Figura 18 Configuración IP del servidor web	39
Figura 19 Configuración IP del servidor DNS	40
Figura 20 Activar servicio DNS.....	41
Figura 21 Direccionamiento IP servidor DHCP.....	42
Figura 22 Configuración de servicio DHCP	42
Figura 23 Servicios Central Office ISP	43
Figura 24 Servicio DHCPv6 en Central Office ISP.....	43
Figura 25 Configuración global del Central Office ISP	44
Figura 26 Direccionamiento IPv6 del Central Office ISP	44
Figura 27 Direccionamiento IPv6 de Cell Tower	45
Figura 28 Carrier de internet.....	45
Figura 29 Configuración de servicio de TV en Carrier internet.....	46
Figura 30 Cable HFC.....	46
Figura 31 Splitter coaxial	47
Figura 32 Oficina Matriz IoT	48
Figura 33 Configuración IPv6 del servidor IoT Matriz	48

Figura 34 Configuración de DHCPv6 en Server IoT	49
Figura 35 Configuración DNS en Server IoT Oficina Matriz	50
Figura 36 IoT Monitor	51
Figura 37 Elementos IoT	51
Figura 38 MCU conexión física.....	52
Figura 39 Código MCU.....	52
Figura 40 Configuración IP de puerta IoT	53
Figura 41 Configuración IP de ventana IoT	54
Figura 42 Configuración IP de aire acondicionado IoT	55
Figura 43 Configuración IP de cafetera IoT	56
Figura 44 Configuración IP de monitor de temperatura	56
Figura 45 Configuración IP de Termostato	57
Figura 46 Configuración IP del MCU	57
Figura 47 Clúster sucursal 1.....	59
Figura 48 Clúster sucursal 2.....	59
Figura 49 Oficina Sucursal 1	60
Figura 50 Oficina Sucursal 2	60
Figura 51 Configuración DHCPv6 IoT servidor Oficina Sucursal 1	61
Figura 52 Configuración DNS IoT servidor Oficina Sucursal 1.....	61
Figura 53 Configuración IoT del servidor.....	62
Figura 54 Direccionamiento IP de monitor de temperatura de sucursal 1	62
Figura 55 Direccionamiento IP de monitor de humedad de sucursal 1	63
Figura 56 Direccionamiento IP de monitor de humedad de sucursal 1	63
Figura 57 Direccionamiento IP de monitor de AC de sucursal 1	64
Figura 58 Direccionamiento IP de termostato sucursal 1.....	64
Figura 59 Configuración DHCP servidor IoT Sucursal 2.....	65
Figura 60 Configuración de DNS servidor IoT_sucursal_2	65
Figura 61 Configuración de servidor IoT_Sucursal_2	66
Figura 62 Clúster de Corporativos.....	69
Figura 63 Clúster de SmartFarm	69
Figura 64 Clúster de Smart Traffic.....	70
Figura 65 Clúster de Smart Parking Hospital.....	70
Figura 66 Clúster de Smart Home	71
Figura 67 Cuenta de ThingSpeak.....	74
Figura 68 Dashboard en ThingSpeak 2	75

Figura 69 Configuración de ThingSpeak My Channels	75
Figura 70 Datos de Humedad y Temperatura.....	76
Figura 71 Elementos IoT Matriz.....	77
Figura 72 Pruebas de puerta IoT, bloqueo	78
Figura 73 Pruebas de puerta IoT, apertura.....	78
Figura 74 Pruebas de Ventana, apertura.....	79
Figura 75 Pruebas de ventana, cierre.....	79
Figura 76 Pruebas de encendido AC	79
Figura 77 Pruebas con termostato de AC.....	79
Figura 78 Encendido de Heat en Termostato	80
Figura 79 Pruebas con Termostato subida de temperatura	80
Figura 80 Validación de datos de temperatura	81
Figura 81 Demostración de encendido de AC	82
Figura 82 Demostración de encendido de AC	82
Figura 83 Datos de IoT Sucursal 1	83
Figura 84 Pruebas de humidificador.....	83
Figura 85 Pruebas de AC en Sucursal 1 encendido de AC	84
Figura 86 Pruebas de puerta IoT en sucursal 2	84
Figura 87 Pruebas de apertura de puerta en sucursal 2	85
Figura 88 Pruebas de cierre de puerta en sucursal 2	85
Figura 89 Sucursal Matriz prueba de ping Test PC a RMatriz	86
Figura 90 Pruebas de ping entre dispositivos de la red IPv6	86
Figura 91 IPv6 en el PC Matriz.....	87
Figura 92 Servidor DHCPv6	88
Figura 93 Configuraciones IPv6 de interfaces en RSucursal1	89
Figura 94 Smart Farm	92
Figura 95 Envío de datos del MCU1 a ThingSpeak	93
Figura 96 Envío de datos del MCU2 a ThingSpeak	94
Figura 97 Resultados de temperatura y humedad de MC1	95
Figura 98 Resultados de temperatura y humedad de MC2.....	95
Figura 99 SmartTraffic.....	96
Figura 100 Resultados del script del MCU de Smart Traffic.....	96
Figura 101 Smart Traffic.....	97
Figura 102 Resultados del script del MCU del Smart Traffic.....	97
Figura 103 Smart Home	98

Figura 104 Resultados MCU de Smart Home.....	98
Figura 105 Resultados del servicio de TV en HFC en SmartHome.....	99
Figura 106 Tiempos de respuesta en redes IPv6	100
Figura 107 Tiempos de respuesta entre dispositivos IoT	101
Figura 108 Creación de PDUs.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de IPv4 e IPv6	8
Tabla 2 Protocolo de enrutamiento e IPv6.....	10
Tabla 3 Asignación de bloques IPv6.....	14
Tabla 4 Direccionamiento de servidores del datacenter	31
Tabla 5 Direccionamiento de los servidores IoT de cada clúster	31
Tabla 6 Servidor red celular.....	32
Tabla 7 Direccionamiento de routers de la red	34
Tabla 8 Router ID OSPF	36
Tabla 9 Access Point.....	36
Tabla 10 Medidas tangibles en configuración de interface serial Router Matriz	103

INTRODUCCIÓN

El auge de las nuevas tecnologías de interconexión y el futuro de Internet, la migración al Internet de las cosas y la carrera definitiva por el agotamiento de las direcciones IPv4 hacen del protocolo IPv6 una medida muy necesaria en este tiempo. La escasez de direcciones IPv4 ha sido un problema recurrente y se lleva más de una década lidiando con él a pesar de varias medidas para extender la vida útil del protocolo. Sin embargo, estas medidas son de corto plazo. El protocolo IPv6 se diseñó hace muchos años, pero su adopción ha sido muy lenta porque los proveedores y servidores de Internet tienen que soportar el nuevo protocolo. Los sistemas operativos y los equipos de red se han actualizado desde hace mucho tiempo para utilizar IPv6 (ilabora.com/, 2024).

El Internet de las cosas (IoT) requiere más direcciones IP de las que permite IPv4. Desgraciadamente, IPv4 todavía se utiliza en un gran número de ámbitos y sólo tiene 4,3 millones de direcciones posibles. Por supuesto, no todos los dispositivos IoT requieren una dirección IP, pero los analistas predicen que IPv4 será suficiente para menos del 20% de los dispositivos. El protocolo IPv6 tendrá 340 mil millones de direcciones. Incluso si IoT cumple con las expectativas analíticas, debería ser suficiente para satisfacer la demanda en los próximos años. Sin embargo, si bien la adopción del protocolo IPv6 está aumentando, su adopción sigue siendo baja (ilabora.com/, 2024).

Con el desarrollo de sistemas basados en el internet de las cosas dentro de las redes corporativas o residenciales, se tiene la necesidad de conocer más en detalles como es la configuración e implementación de este tipo de redes aplicadas a IPv6.

Este proyecto de investigación propone un diseño y simulación de una red IPv6 para sucursales enfocado al internet de las cosas que sea utilizado como material de práctica y probar a los futuros ingenieros electrónicos de la carrera de ingeniería en electrónica con la finalidad de realizar prácticas de aplicación de IoT con IPv6 y seguir desarrollando y renovando hacia el futuro.

1 El problema

1.1 Descripción del problema

Las tendencias actuales en el planeamiento de redes de datos se centran en el uso de IPv6 para su direccionamiento, específicamente en redes IoT donde el crecimiento es exponencial en la industria y las tecnologías Smart Cities, el uso de direcciones IPv6 es indispensable para este notable incremento de dispositivos y que ha futuro evitará un replanteamiento del direccionamiento IP de las redes de datos. El poco conocimiento de redes IoT basadas en redes IPv6 es una problemática para los futuros ingenieros electrónicos de mención telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

El estudio de redes IPv6 con IoT en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) sede Guayaquil plantea desafíos y oportunidades específicas. La poca infraestructura adaptada a IPv6 y la necesidad de dispositivos IoT representan un reto logístico y financiero para la universidad. La capacitación del personal docente y técnico en estas tecnologías emergentes es crucial, así como la actualización de programas académicos para integrar estos conceptos. A pesar de los desafíos, la UPS tiene la oportunidad de fomentar la investigación, establecer colaboraciones externas y mantenerse a la vanguardia en la formación de profesionales en un área de gran relevancia tecnológica.

1.2 Antecedentes

En la actualidad los estudiantes de las carreras de ingenierías electrónica y de telecomunicaciones cuentan con poco material de estudio enfocado al direccionamiento IPv6 aplicadas a IoT, es por esto por lo que se planteó este proyecto de estudio donde se potenciará la práctica mediante la simulación de redes, el diseño de redes y el análisis y puesta en marcha de elementos IoT en redes de datos.

La necesidad del estudio de las redes ipv6 como mejoras en las enseñanzas de los alumnos de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana para un mejor desempeño en el campo laboral enfocadas en las nuevas tecnologías de direccionamiento IPv6 basadas en redes IoT.

Con la realización de este proyecto se logra un adelanto a nivel de tecnología dentro de las diferentes redes IPv6 con IoT aplicadas tanto en la industria como en las empresas del Ecuador, y también sirve como guía de formación para los futuros ingenieros electrónicos o de telecomunicaciones y así seguir investigando, desarrollando e implementándolo, para que el país alcance un mejor estatus de desarrollo tecnológico.

1.3 Importancia y alcance

El propósito de diseñar y simular una red IPv6 con IoT en la Universidad Politécnica Salesiana es proporcionar a los estudiantes una plataforma de aprendizaje y desarrollo que les permita adquirir habilidades esenciales en la gestión de redes IPv6 y dispositivos IoT, preparándolos para las demandas del mundo laboral actual y futuro, fomentando la innovación, la investigación y la colaboración con la industria, y manteniéndolos actualizados en un campo tecnológico en constante evolución, lo que, en última instancia, mejora su empleabilidad y sus perspectivas de carrera.

1.4 Delimitación

1.4.1 Delimitación temporal

El tiempo considerado para el diseño, simulación y pruebas de funcionamiento del proyecto es de 5 meses, desde noviembre 2023 hasta febrero de 2024.

1.4.2 Delimitación espacial

Las pruebas de validaciones técnicas y elaboración de datos del proyecto de simulación se la realizaron con el software Cisco Packet Tracer utilizando las ultimas actualizaciones disponibles a la fecha de la realización de este proyecto.

1.4.3 Delimitación académica

Este trabajo de investigación donde el resultado es un diseño y simulación de redes IPv6 con IoT son una herramienta elemental para el desarrollo de las capacidades, destrezas y aptitudes como ingenieros electrónicos de la Universidad Politécnica.

Con este trabajo se pone en práctica los conocimientos adquiridos en materias como redes de computadora, sistemas de microcontroladores, electrónica digital y domótica.

1.5 Beneficiarios de la propuesta

Los estudiantes se benefician al adquirir habilidades relevantes para el mercado laboral actual, mientras que la facultad de ingenierías y el personal académico de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil ven potenciada la investigación y la colaboración interdisciplinaria. Además, la colaboración con la industria y empleadores abre oportunidades laborales y fomenta la innovación tecnológica, lo que repercute en un desarrollo regional sostenible, contribuyendo al progreso tecnológico y a la formación de profesionales altamente competentes en la región.

En este proyecto se planteó una simulación en Cisco Packet Tracer de una red IPv6 enfocada a IoT el cual se utilizará para practicar y modificar parámetros que ayuden a los estudiantes a entender el funcionamiento de IPv6 y de dispositivos IoT.

1.6 Innovación e impacto del proyecto

El desarrollo de este trabajo de titulación tiene un nivel de innovación alto, debido a la necesidad de las implementaciones de redes basadas en direccionamiento IPv6 y aplicadas a redes IoT, de tal manera que este proyecto de diseño e implementación IoT pueda efectuarse para un uso a nivel comercial e industrial en el futuro.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Implementar una red IPv6 con IoT para fomentar la investigación y la innovación, y establecer conexiones con la industria.

1.7.2 Objetivo específico

- Diseñar una infraestructura tecnológica adecuada, que incluya hardware y software para configurar y gestionar la red IPv6 y los dispositivos IoT.
- Explorar aplicaciones de IoT en una variedad de campos, como salud, agricultura, industria y transporte, para demostrar la versatilidad de esta tecnología.
- Evaluar y medir el impacto de la implementación de la red IPv6 con IoT en la universidad y en la comunidad local, incluyendo indicadores de éxito y beneficios tangibles.

2 Fundamentos teóricos

2.1 Direccionamiento IPv6

IPv6 (Protocolo de Internet versión 6) es una versión avanzada del protocolo IPv4 (Protocolo de Internet versión 4) y es fundamental para el correcto funcionamiento de Internet y las redes. Una de las diferencias más significativas entre IPv6 e IPv4 es la longitud de la dirección IP. IPv4 utiliza direcciones de 32 bits, que pueden albergar aproximadamente 4.300 millones de direcciones, mientras que IPv6 utiliza direcciones de 128 bits. Esto significa que IPv6 puede generar una cantidad casi ilimitada de direcciones IP, resolviendo el problema crítico de agotamiento de direcciones IPv4.

El formato de las direcciones IPv6 es diferente al de IPv4. Consisten en ocho grupos de cuatro dígitos hexadecimales separados por dos puntos. Estas direcciones pueden ser difíciles de escribir y recordar, pero la compresión consecutiva de ceros las hace más fáciles de usar al eliminar largas secuencias de ceros, lo que hace que las direcciones sean más legibles.

IPv6 no sólo resuelve el problema de la escasez de direcciones IP, sino que también aporta importantes mejoras en la seguridad y la calidad del servicio (QoS). Destaca la integración de IPSec (un conjunto de protocolos de seguridad), que facilita la autenticación y el cifrado de las comunicaciones, garantizando la privacidad e integridad de los datos. Además, IPv6 proporciona soporte mejorado para la gestión de la calidad del servicio, que es fundamental para aplicaciones en tiempo real como llamadas de voz y videoconferencias (xataka.com, 2024).

Además, IPv6 utiliza el protocolo NDP (Protocolo de descubrimiento de vecinos) para la resolución de direcciones en la red local, lo cual es fundamental para la comunicación entre dispositivos en una red IPv6. El protocolo DHCPv6 (Protocolo de configuración dinámica de host versión 6) complementa la configuración automática de direcciones IPv6, proporcionando configuraciones adicionales como la asignación de direcciones DNS y otros parámetros de red, lo que facilita la administración de redes IPv6 (Community.cisco.com, 2024).

En redes más amplias, protocolos como BGP (External Gateway Protocol) son críticos para gestionar las conexiones entre sistemas autónomos (AS) en Internet, mientras que OSPFv3

(Open Link State Protocol versión 3) se utiliza en redes IPv6. Enrutamiento interno, especialmente en entornos comerciales. . RIPng (RIP Next Generation) es una versión de RIP para IPv6 destinada a redes más pequeñas y menos complejas ([learningnetwork.cisco.com](https://learningnetwork.cisco.com/2024), 2024).

Para servicios de red avanzados, la tecnología MPLS (Conmutación de etiquetas multiprotocolo) se utiliza en redes IPv6 para proporcionar enrutamiento y servicios avanzados basados en etiquetas. Finalmente, la integración de IPSec (Internet Protocol Security) en IPv6 garantiza la seguridad de las comunicaciones, permitiendo la autenticación y el cifrado de datos, fundamentales para proteger la intimidad e integridad de la información en las redes IPv6.

Juntos, estos protocolos y tecnologías garantizan que IPv6 se convierta en un protocolo de comunicaciones completo y seguro en Internet y las redes locales, permitiendo una transición exitosa de IPv4 a IPv6 y el despliegue de redes de próxima generación que puedan soportar el crecimiento. y aplicaciones en un mundo cada vez más conectado ([Community.cisco.com](https://community.cisco.com/2024), 2024).

2.1.1 Ventajas del Protocolo IPv6 compararlo con el Protocolo IPv4

A continuación, en la tabla 1 se detallan las ventajas de IPv6 vs IPv4

Tabla 1 Comparación de IPv4 e IPv6

IPv6	IPv4
Dirección de 128 bits (16 bytes)	Dirección de 32 bits (4 bytes)
Estructura Jerárquica	Estructura Plana
No hay dirección Broadcast, se usa Multicast	Existe Dirección Broadcast
Autoconfiguración, DHCPv6, manual	DHCPv6, manual
Multicast Neighbor Discovery protocol (NDP) para resolución IPv6-MAC	Broadcast Address Resolution Protocol (ARP) para resolución IP-MAC
Identificación de Calidad de Servicio (QoS)	Sin identificación de QoS
Se aplica seguridad obligatoria	Seguridad opcional

(Community.cisco.com, 2024)

2.1.2 Estructura de asignación de una dirección IPv6

- Las direcciones IPv6 están en formato hexadecimal de 128 bits (de "0" a "9", de "A" a "F")
- Una dirección IPv6 consta de 8 cuartetos = 8 grupos de cuatro dígitos hexadecimales
- Cada grupo de cuatro direcciones IPv6 está separado por dos puntos (:) (learningnetwork.cisco.com, 2024). Ver figura 1.

2001:0DB8:0001:5276:0127:00AB:CAFE:0E1F


0101 0010 0111 0110 => 16 bits

Figura 1 Formato de IPv6

(Community.cisco.com, 2024)

Se pueden omitir los ceros iniciales en cualquier cuarteta. Tenga en cuenta que esta regla se aplica a los ceros a la izquierda. Ver figura 2.

Dirección antes de la omisión:

2003:0DB8:0001:5270:0127:00AB:CABE:0E1F

Dirección después de la omisión:

2003:DB8:1:5270:127:AB:CABE:E1F

Figura 2 Omisión de ceros en IPv6
(learningnetwork.cisco.com, 2024)

Se pueden utilizar dos puntos para simplificar una dirección IPv6 cuando uno o más cuartetos constan únicamente de ceros. Estos cuartetos deben ser contiguos y sólo pueden usarse una vez en una dirección IPv6 (learningnetwork.cisco.com, 2024). Ver figura 3.

2003:ABCD:0000:0000:3456:0000:0000:1234

Puedes usar una de estas dos direcciones IPv6 simplificadas:

Opción 1: 2003:ABCD::3456:0:0:1234

Opción 2: 2003:ABCD:0:0:3456::1234

Figura 3 IPv6 simplificadas
(learningnetwork.cisco.com, 2024)

Se tiene los siguientes prefijos de formato predefinidos:

- Dirección IPv6 no especificada (::/128)
- Dirección IPv6 Loopback (::1/128)
- Dirección IPv6 Global Unicast (2000::/3)
- Dirección IPv6 Link-Local (FE80::/10)
- Dirección IPv6 Multicast (FF00::/8)

2.1.3 Tipo de direcciones IPv6

Direcciones IPv6 Global Unicast (Direcciones Global Unicast): Estas son direcciones que son enrutables y accesibles desde todo el espacio de Internet IPv6. Son equivalentes a direcciones IPv4 públicas. También tenga en cuenta que al configurar una interfaz de enrutador o conmutador, se puede tener varias direcciones IPv6 al mismo tiempo o tener una dirección IPv6 y una dirección IPv4 al mismo tiempo, esta última característica se llama "doble pila" dual stack (learningnetwork.cisco.com, 2024)

Direcciones de enlace local IPv6: Estas direcciones se utilizan para la comunicación en el segmento de la red local. Esto se configura automático en todas las interfaces. Recuerde que los enrutadores no remitirán paquetes a redes remotas si contienen una dirección de enlace local como origen o destino. Sin embargo, su función más importante es la de dirección de siguiente salto en el protocolo de enrutamiento IPv6 (learningnetwork.cisco.com, 2024).

Direcciones IPv6 Multicast: Identifica un conjunto de interfaces. Los paquetes enviados a una dirección de multidifusión se enviarán a todos los dispositivos que utilicen esa dirección para identificarse. Los protocolos de enrutamiento en IPv6 utilizan estas direcciones para comunicarse entre dispositivos (learningnetwork.cisco.com, 2024). Ver tabla 2.

Tabla 2 Protocolo de enrutamiento e IPv6

Protocolo de Enrutamiento	IPv6 Multicast
OSPFv3	FF02::5 FF02::6
RIPng	FF02::9
EIGRP para IPv6	FF02::A

(learningnetwork.cisco.com, 2024)

Dirección IPv6 Anycast: Las direcciones Anycast se pueden asignar a diferentes interfaces/dispositivos. Según la medición de distancia del protocolo de enrutamiento, los paquetes enviados a una dirección anycast se dirigen al más cercano del grupo. En términos generales, Anycast es un intermedio entre unidifusión y multidifusión.

La diferencia entre anycast y multicast es que los paquetes anycast se envían a un solo dispositivo, mientras que los paquetes multicast se envían a un conjunto de dispositivos.

A continuación, en la figura 4 se muestra una LAN con una dirección IPv6.

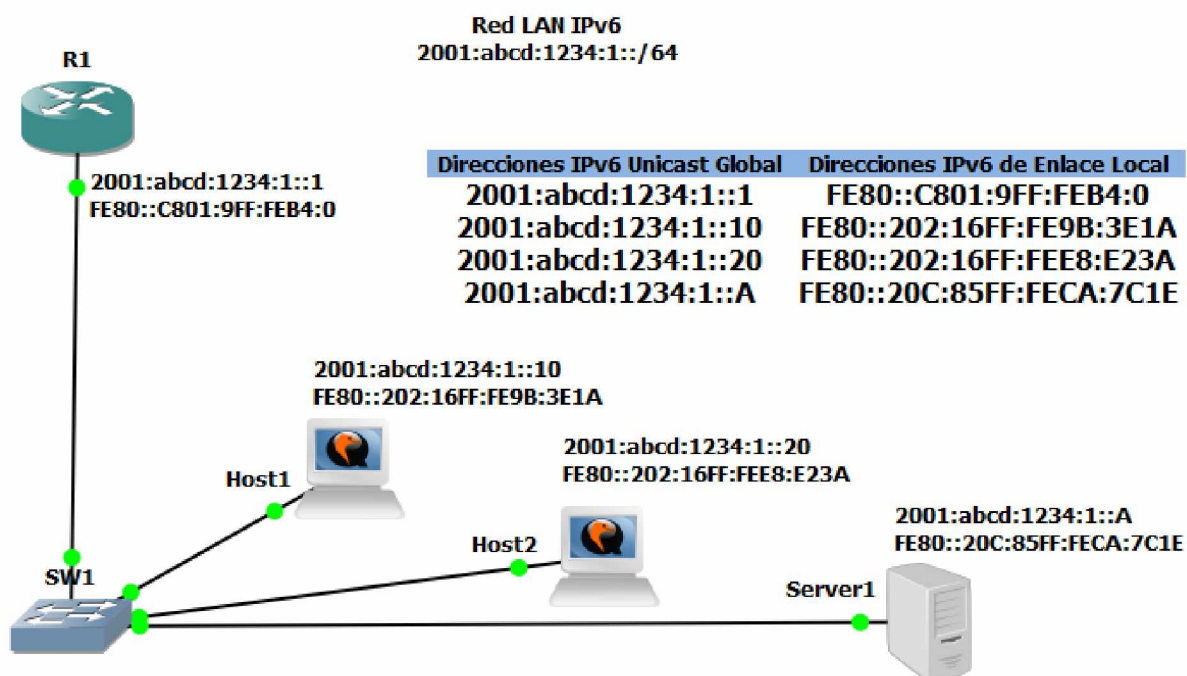


Figura 4 Red con IPv6
(learningnetwork.cisco.com, 2024)

2.1.4 Estructura para direccionamiento IPv6

Las direcciones IPv6 se agrupan mediante "prefijos". El prefijo son todas las direcciones que encabezan con la misma cadena de bits. La longitud del prefijo se expresa después de la dirección IPv6, separada por barras, donde este número es el número de valores binarios (learningnetwork.cisco.com, 2024).

Por ejemplo, el prefijo IPv6 2001:db8::/32 contiene todas las direcciones IPv6 desde 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 a 2001:0db8:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff, donde el número 32 es el número de valores binarios ("2001" tiene 16 dígitos binarios, "0db8" tiene 16 dígitos binarios, un total de 32 dígitos binarios).

La práctica común es definir la longitud del prefijo IPv6 como un múltiplo de 4 dígitos hexadecimales (o 16, ya que 4 dígitos hexadecimales equivalen a 16 dígitos binarios), ya que esto permite implementar fácilmente rangos de direcciones IPv6. Por eso se utilizan habitualmente los prefijos /32, /48, /64, /96 (learningnetwork.cisco.com, 2024). Ver figura 5.

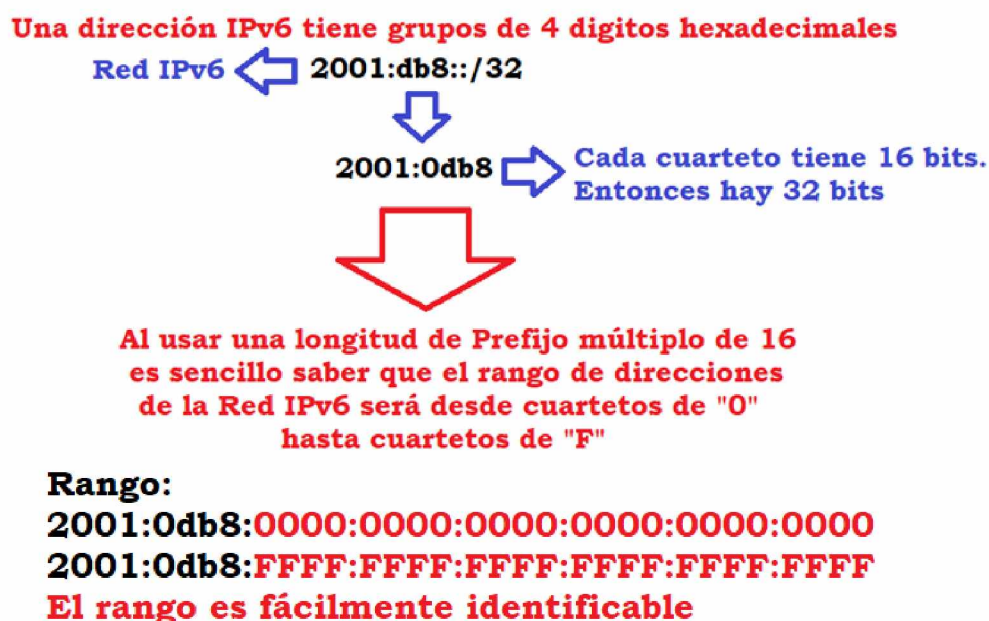


Figura 5 Agrupación de IPv6
(learningnetwork.cisco.com, 2024)

2.1.5 Prefijo que no son múltiplos de 16

Si la longitud del prefijo no es un múltiplo exacto de 16, el rango de direcciones IPv6 se vuelve más difícil de localizar porque se requiere el valor binario equivalente para encontrarlo.

Por ejemplo, el prefijo 2001:db8::/61 contiene todas las direcciones desde 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 a 2001:0db8:0000:0007:ffff:ffff:ffff:ffff (learningnetwork.cisco.com, 2024)

Aquí en la figura 6 se observa otro ejemplo:

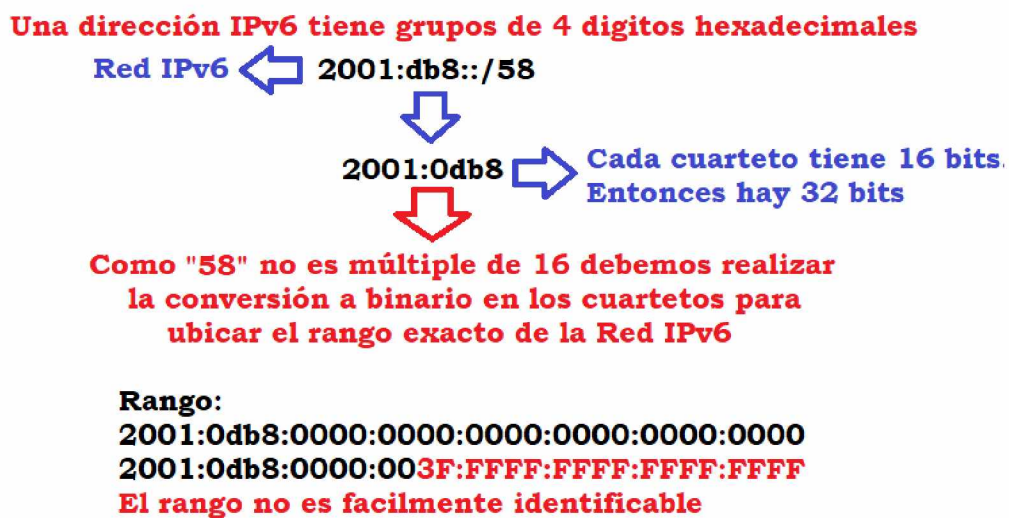


Figura 6 Prefijos que no son múltiplo de 16
(learningnetwork.cisco.com, 2024)

2.1.6 Asignación de bloques de direcciones

Los rangos de direcciones IPv6 se asignan en la tabla 3:

Tabla 3 Asignación de bloques IPv6

Prefijo	Asignado a	Número de direcciones
/32	LIR (Local Internet Registry, usualmente un Internet Service Provider - ISP)	2^{96}
/48	Organización	2^{80}
/64	Red de la Organización (subred)	2^{64}
/128	Host (PC, servidor, impresora, router)	1

(learningnetwork.cisco.com, 2024)

En este ejemplo se define todas las subredes para utilizar el bloque de direcciones /64. Es posible utilizar otros bloques de direcciones, pero no se recomienda ya que algunos dispositivos pueden comportarse de manera diferente cuando se aplican otros formatos.

Además, según la tabla anterior, a la organización se le asigna un componente de direcciones /48. Según la información anterior, los primeros 48 bits del plan IPv6 están fijos. En esta ocasión, se usó 2001:db8:1234::/48 como ejemplo.

Esto significa que se puede usar el prefijo /64, que va desde 2001:db8:1234:0000::/64 hasta 2001:db8:1234:ffff::/64, por lo que hay 16 bits disponibles para asignar la dirección a la subred.

2.1.7 Opciones para trabajar sin plan de direccionamiento

Una organización "plana" sin una estructura organizativa interna (que tiene múltiples departamentos dentro de la organización con autoridad para asignar direcciones IP) o una estructura técnica (que diferencia diferentes categorías de tipos de uso y redes) puede operar sin un plan. Asignar direcciones IPv6 aleatorias y gratuitas como hosts de red.

La desventaja es que es difícil identificar redes en función de su orientación porque este método carece de estructura. Por lo tanto, se recomienda desarrollar una solución.

Si se elige trabajar sin un plan de direccionamiento, se recomienda mantener una lista de redes asignadas en una ubicación central (learningnetwork.cisco.com, 2024).

2.1.8 Enlace directo entre direcciones IPv4 e IPv6

Si la red IPv4 existente usa solo subredes enmascaradas /24 (por ejemplo, 203.0.113.0 a 203.0.113.255), puede establecer un vínculo directo entre la dirección IPv4 y la nueva dirección IPv6.

En este tema, puede contener el penúltimo número de la dirección IPv4 en la subred IPv6 (por ejemplo, 113 en 203.0.113.0/24). La dirección IPv6 será 2001:db8:1234:113::/64.

Esta conversión de IPv4 a IPv6 podría verse así tal como indica la figura 7:

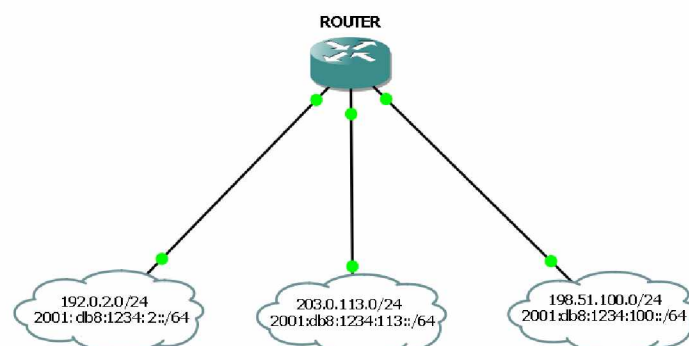


Figura 7 Red IPv6

(learningnetwork.cisco.com, 2024)

En este plan de direccionamiento, el enlace entre las redes IPv4 existentes y las redes IPv6 es inmediatamente visible. Para dispositivos importantes como servidores y enrutadores, también puede resultar práctico utilizar el último dígito de la dirección IPv4 en la dirección IPv6. Por ejemplo, la dirección IPv4 192.0.2.123 se convierte en la dirección IPv6 2001:db8:1234:2::123. También es posible fusionar una dirección IPv4 completa en una dirección IPv6. Para este caso, la dirección IPv6 sería 2001:db8:1234:2:192:0:2:123.

Si se elige esta opción, se recomienda mantener la lista de redes asignadas en una ubicación central (como una hoja de cálculo de Excel) o implementar la máquina virtual como repositorio para archivos de mapeo, topología y archivos de configuración que abordan dispositivos (switches y enrutador), etc. (learningnetwork.cisco.com, 2024).

2.2 El Internet de las Cosas (IoT)

El concepto “Internet de las Cosas” o “Internet de las Cosas” hace referencia a la red colectiva de dispositivos acoplados y a las tecnologías que facilitan el enlace entre dispositivos y la nube, así como entre los propios dispositivos. Gracias al arribo de chips informáticos de bajo costo y las de gran ancho de banda, ahora existen millones de dispositivos conectados a Internet. Esto significa que los emisor-receptor de datos cotidianos, como un cepillo de dientes, una aspiradora, los automóviles y demás equipos, pueden utilizar sensores para recopilar datos y responder de forma inteligente al usuario.

El Internet de las Cosas integra las “cosas” cotidianas con Internet. Los especialistas informáticos han estado añadiendo sensores y procesadores a estos objetos del día a día desde la década de 1990. Sin embargo, el progreso fue inicialmente lento debido al voluminoso tamaño del chip. Los chips de computadora de bajo consumo llamados etiquetas RFID se utilizaron inicialmente para rastrear equipos de alto costo. A medida que los dispositivos informáticos se reducen de tamaño, estos chips se vuelven más pequeños, más rápidos e inteligentes (aws.amazon.com, 2024).

El costo de integrar potencia informática en objetos pequeños se reduce considerablemente. Por ejemplo, se puede agregar conectividad a través de la funcionalidad del servicio de voz de Alexa a una MCU con menos de 1 MB de RAM integrada, como un interruptor de luz.

Han surgido industrias enteras con el fin de llenar hogares, empresas y oficinas con dispositivos IoT. Estos objetos inteligentes pueden transmitir datos de forma automática hacia y a partir del Internet. Todos estos "dispositivos informáticos invisibles" y las tecnologías asociadas a ellos se conocen colectivamente como Internet de las cosas (aws.amazon.com, 2024).

2.2.1 ¿Cómo funciona el Internet de las cosas?

Los sistemas comunes de IoT funcionan recopilando y compartiendo datos en tiempo real. Un sistema IoT consta de tres unidades:

2.2.1.1 Dispositivo inteligente

Todos estos dispositivos, como televisores, cámaras de seguridad o equipos de fitness, tienen capacidades informáticas. Compila datos de su entorno, entradas de usuarios o patrones de uso y transmite los datos a través de Internet a aplicaciones de IoT.

2.2.1.2 Aplicaciones de internet de las cosas

Una aplicación de IoT es una agrupación de servicios y software que integra datos recibidos de diferentes dispositivos de IoT. Maneja tecnología de aprendizaje automático o inteligencia artificial (IA) para analizar estos datos y así tomar decisiones informadas. Estas decisiones se anuncian a los dispositivos de IoT y responden de manera inteligente a las entradas.

2.2.1.3 GUI

Los dispositivos o grupos de dispositivos IoT se pueden administrar a través de una interfaz gráfica de usuario. Algunos ejemplos son las aplicaciones móviles o los sitios web que se pueden utilizar para registrar y vigilar dispositivos inteligentes. referente figura 8.

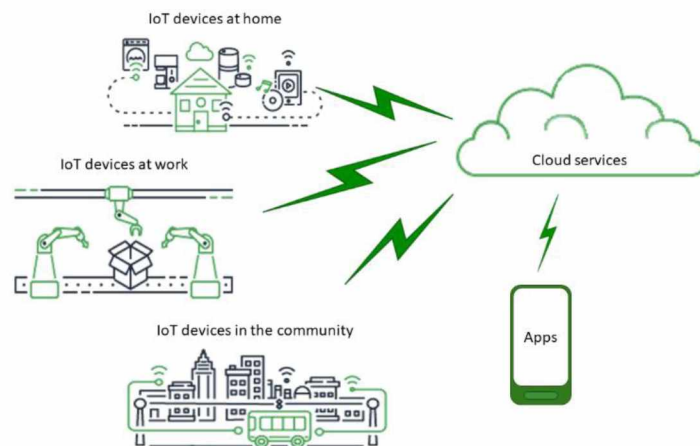


Figura 8 IoT con AWS
(aws.amazon.com, 2024)

2.2.2 ¿Cuáles son algunos ejemplos de dispositivos de IoT?

2.2.2.1 Coche conectado

Hay varias formas de conectar un vehículo, como un automóvil, a Internet. Esto se consigue a través de cámaras de tablero inteligentes, sistemas de información y entretenimiento o incluso puertas de enlace para vehículos. Coleccionan datos del acelerador, los frenos, el velocímetro, el odómetro, las ruedas y el tanque de combustible para monitorear el

desempeño del conductor y el estado del vehículo. Los coches conectados tienen muchos usos:

Supervise las flotas de alquiler para mejorar la eficacia del combustible y reducir los costos.

Ayuda a los padres a realizar un seguimiento del método de conducción de sus hijos.

Comunicar automáticamente a amigos y familiares en caso de un accidente.

Anticipar y prevenir las necesidades de mantenimiento de los vehículos.

2.2.2.2 Hogar conectado

Los dispositivos domésticos inteligentes se centran en aumentar la eficacia y la seguridad del hogar, así como en perfeccionar las redes domésticas. Los dispositivos como los enchufes inteligentes pueden controlar el uso de corriente y los termostatos inteligentes pueden proporcionar un buen control de la temperatura. Los procedimientos hidropónicos toman sensores de IoT para gestionar jardines, mientras que los detectores de humo de IoT pueden detectar el humo del tabaco. Los sistemas de seguridad del hogar pueden detectar amenazas al igual que prevenirlas, a más de enviar una alerta a sus dueños por inconvenientes en las cerraduras de puertas, cámaras de seguridad y detectores de fugas de agua,

Los dispositivos domésticos conectados se pueden utilizar para:

- Apague automáticamente los dispositivos que no estén en uso.
- Administrar y mantener patrimonios en alquiler.
- Encuentra objetos perdidos como llaves o portafolios.
- Automatice tareas periódicas como manejar la aspiradora, preparar café y más.

2.2.2.3 Ciudad inteligente

Las aplicaciones de IoT hacen que la organización urbana y el sostenimiento de infraestructuras sean más eficientes. Los gobiernos manipulan aplicaciones de IoT para resolver problemas no sólo de infraestructura, sino también de salud y medio ambiente. Las aplicaciones de IoT se pueden utilizar para:

- Medir la calidad del aire y los niveles de radiación.
- Reduzca las facturas de energía con sistemas de iluminación inteligentes.
- Detectar necesidades de mantenimiento en infraestructura crítica como calles, puentes y ductos.
- Aumentar las ganancias con una gestión eficiente del estacionamiento.

2.2.2.4 Edificio Inteligente

Edificios como campus estudiantiles y centros comerciales utilizan aplicaciones de IoT para mejorar la eficacia operativa. Los dispositivos IoT se pueden utilizar en edificios inteligentes para:

- Reducir el gasto de energía.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Utilice el espacio de trabajo de manera más eficiente.

El IoT tiene aplicaciones en una variedad de campos, como la industria manufacturera, la atención médica, la agricultura, la logística y el transporte, entre otros. Por ejemplo, en la agricultura, los sensores IoT pueden monitorear la humedad del suelo y las condiciones meteorológicas para optimizar el riego de los cultivos. En la atención médica, los dispositivos IoT pueden rastrear la salud de los pacientes y enviar datos en tiempo real a los médicos para un monitoreo más preciso.

Si bien el IoT ofrece muchas ventajas, también plantea desafíos, especialmente en términos de privacidad y seguridad. La recopilación de datos constante por parte de dispositivos puede

generar preocupaciones sobre la privacidad de las personas, y la seguridad de los dispositivos IoT es fundamental para protegerlos de posibles amenazas cibernéticas.



Figura 9 IoT en casa automatizada
(trakaid.com, 2024)

2.3 Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer es un potente simulador de red para la capacitación en exámenes de certificación CCNA y CCNP que permite a los estudiantes crear redes utilizando una cantidad prácticamente ilimitada de dispositivos y experimentar la resolución de problemas sin comprar enrutadores o conmutadores Cisco reales (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

Cisco Packet Tracer simula el tráfico de red con múltiples protocolos de enrutamiento y conmutación simulados, incluidos STP, HSRP, RIP, OSPF, EIGRP y BGP (en la medida requerida por los cursos actuales de Cisco CCNA), así como protocolos de capa de aplicación (HTTP, DNS, etc.).

También incluye Cisco IOS 15 con funciones con licencia, puntos de acceso inalámbricos y livianos con WLC y dispositivos de seguridad con firewalls ASA 5505 y 5506-X.

A partir de febrero de 2021, el software de simulación de red "Cisco Packet Tracer" se actualizó a la versión 8 (versión 8.0.0.0212 para ser precisos). Aunque al momento de escribir este artículo con la versión 8.2 de 2023 (versión 8.2.1.0118 para ser exactos), el software tiene nuevas características interesantes a partir de la versión 8. Visualizar figura 10 (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

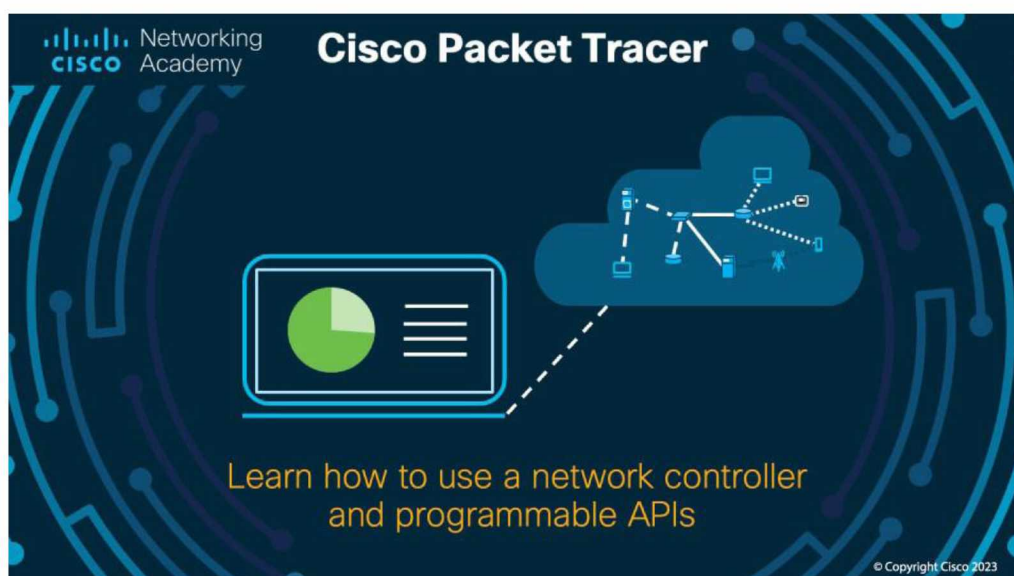


Figura 10 Pantalla inicial de Cisco Packet Tracer
(Learningnetwork.cisco.com, 2024)

Para descargar el programa se debe ingresar a la página de Cisco Networking Academy (NetAcad) e iniciar sesión con una cuenta NetAcad

<https://www.netacad.com/es>

Al ingresar se debe seleccionar la sección "Recursos" y seleccionar la opción "Descargar Packet Tracer"

Los requisitos del sistema para instalar el Cisco Packet Tracer se muestran en la figura 11 (Learningnetwork.cisco.com, 2024):

1. Cisco Packet Tracer 8.2 (64 bits):
 - PC con uno de los siguientes sistemas operativos: Microsoft Windows 8.1, 10, 11 (64 bits), Ubuntu 20.04, 22.04 LTS (64 bits) o macOS 10.14 o posterior
 - CPU amd64 (x86-64)
 - 4 GB de RAM libre
 - 1,4 GB de espacio en disco libre
2. Cisco Packet Tracer 8.2 (32 bits):
 - PC con uno de los siguientes sistemas operativos: Microsoft Windows 8.1, 10, 11 (32 bits)
 - CPU x86 compatible
 - 2 GB de RAM libre
 - 1,4 GB de espacio en disco libre

Figura 11 Requisitos Cisco Packet Tracer
(Learningnetwork.cisco.com, 2024)

En la figura 12 se observa la ventana de trabajo de Cisco Packet Tracer.

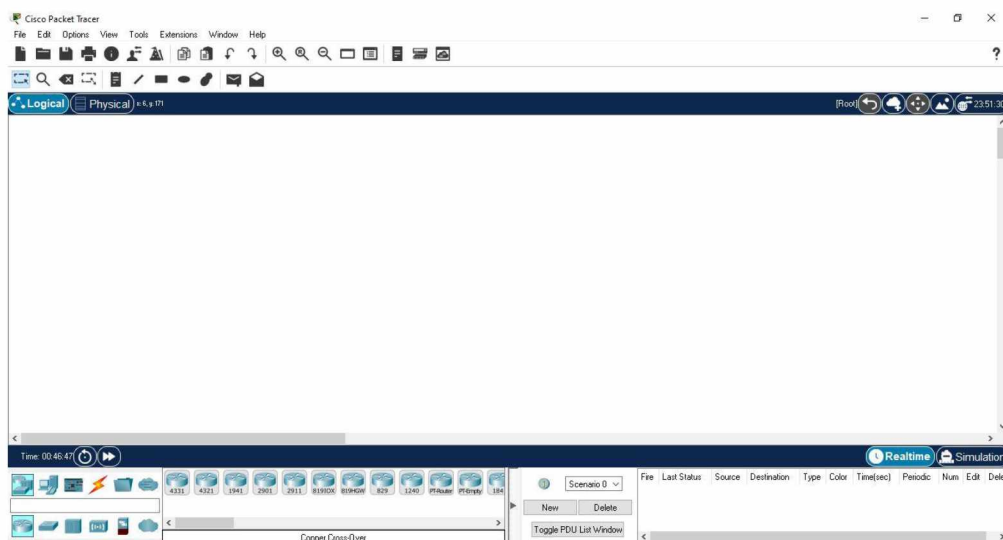


Figura 12 Ventana de trabajo Cisco Packet Tracer
(Learningnetwork.cisco.com, 2024)

El programa brinda los siguientes modelos de equipos, entre los más importantes:

2.4 Routers:

- El 4331 y el 4321 con IOS-XE versión 16 son los últimos modelos hasta la fecha y ofrecen interfaces Gigabit Ethernet de fibra y cobre de capa 3, así como interfaces Gigabit Ethernet de capa 2.

- Los 2911 y 2901 con IOS versión 15 no son los últimos modelos, pero están disponibles para interfaces Gigabit Ethernet de cobre y fibra de Capa 3, interfaces Fast Ethernet de Capa 2 e interfaces seriales.

- 2811, IOS versión 15, este es un modelo anterior, pero está disponible con interfaces Fast Ethernet de cobre de Capa 3, interfaces Gigabit Ethernet de fibra óptica de Capa 3, interfaces Fast Ethernet de Capa 2 e interfaces seriales. Es el único modelo que se puede configurar con CME (Call Manager Express) para laboratorios de telefonía IP básica (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

2.5 Switches:

- 2950T, IOS versión 12, conmutador de capa 2 con 24 puertos Fast Ethernet e interfaces de enlace ascendente Gigabit Ethernet de cobre. Aquí se tiene un modelo antiguo que se puede utilizar para empezar a aprender.

- 2960, IOS versión 15, switch de Capa 2 con 24 puertos Fast Ethernet e interfaces de enlace ascendente Gigabit Ethernet de cobre. También es un modelo antiguo, pero se recomienda para ejercicios de laboratorio de CCNA.

- 3560, IOS versión 12, conmutador de capa 3 con 24 puertos Fast Ethernet PoE e interfaces de enlace ascendente Gigabit Ethernet de cobre. Aunque es un modelo antiguo, se recomienda para practicar la función de tres capas, lo curioso es que admite la función NAT, pero esta función no es compatible con la máquina real (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

2.6 Dispositivo inalámbrico:

- Controlador LAN Inalámbrico (WLC) 2504 y 3504, con interfaz Gigabit Ethernet, sólo accesible a través de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), aunque tiene opciones básicas como configuración WLAN y WPA2, pero para gestión de modelos AP El 3702i es muy útil y cliente inalámbrico (aunque solo se visualizará el número de clientes conectados). Se recomienda utilizar las guías de NetAcad para las prácticas de laboratorio debido a su mayor complejidad y la posibilidad de que se produzcan "errores".

- Punto de Acceso Inalámbrico (AP) 3702i con interfaz Gigabit Ethernet. Para usarlo, se necesita usarlo con un controlador LAN inalámbrico 2504 o 3504, ya que se configurará a través de ese dispositivo. Hay que recordar que se debe enlazar una fuente de alimentación (adaptador de corriente) para que esto funcione (en la sección "Físico"). El enrutador de banda ancha Wireless-N (WRT300N) es un dispositivo inalámbrico que puede simular el enrutador o módem de Internet inalámbrico casero, lo cual es muy útil para practicar laboratorios básicos. Dispone de una interfaz Ethernet para LAN (hasta 100 Mbps) y una interfaz Ethernet denominada "Internet". Ha habilitado DHCP para proporcionar direcciones IP para su LAN. Tener en cuenta que NAT está habilitado de forma predeterminada y no se puede deshabilitar, pero también se puede configurar el reenvío de puertos. Nota: Una vez configurados, los dispositivos internos de la red LAN (portátiles, tabletas, etc.) podrán comunicarse con la red externa (internet u otros dispositivos), pero los dispositivos de la red externa nunca podrán comunicarse con la externa. red. Se comunica con computadoras internas debido a que NAT está establecido por defecto. Esto puede cambiar si configura el acceso desde redes externas mediante "reenvío de puertos" (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

2.7 Equipo de seguridad:

- ASA 5505 con interfaz Ethernet (hasta 100 Mbps). Este es el modelo más básico, pero útil para comenzar a configurar zonas de seguridad, ACL, VPN IPSec y otras funciones básicas.

- ASA 5506-X con interfaz Gigabit Ethernet. Este modelo tiene la opción adicional de ASA 5505.

Se recomienda utilizar guías de laboratorio de NetAcad o compararlas con ordenadores reales, ya que pueden aparecer "bugs" cuanto mayor sea su complejidad (Learningnetwork.cisco.com, 2024).

Si bien existen dispositivos "genéricos" como "Router-PT-Empty", "Switch-PT", "Switch-PT-Empty", "WLC-PT" y "LAP-PT", no se recomienda usarlas porque introducen más "bugs", en el caso especial "WLC-PT" que no tiene la opción de configurar vía web, sino mediante las mismas opciones que se encuentran en su ventana correspondiente.

Como novedad, se cuenta con un controlador de red y se tiene a disposición interfaces de programación de aplicaciones (API: Application Programming Interface). Esto está en línea con el plan de estudios del examen 200-301 (CCNA), que incluye "Automatización y programabilidad", una nueva tendencia en soluciones de redes de telecomunicaciones (Learningnetwork.cisco.com, 2024). observar figura 13.

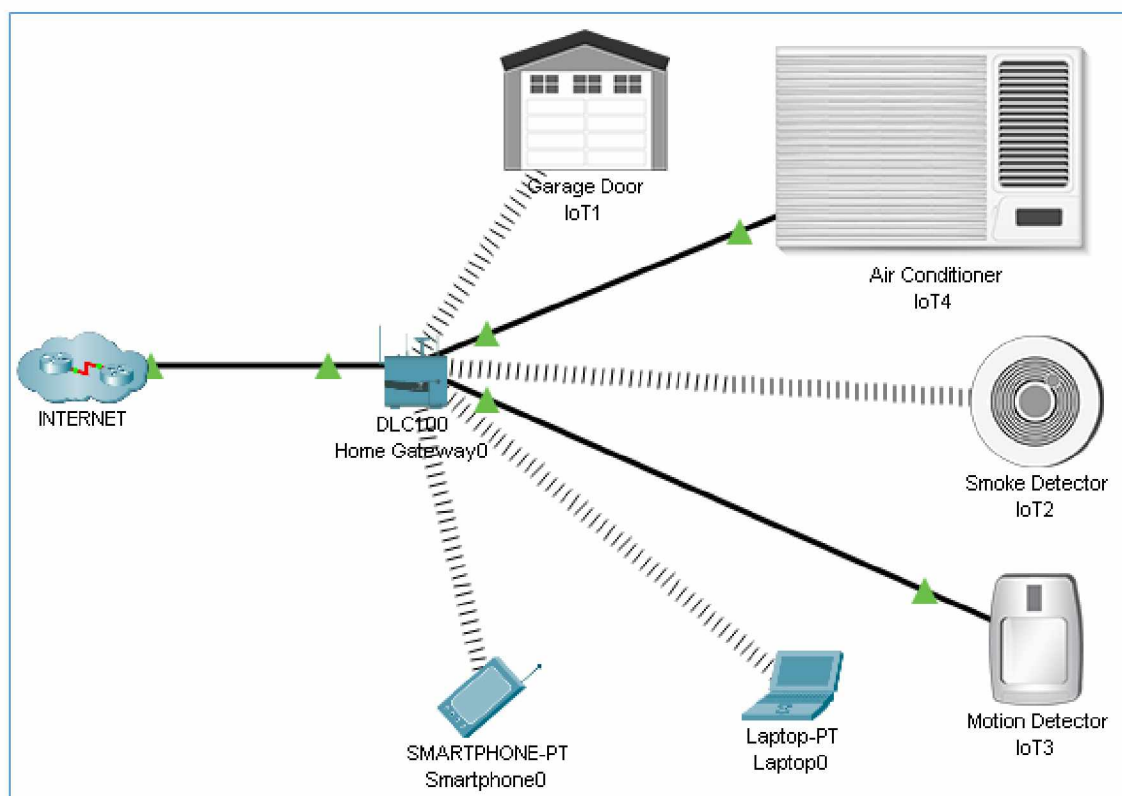


Figura 13 Cisco Packet Tracer e IoT
(Learningnetwork.cisco.com, 2024)

2.8 SBC y MCU

Los elementos SBC (single-board computer) en CISCO Packet Tracer son elementos de cómputo basado en microcontroladores programables como por ejemplo una Raspberry PI, donde se programarán las funciones necesarias para operar los dispositivos IoT de la red IPv6.

El código de programación para este trabajo de investigación está basado en Python, el SBC tendrá salidas digitales llamados también pines GPIO: (General Purpose Input Output)

La tarjeta SBC es básicamente una placa de computadora que puede ser programada usando un lenguaje de programación. Los componentes IoT en este proyecto no tienen una interfaz Ethernet, por tanto, se conectarán por medio de un cable personalizado de IoT (IoT custom cable) a los pines de entrada/salida de la tarjeta SBC.

La MCU (Microcontroladoras), son placas microcontroladoras que ejecutan tareas previamente programadas para operar los dispositivos IoT.

3 Marco metodológico

3.1 Tipo de investigación

Este trabajo de tesis se basa en la metodología exploratoria porque su tema de estudio principal es nuevo y existe poca información al respecto, a su vez es de tipo descriptiva porque analiza ampliamente el tema de estudio.

Es una investigación con enfoque cuantitativo ya que se caracteriza en aplicar estudios de investigación recolectando datos de anteriores redes utilizando IPv6. El enfoque cualitativo se da en la investigación exploratoria donde se estudia las experiencias individuales del diseño de simulación de la red IPv6 con IoT.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental ya que se va a establecer una relación entre causa y efecto del problema. Por ejemplo, se analiza el uso de redes IPv6 por sus ventajas sobre las redes IPv4 y se aplica el internet de las cosas IoT como complemento. Esta investigación tiene un diseño muy práctico que contribuye a la resolución de un problema y aplicación futura a redes reales ya que se considera la normativa técnica y las recomendaciones para las tecnologías IoT e IPv6.

3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque dentro de esta investigación es mixto, es decir tanto cualitativo como cuantitativo.

Cualitativo, ya que se realiza una compilación de información de diferentes fuentes, tales como, libros, tesis de grado, entre otras publicaciones, y luego de esto se realiza un análisis cualitativo de la información conseguida. Cuantitativo, porque, con la recopilación de datos obtenidos a través de los diferentes sensores de simulación de IoT de Cisco Packet Tracer se analiza un correcto funcionamiento del diseño de la simulación.

3.4 Metodología de investigación

La metodología de estudio para abordar el tema de redes IPv6 con IoT en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil se inicia con una revisión exhaustiva de literatura para comprender el estado actual, seguido por un análisis de la infraestructura de red existente.

Posteriormente, se definen los requisitos y se planifica la implementación, utilizando equipos y dispositivos necesarios para la simulación con CISCO Packet Tracer, tales como routers, switches, servidores IoT, servidores DNS, Web, HTTP, servidor cloud, splitter coaxial, radiobase celular, Gateway, etc. Así como también se utilizan elementos IoT como cafetera, aire acondicionado, regadera, ventana, puerta, sensores de movimiento, placa de desarrollo y programación, alarmas, puerta de garaje, detector de humo, etc.

Tras la ejecución, se realizan pruebas detalladas para evaluar el rendimiento de la red, seguridad y comunicación entre dispositivos.

Los hallazgos y soluciones se documentan en un informe detallado que sirve como guía para futuras implementaciones, y se difunden los resultados para fomentar la adopción de estos conocimientos tanto dentro como fuera del ámbito universitario. Esta metodología proporciona un marco estructurado para comprender, implementar y compartir los avances en este campo, promoviendo una aplicación práctica y una comprensión más profunda en la universidad.

3.5 Propuesta de solución

En el contexto de una infraestructura de red empresarial, se planteó un escenario interconectado de varias sucursales, cada una implementado con protocolos de enrutamiento OSPFv3, y empleando IPv6 para abordar la creciente demanda de direcciones IP en un entorno cada vez más interconectado. Para asegurar un funcionamiento eficiente y redundante, se optó por una topología de red con núcleos colapsados tipo malla para alta redundancia, consolidando capas de red y simplificando el tráfico entre sucursales y servidores centrales, lo que mejora el rendimiento general.

Dentro de esta infraestructura, se despliegan servidores de web para alojar aplicaciones y sitios tanto internos como externos, y dispositivos IoT que recopilan datos y automatizan procesos. La comunicación de los dispositivos IoT entre sucursales demanda un diseño de red eficiente para gestionar el tráfico de manera óptima. Asimismo, se recurre a servidores DNS y DHCP de un proveedor de servicios de hosting (HSP) para la resolución de nombres de dominio, garantizando una traducción efectiva de nombres de dominio en direcciones IP.

En el ciclo de comunicación de la red IoT, se destacan las complejidades en el intercambio de datos entre dispositivos y sucursales, lo que demanda una arquitectura de red específica y eficiente para facilitar esta comunicación. Para asegurar la integridad y seguridad de esta red compleja, se implementó políticas sólidas de seguridad y protocolos de gestión, así como un mantenimiento continuo. La administración y el monitoreo constante de la red son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo y proteger la información sensible de la organización.

3.6 Diseño de la red IPv6 en Cisco Packet Tracer

3.6.1 Direccionamiento IPv6 de la red

Para el diseño inicial de la red IPv6 en Cisco Packet Tracer se realiza un detalle del direccionamiento IP que se va a utilizar para los enlaces WAN, la red interna de cada sucursal, así como las IPs de los servidores.

En la tabla 4 se observa el direccionamiento para los servidores que se usaron en la simulación.

Tabla 4 Direccionamiento de servidores del datacenter

Servidores Principales	IPv6	Mask
Default Gateway	2003:AB::1	64
DNS Sever	2003:AB::3	64
DHCP SERVER	2003:AB::2	64
Web Server	2003:AB::4	64
Web Server Domain	tesisups.com	

En la tabla 5 se observa el direccionamiento de los servidores IoT que se configuran en cada sucursal de la simulación.

Tabla 5 Direccionamiento de los servidores IoT de cada clúster

Servidores IoT	IPv6	DHCPv6	DNS	www	Usuario	Password
IoT Server Matriz	2009:AB::10/64	2009:AB::	2009:AB::10	iotmatriz.com	Office	Office
IoT Sucursal 1	2010:AB::10/64	2010:AB::	2010:AB::10	iotsucursal1.com	Office	Office
IoT Sucursal 2	2011:AB::10/64	2011:AB::	2011:AB::10	iotsucursal2.com	Office	Office
IoT ServerFarm	2006:C::10/64	2006:C::	2006:C::10	smartfarm.com	Office	Office
IoT Home	2004:AA::10/64	2004:AA::	2004:AA::10	iothome.com	Office	Office
IoT Parking	2008:B::10/64	2008:B::	2008:B::10	parking.com	Office	Office
IoT Traffic	2007:A::10/64	2007:A::	2007:A::10	traffic.com	Office	Office

En la tabla 6 se observa las configuraciones del servidor de la red 3G/4G que se ha implementado en la simulación.

Tabla 6 Servidor red celular

Servidor Red Celular 3G/4G	IPv6	Default G	DNS	DHCP v6	DNS	www	Provee dor
Central Office ISP	2004:AB::1 0/64	2004:A B::1	2004:A B::2	2010:A B::	2010:AB: :20	cel.c om	ptcellula r
Cell Tower	2004:AB::2 0/64						

En la tabla 7 se observa el direccionamiento de los Routers, con sus conexiones seriales o Giga Ethernet

Int erf az	RSuc ursal 1 (1941)	Mat riz (19 41)	Corpo rativo s (1941)	RSuc ursal 2 (1941)	RClie ntesC orp(29 11)	R. Ofici na Matri z	ROfici na_S ucurs al1	ROfici na_S ucurs al2	R. Sma rt Far m	R. Sma rt Traff ic	R. Smar t Parki ng	R.Ho me
Ser ial 0/0 /0	FF:A A::1/1 26	FF: AA:: 2/12 6	FF:BB ::2/12 6	FF:A B::2/1 26								
Ser ial 0/0 /1	FF:C C::1/1 26	FF: BB:: 1/12 6	FF:CC ::2/12 6	FF:A C::2/1 26								
Ser ial 0/1 /0	FF:A C::1/1 26	FF: AB:: 1/12 6	FF:CB ::1/12 6	FF:C B::2/1 26		FF:A 1::2/ 126	FF:A2 ::2/12 6	FF:A3 ::2/12 6				
Ser ial 0/1 /1	FF:A2 ::1/12 6	FF: A1:: 1/12 6	FF:B1 ::1/12 6	FF:A3 ::1/12 6								
Gig aEt h 0/0	2001: A::1/6 4	200 3:A B::1 /64	2002: B::1/6 4	2001: AB::1/ 64					200 6:C:: 1/64	2007 :A::1/ 64	2008: B::1/ 64	2004 :AB:: 100/ 64

GigaEthernet 0/1		2004:AB::1/64				2009:AB::1/64	2010:AB::1/64	2011:AB::1/64				2004:AA::1/64
Serial 0/2/0					FF:B2::1/126				FF:B2::2/126		FF:B4::2/126	
Serial 0/2/1					FF:B3::1/126					FF:B3::2/126		
Serial 0/3/0					FF:B4::1/126							
Serial 0/3/1					FF:B1::2/126							

Tabla 7 Direccionamiento de routers de la red

En la tabla 8 se observa el Router ID OSPF de los routers de la simulación.

Tabla 8 Router ID OSPF

	RSuc ursal 1 (1941)	RMa triz (194 1)	R3 (19 41)	RSuc ursal 2 (1941)	RClien tesCor p(2911)	R. Ofici na Matri z	ROfici na_Su cursal 1	ROfici na_Su cursal 2	R. Sma rt Far m	R. Sma rt Traff ic	R. Smar t Parki ng	R. H o m e
Rout er ID OSPF	1.1.1. 1	2.2. 2.2	3.3 3	8.8.8. 8	4.4.4.4	9.9.9. 9	9.9.9.1	9.9.9.2	5.5.5 .5	6.6.6 .6	7.7.7. 7	9. 9. 9. 3

En la tabla 9 se observa las configuraciones de Access point de cada sucursal

Tabla 9 Access Point

Access Point	SSID	Pass
AP Oficina Matriz	OficinaMatriz	Oficina.2024
AP Sucursal 1	Sucursal1	Sucursal.1
AP Sucursal 2	Sucursal2	Sucursal.2
AP SmartFarm1	SmartFarm1	SmartFarm.1
AP SmartFarm2	SmartFarm2	SmartFarm.2
AP SmartHome	HomeGateway	mySecretKey
AP Traffic	Traffic	trafficSecret
AP Parking	Parking	parkingSecret

3.6.2 Configuración de las redes WAN

En la figura 14 se observa la configuración tipo malla de la red principal, con la finalidad de tener alta redundancia se configuran enlaces WAN entre cada clúster de Matriz, Sucursal 1 y 2 y clúster de clientes corporativos.

En la sección de Anexos se observan las configuraciones de los routers con el comando show running-config.

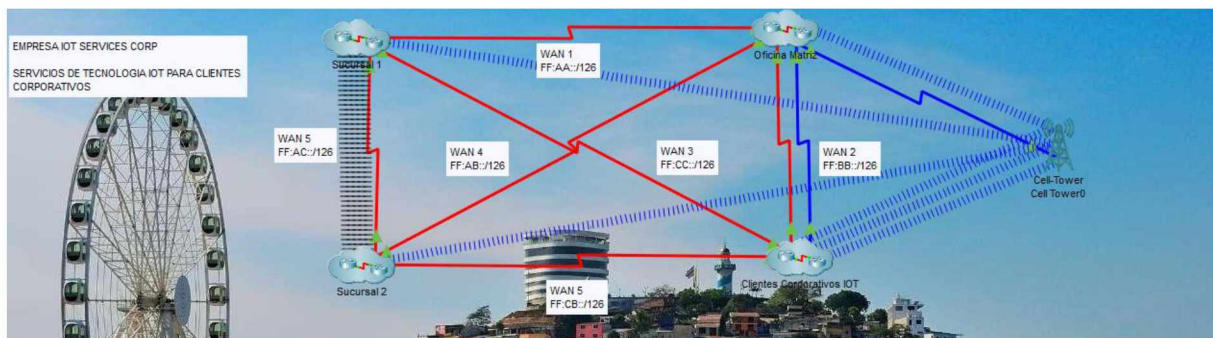


Figura 14 Configuración de malla de enlaces WAN

3.6.3 Configuración de clúster Matriz

Se realiza la configuración de un clúster matriz donde se colocan los servidores de la red como el servidor Web, DNS y DHCP.

Como elementos principales está el Router Matriz, el servidor Central Office ISP, el Cloud Carrier de internet y el splitter coaxial, simulando con esto un proveedor de servicios de internet con tecnología HFC (Hybrid Fiber Coaxial), utilizado para los clientes residenciales en esta simulación.

En la figura 15 se observa el clúster Matriz.

Dentro del clúster Matriz se ubica un clúster que se ha denominado oficina Matriz IoT, el cual contiene elementos IoT controlados por el servidor IoT Matriz.

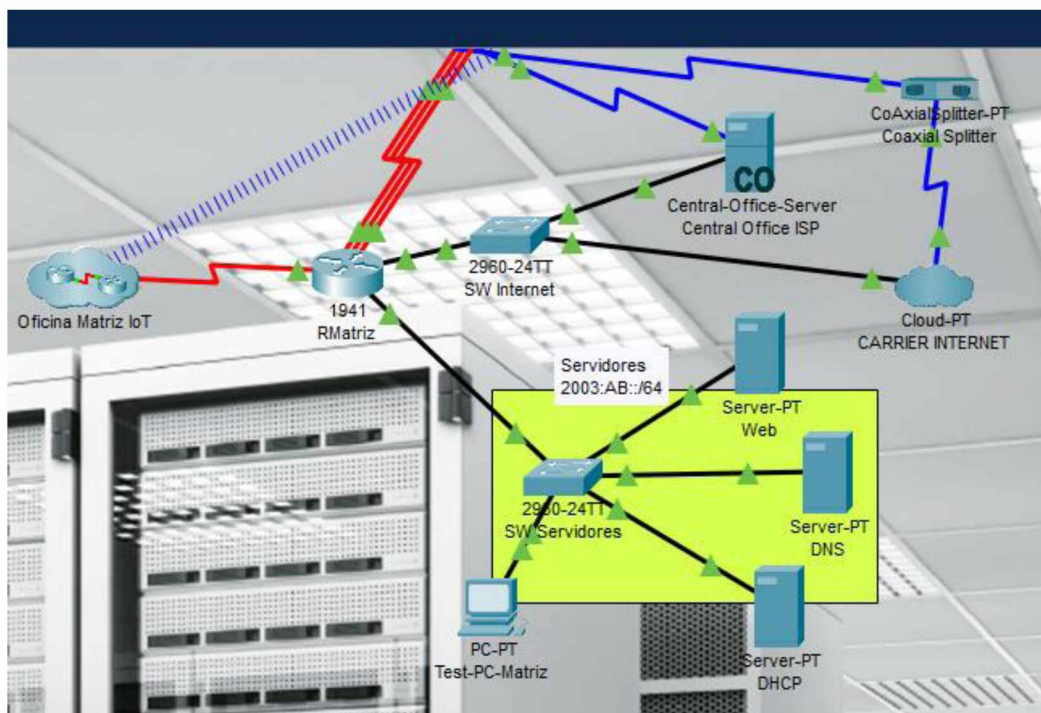


Figura 15 Clúster Matriz

En la figura 16 se observa las configuraciones del servidor Web, en la cual se activa el servicio HTTP

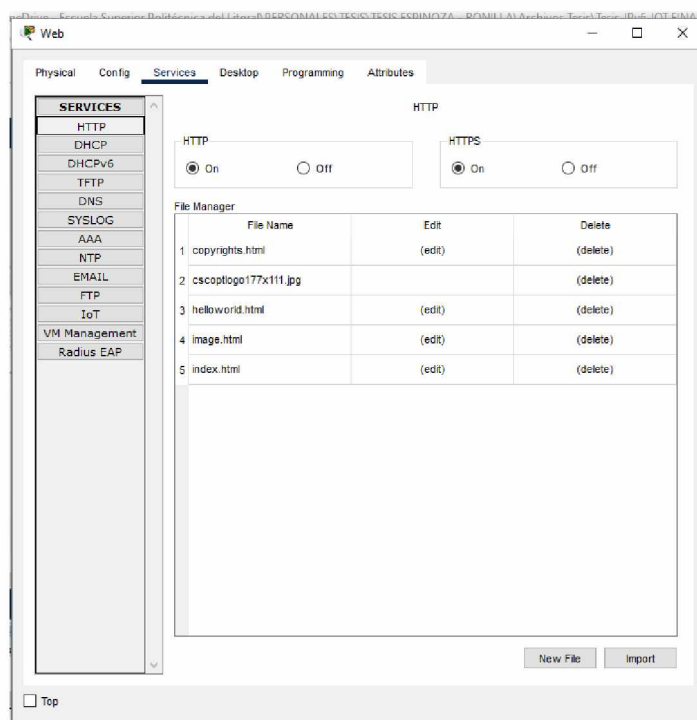


Figura 16 Servidor Web

Se edita el índice del servidor web como muestra la figura 17, se coloca el título del

proyecto y los autores.

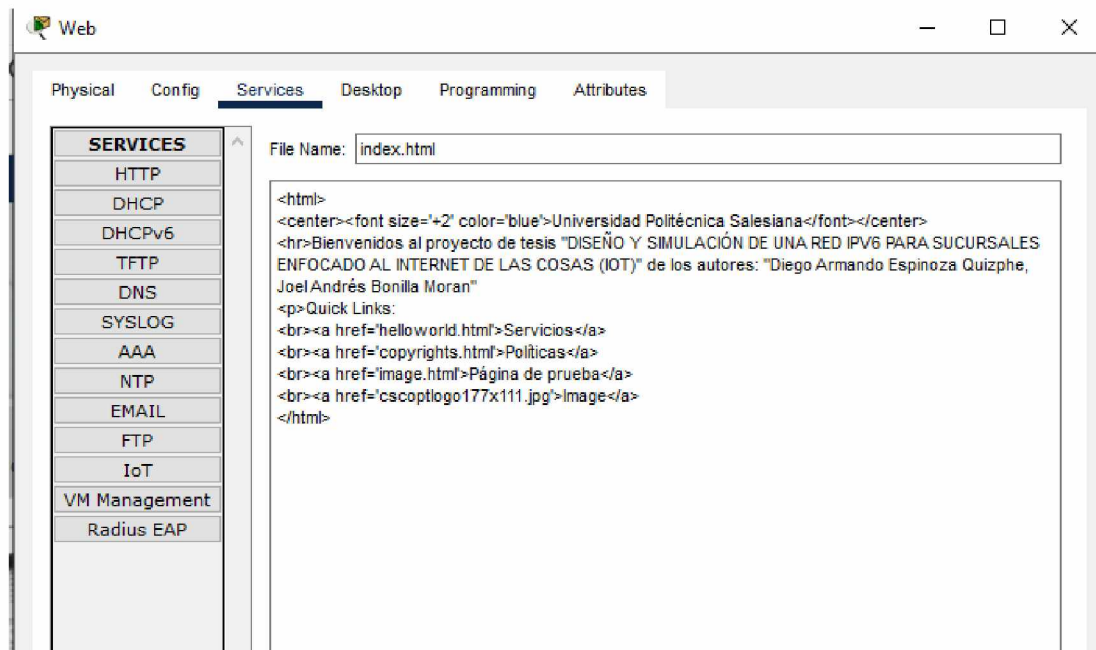


Figura 17 Edición de índice en servidor web

En la figura 18 se observa la configuración del direccionamiento IPv6 del servidor web.

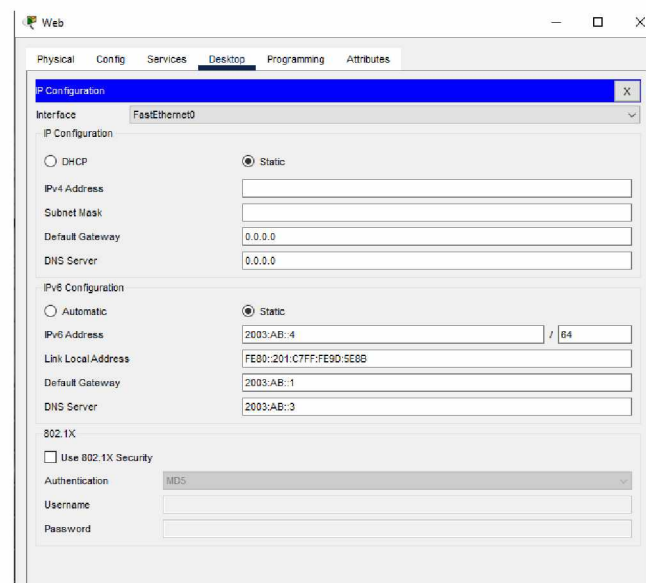


Figura 18 Configuración IP del servidor web

En la figura 19 se observa la configuración IP del servidor DNS.

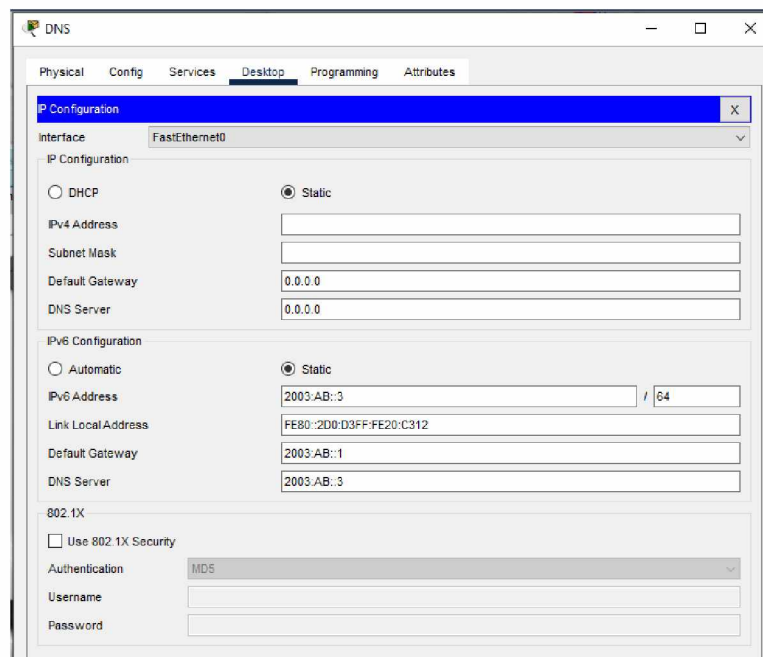


Figura 19 Configuración IP del servidor DNS

En la figura 20 se observa la activación del servicio DNS, con nombre de dominio tesisups.com

y tipo AAAA record.

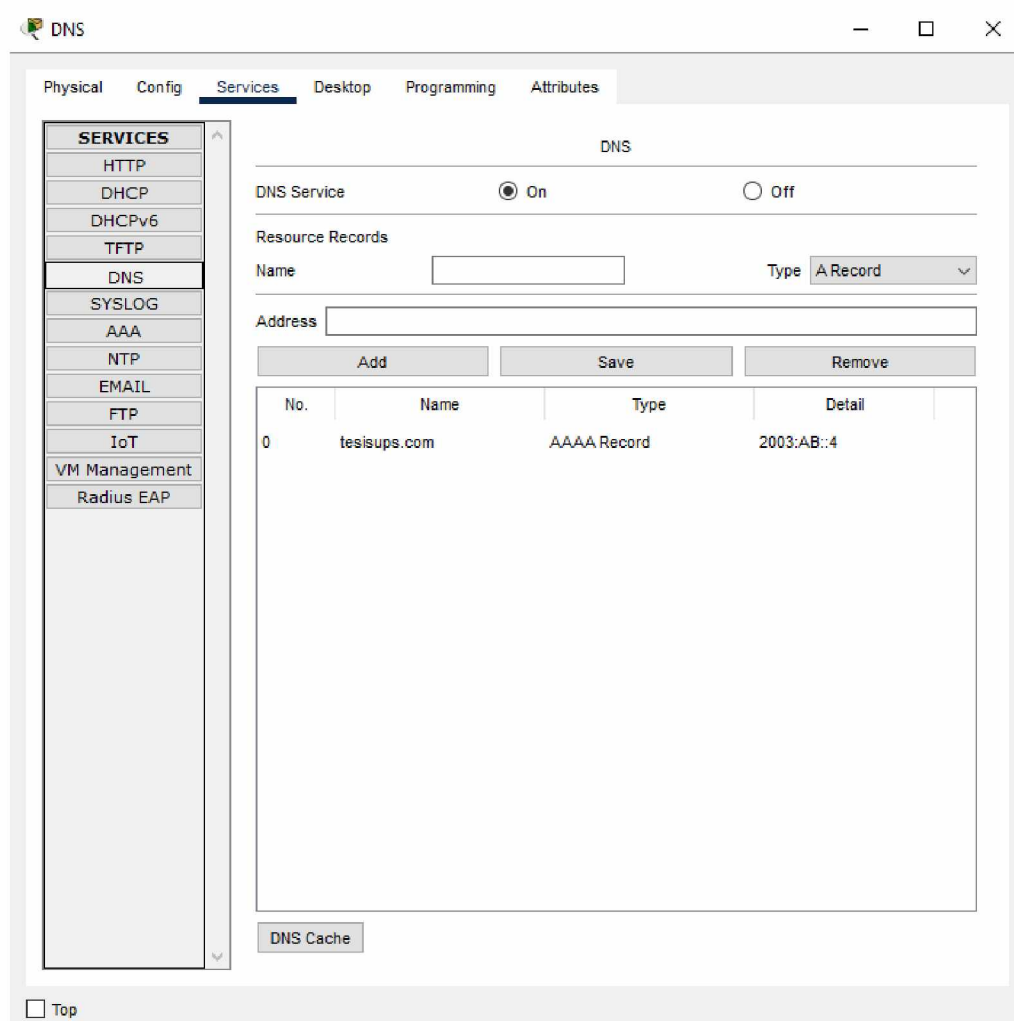


Figura 20 Activar servicio DNS

En la figura 21 se observa la configuración del servidor DHCP, el direccionamiento IP.

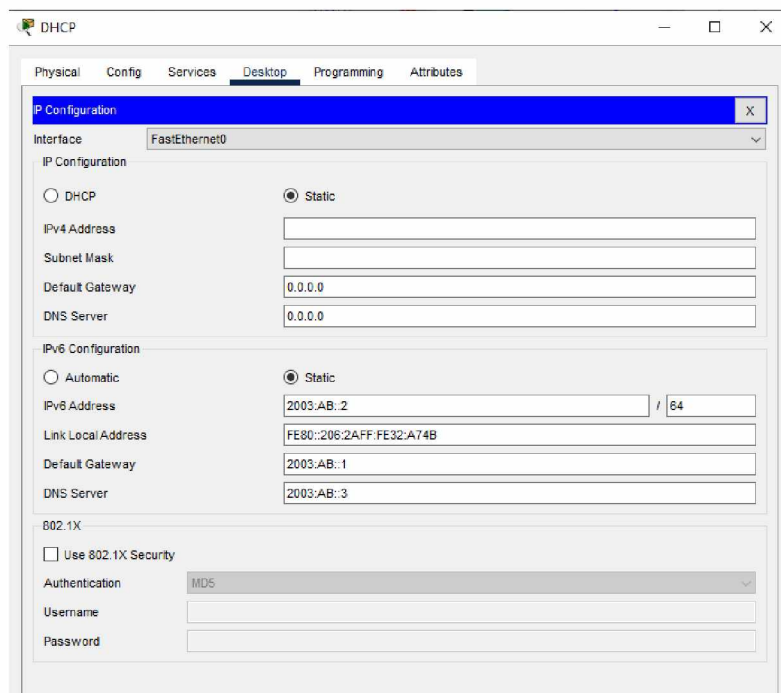


Figura 21 Direccionamiento IP servidor DHCP

En la figura 22 se observa la configuración de los servicios DHCP, se predefine el rango o pool de direcciones IPv6.

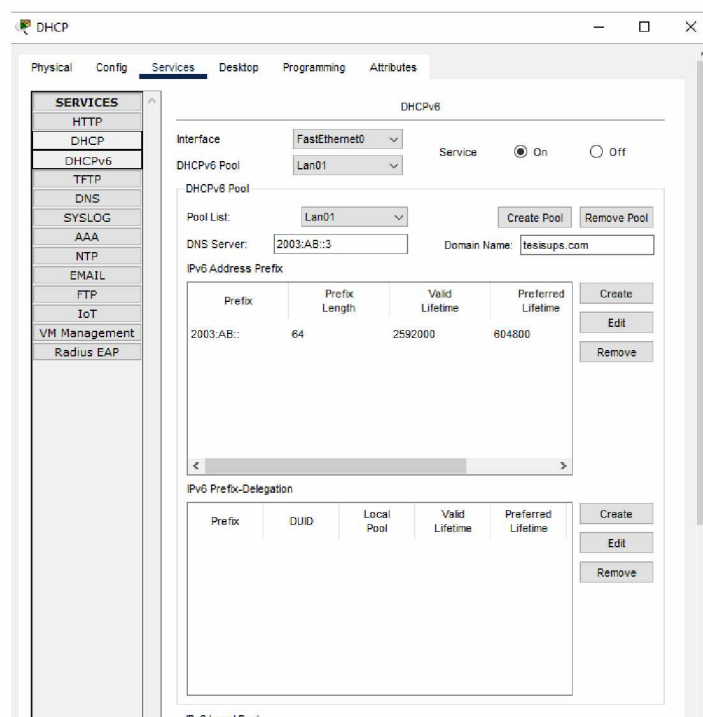


Figura 22 Configuración de servicio DHC

Las figuras del 23 al 27 muestran las configuraciones del servidor Central Office ISP.

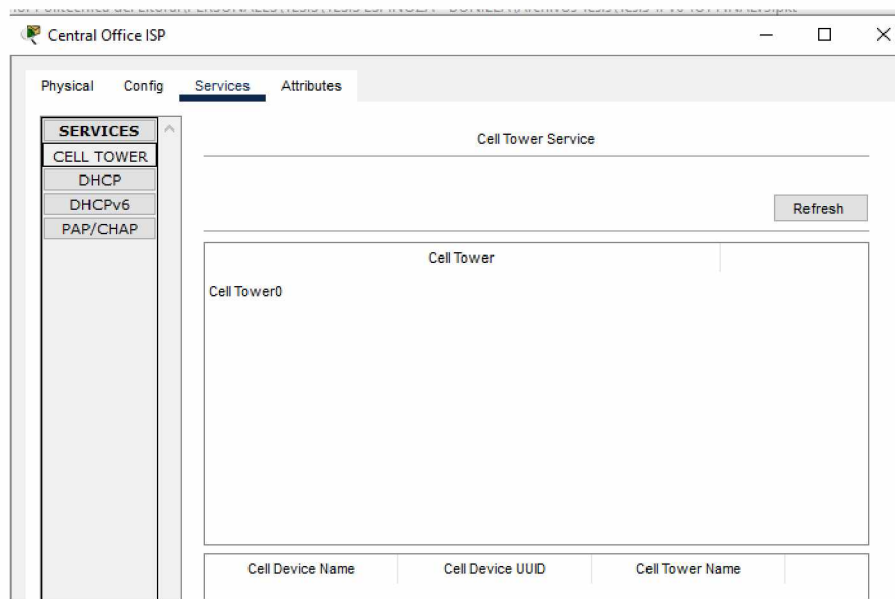


Figura 23 Servicios Central Office ISP

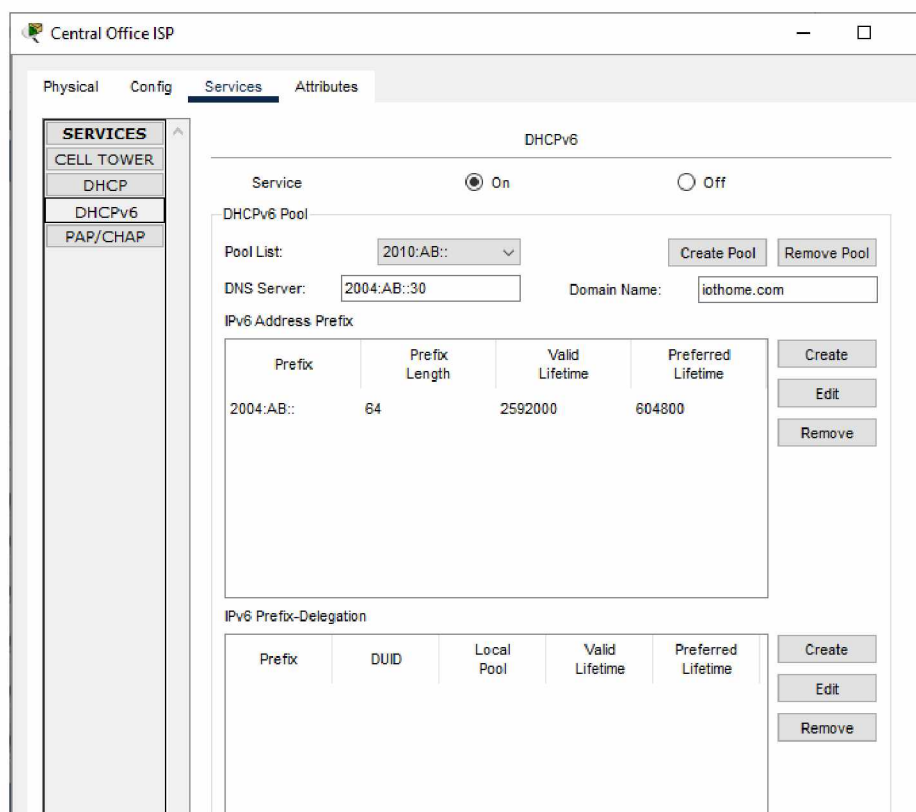


Figura 24 Servicio DHCPv6 en Central Office ISP

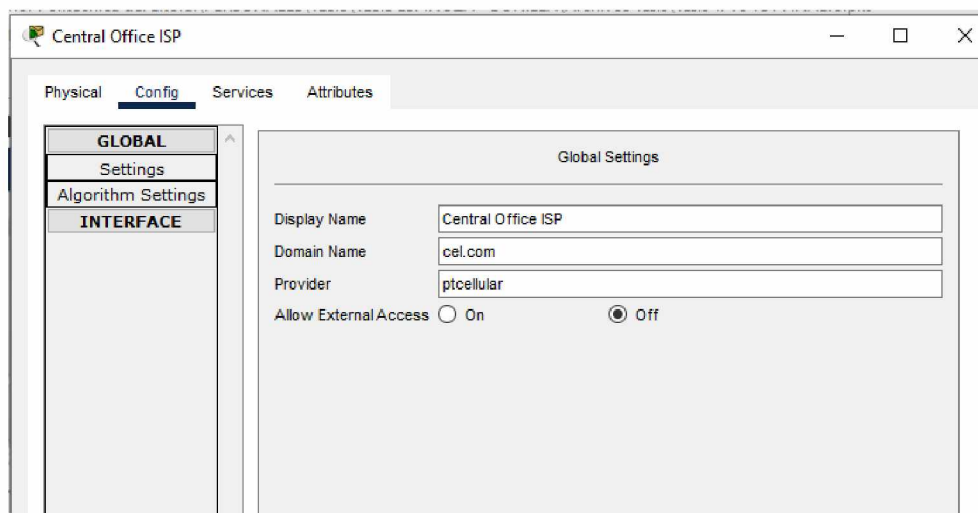


Figura 25 Configuración global del Central Office ISP

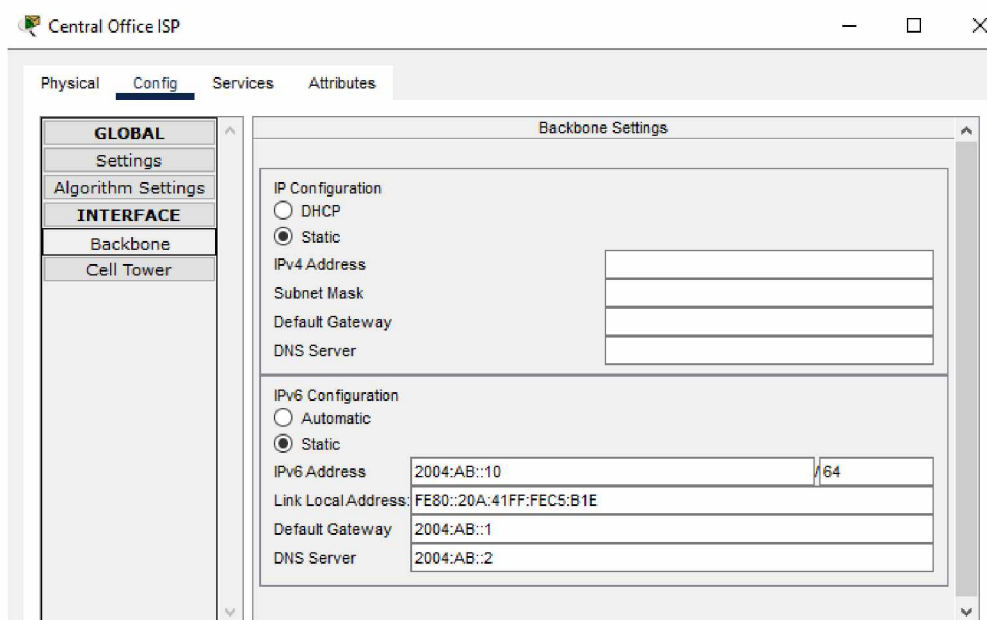


Figura 26 Direccionamiento IPv6 del Central Office ISP

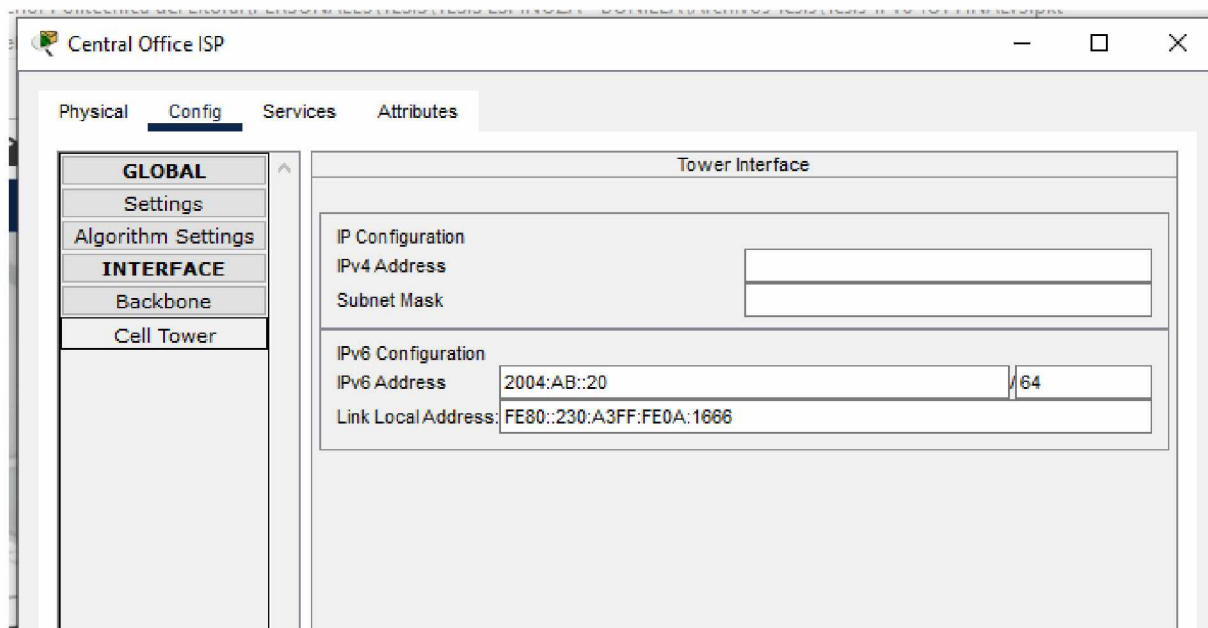


Figura 27 Direccionamiento IPv6 de Cell Tower

En la figura 28 se observa el módulo físico utilizado como Carrier de internet

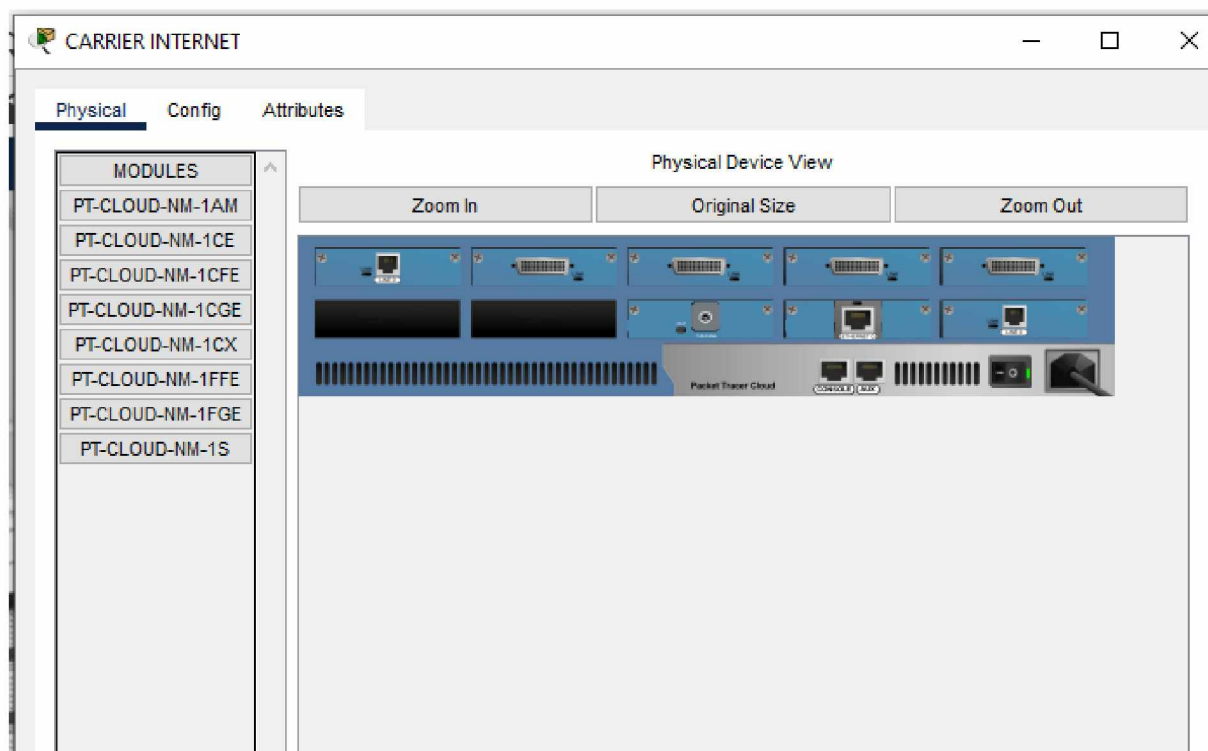


Figura 28 Carrier de internet

En la figura 29 se observa la configuración del servicio de TV que será visto por los clientes residenciales que tienen tecnología HFC.

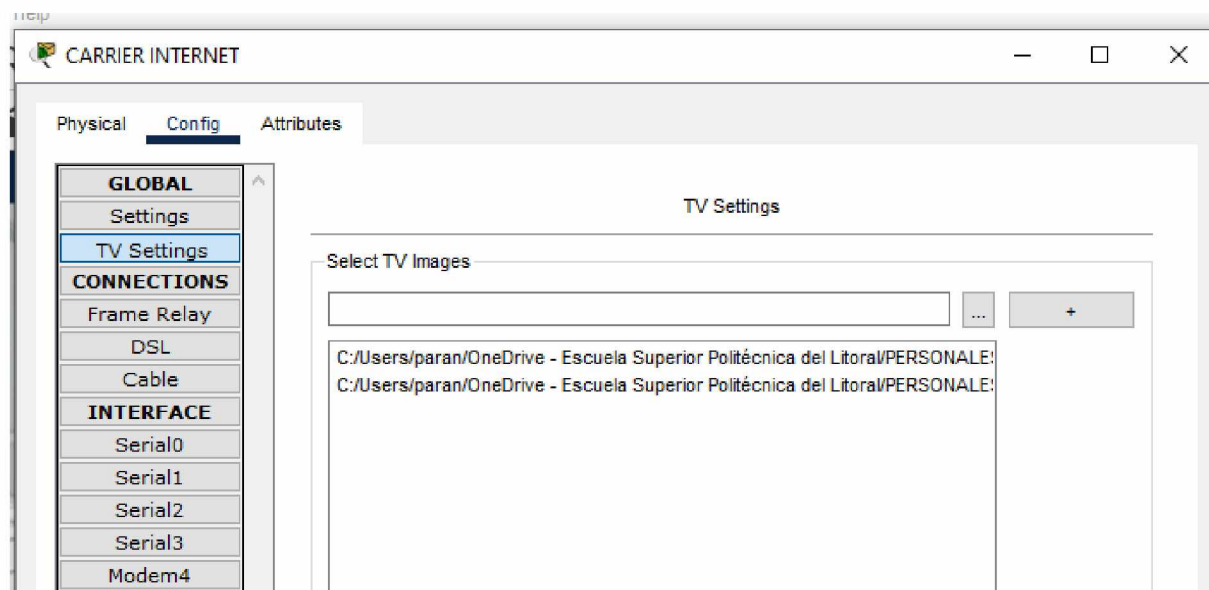


Figura 29 Configuración de servicio de TV en Carrier internet

En la figura 30 se observa la configuración de cable coaxial, simulando con esto una red HFC para clientes residenciales.

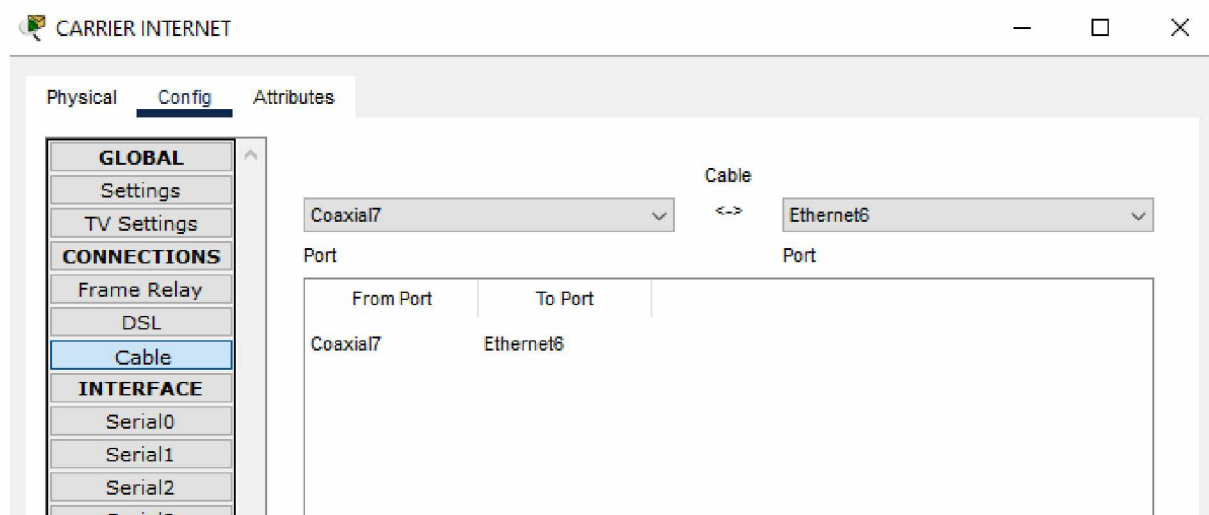


Figura 30 Cable HFC

La figura 31 muestra el hardware del splitter coaxial. El cual sirve como interfaz para el acceso a la red HFC de los clientes residenciales.

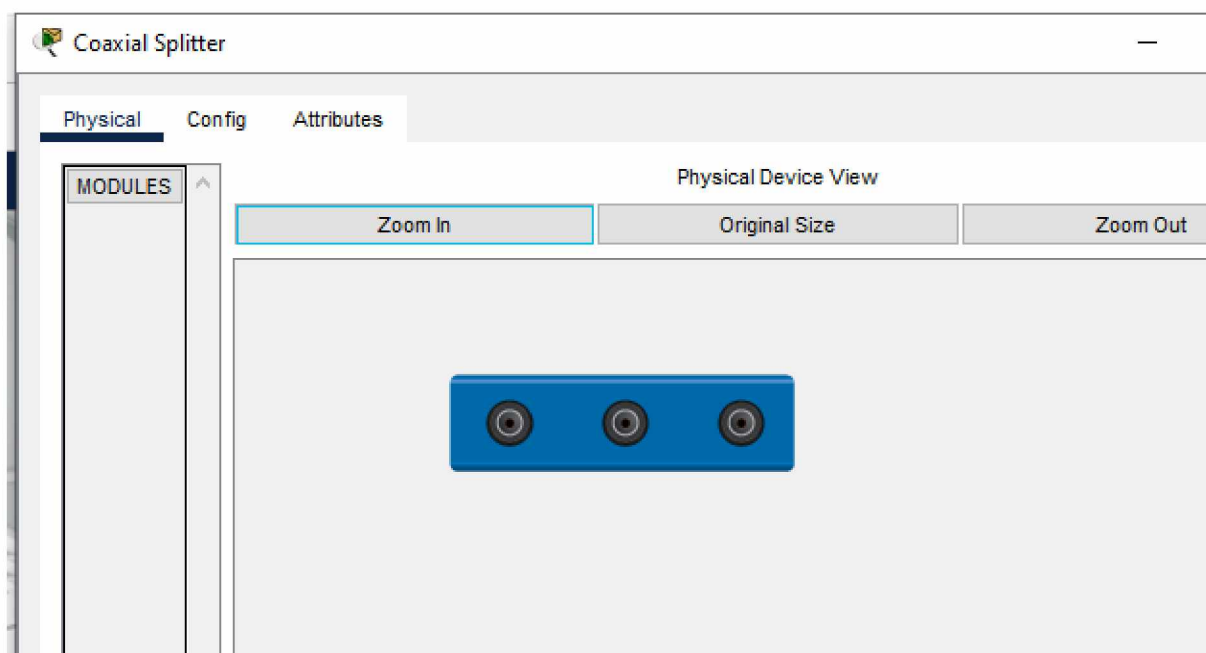


Figura 31 Splitter coaxial

Dentro del clúster Matriz se ubica un clúster que se ha denominado Oficina Matriz IoT. En la cual se observan elementos IoT que son administrados por un servidor IoT.

Los elementos IoT son:

- Cafetera IoT
- Aire Acondicionado con termostato IoT
- Puerta IoT
- Ventana IoT

La figura 32 muestra los elementos IoT de la oficina matriz IoT.

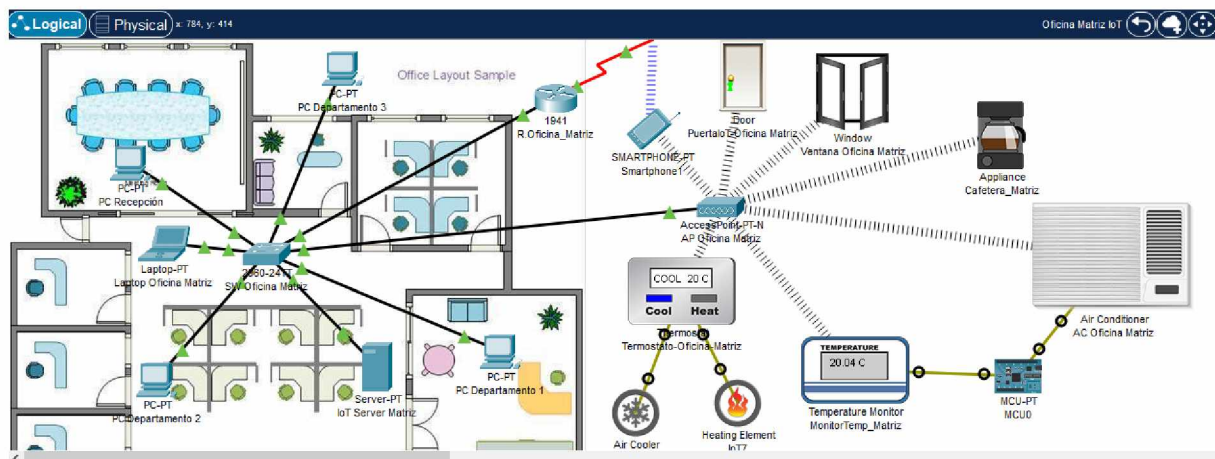


Figura 32 Oficina Matriz IoT

En la figura 33 se observa la configuración del direccionamiento IPv6 del servidor IoT Matriz.

IoT Server Matriz

Physical Config Services **Desktop** Programming Attributes

IP Configuration

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

Default Gateway 0.0.0.0

DNS Server 0.0.0.0

IPv6 Configuration

☐ Automatic ☒ Static

IPv6 Address 2009:AB::10 / 64

Link Local Address FE80::202:17FF:FE52:8E68

Default Gateway 2009:AB::1

DNS Server 2009:AB::10

802.1X

☐ Use 802.1X Security

Authentication MD5

Username

Password

Figura 33 Configuración IPv6 del servidor IoT Matriz

En los servidores IoT se ha configurado servicios como DHCPv6 y DNS ya que es una red interna privada que administra los elementos IoT. En la figura 34 se observa la configuración del DHCP con el pool de dirección IPv6.

The screenshot shows the 'IoT Server Matriz' configuration window. The 'Services' tab is active, and 'DHCPv6' is selected in the left sidebar. The main configuration area for DHCPv6 is displayed, showing the following settings:

- Interface:** FastEthernet0
- DHCPv6 Pool:** oficinamatriz
- Service:** On (radio button selected)
- DHCPv6 Pool:**
 - Pool List:** oficinamatriz
 - DNS Server:** 2009:AB::10
 - Domain Name:** iotmatriz.com
- IPv6 Address Prefix:**

Prefix	Prefix Length	Valid Lifetime	Preferred Lifetime
2009:AB::	64	2592000	604800
- IPv6 Prefix-Delegation:**

Prefix	DUID	Local Pool	Valid Lifetime	Preferred Lifetime
--------	------	------------	----------------	--------------------

Figura 34 Configuración de DHCPv6 en Server IoT

En la figura 35 se observa la configuración de DNS del Servidor IoT.

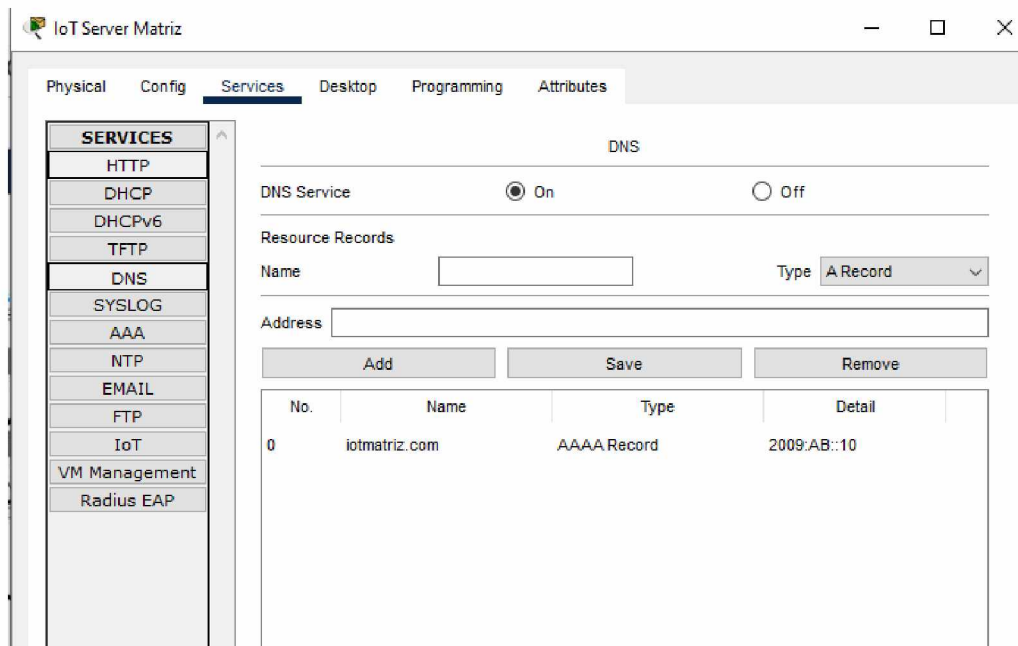


Figura 35 Configuración DNS en Server IoT Oficina Matriz

En las figuras 36 y 37 se observa la monitorización de los elementos IoT que posteriormente son mostrados en la sección de resultados de esta investigación.

La figura 37 muestra los elementos IoT como la cafetera IoT, la ventana IoT, puerta IoT, y el control de temperatura mediante el termostato y el monitor de temperatura.

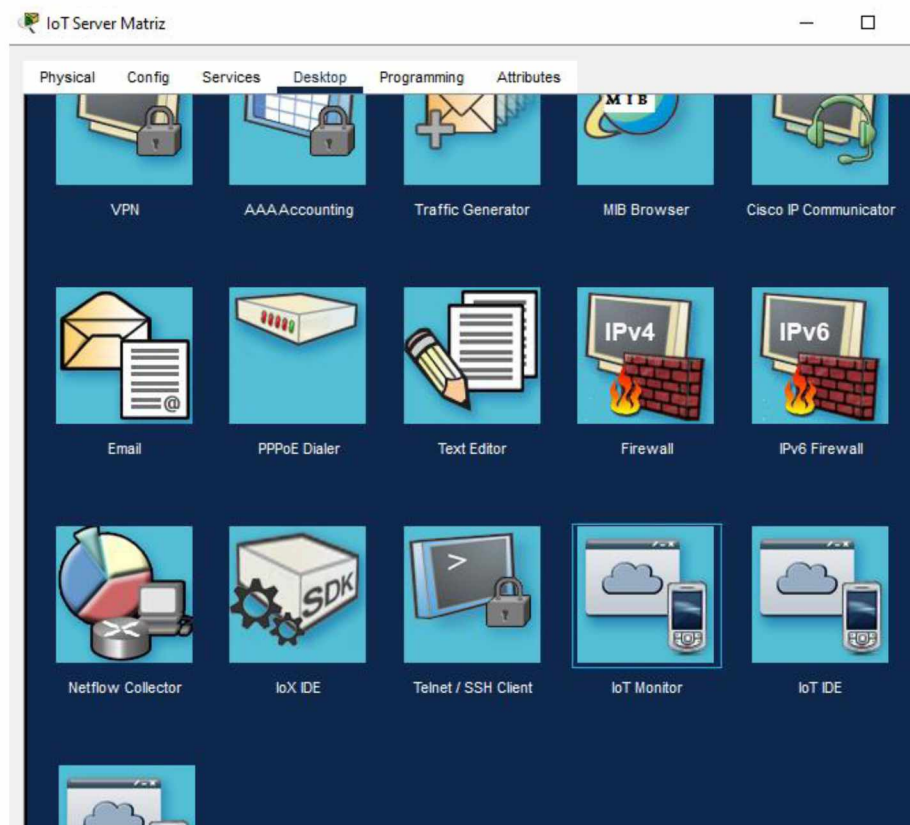


Figura 36 IoT Monitor

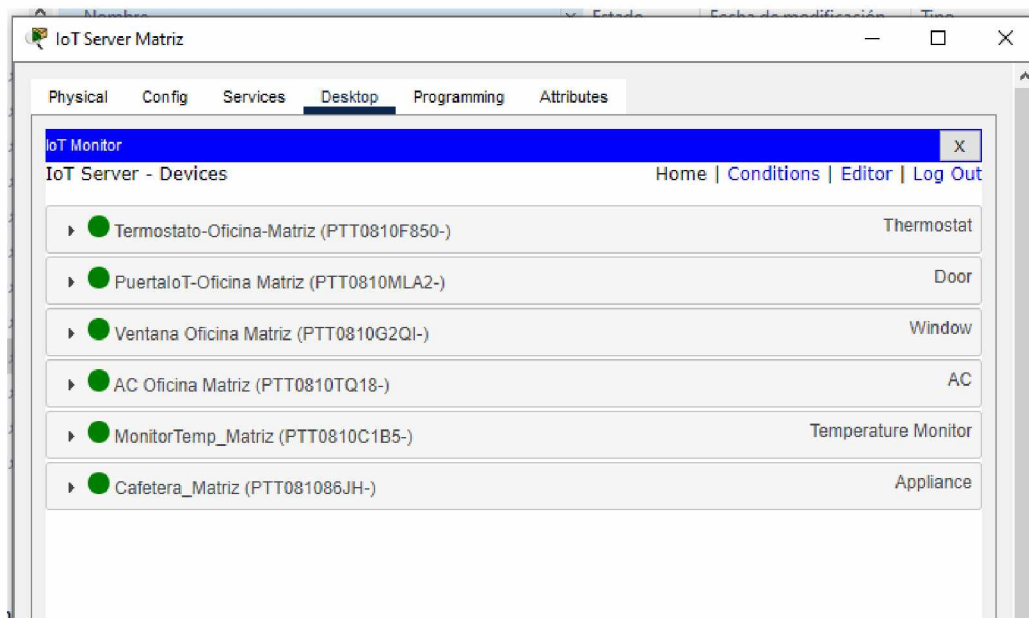


Figura 37 Elementos IoT

En la figura 38 se observa el MCU utilizado para el control de temperatura del AC.

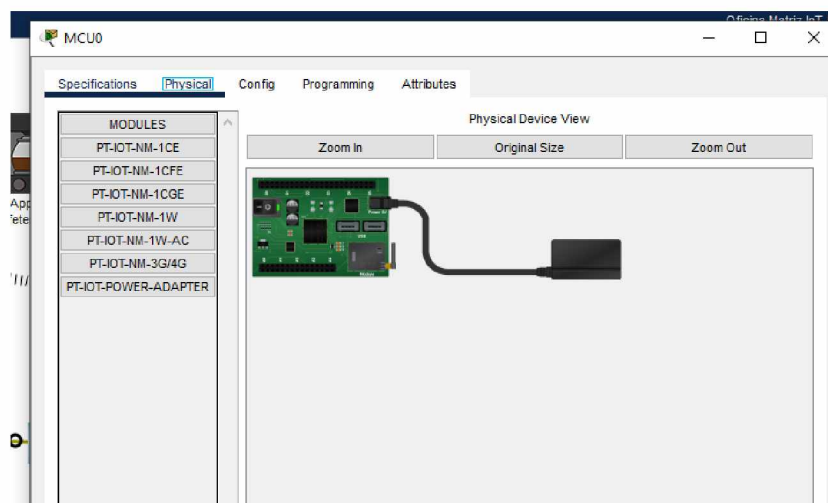


Figura 38 MCU conexión física

En la figura 39 se observa el código de programación del MCU.

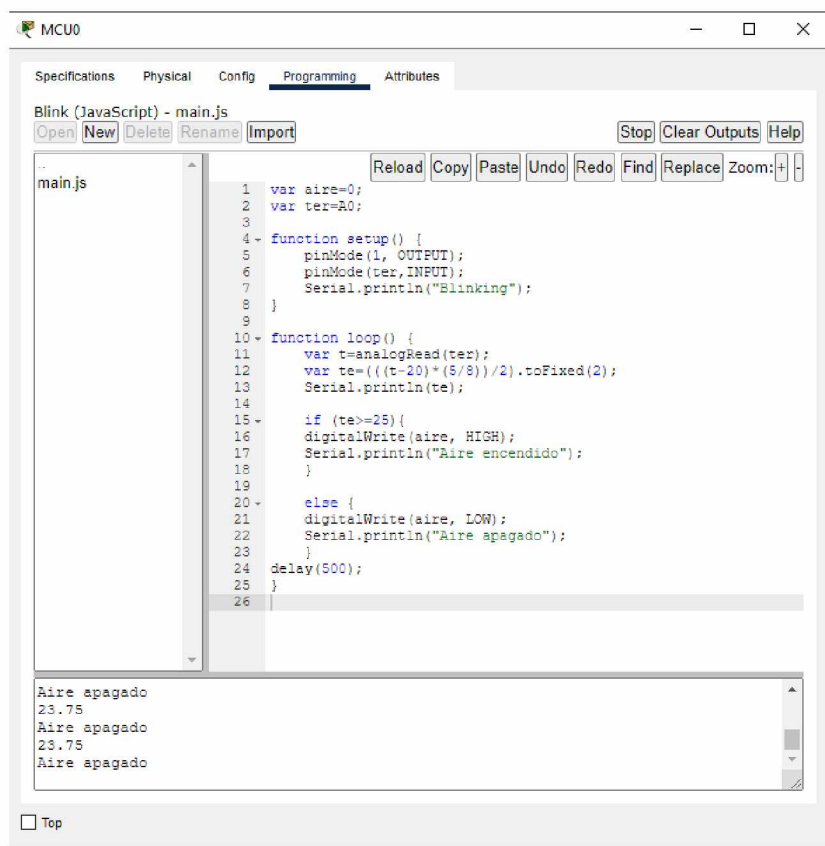


Figura 39 Código MCU

En las siguientes figuras del 40 al 46 se observan las configuraciones básicas de los elementos IoT que se encuentran en la oficina matriz. Estos dispositivos se conectan de manera inalámbrica al accesspoint de oficina matriz.

Para la configuración entramos a config y seleccionamos Wireless e iniciamos la configuración puerto IOT

The screenshot displays the configuration interface for 'PuertaloT-Oficina Matriz'. The 'Config' tab is selected, and the 'Wireless0' interface is chosen from the left sidebar. The main configuration area is divided into several sections:

- Port Status:** A checkbox labeled 'On' is checked.
- Bandwidth:** Set to '300 Mbps'.
- MAC Address:** '0005.5E53.CD58'.
- SSID:** 'OficinaMatriz'.
- Authentication:** Radio buttons for 'Disabled', 'WPA-PSK', 'WPA', and '802.1X' are present. 'WPA2-PSK' is selected. To the right, there are fields for 'WEP Key', 'PSK Pass Phrase' (containing 'Oficina.2024'), 'User ID', and 'Password'.
- Encryption Type:** A dropdown menu showing 'MD5' and 'AES' (selected).
- IP Configuration:** Radio buttons for 'DHCP' and 'Static'. 'Static' is selected. Below are fields for 'IPv4 Address' and 'Subnet Mask'.
- IPv6 Configuration:** Radio buttons for 'Automatic' and 'Static'. 'Automatic' is selected. Below are fields for 'IPv6 Address' (containing '2009:AB::41EC:B499:7C40:501C' and a '/64' suffix) and 'Link Local Address' (containing 'FE80::205:5EFF:FE53:CD58').

Figura 40 Configuración IP de puerta IoT

En la configuración de la figura 41 se observa la configuración de la ventana oficina matriz IOT

Ventana Oficina Matriz

Specifications Physical **Config** Attributes

GLOBAL

- Settings
- Algorithm Settings
- Files

INTERFACE

- Wireless0**
- Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 300 Mbps

MAC Address 0030.A374.5E54

SSID OficinaMatriz

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP ☒ WPA2-PSK ☐ WPA ☐ WPA2 ☐ 802.1X

WEP Key

PSK Pass Phrase Oficina_2024

User ID

Password

Method: MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

IPv6 Configuration

☒ Automatic ☐ Static

IPv6 Address 2009:A8:DD5C:1643:C158:B3C8 / 64

Link Local Address FE80::230:A3FF:FE74:5E54

Figura 41 Configuración IP de ventana IoT

en la figura 42 se observa la configuración de AC

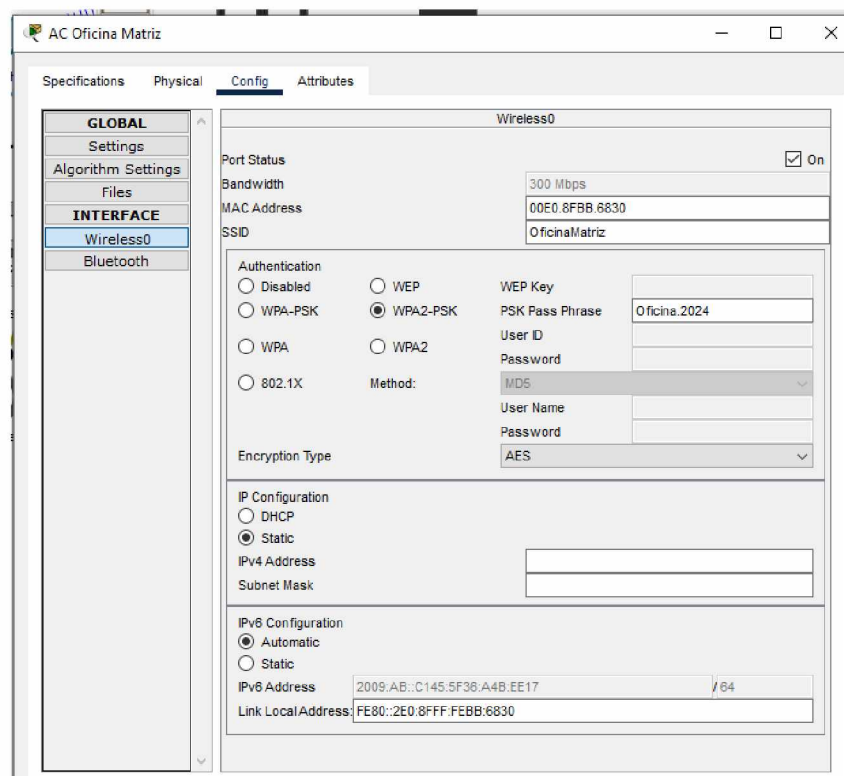


Figura 42 Configuración IP de aire acondicionado IoT

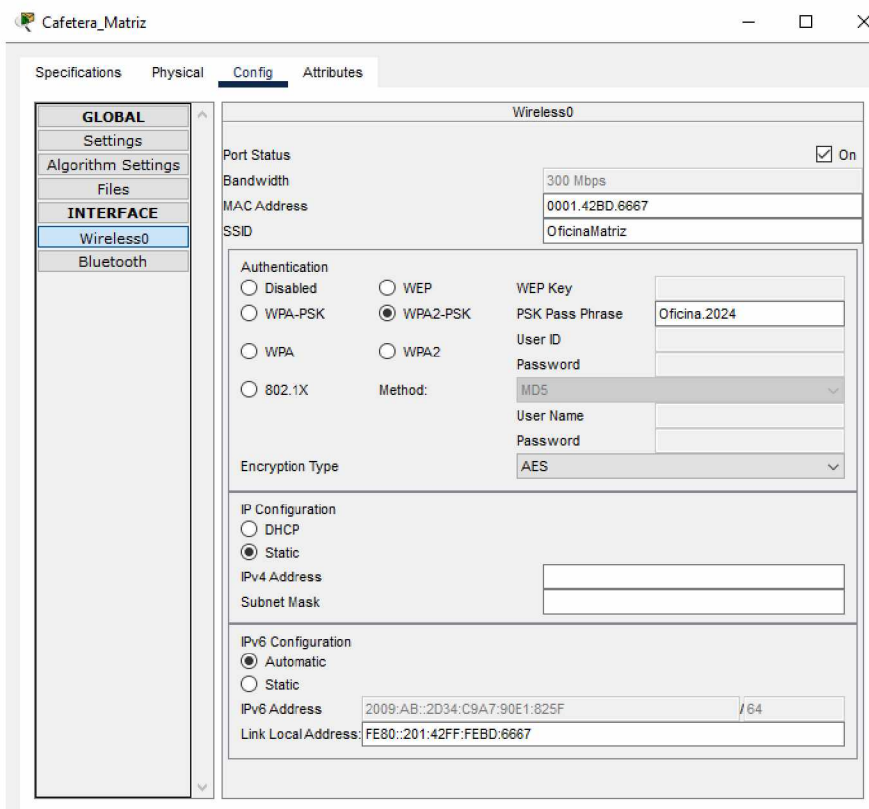


Figura 43 Configuración IP de cafetera IoT

MonitorTemp_Matriz

Specifications Physical **Config** Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

Files

INTERFACE

Wireless0

Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 300 Mbps

MAC Address 00E0.F9EA.D946

SSID OficinaMatriz

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP ☒ WPA2-PSK ☐ WPA ☐ WPA2 ☐ 802.1X

WEP Key

PSK Pass Phrase Oficina.2024

User ID

Password

Method: MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

IPv6 Configuration

☒ Automatic ☐ Static

IPv6 Address 2009:AB:714E:E40B:ACA2:807E /64

Link Local Address FE80::2E0:F9FF:FE0A:D946

Figura 44 Configuración IP de monitor de temperatura

Termostato-Oficina-Matriz

Specifications Physical **Config** Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

Files

INTERFACE

Wireless0

Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 300 Mbps

MAC Address 0060.2F0E.889C

SSID OficinaMatriz

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP ☒ WPA2-PSK ☐ WPA ☐ WPA2 ☐ 802.1X

WEP Key

PSK Pass Phrase Oficina.2024

User ID

Password

Method: MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

IPv6 Configuration

☒ Automatic ☐ Static

IPv6 Address 2009:AB:DC48:6A29:3163:23D1 /64

Link Local Address FE80::260:2FFF:FE0E:889C

☐ Top

Figura 45 Configuración IP de Termostato

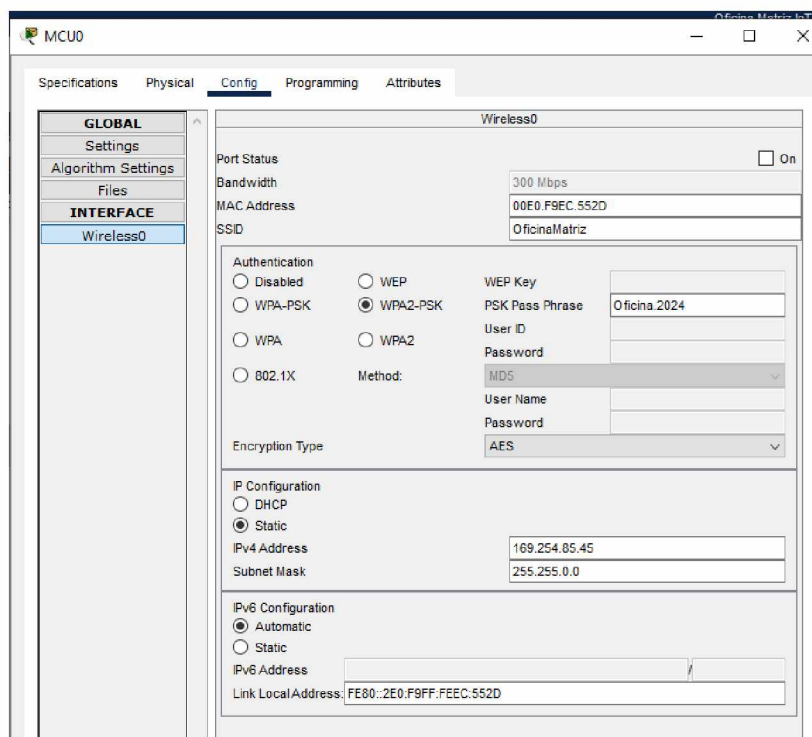


Figura 46 Configuración IP del MCU

3.6.3.1 Programación MCU Matriz

El código de programación de la MCU que controla el AC se detalla a continuación:

```
var aire=0;
var ter=A0;

function setup() {
  pinMode(1, OUTPUT);
  pinMode(ter, INPUT);
  Serial.println("Blinking");
}

function loop() {
  var t=analogRead(ter);
  var te=(((t-20)*(5/8))/2).toFixed(2);
```

```
Serial.println(te);

if (te>=25){
digitalWrite(aire, HIGH);
Serial.println("Aire encendido");
}

else {
digitalWrite(aire, LOW);
Serial.println("Aire apagado");
}
delay(500);
}
```

3.6.4 Configuración de clúster Sucursal 1 y 2

En esta sección se detalla la configuración del clúster de sucursal 1 y 2. Las configuraciones de los routers se explican en la sección de anexos.

En las gráficas 47 y 48 se observan los clusters de las sucursales 1 y 2.

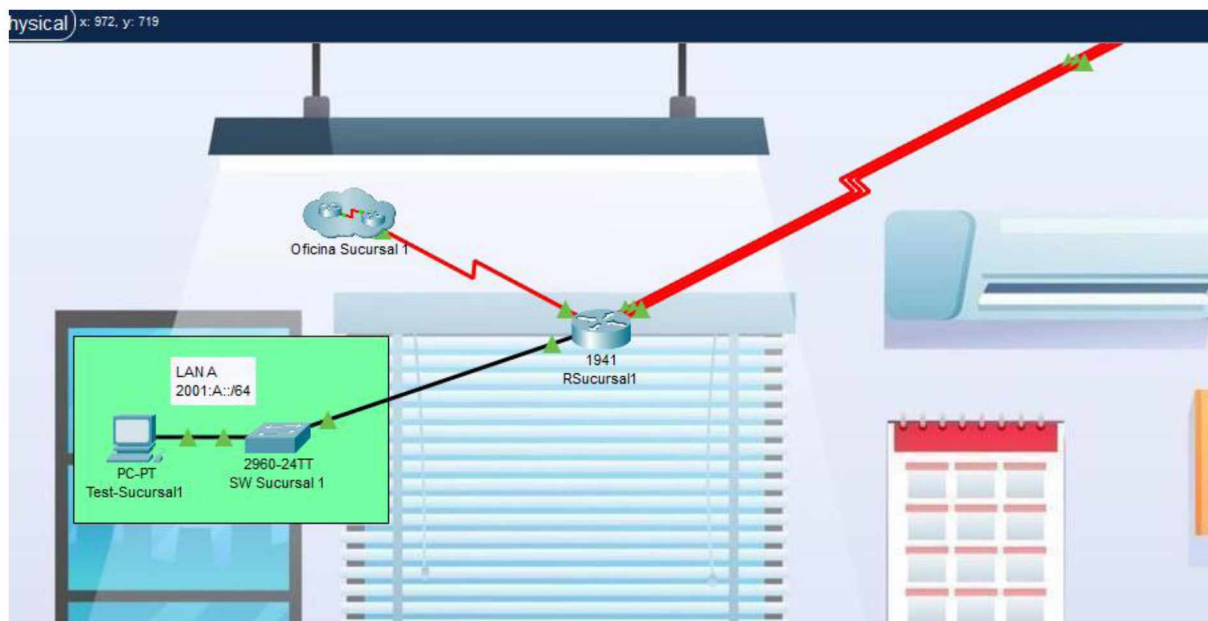


Figura 47 Clúster sucursal 1

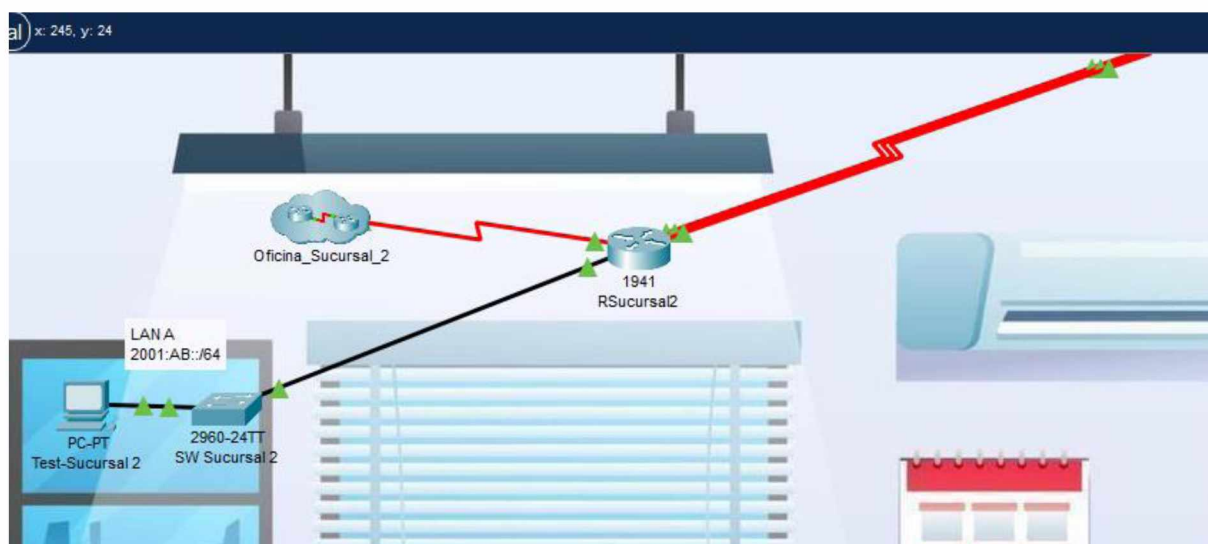


Figura 48 Clúster sucursal 2

Dentro de sucursal 1 se encuentra el clúster, Oficina sucursal 1 y dentro de sucursal 2 se encuentra el clúster Oficina sucursal 2. Tal como se muestran en las gráficas 49 y 50.

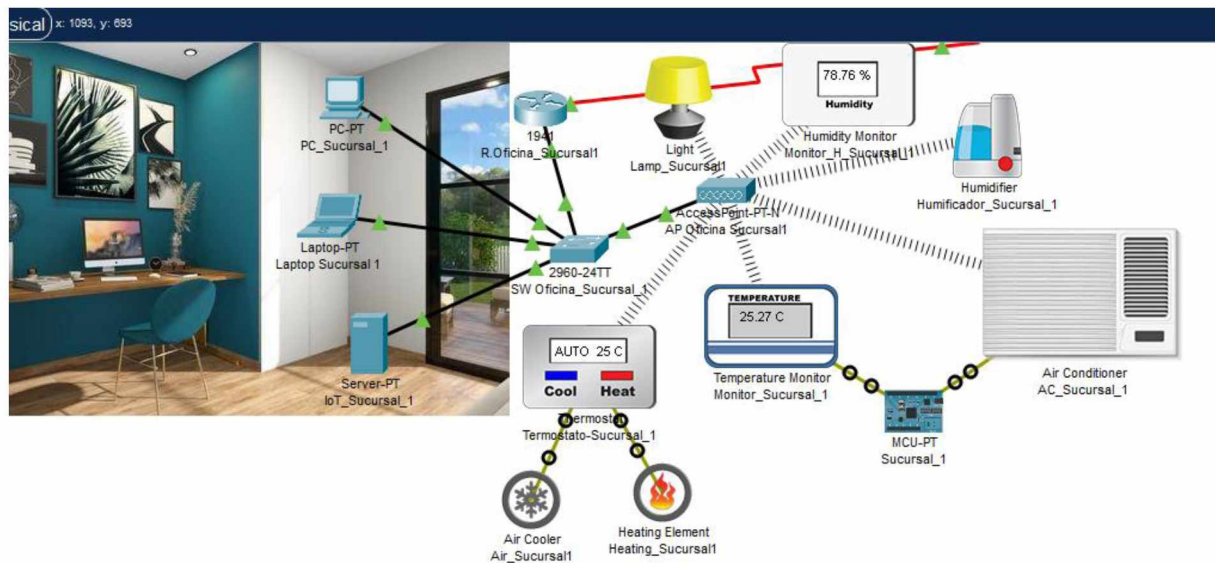


Figura 49 Oficina Sucursal 1

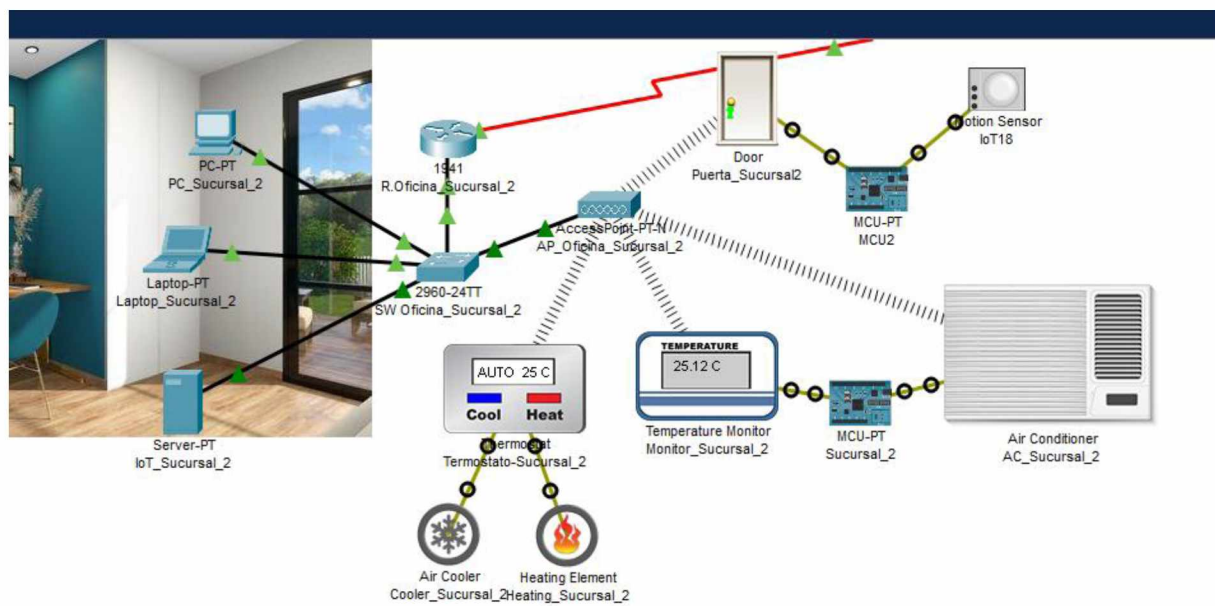


Figura 50 Oficina Sucursal 2

A continuación, desde las figuras 51 al 60 se observan las configuraciones de varios elementos IoT de las sucursales 1 y 2.

The screenshot shows the 'Services' tab in the IoT_Sucursal_1 configuration window. The left sidebar lists various services, with 'DHCPv6' selected. The main area displays the DHCPv6 configuration for the 'FastEthernet0' interface. The 'Service' is set to 'On'. The 'DHCPv6 Pool' is 'oficinamatrix'. The 'Pool List' also shows 'oficinamatrix'. The 'DNS Server' is '2010:AB::10' and the 'Domain Name' is 'iotsucursal1.com'. Below this, a table lists the IPv6 Address Prefix configuration.

Prefix	Prefix Length	Valid Lifetime	Preferred Lifetime
2010:AB::	64	2592000	604800

Figura 51 Configuración DHCPv6 IoT servidor Oficina Sucursal 1

The screenshot shows the 'Services' tab in the IoT_Sucursal_1 configuration window. The left sidebar lists various services, with 'DNS' selected. The main area displays the DNS configuration. The 'DNS Service' is set to 'On'. The 'Resource Records' section shows a table with one record.

No.	Name	Type	Detail
0	iotsucursal1.com	AAAA Record	2010:AB::10

Figura 52 Configuración DNS IoT servidor Oficina Sucursal 1

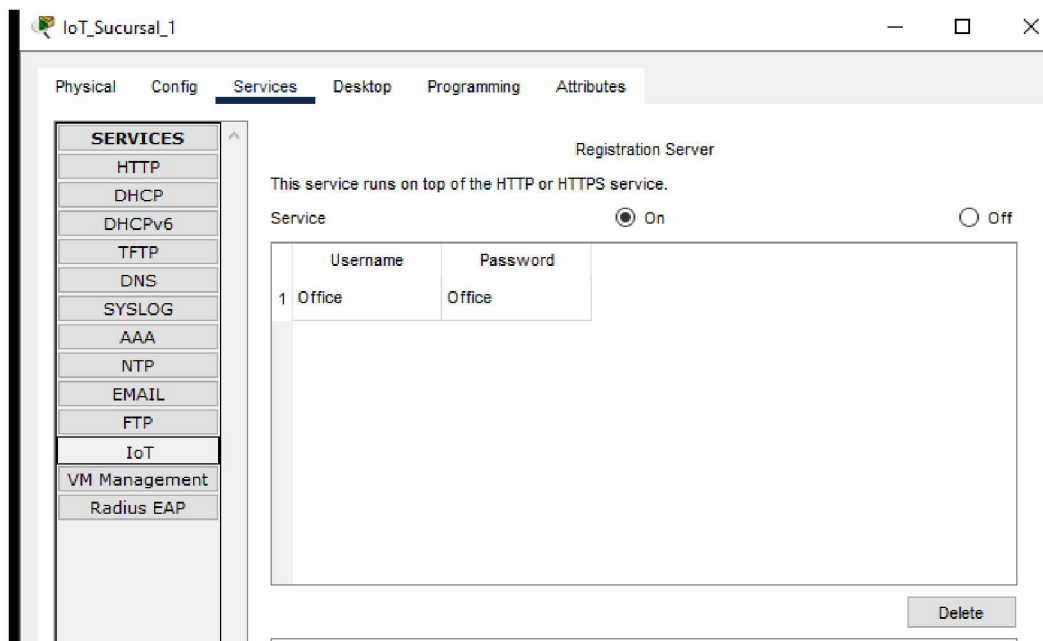


Figura 53 Configuración IoT del servidor

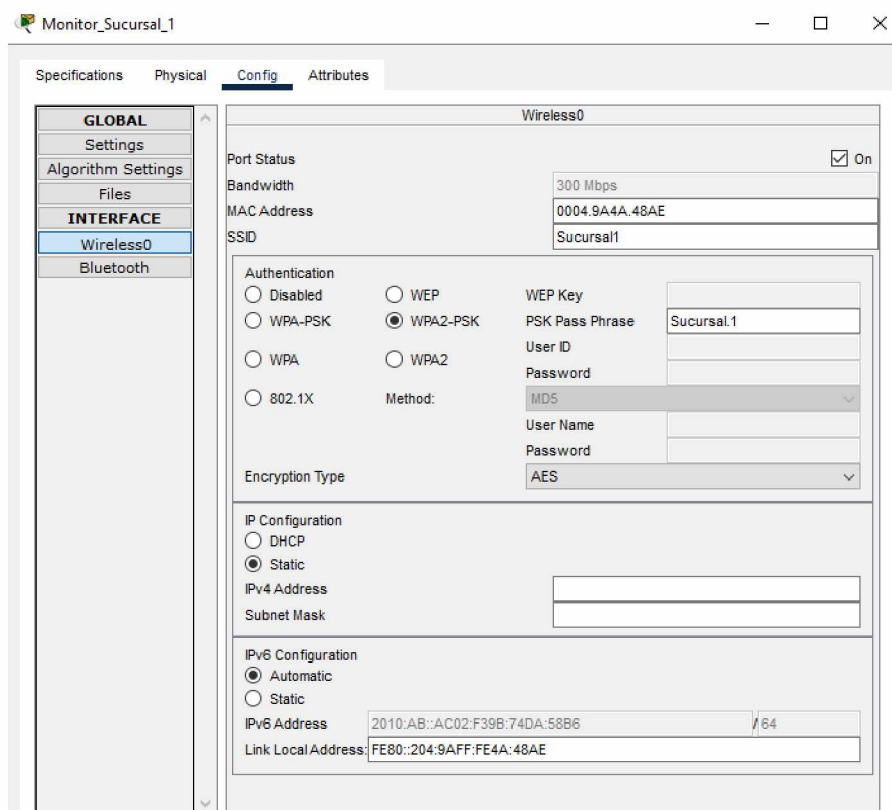


Figura 54 Direcccionamiento IP de monitor de temperatura de sucursal 1

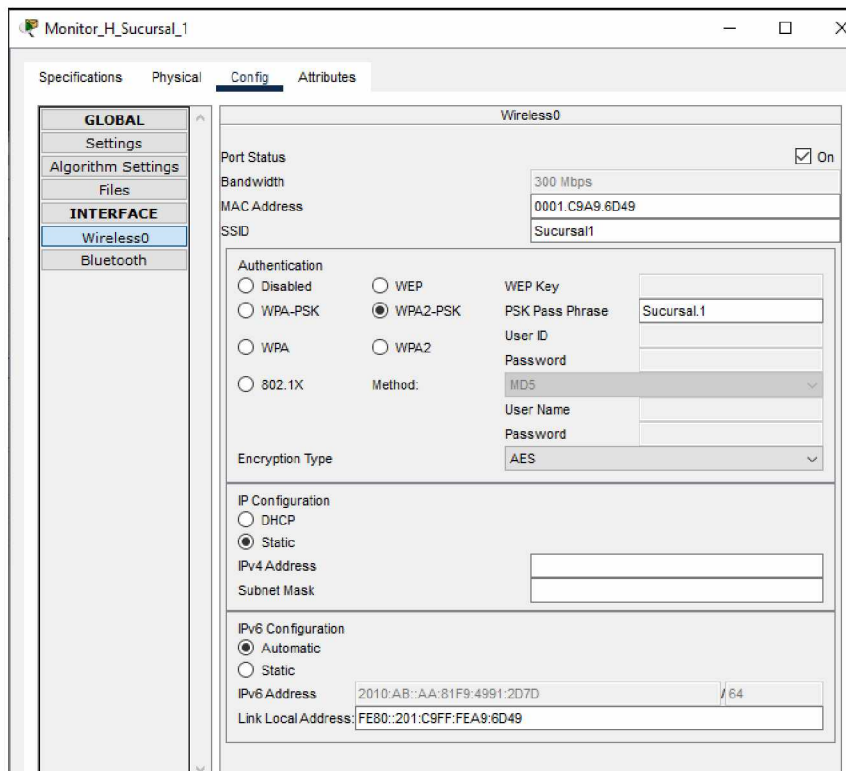


Figura 55 Direccionamiento IP de monitor de humedad de sucursal 1

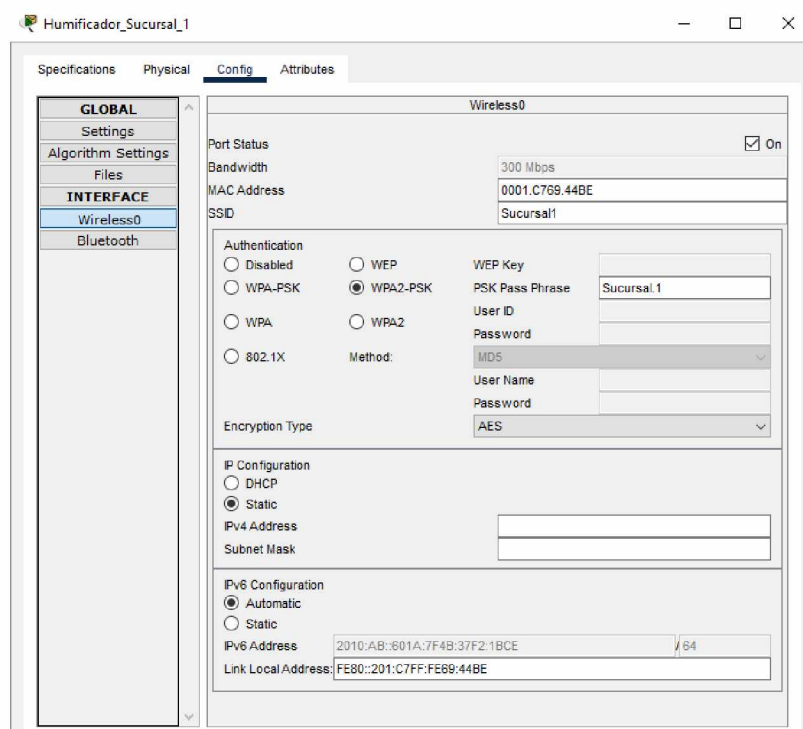
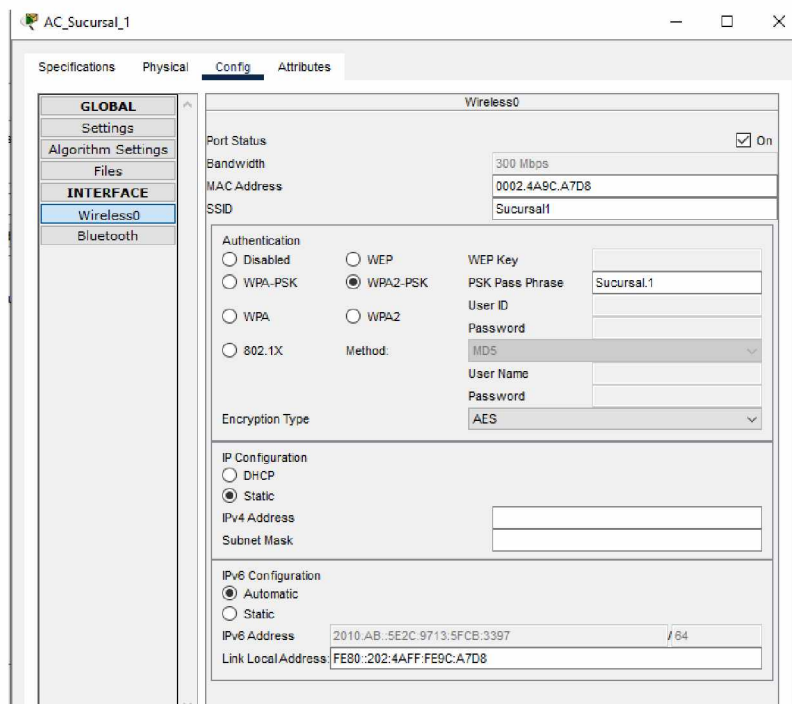


Figura 56 Direccionamiento IP de monitor de humedad de sucursal 1



AC_Sucursal_1

Specifications Physical **Config** Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

Files

INTERFACE

Wireless0

Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 300 Mbps

MAC Address 0002.4A9C.A7D8

SSID Sucursal1

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP ☒ WPA2-PSK ☐ WPA ☐ WPA2 ☐ 802.1X

WEP Key

PSK Pass Phrase Sucursal.1

User ID

Password

Method: MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

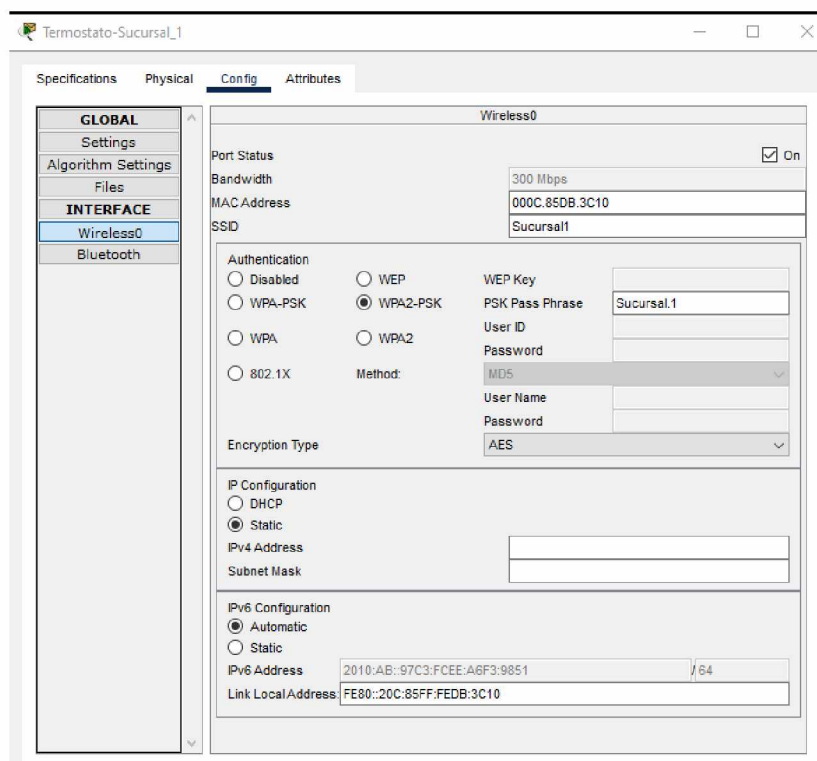
IPv6 Configuration

☒ Automatic ☐ Static

IPv6 Address 2010:AB::5E2C:9713:5FCB:3397 / 64

Link Local Address FE80::202:4AFF:FE9C:A7D8

Figura 57 Direccionamiento IP de monitor de AC de sucursal 1



Termostato-Sucursal_1

Specifications Physical **Config** Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

Files

INTERFACE

Wireless0

Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 300 Mbps

MAC Address 000C.85DB.3C10

SSID Sucursal1

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP ☒ WPA2-PSK ☐ WPA ☐ WPA2 ☐ 802.1X

WEP Key

PSK Pass Phrase Sucursal.1

User ID

Password

Method: MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☐ DHCP ☒ Static

IPv4 Address

Subnet Mask

IPv6 Configuration

☒ Automatic ☐ Static

IPv6 Address 2010:AB::97C3:FCEE:A6F3:9851 / 64

Link Local Address FE80::20C:85FF:FEDB:3C10

Figura 58 Direccionamiento IP de termostato sucursal 1

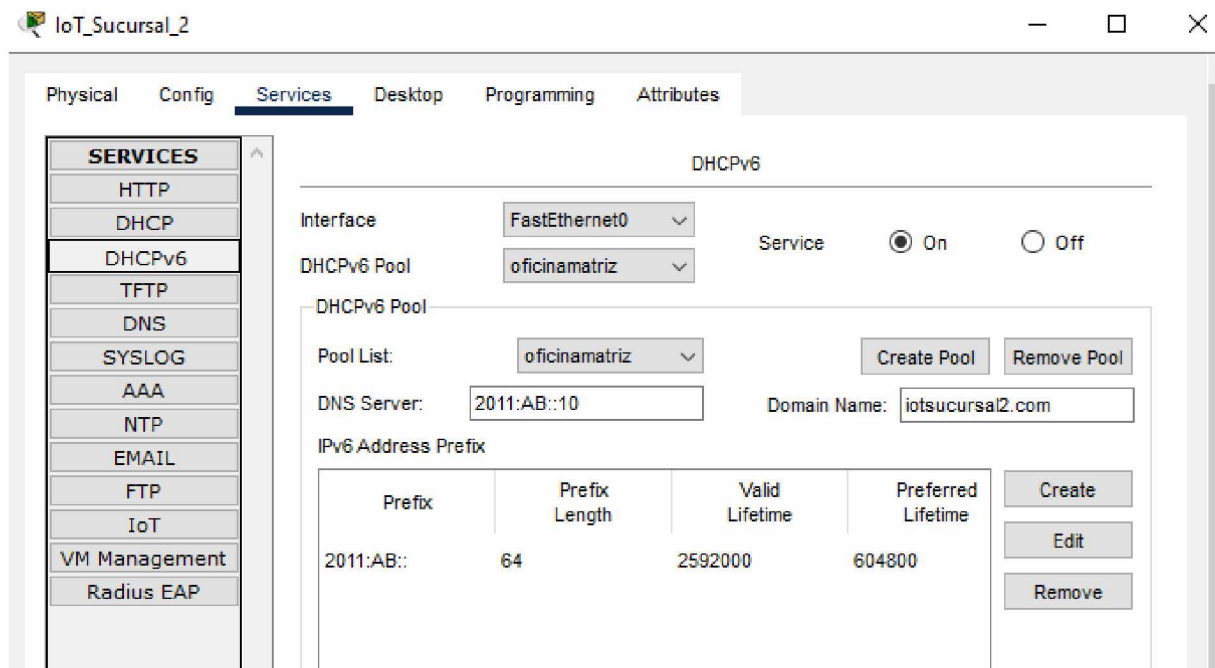


Figura 59 Configuración DHCP servidor IoT Sucursal 2

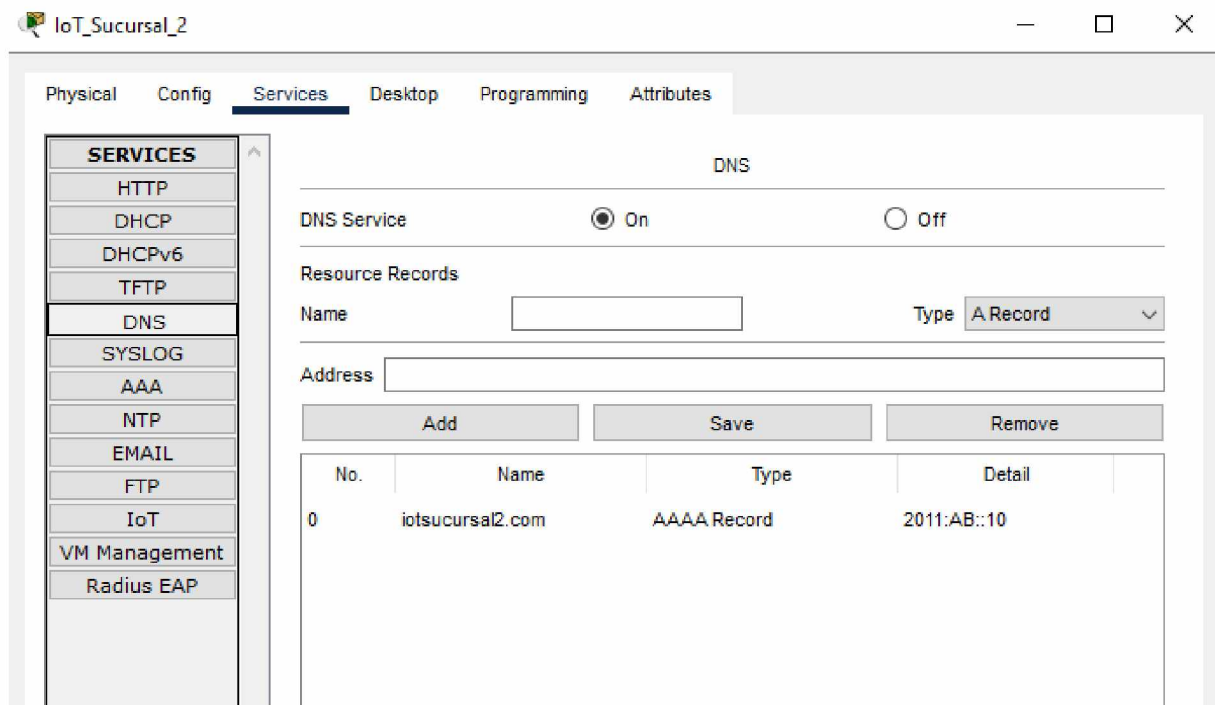


Figura 60 Configuración de DNS servidor IoT_sucursal_2

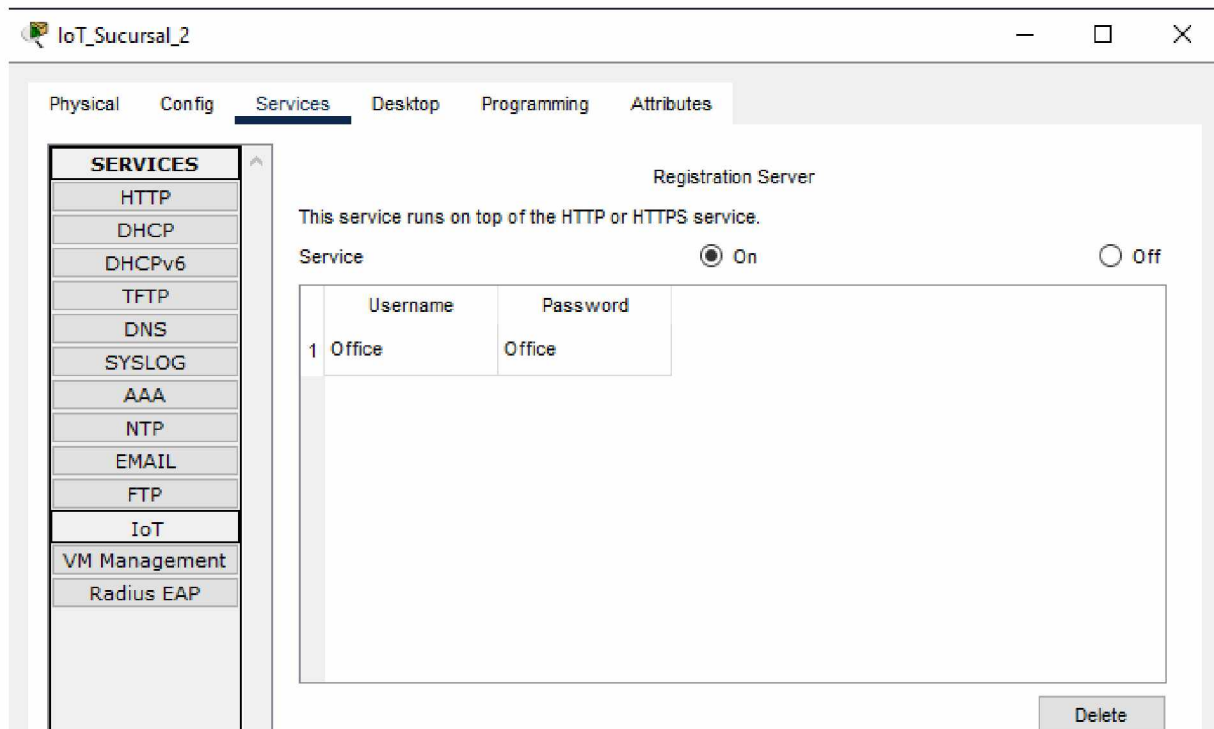


Figura 61 Configuración de servidor IoT_Sucursal_2

3.6.4.1 Programación MCU Sucursal 1 y Sucursal 2

Sucursal 1

```
var aire=0;
```

```
var ter=A0;
```

```
function setup() {
  pinMode(1, OUTPUT);
  pinMode(ter, INPUT);
  Serial.println("Blinking");
}
```

```
function loop() {
  var t=analogRead(ter);
  var te((((t-30)*(5/8))/2).toFixed(2);
  Serial.println(te);
}
```



```

    if (te>=25){
    digitalWrite(aire, HIGH);
    Serial.println("Aire encendido");
    }

    else {
    digitalWrite(aire, LOW);
    Serial.println("Aire apagado");
    }
    delay(500);
}

```

Sucursal 2 MCU1

```

var senmov = 0;
var lecsenmov;
var puerta = 1;

```

```

function setup() {
    pinMode(senmov, INPUT);
    pinMode(puerta, OUTPUT);
    Serial.println("Sensor de movimiento y puerta de oficina");
}

```

```

function loop() {
    lecsenmov = digitalRead(senmov);
    Serial.println("La lectura del sensor es: ")
    Serial.println(lecsenmov);
    delay(1000);
    if (lecsenmov == 1023)
    customWrite(puerta,'1')
    else
    customWrite(puerta,'0')
    delay (500);
}

```

```
}
```

Sucursal 2 MCU 2

```
var aire=0;
```

```
var ter=A0;
```

```
function setup() {
```

```
    pinMode(1, OUTPUT);
```

```
    pinMode(ter, INPUT);
```

```
    Serial.println("Blinking");
```

```
}
```

```
function loop() {
```

```
    var t=analogRead(ter);
```

```
    var te=(((t-30)*(5/8))/2).toFixed(2);
```

```
    Serial.println(te);
```

```
    if (te>=25){
```

```
        digitalWrite(aire, HIGH);
```

```
        Serial.println("Aire encendido");
```

```
    }
```

```
    else {
```

```
        digitalWrite(aire, LOW);
```

```
        Serial.println("Aire apagado");
```

```
    }
```

```
    delay(500);
```

```
}
```

3.6.5 Configuración de clúster Corporativos IoT

En esta sección se cuentan las configuraciones de los clústeres de clientes corporativos. En las gráficas del 62 al 67 se observan las diferentes configuraciones más importantes de cada uno de los clústeres.

Las configuraciones de los routers se encuentran en la sección de anexos.

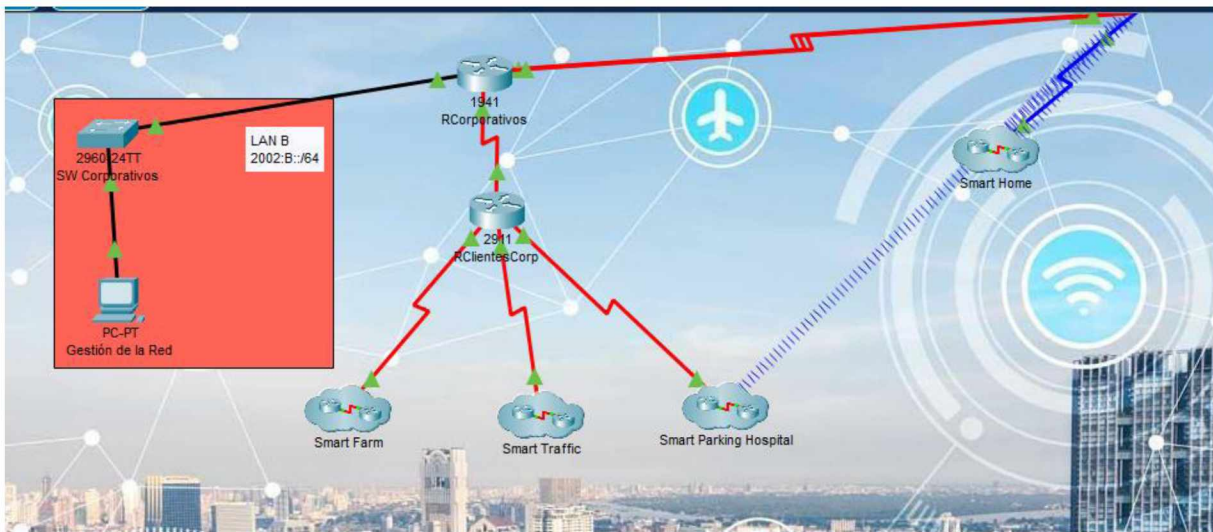


Figura 62 Clúster de Corporativos

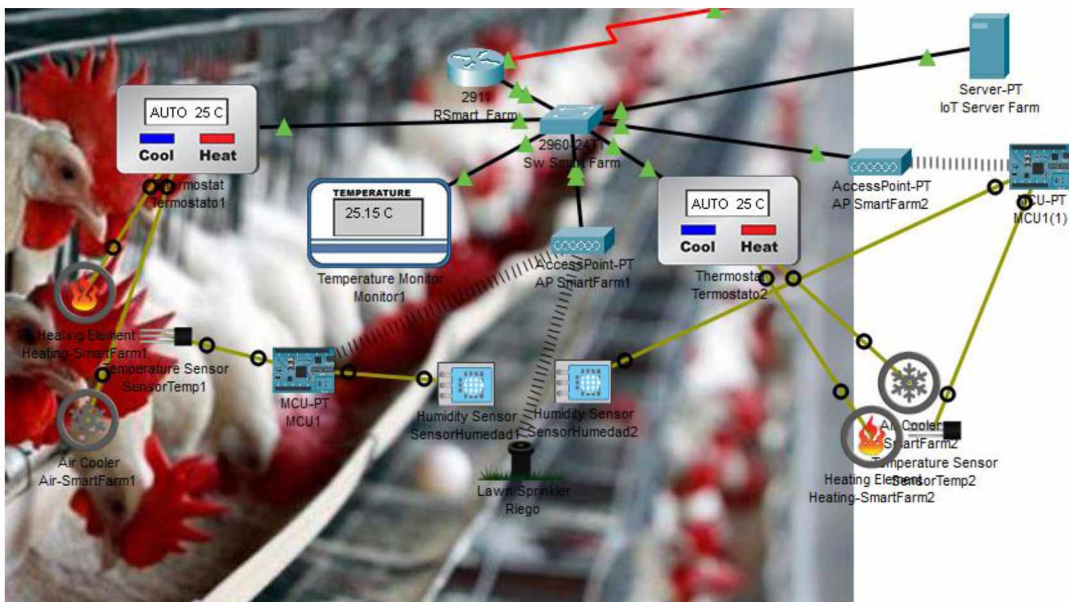


Figura 63 Clúster de SmartFarm

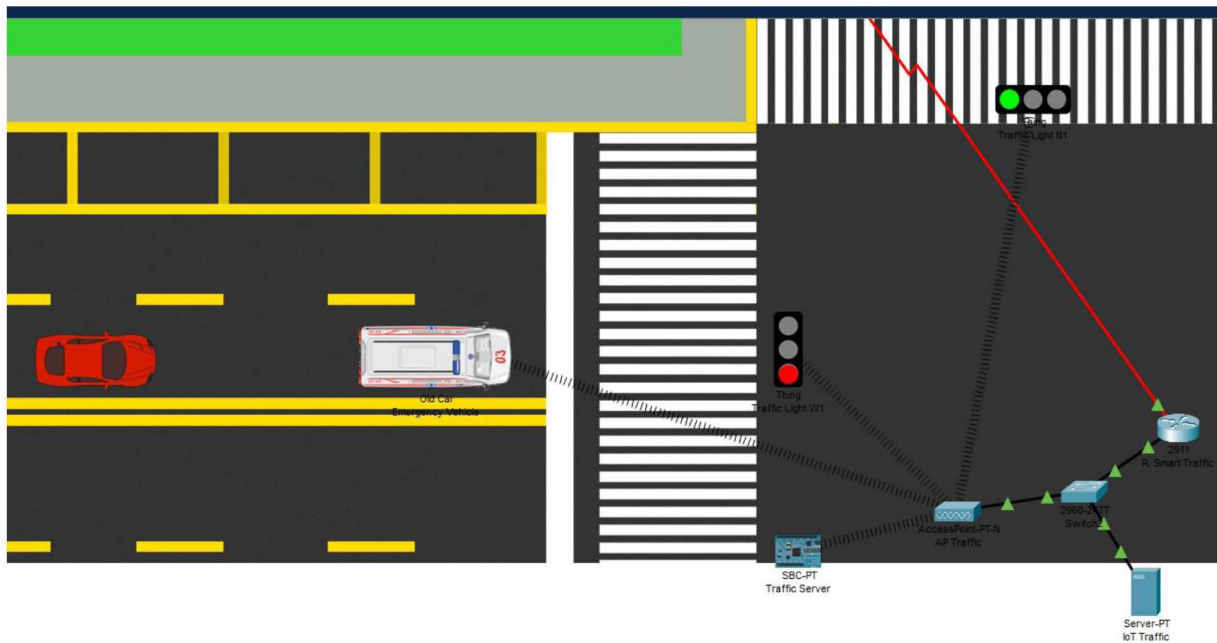


Figura 64 Clúster de Smart Traffic

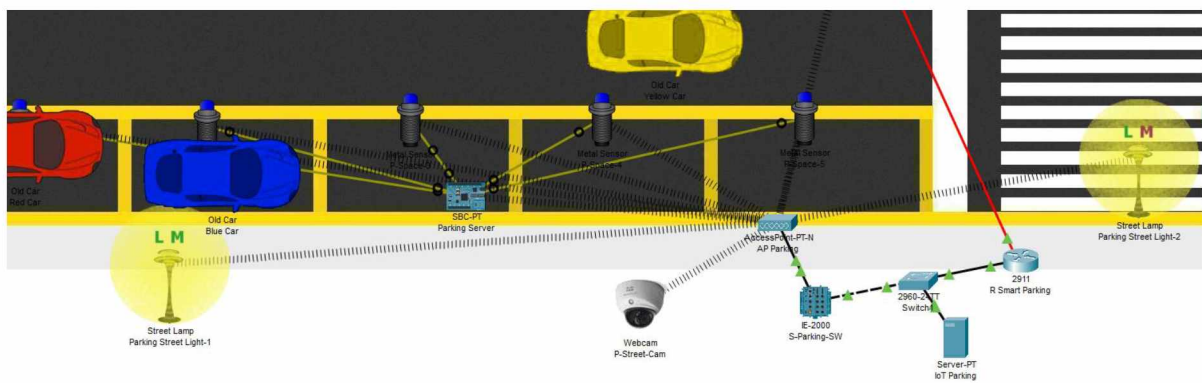


Figura 65 Clúster de Smart Parking Hospital

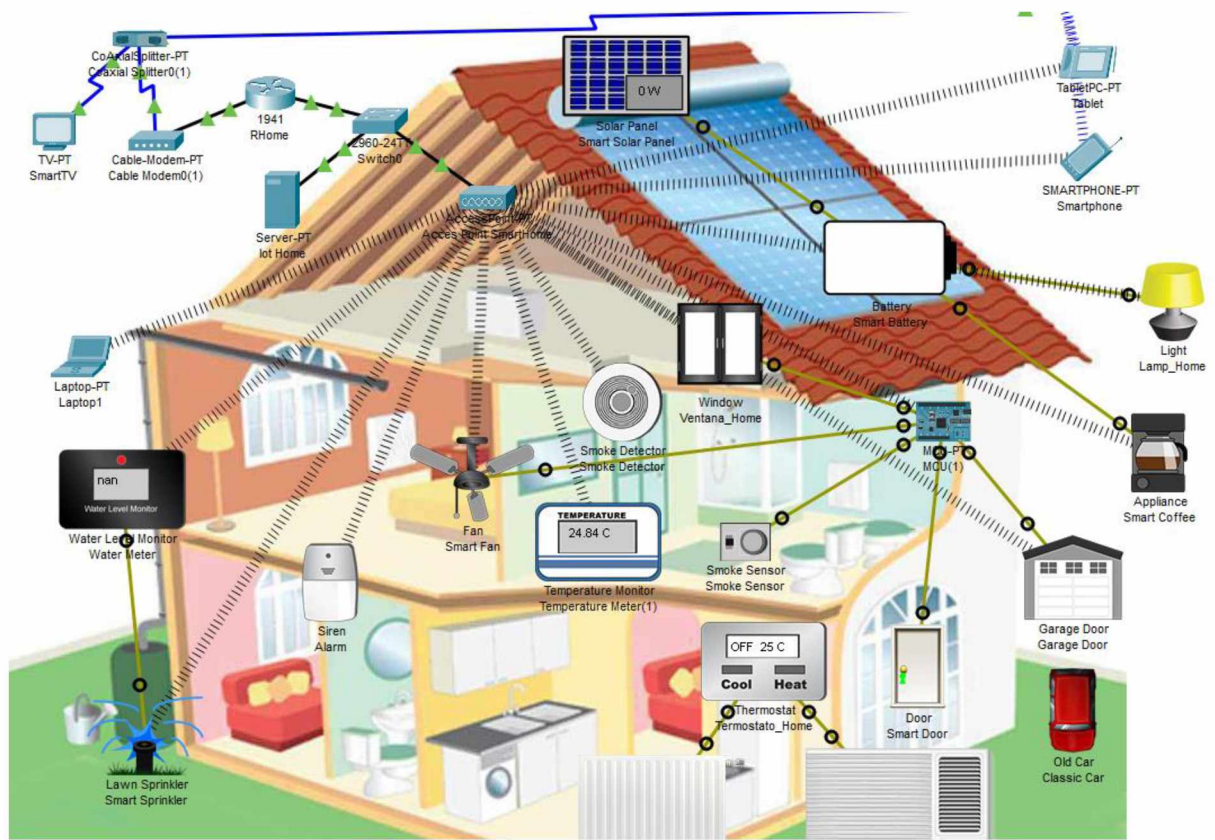


Figura 66 Clúster de Smart Home

3.6.5.1 Configuración MCU Smart Farm

Se describe a continuación el código del MCU del Smart Farm

```
from realhttp import *
```

```
from gpio import *
```

```
from time import *
```

#Poner aqui el API key de Thingspeak

```
key = "81VKUO8JN3HMZA38"
```

```
url_temp = "https://api.thingspeak.com/update?api_key="+key+"&field1="
```

```
url_humedad = "https://api.thingspeak.com/update?api_key="+key+"&field2="
```

```

def onHTTPDone(status, data):
    print("status: " + str(status))
    print("data: " + data)

def remap( x, oMin, oMax, nMin, nMax ):

    #range check
    if oMin == oMax:
        print "Warning: Zero input range"
        return None

    if nMin == nMax:
        print "Warning: Zero output range"
        return None

    #check reversed input range
    reverseInput = False
    oldMin = min( oMin, oMax )
    oldMax = max( oMin, oMax )
    if not oldMin == oMin:
        reverseInput = True

    #check reversed output range
    reverseOutput = False
    newMin = min( nMin, nMax )
    newMax = max( nMin, nMax )
    if not newMin == nMin :
        reverseOutput = True

    portion = (x-oldMin)*(newMax-newMin)/(oldMax-oldMin)
    if reverseInput:
        portion = (oldMax-x)*(newMax-newMin)/(oldMax-oldMin)

```

```

    result = portion + newMin
    if reverseOutput:
        result = newMax - portion

    return result

def main():
    http = RealHTTPClient()
    http.onDone(onHTTPOne)
    pinMode(A0, IN)
    pinMode(A1, IN)

    while True:
        r1 = analogRead(A0)
        r2 = analogRead(A1)
        h = remap(r1,0, 1023,0,100)
        t = remap(r2,0,1023,-100,100)

        url = url_temp + str(t)
        print("Enviando: "+url)
        http.get(url)
        sleep(16)
        url = url_humedad + str(h)
        print("Enviando: "+url)
        http.get(url)
        sleep(16)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Para el caso particular del Smart Farm se realiza diseño de código para el envío de datos de temperatura y humedad relativa de los galpones de aves. Esta información es enviada a ThingSpeak, a las cuentas configuradas de los tutores de este proyecto. Ver figuras del 67 al 70.

ThingSpeak™

Channels ▾ Apps ▾ Devices ▾ Support ▾

Signed in successfully.

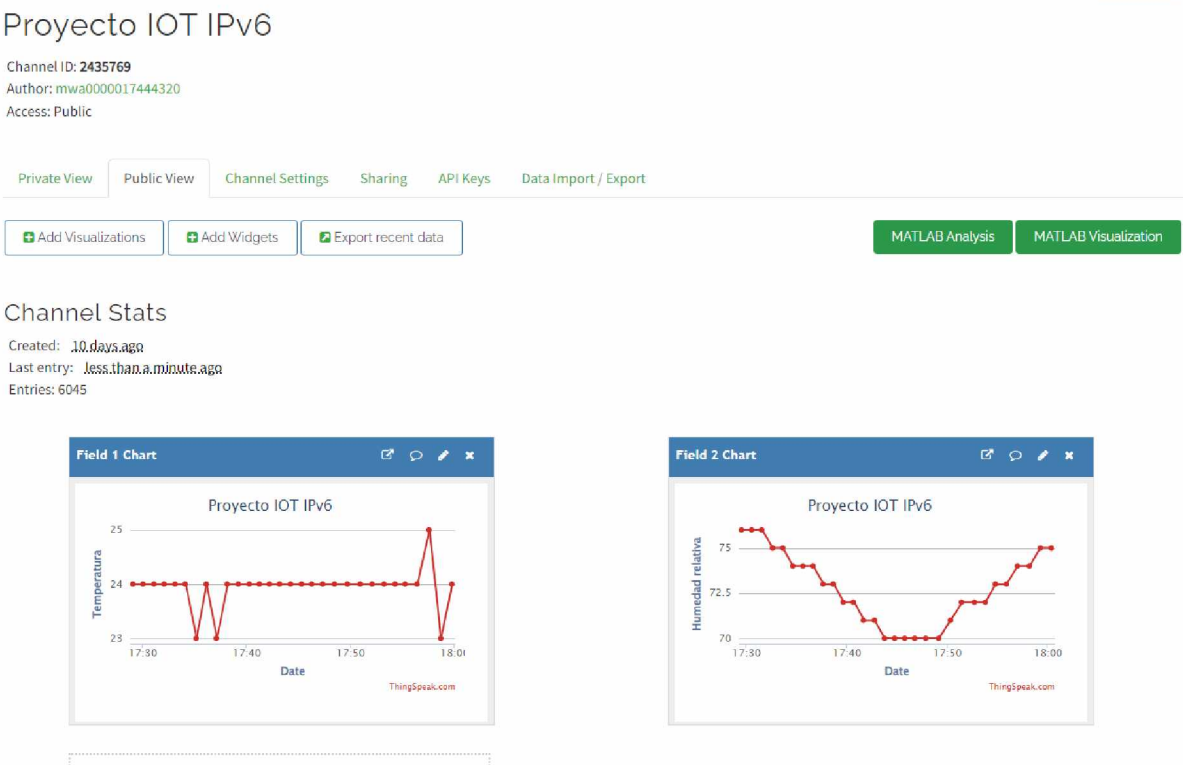
My Channels

New Channel

Search by tag

Name ▾	Created ▾	Updated ▾
Proyecto IOT IPv6 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2024-02-16	2024-02-16 21:22

Figura 67 Cuenta de ThingSpeak



Proyecto IOT IPv6

Channel ID: 2432990

Author: mwa0000020682660

Access: Public

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED ARQUITECTÓNICA IPV6 DE DOS SUCURSALES UTILIZANDO

IOT Autore: Diego Espinoza Quizhpe, Joel Bonilla Morán

Private View

Public View

Channel Settings

Sharing

API Keys

Data Import / Export

+ Add Visualizations

+ Add Widgets

Export recent data

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: 12 days ago

Last entry: less than a minute ago

Entries: 7702

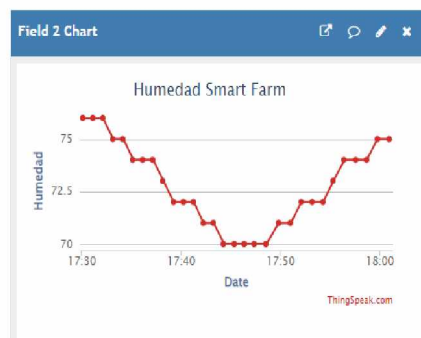
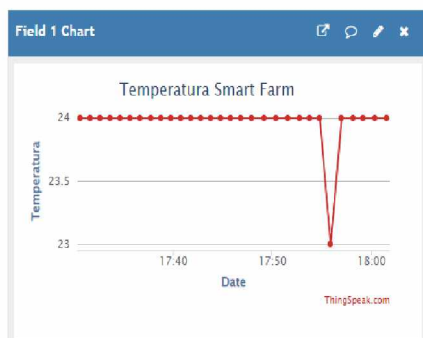


Figura 70 Datos de Humedad y Temperatura

4 Resultados

En esta sección se detallan los resultados obtenidos en este trabajo de titulación. Así como las pruebas realizadas y la discusión de los resultados.

4.1 Resultados de la simulación servidores IoT

En el clúster Matriz se tiene un segundo clúster Oficina Matriz en la cual el servidor IoT monitoriza y administra los elementos IoT registrados en el servidor

Tal como muestra la gráfica 71, para revisar los elementos IoT en el servidor matriz se debe asegurar que cada elemento de red tenga IPv6, esto puede demorar unos minutos de acuerdo con las pruebas realizadas.

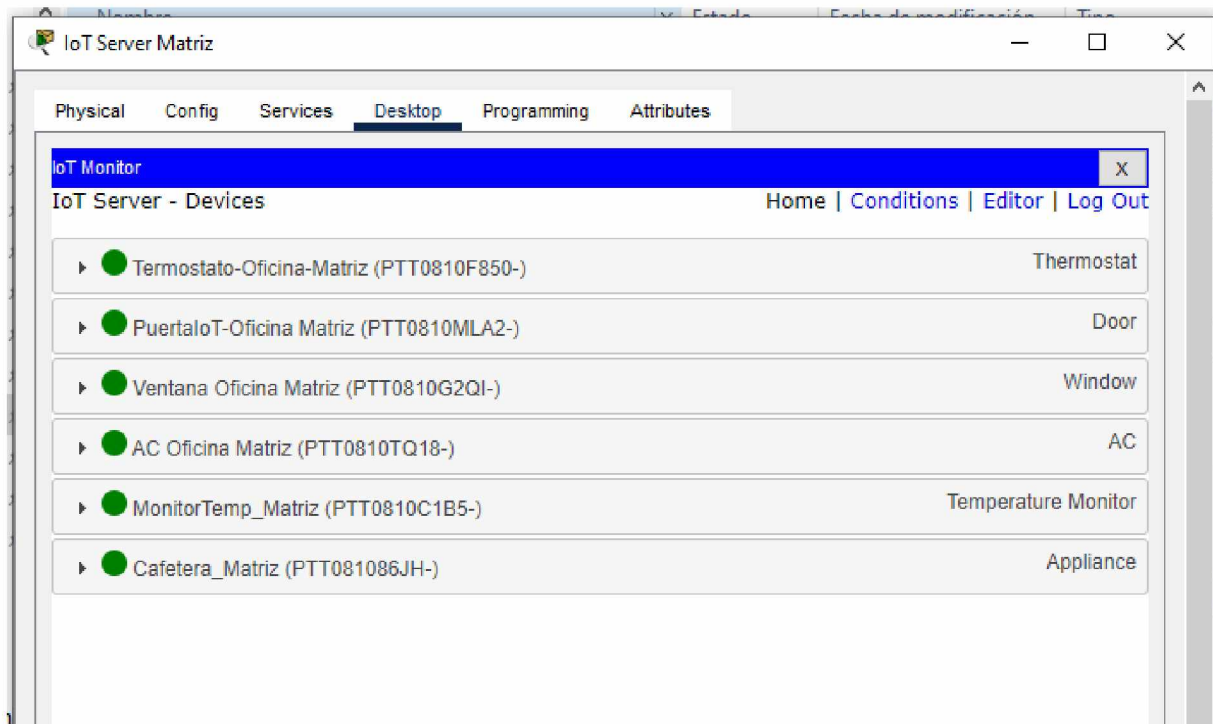


Figura 71 Elementos IoT Matriz

En las gráficas del 72 al 88 se observan las pruebas realizadas en el clúster matriz. Con cada uno de los elementos IoT utilizados en este proyecto.

La ventaja de utilizar servidores IoT es que se puede controlar estos, desde la interfaz IoT monitor. Con esta herramienta se tiene acceso al encendido o apagado de un ventilador, de una lampara, abrir o cerrar puertas o ventanas IoT.



Figura 72 Pruebas de puerta IoT, bloqueo

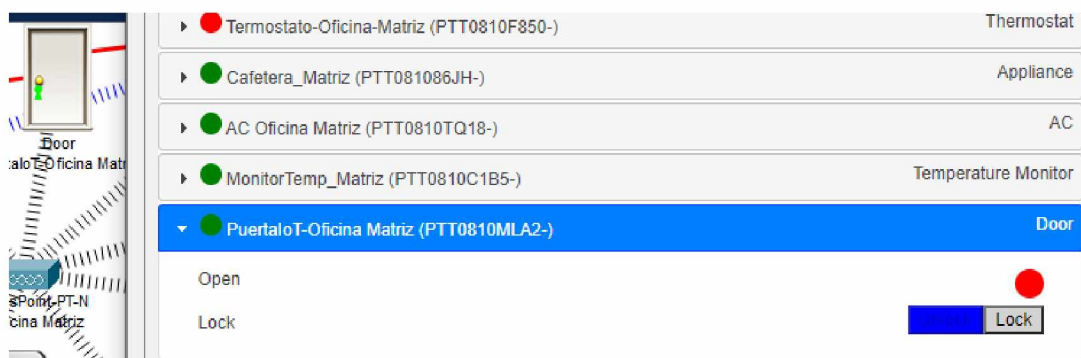


Figura 73 Pruebas de puerta IoT, apertura

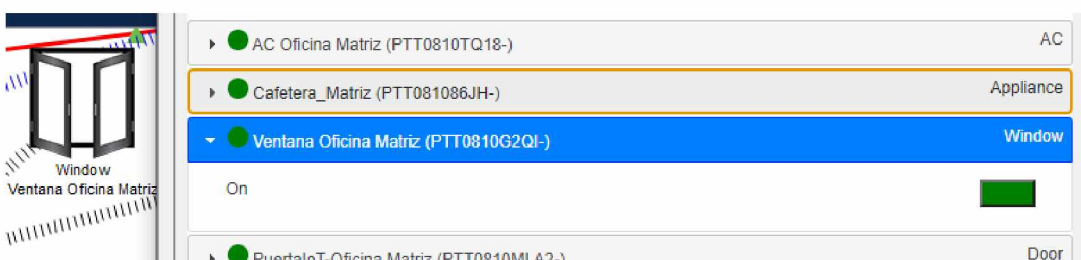


Figura 74 Pruebas de Ventana, apertura



Figura 75 Pruebas de ventana, cierre

El encendido y apagado del aire acondicionado se lo gestiona mediante código de programación desde el MCU.

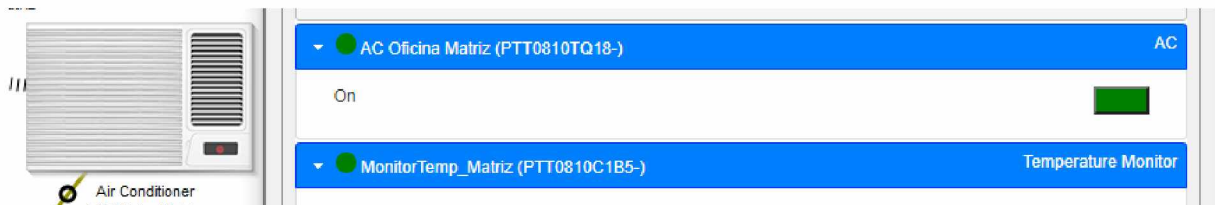
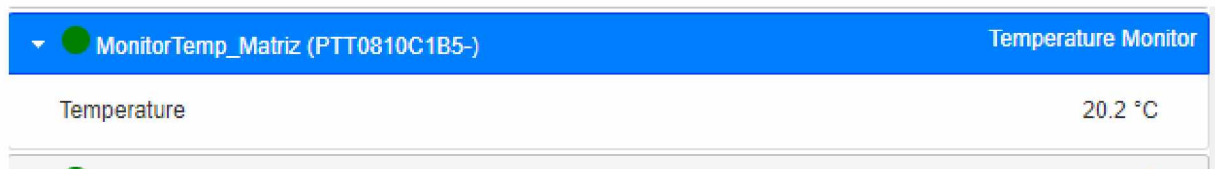


Figura 76 Pruebas de encendido AC

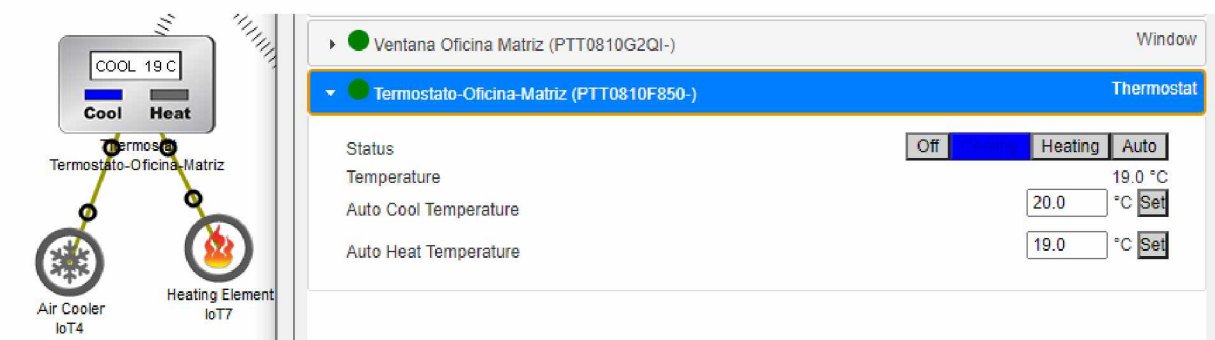


Figura 77 Pruebas con termostato de AC

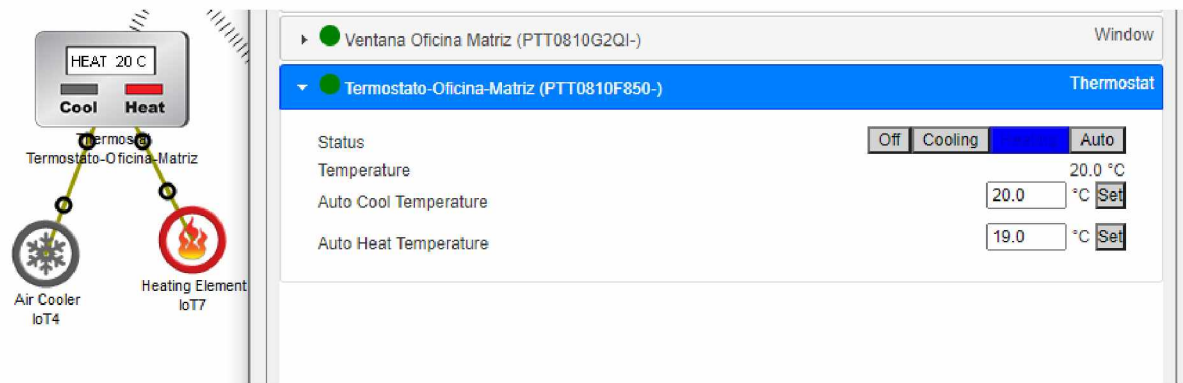


Figura 78 Encendido de Heat en Termostato

La temperatura se puede controlar con el encendido o apagado de la calefacción o air cooler conectado en el termostato.



Figura 79 Pruebas con Termostato subida de temperatura

El MCU se programa desde la pestaña de programación, en la sección de configuraciones anteriores se detalla el código.

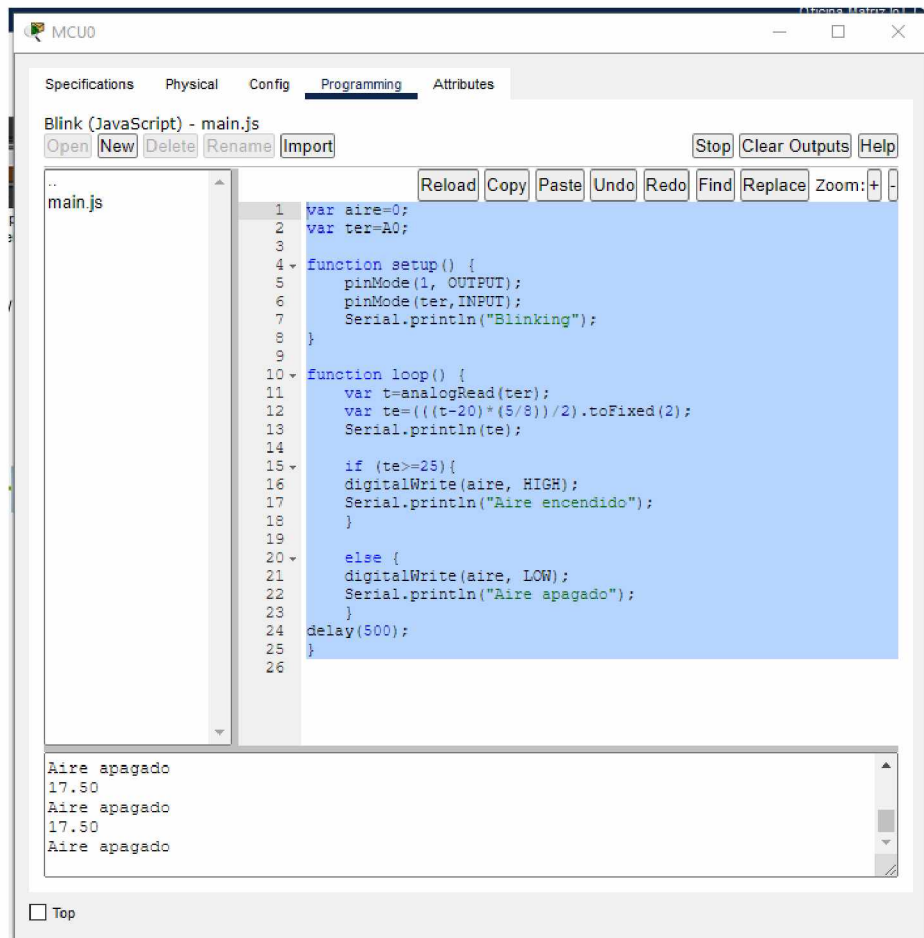


Figura 80 Validación de datos de temperatura

Se puede observar los datos obtenidos en tiempo real por los sensores, en la figura 80 se observa la temperatura de 17,80 el mismo que mantiene el aire acondicionado apagado.

En las figuras 81 y 82 se realizan las demostraciones del funcionamiento del código y la lógica aplicada para el encendido y apagado del aire acondicionado.

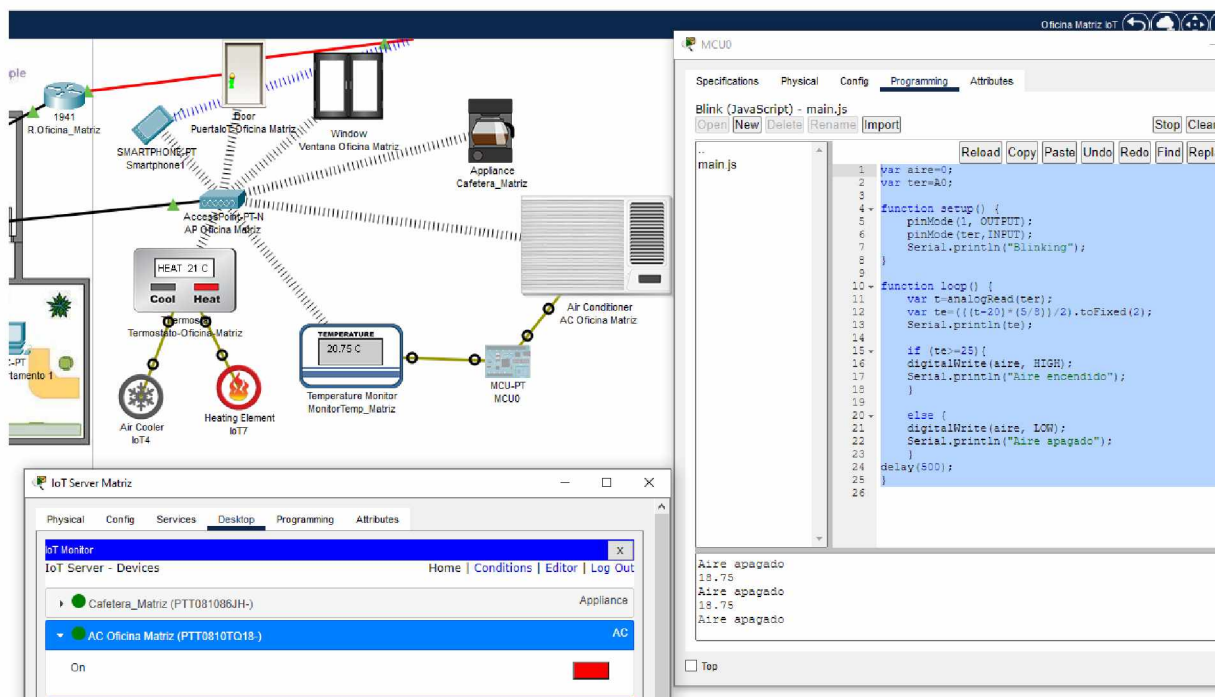


Figura 81 Demostración de encendido de AC

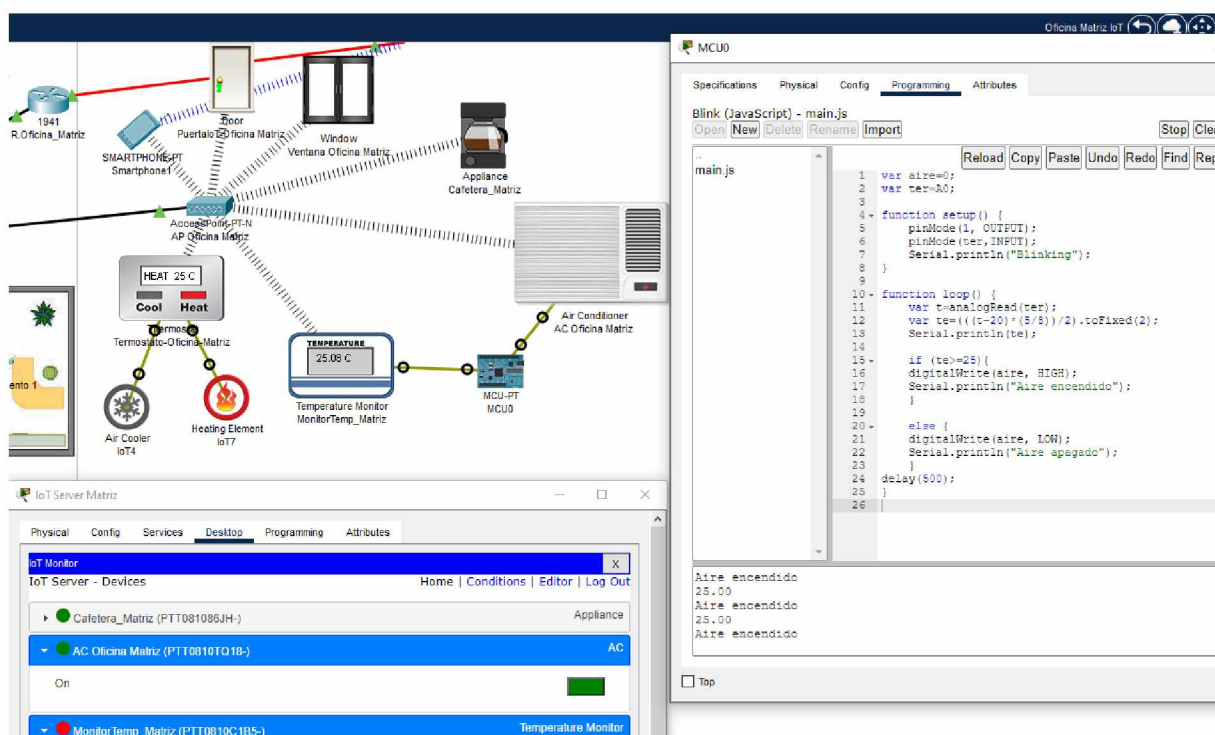


Figura 82 Demostración de encendido de AC

La figura 83 muestra los elementos IoT censados por el servidor IoT de la sucursal 1, los

elementos como el humidificador, la lampara IoT, el termostato y el AC IoT son controlados desde la interfaz IoT monitor de este servidor.

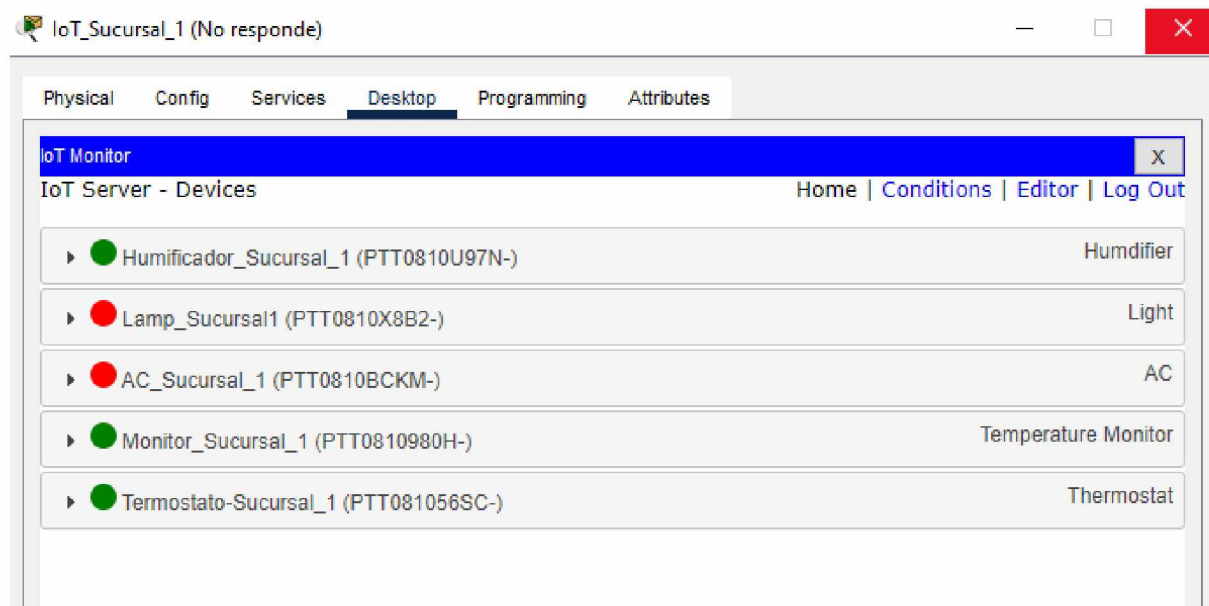


Figura 83 Datos de IoT Sucursal 1

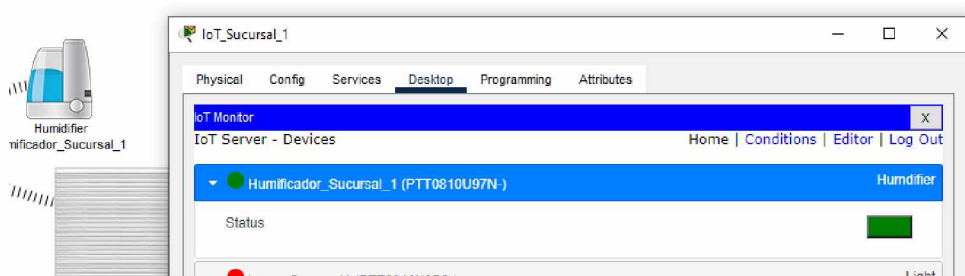


Figura 84 Pruebas de humidificador

Las figuras 85 , 86, 87 y 88 muestran las pruebas del código de programación del MCU colocado en sucursal 2.

La MCU y el SBC son las tarjetas microcontroladora de CISCO Packet Tracer, donde se graba el código de programación por lo general en Python, que automatizará los procesos de los elementos IoT.

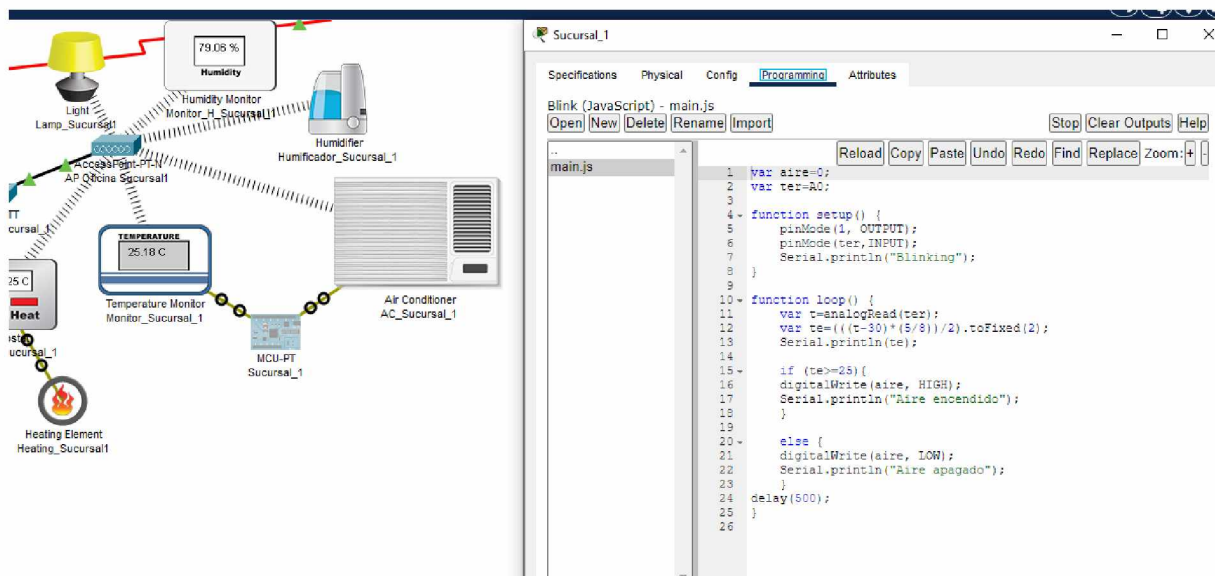


Figura 85 Pruebas de AC en Sucursal 1 encendido de AC

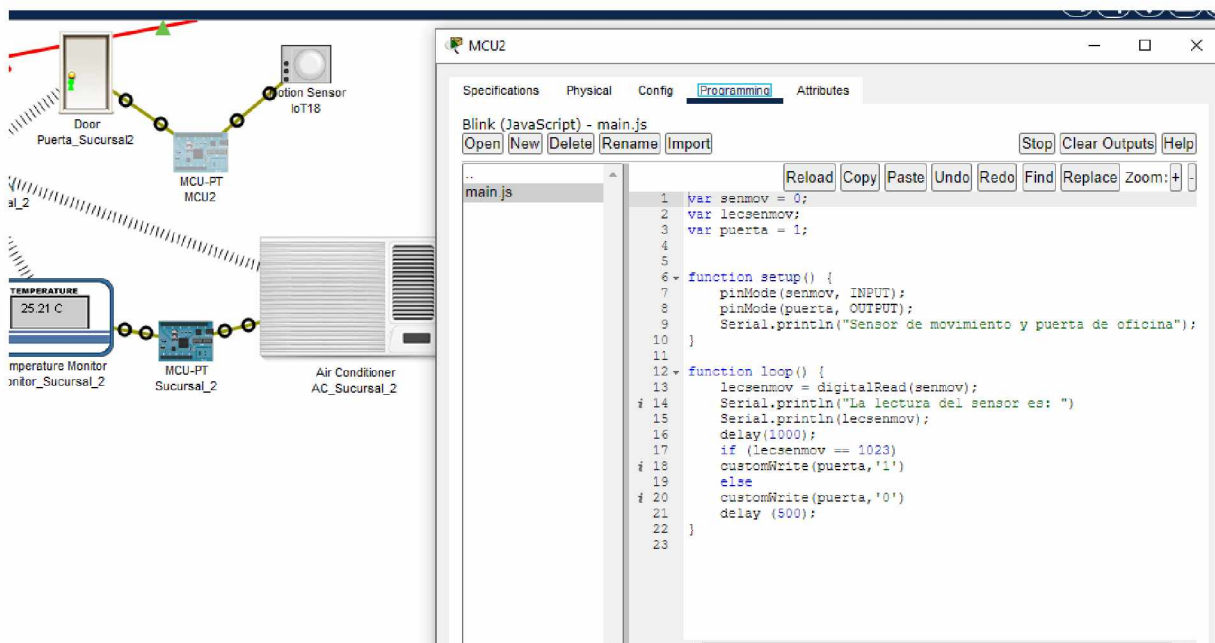


Figura 86 Pruebas de puerta IoT en sucursal 2

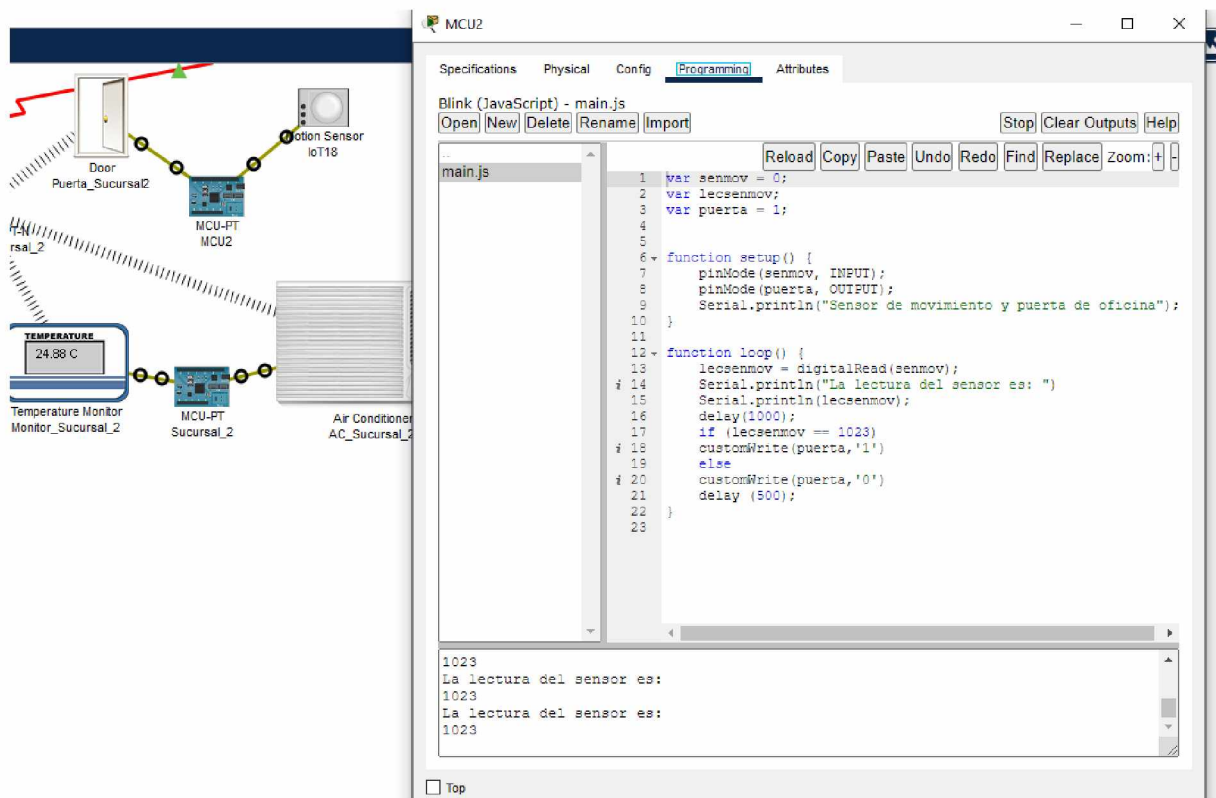


Figura 87 Pruebas de apertura de puerta en sucursal 2

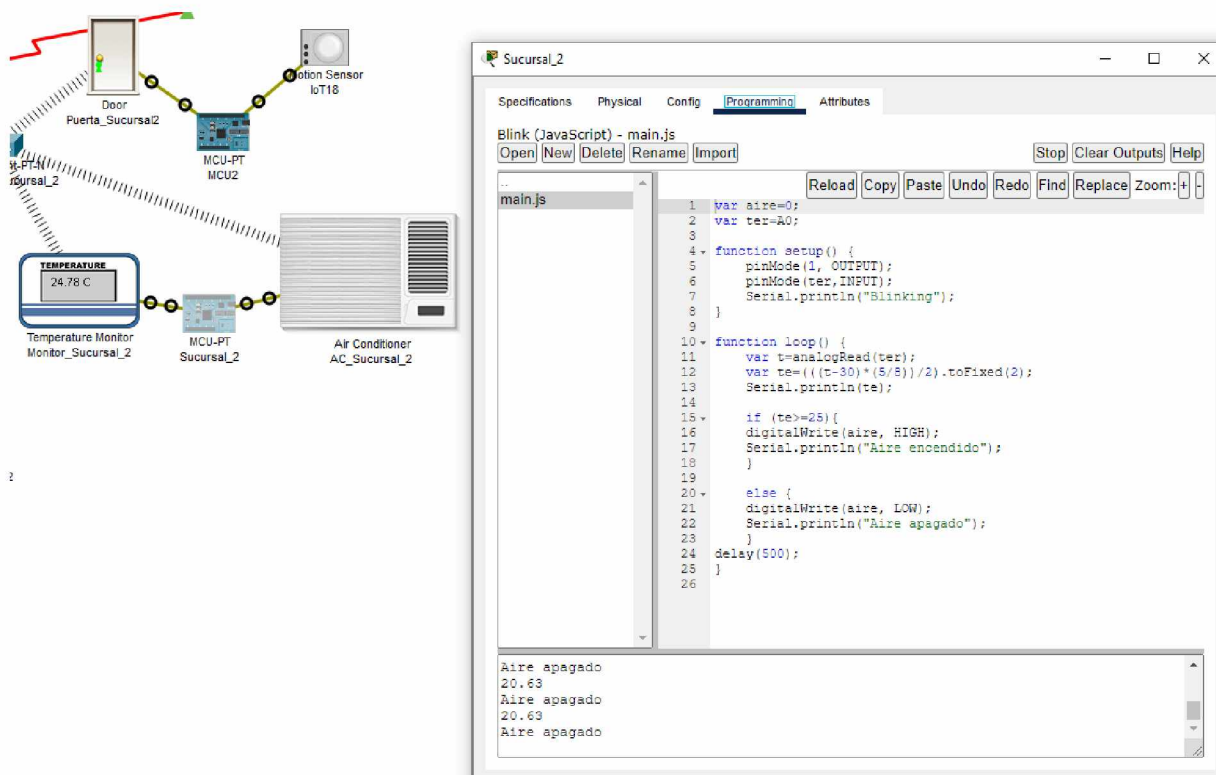


Figura 88 Pruebas de cierre de puerta en sucursal 2

4.2 Resultados de la simulación IPv6

En esta sección se observan los resultados de la simulación de la red IPv6.

Para validar el funcionamiento de la red IPv6 se realizan test de ping entre elementos dentro de diferentes sucursales.

Para este caso en la figura 89 se muestra prueba de ping entre test de pruebas y router matriz.



Figura 89 Sucursal Matriz prueba de ping Test PC a RMatriz

En la figura 90 se observan las pruebas de ping successful entre diferentes dispositivos de la red IPv6.

Realtime Simulation								
Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Period	
	Successful	Test-PC-Matriz	RMatriz	ICM...		0.000	N	
	Successful	PC Departamento 2	RMatriz	ICM...		0.000	N	
	Successful	Central Office ISP	RMatriz	ICM...		0.000	N	

Figura 90 Pruebas de ping entre dispositivos de la red IPv6

Otra prueba de funcionamiento de la red IPv6 se observa en la figura 91 donde se verifica que

el PC Matriz está en modo automático para obtener IPv6 del servidor DHCPv6.

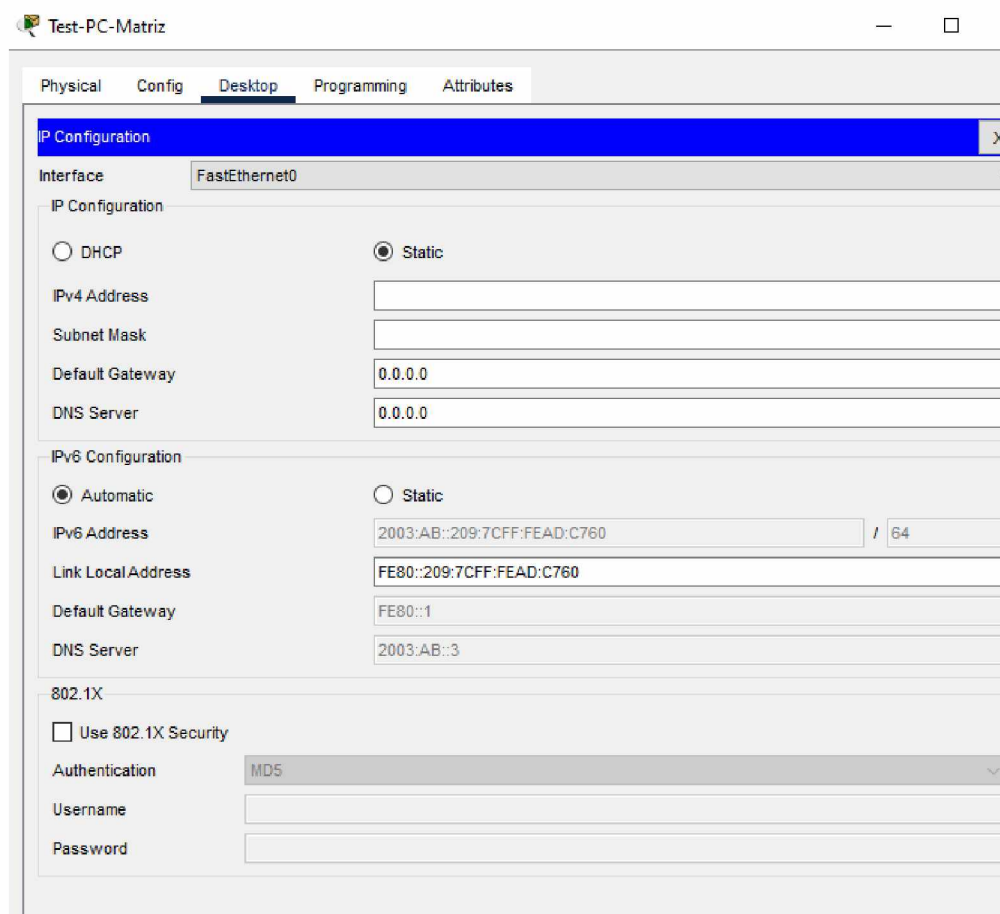


Figura 91 IPv6 en el PC Matriz

En la figura 91 se observa la configuración del servidor DHCP con protocolo IPv6.

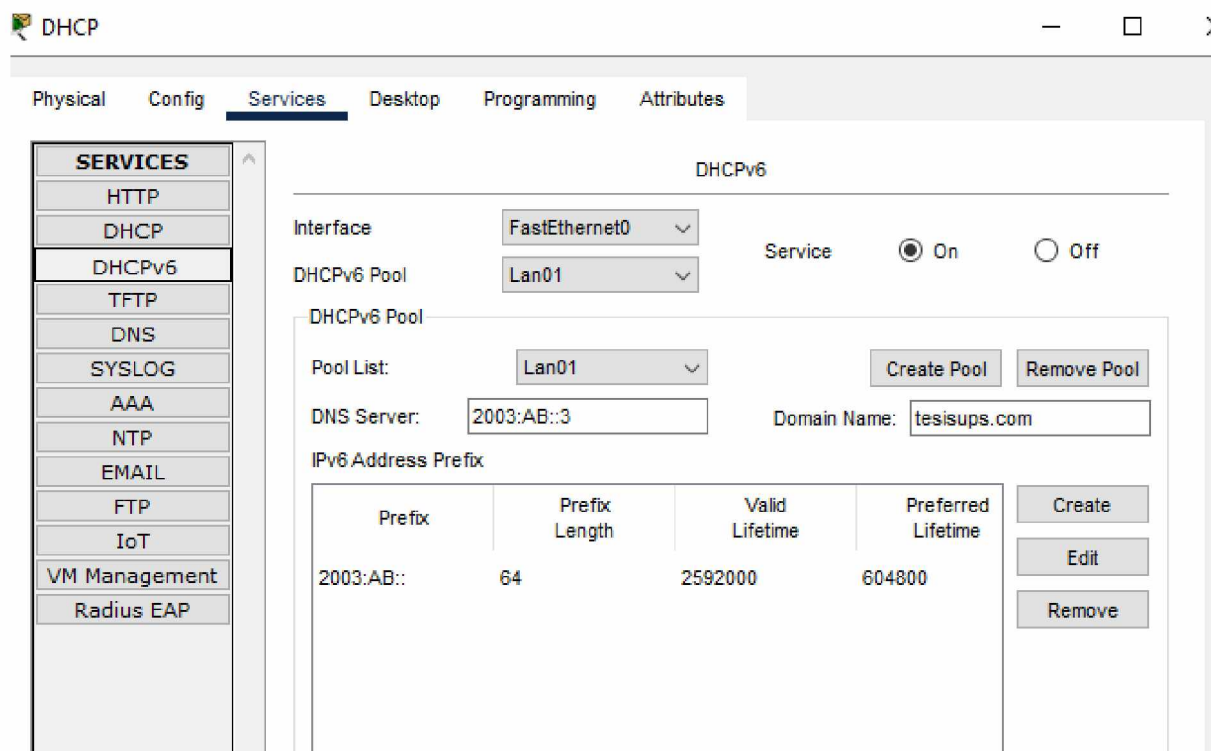


Figura 92 Servidor DHCPv6

En la figura 93 se observa las configuraciones IPv6 de las interfaces del router de sucursal 1. Se valida que las configuraciones a nivel de IPv6 se encuentran correctas.

```

00:00:10: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 3.3.3.3 on Serial0/0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
00:00:10: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 2.2.2.2 on Serial0/0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
00:00:10: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 9.9.9.1 on Serial0/1/1 from LOADING to FULL, Loading Done
00:00:10: %OSPFv3-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 8.8.8.8 on Serial0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done

RSucursall>en
RSucursall#show ip inter
RSucursall#show ip interface bri
RSucursall#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0          [up/up]
    FE80::1
    2001:A::1
GigabitEthernet0/1          [administratively down/down]
    unassigned
Serial0/0/0                  [up/up]
    FE80::1
    FF:AA::1
Serial0/0/1                  [up/up]
    FE80::1
    FF:CC::1
Serial0/1/0                  [up/up]
    FE80::1
    FF:AC::1
Serial0/1/1                  [up/up]
    FE80::1
    FF:A2::1
Vlan1                        [administratively down/down]
    unassigned
RSucursall#
  
```

Figura 93 Configuraciones IPv6 de interfaces en RSucursall

Otras validaciones del funcionamiento de la red IPv6 se observa en las siguientes líneas de configuración donde se especifica las redes enrutadas con OSPFv3 en router sucursal 1.

RSucursal1#show ipv6 route

IPv6 Routing Table - 29 entries

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP

U - Per-user Static route, M - MIPv6

I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary

ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination, NDr - Redirect

O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2

ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2

D - EIGRP, EX - EIGRP external

O FF:A1::/126 [110/128]

via FE80::1, Serial0/0/0

C FF:A2::/126 [0/0]

via Serial0/1/1, directly connected

L FF:A2::1/128 [0/0]

via Serial0/1/1, receive

O FF:A3::/126 [110/128]

via FE80::1, Serial0/1/0

C FF:AA::/126 [0/0]

via Serial0/0/0, directly connected

L FF:AA::1/128 [0/0]

via Serial0/0/0, receive

O FF:AB::/126 [110/128]

via FE80::1, Serial0/0/0

via FE80::1, Serial0/1/0

C FF:AC::/126 [0/0]

via Serial0/1/0, directly connected

L FF:AC::1/128 [0/0]

via Serial0/1/0, receive

O FF:B1::/126 [110/128]

via FE80::1, Serial0/0/1

O FF:B2::/126 [110/192]

via FE80::1, Serial0/0/1

O FF:B3::/126 [110/192]

via FE80::1, Serial0/0/1
O FF:B4::/126 [110/192]
via FE80::1, Serial0/0/1
O FF:BB::/126 [110/128]
via FE80::1, Serial0/0/1
via FE80::1, Serial0/0/0
O FF:CB::/126 [110/128]
via FE80::1, Serial0/0/1
via FE80::1, Serial0/1/0
C FF:CC::/126 [0/0]
via Serial0/0/1, directly connected
L FF:CC::1/128 [0/0]
via Serial0/0/1, receive
C 2001:A::/64 [0/0]
via GigabitEthernet0/0, directly connected
L 2001:A::1/128 [0/0]
via GigabitEthernet0/0, receive
O 2001:AB::/64 [110/65]
via FE80::1, Serial0/1/0
O 2002:B::/64 [110/65]
via FE80::1, Serial0/0/1
O 2003:AB::/64 [110/65]
via FE80::1, Serial0/0/0
O 2006:C::/64 [110/193]
via FE80::1, Serial0/0/1
O 2007:A::/64 [110/193]
via FE80::1, Serial0/0/1
O 2008:B::/64 [110/193]
via FE80::1, Serial0/0/1
O 2009:AB::/64 [110/129]
via FE80::1, Serial0/0/0
O 2010:AB::/64 [110/65]
via FE80::1, Serial0/1/1
O 2011:AB::/64 [110/129]

via FE80::1, Serial0/1/0
L FF00::/8 [0/0]
via Null0, receive

4.3 Resultados y análisis de Smart Farm, Smart Traffic, Smart Home, Smart Parking

En esta sección se evidenciará los resultados en los clouds de Smart Farm, Smart Traffic, Smart Home y Smart Parking.

En la figura 94 se observa el diseño de la red Smart Farm, donde se observan dos MCU que realizarán el control de humedad relativa y temperatura ambiente de los galpones de pollos. Se observa también los termostatos y sus respectivos actuadores.

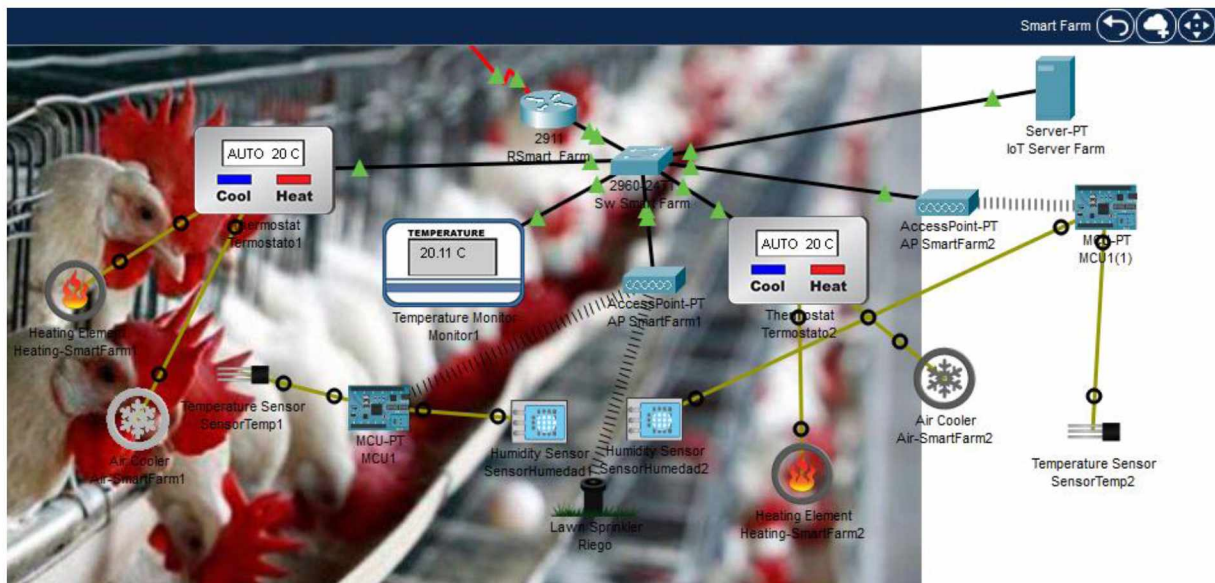
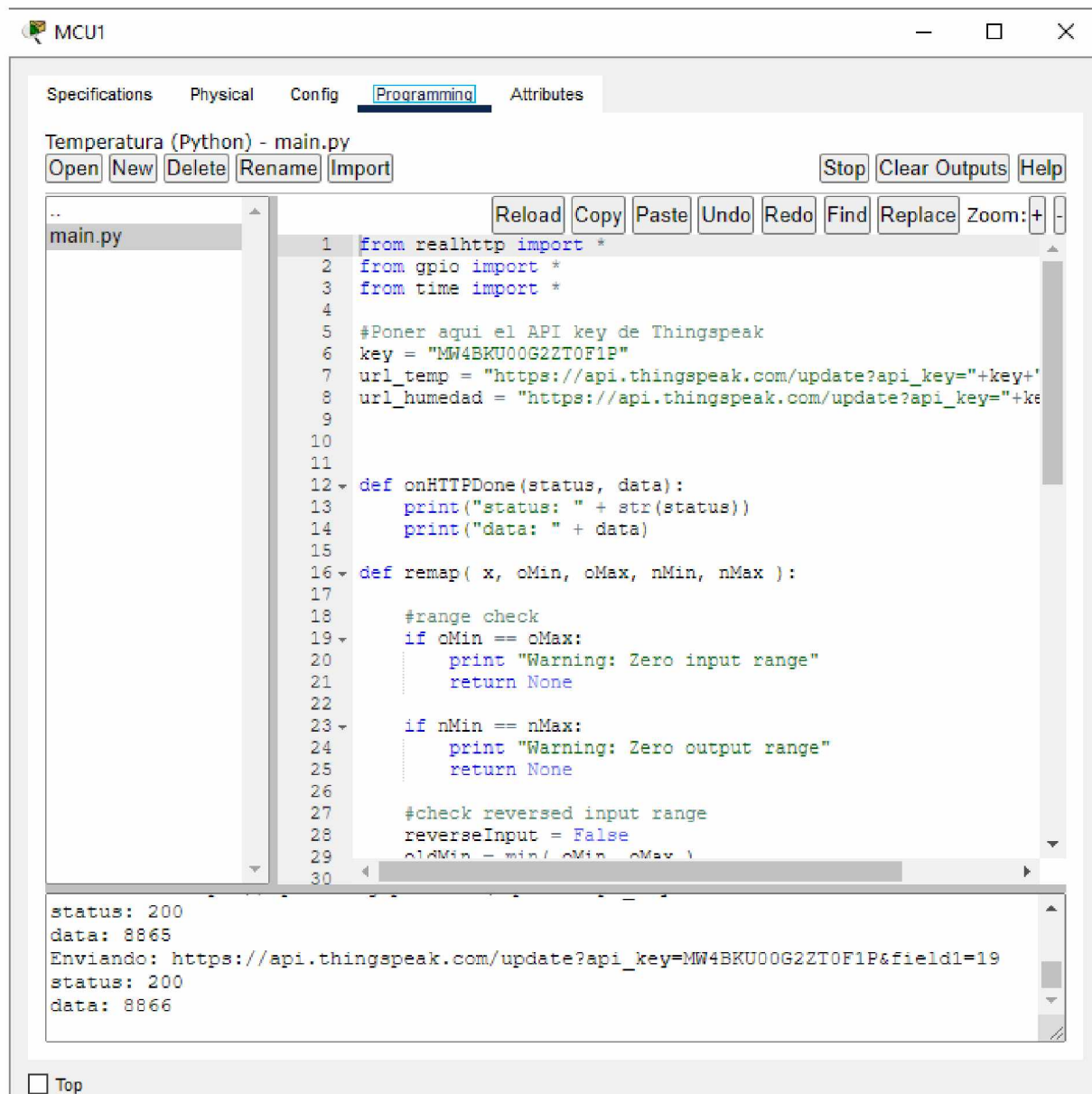


Figura 94 Smart Farm

En las figuras 95 y 96 se evidencian el envío de datos a ThingSpeak de los MCU1 y MCU2 en el proyecto de SmartFarm.



The screenshot shows the MCU1 IDE interface. The 'Programming' tab is active, displaying a Python script named 'main.py'. The script is titled 'Temperatura (Python) - main.py'. The code includes imports for 'realhttp', 'gpio', and 'time'. It defines a Thingspeak API key and two URLs for sending data. A function 'onHTTPOne' is defined to handle HTTP responses, printing status and data. A 'remap' function is also defined to handle range and reversed input checks. The output console at the bottom shows the status and data being sent to ThingSpeak.

```
1 from realhttp import *
2 from gpio import *
3 from time import *
4
5 #Poner aqui el API key de Thingspeak
6 key = "MW4BKU00G22T0F1P"
7 url_temp = "https://api.thingspeak.com/update?api_key="+key+"&field1=19"
8 url_humedad = "https://api.thingspeak.com/update?api_key="+key+"&field2=19"
9
10
11
12 def onHTTPOne(status, data):
13     print("status: " + str(status))
14     print("data: " + data)
15
16 def remap( x, oMin, oMax, nMin, nMax ):
17
18     #range check
19     if oMin == oMax:
20         print "Warning: Zero input range"
21         return None
22
23     if nMin == nMax:
24         print "Warning: Zero output range"
25         return None
26
27     #check reversed input range
28     reverseInput = False
29     oldMin = min( oMin, oMax )
30
```

status: 200
data: 8865
Enviando: https://api.thingspeak.com/update?api_key=MW4BKU00G22T0F1P&field1=19
status: 200
data: 8866

Figura 95 Envió de datos del MCU1 a ThingSpeak

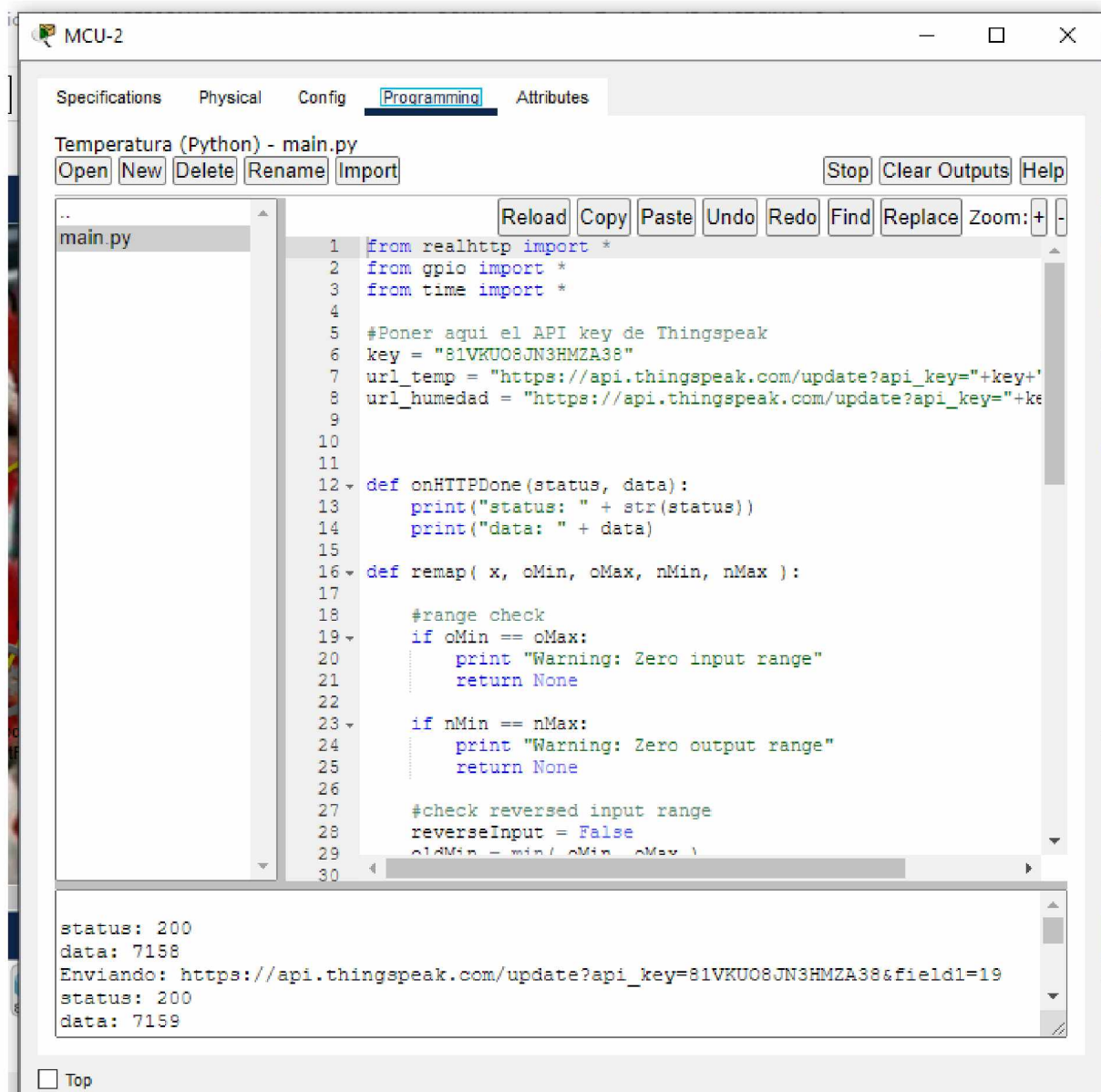


Figura 96 Envió de datos del MCU2 a ThingSpeak

Los resultados se muestran en las figuras 97 y 98 del canal o configuración de ThingSpeak configurado previamente. Cabe indicar que para tener resultados por cada MCU (microcontrolador), se debe crear diferentes canales de ThingSpeak, para este caso se crean dos cuentas con los correos de cada uno de los autores de este trabajo.

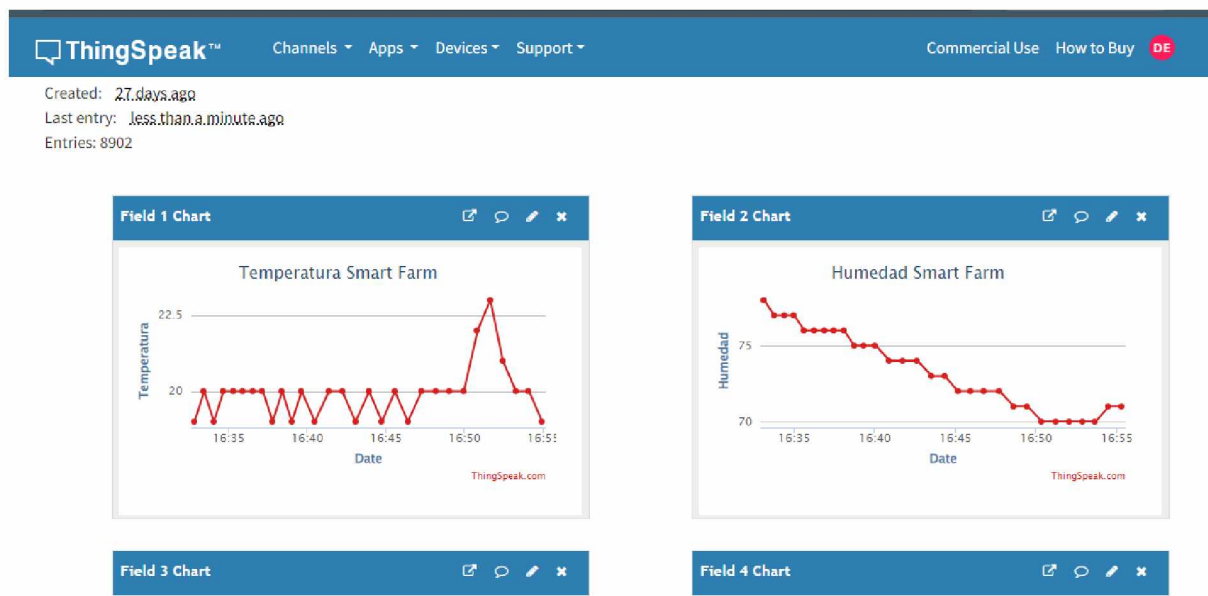


Figura 97 Resultados de temperatura y humedad de MC1

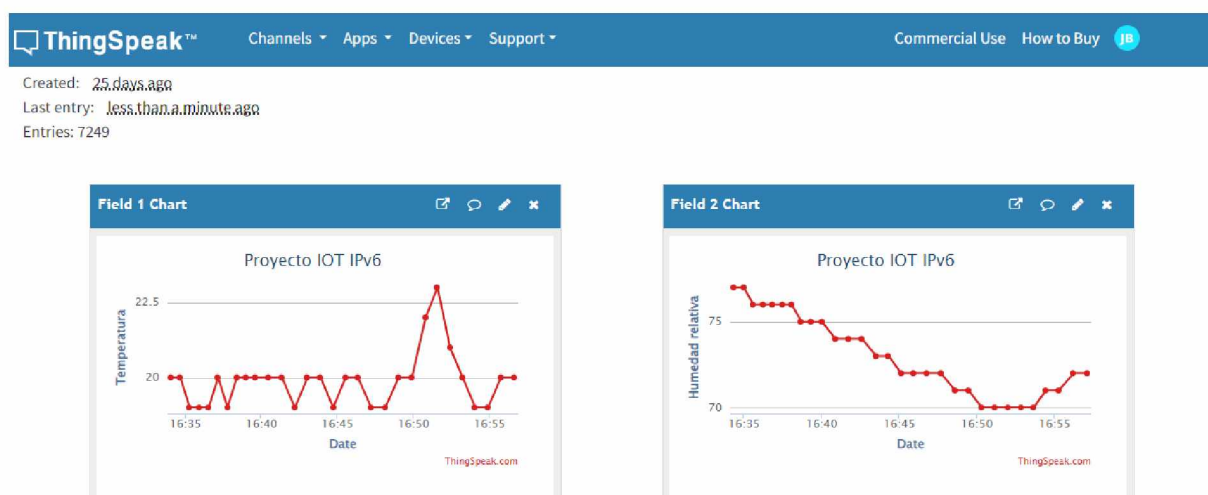


Figura 98 Resultados de temperatura y humedad de MC2

En las figuras 99 y 100 se observan los resultados del clúster Smart Traffic. Se observa que arroja el valor de verdadero al acercarse la ambulancia.

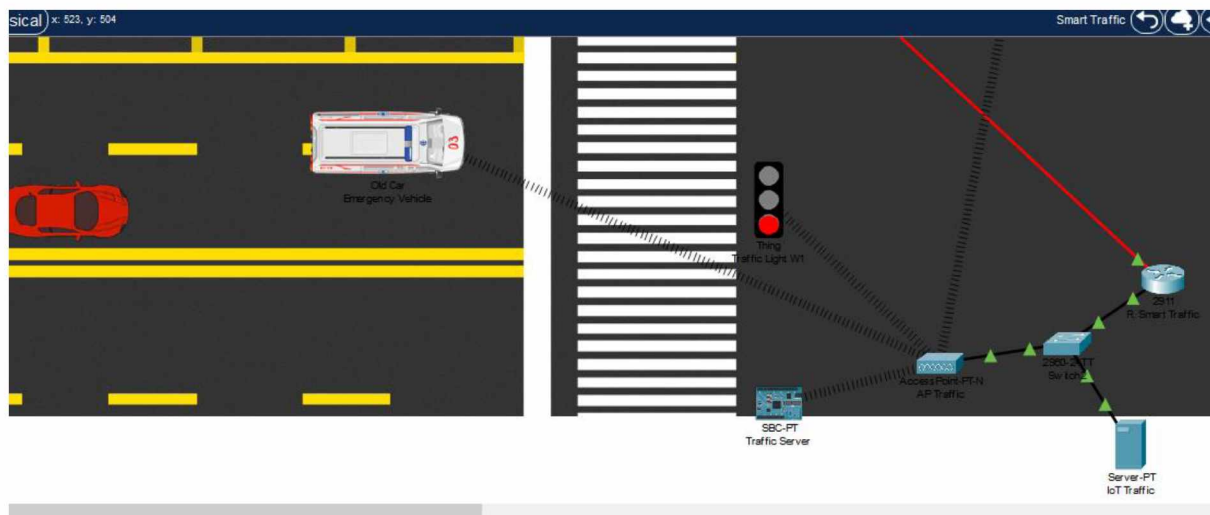


Figura 99 SmartTraffic

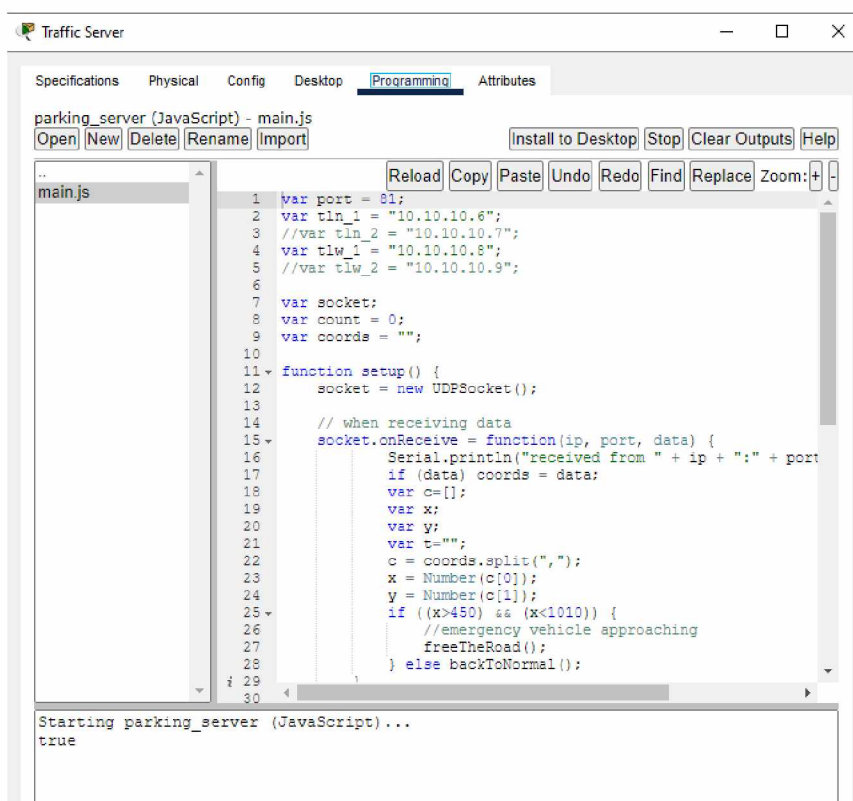


Figura 100 Resultados del script del MCU de Smart Traffic

En las figuras 101 y 102 se observa el resultado de las pruebas en la Smart Parking

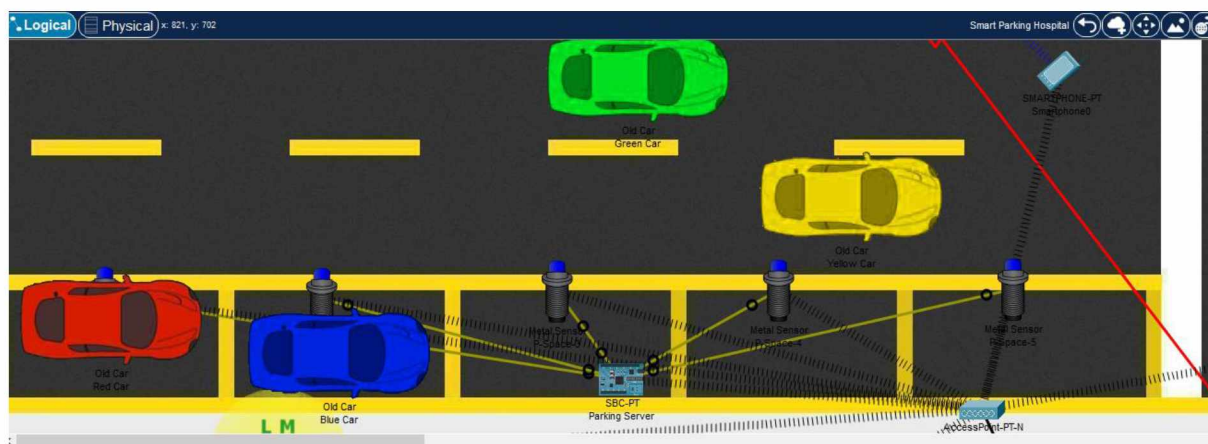


Figura 101 Smart Traffic

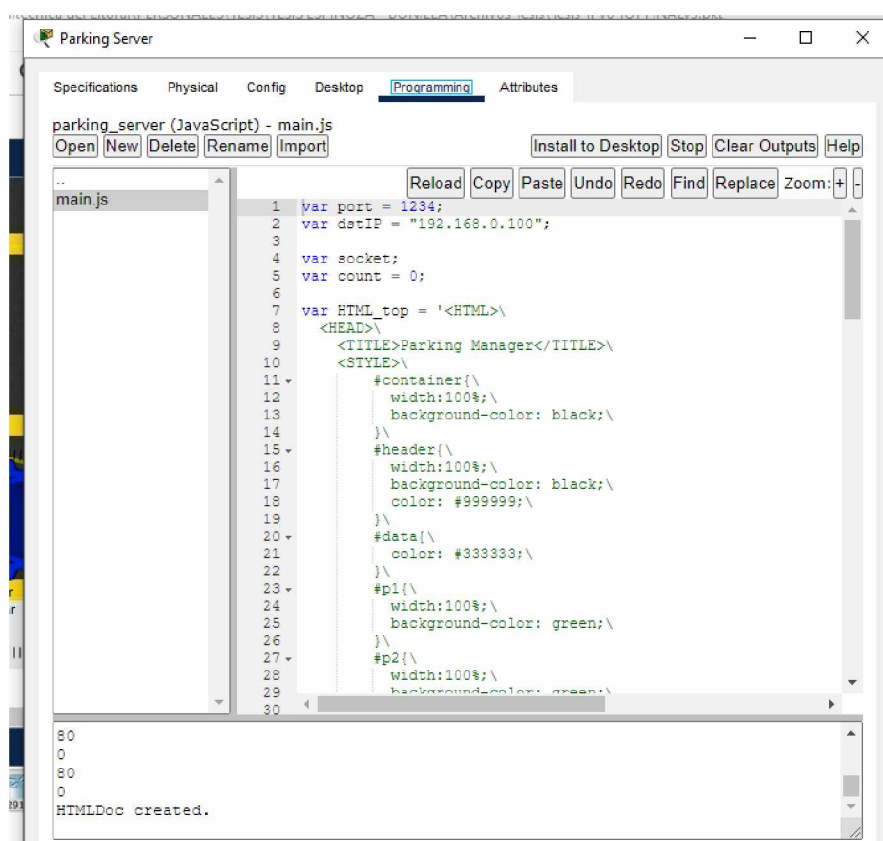


Figura 102 Resultados del script del MCU del Smart Traffic

En las figuras 103 y 104 se observan los resultados del clúster de Smart Home.

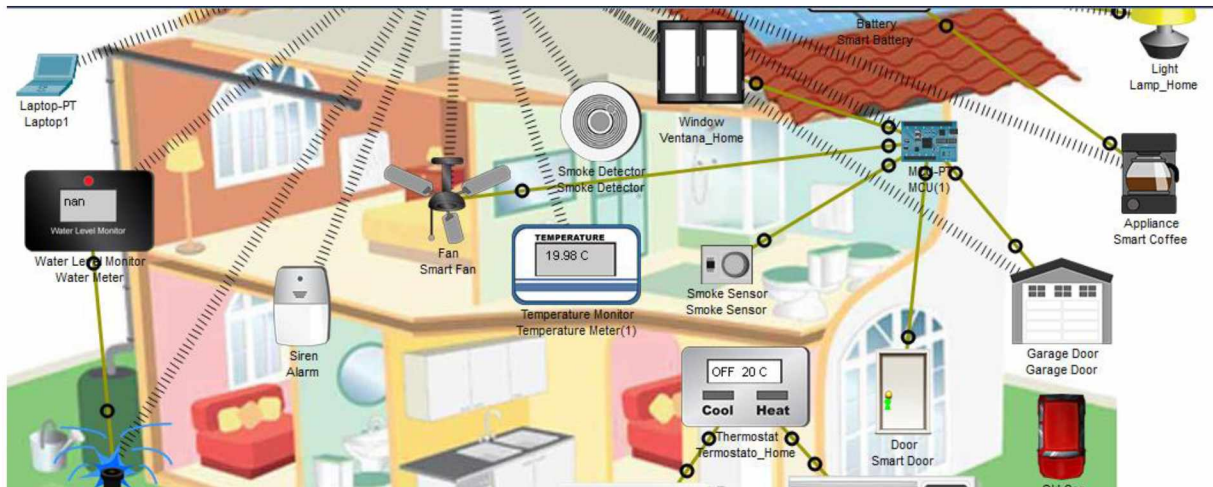


Figura 103 Smart Home

La imagen muestra la interfaz de programación de un MCU(1). La pestaña activa es 'Programming'. El archivo de código es 'Smoke (JavaScript) - main.js'. El código JavaScript se muestra a continuación:

```

1 var smk_sensor = A0;
2 var grgDoor = 5;
3 var bWindow = 4;
4 var frtDoor = 3;
5 var livgFan = 2;
6
7
8 function setup() {
9   pinMode(grgDoor, OUTPUT);
10  pinMode(frtDoor, OUTPUT);
11  pinMode(bWindow, OUTPUT);
12  pinMode(livgFan, OUTPUT);
13 }
14
15 function loop() {
16   // read from sensor
17   var newValue = analogRead(smk_sensor);
18   newValue = newValue/10;
19
20   // map it from 1023 to 255
21   //newValue = Math.floor(map(newValue, 0, 1023, 0, 255));
22
23   if (newValue > 10) {
24     // analog write to pins
25     customWrite(grgDoor, 1);
26     customWrite(frtDoor, 1);
27     customWrite(bWindow, 1);
28     customWrite(livgFan, 2);
29     //digitalWrite(livgFan, HIGH);
30

```

En la parte inferior de la ventana, se muestra el registro de salida:

```

Smoke level: 0
Smoke level: 0
Smoke level: 0
Smoke level: 0
Smoke level: 0

```

Figura 104 Resultados MCU de Smart Home

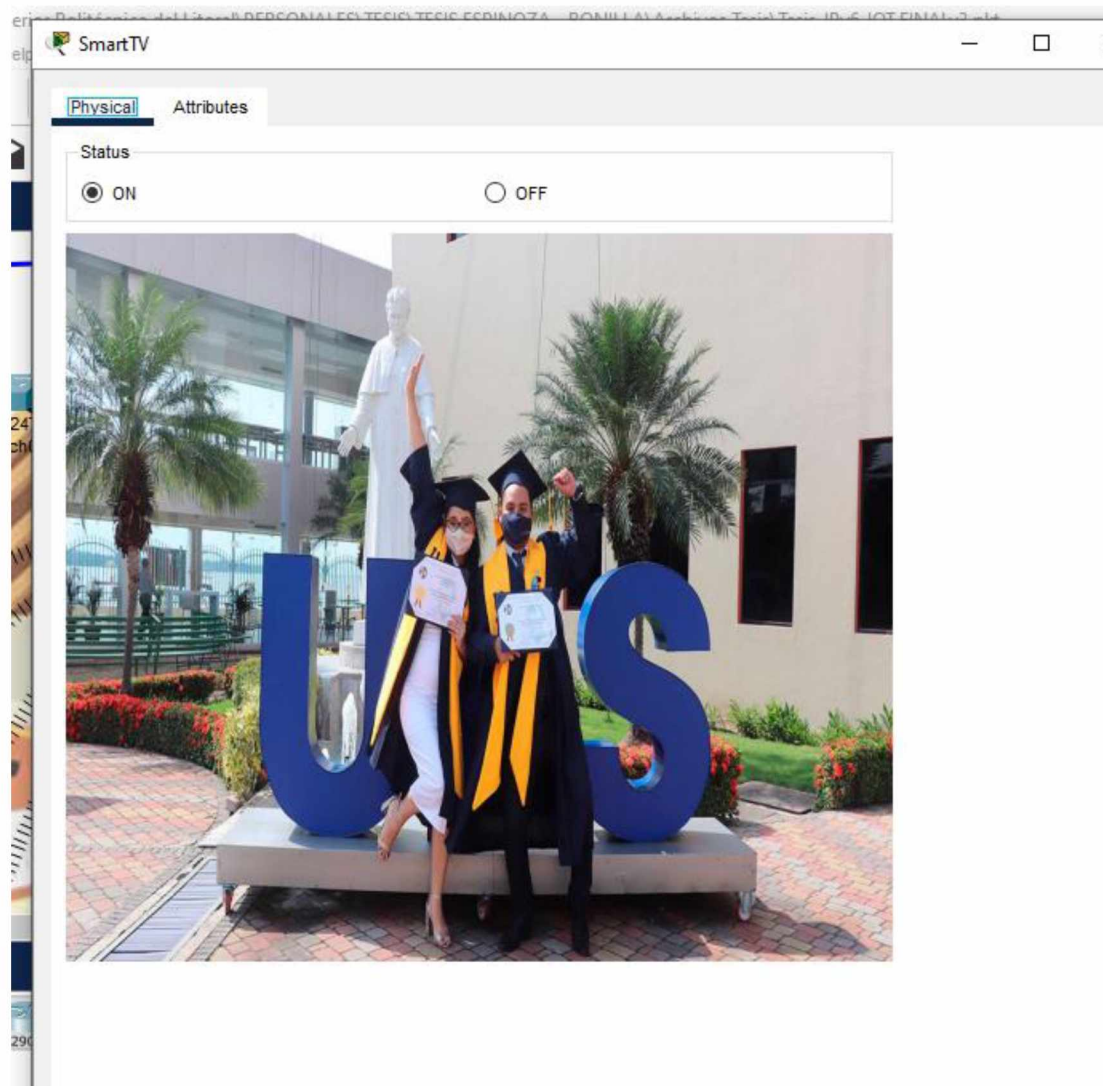


Figura 105 Resultados del servicio de TV en HFC en SmartHome

4.4 Evaluación y medición de la red IPv6 con IoT, indicadores y beneficios tangibles.

En esta sección se evalúa y se realiza mediciones del rendimiento de la red IPv6 con IoT, se levantan indicadores como los tiempos de respuestas de ping entre dispositivos de la red y elementos IoT y se determina los beneficios al implementar este tipo de redes IPv6 con IoT.

Como se observa en la gráfica 106 se realizan varias pruebas de ping con protocolo ICMPv6 y los tiempos de respuesta son de 0 segundos, al ser una simulación esto dependerá del procesamiento del computador donde se ejecutan las tareas.

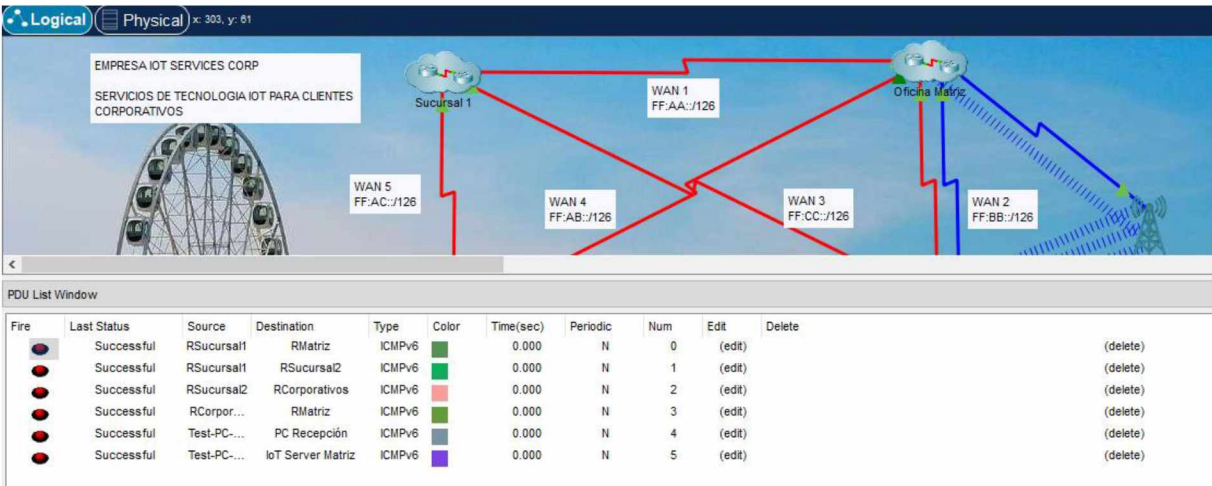


Figura 106 Tiempos de respuesta en redes IPv6

En las figuras 107 y 108 se observan los test de ping ICMPv6 entre dispositivos IoT, el cual arroja un tiempo de respuesta de 0 segundos.

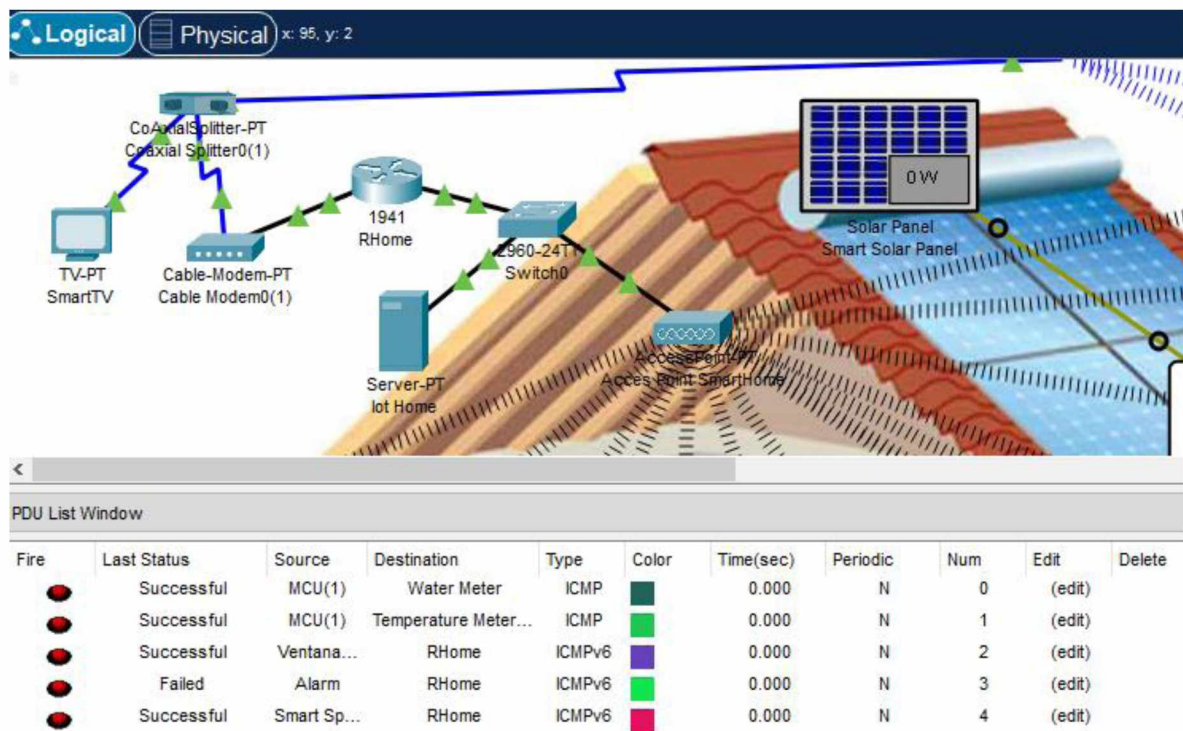


Figura 107 Tiempos de respuesta entre dispositivos IoT

Create Complex PDU

Source Settings

Source Device: Ventana_Home

Outgoing Port: Wireless0 ☒ Auto Select Port

PDU Settings

Select Application: PING

Destination IP Address: 2004:AB::100

TTL: 255

TOS: 0

Sequence Number: 0

Size: 0

Simulation Settings

☒ One Shot Time: 0 Seconds

☐ Periodic Interval: Seconds

Apply Changes

Figura 108 Creación de PDUs

Otros datos tangibles y medibles son las configuraciones de las interfaces de los routers, donde se determinarán los tiempos de respuesta ICMP, y los tiempos de vida de los paquetes que pasarán por la interfaz.

A continuación, se agrega la configuración del Serial 0/0/0 del Router Matriz. Donde se observa que el protocolo IPv6 está habilitado, la configuración IPv6. MTU en 1500 bytes, error de mensajes ICMP de 100 ms, tiempos de respuesta de paquetes no alcanzables de 30000 ms,

Serial0/0/0 is up, line protocol is up

IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1

No Virtual link-local address(es):

Global unicast address(es):

FF:AA::2, subnet is FF:AA::/126

Joined group address(es):

FF02::1

FF02::2

FF02::5

FF02::1:FF00:1

FF02::1:FF00:2

MTU is 1500 bytes

ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds

ICMP redirects are enabled

ICMP unreachable are sent

ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1

ND reachable time is 30000 milliseconds

ND advertised reachable time is 0 (unspecified)

ND advertised retransmit interval is 0 (unspecified)

ND router advertisements are sent every 200 seconds

ND router advertisements live for 1800 seconds

ND advertised default router preference is Medium

Hosts use stateless autoconfig for addresses.

Tabla 10 Medidas tangibles en configuración de interface serial Router Matriz

Interface	Serial 0/0/0 Router Matriz
IPV6	Enable
Llink-local address	FE80::1
Global unicast address(es):	FF:AA::2
subnet	FF:AA::/126
MTU	1500 bytes
ICMP error messages limited to one every	100 milliseconds
ND reachable time is	30000 milliseconds
ND router advertisements are sent every	200 seconds
ND router advertisements live for	1800 seconds

5 Conclusiones

Las conclusiones de este proyecto de investigación son las siguientes:

- Se realizó la simulación de una red IPv6 con IoT para fomentar la investigación y la innovación, y establecer conexiones con la industria. Para este fin se utilizó software de simulación CISCO Packet Tracer.
- Se realizó el diseño en simulación de una infraestructura tecnológica adecuada, que incluya hardware y software para configurar y gestionar la red IPv6 y los dispositivos IoT. Utilizando CISCO Packet Tracer se realiza la configuración de 4 clústers interconectadas mediante enlaces WAN entre router, con enrutamiento OSPFv3 y alta redundancia.
- Se exploró aplicaciones de IoT en una variedad de campos, como salud, agricultura, industria y transporte, para demostrar la versatilidad de esta tecnología. Para esto se simula varios clientes IoT como Smart Farm, Smart Traffic, Smart Home, Smart Parking con CISCO Packet Tracer, utilizando varios tipos de elementos IoT que abarca un estudio amplio en este campo.
- Se evaluó y se midió el impacto de la implementación de la red IPv6 con IoT en la universidad y en la comunidad local, incluyendo indicadores de éxito y beneficios tangibles. Se realiza un entregable al laboratorio de electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, con el diseño de la simulación en formato pkt, para posteriores usos en prácticas con estudiantes de la carrera. También se hace la entrega del instalador del software CISCO Packet Tracer para realizar las pruebas de la simulación. Dentro de las mediciones realizadas de la simulación se obtienen rendimientos óptimos con 0 segundos de retardos en test de ping entre dispositivos configurados con IPv6.

6 Recomendaciones

Se tiene las siguientes recomendaciones en este proyecto de simulación:

- Se recomienda utilizar OSPFv3 para el enrutamiento de la red, sin embargo, CISCO Packet Tracer también trabaja con un buen performance con protocolos de enrutamiento EIGRP.
- Se recomienda el uso de Cisco Packet Tracer por su facilidad para el desarrollo y creación de diferentes redes aplicadas a IoT sin embargo es de mucha utilidad también, la herramienta GNS3 para el desarrollo de redes más realistas.
- Se recomienda aplicar los conocimientos en IoT generando diferentes usos en aplicaciones Smart ya sea para ciudades inteligentes y hacer simulaciones previo a implementaciones reales. Con la finalidad de prevenir cambios en la red. Siempre las simulaciones permiten evaluar antes de una implementación real.
- Se recomienda generar redes duales stack que también abarquen IPV4 para redes locales.
- Se recomienda probar el PKT entregable en este proyecto con laptop de última generación ya que genera muchos recursos de CPU y memoria, con la finalidad de evitar colapsos del programa o bugs no conocidos.

7 Bibliografía

- aws.amazon.com. (2024). *¿Qué es IoT? - Explicación del Internet de las cosas - AWS*.
<https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/>
- Community.cisco.com. (2024). *Direccionamiento IPv6 - Bases y Fundamentos - Cisco Community*.
<https://community.cisco.com/t5/blogs-routing-y-switching/direccionamiento-ipv6-bases-y-fundamentos/ba-p/3103703>
- ilabora.com/. (2024). *La Importancia del Protocolo IPv6 | iLabora Formación*.
<https://ilabora.com/la-importancia-del-protocolo-ipv6/>
- Learningnetwork.cisco.com. (2024). *Cisco Packet Tracer: Software de Simulación para Redes*.
<https://learningnetwork.cisco.com/s/article/el-software-de-simulacion-cisco-packet-tracer>
- learningnetwork.cisco.com. (2024). *Plan de direccionamiento IPv6 - Parte 1*.
<https://learningnetwork.cisco.com/s/article/plan-de-direccionamiento-ipv6-parte-1>
- trakaid.com. (2024). *How IoT Devices Are Making Home Automation And Connected Living A Reality In 2020 - Trakaid*. <https://www.trakaid.com/how-iot-devices-are-making-home-automation-and-connected-living-a-reality-in-2020/>
- xataka.com. (2024). *IPv6: qué es, para qué sirve y qué ventajas tiene*.
<https://www.xataka.com/basics/ipv6-que-sirve-que-ventajas-tiene>

8 Anexos

8.1 Configuraciones de Routers

RSucursal1#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1327 bytes

!

version 15.1

no service timestamps log datetime msec

no service timestamps debug datetime msec

no service password-encryption

!

hostname RSucursal1

!

no ip cef

ipv6 unicast-routing

!

no ipv6 cef

!

license udi pid CISCO1941/K9 sn FTX1524XPX-

!

spanning-tree mode pvst

!

interface GigabitEthernet0/0

no ip address

duplex auto

speed auto

ipv6 address FE80::1 link-local

ipv6 address 2001:A::1/64

ipv6 ospf 1 area 0

!

interface GigabitEthernet0/1

```
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:AA::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:CC::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:AC::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:A2::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Vlan1
```

```
no ip address
shutdown
!
ipv6 router ospf 1
router-id 1.1.1.1
log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login
!
End
```

RMatriz#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1706 bytes

```
!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RMatriz
!
enable secret 5 $1$mERr$R8OBtd7iZ/WjelgeGaOn5.
!
```

```

no ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO1941/K9 sn FTX1524L4DU-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address 2003:AB::1/64
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/1
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address 2004:AB::1/64
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/0/0
  no ip address
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address FF:AA::2/126
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/0/1
  no ip address
  ipv6 address FE80::1 link-local

```

```
ipv6 address FF:BB::1/126
```

```
ipv6 ospf 1 area 0
```

```
clock rate 2000000
```

```
!
```

```
interface Serial0/1/0
```

```
no ip address
```

```
ipv6 address FE80::1 link-local
```

```
ipv6 address FF:AB::1/126
```

```
ipv6 ospf 1 area 0
```

```
clock rate 2000000
```

```
!
```

```
interface Serial0/1/1
```

```
no ip address
```

```
ipv6 address FE80::1 link-local
```

```
ipv6 address FF:A1::1/126
```

```
ipv6 ospf 1 area 0
```

```
clock rate 2000000
```

```
!
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
!
```

```
router rip
```

```
!
```

```
ipv6 router ospf 1
```

```
router-id 2.2.2.2
```

```
log-adjacency-changes
```

```
!
```

```
ip classless
```

```
!
```

```
ip flow-export version 9
```

```
!
```

```
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS  
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
```

```
!  
line con 0  
  password 7 0835495D000A4B45425958  
  login  
!  
line aux 0  
!  
line vty 0 4  
  password 7 0835495D000A4B45425958  
  login  
line vty 5 15  
  password 7 0835495D000A4B45425958  
  login  
!  
End
```

RSucursal2#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1605 bytes

```
!  
version 15.1  
no service timestamps log datetime msec  
no service timestamps debug datetime msec  
service password-encryption  
!  
hostname RSucursal2  
!  
enable secret 5 $1$mERr$R8OBtd7iZ/WjelgeGaOn5.  
!  
no ip cef  
ipv6 unicast-routing  
!
```

```

no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO1941/K9 sn FTX15248YF3-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address 2001:AB::1/64
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:AB::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/0/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:AC::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/1/0
no ip address

```

```

ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:CB::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:A3::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
ipv6 router ospf 1
router-id 8.8.8.8
log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
!
line con 0
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
line aux 0
!
line vty 0 4

```



```
password 7 0835495D000A4B45425958
login
line vty 5 15
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
end
```

RCorporativos#show running-config

Building configuration...

```
Current configuration : 1551 bytes
!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RCorporativos
!
no ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO1941/K9 sn FTX1524H1H4-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
```

```

ipv6 address 2002:B::1/64
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/0/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:BB::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/0/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:CC::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/1/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:CB::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/1/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:B1::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!

```

```

interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
router rip
!
ipv6 router ospf 1
  router-id 3.3.3.3
  log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
!
line con 0
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login
!
line aux 0
!
line vty 0 4
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login
line vty 5 15
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login
!
End

```

RClientesCorp#show running-config

Building configuration...

```
Current configuration : 1754 bytes
!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RClientesCorp
!
enable secret 5 $1$mERr$R8OBtd7iZ/WjelgeGaOn5.
!
no ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO2911/K9 sn FTX1524E474-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
```

```
interface GigabitEthernet0/2
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/0/0
no ip address
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/1/0
no ip address
shutdown
!
interface Serial0/2/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:B2::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:B3::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
!
interface Serial0/3/0
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:B4::1/126
ipv6 ospf 1 area 0
clock rate 2000000
```

```

!
interface Serial0/3/1
  no ip address
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address FF:B1::2/126
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
ipv6 router ospf 1
  router-id 4.4.4.4
  log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
!
line con 0
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login
!
line aux 0
!
line vty 0 4
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login
line vty 5 15
  password 7 0835495D000A4B45425958
  login

```

!
end

RSmartFarm#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1425 bytes

!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RSmartFarm
!
enable secret 5 \$1\$mERr\$R8OBtd7iZ/WjelgeGaOn5.
!
no ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO2911/K9 sn FTX1524T79L-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address 2006:C::1/64
ipv6 ospf 1 area 0
!

```
interface GigabitEthernet0/1
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface GigabitEthernet0/2
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface Serial0/2/0
  no ip address
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address FF:B2::2/126
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/2/1
  no ip address
  clock rate 2000000
!
interface GigabitEthernet0/3/0
  no ip address
  ipv6 ospf 1 area 0
  shutdown
!
interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
ipv6 router ospf 1
  router-id 5.5.5.5
```



```
log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
!
line con 0
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
line aux 0
!
line vty 0 4
password 7 0835495D000A4B45425958
login
line vty 5 15
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
End
```

RSmartTraffic#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1104 bytes

```
!  
version 15.1  
no service timestamps log datetime msec  
no service timestamps debug datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname RSmartTraffic  
!  
no ip cef  
ipv6 unicast-routing  
!  
no ipv6 cef  
!  
!  
license udi pid CISCO2911/K9 sn FTX15245ZC0-  
!  
spanning-tree mode pvst  
!  
interface GigabitEthernet0/0  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
ipv6 address FE80::1 link-local  
ipv6 address 2007:A::1/64  
ipv6 ospf 1 area 0  
!  
interface GigabitEthernet0/1  
no ip address
```

```
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface GigabitEthernet0/2
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/2/0
no ip address
clock rate 2000000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address FF:B3::2/126
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/3/0
no ip address
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
router rip
!
ipv6 router ospf 1
router-id 6.6.6.6
log-adjacency-changes
!
```

```
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
  login
!
end
```

RSmartParking#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1091 bytes

```
!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
no service password-encryption
!
hostname RSmartParking
!
no ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO2911/K9 sn FTX15242K5Z-
!
```

```
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address 2008:B::1/64
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/1
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface GigabitEthernet0/2
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  shutdown
!
interface Serial0/2/0
  no ip address
  ipv6 address FE80::1 link-local
  ipv6 address FF:B4::2/126
  ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Serial0/2/1
  no ip address
  clock rate 2000000
!
interface GigabitEthernet0/3/0
  no ip address
```

```
shutdown
!
interface Vlan1
  no ip address
  shutdown
!
ipv6 router ospf 1
  router-id 7.7.7.7
  log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
  login
!
End
```

RHome#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 1154 bytes

```
!
version 15.1
no service timestamps log datetime msec
no service timestamps debug datetime msec
service password-encryption
!
hostname RHome
```

```

!
enable secret 5 $1$mERr$R8OBtd7iZ/WjelgeGaOn5.
!
ip cef
ipv6 unicast-routing
!
no ipv6 cef
!
license udi pid CISCO1941/K9 sn FTX1524IF28-
!
spanning-tree mode pvst
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address 2004:AB::100/64
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address 2004:AA::1/64
ipv6 ospf 1 area 0
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
ipv6 router ospf 1
router-id 9.9.9.3

```

```
log-adjacency-changes
!
ip classless
!
ip flow-export version 9
!
banner motd ^CDISENO Y SIMULACION DE UNA RED ARQUITECTONICA IPV6 DE DOS
SUCURSALES UTILIZANDO IOT. Autores: Diego Espinoza y Joel Bonilla^C
!
line con 0
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
line aux 0
!
line vty 0 4
password 7 0835495D000A4B45425958
login
line vty 5 15
password 7 0835495D000A4B45425958
login
!
end
```