

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN LA EMPRESA  
ROGER SPORT**

**AUTOR:  
DARWIN JAVIER BAHAMONDE CHICAIZA**

**TUTOR:  
JHONNY JAVIER BARRERA JARAMILLO**

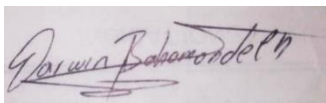
**Quito, agosto del 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Darwin Javier Bahamonde Chicaiza con documento de identificación N° 1724161615, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Trabajo de Titulación intitulado: “DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN LA EMPRESA ROGER SPORT”, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Darwin Javier Bahamonde Chicaiza


C.I.: 1724161615

Quito, agosto de 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE LA RED INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN LA EMPRESA ROGER SPORT”, realizado por Darwin Javier Bahamonde Chicaiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto de 2020



.....

Jhonny Javier Barrera Jaramillo

C.I.: 1400378475

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme guiado mi camino en cada paso que he dado.

Agradezco a esa persona muy especial quien me dio la vida, a mi madrecita linda por todo el cariño y el amor que me dio para poder seguir siempre adelante, por ese apoyo incondicional, por darme ánimo cuando necesite, por todo ese sacrificio que hizo para poder culminar mis estudios, por todas sus enseñanzas y toda la confianza que siempre tuvo en mí.

Agradezco a mi padre, mis hermanos, toda mi familia quien supieron apoyarme en momentos complicados.

A una buena amiga S.Ch. por compartir los mejores momentos en mi carrera universitaria y todo el apoyo brindado.

A la Universidad Politécnica Salesiana y sus profesores por haber guiado mi formación profesional.

Agradezco al Ingeniero Jhonny Barrera por su comprensión y toda la ayuda prestada durante el desarrollo y culminación del proyecto.

**Darwin.**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto dedico al amor que me dieron mis padres y mis hermanos por estar siempre a mi lado. Ustedes siempre han sido mi apoyo y me han permitido llegar lejos guiando mi camino.

**Darwin.**

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO I ANTECEDENTES.....   | 1  |
| 1.1. Planteamiento del Problema .....  | 1  |
| 1.2. Justificación .....   | 1  |
| 1.3. Objetivos.....  | 2  |
| 1.3.1. Objetivo General .....  | 2  |
| 1.3.2. Objetivo Específicos.....   | 2  |
| 1.4. Marco Conceptual.....   | 2  |
| 1.4.1. Internet de las Cosas.....  | 2  |
| 1.4.2. Evolución de Internet de las Cosas.....   | 3  |
| 1.4.3. La Arquitectura de tres capas .....   | 4  |
| 1.4.4. Transformación de las empresas en empresas conectadas .....                       | 4  |
| 1.4.5. Aplicaciones compatibles en la Industria Inteligente con Internet<br>de las Cosas | 5  |
| 1.5. Estructura de una red IoT WF.....   | 6  |
| 2. CAPÍTULO II .....   | 8  |
| 2.1. Información General .....   | 8  |
| 2.1.1. Distribución del edificio y su área.....  | 8  |
| 2.2. Descripción de la red actual.....   | 10 |
| 2.2.1. Direccionamiento .....  | 11 |
| 2.3. Problemas detectados.....   | 12 |
| 3. CAPÍTULO III.....   | 13 |
| 3.1. Generalidades.....  | 13 |
| 3.2. Red Física .....  | 13 |
| 3.2.1. Red Corporativa.....  | 13 |
| 3.2.2. Cableado Estructurado.....  | 14 |
| 3.2.3. Enlace de fibra óptica .....  | 15 |
| 3.2.4. Cuarto de Comunicación .....  | 15 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.2.5. | Red Inalámbrica IoT Wi-Fi .....                           | 16 |
| 3.2.6. | Ubicación de los elementos IoT .....                      | 17 |
| 3.2.7. | Topología Física de la red .....                          | 18 |
| 3.3.   | Diseño Lógico.....  | 20 |
| 3.3.1. | Enlace WAN o Internet .....                               | 20 |
| 3.3.2. | Enlaces LAN .....   | 20 |
| 3.3.3. | Topología Lógica.....                                     | 20 |
| 3.4.   | Direccionamiento de red.....                              | 21 |
| 3.4.1. | Direccionamiento para elementos IoT.....                  | 22 |
| 3.5.   | Diseño de la red WLAN .....                               | 22 |
| 3.5.1. | Toma de Datos.....  | 22 |
| 3.5.2. | Estándar WI-FI y Ancho de Banda .....                     | 22 |
| 3.5.3. | Número de usuarios.....                                   | 22 |
| 3.5.4. | Mapas de calor.....                                       | 22 |
| 3.6.   | Comparación y selección de los equipos .....              | 23 |
| 3.6.1. | Selección de equipos .....                                | 23 |
| 3.7.   | Análisis de costos para la implantación del proyecto..... | 25 |
| 3.7.1. | Costos de Implementación .....                            | 25 |
| 3.7.2. | Evaluación del proyecto .....                             | 26 |
| 4.     | CAPÍTULO IV.....  | 28 |
| 4.1.   | Simulación de la Red IoT .....                            | 28 |
| 4.2.   | Simulación de la Red LAN y WLAN.....                      | 29 |
|        | Características de la Red IoT .....                       | 29 |
| 4.2.1. | Conexiones físicas de la red corporativa.....             | 29 |
| 4.2.2. | Configuraciones de la red corporativa.....                | 29 |
| 4.2.3. | Configuración de los elementos IoT WI-FI.....             | 30 |
| 4.2.4. | Implementación Final .....                                | 33 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.3.   | Simulación de Opnet.....                                     | 35 |
| 4.3.1. | Red Actual de la empresa .....                               | 35 |
| 4.3.2. | Red Corporativa Diseñada.....                                | 35 |
| 4.4.   | Simulación de nube IoT .....                                 | 37 |
|        | Selección y preparación de la Plataforma Home Assistant..... | 37 |
| 4.4.1. | Interfaz de Usuario .....                                    | 37 |
| 4.4.2. | Implementación de comunicación de Home Assistant.....        | 38 |
| 4.4.3. | Configuración de Sensores .....                              | 38 |
| 4.5.   | Pruebas realizadas.....                                      | 41 |
| 4.5.1. | Fase de Operación en el Programa Packet Tracer.....          | 42 |
| 4.5.2. | Fase de operación en el software Opnet .....                 | 46 |
| 4.5.3. | Fase de Operación en la Plataforma Home Assistant.....       | 50 |
| 5.     | CONCLUSIONES .....   | 53 |
| 6.     | RECOMENDACIONES .....  | 54 |
| 7.     | BIBLIOGRAFÍA.....  | 55 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Iot visto como red de redes.....                                 | 3  |
| Figura 1.2 Edificio Inteligente IoT. (Núñez, 2018) .....                    | 5  |
| Figura 1.3 Industria 4.0.....   | 6  |
| Figura 1.4 Estructura de IoT WF. (Cisco, 2014).....                         | 6  |
| Figura 2.1 Red física actual.....   | 11 |
| Figura 3.1 Modelo de la red corporativa.....                                | 13 |
| Figura 3.2 Diagrama vertical de todos los pisos de la empresa .....         | 14 |
| Figura 3.3 Diagrama de la Interconexión de Fibra Óptica de los pisos 2 y 4. | 15 |
| Figura 3.4 Cuarto de Comunicaciones.....                                    | 16 |
| Figura 3.5 Red Inalámbrica, Access Point de la Empresa .....                | 17 |
| Figura 3.6 Diagrama de Conexión elementos IoT Wi-Fi.....                    | 17 |
| Figura 3.7 Topología Física de la Red .....                                 | 19 |
| Figura 3.8 Red Lógica.....  | 21 |
| Figura 3.9 Mapas de calor del cuarto piso .....                             | 23 |
| Figura 3.10 Router HPE HSR6800 modelo JG361A.....                           | 24 |
| Figura 4.1 Arquitectura Lógica de la red IoT .....                          | 30 |
| Figura 4.2 Sensor de humo visualización física.....                         | 30 |
| Figura 4.3 Programación de Sensor de Movimiento.....                        | 31 |
| Figura 4.4 Sensor de temperatura visualización física.....                  | 32 |
| Figura 4.5 Programación sensor de temperatura.....                          | 32 |
| Figura 4.6 Sistema de incendio visualización física .....                   | 33 |
| Figura 4.7 Programación sensor de temperatura.....                          | 33 |
| Figura 4.8 Topología Lógica de la red IoT .....                             | 34 |
| Figura 4.9 Red Actual simulada en Opnet .....                               | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.10 Red WLAN simulada en Opnet.....                          | 36 |
| Figura 4.11 Red IoT simulada en Opnet .....                          | 36 |
| Figura 4.12 Pantalla de Inicio Home Assistant.....                   | 37 |
| Figura 4.13 Configuración de los Sensores.....                       | 38 |
| Figura 4.14 Visualización de los sensores en HA.....                 | 39 |
| Figura 4.15 Configuración de los Actuadores.....                     | 39 |
| Figura 4.16 Visualización de los actuadores en HA .....              | 39 |
| Figura 4.17 Configuración de notificaciones vía “ Pushbull”.....     | 40 |
| Figura 4.18 Configuración de un servicio de notify .....             | 41 |
| Figura 4.19 Notificación de Temperatura Alta .....                   | 41 |
| Figura 4.20 Conectividad entre VLAN´S 10 y 40 .....                  | 42 |
| Figura 4.21 Revisión de correo electrónico .....                     | 43 |
| Figura 4.22 Acceso al servidor IoT.....                              | 44 |
| Figura 4.23 Control de Acceso inactivo vs activo .....               | 44 |
| Figura 4.24 Notificación critica recibida en el terminal móvil ..... | 45 |
| Figura 4.25 Sensor de Movimiento inactivo vs activo.....             | 45 |
| Figura 4.26 Notificación critica recibida y servidor IoT.....        | 46 |
| Figura 4.27 Resultado de retardo simulado Opnet.....                 | 47 |
| Figura 4.28 Resultados rendimiento simulado Opnet .....              | 47 |
| Figura 4.29 Resultados Carga simulado Opnet.....                     | 48 |
| Figura 4.30 Resultado de retardo simulado en Opnet .....             | 49 |
| Figura 4.31 Resultados de pérdida de paquetes simulado Opnet.....    | 49 |
| Figura 4.32 Grafica de temperatura y notificación a Pushbullet.....  | 50 |
| Figura 4.33 Pantalla HA integrado los actuadores.....                | 51 |
| Figura 4.34 Pantalla HA activación de actuadores .....               | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.35 Pantalla de Actuadores .....         | 52 |
| Figura 4.36 Mensaje en Celular Inteligente ..... | 52 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1 Áreas de cada sección en el piso 1 .....           | 9  |
| Tabla 2.2 Áreas de cada sección en el piso 2 .....           | 9  |
| Tabla 2.3 Áreas de cada sección en el piso 3 .....           | 9  |
| Tabla 2.4 Áreas de cada sección en el piso 4 .....           | 10 |
| Tabla 2.5 Áreas de cada sección en el piso 5 .....           | 10 |
| Tabla 3.1 Condiciones del Cuarto de Comunicaciones .....     | 16 |
| Tabla 3.2 Cantidad de elementos a integrar .....             | 18 |
| Tabla 3.3 Direccionamiento IPv4 de la red de Datos .....     | 21 |
| Tabla 3.4 Direccionamiento IPv4 de la red de IoT .....       | 22 |
| Tabla 3.5 Comparación de equipos capa 3 .....                | 24 |
| Tabla 3.6 Cantidad de equipos .....                          | 25 |
| Tabla 3.7 Resumen del costo total de la implementación ..... | 26 |
| Tabla 3.8 Resultados del valor presente neto .....           | 26 |
| Tabla 3.9 Resultados de la Tasa Interna de Retorno .....     | 27 |
| Tabla 3.10 Resultados del periodo de recuperación .....      | 27 |
| Tabla 4.1 Características de la red Simulada .....           | 29 |

## **RESUMEN**

El internet de las cosas o IoT, es un concepto que hace referencia a interconexión de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través del Internet sin la intervención humana. Esta realidad hace posible la integración de dispositivos sencillos como sensores en todo tipo de objetos haciendo posible su control y gestión de forma local o remota, la implementación de soluciones IoT en las empresas es cada vez más frecuente ya que ello representa una evolución en sus sistemas actuales, gracias a las notificaciones en tiempo real que emiten los dispositivos que coadyuvan a la toma de decisiones eficiente y oportuna. El presente trabajo de titulación hace referencia al rediseño de la red LAN y WLAN con el fin de integrar dispositivos IoT Wi-Fi, para optimizar la seguridad de los empleados y el desarrollo normal de los procesos de fabricación. Para la implementación de la red WLAN se optó por equipos de la marca Aruba debido a que las características de los equipos evaluados se ajustan a los requerimientos del diseño y por otro lado en los dispositivos IoT Wi-Fi se consideró la marca Dahua ya que su portafolio de productos cubre las necesidades de la empresa en cuanto a sensores de movimiento, detector de incendio, acceso a la empresa y detector de humo, la simulación de la red propuesta se realizará usando dos plataformas como son el simulador Packet Tracer donde se probará el rendimiento de la red IoT y la plataforma Home Assistant, para simular un servidor.

## **ABSTRACT**

The Internet of Things, or IoT, is a concept that refers to the interconnection of physical devices that receive and transfer data through the Internet without human intervention. This reality makes possible the integration of simple devices such as sensors in all kinds of objects, making it possible to control and manage them locally or remotely. The implementation of IoT solutions in companies is more and more frequent since it represents an evolution in their current systems, thanks to real-time notifications issued by devices that contribute to efficient and timely decision-making. This degree work refers to the redesign of the LAN and WLAN networks in order to integrate Wi-Fi IoT devices, to optimize employee security and the normal development of manufacturing processes, for the implementation of the WLAN network, equipment of the Aruba brand was chosen because the characteristics of the equipment evaluated are in accordance with the design requirements and, on the other hand, in IoT Wi-Fi devices, the Dahua brand was considered since its Product portfolio covers the needs of the company in terms of motion sensors, fire detectors, company access and smoke detectors, the simulation of the proposed network will be carried out using two platforms such as the Packet Tracer simulator where the performance of the IoT network and the Home Assistant platform will be tested, to simulate a server.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el diseño de la red IoT con componentes inalámbricos basada en los segmentos LAN y WLAN de la empresa Roger Sport, haciendo énfasis en los principales sistemas de seguridad, iluminación y climatización utilizando sensores de humedad, temperatura, ingreso de empleados y control de incendios. Este proyecto ha sido desarrollado en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el primer capítulo se describe los antecedentes, objetivos, justificación además de los conceptos básicos y un modelo referencial para el desarrollo de una red de Internet de las Cosas.

En el segundo capítulo se hace un análisis de la empresa y se identifican los problemas existentes en la red actual para la integración de una red IoT y los requisitos de la red LAN y WLAN para garantizar una integración eficiente y funcional.

En el tercer capítulo se presenta el rediseño de la red actual de la empresa Roger Sport, incluyendo la topología adoptada, el cableado estructurado y además de un análisis de los costos para una futura implementación y la recuperación de la inversión.

En el cuarto capítulo se presentará la simulación de la red en el software Packet Tracer, software Opnet y en la Plataforma Home Assistant, justificando las configuraciones realizadas y analizando los resultados obtenidos acorde a los requerimientos de la empresa.

La simulación del diseño de la red IoT permite validar la interacción de los elementos IoT Wi-Fi y visualizar el rendimiento de la red, el software Opnet se verá el tráfico de la red, de igual manera la Plataforma Home Assistant permite ver el monitoreo de los sensores en tiempo real, teniendo la visualización de los datos enviados por los sensores y la activación de actuadores mediante una pantalla interactiva.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Roger Sport es una empresa privada que se dedica a la elaboración y comercialización de ropa deportiva. Su oficina matriz y la planta de confección se encuentran ubicadas en la calle Pedro de Andrade y Vinces Oe8-76 en Quito-Ecuador. Los departamentos de la empresa se distribuyen en un edificio de 5 pisos, en los que se ubican las áreas administrativas y de fabricación. Debido al importante crecimiento que ha tenido la empresa, es necesario un rediseño de su red de datos para implementar y centralizar el sistema de seguridad y los servicios generales tales como el control de acceso de los trabajadores, sistemas de temperaturas, sistema detección de incendios, sistemas de control de movimientos entre otros, que actualmente se encuentran dispersos, vulnerables y difíciles de integrar a una red IoT inteligente.

Actualmente, la empresa Roger Sport utiliza tecnologías básicas de conexión y control de indicadores ambientales, lo cual representa un problema para la gerencia ya que no se pueden monitorear las diferentes zonas de la empresa, lo que provoca un entorno inseguro y vulnerable a desastres naturales. El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una red LAN, WLAN y IoT, basado en el análisis de costos de equipos y sensores ambientales para una planta de elaboración de rápida integración, con el fin de implementar una solución de IoT para gestionar y monitorear las señales de dichos sensores.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Debido el crecimiento que ha tenido la empresa Roger Sport, se hace necesaria la renovación de su infraestructura tecnológica con el fin de implementar una red IoT, como un proyecto de innovación tecnológico para la conexión de los sensores de los sistemas de seguridad y ambientales tales como control de accesos, sensores de humo y temperatura, con el fin de optimizar administración y coadyuvar a una rápida toma de decisiones en caso de requerir alguna acción en un área específica.

En el presente proyecto se presenta el diseño de la red IoT en la empresa Roger Sport, orientada en satisfacer las necesidades de logística en cuanto al control y monitoreo de la empresa.



Esta integración permitirá la inclusión de nuevos servicios para llevar a la empresa a un mercado más competitivo, lo que sin duda establecerá estándares para el desarrollo de otros procesos de gestión, producción y la mejora de los procesos existentes basados en el análisis de tráfico en simulaciones. Además, también se analiza el costo del equipo de acuerdo con proyecto.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar la red Internet de las Cosas en la Empresa Roger Sport para que satisfaga las necesidades de logística en las diferentes áreas del taller mediante IoT.

#### **1.3.2. Objetivo Específicos**

- Analizar los requerimientos de la red IoT en la Empresa Roger Sport para la determinación de los aspectos técnicos y empresariales.
- Diseñar la red IoT en la Empresa Roger Sport para la logística de los materiales, equipo y personal.
- Simular el tráfico de la red IoT en la Empresa Roger Sport para la verificación de viabilidad técnica.
- Analizar los costos de la red IoT para una futura implementación en la Empresa Roger Sport.

### **1.4. MARCO CONCEPTUAL**

#### **1.4.1. Internet de las Cosas**

El término Internet de las Cosas es un término utilizado para describir la conectividad de la red se extiende a objetos, sensores y equipos de uso diario de las personas que no son computadoras con la capacidad de conexión como base para el desarrollo de servicios cooperativos y aplicaciones independientes. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015, pág. 5).

Permiten que los elementos puedan intercambiar y consumir datos sin tener mucha intervención humana y se puedan identificar, son muchas aplicaciones que se obtiene datos.

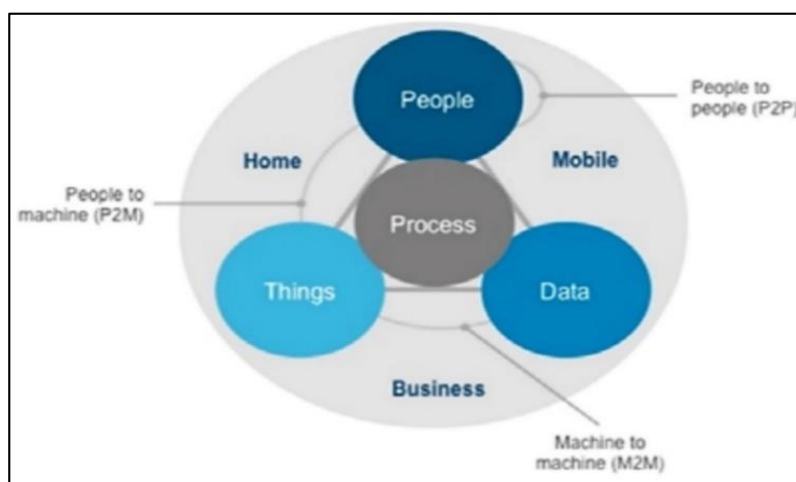
Se tiene un gran avance tecnológico que se ha convertido en un proceso muy importante en el campo de las tecnologías de la Información y Comunicación, se tiene un gran destaque en la telefonía móvil que ha transformado radicalmente la comunicación, la tecnología permite disponer de aplicaciones para la conexión con el Internet, con el tiempo la red ha pasado de Internet de las Personas a la de Internet de las cosas (IoT). (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015, pág. 5).

#### 1.4.2. Evolución de Internet de las Cosas

La evolución del Internet tiene una gran capacidad de procesar los datos que son enviados a partir de los sensores y las redes avanzadas de comunicaciones con procesos de análisis basados en el Big Data, es una gran evolución gracias a los avances tecnológicos que permite otra forma de comunicación de máquina a máquina, esto tiene un gran impacto en la vida de las personas, los negocios y el comercio. (Morales, 2015, pág. 4).

IoT da un nuevo paradigma para las empresas en su proceso de transformación digital va a tener un gran desafío para la innovación, pero también un gran crecimiento y mejora en sus modelos de negocio que proviene de la tecnología y los elementos que permiten conectar a Internet “cualquier cosa”. (Morales, 2015, pág. 5).

Figura 1.1 Iot visto como red de redes.



Referencia: La tecnología IoT es un proceso que permite las interacciones entre personas, datos y cosas. (Morales, 2015, pág. 9)

Se puede ver que en los últimos años unos 4.000 millones de equipos se pueden conectar al Internet según las investigaciones hechas por Cisco. Por otro lado, Intel ha realizado un nuevo estudio en donde manifiesta que la cifra podría alcanzar los 200.000 millones y que para el 2020 habrá aproximadamente 26 objetos inteligentes conectados por humano.

En la actualidad la red IoT está distribuida por diversos tipos de redes diferentes y con distintos fines, como se muestra en la Figura 1.2, según va evolucionando el IoT, estas redes y muchas podrán estar conectadas y tener la capacidad de seguridad, análisis y gestión. (Morales, 2015, pág. 5)

### **1.4.3. La Arquitectura de tres capas**

Las arquitecturas tienen diferentes funciones específicas y disponen sus propios protocolos que son lenguajes de comunicación entre las capas, constan de tres capas que son Percepción, capa Red y capa Aplicación.

- **Capa de Percepción:** es una capa donde se ubican sensores que son los encargados de recoger la información del entorno físico. Aquí se pueden ver los parámetros físicos o se identifican otros elementos inteligentes del entorno.
- **Capa de Red:** se encarga de conectar los elementos a elementos inteligentes, o bien a elementos que se puedan conectar a la red o servidores. Pueden disponer varias herramientas necesarias que permiten transmitir datos entre los elementos.
- **Capa de Aplicación:** es la capa de aplicaciones del usuario permite ver aplicaciones domésticas y logísticas para las empresas, que optimicen los recursos y el tiempo de procesado.

### **1.4.4. Transformación de las empresas en empresas conectadas**

Muchas empresas de mundo se encuentran en pleno desarrollo y tienen un proceso de transformación para formar parte de la nueva ola llamada Industria 4.0. Las industrias 4.0 trabajan recabando datos sobre máquinas y procesos para introducirse en la elaboración automática, la industria 4.0 permite interconectar la maquinaria de la empresa dando lugar a la automatización efectiva y a una empresa más productiva la mismas que plantean valiosas oportunidades para que dichas industrias puedan evolucionar como puede verse en la Figura 1.3, la industria 4.0 la eficiencia de la

industria se lleva de una manera más ordenada, mejorando así la elaboración Las industrias inteligentes tienen varios beneficios como la eficiencia, calidad y productividad, eliminando errores humanos dando una mayor seguridad y garantía del producto. (Núñez, 2018)

Figura 1.2 Edificio Inteligente IoT. (Núñez, 2018)



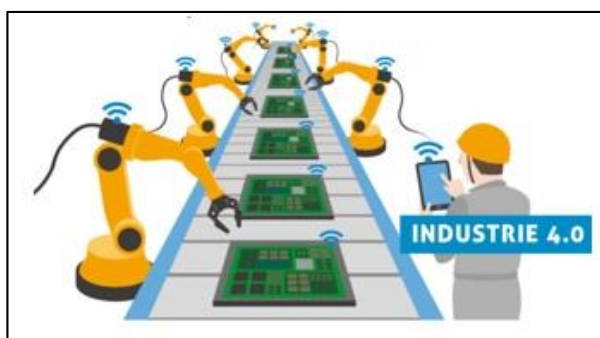
Referencia: La tecnología IoT permite a las empresas llevarlas a una nueva era de automatización digital (Copyright, 2000)

#### 1.4.5. Aplicaciones compatibles en la Industria Inteligente con Internet de las Cosas

Actualmente hay muchos elementos para monitorear elementos IoT, los cuales poseen puertos alámbricos y/o inalámbricos para la conexión a redes LAN, y a partir de ello enlazarse a Internet, lo que permite monitorearlos y gestionarlos de forma remota.

Los elementos IoT presentan muchos aspectos positivos que orientados a brindar seguridad, gestión y control en diversos para coadyuvar al crecimiento de las instalaciones. (Telectronica, 2018)

Figura 1.3 Industria 4.0.

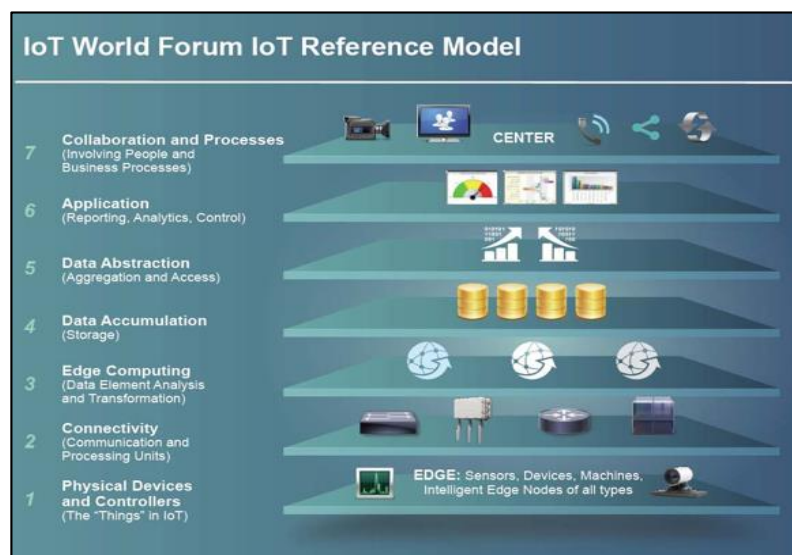


Referencia: La evolución de la industria a la Industria 4.0 (Telectronica, 2018)

#### 1.4.6. ESTRUCTURA DE UNA RED IOT WF

La arquitectura de una red permite que los elementos proporcionen información dependiendo de su utilidad. El modelo de arquitectura IoT World Forum (IoTWF) trabaja con siete capas, cada una tiene sus propias características, para lograr una mayor interacción de datos en la red, también se centra en garantizar una seguridad e integridad se forma sencilla como puede verse en la Figura 1.5. (Cisco, 2014)

Figura 1.4 Estructura de IoT WF. (Cisco, 2014)



Referencia: Modelo de 7 capas plateada por IoT WF. (Cisco, 2014)

#### - Capa 1: Elementos físicos y Controladores

Esta capa, es responsable de gestionar la información general de la red IoT de los elementos finales, que pueden ser sensores o actuadores.

### **- Capa 2: Conectividad**

La capa conectividad se encarga de la comunicación de los elementos IoT y el procesamiento sean realizados por las redes existentes además de un manejo protocolos y seguridades que se incluyen en el paso de la información de la capa 2

### **- Capa 3: Computación de Borde**

La capa de computación de borde permite que la información sea almacenada y procesada, para que el tráfico de la información sea reducido.

### **- Capa 4: Acumulación de Datos**

La capa almacena los datos si son de mayor importancia, esto permite que sea utilizado por capas superiores, los datos pueden se recalculados con otros datos los cuales pueden venir de fuentes que no son IoT.

### **- Capa 5: Abstracción de Datos**

La capa de abstracción de datos es organizada en varios centros virtuales, estos son procesados para proporcionar un acceso rápido a las aplicaciones.

### **- Capa 6: Aplicación**

La capa de aplicación permite controlar y monitorear los datos de las empresas a través de aplicaciones, se puede visualizar los elementos inteligentes.

### **- Capa 7: Aplicación**

La capa de colaboración y procesos permite a los empresarios gestionar los datos correctos que ya han sido filtrados, para que puedan actuar de la mejor manera en el desempeño de la empresa.

## **CAPÍTULO 2**

### **ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL**

En esta fase se analizará la red actual que cuenta la empresa Roger Sport, donde se analizarán los problemas existentes que requieren ser resueltos para incorporar una red IoT.

#### **2.1. INFORMACIÓN GENERAL**

Roger Sport es una empresa privada fundada hace 8 años que se dedica a la fabricación y comercialización de ropa deportiva. La empresa se compone de dos áreas importantes: una administrativa y otra de elaboración que operan de forma distribuida en un edificio de cinco pisos. La empresa dispone de una red LAN básica con los servicios de red tradicional como correo electrónico, navegación en internet, etc., que son utilizadas para el área administrativa que es en donde se disponen la mayoría de los puntos de red.

La empresa Roger Sport tiene más de ocho años de presencia en el mercado y su línea de negocio está orientada a la fabricación masiva y comercialización de ropa deportiva de alta calidad. En los últimos años, el nivel de ventas en la empresa se ha incrementado considerablemente, razón por la cual se ha visto obligada a ampliar su red para implementar un sistema de comunicación que permita gestionar la información recolectada de las diferentes áreas de una forma más eficiente.

##### **2.1.1. Distribución del edificio y su área**

Como se mencionó, la empresa posee una vasta infraestructura física en un edificio de 5 pisos con una dimensión aproximada de 313,5 m<sup>2</sup>, en los que se distribuyen las diferentes áreas. En el primer piso se ubica la planta principal de la empresa y está compuesto por cinco secciones: administración, el área de diseño, doblaje, etiquetado y contabilidad. En la Tabla 2.1, se puede apreciar la cantidad de personal que labora en el piso.

Tabla 2.1 Áreas de cada sección en el piso 1.

| DPTO. | ÁREA(m2) | NOMBRE DEPTO.        | EMPLEADOS |
|-------|----------|----------------------|-----------|
| A     | 64,20    | Administración       | 4         |
| B     | 64,20    | Diseñador            | 1         |
| C     | 77,40    | Doblado y Etiquetado | 2         |
| D     | 87,60    | Contabilidad         | 1         |
| E     | 20,10    | Pasadizo             | 0         |

Realizado por: Darwin Bahamonde

El segundo piso se dispone para el almacenamiento de los productos ya terminados. Este piso no tiene ninguna división ya que se usa para clasificar y almacenar los diferentes modelos. La cantidad de personal de esta área, se puede ver en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Áreas de cada sección en el piso 2

| DPTO. | ÁREA (m2) | NOMBRE DEPTO.               | EMPLEADOS |
|-------|-----------|-----------------------------|-----------|
| A     | 313,50    | Almacenamiento del producto | 2         |

Realizado por: Darwin Bahamonde

El tercer piso se usa para el almacenamiento de los rollos de tela, de rid, insumos, además de la mesa de completado del corte, y está dividido en cuatro secciones con las dimensiones que se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Áreas de cada sección en el piso 3

| DPTO. | ÁREA (m2) | NOMBRE DEPTO.            |
|-------|-----------|--------------------------|
| A     | 60,20     | Rollos de rid            |
| B     | 107,50    | Rollos de tela           |
| C     | 115,60    | Mesa completado de corte |
| D     | 30,20     | Pasadizo                 |

Realizado por: Darwin Bahamonde



El cuarto piso está asignado para el trazado y cortado de la tela, así como para el almacenamiento de los cortes. en la Tabla 2.4, se aprecian las secciones, con la cantidad de personal y las dimensiones de cada área.

Tabla 2.4 Áreas de cada sección en el piso 4

| <b>DPTO.</b> | <b>ÁREA (m2)</b> | <b>NOMBRE DEPTO.</b> | <b>EMPLEADOS</b> |
|--------------|------------------|----------------------|------------------|
| <b>A</b>     | 34,20            | Cortes               | 1                |
| <b>B</b>     | 34,20            | Cortes               | 1                |
| <b>C</b>     | 97,40            | Mesa de Cortado      | 2                |
| <b>D</b>     | 97,50            | Bodega               | 1                |
| <b>F</b>     | 20,10            | Baño                 |                  |

Realizado por: Darwin Bahamonde

El quinto piso se encuentran las máquinas de la empresa por lo que no tiene divisiones. En la Tabla 2.5, se aprecia la cantidad de personal que desempeña en el piso.

Tabla 2.5 Áreas de cada sección en el piso 5

| <b>DPTO.</b> | <b>ÁREA (m2)</b> | <b>NOMBRE DEPTO.</b>     | <b>EMPLEADOS</b> |
|--------------|------------------|--------------------------|------------------|
| <b>A</b>     | 313,50           | Maquinaria de la Fabrica | 4                |

Realizado por: Darwin Bahamonde

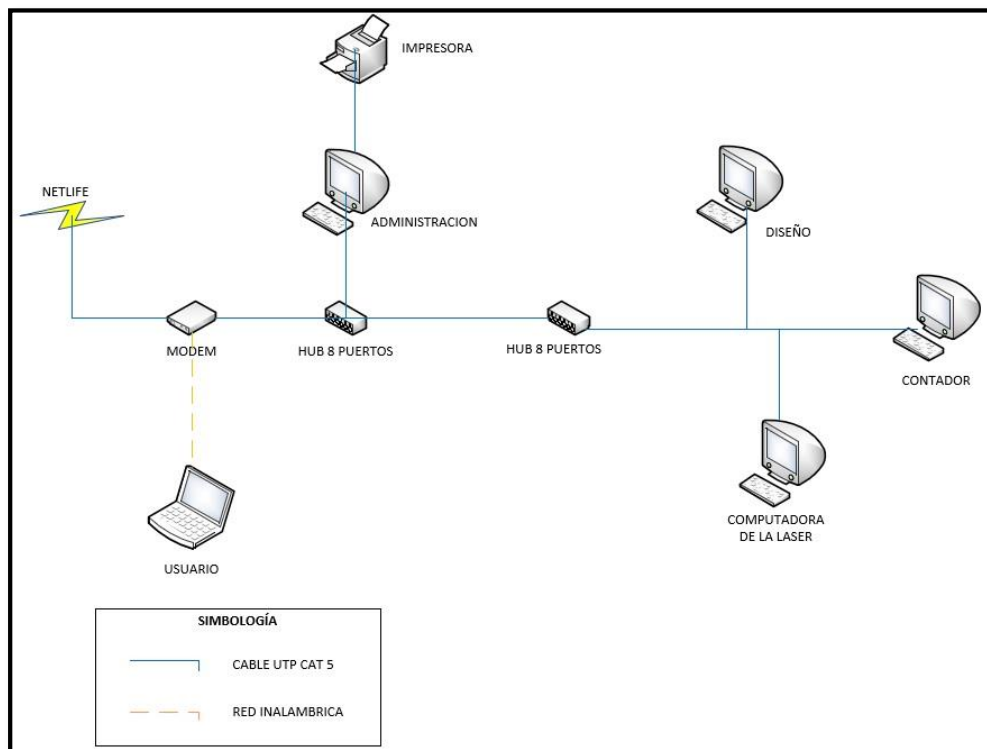
## **2.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL**

Roger Sport cuenta con una red LAN incompleta y muy limitada, que se centra principalmente en compartir el recurso de internet inalámbrico solo para el área administrativa. La empresa tiene contratado el servicio de Internet con el proveedor Netlife.

El cableado existente no fue implementado bajo ninguno de los estándares conocidos por lo que no cuenta con las garantías de conexión ni protección que debe tener este componente.

La red actual cuenta con dos hubs antiguos de 8 puertos cada uno, mismos que proveen una velocidad de apenas 10mbps, los cuales permiten unir el área administrativa con otras áreas que necesitan conexión a internet.

Figura 2.1 Red física actual



Realizado por: Darwin Bahamonde

Como se puede apreciar, la red actual de la empresa es muy básica y no es apta para incorporar elementos IoT WI-FI, haciendo necesario un rediseño completo de la red. La red actual de la empresa no cuenta con un nodo central que permita distribuir los enlaces hacia las diferentes pc's conectadas de las áreas.

La interconexión interna de los elementos de la red se realiza a través de cables UTP de categoría 5, pero algunas conexiones no están implementadas bajo ninguna norma del cableado estructurados.

### 2.2.1. Direccionamiento

La dirección IP que se asigna a los elementos de la red se realiza de forma estática, por lo que se necesita un configurar un servidor DHCP para que asigne de forma automática las direcciones IP a los elementos de la red.

### **2.3. PROBLEMAS DETECTADOS**

Roger Sport está evolucionando para tener una mejor competencia en el mercado, por lo que necesita de una estructura de red más robusta y escalable que brinde disponibilidad, confiabilidad, y sea segura para permitir la integración de elementos IoT Wi Fi. Los problemas relacionados con los proyectos son los siguientes:

- La empresa requiere de un diseño basado en capas acorde a los requisitos de cada área. Se deben priorizar puntos de red para el acceso ya sea a pc's o elementos IoT Wi-Fi.
- Dado que el cableado estructurado no está desarrollado bajo el estándar ANSI/EIA-TIA, es necesario realizar un nuevo tendido observando las recomendaciones del estándar en su totalidad.
- Es necesario incorporar equipos de conmutación de capa 2 y capa 3, para realizar las funciones de segmentación y enrutamiento para optimizar el intercambio de datos de la red de un área a otra.
- La asignación de direcciones IP a los dispositivos de red se realizan de forma estática, lo cual genera problemas en su administración, haciendo necesaria la incorporación de un servidor DHCP.
- Para centralizar los servicios de la empresa, es necesario definir un cuarto de comunicación principal para gestionar los servidores de la red propuesta con sus componentes.
- En cuanto al segmento IoT, la empresa no cuenta con elementos de protección y control como detectores de humo, sensor de movimiento, control de acceso a la empresa, detector de incendio, control de temperatura, etc., además de actuadores como iluminación, alarmas, aspersores y cámaras de vigilancia que permita satisfacer las necesidades logísticas de la empresa.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LA RED IoT DE LA PROPUESTA

En esta fase se plantea el diseño físico y lógico de la red LAN y WLAN, a partir de las necesidades técnicas descritas en el capítulo anterior y después se complementa con el segmento de red IoT para los sensores ambientales.

#### 3.1. GENERALIDADES

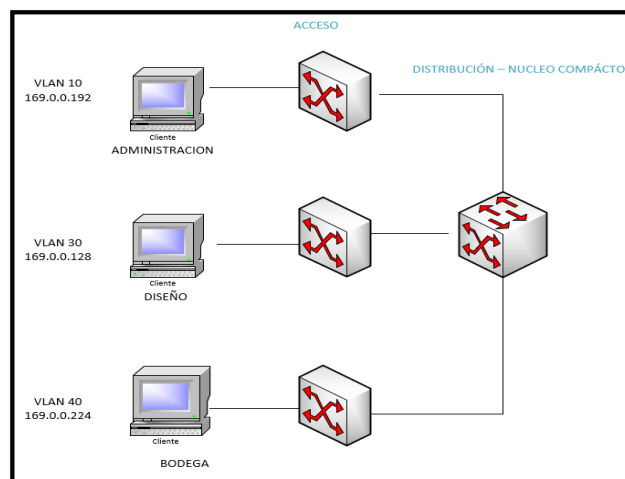
Para el diseño de la red en la empresa Roger Sport se utilizó la arquitectura de una Red Corporativa basada en el modelo de red de Cisco debido a la facilidad de despliegue que ofrece esta estrategia.

#### 3.2. RED FÍSICA

##### 3.2.1. Red Corporativa

La Red Corporativa es un modelo de Cisco que ofrece una visión de red simplificada basada en dos capas, una es la capa de acceso y la capa de Distribución-Núcleo como puede verse en la Figura 3.1, la red puede ser escalable, redundante, segura y da una facilidad de administración.

Figura 3.1 Modelo de la red corporativa



Realizado por: Darwin Bahamonde

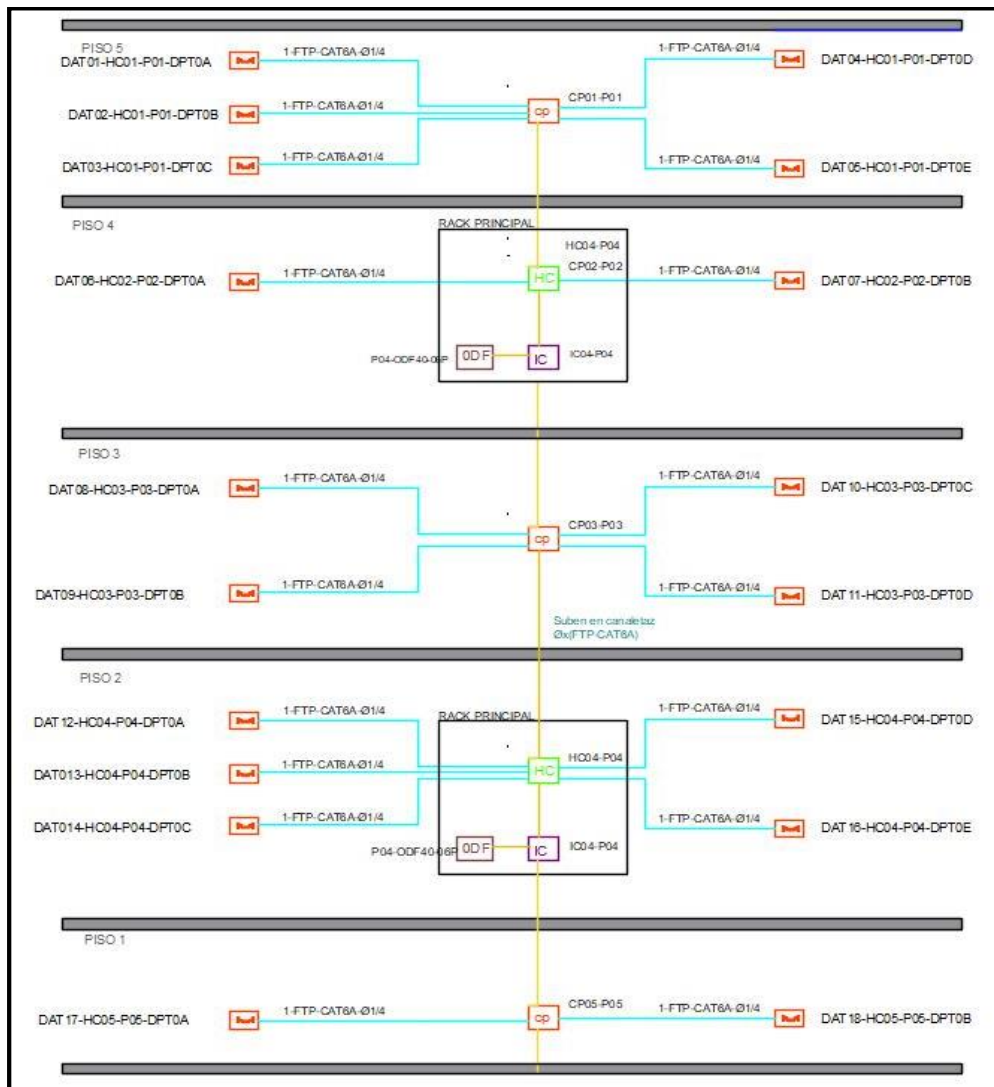
Dentro de la red corporativa da la posibilidad de incorporar elementos IoT Wi-Fi que se pueden controlar desde la red a través de plataformas virtuales IoT.

La red diseñada permitirá conectar de forma redundante la capa de núcleo-distribución con los elementos de acceso de tal forma que no existan fallos en el cableado, constituyendo una base idónea para incorporar una red IoT.

### 3.2.2. Cableado Estructurado

El diseño del cableado estructurado debe ser escalable y adaptable al crecimiento de la empresa por lo que se regirá bajo los estándares TIA/EIA-568a y TIA/EIA-568b definidos para el cableado edificios comerciales. Se ha optado por el cable U/FTP CAT6A, mismo que soporta un ancho de banda de 250MHz por par lo que hace ideal para integrar los Access Point. En cada piso se dispondrá un Intermediate Distribution Facility (IDF) para las conexiones del cableado horizontal, estos estarán conectados mediante fibra óptica mono modo, con el Rack principal o Main Distribution Facility (MDF) En la Figura 3.2 se muestra un diagrama de todos los pisos de la empresa, donde se indican los puntos de consolidación (CP), y los puntos de datos que salen de los pisos 1,3,5, que estarán interconectados con una conexión cruzada horizontal (HC), en los pisos 2 y 4 se instalarán Rack, Switch y distribuidores de Fibra Óptica.

Figura 3.2 Diagrama vertical de todos los pisos de la empresa



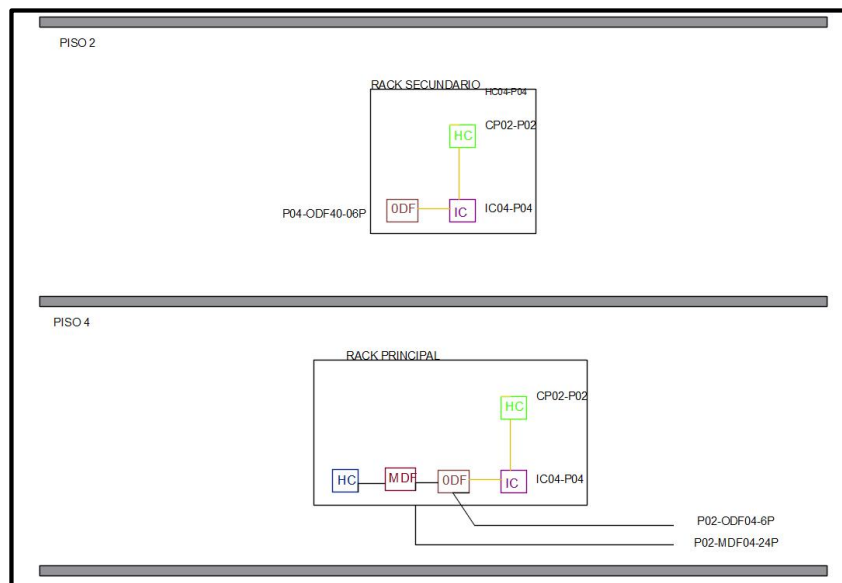
Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.2.3. Enlace de fibra óptica

Para el despliegue de la fibra óptica, se instalará una canaleta tipo escalerilla de metal desde el rack correspondiente de cada piso.

Los racks de cada piso tendrán conexión horizontal cruzada (HC) que estarán conectadas a conexiones cruzadas intermedia (IC). La Figura 3.3 muestra el diagrama de interconexión de fibra óptica donde se conectan los racks de los pisos 2 y 4 a través de un servicio de distribución principal (MDF), se utiliza el Cable Monotubo Dieléctrico de 12 fibras, con un revestimiento externo LSZH (bajo nivel de humo y cero halógeno), el rango máximo de transmisión es de 4000 metros y admite un ancho de banda de 1500 MHz / Km con una longitud de onda de  $\lambda = 850 \text{ nm}$ , las características técnicas del cable se puede ver en el Anexo 3.

Figura 3.3 Diagrama de la Interconexión de Fibra Óptica de los pisos 2 y 4.



Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.2.4. Cuarto de Comunicación

Se ha asignado un cuarto para la ubicación de los equipos MDF, en este lugar se encuentra instalado un bastidor donde se ubicarán los elementos principales de conexión. Ahí se ubicará un Rack de 19U donde se ubicarán los switches de distribución de los pisos, con los respectivos puntos de cargas eléctricas y UPS. Adicionalmente se realizarán las conexiones de cableado horizontal para la red IoT y

también para la conexión de Backbone, el mismo que tendrá las respectivas protecciones como puede verse en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Condiciones del Cuarto de Comunicaciones

| CARACTERÍSTICAS | CONDICIONES        |
|-----------------|--------------------|
| Temperatura     | 21 °C              |
| Iluminación     | 500 lx             |
| Humedad         | 20 a 50 por ciento |

Realizado por: Darwin Bahamonde

El cuarto de comunicaciones se encontrará ubicado en el piso 4 y está diseñado según la Figura 3.4, donde se muestra un plano con las respectivas dimensiones y la ubicación los Rack, UPS y AC, además un cuarto de control para gestionar la red

Figura 3.4 Cuarto de Comunicaciones



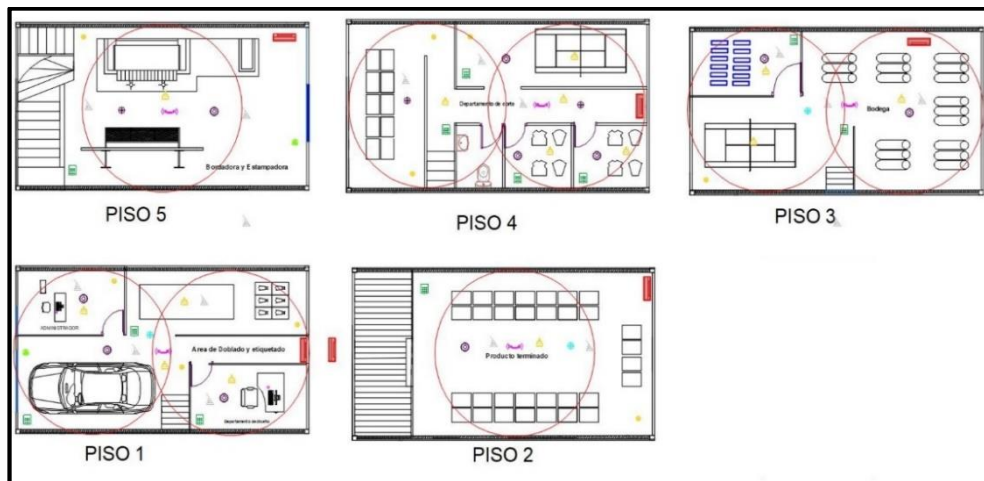
Realizado por: Darwin Bahamonde

En este cuarto se integrará un sensor de movimiento para activar la iluminación, un sistema de seguridad contrafuego, un sistema de aire acondicionado y control de acceso, que permitan mantener las condiciones como puede verse en la Tabla 3.1.

### 3.2.5. Red Inalámbrica IoT Wi-Fi

La red inalámbrica se diseñó para la conexión de sensores y equipos que emitan señales de tipo ambiental, a través de Access Point los mismos que serán distribuidos en cada piso como puede verse en la Figura 3.5.

Figura 3.5 Red Inalámbrica, Access Point de la Empresa

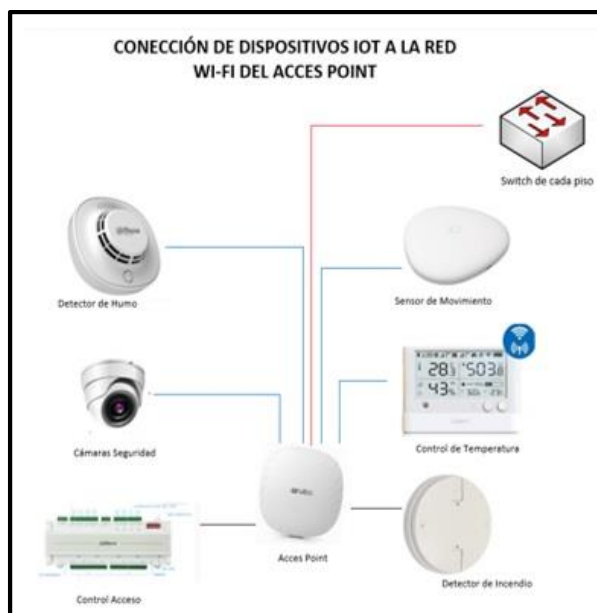


Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.2.6. Ubicación de los elementos IoT

La distribución de los sensores IoT que se propone en la empresa se realiza en cada piso según el área. Algunos de los sensores que se van a integrar son sensor de humo, de incendio, movimiento, lector RFID, acceso a la empresa y temperatura, las características de los elementos IoT Wi-Fi que van a incorporar están detalladas en el Anexo 3. La selección de los sensores dependerá de las características que se tengan en cada piso o la forma como están distribuidos los departamentos. En el Anexo 1 se presenta la distribución los elementos IoT Wi-Fi en el diseño de la red, los elementos se vinculan mediante Access Point este diseño se puede ver en la Figura 3.6.

Figura 3.6 Diagrama de Conexión elementos IoT Wi-Fi



Realizado por: Darwin Bahamonde



En la Tabla 3.2, se detalla las cantidades de elementos de la red IoT Wi-Fi que se va a integrar a la red inalámbrica en la empresa.

Tabla 3.2 Cantidad de elementos a integrar

| <b>ELEMENTOS IOT</b>                                    | <b>CANTIDAD</b> |
|---|-----------------|
| <b>Sensor de Movimiento (HUM1220APIR)</b>               | 11              |
| <b>Detector de Humo (FAD122A-W)</b>                     | 10              |
| <b>Detector de Incendio (W-GATE)</b>                    | 6               |
| <b>Sensor de temperatura (UbiBot WS1 Pro WI-FI SIM)</b> | 5               |
| <b>Control de Accesos (DAHUA ASC1204B)</b>              | 2               |
| <b>Cámara de seguridad Dahua DH-IPC-HFW1120S-W</b>      | 9               |
| <b>Lectores RFID para etiquetas</b>                     | 2               |
| <b>TOTAL</b>  | 45              |

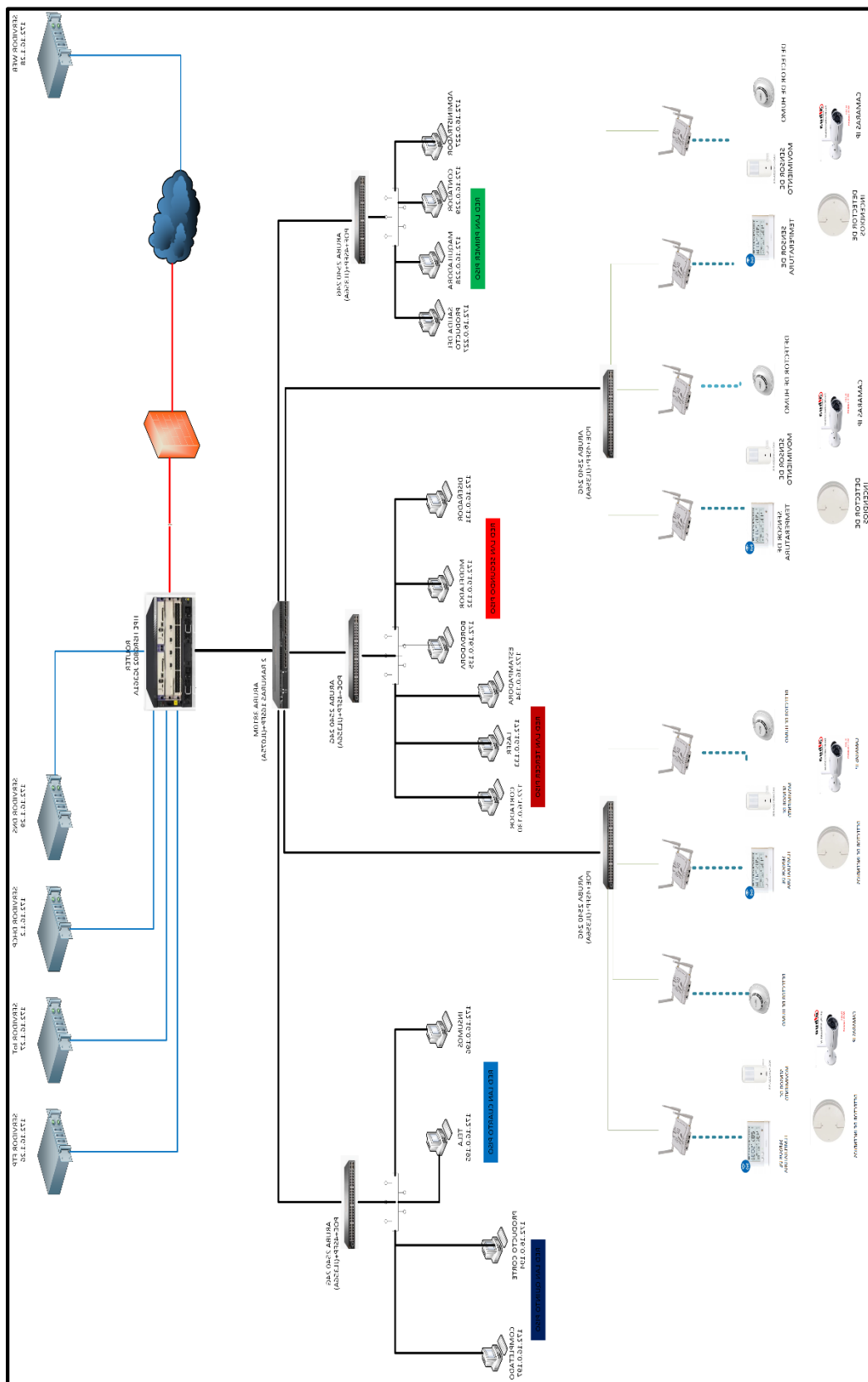
Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.2.7. Topología Física de la red

La topología física seleccionada es una topología de tipo árbol extendido que permitirá una implementación más fácil de los centros secundarios para expandir la red si es necesario, y permitirá el mantenimiento de la estructura de la red a nivel jerárquico.

El diseño físico de la red está diseñado para la interconexión de varios ordenadores con un medio de transmisión como cables UTP y Fibra Óptica, se basa en un modelo de red corporativa la capa de acceso permite la conexión de elementos IoT y usuarios a través de puntos de acceso inalámbrico y la capa de distribución-núcleo está compuesta por un Switch de capa 3 que administra a los Switches de capa 2, además de la administración de un Router de frontera que da la salida de la red hacia el exterior y conexión a Internet, la topología de la red física que se propone en el diseño de la red se puede ver en la Figura 3.7.

Figura 3.7 Topología Física de la Red



Realizado por: Darwin Bahamonde

### **3.3. RED LÓGICO**

#### **3.3.1. Enlace WAN o Internet**

Para el enlace WAN, se dispondrá de un Router de borde de marca HPE HSR6800 y modelo JG361A, con capacidad de dos enlaces WAN y cuatro puertos Fast Ethernet, que proporcionan un enlace estático a la red y una dirección DNS que permite la conexión a Internet.

#### **3.3.2. Enlaces LAN**

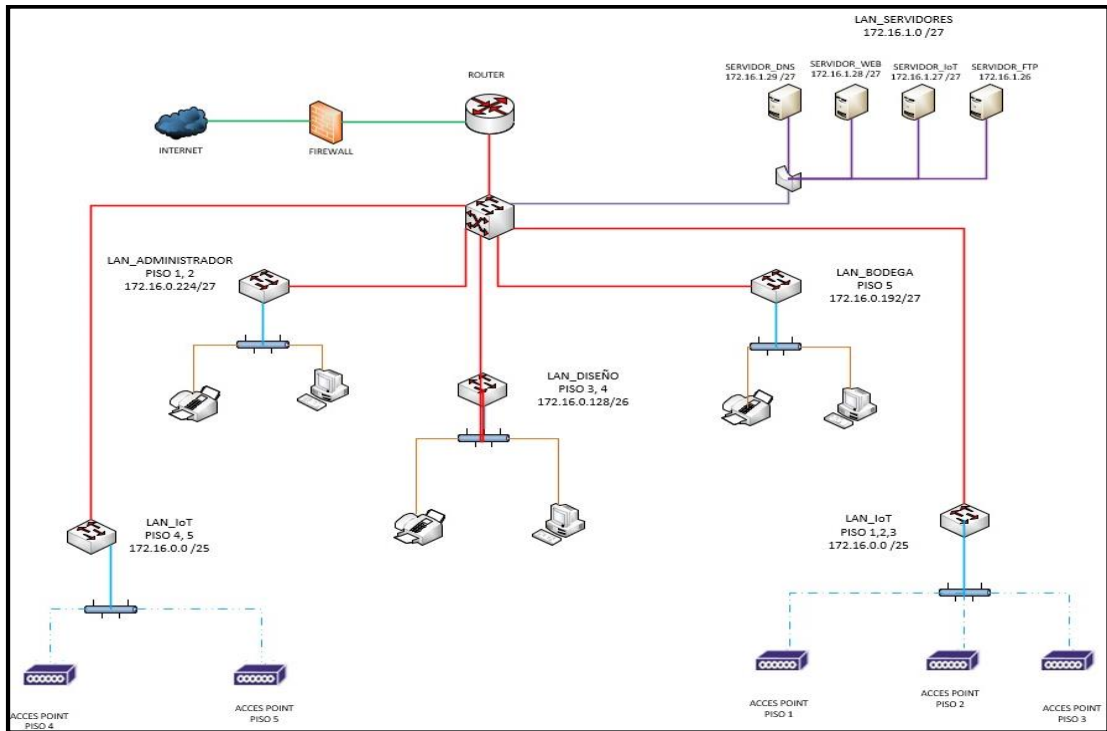
La red LAN este compuesto por 24 usuarios quienes deben regirse por políticas de seguridad y uso del ancho de banda las mismas que además están definidas para las diferentes VLAN's de cada departamento. Algunos departamentos comparten una misma VLAN porque tienen los mismos privilegios, lo que ayuda a la reducción del direccionamiento.

#### **3.3.3. Topología Lógica**

La red LAN está diseñada para la distribución de 5 Switches de 24 puertos como se muestra en la Figura 3.8, se han creado 5 VLAN'S distribuidas en el edificio, cada una cuenta con su dirección IP respectiva, que se vinculará a un Switch de capa 3 y a la vez a un Router de borde que se utilizará para en enlace a internet.

Para obtener información detallada sobre el diseño lógico IoT, consulte en la Figura 3.6, vista anterior mente donde se verá las conexiones de puntos de acceso a elementos IoT Wi-Fi.

Figura 3.8 Red Lógica



Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.4. DIRECCIONAMIENTO DE RED

El direccionamiento de la red IPV4 que se va a utilizar es de clase B debido a que Roger Sport se considera una empresa mediana en pleno desarrollo con fines sólidos de expansión. La dirección IP privada está en el rango de 172. 16.xx. xx. Considerando un crecimiento del 10% anual, también se cuenta con un rango de direccionamiento para las conexiones entre Switches de capa 2, Switches de capa 3 y el Router.

Tabla 3.3 Direccionamiento IPv4 de la red de Datos

| PLANTA | VLAN   | NOMBREVLAN     | DIRECCIONAMIENTO | NºPUNTOS |
|--------|--------|----------------|------------------|----------|
| 1      | VLAN10 | Bodega         | 172.16.0.192 /27 | 16       |
| 3      | VLAN30 | Diseño         | 172.16.0.128 /26 | 32       |
| 4      | VLAN40 | Administración | 172.16.0.224 /27 | 16       |
| 5      | VLAN50 | Servidores     | 172.16.1.0 /27   | 16       |

Realizado por: Darwin Bahamonde

El esquema de direccionamiento planeado brinda holgura y escalabilidad para cuando la empresa requiera ampliarse o incorporar dispositivos como impresoras, telefonía IP, etc,

### 3.4.1. Direccionamiento para elementos IoT

El direccionamiento de la red IoT está planificada para una dirección IP 172.16.0.0/25, se utilizó una red de área local virtual (VLAN) con un número de 156 puntos, se tiene 70 elementos IoT Wi-Fi iniciales que se incorporarán en todas las plantas de la empresa.

Tabla 3.4 Direccionamiento IPv4 de la red de IoT

| PLANTA    | VLAN   | NOMBREVLAN | DIRECCIONAMIENTO | N° PUNTOS |
|-----------|--------|------------|------------------|-----------|
| 1,2,3,4,5 | VLAN20 | IoT        | 172.16.0.0 /25   | 70        |

Realizado por: Darwin Bahamonde

Los dispositivos de la red IoT se configurará en la VLAN 20 como puede verse en la Tabla 3.4, mismos que se conectarán con el servidor IoT.

## 3.5. DISEÑO DE LA RED WLAN

### 3.5.1. Toma de Datos

En esta etapa, se recopilará la información necesaria para planificar la red inalámbrica y su diseño. Los parámetros recolectados permitirán que el componente LAN WIFI proporcione una mejor movilidad, flexibilidad, escalabilidad y una mejor capacidad de respuesta.

### 3.5.2. Estándar WI-FI y Ancho de Banda

Los estándares seleccionados para la implementación de la WLAN son 802.11n y 802.11ac, lo que permitirá una velocidad entre 600 Mb / s y 1.3 Gb / s. Ambos estándares operarán a 2.4 GHz y 5 GHz, proporcionando una mayor cobertura para la empresa.

### 3.5.3. Número de usuarios

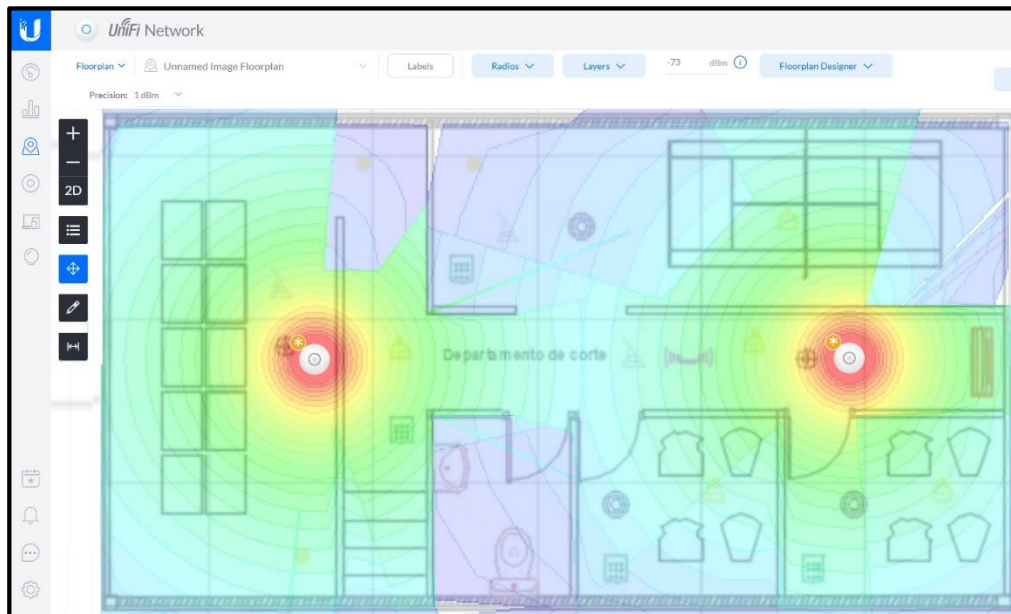
La red de la empresa Roger Sport posee un total de 16 usuarios fijos y se esperan aproximadamente 70 dispositivos finales inalámbricos IoT-WI-FI que se quieren implementar en el diseño de la red.

### 3.5.4. Mapas de calor

El mapa de calor proporciona una idea de la cobertura de los Access Point, se realiza por medio del software del proveedor Ubiquiti, Este software registra la cobertura de

la señal inalámbrica y la atenuación causada por diferentes materiales (bloques, vidrios o madera), con este análisis se puede determinar la cantidad de Access Point que se integrarán en la red de la empresa.

Figura 3.9 Mapas de calor del cuarto piso



Realizado por: Darwin Bahamonde

Como puede verse en la Figura 3.9, se toma muestras del cuarto piso ya que allí estará ubicado el cuarto de comunicación y se requiere de más dispositivos IoT Wi-Fi, se obtiene la potencia y la calidad del servicio que proporciona la red inalámbrica. Se realizan varias simulaciones de los diferentes pisos estos se pueden ver en el Anexo 5, donde se determina la cantidad y la mejor ubicación de los Access Point.

### 3.6. Comparación y selección de los equipos

#### 3.6.1. Selección de equipos

Para la selección de equipos en la implementación diseño de la red LAN, WLAN y IoT se ha tomado en cuenta empresas reconocidos que brindan funcionalidad y garantía en sus equipos red.

##### 3.6.1.1. Equipos de Capa 3

Para comparar y seleccionar el equipo se analizó las características técnicas y los costos en el mercado, como puede verse en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Comparación de equipos capa 3

| CARACTERÍSTICAS | CISCO     | MIKROTIK   | ARUBA    |
|-----------------|-----------|------------|----------|
| Modelo          | C881-k9   | CRS328     | JG361A   |
| Latencia        | 95.2 Mpps | 35,71 Mpps | 420 Mpps |
| Velocidad       | 10 Gbe    | 10 Gbe     | 10Gbe    |
| Puertos LAN     | 4         | 6          | 10       |
| VLAN            | 128       | 128        | 128      |
| Firewall        | SI        | SI         | SI       |
| Gestionable     | SI        | NO         | SI       |
| Costo           | 1,181.99  | 2,645.10   | 2,247.50 |

Realizado por: Darwin Bahamonde

Se comparó las características de los equipos más importantes y se decidió utilizar el Router Aruba modelo JG361A es modelo que más se apega al diseño que se quiere implementar a la red, a continuación, se puede ver las características técnicas del equipo.

- **Router HPE HSR6800 modelo JG361A:** un enrutador de alto rendimiento para las conexiones de la red tiene una alta velocidad en núcleo WAN tiene una escalabilidad de hasta 420 Mpps de reenvío y de 2 Tbps de capacidad de conmutación. Posee una alta calidad de servicio, con tecnología compatible IPv6, como puede verse en la Figura 3.10, la imagen del equipo físico del Router.

-

Figura 3.10 Router HPE HSR6800 modelo JG361A



Referencia: Equipo físico. (Connection, 2020)

Para el diseño de la red se puede apreciar que la marca Aruba proporciona una mejor experiencia en conexión sin importar donde se encuentre el usuario o el dispositivo

IoT, siendo ideal para integrar en empresas inteligentes, como puede verse en la Tabla 3.7. La cantidad de equipos que se van a utilizar en el diseño se detallan en la Tabla 3.6, y las características técnicas de dichos equipos se pueden ver en el Anexo 3.

Tabla 3.6 Cantidad de equipos

| <b>EQUIPO</b>                       | <b>CANTIDAD</b> |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>CONTROLADOR ARUBA SERIE 7010</b> | 1               |
| <b>Router HPE HSR6800</b>           | 1               |
| <b>Switch Aruba 2930F 16SFP</b>     | 1               |
| <b>Conmutador Aruba 2930M</b>       | 5               |
| <b>Access Point serie Aruba 515</b> | 18              |
| <b>Firewall FortiGate 6000F</b>     | 1               |

Realizado por: Darwin Bahamonde

### **3.7. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO**

A continuación, se presenta un análisis de los costos estimados en base a insumos, costos de ingeniería, costos de equipamiento, costos de mano de obra, implementación de la red IoT y otros recursos involucrados en el proyecto. Se analizan los costos y se calcula la tasa de interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), costos de implementación y la recuperación de la inversión.

#### **3.7.1. Costos de Implementación**

Para el costo de implementación la información es basada en una cotización real de un proyecto de características y requerimientos similares.

La mano de obra se comprende en la instalación de la red IoT, por lo que se hace una referencia en las horas de trabajo de ingenieros y técnicos. En la tabla 3.8, se puede ver un resumen de los costos para una futura implementación de la red que llega a un total de \$ 72.059,57. En el Anexo 4 se puede ver más detalladamente la cotización del cableado estructurado, sistema de networking, sistemas de fibra óptica, elementos IoT y mano de obra.



Tabla 3.7 Resumen del costo total de la implementación

| Rubro                       | Costo (USD)      |
|-----------------------------|------------------|
| Cableado estructurado / LAN | 9.793,61         |
| Sistema de networking       | 1.845,08         |
| Sistema de fibra óptica     | 2.951,76         |
| Elementos IoT               | 3.494,12         |
| Mano de obra                | 3.975            |
| <b>Total</b>                | <b>72.059,57</b> |

Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.7.2. Evaluación del proyecto

Para definir si la implementación del proyecto en la empresa Roger Sport es factible, se calcula los valores del VAN, TIR y PRC aplicando las ecuaciones que se pueden ver a continuación.

#### 3.7.2.1. Valor Presente Neto (VAN)

El valor presente neto determina si la inversión de un proyecto es viable, restar la cantidad invertida inicial ( $I_0$ ) con el valor presente que se esperan recibir en diferentes periodos ( $F$ ).

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

La  $i$  representa la tasa de referencia del capital

$VAN > 0$  no presenta Pérdidas se puede realizar la inversión

$VAN < 0$  se presenta Pérdidas se puede rechazar la inversión

$VAN = 0$  no presenta Pérdidas ni beneficios

En la Tabla 3.8, se muestra el valor calculado de VAN, como se puede el valor obtenido es mayor a 0 por lo que sí es rentable la implementación de la red IoT.

Tabla 3.8 Resultados del valor presente neto

|            | $I_0$ (USD) | RECUPERACIÓN (USD) | $i$  | PERIODOANUAL | ECUACIÓN |
|------------|-------------|--------------------|------|--------------|----------|
| <b>VAN</b> | 72.059,57   | 26.941,00          | 0,01 | 1            | 3.112,28 |

Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.7.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno determina si es viable invertir en el proyecto, como se ven en la Eca (2), el VAN se iguala a cero y la tasa interna de retorno es la tasa de referencia (i).

$$0 = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

TIR > i proyecto es rentable

TIR < i proyecto no rentable

TIR = i no presenta Pérdidas ni beneficios

Como puede verse en la Tabla 3.9, la tasa de retorno es del 12% lo que se puede ver que la implementación de la red IoT si genera ganancias.

Tabla 3.9 Resultados de la Tasa Interna de Retorno

|            | <b>I<sub>0</sub> (USD)</b> | <b>RECUPERACIÓN (USD)</b> | <b>ECUACIÓN</b> |
|------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|
| <b>TIR</b> | 72.059,57                  | 26.941,00                 | 12%             |

Realizado por: Darwin Bahamonde

### 3.7.2.3. Periodo de Recuperación (PRC)

El periodo de recuperación se determina el tiempo en el que se va recuperar la inversión del proyecto.

$$PRC = \frac{F}{REC} \times 100 \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Como puede verse en la Tabla 3.10, el periodo de recuperación es de 10 meses.

Tabla 3.10 Resultados del periodo de recuperación

|            | <b>I<sub>0</sub> (USD)</b> | <b>RECUPERACIÓN (USD)</b> | <b>ECUACIÓN</b> |
|------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|
| <b>PRC</b> | 72.059,57                  | 7.500                     | 9,67            |

Realizado por: Darwin Bahamonde

## **CAPÍTULO 4**

### **SIMULACIÓN DE LA RED IoT**

#### **4.1. SIMULACIÓN DE LA RED IOT**

Para la simulación de la red propuesta, se ha considerado el uso de tres plataformas: el simulador Packet Tracer de Cisco, simulador Opnet y la plataforma de código abierto Home Assistant, los cuales fueron escogidos por sus características de uso investigativo y enseñanza.

El software Packet Tracer es un simulador que permite crear redes complejas y comprobar que el diseño de la red cumple los requerimientos de la empresa, además brinda opción de simular una red IoT con microprocesadores y la configuración del servidor DHCP para que puedan ser reconocidos en el servidor IoT.

El software Opnet permite simular el comportamiento y rendimiento de las diferentes topologías de red, es muy utilizado para modelar protocolos y tráfico de redes.

Home Assistant es una plataforma de código abierto que permite el rastreo los elementos IoT-WI-FI y hacer un control automático de los mismos; esta plataforma permite controlar los elementos IoT en un entorno web y muestra los valores de los sensores en tiempo real en una nube privada.

En el primer software se simularán los elementos activos considerados de la red propuesta para la empresa y los elementos IoT Wi-Fi en las diferentes áreas.

En el segundo software se simulará el tráfico de la red con y sin dispositivos IoT Wi-Fi

En el tercer software se registrarán la interacción entre los elementos IoT que se incorporarán a la red y el servidor IoT para su acceso desde la nube.

## 4.2. SIMULACIÓN DE LA RED LAN Y WLAN

### 4.2.1. Características de la Red IoT

La red que se quiere incorporar a la empresa Roger Sport consta con las siguientes características que permite un mayor control y seguridad, en la Tabla 4.1, se puede ver las características de la red simulada.

Tabla 4.1 Características de la red Simulada

| CARACTERÍSTICAS              | DESCRIPCIÓN  |
|------------------------------|--|
| <b>Servidores</b>            | Servidor HTTP o WEB<br>Servidor DNS<br>Servidor Email<br>Servidor FTP<br>Servidor DHCP<br>Servidor IoT |
| <b>Servicios</b>             | datos, voz y video   |
| <b>Puntos de Red</b>         | 16 puntos de red de elementos generales (pc, celulares)  |
| <b>Promedio de Elementos</b> | 70 elementos IoT-WI-FI   |
| <b>VLAN'S</b>                | 5  |
| <b>Tráfico</b>               | Tráfico general (web, mail)<br>Tráfico IoT (elementos IoT WI-FI)                                       |

Realizado por: Darwin Bahamonde

### 4.2.2. Conexiones físicas de la red corporativa

Teniendo en cuenta el diseño de la Red Corporativa de dos capas, los elementos se conectan entre sí, para este fin cada conmutador de capa acceso está conectado al conmutador central de la capa distribución núcleo. La conexión es redundante, conecta las interfaces de 10/100 / 1000 Mbps para ambos extremos.

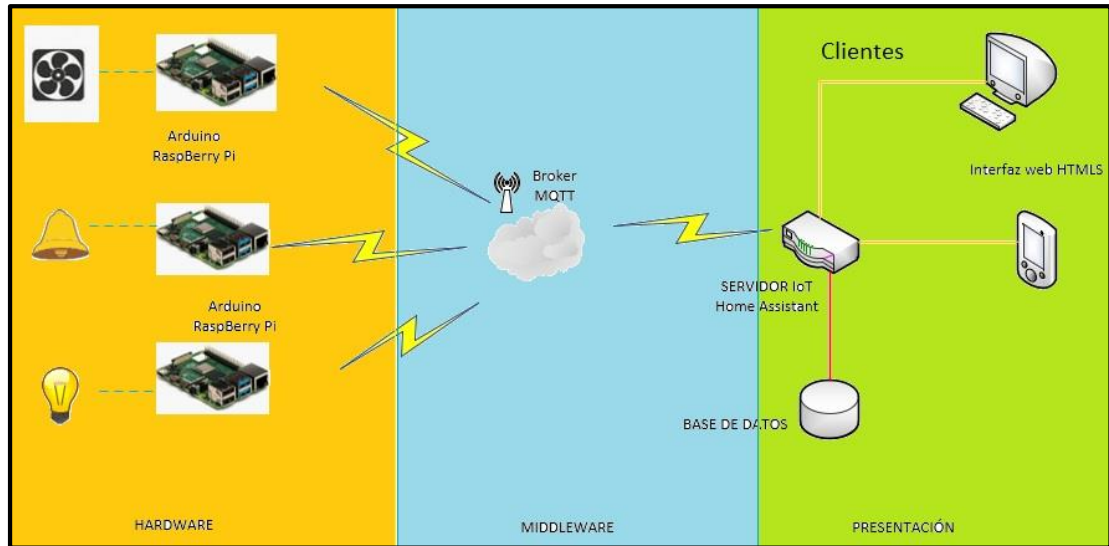
### 4.2.3. Configuraciones de la red corporativa

La configuración de la red fue desarrollada en base al diseño de la Red Corporativa anteriormente explicado.

#### 4.2.4. Configuración de los elementos IoT WI-FI

La implementación de los elementos IoT WI-FI que se propone en el diseño de la red serán configurados y administrados a través del servidor IoT, como puede verse en la Figura 4.1 se detalla la arquitectura lógica de red IoT que se propone en el diseño.

Figura 4.1 Arquitectura Lógica de la red IoT



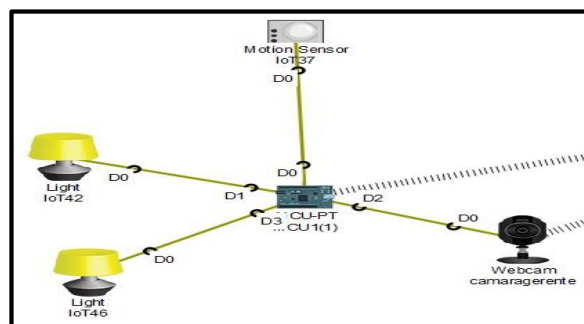
Realizado por: Darwin Bahamonde

A continuación, se verá las configuraciones de algunos equipos de la red IoT, como puede verse en la arquitectura lógica de la red IoT se integra microprocesadores donde se programará para activar los actuadores.

#### - Sensor de movimiento WI-FI

En sensor de movimiento se incorporan en cada área de la empresa donde al detectar el movimiento automáticamente se activan las luces y también las cámaras dependiendo de la necesidad que se tenga, esto se puede ver en la Figura 4.2.

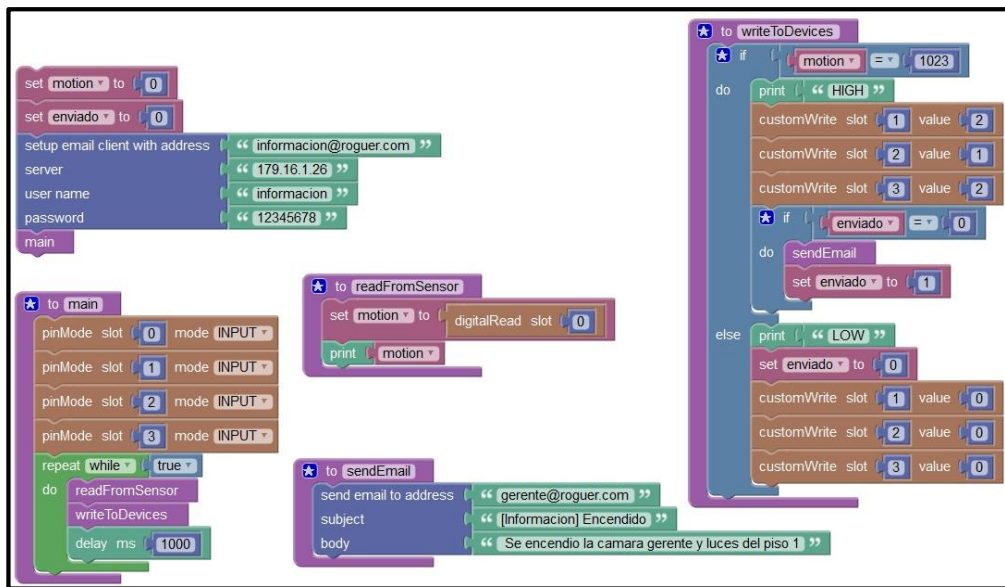
Figura 4.2 Sensor de humo visualización física



Realizado por: Darwin Bahamonde

Se programa en un microprocesador en el lenguaje visual Blockly donde se crea dos métodos, el **método motion** donde se programa el funcionamiento del sensor y **método enviado** donde se envía una notificación al correo electrónico a **gerente@roger.com**, como puede verse en la Figura 4.3, al activarse el sensor se activa automáticamente las luces, la cámara de seguridad y también se envía la notificación al correo esto se programa en un **bucle writeToDevices**.

Figura 4.3 Programación de Sensor de Movimiento

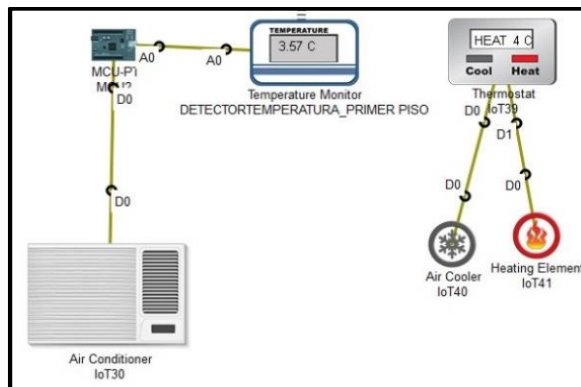


Realizado por: Darwin Bahamonde

### - Sensor de temperatura WI-FI

Se integrará un sensor de temperatura que estará conectado a un microprocesador, este sensor es muy importante para el cuarto de comunicación ya que los equipos deben tener una temperatura óptima para el buen funcionamiento de los equipos.

Figura 4.4 Sensor de temperatura visualización física



Realizado por: Darwin Bahamonde

Se programará en un microprocesador en el lenguaje visual Blink, como puede verse en la Figura 4.4, se declara dos variables aire y ter, como variable de entrada y salida respectivamente, en la **function loop** se utiliza una fórmula matemática, que permite leer la temperatura y ver que se encuentre en los límites entre 5°C y 30°C, al pasar de este rango se activará automáticamente el aire acondicionado para así poder mantener la temperatura optima en el área de trabajo de la empresa.

Figura 4.5 Programación sensor de temperatura

```

1 var aire=0;
2 var ter=A0;
3
4 function setup() {
5   pinMode(aire, OUTPUT);
6   pinMode(ter, INPUT);
7   Serial.println("Blinking");
8 }
9
10 function loop() {
11
12   var t=analogRead(ter);
13   var te=((t-30)*(5/8))/2).toFixed(2);
14   Serial.println(te);
15
16   if (te>=15){
17     digitalWrite(aire, HIGH);
18     Serial.println("Aire encendido");
19   }else{
20     digitalWrite(aire, LOW);
21     Serial.println("Aire apagado");
22   }
23 }
24
25
26 }
27

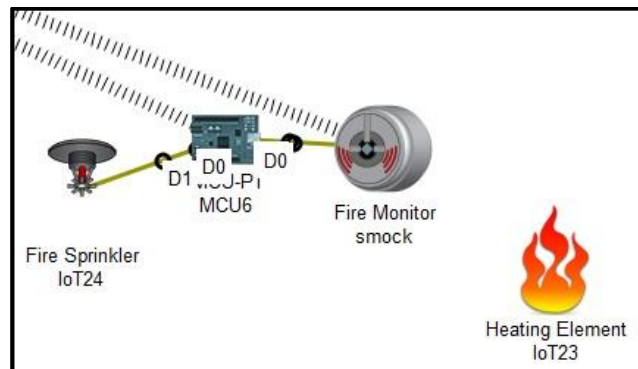
```

Realizado por: Darwin Bahamonde

### - Sistema de Control de Incendios

El sistema de control de incendio será programado para activar los aspersores además de enviar una notificación a la empresa al correo **gerente@roger.com** si este detecta el incendio

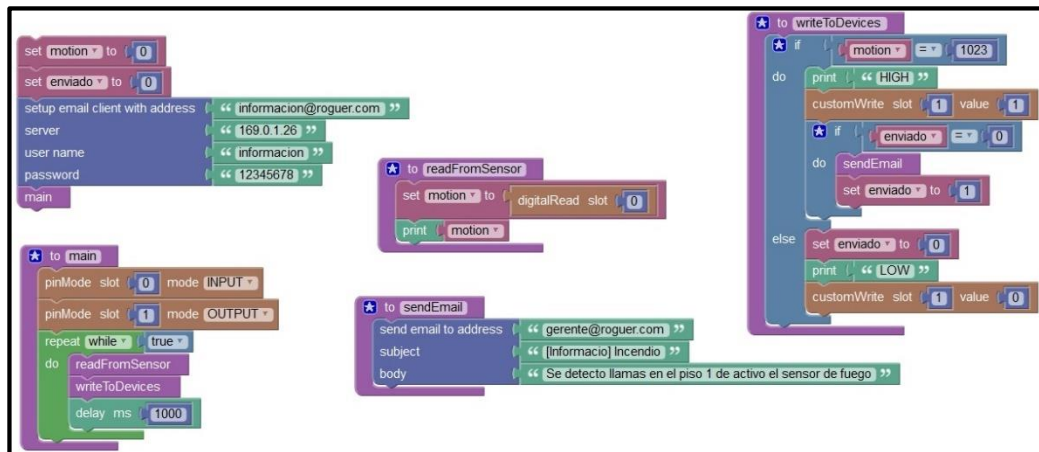
Figura 4.6 Sistema de incendio visualización física



Realizado por: Darwin Bahamonde

El sistema de control de incendio tendrá un microcontrolador como puede verse en la Figura 4.6, que será capaz de activar los aspersores, alarmas y además enviar una notificación de emergencia, en la Figura 4.7, se puede ver la programación en el microcontrolador.

Figura 4.7 Programación sensor de temperatura



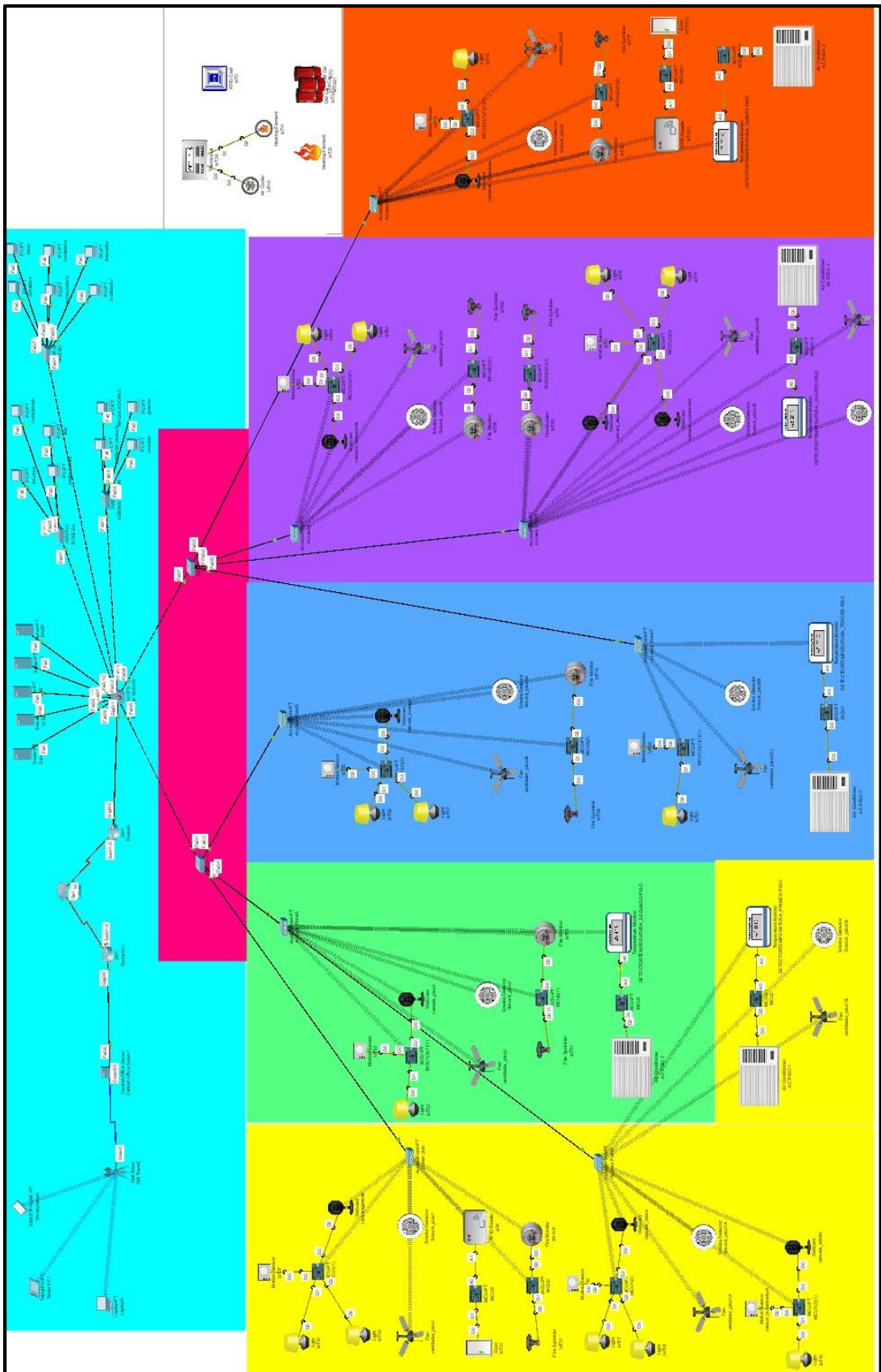
Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.2.5. Implementación Final

En la Figura 4.8, se muestra la visualización lógica tanto los elementos de red, equipos informáticos y los elementos IoT Wi-Fi que están definidos en el diseño planteado en el capítulo 3. Se han integrado aproximadamente 70 elementos IoT Wi-Fi y elementos de red para simular la comunicación de la empresa internamente y externamente a través de teléfonos móvil o Tablet, que también pueden recibir notificaciones de las anomalías detectadas por los sensores.



Figura 4.8 Topología Lógica de la red IoT



Realizado por: Darwin Bahamonde

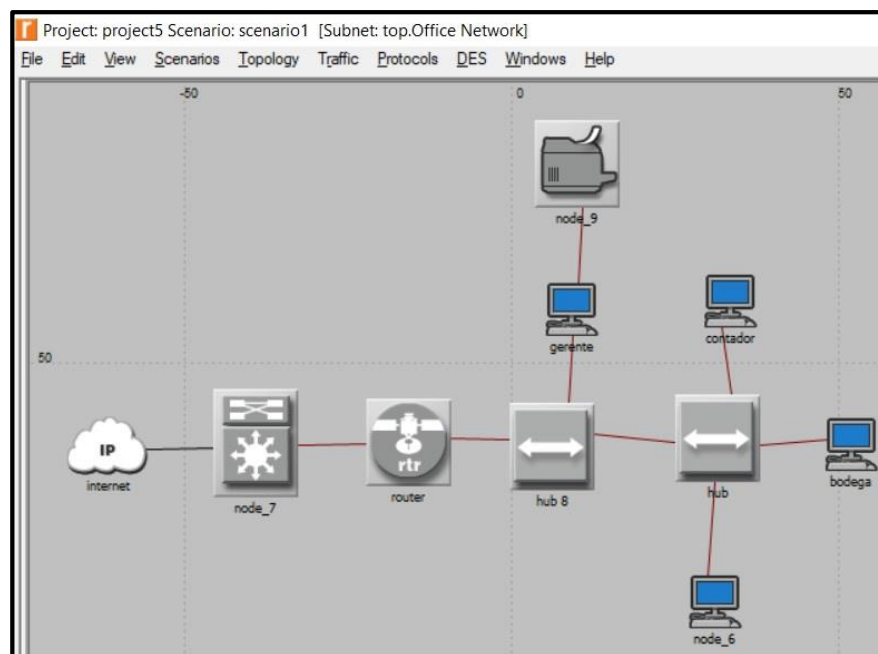
### 4.3. SIMULACIÓN DE OPNET

En el software Opnet se simula red actual de la empresa y la red corporativa diseñada para analizar el tráfico de la red.

#### 4.3.1. Red Actual de la empresa

En la red actual de la empresa constara con varios dispositivos de comunicación y computadoras personales, como se pude ver en la Figura 4.9, la red de la empresa es muy limitada.

Figura 4.9 Red Actual simulada en Opnet

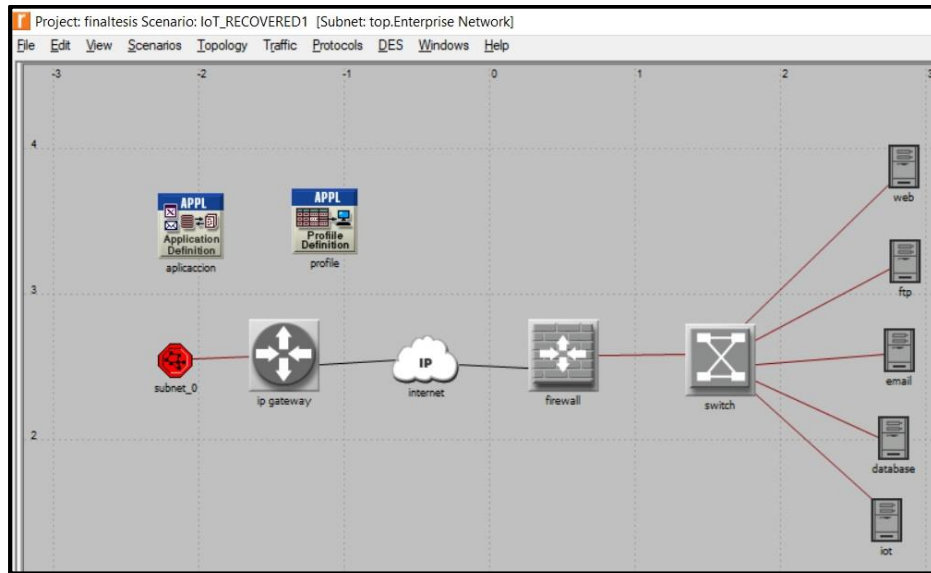


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.3.2. Red Corporativa Diseñada

En el software Opnet se simula de la red Corporativa diseñada para la empresa donde implementará dispositivos IoT Wi-Fi tales como Sensor de Movimiento, Detector de Humo, Detector de Incendio, Sensor de temperatura, Control de Acceso etc, cada piso abarcara Access Point que están conectados en una interfaz ethernet 100BaseT al Switch L2. En la Figura 4.10, se aprecia el diseño de la red WLAN y LAN, en donde se incorporará los dispositivos IoT Wi-Fi.

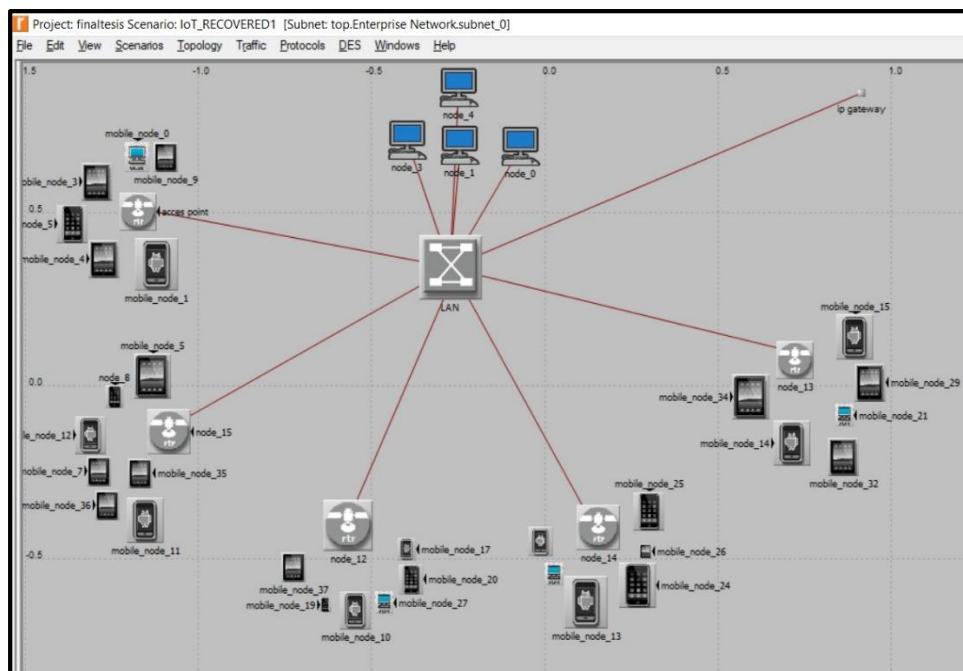
Figura 4.10 Red WLAN simulada en Opnet



Realizado por: Darwin Bahamonde

En la Figura 4.11, se aprecia la red IoT, la cual se realiza con los parámetros analizados vistos anteriormente, se integraron los dispositivos IoT Wi-Fi que se despliega en cada piso, en la Tabla 3.2 se puede ver un resumen de todos los dispositivos que se incorporaron en la empresa.

Figura 4.11 Red IoT simulada en Opnet



Realizado por: Darwin Bahamonde

## 4.4. SIMULACIÓN DE NUBE IOT

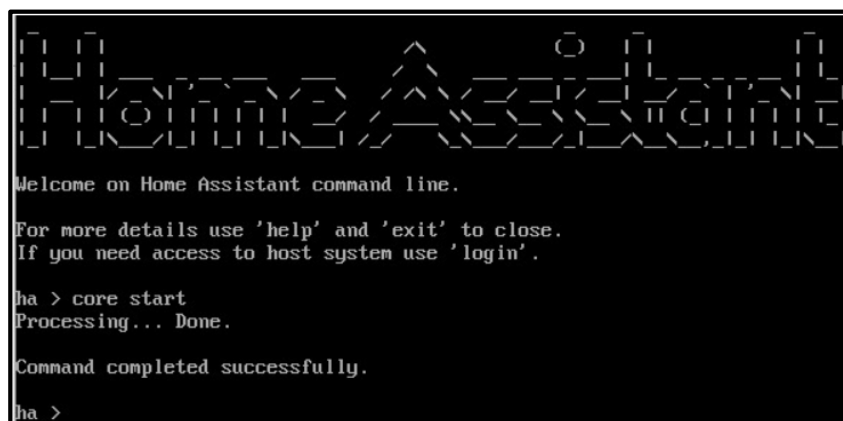
### 4.4.1. Selección y preparación de la Plataforma Home Assistant

Home Assistant es una plataforma de código abierto que permite la automatización de numerosos elementos de diferentes marcas que es desarrollado en Python.

En Primero lugar la Plataforma Home Assistant se descarga de la página oficial, se iniciará utilizando la máquina virtual VirtualBox y se procederá a realizar las configuraciones.

La plataforma se conectará en la red NAT y sirve solamente con la conexión a Internet, ya configurado las interfaces, se arranca la máquina. Como puede verse la Figura 4.12, se inicia Home Assistant, la consola para iniciar Hassio se hace con el comando **core start**.

Figura 4.12 Pantalla de Inicio Home Assistant



```
Home Assistant
Welcome on Home Assistant command line.
For more details use 'help' and 'exit' to close.
If you need access to host system use 'login'.
ha > core start
Processing... Done.
Command completed successfully.
ha >
```

Realizado por: Darwin Bahamonde

Se abre un navegador web y se introduce el siguiente comando `la_ip_de_virtualbox:8123` para acceder al asistente de configuración de Home Assistant. Cuando la maquina arranque se solicita hacer login, como el nombre de usuario y contraseña.

### 4.4.2. Interfaz de Usuario

Home Assistant dispone de una interfaz de usuario grafica programable en YAM, debido a que el sistema de automatización diseñado tiene conectividad externa, la interfaz se puede buscar desde cualquier navegador web, para realizar las tareas de monitoreo, se ha diseñado una interfaz web con dos pestañas resumen de datos e historial que se puede ver en el Anexo 2.

#### 4.4.3. Implementación de comunicación de Home Assistant

Una vez que se seleccionan los elementos y las comunicaciones que componen el sistema se puede ver en la siguiente figura una representación gráfica de los elementos finales y el método de comunicación utilizado. Se usa el protocolo SSH que es un protocolo que permite el intercambio de información a través del internet entre un cliente y un servidor.

#### 4.4.4. Configuración de Sensores

Como se describe en la sección 3.2.6, los sensores que se van a utilizar son con tecnología WI-FI por lo que los datos recolectados por los sensores se recibirán directamente en la Plataforma Home Assistant.

##### 4.4.4.1. Configuración.yaml

Como se muestra en la Figura 4.13, el sensor requiere de una dirección específica que es proporcionada por los elementos IoT Wi-Fi, esta dirección es utilizada en el código, a continuación, se vera la configuración de los sensores para realizar la simulación.

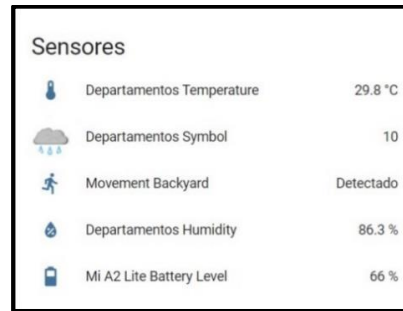
Figura 4.13 Configuración de los Sensores

```
# Example configuration.yaml entry
sensor:
  - platform: yr
    api_key: 36158e0e4c8334cc883433d76ccf41bb9
    name: Departamentos
    forecast: 24
  - monitored_conditions:
    - temperature
    - symbol
    - precipitation
    - windSpeed
    - pressure
    - windDirection
    - humidity
    - fog
    - cloudiness
    - lowClouds
    - mediumClouds
    - highClouds
    - dewpointTemperature
```

Realizado por: Darwin Bahamonde

Después que el archivo de configuración se adapte al sensor utilizado se puede ver los datos obtenidos a través de la Plataforma Home Assistant, para integrar los sensores solo se debe indicar el nombre del sensor como puede verse el a Figura 4.14.

Figura 4.14 Visualización de los sensores en HA



Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.4.4.2. Configuración de los actuadores

La Plataforma permite configurar a los actuadores empleando protocolos MQTT sobre una pila TCP/IP que es proporcionada por la tecnología WI-FI, el sistema utiliza un protocolo de comunicación con el respectivo actuador encargado, para un control de los actuadores se utiliza microprocesadores como la “Raspberry” de esta manera se mejora la privacidad de datos ya que se puede utilizar la nube.

Como puede verse en la Figura 4.15 y Figura 4.16, una vez registrado en la plataforma los actuadores se pueden controlar desde el exterior de la red.

Figura 4.15 Configuración de los Actuadores

```
44 --- platform: mqtt
45 --- name: Bed Light
46 --- qos: 1
47 --- payload_on: "ON"
48 --- payload_off: "OFF"
49 --- retain: true
50 --- default_state: 'state'
51 ---
52 ---
```

Realizado por: Darwin Bahamonde

Figura 4.16 Visualización de los actuadores en HA



Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.4.4.3. *Notificaciones de Home Assistant*

Home Assistant permite el envío de notificaciones a un dispositivo móvil en caso de emergencia que detecte los sensores, para ello se utiliza aplicaciones de mensajería instantánea “Pushbullet”.

Después de instalar esta aplicación en el teléfono inteligente, se puede comenzar a recibir las notificaciones que son enviadas por la Plataforma Home Assistant.

Una vez que se obtengan los parámetros principales de “Pushbullet” (Access Token), se realiza las siguientes configuraciones correspondientes en el archivo configuration.yaml, como puede verse en la Figura 4.17.

Figura 4.17 Configuración de notificaciones vía “ Pushbullet”

```
45 notify:-  
46   - name: pushbullet-  
47     platform: pushbullet-  
48     api_key: o.fq4Fb00xgZpA8pm4AxS3T0yPIOD1ia8a
```

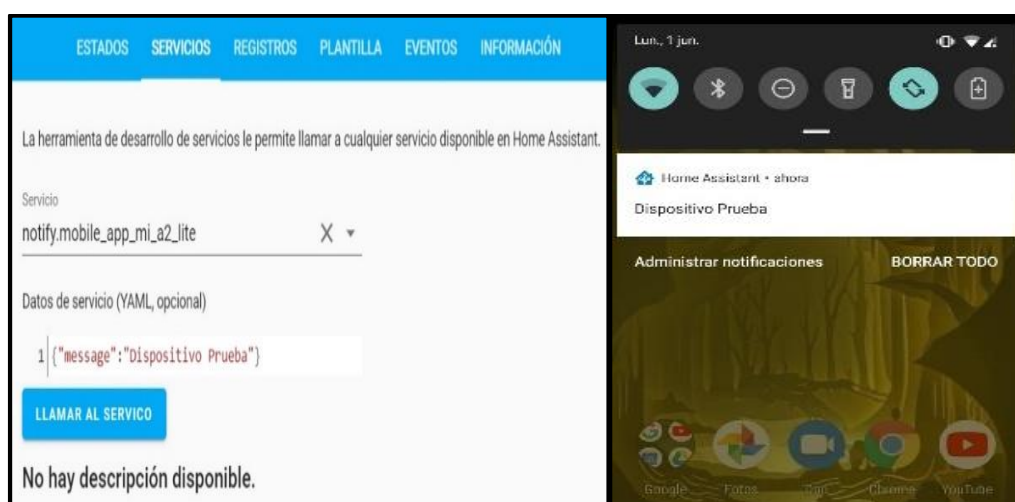
Realizado por: Darwin Bahamonde

Se recibe un mensaje inmediato para comprobar el correcto funcionamiento de las notificaciones de Home Assistant, al comprobar su buen funcionamiento se puede comenzar a automatizar las notificaciones del sistema como puede verse a continuación.

#### 4.4.4.4. *Automatización de notificaciones Home Assistant*

Ya realizadas las configuraciones en configuration.yaml., se crea un servicio donde se incluirá las descripciones de la notificación del código y el fichero de configuración, como puede verse en la Figura 4.18, se comprueba el funcionamiento de la notificación que llego al teléfono inteligente.

Figura 4.18 Configuración de un servicio de notify



Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.4.4.5. *Notificaciones de Anomalías*

Las notificaciones de anomalías son efectuadas en la detección de posibles problemas que puedan existir en la empresa, por lo que las notificaciones son enviadas a “Pushbullet” en la siguiente Figura 4.19, se puede ver la configuración del sensor de temperatura.

Figura 4.19 Notificación de Temperatura Alta

```
62 alias: 'temperatura'-
63 --trigger:-
64 --- platform: numeric_state-
65 --- entity_id: sensor.study_temperature-
66 --- above: 15-
67 --action:-
68 --- service: notify.pushbullet-
69 --- data:-
70 --- message: "Temperatura en superior a 15°C"
```

Realizado por: Darwin Bahamonde

La configuración realizada se establece un límite de temperatura superior a 15°C el sensor seleccionado proporciona los datos de temperatura (*sensor.study\_temperature*) donde se compara y se envía una notificación cuando sobrepasa la temperatura.

## 4.5. PRUEBAS REALIZADAS

Para demostrar la funcionalidad del diseño propuesto, se realizaron varias pruebas en el simulador de Packet Tracer y en la Plataforma Home Assistant, las cuales se orientaron principalmente a comprobar que el diseño cumpla con los requerimientos de conectividad de todos los equipos de la empresa y que además se envíen



notificaciones de emergencia con la activación de los actuadores dependiendo de la misma.

#### 4.5.1. Fase de Operación en el Programa Packet Tracer

Para verificar la efectividad del diseño de la red se realiza las pruebas por separado de los elementos red y administración de los elementos IoT Wi-Fi, se realiza las pruebas en los elementos más relevantes.

##### 4.5.1.1. Conectividad y tráfico de red

Una vez establecida la configuración explicada anteriormente en la sección 4.2, se realizan las pruebas conectividad entre equipos, en la siguiente Figura 4.20, se muestra la ejecución de un ping de la VLAN-10 de su respectivo servidor con dirección IP 172.16.0.195 con la VLAN-40 con su respectivo servidor con dirección IP 172.16.0.226 el cual se dio un resultado satisfactorio.

Figura 4.20 Conectividad entre VLAN'S 10 y 40

| Command Prompt   | Command Prompt  |
|--|---|
| <pre>Packet Tracer PC Command Line 1.0 C:\&gt;ping 172.16.0.195  Pinging 172.16.0.195 with 32 bytes of data:  Reply from 172.16.0.195: bytes=32 time&lt;1ms TTL=127 Reply from 172.16.0.195: bytes=32 time&lt;1ms TTL=127 Reply from 172.16.0.195: bytes=32 time=11ms TTL=127 Reply from 172.16.0.195: bytes=32 time&lt;1ms TTL=127  Ping statistics for 169.0.0.195:     Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),     Approximate round trip times in milli-seconds:         Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 3ms</pre> | <pre>Packet Tracer PC Command Line 1.0 C:\&gt;ping 172.16.0.226  Pinging 169.0.0.226 with 32 bytes of data:  Reply from 172.16.0.226: bytes=32 time=1ms TTL=127 Reply from 172.16.0.226: bytes=32 time&lt;1ms TTL=127 Reply from 172.16.0.226: bytes=32 time=6ms TTL=127 Reply from 172.16.0.226: bytes=32 time&lt;1ms TTL=127  Ping statistics for 172.16.0.226:     Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),     Approximate round trip times in milli-seconds:         Minimum = 0ms, Maximum = 6ms, Average = 1ms</pre> |

Realizado por: Darwin Bahamonde

Los resultados dan una velocidad mínima 0ms, máxima 11ms y promedio 3ms.

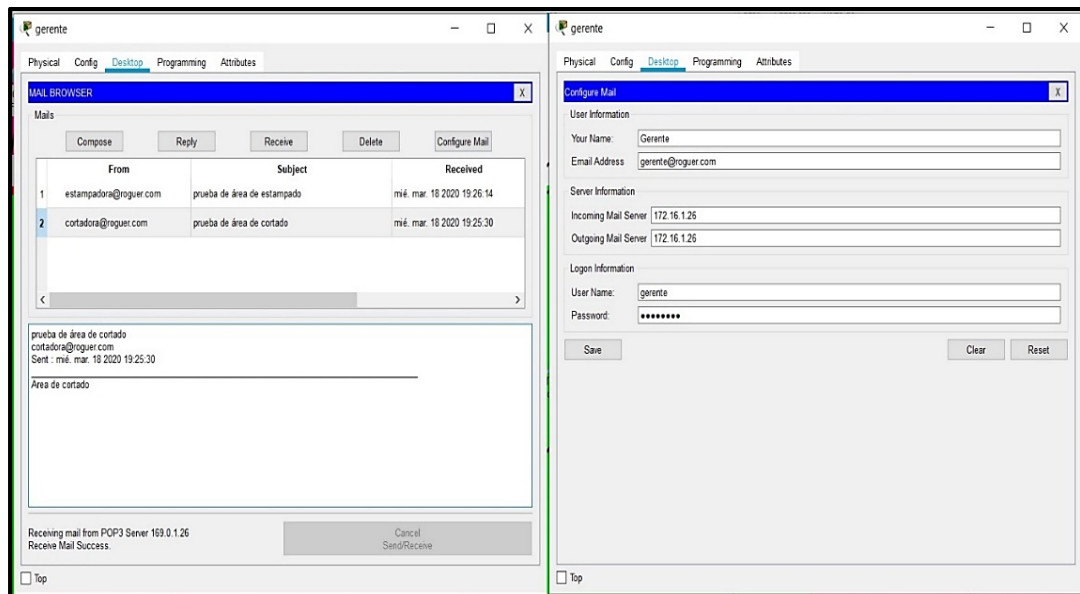
##### 4.5.1.2. Correo Electrónico

El correcto funcionamiento del correo electrónico entre los equipos informáticos de las diferentes áreas de la empresa, están configurados con el siguiente dominio **roger.com**.

Se envía un correo electrónico de dos diferentes equipos de **cortadora@roger.com** y **estampadora@roger.com** siendo recibidos por el equipo llamado Gerente con correo

electrónico **gerente@roger.com**, como se ve en la Figura 4.21, los correos se han enviado satisfactoriamente.

Figura 4.21 Revisión de correo electrónico

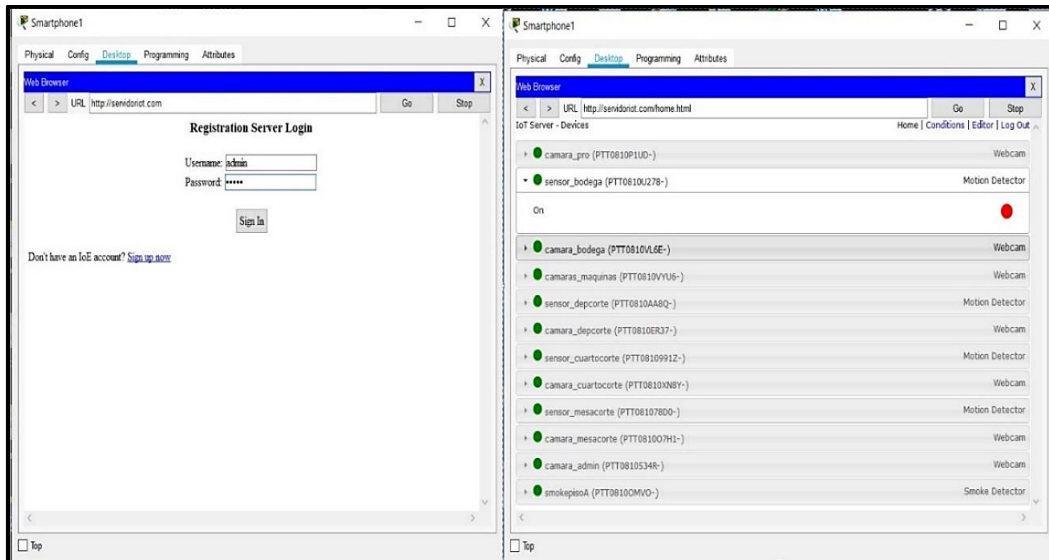


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.1.3. Acceso al servidor IoT

Para el funcionamiento correcto de la conexión desde el exterior al servidor IoT, se utiliza un teléfono móvil, donde se abrirá un navegador web y se ingresará al servidor IoT con un dominio DNS configurado con el nombre **servidoriot.com** y una administración de usuario **admin** y contraseña **admin** donde se puede ver el funcionamiento de cada uno de los elementos IoT Wi-Fi.

Figura 4.22 Acceso al servidor IoT



Realizado por: Darwin Bahamonde

Se inicia el servidor IoT y cómo puede verse en la Figura 4.22, se muestra un listado de los elementos IoT Wi-Fi registrados en el servidor, esto permite monitorear y gestionar desde un teléfono móvil.

#### 4.5.1.4. Elemento IoT: Control de Incendio

Los elementos IoT Wi-Fi se pueden comunicar con el exterior a través de un servidor IoT, estos elementos también utilizan microcontroladores para la activación de los actuadores y el envío de notificaciones si ocurre algún incidente en la empresa, para comprobar su funcionamiento se acerca una actuación de fuego al detector de incendio, este manda una señal al microcontrolador ya programado, para que active los aspersores y envíe una notificación de emergencia esto se puede ver en la Figura 4.23.

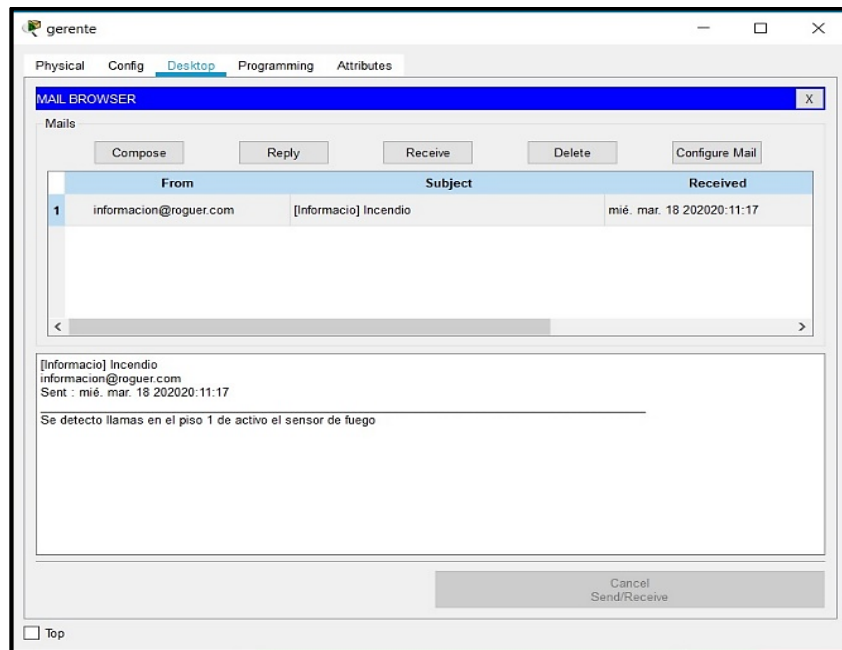
Figura 4.23 Control de Acceso inactivo vs activo



Realizado por: Darwin Bahamonde

Como puede verse en la Figura 4.24, llega la notificación a un terminal móvil donde se puede ver los datos necesarios para acudir a la emergencia.

Figura 4.24 Notificación crítica recibida en el terminal móvil

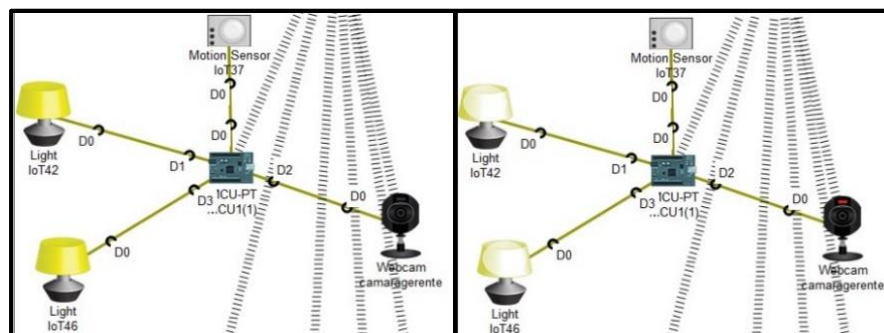


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.1.5. *Elemento IoT: Sensor de Movimiento*

Para comprobar el funcionamiento del sensor de movimiento, se debe activar el sensor y este manda una señal al microprocesador, donde activa los actuadores como las luces, la cámara de seguridad y también envía una notificación emergencia al correo de la empresa, además las cámaras están conectadas al servidor IoT para comprobar su funcionamiento, como puede verse en la Figura 4.25.

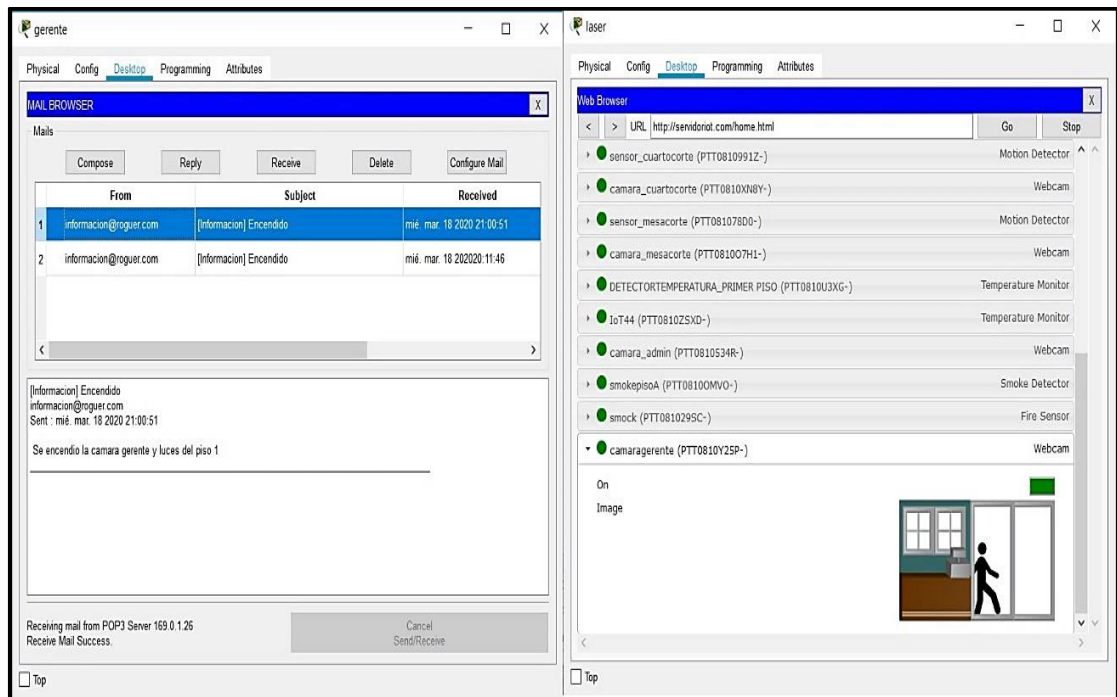
Figura 4.25 Sensor de Movimiento inactivo vs activo



Realizado por: Darwin Bahamonde

En la Figura 4.26, se puede ver cómo llega una notificación al correo de la empresa y además se activa la cámara de seguridad esto se puede ver en el servidor IoT.

Figura 4.26 Notificación crítica recibida y servidor IoT



Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.2. Fase de operación en el software Opnet

Los resultados de la simulación en el software Opnet se analizaron en base a los siguientes parámetros.

##### 4.5.2.1. Retardo/Delay

Como puede verse en la Figura 4.27, el retardo, la curva de color azul representa la red actual que tiene la empresa y la curva de color rojo representa la red corporativa diseñada incluido con los dispositivos IoT Wi-Fi, el retardo máximo de la red actual de la empresa es 0.00022 segundos y el retardo con la red IoT es de 0.00027 segundos, se tiene un incremento de retardo de un 12% ya que se a tenido un aumento de dispositivos en la red.

Figura 4.27 Resultado de retardo simulado Opnet

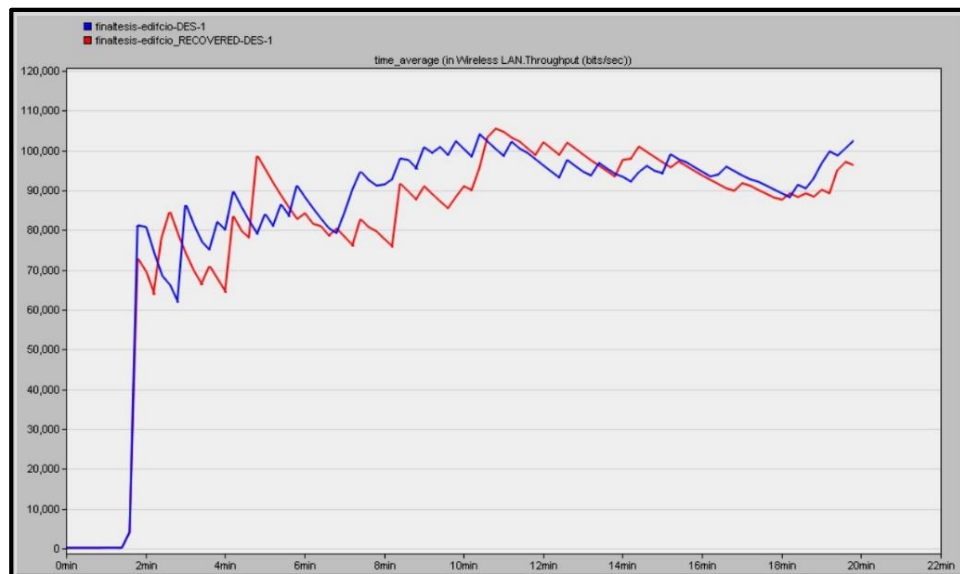


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.2.2. Rendimiento/Throughput

Como puede verse en la Figura 4.28, el rendimiento en la red, la curva azul representa la red actual de la empresa y la red roja representa la red IoT donde el rendimiento de la simulación va de 70 Kbps a 100 Kbps donde se tiene un beneficio del aumento de 30% de rendimiento de la red.

Figura 4.28 Resultados rendimiento simulado Opnet

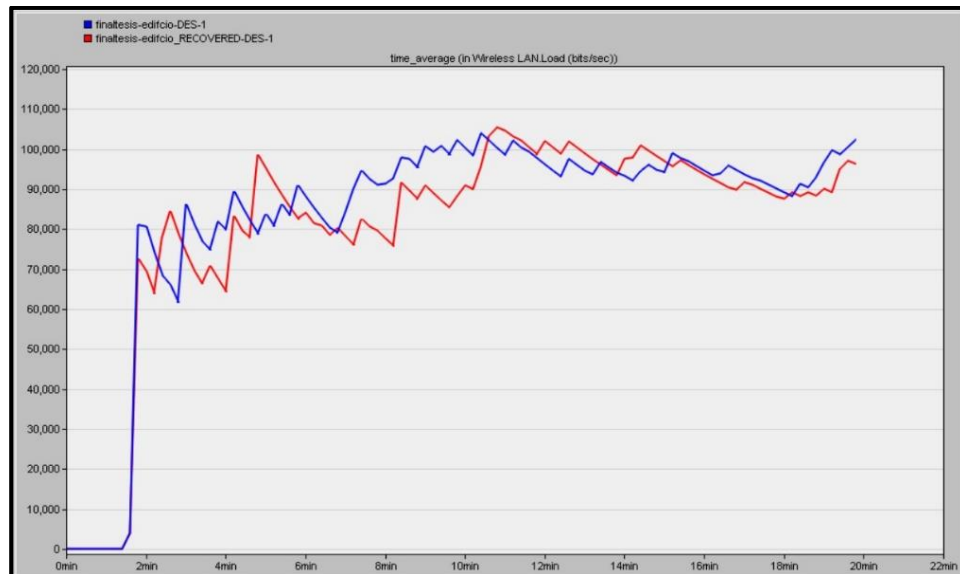


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.2.3. *Carga/Load*

Como puede verse en la Figura 4.29, la carga de paquetes en la red, la curva azul representa la red actual de la empresa y la curva roja la red IoT. La carga de la red va de 80 kbps a 90 kbps, el porcentaje de la carga aumenta un 11% donde la red IoT predomina, permitiendo la circulación de paquetes en la red sin problemas.

Figura 4.29 Resultados Carga simulado Opnet



Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.2.4. *Retardo de acceso al medio/Media Access Delay*

Como puede verse en la Figura 4.30, el retardo de acceso al medio, donde la curva azul representa la red actual de la empresa y la curva roja representa la red IoT con un retardo de encolamiento 0.00055 segundos a 0.00060 segundos, además se tiene una demora de los terminales al acceder a la red.

Figura 4.30 Resultado de retardo simulado en Opnet

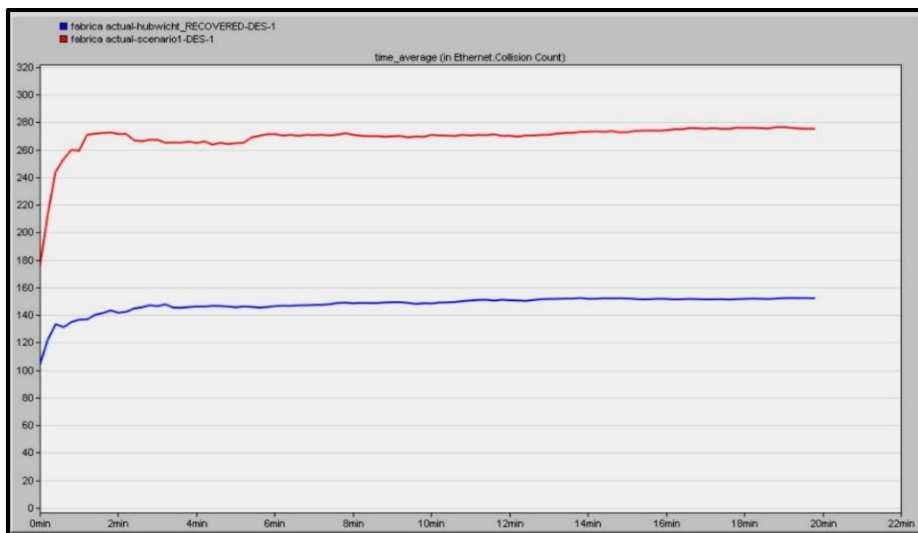


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.2.5. Paquetes perdidos (traffic Dropped)

Como puede verse en la Figura 4.31, la curva de color azul representa la red actual de la empresa y la curva roja representa la red IoT, se tiene al inicio una pérdida de paquetes de hasta 260 paquetes por segundo, pero se estabiliza a una pérdida de 140 paquetes por segundo, dando una disminución de 56% de pérdidas de paquetes, dando de esta manera una mejor calidad de servicio planteado en la red.

Figura 4.31 Resultados de pérdida de paquetes simulado Opnet



Realizado por: Darwin Bahamonde



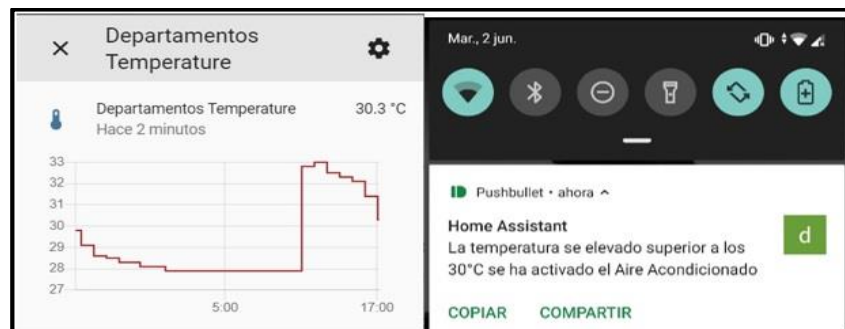
### 4.5.3. Fase de Operación en la Plataforma Home Assistant

La Plataforma Home Assistant es un servidor IoT que permite gestionar los elementos IoT Wi-Fi, se ha simulado sensores que se quieren incorporar en el diseño, mediante la plataforma se podrá recolectar los datos y controlar los actuadores según la necesidad de la empresa, a continuación, se realiza las pruebas que permita evaluar el resultado.

#### 4.5.3.1. *Temperaturas altas en la empresa*

Para verificar la detección de anomalías, se ha simula una elevación de temperatura por encima de 30 °C, como puede verse en la Figura 4.32, el historial de la temperatura ha superado el límite programado, inmediatamente se envía un mensaje notificando de la anomalía a través de la aplicación de mensajería “Pushbullet”, que se puede recibir directamente al teléfono móvil.

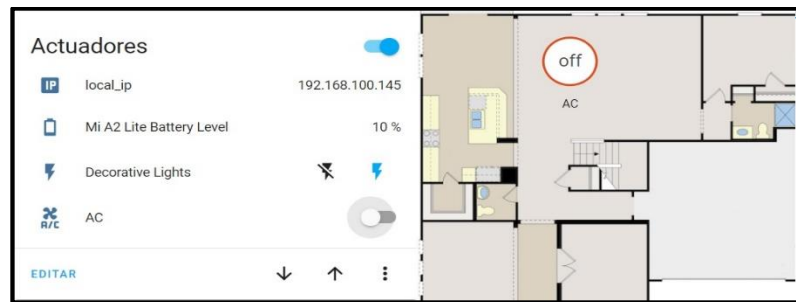
Figura 4.32 Grafica de temperatura y notificación a Pushbullet



Realizado por: Darwin Bahamonde

Al igual que se envía las notificaciones también automáticamente se activan los actuadores programados, cómo se puede ver en la Figura 4.33, el ícono del Aire Acondicionado (AC) esta desactivado ya que la temperatura está en los limites planteados anteriormente, este ícono puede ser programado con un actuador como Aire Acondicionado.

Figura 4.33 Pantalla HA integrado los actuadores



Realizado por: Darwin Bahamonde

Cuando la temperatura aumenta mayor a 30°C el ícono del Aire Acondicionado (AC) se activa inmediatamente como puede verse la Figura 4.34, así pudiendo activar los actuadores automáticamente a través de la plataforma Home Assistant.

Figura 4.34 Pantalla HA activación de actuadores

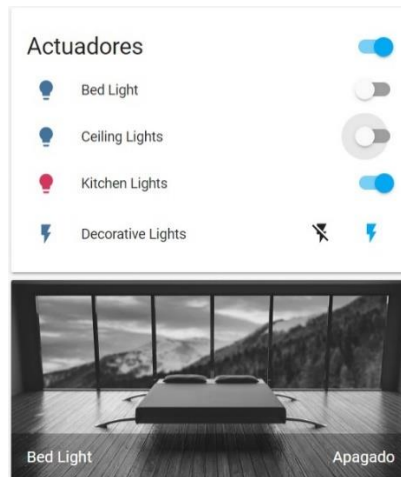


Realizado por: Darwin Bahamonde

#### 4.5.3.2. *Sensor de Movimiento*

Para comprobar la detección de movimiento, se ha simula la activación de un actuador de iluminación, como puede verse en la Figura 4.35, el actuador Bed light esta desactivado

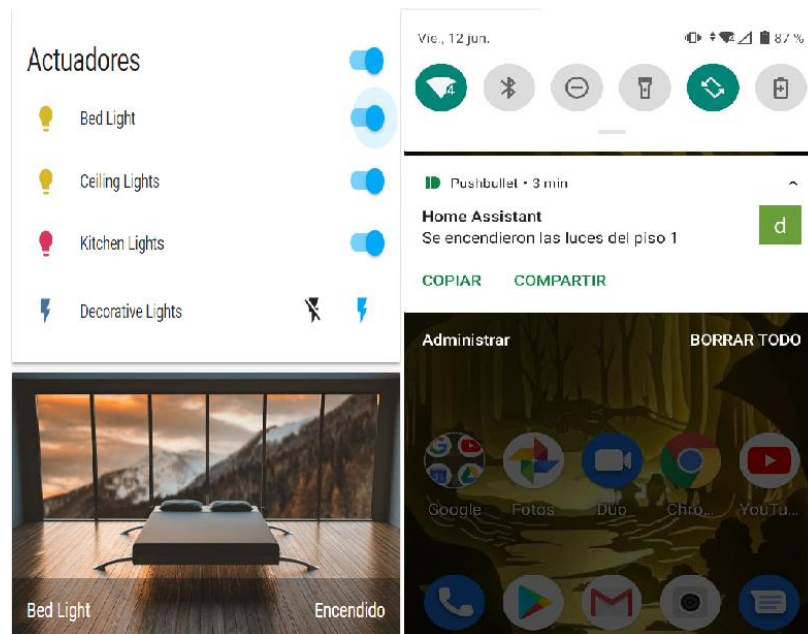
Figura 4.35 Pantalla de Actuadores



Realizado por: Darwin Bahamonde

Al activar el sensor de movimiento automáticamente el actuador Bed light se activa prendiendo la iluminación como puede verse en la Figura 4.36, inmediatamente se envía una notificación al teléfono móvil a través de la aplicación de mensajería “Pushbullet”

Figura 4.36 Mensaje en Celular Inteligente



Realizado por: Darwin Bahamonde

## CONCLUSIONES

La red corporativa propuesta para Roger Sport representa una solución que integra los componentes LAN, WLAN e IoT Wi-Fi de Internet de las Cosas (IoT) bajo los estándares respectivos y permiten una infraestructura tecnológica con alto nivel de seguridad para los empleados de las diferentes áreas.

En base a las pruebas de funcionalidad realizadas, el diseño de la red propuesto cumple satisfactoriamente con las necesidades en cuanto la gestión de los indicadores ambientales tales como iluminación, temperatura, ingreso de empleado e incendio.

Con las pruebas realizadas en el simulador Opnet se puede comprobar que la red propuesta tiene un mejor rendimiento de un 30% a la red actual de la empresa y con una mejora del 12% en el retardo, cuenta con etiquetas dando prioridad al tráfico de red permitiendo que la pérdida de paquetes sea mejorada en un 56%, demostrando así que la red propuesta no tendrá inconvenientes al ser implementada.

De acuerdo al análisis de factibilidad económica, la red IoT para la empresa Roger Sport es un proyecto viable ya que la inversión inicial de \$72.059,57 se podría recuperar en un periodo de 10 meses, además ello generaría una ganancia del 12% y una VAN de \$3122.28 esto puede generar ahorros a la empresa en una futura implementación de la red.

## **RECOMENDACIONES**

La implementación de la red IoT integral se requiere un análisis de la maquinaria interna a fin de colocar los sensores en lugares estratégicos que permitan lecturas más precisas del ambiente de elaboración.

Para tener un buen estado operativo de la red IoT es recomendable asignar a una persona capacitada con certificación de redes que pueda realizar mantenimiento a los equipos, actualizaciones de software y administración de la red.

Se recomienda incorporar políticas de seguridad y a la vez que se recomiende que solo personal autorizado se puede ingresar al cuarto de comunicaciones.

## REFERENCIAS

Cisco, I. N. (14 de Octubre de 2014). *Reporting on How the World communicates*. Obtenido de Internet of Things World Forum (IoTWF) leaders announce new IoT Reference Model and IoTWF Talent Consortium: <https://telecomreseller.com/2014/10/14/internet-of-things-world-forum-iotwf-leaders-announce-new-iot-reference-model-and-iotwf-talent-consortium/>

Morales, M. (2015). *Internet de las Cosas en la transformacion digital de las empresas*. Madrid: Comparte este EBOOK.

Núñez, R. (7 de Julio de 2018). *10 consideraciones en la construccion de Edificios Inteligentes con Internet de las Cosas (IoT)*. Obtenido de IoT online: [https://www.iotworldonline.es/10-consideraciones-en-la-construccion-de-edificios-inteligentes-con-internet-de-las-cosas-iot/#Las\\_consider](https://www.iotworldonline.es/10-consideraciones-en-la-construccion-de-edificios-inteligentes-con-internet-de-las-cosas-iot/#Las_consider)

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *La Internet de las Cosas-Una breve reseña*. Madrid: ISOC.

Ruiz, B. (21 de Junio de 2019). *IoT, big data e IA en el mantenimiento predictivo para fortalecer la industria 4.0*. Obtenido de My Press: <https://www.mypress.mx/tecnologia/iot-big-data-e-ia-en-el-mantenimiento-predictivo-para-fortalecer-5630>

Telectronica. (4 de Mayo de 2018). *IoT*. Obtenido de 2018: ¿Qué el Internet de las Cosas? – Aplicaciones e Importancia

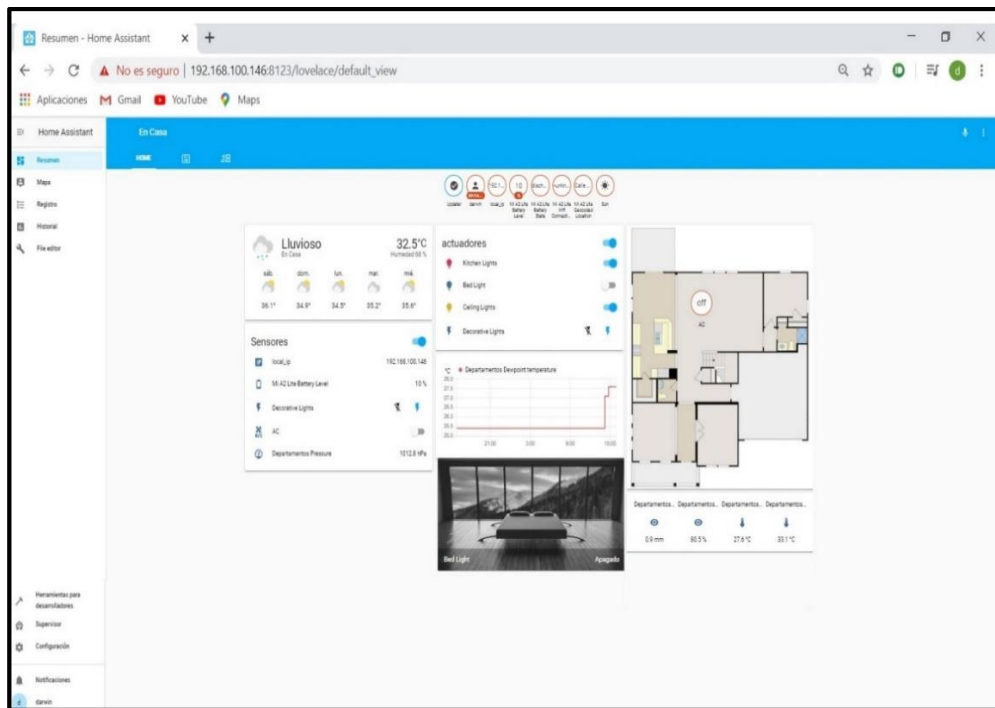
ANEXOS 1 ESQUEMA DE LA POSICIÓN DE LOS ELEMENTOS IOT QUE SE INCORPORARA EN LA EMPRESA



Realizado por: Darwin Bahamonde

## ANEXOS 2 PANTALLAS HA

### Pantalla de Resumen de Datos



Realizado por: Darwin Bahamonde

### Pantalla Historial



Realizado por: Darwin Bahamonde



## ANEXOS 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS RED Y IOT WI-FI

### - Selección de elementos IoT Wi-Fi

#### *Sensor de Humo FAD122A-W*



Referencia: <https://www.bydemes.com/es/producto/DAHUA-1685-cat1-id9400>

#### **Sensor de Movimiento HUM1220APIR**



Referencia: <https://citylink.mx/products/dahua-hum1220apir>

#### **Sensor de Temperatura UbiBot WS1 Pro WI-FI SIM**



Referencia: <https://citylink.mx/products/dahua-hum1220apir>

#### **Control de Acceso a las puertas DAHUA ASC1204B**



Referencia: [https://www.tvc.mx/shop/catalog/product\\_info.php?cPath=27\\_65&products\\_id=9420](https://www.tvc.mx/shop/catalog/product_info.php?cPath=27_65&products_id=9420)

### Sistema de Control de Incendio W-GATE



Referencia: <https://www.firelite.com/en-us/Pages/Product.aspx?category=Wireless%20Fire%20Alarm%20Solution&cat=HLS-FIRELITE&pid=W-GATE>

### Cámara de Seguridad DH-IPC-HFW1120S-W



Referencia: <http://www.tecnosmart.com.ec/v2/productos/camaras-digitales/sistemas-de-vigilancia-cctv-camaras-ip/dahua-dh-ipc-hfw1120s-w.html>

### - Selección de Equipos para el diseño de la red

#### Controladores de movilidad Aruba serie 7010:



Referencia: <https://www.arubanetworks.com/es/productos/productos-de-red/controladores/mobility-controllers-de-la-serie-7010/>

#### Switch Aruba 2930F 16SFP+ Switch de 2 ranuras (JL075A):



Referencia: <https://www.megaterashop.com/SWITCH-HPE-ARUBA-2930F-16-SFP-2->

[RANURAS-PARA-MODULOS-Y-1-SLOT-PARA-MODULO-DE-STACKING-ARUBA-HP-JL0.5406\\_1461124087](#)

**El Conmutador Aruba 2930M 24G PoE+ 4SFP+ (JL356A):**



Referencia: <https://buy.hpe.com/lamerica/es/networking/switches/fixed-port-l2-managed-ethernet-switches/2930M-switch-products/aruba-2930M-switch-series/aruba-2930M-24g-poe-4sfp-switch/p/JL356A>

**Access Point de la serie Aruba 515:**



Referencia: <https://www.arubanetworks.com/products/networking/access-points/515-series/>

**FortiGate 6000F:**



Referencia: <https://www.avfirewalls.com/FortiGate-6000F.asp>

# Datasheet de Cable de Fibra Óptica MONOTUBO



## Cable de Fibra Óptica MONOTUBO

Exterior e Interior - Multimodal | Monomodo



### Cable Armado Exterior e Interior

Multimodal - Monomodo

LightMax® presenta el cable para exteriores e interiores armado, monotubo, multimodal y monomodo. El cable armado es ideal para instalaciones/aplicaciones aéreas, en ductos o enterrado directo. De alto desempeño y estabilidad gracias a sus dos guías de acero, el cable armado monotubo integra además una hoja de acero corrugado que le da robustez mecánica al tubo holgado que contiene un gel anti-agua para protección de las fibras.

El recubrimiento del cable es de polietileno (PE) de alta resistencia que en condiciones de instalación y ambientales adecuadas (radiación solar UV, temperatura, humedad, naturaleza atmosférica) puede proveer una durabilidad de 5 años o mismo superior sin que el cable pierda sus características originales.

### Características



### ESPECIFICACIONES

#### ATENUACIÓN DE LA FIBRA

| Item                    | Descripción        |            |
|-------------------------|--------------------|------------|
| G652D   G657A1   G657K2 | Atenuación @1310nm | 0.36 dB/Km |
|                         | Atenuación @1550nm | 0.22 dB/Km |
| OM3   OM4   OM5         | Atenuación @850nm  | 3.2 dB/Km  |
|                         | Atenuación @1300nm | 1.0 dB/Km  |

#### DIMENSIONES Y FABRICACIÓN DEL CABLE

| Item                    | Descripción        |                              |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|
| Fibra óptica            | Total de fibras    | 6/12                         |
|                         | Material           | PBT                          |
| Tubo holgado            | Diámetro           | 2.8 ±0.2 mm                  |
|                         | Espesor            | 0.35 ±0.05 mm                |
| Protección a la humedad | Material           | Gel hidrófugo                |
|                         | Material           | Acero corrugado              |
| Armadura                | Espesor            | 0.15 mm (0.25 alá del oval.) |
|                         | Material           | Hilos paralelos en acero     |
| Guías                   | Diámetro           | 1 mm ±0.05 mm                |
|                         | Material           | LSZH                         |
| Recubrimiento           | Espesor            | 1.0 ±0.1 mm                  |
|                         | Diámetro del cable | 8.8 mm aprox.                |
| Peso del cable          | 85 kg/km aprox.    |                              |

Colores de las fibras: 1-Azul | 2-Amarillo | 3-Verde | 4-Naranja | 5-Gris | 6-Naranja/Blanco | 7-Rojo | 8-Verde | 9-Azul | 10-Blanco | 11-Blanco | 12-Blanco

#### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y AMBIENTALES

| Item  | Normas               | Descripción  |
|---|----------------------|--|
| LET (Cambio de la elasticidad a la tensión) | IEC 60794-1-41       | Cambios en la atenuación: <math>\pm 0.10\text{dB}/300\text{s}</math> |
|   | Al instalar          | Cambios en la atenuación: <math>\pm 0.30\text{dB}/300\text{s}</math> |
| Resistencia al apilastamiento               | IEC 60794-1-43       | Cambios en la atenuación: <math>\pm 0.10\text{dB}/300\text{s}</math> |
|   | Al instalar          | Cambios en la atenuación: <math>\pm 0.30\text{dB}/300\text{s}</math> |
| Repetitividad de flexión                    | IEC 60794-1-45       | Mayor cambio en la atenuación: <math>\pm 0.10\text{dB}</math>        |
|   | Torsión              | IEC 60794-1-47   |
| Penetración de agua                         | IEC 60794-1-2-F5     | Mayor cambio en la atenuación: <math>\pm 0.10\text{dB}</math>        |
|   | Temperatura (operat) | IEC 60794-1-2-F1   |
| Radio de curvatura                          | Estático             | 30 x Diámetro del cable  |
|   | Dinámico             | 10 x Diámetro del cable  |

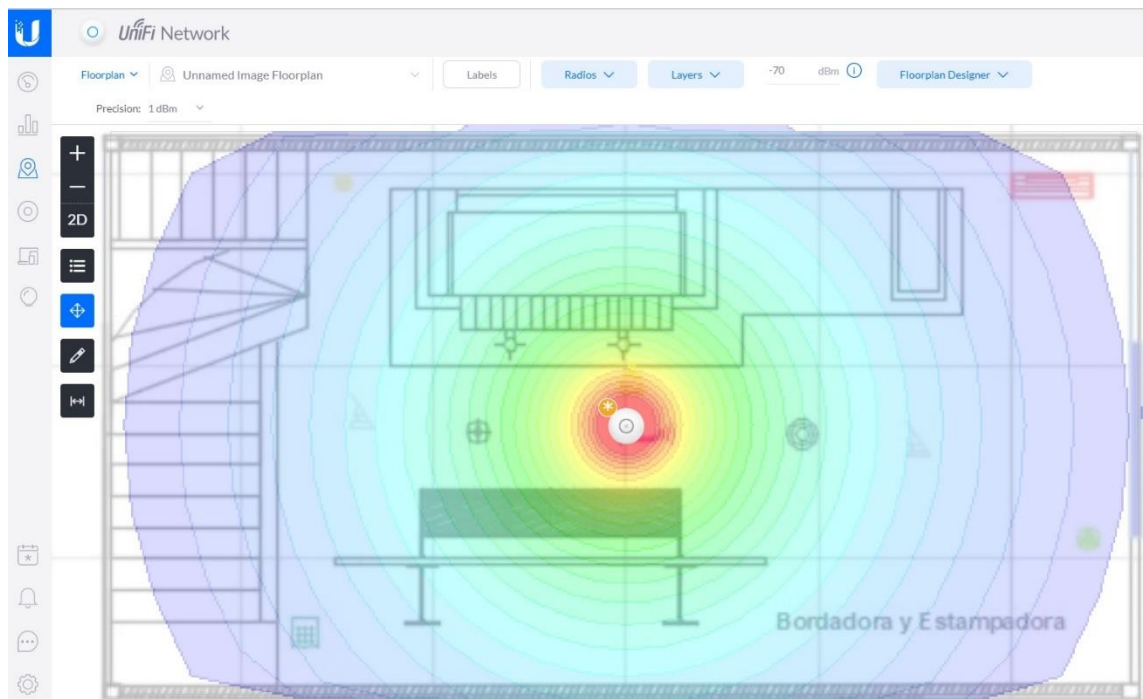


Características y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

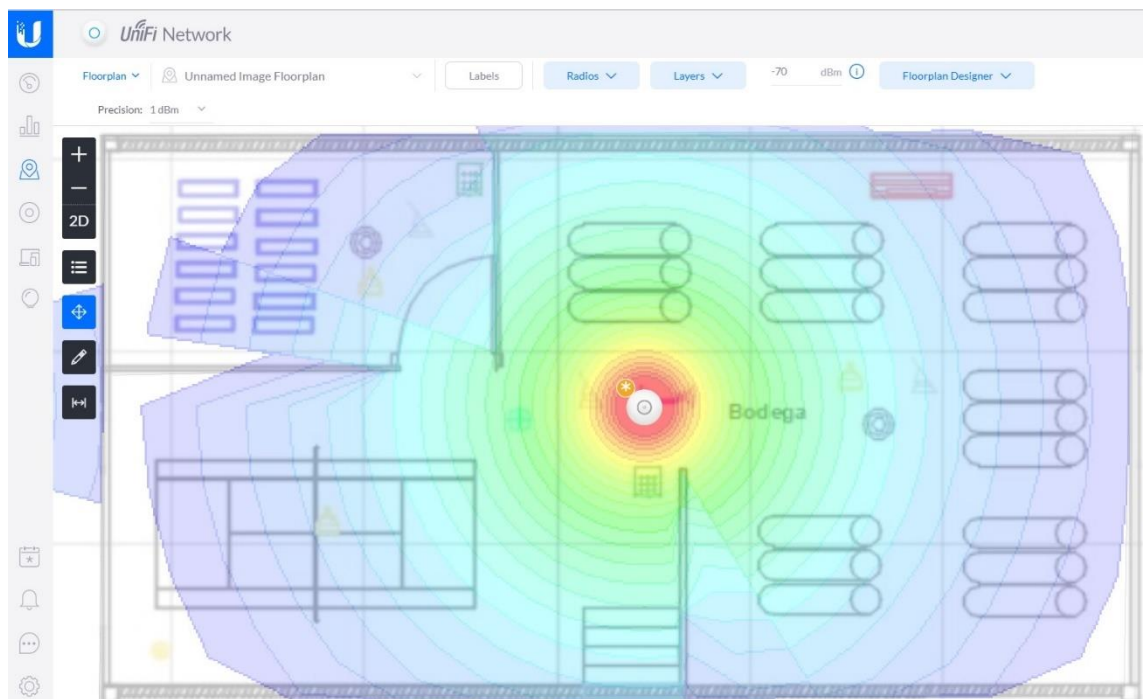
## ANEXOS 4 COTIZACIÓN COSTO DE INVERSIÓN INICIAL

| 1  | CODIGC DESCRIPCION  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO          | PRECIO TOTAL    |
|----|---|--------|----------|--------------------------|-----------------|
| 2  |   |        |          |                          |                 |
| 3  | <b>CABLEADO ESTRUCTURADO / LAN</b>                        |        |          |                          |                 |
| 4  | 1 TUBERIA EMT 3/4" INCLUYE ACCESORIOS DE CONEXIO          | c/u    | 400      | 2,16                     | 864             |
| 5  | 2 CANALETA DE 10X08 CM, TIPO ESCARELLIDA SIST. RED IoT    | m      | 200      | 14,14                    | 2828            |
| 6  | 3 PUNTO DE DATOS SIMPLE CON CABLE F/UTP CAT5A             | c/u    | 25       | 80,77                    | 2019,25         |
| 7  | 4 RACK SALA DE COMUNICACIÓN TIPO ARMARIO 19u              | c/u    | 2        | 211,18                   | 422,36          |
| 8  | 5 RACK SALA DE COMUNICACIÓN TIPO ARMARIO 6U               | c/u    | 5        | 164,1                    | 820,5           |
| 9  | 6 PATCH PANEL 24 PUERTOS RJ45 BLINDADO MODJLAR            | c/u    | 7        | 39,99                    | 279,93          |
| 10 | 7 ORGANIZADOR HORIZONTAL                                  | c/u    | 7        | 13,56                    | 94,92           |
| 11 | 8 PATCH CORD DE 3 PIES, CAT 6A                            | c/u    | 170      | 12,2                     | 2074            |
| 12 | 9 PATCH CORD DE 7 PIES, CAT 6A                            | c/u    | 15       | 13,96                    | 209,4           |
| 13 | 10 CERTIFICACION DE PTOS Y JACK                           | c/u    | 25       | 7,25                     | 181,25          |
| 14 |   |        |          |                          |                 |
| 15 | <b>SISTEMA DE NETWORKING</b>                              |        |          |                          |                 |
| 16 | 11 SWITCH CAPA 2 DE 24 PUERTOS POE 2540 (JL356A)          | c/u    | 5        | 3003,6                   | 15018           |
| 17 | 12 SWITCH CAPA 3 DE 24 PUERTOS RJ45 3810M (JL075A)        | c/u    | 1        | 11086,8                  | 11086,8         |
| 18 | 13 ROUTER HPE HSR6802 modelo JG361A                       | c/u    | 1        | 5313                     | 5313            |
| 19 | 14 SERVIDOR DE DATOS HPE M710X                            | c/u    | 1        | 9754,88                  | 9754,88         |
| 20 | 15 FIREWALL FORTIGATE 6300F                               | c/u    | 1        | 7792,2                   | 7792,2          |
| 21 | 16 ACCES POINT HPE 510                                    | c/u    | 20       | 144,01                   | 2880,2          |
| 22 |   |        |          |                          |                 |
| 23 | <b>SISTEMA DE FIBRA OPTICA</b>                            |        |          |                          |                 |
| 24 | 17 FIBRA OPTICA MULTIMODO 6 HILOS                         | c/u    | 200      | 3,97                     | 794             |
| 25 | 18 BANDEJA DE FIBRA OPTICA 12P CONECTORES LC              | c/u    | 2        | 168,83                   | 337,66          |
| 26 | 19 BANDEJA DE FIBRA OPTICA 6P CONECTORES LC               | c/u    | 5        | 158,2                    | 791             |
| 27 | 20 CONECTORES DE FIBRA OPTICA DUPLEX                      | c/u    | 10       | 3,63                     | 36,3            |
| 28 | 21 ACOPLADORES DE FIBRA OPTICA DUPLEX                     | c/u    | 10       | 3,63                     | 36,3            |
| 29 | 22 PATCH CORD FIBRA OPTICA 7 PIES DUPLEX                  | c/u    | 10       | 31,49                    | 314,9           |
| 30 | 23 FUSIONADO Y CERTIFICACION DE FIBRA OPTICA, INCLUYE PIG | c/u    | 20       | 32,08                    | 641,6           |
| 31 |   |        |          |                          |                 |
| 32 | <b>DISPOSITIVOS IOT</b>                                   |        |          |                          |                 |
| 33 | 24 Sensor de Movimiento (HUM1220APIR)                     | c/u    | 11       | 64,67                    | 711,37          |
| 34 | 25 Detector de Humo (FAD122A-W)                           | c/u    | 10       | 48,64                    | 486,4           |
| 35 | 26 Detector de Incendio (W-GATE)                          | c/u    | 6        | 36,49                    | 218,94          |
| 36 | 27 Sensor de temperatura (UbiBot WS1 Pro WiFi SIM)        | c/u    | 5        | 74,97                    | 374,85          |
| 37 | 28 Control de Accesos (DAHUA ASC1204B)                    | c/u    | 2        | 216                      | 432             |
| 38 | 29 Cámara de seguridad Dahua DH-IPC-HFW1120S-W            | c/u    | 9        | 100,86                   | 907,74          |
| 39 | 30 Lectores RFID para etiquetas                           | c/u    | 2        | 181,41                   | 362,82          |
| 40 |   |        |          |                          |                 |
| 41 | <b>Mano de Obra</b>                                       |        |          |                          |                 |
| 42 | 31 Administracion y configuracion                         |        | 1        | 3975                     | 3975            |
| 43 |   |        |          |                          |                 |
| 44 |   |        |          |                          |                 |
| 45 |   |        |          | <b>TOTAL PRESUPUESTO</b> | <b>72059,57</b> |

## ANEXOS 5 MAPAS DE CALOR DEL PISO 2 Y 3



### Configuraciones segundo Piso



### Configuraciones tercer Piso

Realizado por: Darwin Bahamonde

