



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“VIRTUALIZACIÓN DE LAS REDES FTTH A TRAVÉS DE  
SDN PARA OPTIMIZAR SU ADMINISTRACIÓN”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

**LOURDES ELIZABETH SALAO JURADO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme vida y fortaleza, a mi madre Marlene Jurado y a mi padre Luis Salao por ayudarme siempre y animarme a culminar este proyecto, a mi tío Harry Salas que siempre confía y me apoya para seguir adelante, a mis abuelitos Florinda Yagual y José Salao que siempre me cuidan y aconsejan, a Hellen Salao, mi tío Pedro Salao, Miriam Moran y David Ponce por brindarme su ayuda cuando la necesite.

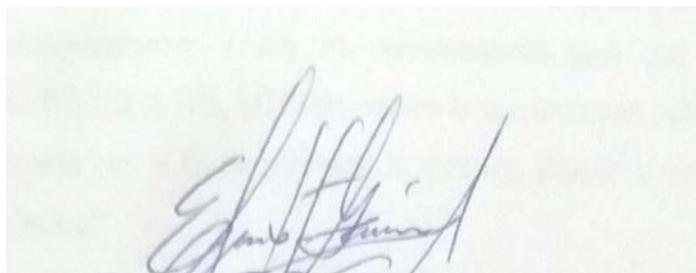
A mi director de tesis, el Dr. Álvaro Suarez por brindarme parte de su tiempo, por su paciencia y por el ánimo que me brindo para poder realizar este proyecto, al Msc. Albert Espinal y al MSc. Angelo por aportar con ideas para poder mejorar mi proyecto, a Johanna Pacheco que supo brindarme su ayuda al despejar mis inquietudes relacionadas con el proceso de ingreso de proyecto.

A mis Compañeros de trabajo y amigos que me brindaron su apoyo.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mi familia por su incondicional apoyo y gracias a ellos pude culminar este proyecto, también lo dedico a mis profesores que cultivaron en mí sus conocimientos.

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

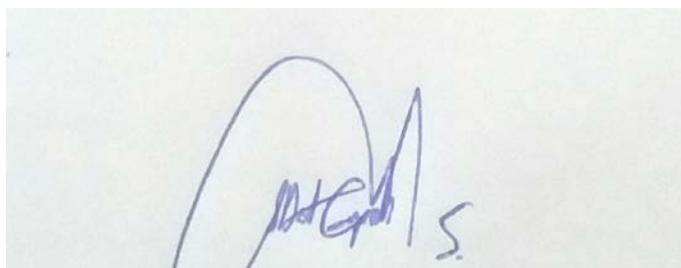


Sixto García Aguilar, PhD.  
**SUBDECANO DE LA FIEC**



---

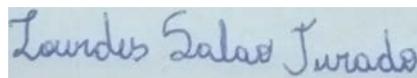
Álvaro Suarez Sarmiento, PhD.  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**



Albert Espinal Santana, MSc.  
**MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Lourdes Salao Jurado".

**Lourdes Salao Jurado**

## RESUMEN

Actualmente las redes de acceso FTTH, es una de las opciones más rentables para ofrecer servicios de Telecomunicaciones, debido al gran ancho de banda que ofrece y por el bajo costo de la fibra.

La demanda de mayor ancho de banda es constante debido a las aplicaciones o servicios actuales, lo que provoca que las empresas compren equipos que ofrezcan mayor capacidad, pero éstos a su vez son más complejos de administrar. De esta manera la red se va llenando de estos equipos que presentan muchos problemas, lo que limita a la empresa a satisfacer la demanda de sus clientes, que son más exigentes con la calidad del servicio.

Los problemas de administración en las redes de acceso FTTH, muchas veces es causada por: problemas de incompatibilidad, de configuración, o por no tener una visión general de la red que causan problemas en su administración.

Este problema limita a las empresas a realizar mejoras en sus redes debido a que su infraestructura no es flexible y cualquier cambio en la red implicaría una gran inversión; las empresas buscan alguna herramienta que les permita terminar con este problema pues muchas veces por economía o falta de conocimiento no toman la opción más adecuada para resolverlo.

La opción que muchas empresas están usando actualmente es SDN, que elimina los problemas de gestión de la red. Con esta tecnología las redes son más flexibles, escalables, seguras, menos complejas y fáciles de administrar, debido a que el control de red es centralizado. También permite virtualizar varios equipos en uno solo, además de utilizar equipos de diferentes marcas sin que esto cause problemas.

Esta tecnología es la solución a los problemas de las redes actuales para poder adaptarse a las necesidades de sus clientes sin que les afecte a ellos o a la empresa.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA.....	V
RESUMEN .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. MARCO REFERENCIAL .....	1
1.1 Descripción del Problema .....	1
1.2 Importancia y justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Alcances y limitaciones.....	4
CAPÍTULO 2 .....	5
2. LAS REDES DE ACCESO CON TECNOLOGÍA FIBER TO THE HOME .....	5
2.1 Características.....	5
2.2 Estructura .....	6
2.3 Problemas de Fiber To The Home .....	7
2.3.1 Incompatibilidad de Hardware.....	11
2.3.2 Innovación y desarrollo deficiente.....	12
2.3.3 Administración y mantenimiento de la red.....	12
2.4 La gestión de Fiber To The Home.....	13
2.4.1 Capacitación de Recursos Humanos.....	14
2.4.2 Coste de los equipos de Fiber To The Home.....	15

2.4.3 Un ejemplo de arquitectura en Guayaquil .....	15
3. SOFTWARE DEFINED NETWORKING Y SOLUCIONES A LA GESTIÓN INADECUADA DE FIBER TO THE HOME.....	21
3.1 Introducción.....	21
3.2 Software Defined Networking y la virtualización.....	22
3.2.1 Ventajas.....	23
3.2.2 Arquitectura .....	24
3.2.3 Fabricantes de equipos Software Defined Networking.....	25
3.3 Openflow .....	27
3.3.1 Principios básicos .....	28
3.3.2 Protocolos y Servicios.....	28
3.3.3 Equipos .....	32
3.4 La gestión de Software Defined Networking con Fiber To The Home .....	38
3.5 Virtualización de las redes Fiber To The Home con tecnología Software Defined Networking .....	38
3.5.1 Virtualización de routers .....	39
3.6. Análisis y evaluación de las propuestas.....	44
3.7 Diseño de red virtualizada con tecnología Software Defined Networking .....	50
3.7.1 Infraestructura y elementos .....	52
3.7.2 Equipos Openflow.....	53
3.7.3 Protocolos y Servicios.....	55
3.8 Estudio económico de una red Fiber To The Home virtualizada con Software Defined Networking .....	58
CAPÍTULO 4 .....	60
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
4.1 Análisis de costes .....	60
4.2 Ahorro económico para los proveedores de servicios de Internet y Telecomunicación.....	67

4.3 Ahorro energético y ventajas para el cliente .....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA. ....	78
APÉNDICE A .....	84
Cobertura inalámbrica y por cable para el centro comercial Riocentro los Ceibos.....	84
APÉNDICE B .....	110
Anillo de fibra para dar cobertura de Internet a la ciudad de Guayaquil.....	110
APÉNDICE C .....	115
Encuesta acerca del servicio de Internet.....	115
APÉNDICE D .....	115
Glosario.....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Gastos del Personal de servicio técnico.....	20
Tabla 2 Precios de equipos SDN .....	37
Tabla 3 Características de equipos vCPE.....	46
Tabla 4 Gastos de la visita técnica.....	61
Tabla 5 Precios de equipos SDN Alcatel Lucent-Nokia.....	63
Tabla 6 Precios de planes de Netlife .....	64
Tabla 7 Ingresos y egresos de Netlife .....	66
Tabla 8 Depreciación de equipos SDN.....	67
Tabla 9 Beneficios del aseguramiento del servicio .....	69
Tabla 10 Beneficios del cumplimiento del servicio .....	70
Tabla 11 Consumo de energía de los Servidores .....	72
Tabla 12 Elementos para distribución de fibra óptica .....	89
Tabla 13 Características del AP7110DN-AGN .....	91
Tabla 14 Elementos Internet inalámbrico.....	94
Tabla 15 Centrales en la ciudad de Guayaquil.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Arquitectura FTTH .....	7
Figura 2.2 Reclamos de Internet Fijo en el Ecuador [7].....	8
Figura 2.3 Servicios de Internet Netlife.....	19
Figura 2.4 Tiempos de reparación de los técnicos de Netlife.....	10
Figura 2.5 Participación en mercado de Internet fijo [9].....	16
Figura 2.6 Proyección en la participación en el mercado Internet fijo .....	17
Figura 2.7 Conexiones de fibra por provincial [10] .....	17
Figura 2.8 Mapa de cobertura Netlife [6].....	18
Figura 2.9 Personal de servicio técnico de Netlife[6] .....	19
Figura 3.1 Arquitectura SDN. [16] .....	25
Figura 3.2 Equipos SDN e HP [30].....	32
Figura 3.3 Equipos SDN de Alcatel-Lucent [31] .....	34
Figura 3.4 Equipos SDN de Huawei [32].....	35
Figura 3.5 Equipos NetEngine40E SDN de Huawei [33].....	36
Figura 3.6 vCPE de Nokia y Alcatel-Lucent [35].....	41
Figura 3.7 Mapa de cobertura de los divisores de señal Google Map. ....	51
Figura 3.8 Service Router 7750 [41] .....	53
Figura 3.9 Service Access Manager 7368 [38].....	54
Figura 3.10 Parte posterior del 7368 [38] .....	55
Figura 4.1 Gastos de la visita técnica .....	62
Figura 4.2 Red SDN vs Red actual .....	62

Figura 4.3 Plan de Netlife adquirido por los clientes .....	65
Figura 4.4 Reducción de costos con la virtualización [44].....	71
Figura 4.5 Beneficios del cliente con una red virtualizada.....	74
Figura A.1 Riocentro los Ceibos [48] .....	84
Figura A.2 Interior del Riocentro los Ceibos [48] .....	85
Figura A.3 Mapa de Riocentro los Ceibos.....	87
Figura A.4 Caja terminal óptica [49].....	88
Figura A.5 Caja de distribución óptica de planta [49].....	88
Figura A.6 Roseta óptica [49] .....	89
Figura A.7 AP7110DN-AGN [50].....	90
Figura A.8 Topología malla con MP, MPP y terminales inalámbricos (STA) [51] .....	92
Figura A.9 Controlador de acceso AC6605 [52].....	93
Figura A.10 Switch 7706 [53].....	94
Figura A.11 Selección del entorno .....	96
Figura A.12 Selección del mapa de Riocentro los Ceibos.....	97
Figura A.13 Dimensiones de Riocentro los Ceibos .....	98
Figura A.14 Selección de punto de acceso.....	99
Figura A.15 Configuración de puntos de acceso.....	100
Figura A.16 Representación de colores de intensidad de la señal.....	101
Figura A.17 Intensidad de señal baja .....	101
Figura A.18 Intensidad de señal media .....	102
Figura A.19 Intensidad de señal buena.....	102
Figura A.20 Intensidad de señal mejor .....	103

Figura A.21 Intensidad de señal mejor .....	104
Figura A.22 Intensidad de señal baja .....	105
Figura A.23 Intensidad de señal media .....	106
Figura A.24 Intensidad de señal buena .....	106
Figura A.25 Intensidad de señal la mejor .....	107
Figura A.26 Intensidad de señal mejor .....	108
Figura A.27 Intensidad de señal baja .....	108
Figura C.28 Porcentajes de usuarios de Internet por empresa.....	115
Figura C.29 Información recopilada en la encuesta .....	117

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO REFERENCIAL

En esta sección se detalla la problemática por la cual se realiza este estudio, para comprender más sobre el tema es necesario conocer los siguientes apartados:

- Descripción del Problema.
- Importancia y justificación.
- Objetivos.
- Alcances y limitaciones.

### 1.1 Descripción del Problema

Los proveedores de servicios de Internet y Telecomunicación, ofrecen sus servicios a través de las redes de acceso de tecnología *Fiber to the Home (FTTH)*. Esto es debido, entre otras cosas a que: ofrece mayor ancho de banda, mayor cantidad de servicios y mayor calidad y por último obtienen mayores ingresos económicos.

Sin embargo, estos mismos proveedores suelen tener pérdidas económicas, las cuales están asociadas a una gestión inadecuada, que afecta directamente a los servicios que ofrece a sus usuarios, ocasionando problemas como:

- Lentitud y caída del servicio, ocasionado por problemas en la red o en los equipos terminales.
- Tiempos de espera prolongado, ésto sucede al momento de solicitar un cambio, un nuevo servicio, una visita técnica o una instalación.
- Personal de servicio técnico no se da abasto, para realizar instalaciones o reparaciones inmediatamente.

Las consecuencias de estos problemas son:

- Reclamos por parte de los clientes que se sienten molestos por recibir un mal servicio.
- Pérdida de clientes, los cuales al no sentirse satisfechos cambian de proveedor.
- Es muy costosa la gestión, tanto en recursos personales (*transportación del personal*) como técnica (*formación técnica del personal*) y adicionalmente se necesita proveer a los usuarios finales (*clientes*) con una gran cantidad de equipos terminales (*encaminadores extremos de la red*).

Estos son los motivos, por los que se plantea este estudio utilizando la virtualización a través de *Software Defined Networking (SDN)*, para poder evitar los problemas ocasionados por una inadecuada administración y ofrecerles un buen servicio a los usuarios.

## **1.2 Importancia y justificación**

Las soluciones, que se han dado para mejorar la gestión de redes de acceso con tecnología FTTH en los últimos años son:

- Software específico para gestionar las redes.
- *Network Function Virtualization (NFV)*.
- *Software Defined Networking (SDN)*.

Entre estas opciones, la más indicada para resolver la problemática planteada es la tecnología SDN ya que cuenta con las siguientes características:

- *Independencia del fabricante:* es decir, que se pueden utilizar dispositivos de diferentes fabricantes, sin que éstos presenten problemas de incompatibilidad.
- *Facilidad de innovación:* una red SDN es más flexible y configurable, por lo se puede experimentar con nuevas aplicaciones, configuraciones y topologías [1].
- *Administración centralizada:* la administración de la red se centraliza en un único punto, haciendo más fácil su monitorización.
- *Redes dinámicas y adaptables a cambios:* una SDN, se puede configurar en corto tiempo, debido a que evita la configuración de cada equipo en la red.
- *Agilidad y velocidad de aprovisionamiento de servicios y recursos:* efectivamente, se puede asignar de manera rápida recursos (*ancho de banda y encaminamiento, entre otros*) para los nuevos servicios.
- *Reducción de costes:* el ahorro económico, es muy evidente, debido a la disminución de equipos y personal necesarios para operar y gestionar la red.

Todas estas características, demuestran que SDN, es la mejor forma de gestionar la red de acceso de tecnología FTTH.

Por otro lado, el rendimiento de la infraestructura de red es también afectada por la mala gestión, al no tener sus elementos actualizados, ni bien configurados o sin un adecuado mantenimiento, estos elementos no están al 100% de sus capacidades, lo que provoca un mal servicio, que a su vez causa afecta a los clientes y al personal que lo administra.

Para resolver estos problemas las empresas optan por algunas soluciones como las que se menciona al inicio de esta sección, pero no realizan un

análisis a fondo que compruebe que esta solución es la más adecuada para sus redes, debido a que las necesidades de cada empresa son diferentes.

### **1.3 Objetivos**

El objetivo principal es solucionar problemas ocasionados por la inadecuada gestión de la red de acceso con tecnología FTTH.

Los objetivos específicos son:

- Proponer una infraestructura de la red de acceso FTTH virtualizada, utilizando SDN.
- Comprobar que SDN, soluciona el problema de la gestión de las redes de acceso FTTH, haciendo estudios teóricos de la implantación de una infraestructura determinada.
- Presentar los resultados del estudio de los objetivos anteriores.

### **1.4 Alcances y limitaciones**

El principal resultado de esta tesis, es una propuesta del diseño de una red virtualizada con SDN, para solucionar los problemas de gestión, que presentan las redes FTTH, que puede quedar a disposición de las empresas proveedoras de servicios de Internet u operadoras de Telecomunicación.

Los resultados adicionales que proporcionaría esta tesis son los siguientes:

- Estudio económico de las redes FTTH usando SDN.
- Análisis de resultados obtenidos.

## CAPÍTULO 2

### 2. LAS REDES DE ACCESO CON TECNOLOGÍA FIBER TO THE HOME

FTTH es una tecnología que ofrece grandes velocidades, con baja atenuación con baja atenuación largas distancias de hasta 20 Km sin repetidores. Los servicios que pueden ofrecer son: canales *High Definition (HD)*, vídeo bajo demanda, uso del almacenamiento en la nube casi como si fuesen discos físicos conectados a nuestros equipos, posibilidad de brindar N-Play sin limitaciones y otros servicios que permiten que esta tecnología tenga gran acogida [2].

Además de esto la fibra actualmente no es muy costosa lo que la hace más accesible esta tecnología, pero constantemente los requisitos de los servicios requieren mayor ancho de banda, por lo que las empresas buscan la manera de mejorar esta tecnología, que además tiene problemas con su administración.

En el Ecuador la empresa pionera en tecnología FTTH es Netlife, esta empresa es la que tomamos para nuestro estudio.

#### 2.1 Características

Las características de la tecnología FTTH son las siguientes:

*Baja atenuación:* la fibra es el medio de transmisión de la tecnología FTTH, la cual cuenta con un recubrimiento o búfer (*parte interna*) y un revestimiento (*parte externa*), lo que permite que las transmisiones no sufran interferencias electromagnéticas, de esta manera se puede transmitir a través de zonas eléctricamente ruidosas con muy bajo índice de error, éstos son los motivos por los cuales no es necesario colocar repetidores en grandes distancias [3].

*Grandes velocidades:* la otra característica importante es el ancho de banda, este nos determina el número de bits que pueden transmitirse por unidad de tiempo.

Actualmente en el Mercado existen 3 tipos de fibra cada una tiene una velocidad mejor que la otra las cuales son:

- Monomodo: desde 1 hasta 10 Gbps de Ethernet.
- Multimodo: con velocidades de hasta los 100 Gbps de Ethernet.
- Multinúcleo: velocidad máxima de transmisión de 1050 Tbps.

La fibra multimodo es la más común, debido a su velocidad, pero actualmente existe la fibra multinúcleo, la cual es una fibra óptica que consta de más de un núcleo, es decir tiene "múltiples canales" por los que viaja la luz, la capacidad de transmisión es enorme, son muchos los proyectos de investigación que buscan aumentar esta capacidad de transporte, pero en el 2013 el equipo de investigadores del grupo de Óptica Integrada, Fibras Ópticas Metrología Óptica de la Universidad de Santiago de Compostela junto a NEC Laboratories America, Corning y la Universidad de Princeton desarrollaron una fibra multinúcleo con 14 núcleos y alcanzo una velocidad de transmisión máxima de 1050 Tbps [4].

En la actualidad algunas empresas están ofertando diferentes modelos de este tipo de fibra, lo que permitiría ofertar mejores velocidades de transmisión.

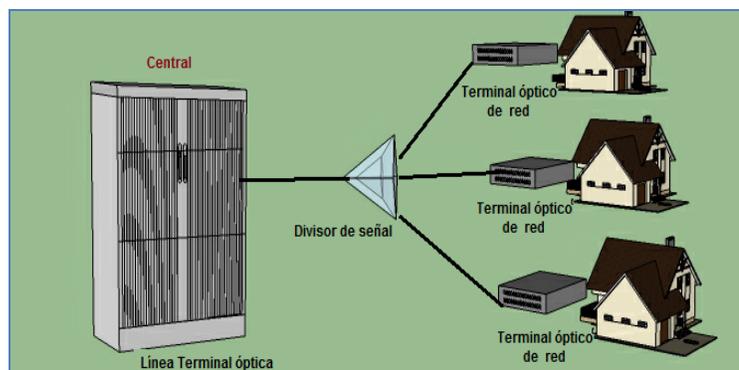
## **2.2 Estructura**

La arquitectura FTTH está conformada por una Línea Terminal Óptica (OLT), ubicada en la oficina central de los operadores.

La terminal Óptico de Red o Unidad Óptica de Red (ONT u ONU) es un dispositivo que convierte señales ópticas a señales eléctricas, situado en el domicilio del usuario, como se puede observar en la Figura 2.1.

Para conectar la OLT con la ONT, se emplea un cable de fibra óptica el cual sale desde el OLT y se conecta al divisor de señal óptico que permiten subdividir el ancho de banda, el cual es entregado al abonado a través del ONT.

Para la transmisión de datos a través de la fibra se realiza a través de haces de luz, los datos ascendentes son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones, y en la transmisión descendente son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de mezclador en la otra dirección del tráfico [5].



**Figura 2.1 Arquitectura FTTH**

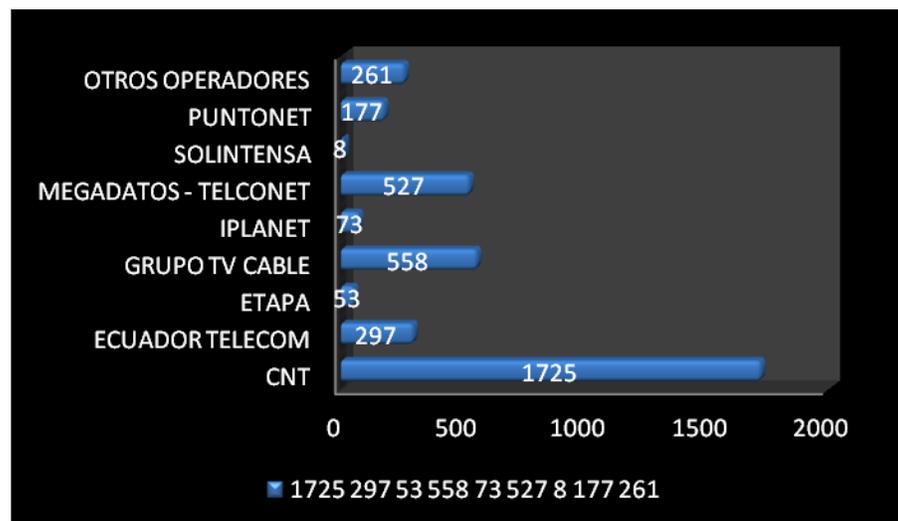
### **2.3 Problemas de Fiber To The Home**

La empresa Netlife ofrece el servicio de Internet a través de las redes de acceso FTTH, desde el año 2010 en la ciudad de Guayaquil, ofrece planes desde 20 Mps en capacidad Internacional y con cobertura en la mayoría de ciudades del país [6].

Inicialmente tuvo muy buena aceptación tenía pocos usuarios y estos recibían un servicio de calidad y los problemas que presentaban eran pocos.

En la actualidad, los usuarios que cuentan con sus servicios tienen opiniones divididas, unos indican que siguen recibiendo la misma calidad que antes, pero otros tienen muchas quejas de sus servicios los cuales son:

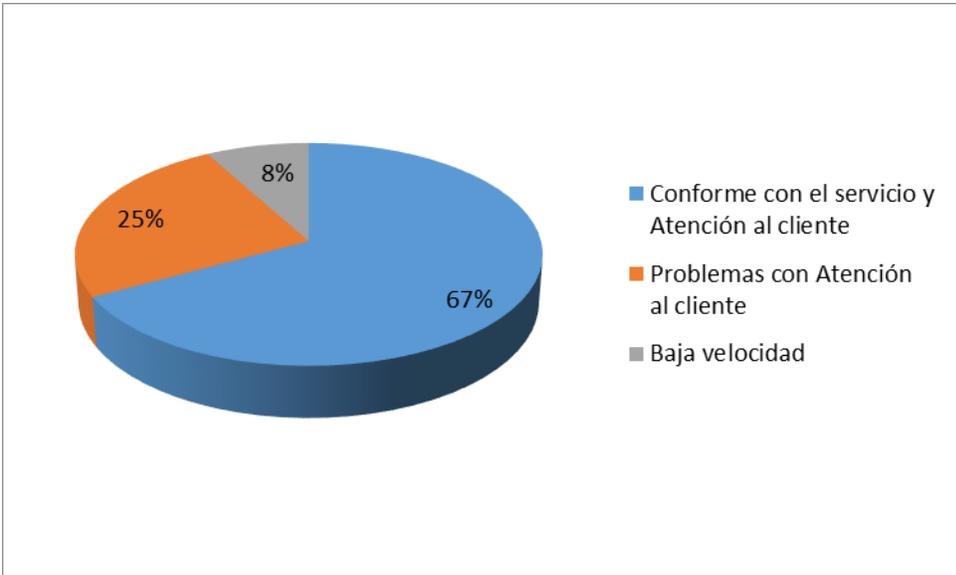
- Lentitud en el servicio.
- Los equipos del usuario presentan problemas.
- Instalaciones o reparaciones no realizadas en el tiempo establecido por la empresa.
- No ofrecen una solución inmediata a los problemas.
- Precios elevados que deben ser pagados puntualmente por un mal servicio.



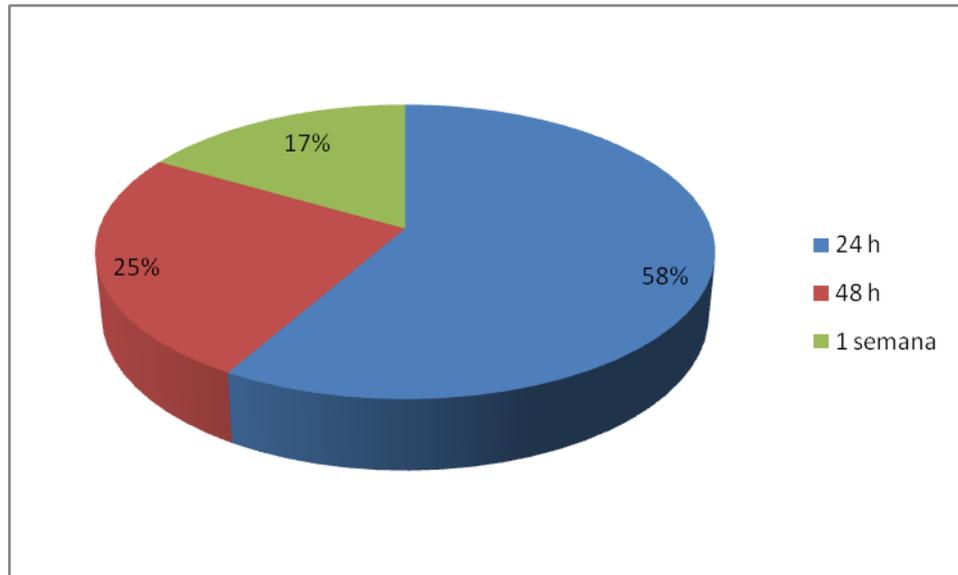
**Figura 2.2 Reclamos de Internet Fijo en el Ecuador [7]**

Todos estos problemas son reflejados en las estadísticas de la *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador (ARCOTEL)* como se observa en la Figura 2.2, que es una institución que además de controlar y regularizar todos los servicios de Telecomunicaciones en el

Ecuador, también recibe las denuncias de clientes que no se sienten satisfechos con el servicio que reciben por parte de las empresas de Telecomunicaciones, esta institución motiva a que realicen su denuncia o reclamo a través de su página web, debido a que no todos los usuarios optan por realizar la denuncia, esto se realiza con el fin de que las empresas reciban las sanciones o amonestaciones respectivas y mejoren el servicio a sus clientes [7].



**Figura 2.3 Servicio de Internet de Netlife**



**Figura 2.4 Tiempos de reparación de los técnicos de Netlife**

Según la encuesta realizada, los problemas son referentes a la atención del cliente y a la velocidad del Internet.

El 67% de los encuestados se siente conforme con la velocidad y la atención al cliente que ofrece Netlife como se observa en la Figura 2.4.

Sin embargo, el 25% indica que tiene problemas con atención al cliente, debido a que no responden sus inquietudes o requisitos como:

- Problemas en facturación.
- Problemas con los equipos del usuario.

El 8% indica que la velocidad ha disminuido y en horas pico se vuelve más lento el servicio de Internet.

Al momento de realizar una reparación el cliente necesita que sea lo más rápido posible, y en la política de Netlife el tiempo máximo de espera para una reparación es de 24 horas, pero no siempre es así en la encuesta realizada el 25% de sus clientes manifestaron que las reparaciones fueron realizadas en 48

horas y el 17% en 1 semana que representa mucho tiempo de espera e incomodidad para el usuario como se observa en la Figura 2.3.

### **2.3.1 Incompatibilidad de Hardware**

Las redes de acceso FTTH se construyen con ONT, OLT y otros dispositivos que se han hecho cada vez más complejos, debido a la demanda de ancho de banda que requieren los servicios actualmente.

El problema de las redes tradicionales, es el uso de dispositivos de diferentes fabricantes en su red, que provoca muchas veces problemas de compatibilidad lo que complica el trabajo del administrador, el cual debe configurar manualmente cada dispositivo, luego usar herramientas de configuración para poder realizar cambios de algunos parámetros para que éste pueda funcionar correctamente, exigiendo de alguna manera que la persona que realice estos cambios tenga un alto nivel de experiencia para realizar estos procesos sin errores ya que los dispositivos cuenta con su propia interfaz de administración.

Además de esto, si la red quiere introducir algún nuevo cambio, significaría que todos sus dispositivos deberían ser reconfigurados nuevamente, lo que no hace nada fácil el trabajo al administrador y al personal técnico.

Algunas empresas por evitar el problema de compatibilidad, compran el resto de dispositivos de la misma marca lo que significaría elevados costos al momento de realizar una renovación o ampliación de la red, de esta manera la empresa depende siempre de la marca o alguna que sea compatible.

### **2.3.2 Innovación y desarrollo deficiente**

Actualmente, las redes no son flexibles a cambios, los cuales son necesarios para la empresa pueda crecer, permanecer en el Mercado y para satisfacer a los clientes.

El hardware es uno de los principales obstáculos, debido que es difícil adaptarlo, un cambio en la red, los problemas de gestión de red también afectan, debido a que la configuración de equipos es manual y debe configurar dispositivos de diferentes fabricantes.

En el caso que la empresa quiera desarrollar un nuevo servicio, este proyecto al ser terminado, no puede ser ofertado inmediatamente al Mercado, primero realizan pruebas y estudios que son costosos, que duran largos períodos de tiempo e incluso años, lo que no permite que la empresa pueda innovar rápidamente.

Y en el caso de querer implementar éste nuevo servicio, los costos de implementación no son bajos, lo que genera excesivas presiones a las empresas de servicio de Internet y Telecomunicación.

Todos estos problemas que presentan las redes de acceso FTTH actualmente, no les permite a las empresas mejorar sus servicios u ofrecer nuevos, para ganar nuevos clientes, lo que significa que solo las grandes empresas que pueden costear estos cambios, pueden permanecer en el Mercado.

### **2.3.3 Administración y mantenimiento de la red**

La administración y mantenimiento en las empresas que ofrecen servicios a través de las redes de acceso FTTH, debe ser eficiente al momento de responder a los requisitos de los clientes, ya que su negocio depende de esto.

Pero estos dos procesos son muy complicados realizarlos eficientemente en estas redes, debido a inconvenientes que se presentan como:

- Equipos de diferentes marcas.
- Configuración manual de los equipos.
- Visitas técnicas no realizadas inmediatamente.

Por estos motivos, el administrador no puede dar una respuesta inmediata a los usuarios, si el problema es de la red de acceso o del hardware del cliente primero es necesario trasladarse hasta el lugar donde se presentó la falla, por lo que es necesario que se realice una visita técnica, que primero debe ser programada con anticipación, debido a que los técnicos muchas veces no pueden asistir el mismo día, porque ya tienen visitas programadas.

Por otro lado el técnico al llegar al domicilio del cliente no puede resolver inmediatamente el problema ya que necesita analizar la situación y buscar en donde está la falla y al final poder repararlo, todo esto en conjunto causa retraso en la reparación.

## **2.4 La gestión de Fiber To The Home**

Gestionar las redes de acceso FTTH también implica contar con:

- Personal competente.
- Disponibilidad de equipos para los clientes.

Las empresas que ofrecen servicios de Internet, tienen como misión principal dar un buen servicio a sus clientes, debido a esto un personal competente que atienda bien a sus clientes es importante, y para poder ofrecer sus servicios es necesario contar con equipos en buen estado para sus clientes, por lo que estos dos aspectos son importantes para ofrecer un buen servicio.

El personal técnico, constantemente realiza instalaciones a los nuevos clientes donde es necesario contar con los equipos, también realiza reparaciones a los clientes que lo soliciten, en ambas situaciones es necesario que el personal

técnico proceda de manera correcta para que el cliente pueda disfrutar de su servicio sin problemas.

#### **2.4.1 Capacitación de Recursos Humanos**

La capacitación del servicio técnico forma parte esencial del servicio al cliente, ya que ellos son la imagen de la empresa, ante los clientes son los responsables de atenderlos al momento de que ellos lo soliciten, por este motivo la empresa capacita a este personal para que puedan hacer su trabajo de manera correcta y eficiente, para esto algunas compañías invierten en cursos de capacitación acreditados.

En el caso de que los clientes aumenten, también aumentaría el número de personal capacitado.

Todos estos gastos que realiza la empresa para capacitar a su personal son necesarios, debido a que gracias a esto las empresas obtienen muchos beneficios tales como:

- Aumento en la productividad y el sentido de responsabilidad hacia la empresa.
- Mejora la calidad del trabajo.
- Permite socializar y tener una mejor relación con los compañeros.
- Permite el desarrollo de conocimientos y habilidades.
- Crea un mejor concepto de la empresa.

Todos estos beneficios permiten que la empresa vaya ganando credibilidad y vaya imponiendo su imagen en el mercado, que le permite crecer a la empresa.

### **2.4.2 Coste de los equipos de Fiber To The Home**

En la actualidad las empresas, que ofrecen servicios de Internet instalan sus propios equipos a los usuarios, siendo esto parte del servicio.

Las empresas deben costear estos equipos con un proveedor que les ofrezca garantía y calidad, esto se debe a que si los equipos presentan muchas fallas, esto representa inconvenientes al usuario. Adicionalmente la compra de equipos depende de la demanda de clientes que tenga la empresa, pero también es necesario que cuente con un stock en caso de que algún equipo presente daños, de esta manera se puede reemplazar de forma inmediata el equipo evitando más inconvenientes al cliente, sin depender del tiempo que tome la sustitución del equipo por parte del proveedor.

Si la empresa realiza algún cambio al servicio de sus clientes o el cliente solicita un cambio en sus servicios, muchas veces también debe de cambiar el equipo.

Por ejemplo, si el cliente quiere un plan con mejor velocidad, pero el equipo que actualmente tiene en su hogar no puede adaptarse a este cambio, debido a su capacidad este se reemplazaría por uno de mayor capacidad, que si pueda ofrecer la velocidad requerida por el cliente.

Todos estos equipos generan gastos a la empresa, pero es un gasto necesario para poder ofrecer sus servicios.

### **2.4.3 Un ejemplo de arquitectura en Guayaquil**

Netlife opta por la tecnología *10 Gbps Ethernet Passive Optical Network (10G-EPON)*, para volver realidad su sueño, el cual es mejorar la calidad de vida de sus cliente Netlife provee el servicio de Internet de alta velocidad a la mayoría de ciudades del país [8].

Según la *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador (ARCOTEL)* la empresa Netlife, cuya razón social es

Megadatos tiene una participación en el Mercado de Internet fijo del 8%  
Figura 2.4, con una proyección de 10% para el 2017 Figura 2.5 [9].

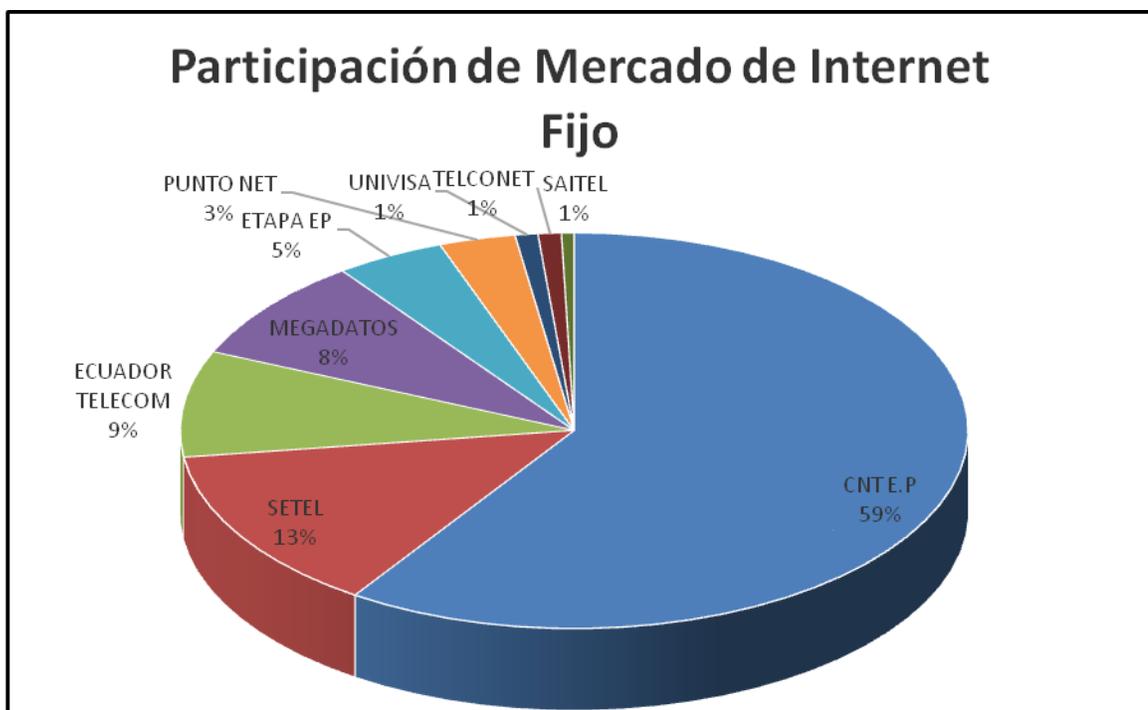
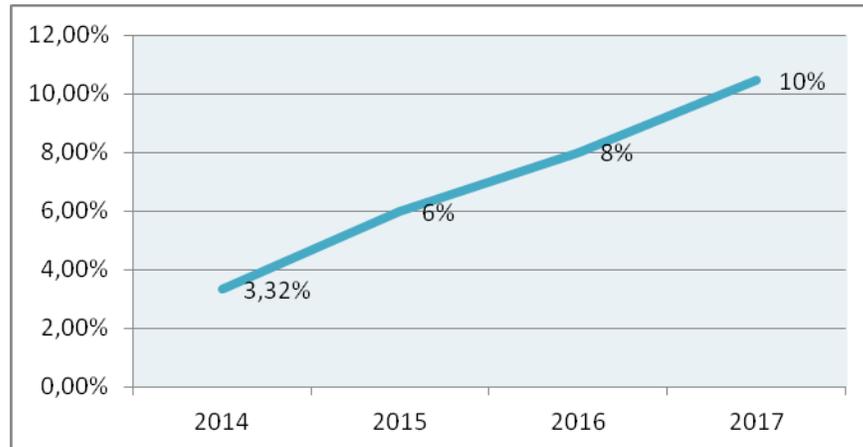


Figura 2.5 Participación en Mercado de Internet fijo [9]

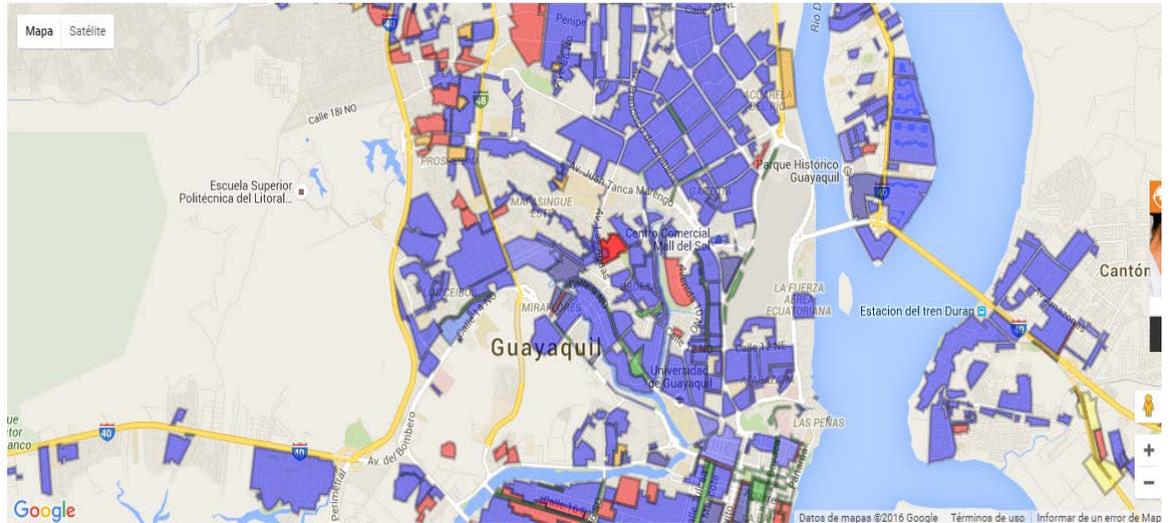


**Figura 2.6 Proyección en la participación en el Mercado Internet fijo**



**Figura 2.7 Conexiones de fibra por provincial [10]**

## Mapa de Coberturas: Guayaquil



**Figura 2.8 Mapa de cobertura Netlife [6]**

Según el último censo la ciudad de Guayaquil tiene una población de 2.278.691 habitantes, Netlife cuenta con aproximadamente con 40.000 clientes fibra en esta ciudad [10].

Esta empresa cuenta con un mapa de cobertura como se observa en la Figura 2.8, el cual nos indica que sectores de la ciudad pueden acceder a sus servicios, debido al color que tenga, ya que cada color tiene un significado:

- *Las zonas naranjas:* indican las zonas donde están ampliando la cobertura.
- *Las zonas rojas:* es donde ya no se puede realizar más conexiones.
- *Las zonas azules:* donde todavía existe disponibilidad para conexiones.

Al ser una empresa que ofrece servicios de Internet, deben contar con un personal capacitado y equipos para usuarios como se explica en la sección 2.4 son gastos necesarios para poder atender a sus clientes.

Para darnos una idea de los gastos que esto genera, hemos tomado el salario de un técnico y de un capacitador de la tabla de salarios mínimo sectoriales que es publicada por el Ministerio de trabajo [11], el precio del alquiler de transporte, el combustible son precios del Mercado actual, así como el de sus equipos que dependen del número de clientes por eso colocamos 40000 que es valor aproximado, estos valores pueden ser observados en la Tabla 1.



**Figura 2.9 Personal de servicio técnico de Netlife [6]**

Equipo de usuario	Cantidad	Precio	Total
HG8045H Router	40.000,00	\$ 35,00	\$ 1.400.000,00

Personal técnico	Cantidad	Precio/mes	Total
Técnico de Fibra óptica	5	\$ 393,49	\$ 1.967,45
Capacitador	1	\$ 656,05	\$ 656,05
Alquiler de transporte	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Combustible	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>Total</b>		\$ 2.849,54	\$ 4.423,50

**Tabla 1 Gastos del Personal de servicio técnico**

Como se puede observar en la Figura 2.8, los técnicos por lo general son divididos en grupos que están conformados por 5 técnicos que es la capacidad máxima del transporte (*camioneta*) la cual debe ser alquilada y abastecida con combustible.

Este cálculo solo se realizó para 5 empleados de servicio técnico y los equipos para el número de clientes actuales y aún si los gastos no son pequeños.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. SOFTWARE DEFINED NETWORKING Y SOLUCIONES A LA GESTIÓN INADECUADA DE FIBER TO THE HOME.**

SDN, es una tecnología que ya está siendo empleada en el Mercado actual y permite solucionar los problemas de las redes actuales, incluyendo las redes FTTH.

En esta sección se detalla algunos temas relacionados con esta tecnología como:

- Introducción.
- SDN y la virtualización.
- Ventajas.
- Arquitectura.
- Fabricantes de equipos SDN.

Además este capítulo también se enfoca en la solución de estos problemas con la ayuda de NFV y SDN.

#### **3.1 Introducción**

SDN ofrece un control centralizado de la red, es decir desde un solo punto puede tener el control de toda la red, el cual permite responder rápidamente a las necesidades del negocio actual y futuro, debido a que su arquitectura permite:

- *Desacoplar el hardware del software:* ya no existe esa relación de dependencia entre el hardware y el software, ambos pueden desarrollarse o gestionarse de manera independiente.
- *Desacoplar el plano de control del plano de datos:* la separación de plano de control de la de datos, permite establecer desde un solo punto el control y programación de la red en forma dinámica [12].

Debido a esto dos aspectos las reglas de seguridad, servicios de los clientes, cambios en la red pueden adaptarse rápidamente, sin necesidad de invertir grandes sumas de dinero en infraestructura.

Por este motivo SDN es la solución a los problemas de gestión que sufre FTTH, debido a que optimiza las redes y ofrece más beneficios.

### **3.2 Software Defined Networking y la virtualización**

La creación de redes virtualizadas hoy en día, se realiza utilizando diferentes técnicas, pero el método preferido de la empresa actual es SDN, construir una red virtual sin utilizar SDN es ciertamente posible, pero probablemente no es tan útil.

NFV desacopla las funciones de red de los dispositivos y permite que los servicios de red que están siendo llevadas por éstos, puedan alojarse en máquinas virtuales, una vez que las funciones de red están bajo el control de un administrador de máquinas virtuales ya no dependen de un dispositivo, es decir que NFV virtualiza solo funciones de red, no la red en global y éstas son independiente del hardware.

Sin embargo al unir NFV y SDN, se puede asignar dinámicamente los recursos de red según se necesite, al igual que la capacidad de procesamiento y el almacenamiento son aprovisionados de forma dinámica con un servidor virtualizado, las redes virtuales basadas en SDN permiten nuevos grados de flexibilidad programable solo limitados por la visión del desarrollador [13].

### 3.2.1 Ventajas

Es esta sección se menciona, cuales son los beneficios que ofrece SDN para las redes actuales:

*Reducción de la complejidad:* permite cambiar la forma en que las redes son operadas, reduciendo la complejidad operativa y costes mediante la reducción de equipos y personal [14].

- *Reducción de costos:* con una red virtualizada, se simplificaría la administración de la red, como consecuencia la reducción de recursos humanos (especializada y calificada) es notable, así como también la reducción de equipos físicos.

Los costos de gestión y de infraestructura disminuyen, lo que ayuda a la economía de la Empresa.

- *Control centralizado y más granular:* SDN ofrece una arquitectura de control centralizado lo que permite gestionar variedad de dispositivos, de diferentes proveedores, SDN también permite control centralizado granular, lo que permite proveer de políticas a usuarios, dispositivos y aplicaciones.
- *Disponibilidad, confiabilidad y seguridad:* debido a la capacidad de definición de políticas y reglas, en un nivel bastante granular, las arquitecturas SDN pueden garantizar mayor disponibilidad, confiabilidad y seguridad, esto es debido a que se suprime la configuración manual, adición o cambio de elementos de red, así como también nos permite la creación de políticas que brinden seguridad a toda la red, reduciendo el riesgo de fallas e indisponibilidad.
- *Agilidad en el desarrollo de aplicaciones:* es una de las características con gran demanda en las redes SDN, debido a que proporciona una configuración más simple y un control

centralizado, lo que permite a los desarrolladores de red adecuar la infraestructura conforme la necesidad del usuario final.

La idea principal es permitir que los cambios o nuevas aplicaciones desarrollados sean puestos en marcha inmediatamente en la red [15].

### 3.2.2 Arquitectura

La arquitectura de SDN, está formado por 3 niveles, como se observa en la Figura 3.1.

- *Nivel de infraestructura:* está compuesta por los nodos de red y los dispositivos físicos que no necesitan ser del mismo fabricante, que se comunican con la capa de control mediante *la Interfaz de programación de Aplicaciones (API) (southbound)*, como lo es el protocolo Openflow.
- *Nivel de control:* el controlador SDN, es la entidad que controla y configura los nodos de red para dirigir correctamente los flujos de tráfico, esto es debido a que el nivel de control se comunica con el nivel de infraestructura a través de las API *southbound* y con las API *northbound* y también se comunica con el nivel de aplicación lo que le permite gestionar un amplio rango de recursos, proporcionando una configuración de red unificada y simplificada [16].
- *Nivel de aplicación:* las aplicaciones de los usuarios finales, se comunican a través de las API del controlador como: *Representational State Transfer (REST)*, *JavaScript Object Notation (JSON)*, *Extensible Markup Language (XML)*..., permitiendo a los servicios y aplicaciones simplificar y automatizar las tareas de configuración, provisión y gestionar nuevos servicios en la red, ofreciendo a los operadores nuevas vías de ingresos, diferenciación e innovación.

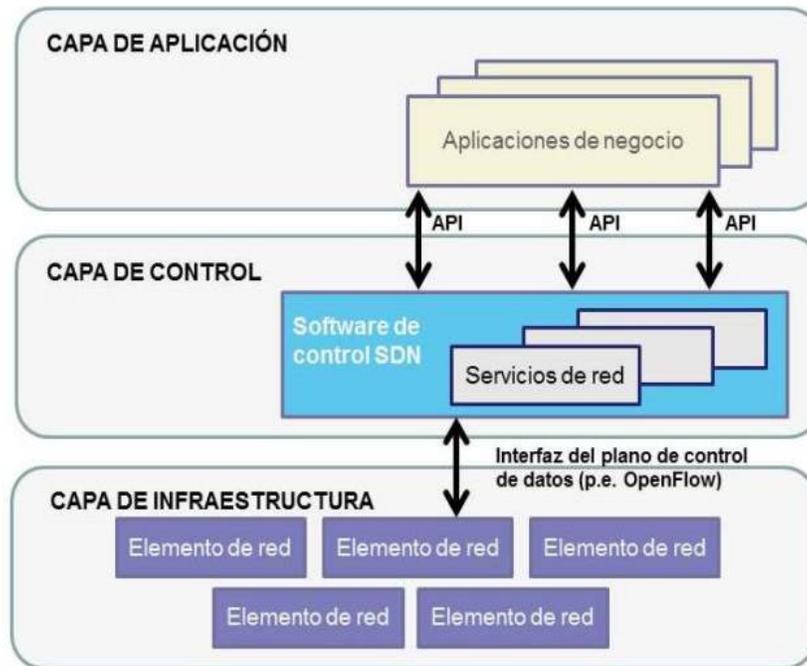


Figura 3.1 Arquitectura SDN. [16]

### 3.2.3 Fabricantes de equipos Software Defined Networking

Los fabricantes cuentan con soluciones comerciales para dar respuesta a esta tecnología, mencionamos a las líderes.

#### **Hewlett-Packard**

Las redes SDN de *Hewlett-Packard (HP)* aportan una solución integral para automatizar la red desde centros de datos hasta campus y sucursales. El ecosistema SDN de HP lleva al máximo la innovación en

estas redes al proporcionar recursos para desarrollar y crear una plataforma de compraventa de aplicaciones SDN.

El ecosistema SDN de HP presenta las siguientes ventajas:

- *Es fácil:* hace más sencilla la programación en toda la red con dispositivos habilitados para Openflow.
- *Es abierto:* aumenta el valor de las redes SDN con un entorno abierto que proporciona el kit de desarrollo de software SDN.

Está pensado para empresas, que quieran innovar y vender sus servicios en el Mercado [17].

### **Alcatel-Lucent**

Alcatel-Lucent ofrece tecnología SDN para la familia de productos *Local Area Network (LAN)* Ethernet OmniSwitch de su división Enterprise. Estas tecnologías ayudan a las compañías a satisfacer la creciente demanda de empleados y clientes que quieren utilizar las aplicaciones donde y cuando deseen.

Los departamentos de *Tecnologías de la información (TI)* de las empresas llevan el peso de adoptar las más nuevas TI como producto de consumo, de la nube, *Bring your own device (BYOD)* y aplicaciones virtualizadas, por nombrar sólo unas pocas para satisfacer las demandas de sus clientes, y buscan formas de proporcionar capacidad y flexibilidad bajo demanda sin aumentar los gastos operativos.

Para ayudarles a superar estos retos, Alcatel-Lucent amplía su visión de Application Fluent Network para ayudar a las empresas a construir soluciones basadas en SDN con un coste razonable y accesible. Estas capacidades adicionales de SDN, que permiten la automatización y provisión, soportan casos de uso prácticos que resuelven problemas del mundo real en la empresa. Esto convierte la SDN en la base de una nueva y mejor experiencia del usuario [18].

## **Huawei**

Huawei es un proveedor de soluciones de tecnología de información y comunicaciones, ha introducido la arquitectura SDN en redes de campus. Esto ha permitido a las redes ofrecer servicios más eficientes y ágiles, evolucionando el procesamiento de nodo único a la gestión y control a total escala.

Esta innovadora tecnología incluye los atributos clave requeridos para apoyar nuevas tendencias de la industria incluyendo soluciones y servicios competitivos en BYOD, SDN, *Internet of things (IoT)* [19].

### **3.3 Openflow**

Openflow es un proyecto de código abierto resultado de la investigación entre la Universidad de Stanford en el 2008 y la Universidad de California, se considera como el primer estándar de SDN, el cual permite la comunicación entre el nivel de control y el de infraestructura.

El protocolo de Openflow, a través de su interfaz permite el manejo de todos los dispositivos de la red lo que permite:

- *Gestión de políticas granulares*: ofrece la posibilidad de crear políticas para encontrar la mejor ruta, con el ancho de banda requerido, menos interferencia o congestión.
- *Desacoplamiento de hardware y software*: ya no dependen uno del otro pueden desarrollarse de manera independiente.
- *Compatibilidad de dispositivos*: gracias a la interfaz de Openflow se puede administrar equipos sin importar la marca del fabricante.

Openflow es una pieza necesaria para la implementación de redes SDN, los fabricantes de equipos ya han lanzado el Mercado equipos que soportan Openflow de esta manera, las redes SDN ya pueden ser más accesibles a las

empresas de Telecomunicaciones, debido a que el Mercado actual ofrece una variedad de equipos y soluciones basadas en SDN.

### 3.3.1 Principios básicos

El Openflow para su funcionamiento se apoya en tres componentes:

- *Tabla de flujo*: instaladas en cada uno de los routers, que le indican a cada dispositivo que hacer con los paquetes.
- *El controlador*: es el cerebro, encargado de comunicar a los demás encaminadores la información que soliciten.
- *Dispositivos (routers)*: con soporte para Openflow, los cuales ya están disponibles en el Mercado [21].

Los encaminadores de red (*routers*) se guían por las tablas de flujo para hacer el reenvío de paquetes, si se presenta una situación en la que las tablas no la puedan ayudar, preguntan al controlador y este les dirá que hacer, por eso cada equipo debe tener incorporado la interfaz de Openflow.

Openflow permite a las redes SDN resolver problemas que presentan las grandes empresas de Telecomunicaciones o de servicios de Internet, donde necesitan variar constantemente la configuración de dispositivos, ya sean físicos o virtuales.

### 3.3.2 Protocolos y Servicios

Los protocolos Openflow actualmente se dividen en dos partes:

*Protocolos de conexión*: permite a Openflow la transmisión de datos de una manera más eficiente y segura, estos protocolos son:

- *Transmission Control Protocol (TCP) y Secure Sockets Layer (SSL)*: Openflow utiliza estos protocolos del modelo *Open Systems Interconnection (OSI)* en la capa 4 y 5, para la comunicación del plano de control y el controlador.
- *Transport Layer Security (TLS)*: el canal Openflow es usualmente encriptado utilizando TLS, pero este canal puede correr directamente en TCP. La capacidad de soportar múltiples controladores simultáneos no está actualmente definida [22].

*Protocolos de configuración*: estos protocolos ayudan en la configuración de la red SDN usando el protocolo Openflow algunos de ellos son:

- *Protocolo de configuración de red (NETCONF)*: la *Fundación Open Networking (ONF)* agregó al protocolo NETCONF y lo hizo obligatorio para la configuración de dispositivos compatibles con Openflow.
- *Protocolo de Gestión de Base de Datos Open vSwitch (OVSDB)*: es un protocolo de configuración de Openflow que está destinado a administrar las implementaciones Open vSwitch. Open vSwitch es un encaminador virtual que permite la automatización de la red y el soporte de interfaces y los protocolos de administración estándar, tales como NetFlow. El protocolo también soporta la distribución a través de múltiples servidores físicos [23].

### **Controladores**

Un controlador Openflow ofrece una interfaz de programación para los encaminadores Openflow, de tal forma que las aplicaciones de gestión a través de la misma puedan realizar tareas de gestión y ofrecer nuevas funcionalidades.

Un controlador SDN puede ser descrito de forma general como un sistema de software, o colección de sistemas, algunos de los controladores Openflow son: [24].

- *NOX*: uno de los primeros controladores Openflow de código abierto desarrollado por Nicira y donado a la comunidad de investigación en 2008, además proporciona una API en C ++ para Openflow 1.0, cuenta con un controlador y un entorno para el desarrollo de aplicaciones Openflow.

Incluye componentes para la detección de la topología, fue sustituida por POX.

- *POX*: basada en Python nueva versión de NOX, es una plataforma para el desarrollo rápido de software de control de red que usa el regulador de Python Openflow, además cuenta con un entorno para la interacción con los switches de Openflow.

Existen componentes reutilizables de NOX como la selección de rutas, el descubrimiento de topología, también admite la misma interfaz gráfica de usuario y herramientas de visualización.

Se ejecuta en Linux, Mac, Windows y pueden ser incluidos con la instalación libre en tiempo de ejecución para una fácil implementación.

- *SNAC*: controlador de Openflow de código abierto con una interfaz gráfica de usuario, la Interfaz utiliza un gestor de políticas basada en la web para gestionar las redes, es un módulo de NOX. Permite políticas en NOX en la programación del módulo de enrutamiento sin editar el código, el control de admisión, muestra los componentes de red, uso de la red, y eventos. Informa muchos detalles de tráfico a nivel de flujo utilizando la API REST.

- *Maestro*: está basado en Java, altamente portátil para diversos sistemas operativos y arquitecturas, fue desarrollado por la Universidad de Rice en el año 2009.

Este controlador es multi-hebra es decir proporciona el paralelismo dentro de una sola máquina de modo que el controlador no es un cuello de botella, además de que el entorno de programación permite la introducción de nuevas funciones de control [25].

- *Beacon*: es un controlador escrito en Java, soporta operaciones basadas en hebras y eventos, presenta interfaz de usuario y visualización completa de la red, por otro lado al ser el código basado en Java tiene amplias características para ser modificado, esta disposición de poder manipular el código es una de las principales características de los controladores puesto que son todos de código abierto [26].

- *Floodlight*: controlador Openflow desarrollado en Java, aparece como la evolución del controlador Beacon compartiendo estructura similar. Java brinda soporte multiplataforma y sencilla programación. El usuario puede hacer uso de herramientas típicas de Java, como son hilos, temporizadores y sockets. Floodlight incluye la biblioteca OpenflowJ para trabajar con mensajes Openflow. Esta biblioteca es una implementación Java orientada a objetos de la versión 1.0 de Openflow [27].

- *Trema*: software completo y fácil de usar para el desarrollo de controladores Openflow que permite definir las reglas de control mediante los lenguajes de programación Ruby y C.

El código fuente de Trema incluye bibliotecas y módulos básicos que funcionan como interfaz con los Switches Openflow. Es

importante indicar que trema tiene integrado un emulador de red Openflow y no es necesario disponer de equipos Openflow [28].

### 3.3.3 Equipos

En esta sección, mencionamos algunos de los equipos con tecnología SDN que han sido lanzado al Mercado por los fabricantes de equipos de Telecomunicación, con el fin de solucionar la infinidad de problemas que presentan las redes actuales, con la ayuda de estos equipos las empresas de Telecomunicación como los proveedores de Internet podrían realizar un gran cambio en sus redes.

## 60 dispositivos en nuestro portfolio OpenFlow



- 50 Switches + 10 Routers OpenFlow
- 20 Millones de Puertos Desplegados
- Primer Fabricante en incorporar OpenFlow
- Extensión del OpenFlow al resto del portfolio

14 © Copyright 2013 Hewlett-Packard Development Company, L.P. The information contained herein is subject to change without notice.



Figura 3.2 Equipos SDN e HP [30]

## **Hewlett-Packard**

El fabricante presento nuevos conmutadores (*switches*) y routers basados en SDN, en la Figura 3.2 se muestra los equipos, los cuales agilizan el desempeño de las aplicaciones en los centros de datos.

Una de las soluciones presentadas por HP, es el nuevo switch HP FlexFabric 12900, el primer switch de núcleo habilitado con SDN, el cual destaca por su capacidad de escalamiento para responder a la creciente demanda que representan las cargas de trabajo virtualizadas. Este equipo tiene una capacidad de 36 TB, con 256 puertos de 40 GB, triplicando la capacidad de sus principales competidores.

También, se dio a conocer el HP FlexFabric 11900, un switch de agregación compatible con Openflow que proporciona una conectividad de 10/40 GbE para servidores Blade [29] y permite mejorar el desempeño de las aplicaciones virtualizadas hasta en un 50%.

También se presentaron los routers HP HSR serie 6800, los cuales permiten aumentar la potencia mediante la simplificación de la entrega de servicios de red, consolidando el enrutamiento, cortafuegos (firewall), la conmutación y una cantidad de servicios de seguridad más de cinco veces superior a la de otras soluciones en un dispositivo que admite miles de usuarios simultáneos.

Por su parte, el switch físico HP FlexFabric 5900, junto con el nuevo software HP FlexFabric Virtual Switch 5900v proporciona funciones avanzadas de red como políticas y la calidad de servicio para entornos VMware [29], con lo cual es posible aumentar la productividad de TI por medio de la unificación de tejidos virtuales y físicos [30].

## **Alcatel-Lucent**

El equipamiento LAN OmniSwitch, toda la gama de equipamiento de Acceso se muestra en la Figura 3.3, desde OS6250 hasta el nuevo

OS6860, pasando por OS6450 y OS6850E, los cuales son gestionados desde una única consola de gestión, que ofrece la visión global de la red de acceso. Además ofrece la capacidad de aprovisionar desde la consola de gestión todos los aspectos relacionados con el acceso, englobando al dispositivo con que accede, y las aplicaciones que usa en cada momento.

Otro de los aspectos fundamentales del equipamiento OmniSwitch es la capacidad de integración en soluciones SDN [31].

**CONVERGED CAMPUS NETWORK SOLUTION**  
**PORTFOLIO ENHANCEMENTS**

**Analytics** 

- Visibility
- Control

**Programmability** 

- OpenFlow/Stack support for LAN and WLAN

Management	WAN
Network Infrastructure (OmniVista) <span style="color: green;">✓ Major Update</span>	MPLS Service Router 7750 SR
Advanced Policy & BYOD Services (ClearPass)	Branch Routers OA5800 ESR OA5700 ESR
Service Level (VitalSuite)	VPN Client VIA
IP Address Mgmt (VitalQIP)	Wired and Wireless LAN
	Core OS10K OS6900 OS9000E OA4x04, OA4x50 <span style="color: green;">✓ Enhanced</span>
	Unified Access OS6860 <span style="color: orange;">NEW</span> OS6850E/OS6855 <span style="color: green;">✓ Enhanced</span> OS6450/OS6250 <span style="color: green;">✓ Enhanced</span> IAP, AP, RAP <span style="color: orange;">NEW</span>

  
On The Road

  
Home Office

  
Branch Office

  
Corporate Office

  
Data Center

**Alcatel-Lucent**   
Enterprise

COPYRIGHT © 2014 ALCATEL-LUCENT. ALL RIGHTS RESERVED.  
ALCATEL-LUCENT – INTERNAL PROPRIETARY – USE PURSUANT TO COMPANY INSTRUCTION

**Figura 3.3 Equipos SDN de Alcatel-Lucent [31]**



**Figura 3.4 Equipos SDN de Huawei [32]**

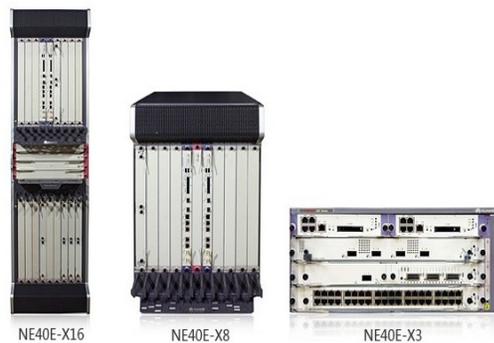
## **Huawei**

En este apartado presentamos algunos dispositivos de Huawei.

### ***S12700 Series Agile Switches***

Estos switches de alta capacidad han sido diseñados para redes de área de campus de próxima generación como se puede observar en la Figura 3.4. Adoptan una arquitectura totalmente programable con capacidad de SDN y poseen un procesador *Ethernet Node Processor Module (ENP)* especializado, lo que permite la personalización fácil de características y funciones, así como la migración sin inconvenientes a SDN.

El S12700 se basa en la *Plataforma de Enrutamiento Virtual (VRP)* de Huawei y combina conmutación de capa 2 y capa 3 con numerosos servicios de red, que incluyen *Virtual Private Network (VPN)*, *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*, escritorio en la nube, conferencias de vídeo y compatibilidad con *Internet Protocolo versión 6 (IPv6)*.



**Figura 3.5 Equipos NetEngine40E SDN de Huawei [33]**

La arquitectura de direccionamiento sin interrupciones, los clústeres de matriz de *Conmutación Cascading Style Sheets (CSS2)* y la actualización del software sin interrupción del servicio permiten lograr conmutación escalable y de alto rendimiento [32].

### **Series universal de servicios de router NetEngine40E**

Los routers NetEngine40E son observados en la Figura 3.5, tienen funciones *MultiService Edge Router (MSER)* que permiten funciones de vídeo, voz y tráfico de datos con una gestión unificada, servicios de suscripción jerárquica y *alta calidad de servicio (HQoS)*. Consolida la agregación IP y *Multi- Protocol Label Switching (MPLS)*, un router de alta disponibilidad.

Una elección excelente para aplicaciones de misión crítica en el gobierno, el transporte, la radiodifusión de televisión, las finanzas y las compañías eléctricas la implementación de tecnologías de redes inteligentes tablas de enrutamiento de alta capacidad hasta 480 Gbps y la velocidad de las líneas 1 Tbps; virtualización y soporte SDN.

Diseñado para la confiabilidad y soporte integral para la gestión de servicios incluyendo L2 y L3 VPN, VPN de multidifusión, MPLS *Traffic*

*Engineering (TE), Quality of service (QoS), Generic Routing Encapsulation (GRE), Internet Protocol security (IPSec), NetStream y virtualización completa [33].*

En la Tabla 2 se puede observar los precios de los equipos SDN de las diferentes marcas que se mencionaron.

<b>HP</b>	<b>PRECIOS</b>
Switches serie 2920	\$ 1.340,00
HP FlexFabric 12900 Switch Series	\$ 2.247,99
HP FlexFabric 11900 Switch Series	\$ 6.325,99
Switches serie 3800	\$ 4.111,95
Switches serie 8200 zl	\$ 1.186,37
Switches serie 5400 zl	\$ 1.871,99
HP 3500 and 3500 y Switch Series	\$ 5.058,99
<b>ALCATEL</b>	<b>PRECIOS</b>
OmniSwitch 6860	\$ 3.339,99
OmniSwitch 6900	\$ 4.755,99
OmniSwitch 6450	\$ 3.724,99
OmniSwitch 6250	\$ 3.076,99
OmniSwitch 6850E	\$ 4.755,99
<b>HUAWEI</b>	<b>PRECIOS</b>
switches Huawei S12700	\$ 1.812,00
switches Huawei S12704	\$ 11.372,00
switches Huawei S12712	\$ 1.799,00
switches Huawei S12708	\$ 1.799,00

**Tabla 2 Precios de equipos SDN**

### **3.4 La gestión de Software Defined Networking con Fiber To The Home**

SDN permite la virtualización de las redes FTTH, ayuda a la gestión de sus redes con:

- Disminución de equipos físicos en la infraestructura, debido a su virtualización de estos.
- Redes programables, lo que permite realizar políticas para envío de datos de manera rápida y segura.
- Redes flexibles a cambios, de esta manera el cliente no se ve afectado por algún cambio en la red.

Todas estas características convierte a SDN, en una solución práctica, que permite la optimización de las redes FTTH y la satisfacción de sus clientes al mismo tiempo.

### **3.5 Virtualización de las redes Fiber To The Home con tecnología Software Defined Networking**

La virtualización con ayuda de la tecnología SDN es la solución a todos los problemas de administración que presentan las redes FTTH.

Los fabricantes de equipos de Telecomunicación en conjunto con las empresas de Telecomunicación y las que ofrecen servicio de Internet, han desarrollado algunas herramientas para ayudar a los problemas que presentan las redes FTTH, usando NFV y SDN.

Entre estas herramientas se encuentra el *Virtual Customer Premise Equipment (vCPE)*, la cual es la mejor opción para estas empresas, además de que elimina al Customer Premise Equipment (*CPE*), es el equipo físico que se instala en casa del cliente, ofrece más beneficios tanto a las empresas como a los clientes.

### **3.5.1 Virtualización de routers**

La virtualización es una opción que algunas operadoras y empresas de Telecomunicación, están adoptando la solución a sus problemas.

Los CPE, desempeñan una función crítica en la conexión a través de las redes de acceso de tecnología FTTH que llega a los hogares de los clientes.

Debido a la demanda de servicios y aplicaciones estas redes deben administrar grandes volúmenes de tráfico y a su vez la demanda de mayor ancho de banda por parte de los usuarios, lo que ha hecho a estos dispositivos más complejos, lo que ocasionan muchos problemas tanto para el usuario como para el servicio técnico.

Por eso el vCPE es una opción que facilita la administración y evita los problemas en las redes FTTH. Algunas empresas fabricantes de equipos de Telecomunicación al ver la necesidad de esta herramienta, dieron a conocer sus propuestas de vCPE las cuales se presentan a continuación.

#### **Propuesta de Huawei**

Huawei realizó una prueba con la operadora BT Mobile, en la que se comprobó que el vCPE de Huawei es capaz de virtualizar los routers de sucursales en los centros de datos de las empresas, con una provisión automática de servicios, administración de gran alcance y sistemas de monitoreo. El sistema de Huawei también demostró una alta disponibilidad lo que garantiza la robustez del servicio de red.

#### **Elementos**

En el entorno de prueba del vCPE se llevó a cabo sobre los servidores de Huawei RH2288H y RH5885H, el sistema operativo de la nube que utiliza es FusionSphere de Huawei, el software vCPE utilizado de Huawei es vNetEngine1000, *Virtualized Network Function Management (VNFM)*

utiliza vCMM de Huawei, para la herramienta de configuración y monitorización del vCPE utiliza U2000 de Huawei.

La prueba también verifica la configuración y gestión del vCPE en el U2000, que soporta el aprovisionamiento de servicios de red, configuración de QoS, y amplias capacidades de rendimiento y monitorización de alarmas. La prueba también simula múltiples fallos en la red, para verificar la selección automática del vCPE de maestro a servidores de reserva [34].

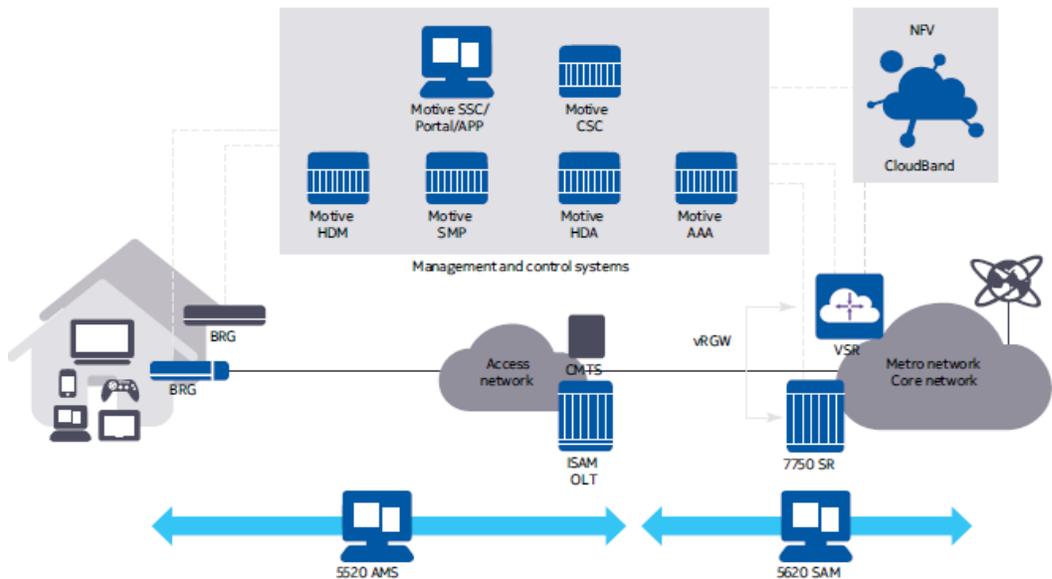
### **Propuesta de Alcatel-Lucent.**

En los Laboratorios Bell, se realizó estudio un de la *Pasarela Residencial virtualizada (vRGW)*, la cual puede ayudar a resolver el problema al trasladar las funciones como el enrutamiento IP y la NAT a la nube, junto con una funcionalidad de control y gestión centralizada.

### **Elementos**

Alcatel-Lucent ofrece la solución de vRGW, la cual se apoya en la línea de Router de Servicios 7750 y Router de Servicios Virtualizados, complementados con el Controlador de vRGW de Motive y las líneas de productos terminales de red óptica y equipos en las dependencias del cliente 7368 ISAM, como puede observar en la Figura 3.6.

Los laboratorios Bell estiman que vRGW puede reducir los costes de cumplimiento, aseguramiento del servicio y de gestión de su ciclo de vida hasta en un 40%. Además de reducir los costes operativos y mejorar la experiencia del cliente, un modelo de pasarela virtualizada permite introducir nuevos servicios con mayor rapidez [35].



**Figura 3.6 vCPE de Nokia y Alcatel-Lucent [35]**

### Propuesta de Juniper

Con la solución del vCPE, conocida como Cloud CPE, los proveedores en vez de entregar equipos físicamente, pueden alojar sus funciones NFV y mantener las mismas características que las de un equipo físico, obteniendo más economía y agilidad.

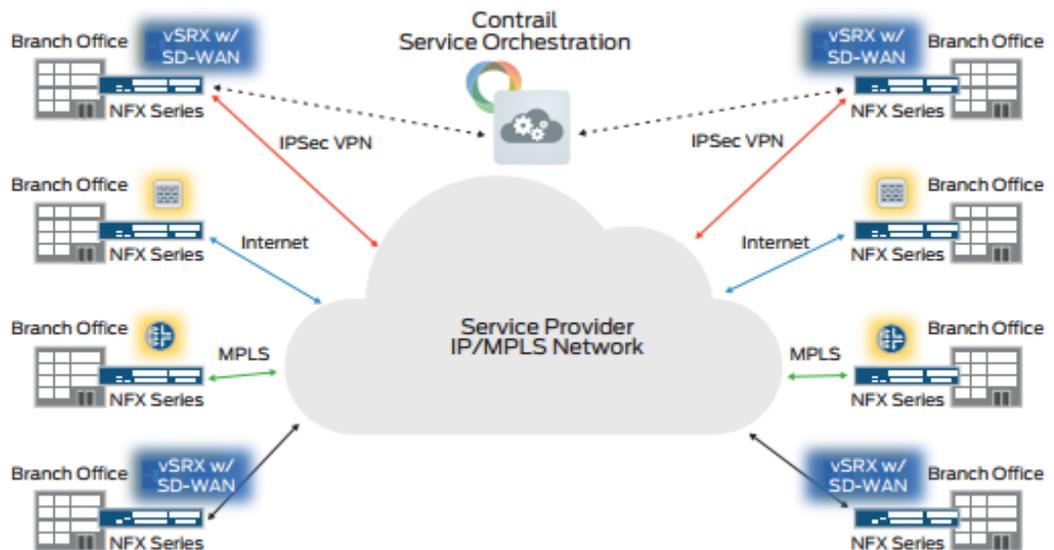
Esta solución ofrece la posibilidad de ofrecer servicios altamente personalizados a los clientes y sus usuarios finales.

### Elementos

La solución de Cloud CPE incluye Contrail Networking, que ofrece una plataforma virtual, el *Contrail Service Orquestation*, una plataforma de gestión y orquestación que ofrece y gestiona los servicios de red virtualizados como la seguridad virtual y el equipo NFX250 que hace viable el Cloud CPE, elimina varios equipos en el sitio del cliente construido con la mirada puesta en estándares abiertos. Esta plataforma

está diseñada para operar en entornos de red de múltiples proveedores y puede organizar todo el ciclo de vida del servicio, desde el diseño de servicios a la activación para mejorar la experiencia del usuario y permitir nuevos ingresos el servicio; el enrutador vMX ofrece una variedad de servicios virtuales como se puede observar en la Figura 3.7.

La solución que ofrece Juniper hace posible innovar la oferta de servicios, porque ofrecen una plataforma de desarrollo gráfico, en la cual los proveedores pueden crear nuevos servicios en segundos y reducir de meses a minutos el tiempo necesario para que los nuevos servicios se transformen en nuevas fuentes de ingresos.



**Figura 3.7 Juniper vCPE [36]**

Además, hacen posible un nuevo modelo de negocio para las empresas que adoptan vCPE porque hacen viable los nuevos servicios pay-as-you-

go y disminuyen el tiempo de generación de nuevos ingresos de los nuevos servicios [36].

### Propuesta de HP

La solución conjunta vCPE RAD-HP ofrece una gran cantidad de beneficios para los proveedores de servicios que se traducen en mayores ingresos y *menor coste total de propiedad (TCO)*.

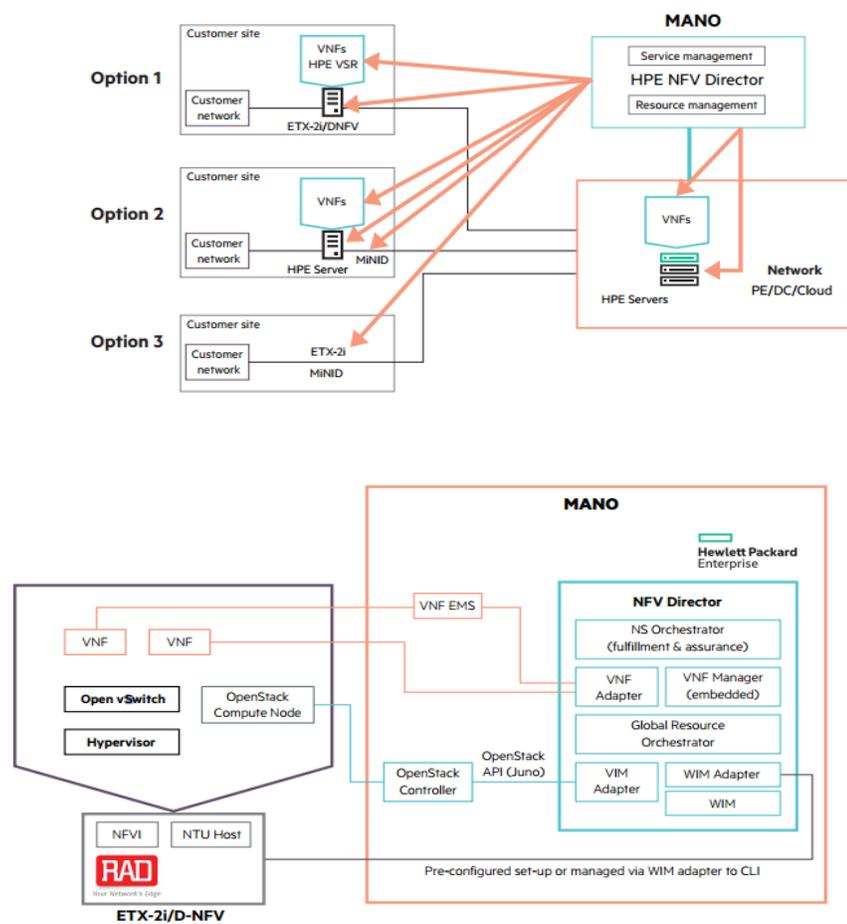


Figura 3.8 vCPE RAD-HP [37]

El vCPE es percibido por la mayoría de los proveedores de servicios para ser el candidato ideal para despliegue comercial inicial de NFV,

especialmente para los servicios de oficina. Permite simplificar operaciones en ciclos más cortos de despliegue, más flexibles para los nuevos servicios. Mientras que el modelo vCPE permite la funcionalidad de red que se encuentra en el centro de datos u otras ubicaciones de red.

HP-RAD presenta 3 opciones para las empresas, las cuales se observa en la Figura 3.8.

- *La opción 1 de vCPE* (para medianas / grandes sucursales o sedes): cuenta con ETX-2i de capa 2/3 de RAD tiene función de motor de virtualización x86 (acceso a la red y un servidor en el mismo dispositivo) para alojar 2-5 *Virtual Network Function (VNF)* (por ejemplo, HPE VSR) con la prestación de servicios avanzados y la supervisión del rendimiento de servicios.
- *La opción 2 vCPE* (en caso de grandes sucursales o sedes): HPE servidor independiente (aloja seis o más VNF) con la miniatura MiniD de RAD de capa 2 / 3, es una unidad enchufable (*plug in*) que proporciona la demarcación de la conectividad de la red y del servicio. En ambas opciones 1 y 2, el encadenamiento de servicios puede llevar a cabo con una funcionalidad adicional a la red, basado en la nube vCPE.
- *La opción de vCPE 3* (para las PYME y las pequeñas sucursales): consta de un solo *CPE físico (PCPE)* en el acceso de clientes, tales como MiniD o ETX-2i, junto con la funcionalidad de la red basada en la nube [37].

### **3.6. Análisis y evaluación de las propuestas**

Las empresas de equipos de Telecomunicaciones que fueron mencionadas tienen una larga trayectoria en el Mercado, cada de una de sus soluciones

serán analizadas desde diferentes puntos de vista, para determinar la mejor solución tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo.
- Resolución del problema.
- Compatibilidad con la tecnología de la red actual.
- Durabilidad de la solución (*permanente o temporal*).

De las 4 opciones de vCPE la de Huawei sigue en etapa de prueba, la última que realizó fue en octubre del 2015, fue con la empresa de Telecomunicación BT de Reino unido, Huawei aprobó las pruebas realizadas en los laboratorios de BT.

La empresa BT indico que Huawei está cerca de llegar a cumplir con los requisitos técnicos que necesitan los clientes como son: escalabilidad, fiabilidad y rendimiento, además se comprometió hacer las pruebas de campo, por lo que la descarto ya que no se ha probado en un situación real, aunque estos equipos formen parte de su portafolio, no han presentado formalmente su solución de vCPE como tal, como lo han hecho las otras empresas.

En la Tabla 3 se presentan los equipos que se colocan en las instalaciones de los usuarios de las empresas Juniper, Nokia-Alcatel Lucent. HP-RAD.



<b>Equipo</b>	NFX-250 JUNIPER	7368 ISAM NOKIA ALCATEL-LUCENT	ETX-2i RAD- HP
<b>Dimensiones</b>	4.37x 44.09x30.48 cm	3,6 x18.5x30 cm	4,37x44x 24 cm
<b>Herramientas de administración</b>	Debugging, Traffic mirroring, Mirroring to remote destination (over L2), IP tool, Juniper Networks commit and rollback, ACL-based mirroring, Diagnostics,....	Administrador de Dispositivos Motive™, Sistema de Gestión de Acceso (AMS) 5620 y OAM	Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP), OAM, digital diagnostics monitoring (DDM), portal de gestión de rendimiento, herramientas de activación de servicios
<b>Precio</b>	\$ 3.531,99	\$ 98,00	\$ 2.035,00
<b>Compatibilidad</b>	SHDSL/VSDL/ETHERNET/WAN	LAN /GPON/EPON/NGPON2/10GE PON	SHDSL/VDSL/ GPON/PDH/ TDM

**Tabla 3 Características de equipos vCPE**

El dispositivo tiene que ser compatible con la redes 10G-EPON de Netlife y ofrecer soluciones a los problemas de gestión que presentan las redes FTTH y además con precio razonable y que nos proporcione un solución no solo temporal sino permanente, a primera vista la opción que cumple con dos de las

características planteadas por precio y por compatibilidad es la de Nokia y Alcatel-Lucent.

Pero el objetivo principal es que resuelva los problemas de gestión, el equipo de Juniper presenta más herramientas, pero haciendo un análisis son herramientas independientes, no cuenta con un administrador de red en donde pueda realizar todas las funciones, el equipo de Nokia y Alcatel-Lucent y el de RAD-HP presentan sus administradores ayudado de otras herramientas.

A continuación se detalla a fondo los administradores de dispositivos y herramientas de estas dos empresas.

Nokia y Alcatel-Lucent: el administrador de dispositivos del Hogar Motive, junto con OAM forman un fuerte equipo para gestionar el ONT:

- *Administrador de dispositivos del hogar Motive (HDM)* para la gestión de dispositivos: faculta al personal de asistencia y a los suscriptores el control y la gestión de forma remota del CPE compatible con *Technical Report 069 (TR-069)*, *Residential Gateway (RGW)*, decodificadores IP, adaptadores *Voice over IP (VoIP)*.
- HDM se encarga de todas las tareas relacionadas con la gestión del CPE, incluyendo el aprovisionamiento de ZeroTouch, actualizaciones de configuración, actualizaciones de software, monitoreo, el diagnóstico de problemas y solución de problemas. HDM también proporciona soporte completo para dispositivos compatible con IPv6, incluyendo TR-181.
- *OAM*: solución de administración y mantenimiento que las compañías necesitan para proporcionar la satisfacción del abonado.
- *Service Aware manager (SAM) 5620*: permite la gestión de redes y servicios de extremo a extremo a través de todos los dominios de la red, todas las IP, entrega de operaciones unificadas, si los servicios de red se están ejecutando en un entorno virtualizado o físico.

Este producto ayuda a los proveedores de servicios a:

- Maximizar rápidamente la eficiencia operativa mediante el aprovisionamiento rápido y solución de problemas, la garantía proactiva y la flexibilidad que facilita la integración en la red.
- Reducir el tiempo de lanzamiento al Mercado y aumenta la flexibilidad a la hora de lanzar servicios nuevos y avanzados.
- Simplificar la configuración, la asignación de calidad de servicio y el aprovisionamiento con la ayuda de *la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)*.
- Resolver los problemas antes de que afecten a los clientes, herramientas de correlación, eliminación de fallos muestran los servicios afectados y la causa raíz de los problemas, también ofrece capacidades de garantía de servicio que permiten la gestión del rendimiento y la presentación de informes de *Service Level Agreement (SLA)*.
- Permitir una mejor adaptación operacional, para personalizar el actual entorno de operaciones y aprovechar la inversión actual de los *Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS)* y el *Sistema de Soporte de Negocios (BSS)* [38].

Los administradores de HP-RAD son OAM, TWAMP, portal de gestión de rendimiento, herramienta de activación de servicio y el DDM.

- *OAM de múltiples capas y herramientas de Performance monitoring (PM):* ETX-2 el rendimiento del hardware basado en el monitoreo y diagnóstico a gran escala y precisión, conectividad de extremo a extremo (*IEEE 802.1ag*), así como un único segmento OAM (*IEEE 802.3-2005*) que garantiza la gestión de fallos a nivel de flujo y la supervisión del

rendimiento sobre la capa 2 y también detecta rápidamente los fallos de conectividad para una mejor protección.

- *TWAMP ligera (RFC-5357)*: ofrece funcionalidad a través del nivel 3, de una sola vía, con contador de pérdida, de retraso, paquetes fragmentados, reordena y duplica, además del tamaño del paquete de prueba configurable. *Virtual Routing and Forwarding (VRF)* múltiple compatible con la configuración TWAMP robusta, la cual se proporciona en ETX2i por un *controlador PM virtual (VPMC)* basado en un módulo de D-NFV.
- *El Portal de gestión de rendimiento*: es un sistema de aseguramiento de SLA que forma parte del sistema de gestión RADview, lo que permite la monitorización en tiempo real del rendimiento de los servicios Ethernet mediante la recopilación de datos *Key Performance Indicador (KPI)* desde dispositivos RAD.

*Las pruebas de activación de servicios*: la familia ETX-2 ofrece herramientas de activación de servicios múltiples con RFC-2544, probadores Y.1564 y L3 SAT.

- *Diagnóstico Digital de monitoreo*: ETX-2 es compatible con el *diagnóstico de monitoreo digitales (DDM)* de las interfaces SPF (*SFF-8472*) [39].

Esta opción también ofrece herramientas innovadoras para realizar la gestión del dispositivo.

Al poder ver en detalle los administradores de cada dispositivo y sus herramientas, podemos ver que ambos son buenos y resuelve por completo el problema que causa los CPE sin ocasionar problemas a los usuarios.

Sin embargo otra característica necesaria es la compatibilidad con la red de Netlife la cual solo la cumple el equipo de Nokia y Alcatel-Lucent, por eso esta solución es la escogida y no es una solución temporal ya que esta solución se adapta a las necesidades de la empresa.

La opción de HP-RAD, no es escogida por su incompatibilidad, siendo esta su desventaja, pero de seguro sería otra buena opción sino lo fuera.

### 3.7 Diseño de red virtualizada con tecnología Software Defined Networking

La empresa Netlife, tiene cobertura en la ciudad de Guayaquil, la Ciudadela Jardines del Salado, es uno de los lugares que cuenta con esta cobertura.

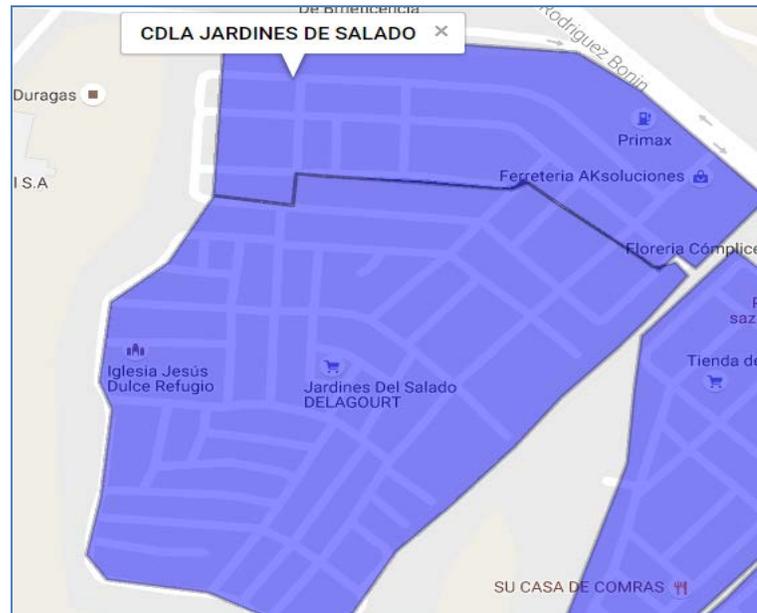
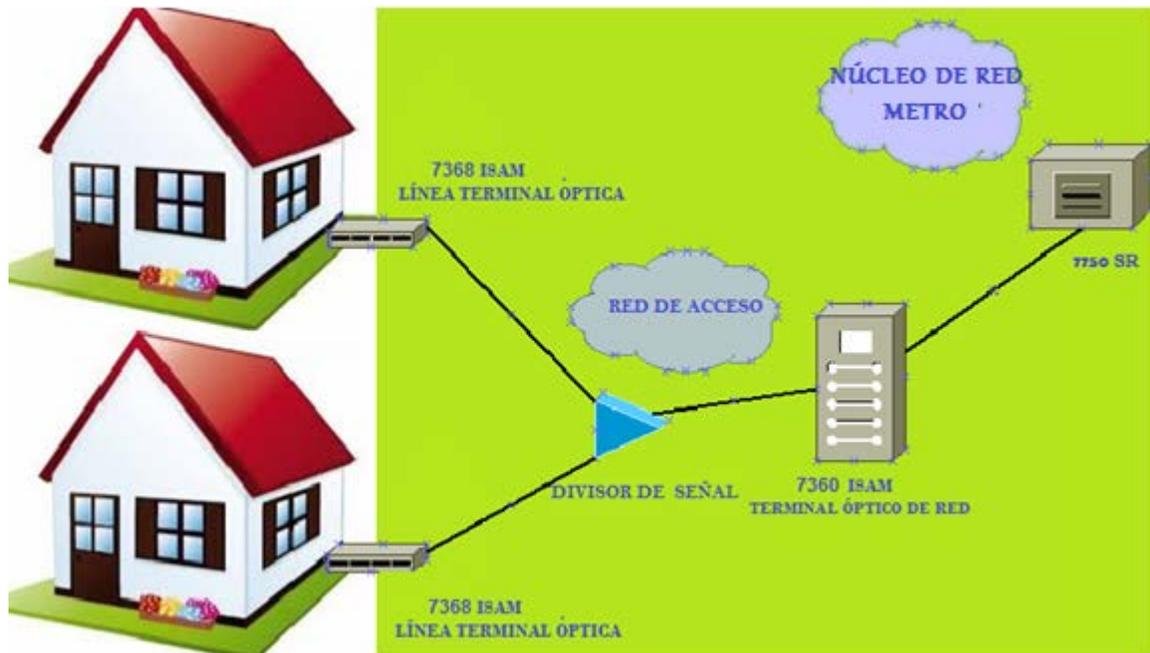


Figura 3.9 Mapa de cobertura de la Ciudadela Jardines del Salado



**Figura 3.10 Mapa de cobertura de los divisores de señal Google Map.**

La Ciudadela Jardines del Salado [8], está dividida en 2 dos zonas, como se puede observar en la Figura 3.9, también se puede observar el despliegue de los divisores de señal de la empresa Netlife que se encuentra por toda la ciudadela como se observa en la Figura 3.10.



**Figura 3.11 Arquitectura del vRGW**

El diseño de la solución Nokia y Alcatel-Lucent se muestra en la Figura 3.11, en la que se aprecia la ubicación de los equipos en la infraestructura de la red.

### 3.7.1 Infraestructura y elementos

La empresa Netlife realizó trabajo de obra civil o ductería que fueron requerido para brindar el servicio de Internet que a través de las redes de acceso FTTH, también empleó metros de fibra utilizado para brindar el servicio, la instalación a los clientes cubre materiales hasta 250 metros de fibra óptica de última milla con una inversión \$10000.000 [40].

Los elementos que vamos utilizar son:

- El *service Router (SR) 7750*: ofrece acceso de Internet, a la nube y servicio de interconexión a los centros de datos, el cual se conectará a través del puerto de 10GB del OLT 7360.
- *OLT 7360 FX16 ISAM*: soporta simultáneamente múltiples tecnologías de acceso de fibra como: *Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON)*, *Ethernet sobre Redes Ópticas Pasivas (EPON)*, *Next-Generation Passive Optical Network 2 (NG-PON2)*, *10G-EPON*, cuenta con 8192 ubicaciones de abonado (32 divisores de señal) que se conecta con el ONT 7368 ISAM.
- *ONT 7368 ISAM*: que se encuentra en las localidades del cliente, es un dispositivo que cuenta plataformas de administración y mantenimiento de Nokia y Alcatel-Lucent.

### 3.7.2 Equipos Openflow

Los equipos Openflow utilizados por esta solución son:

- *7750 Service Router (SR)*: router de servicios virtualizados, complementados con el Controlador de vRGW de Motive (Figura 3.7).



**Figura 3.7 Service Router 7750 [41]**

Permite múltiples proveedores SDN el control de integración es posible a través de Openflow, *Path Computation Element Protocol (PCEP)*, *Border Gateway Protocol with Link State (BGP-LS)* y las interfaces NETCONF/YANG.

Capacidad de escalabilidad del sistema de 200 Gbps hasta 9.6 Tbps y se adapta a diferentes tamaños de red y ubicaciones.

Proporciona interfaces *Gigabit Ethernet (GE)* de alta densidad, 10GE, 40GE y 100GE.

Soporta decenas de miles de flujos de servicio sin comprometer el rendimiento

Utiliza el 5620 Service Aware Manager para integrar y orquestar las operaciones de gestión de red a través del núcleo IP, borde de servicio, y los dominios de transporte óptico [41].

- *7368 Intelligent Service Access Manager (ISAM) ONT*: las líneas de productos terminales de red óptica y equipos en las dependencias del cliente, apoya un conjunto completo de tecnologías avanzadas de la Wide Area Network (WAN) y tecnologías LAN (Figura 3.8) como tecnologías WAN incluye: GPON, EPON, 10G-EPON, NG-PON y LAN avanzada incluye 10GBaseT.



**Figura 3.8 Service Access Manager 7368 [38]**



**Figura 3.9 Parte posterior del 7368 [38]**

- Incluye cuatro puertos Ethernet RJ-45 10/100/1000, dos puertos POTS para servicios de voz con calidad de operador, dos puertos host Universal serial bus (USB), USB 2.0 y USB 3.0 como se observa en la Figura 3.9.

Es compatible con dispositivos Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) 802.11 b/g/n: 2.4G inalámbrico y Wi-Fi concurrente de doble banda 5G, IEEE 802.11ac inalámbrico: 5G, NAT y firewall.

Cuenta con el protocolo de túnel SoftGRE, para la distribución eficiente del tráfico IPTV y VoIP, controla el flujo del dispositivo mediante Openflow y Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) local [38].

### **3.7.3 Protocolos y Servicios**

Los protocolos usados en la solución de vRGW de Nokia en su mayoría son de seguridad, de configuración y transmisión de datos las cuales son:

- *VoIP*: es un servicio por el cual se le permite hacer llamadas telefónicas a través del Internet o por algún sistema de compañía de cable. Este servicio es muy popular porque puede hacer llamadas de larga distancia o internacionales a bajo costo. VoIP convierte la señal de voz de un teléfono a una señal digital y si está llamando un teléfono regular, la señal sería convertida de regreso a un teléfono regular en el otro lado de la llamada [42].
- *Extensible Authentication Protocol (EAP)*: es un protocolo de Internet que proporciona una infraestructura para los clientes, para acceder a la red y autenticar los servidores.
- *PPPoE*: es una configuración de red que se utiliza para establecer una conexión *Point-to-Point Protocol (PPP)* a través de un protocolo de Ethernet.

Esta especificación es necesaria para permitir que los ordenadores tengan acceso a las redes de datos de alta velocidad, que son cada vez más comunes y ofrecen conexiones más rápidas y un mejor servicio.

La arquitectura de vRGW, cuenta con atributos únicos que permiten a los proveedores ofrecer servicios innovadores o de valor añadido.

- *Visibilidad del hogar*: permite visualizar la red del hogar, usuarios o dispositivos activos dentro de la casa, de esta manera se enfoca en la resolución de problemas, en diagnosticar y resolver los fallos.
- Como resultado los proveedores de servicio pueden supervisar y tomar las medidas para resolver los problemas de manera inmediata, mejorando significativamente la experiencia en general del cliente. Además, la capacidad para notificar a otros sistemas cuando un dispositivo doméstico se convierte en activo o inactivo.

- *Detalle del abonado y contexto del abonado*: el modelo vRGW ofrece un mejorado y detallado enfoque por usuario, dispositivo, nivel y contexto.

Permitiendo aplicación de políticas y la gestión de servicios tales como: control de padres por usuario, ancho de banda y calidad de servicio diferenciado por dispositivo, también permite la administración de recursos por dispositivo o usuario y políticas específicas de los padres para controlar el acceso a Internet.

- *Extensión de LAN Hogar*: la arquitectura vRGW es la única con la capacidad de extender la LAN doméstica.
- El *Digital Living Network Alliance (DLNA)* proporciona interoperabilidad de medios para dispositivos de consumo dentro de la casa. Al mover el almacenamiento DLNA a la nube, los clientes pueden seguir teniendo acceso a su contenido, incluso cuando se desplazan fuera de su red doméstica [38].
- *Dirección de tráfico*: un beneficio clave de la arquitectura vRGW, es su capacidad para dirigir específico flujos de tráfico a la nube de la red, que puede albergar algunas funciones de red de valor añadido. Esta capacidad de dirigir de manera eficiente combinando (*cadena de servicio*) un conjunto de funciones de red en un orden determinado (por ejemplo, contenido de la caché o el filtrado antivirus), permite nuevas opciones de servicio opt-in mejoradas en función de cada host.
- *Evolución a IPv6*: para aquellos casos en que una pasarela residencial existente desplegada en la casa no soporta IPv6, el modelo vRGW proporciona una migración eficiente mediante el apoyo de IPv6 en el vRGW. La pasarela residencial existente puede seguir siendo utilizada (en el modo de puente),

minimizando o eliminando la necesidad de actualizar el pasarela doméstica o incurrir en el coste añadido y la complejidad asociados con nuevo dispositivo de prueba y validación [38].

### **3.8 Estudio económico de una red Fiber To The Home virtualizada con Software Defined Networking**

Como hemos mencionado desde el inicio, todos los beneficios que trae la virtualización de las redes FTTH con tecnología SDN, esto significa reducción de costos, según los Laboratorios Bell revela las categorías donde sería notable la reducción de costos:

- *Cumplimiento del servicio*: con la solución vRGW permite poner en operación las actualizaciones o configuraciones con un ahorro de tiempo del 50% y facilita un menor número de desplazamientos de los técnicos a los hogares para la activación del servicio o por problemas en las actualizaciones.
- *Aseguramiento del servicio*: los datos de los proveedores de servicios muestran que el 30-40% de los tickets de problemas están relacionados con incidentes de mayor complejidad en la red. Estos problemas se pueden resolver con la virtualización y centralización de estas funciones más complejas, en combinación con las capacidades de gestión de los dispositivos de los hogares.
- *Gestión del ciclo de vida de los sistemas*: aunque los costes de gestión del ciclo de vida de los sistemas son relativamente pequeños en comparación con los costes de cumplimiento y aseguramiento del servicio, una mayor rapidez y agilidad del

servicio facilita su innovación y reduce los plazos de introducción en el Mercado y de generación de ingresos.

*Además de incrementar la rentabilidad* una pasarela residencial virtualizada proporciona unas mejoras estructurales en la experiencia del cliente, la velocidad del servicio y la agilidad operativa [35].

## **CAPÍTULO 4**

### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se analiza los costos que implica la implementación de la propuesta presentada por Nokia y Alcatel-Lucent y demostrar si esta es factible o no para la empresa Netlife cuyo principal problema es la gestión de las redes de acceso FTTH.

#### **4.1 Análisis de costes**

En este apartado analizamos si la propuesta Nokia y Alcatel-Lucent, beneficiaría económicamente a la empresa Netlife.

A continuación se detalla cálculos para comprobar la reducción de costos en las categorías de cumplimiento del servicio y aseguramiento del servicio desde el punto de vista de la empresa.

La empresa Netlife, se encuentra situada en la ciudad de Guayaquil ofrece el servicio de Internet utilizando la tecnología FTTH y para poder brindar un buen servicio al cliente, Netlife cuenta con un soporte técnico vía telefónica para poder resolver los problemas o inquietudes de los clientes, pero del 30 al 40% son problemas no pueden ser resueltos telefónicamente, por este motivo la empresa cuenta con un equipo de técnicos a los cuales se les designa un número determinado de clientes.

#### **Visita técnica**

Según la Agencia de regulación y control de las Telecomunicaciones en el 2015, la provincia del Guayas tenía 40,000 abonados con tecnología FTTH siendo Netlife el pionero en fibra, tomaremos este dato como referencia para realizar el cálculo para obtener el número de técnicos aproximados, de

acuerdo con Netlife el tiempo máximo de respuesta es de 24 horas y a cada técnico se le asigna un promedio de 5 casos al día.

- Número de clientes= 40000
- Casos resueltos por día= 5

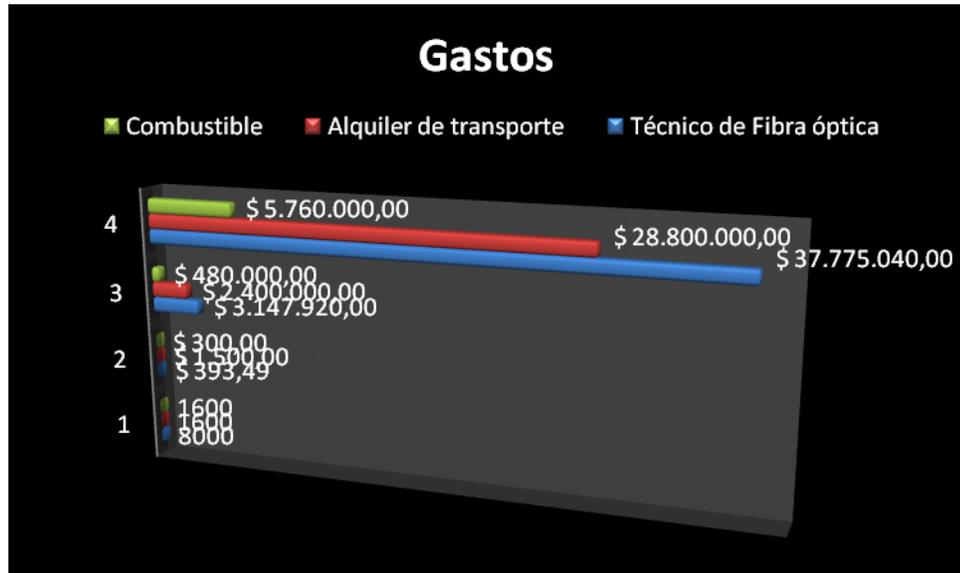
$$\text{Número de técnicos} = \frac{40000}{5} \quad (4.1)$$

$$\text{Número de técnicos} = 8000$$

El número de técnicos necesarios para 40000 abonados es de 8000.

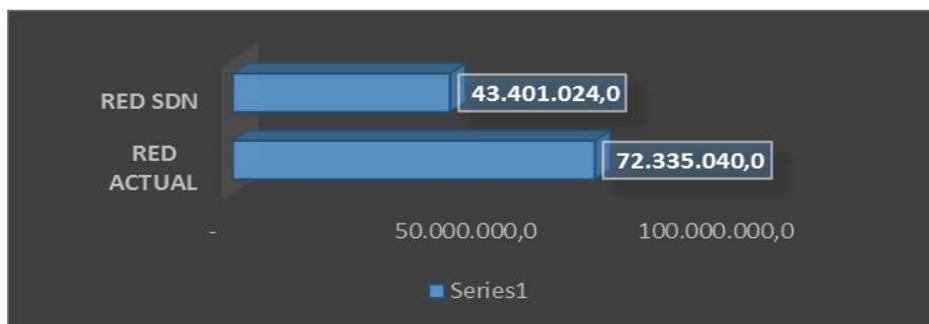
Personal técnico	Cantidad	Precio/mes	Total /mes	Total/año
Técnico de Fibra óptica	8000	\$ 393,49	\$ 3.147.920,00	\$ 37.775.040,00
Alquiler de transporte	1600	\$ 1.500,00	\$ 2.400.000,00	\$ 28.800.000,00
Combustible	1600	\$ 300,00	\$ 480.000,00	\$ 5.760.000,00
<b>Total</b>		\$ 2.849,54	\$ 6.027.920,00	\$ 72.335.040,00

**Tabla 4 Gastos de la visita técnica**



**Figura 4.1 Gastos de la visita técnica**

Se genera un gasto de \$ 72.335.040,00 como se observa en la Tabla 4 y los gastos se representan en la Figura 4.1.



**Figura 4.2 Red SDN vs Red actual**

Con la adquisición de la solución de vRGW de Nokia y Alcatel-Lucent que tiene tecnología SDN y NFV, lo que brinda un sistema de gestión centralizado y

virtualizado, que permite resolver la mayoría de problemas, que da como resultado la disminución de las visitas técnicas del 30% al 40%, como se observa en la Figura 4.2.

Como se mencionó anteriormente los equipos que se van a utilizar son ISAM 7360 (OLT) y 7368 (ONT) y el 7750 SR, los equipos deben ser adquiridos y esto representa un gran gasto para la empresa, a continuación se detalla la Tabla 4 de precios de los equipos Nokia y Alcatel-Lucent y las cantidades necesarias para la implementación en la ciudad de Guayaquil.

EQUIPOS	Cantidad	Valor unitario	Total
Nokia 7360 ISAM FX-16 OLT	5	\$ 1.000,00	\$ 5.000,00
Nokia 7368 ISAM ONT	40000	\$ 100,00	\$ 4.000.000,00
Nokia 7750 SR	4	\$ 2.095,00	\$ 8.380,00
<b>TOTAL</b>			\$ 4.013.380,00

**Tabla 5 Precios de equipos SDN Alcatel Lucent-Nokia**

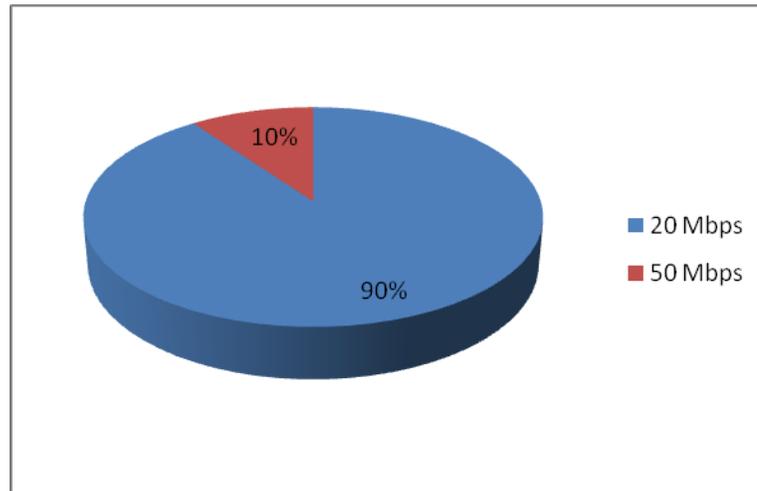
Los gastos del personal encargados de capacitar a los técnicos e instalar los equipos vienen incluidos en el costo total de los equipos, con un aproximado del 6% del valor total. Este entrenamiento es para que los técnicos puedan manipular bien estos equipos y poder ofrecer un buen servicio a los clientes. El total de gastos es de \$ 4.013.380,00 como se observa en la Tabla 5.

Como mencionamos la empresa Netlife tiene un aproximado de 40000 abonados que tienen diferentes planes de Internet como se observa en la Tabla 6.

Se calcula los ingresos de la empresa, tomando en cuenta el número de abonados y el precio del plan más económico como se puede observar en la Figura 4.3, el cual es el más adquirido según la encuesta realizada, con el objetivo de obtener el mínimo ingreso que tiene la empresa, según la Superintendencia de compañías en el año 2015 el total de pasivos de la empresa Netlife fue de \$ 8.620.675,24 [43].

Plan	Costo +IVA
20 Mbps	\$ 39,89
50 Mbps	\$ 64,97
75 Mbps	\$ 83,78
100 Mbps	\$ 117,98

**Tabla 6 Precios de planes de Netlife [6]**



**Figura 4.3 Plan de Netlife adquirido por los clientes**

Visualizando la tabla de ingresos y egresos de la empresa Netlife en la Tabla 7, podemos comprobar que la empresa presenta pérdidas hasta el quinto mes, a partir de ese mes solo obtiene ganancias, además en este cálculo no se tomó en cuenta lo que estos equipos le permiten ahorrar a la empresa según los estudios de los laboratorios Bells:

- Reduce la validación y la integración de pruebas un 60%.
- Reducción en stock en 25%-35% [44].

Mes	Abonados	Plan	Ingresos	Egresos	Balance
1 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 4.732.004,60	-\$ 3.136.404,60
2 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	-\$ 3.854.794,21	-\$ 2.259.194,21
3 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	-\$ 2.977.583,81	-\$ 1.381.983,81
4 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	-\$ 2.100.373,41	-\$ 504.773,41
<b>5 mes</b>	<b>40.000,00</b>	<b>\$ 39,89</b>	<b>1.595.600,00</b>	<b>-\$ 1.223.163,02</b>	<b>\$ 372.436,98</b>
6 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	-\$ 345.952,62	\$ 1.249.647,38
7 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 531.257,78	\$ 2.126.857,78
8 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 1.408.468,17	\$ 3.004.068,17
9 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 2.285.678,57	\$ 3.881.278,57
10 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 3.162.888,97	\$ 4.758.488,97
11 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 4.040.099,36	\$ 5.635.699,36
12 mes	40.000,00	\$ 39,89	1.595.600,00	\$ 4.917.309,76	\$ 6.512.909,76

**Tabla 7 Ingresos y egresos de Netlife**

Los equipos de Telecomunicaciones tienen como vida útil 10 años como se puede observar en la Tabla 8 en este periodo solo pueden ser rentables para la empresa, pero estos equipos desde su primer año ya presentan ganancias.

	<b>Nokia 7360 ISAM FX-16 OLT</b>	<b>Nokia 7368 ISAM ONT</b>	<b>Nokia 7750 SR</b>
Año 0	\$ 5.000,00	\$ 4.000.000,00	\$ 8.380,00
Año 1	\$ 4.500,00	\$ 3.600.000,00	\$ 7.542,00
Año 2	\$ 4.000,00	\$ 3.200.000,00	\$6.704,00
Año 3	\$ 3.500,00	\$ 2.800.000,00	\$5.866,00
Año 4	\$ 3.000,00	\$ 2.400.000,00	\$5.028,00
Año 5	\$ 2.500,00	\$ 2.000.000,00	\$4.190,00
Año 6	\$ 2.000,00	\$ 1.600.000,00	\$3.352,00
Año 7	\$ 1.500,00	\$ 1.200.000,00	\$2.514,00
Año 8	\$ 1.000,00	\$ 800.000,00	\$1.676,00
Año 9	\$ 500,00	\$ 400.000,00	\$838,00
Año 10	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

**Tabla 8 Depreciación de equipos SDN**

#### **4.2 Ahorro económico para los proveedores de servicios de Internet y Telecomunicación**

Los proveedores de Internet y de Telecomunicación con la implementación de esta solución tendrían algunos beneficios tales como [44]:

- *Reducción de equipos:* con esta iniciativa, se reduce la compra de equipos de telecomunicaciones, que son constantemente necesarios para brindar un buen servicio a los clientes y competir en el Mercado.
- *Ahorro de energía:* al tener menos equipos físicamente el consumo de energía es menor, así como el consumo de energía para los clientes, de esta manera la Empresa puede ahorrar en energía, sin sacrificar la eficiencia de sus servicios.
- *Menos personal técnico:* esta solución ofrece administración y mantenimiento centralizado de toda la red, de esta manera se soluciona los problemas en la red, cambios de servicio o activación de nuevos servicios de manera remota, sin que afecte al cliente, dando como resultado un buen servicio al cliente y la disminución de quejas por parte de ellos.
- *Implementación de nuevos servicios sin costo adicional:* se puede implementar nuevos servicios sin necesidad de invertir en infraestructura o equipos, lo que reduce en gastos, además de poder ofrecer servicios innovadores al Mercado, de esta manera la empresa podrá obtener muchos beneficios con una mínima inversión.
- *Reducción de transporte:* con la implementación del vRGW, disminuye el número de técnicos, debido a que los problemas se resuelven vía remota, por lo que ya no es necesario que se transporten hacia las instalaciones de los clientes, para solucionar problemas técnicos, lo que da como resultado la disminución del transporte (compra o alquiler) y por ende menos compra de combustible.

Además se puede observar con más detalle los beneficios que ofrece SDN en la Tabla 9 y Tabla 10.

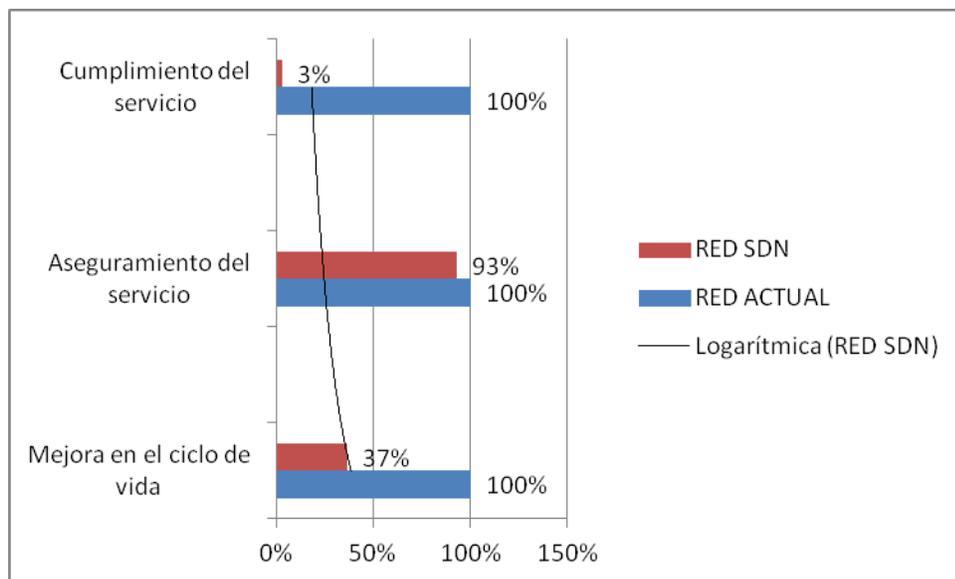
En la Figura 4.4, se puede observar la disminución de costos entre la red actual y la red SDN, lo que permite a las empresas economizar y ofrecer más variedad de servicios.

<b>Proceso</b>	<b>Mejora</b>
<b>Soporte Nivel 0</b>	3% - 7% de llamadas de atención al cliente reducidas, debido a la atención proactiva.  20% - 30% más llamadas manejadas correctamente.
<b>Soporte Nivel 1</b>	10%-15% mayor resolución en la primera llamada debido a un mejor diagnóstico de fallos.  30%-40% menos visitas técnicas.
<b>Campo de nivel 2</b>	20% - 30% menos tiempo de resolución, debido a una localización más rápida.
<b>RGW logística</b>	30% - 40% menos RGW enviados con problemas se resuelven sin reemplazo de equipos
<b>Nivel 3 de tecnología</b>	20% - 30% reduce el tiempo de manejo de problemas debido a un mejor diagnóstico y análisis

**Tabla 9 Beneficios del aseguramiento del servicio [44]**

Proceso	Mejora
<b>RGW aceptación</b>	50% de reducción en los tipos RGW reduce la validación y la integración de pruebas un 60%
<b>Compras/stock</b>	25%-35% en reducción en stock, por la reducción de complejidad.
<b>Tasa de fallos</b>	25% - 35% menor tasa de fracaso debido a hardware de dispositivo RGW más simple.

**Tabla 10 Beneficios del cumplimiento del servicio [44]**



## **Figura 4.4 Reducción de costos con la virtualización [44]**

### **4.3 Ahorro energético y ventajas para el cliente**

Como se mencionó anteriormente los beneficios que se obtiene con la implementación de vRGW, el ahorro de energía no se lo toma como uno de los principales beneficios por los cuales implementar esta solución.

Los equipos de Telecomunicaciones como conmutadores, servidores consumen energía debido a que pasan prendidos las 24 horas del día los 365 días del año, lo genera gastos a las empresas de Telecomunicaciones.

Un ejemplo del ahorro de energía, que se logra gracias a vRGW es en los servidores, por cada servidor virtualizado se ahorra a 7.000 kilovatios hora (KWph), o cuatro toneladas de emisiones de *dióxido de carbono* (CO<sub>2</sub>) al año según el estudio realizado por VMware [45].

En el Ecuador la tarifa eléctrica es de 0,091 centavos para la industria, lo que representa un gran gasto para las empresas incluyendo a las de Telecomunicaciones y proveedores de servicios de Internet.

La reducción de 7000 KWph que es lo que consume 1 solo servidor por año, lo equivale a \$637 por hora, lo que genera ahorro para las empresas que per lo general cuentan con 3 hasta 8 servidores.

<b>N. Servidores</b>	<b>KW/H</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
1 Servidor	7000	\$ 637,00	\$ 1.274,00	\$ 1.911,00
2 Servidor	7000	\$ 1.274,00	\$ 2.548,00	\$ 3.822,00
3 Servidor	7000	\$ 1.911,00	\$ 3.822,00	\$ 5.733,00
4 Servidor	7000	\$ 2.548,00	\$ 5.096,00	\$ 7.644,00
5 Servidor	7000	\$ 3.185,00	\$ 6.370,00	\$ 9.555,00
6 Servidor	7000	\$ 3.822,00	\$ 7.644,00	\$ 11.466,00
7 Servidor	7000	\$ 4.459,00	\$ 8.918,00	\$ 13.377,00
8 Servidor	7000	\$ 5.096,00	\$ 10.192,00	\$ 15.288,00

**Tabla 11 Consumo de energía de los Servidores**

En la Tabla 11, se puede observar el costo que ocasiona de 1 a 8 servidores por año.

Esto representa un beneficio no solo para la empresa sino también el ambiente ya que se reduce 4 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>, este es uno de los elementos que está cambiando el clima y ocasiona efectos negativos en los ecosistemas, organismos y la vida en general.

El sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones puede contribuir a disminuir esta huella.

En los Laboratorios Bell de Alcatel-Lucent, los científicos trabajan para el cumplimiento de estos objetivos [46], ya que es fundador del consorcio GreenTouch cuya misión es hacer que las redes de comunicaciones sean

hasta mil veces más eficientes en el consumo de energía de lo que son actualmente.

Por otra parte los usuarios también obtienen beneficios relacionados con el ahorro de energía, aunque este sea mínimo, debido a la disminución del equipo que se instala en sus localidades, el cual proporciona conexión a Wi-Fi consume 5,95 Kw/h por mes.

$$\text{Consumo por día} = 8 \text{ W} * 24 \text{ H} \quad (4.2)$$

$$\text{Consumo por día} = 192 \text{ W/H}$$

$$\text{Consumo por mes} = 192 \text{ W/H} * 31$$

$$\text{Consumo por mes} = 5952 \text{ W/H}$$

$$\text{KW/H} = 5952 \text{ W/H} * \frac{1}{100}$$

$$\text{KW/H} = 5,95$$



**Figura 4.5 Beneficios del cliente con una red virtualizada**

En la Figura 4.5, se puede observar beneficios que se obtendrían los cuales son:

- *Variedad de servicios:* con un sola conexión a Internet los usuarios obtendrían televisión, telefonía, video llamadas, y todo los demás servicios que se obtienen con un Internet de alta velocidad, lo que es beneficioso, ya que ahorra minutos de teléfono celular y convencional y lo mejor de todo puede llevar estos beneficios donde se encuentren.
- *Mejorado servicio al cliente:* el modelo vRGW es compatible con configuración centralizada y gestión eficiente, lo que resulta en un menor número de llamadas al servicio de asistencia y resolución de la llamada más rápido.

Al implementar el ONT 7368 este dispositivo permite distintos servicios evitando el cambio o instalación de equipos, también minimiza los complejos procedimiento de actualización.

- *Reducción de precios:* la implementación del vRGW permite la reducción de energía, equipos, de personal esto disminuye los

precios en los planes e instalaciones, lo que beneficia la economía del usuario.

- *Nuevos e innovadores servicios:* con esta solución pueden ofrecer nuevos servicios, como políticas de acceso de Internet por dispositivo, servicios de almacenamiento en la nube, los cuales pueden ser ofertados al mercado a bajo costo.
- *Mayor velocidad:* con la implementación de este modelo la solución puede ofrecer mayores velocidades, lo que da apertura a nuevos servicios que necesitan un gran ancho de banda y poder disfrutar un servicio de calidad sin interrupciones.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha realizado un estudio completo de cómo la virtualización junto la tecnología SDN resolverían los problemas de administración de las redes de acceso FTTH, para esto se ha tomado a la empresa Netlife como caso de estudio.

Esta empresa ofrece servicios de Internet a través de redes de acceso FTTH, la cual aunque presenta un gran crecimiento en el mercado como lo demuestran las estadísticas de la ARCOTEL, también presenta problemas en la administración, siendo afectado el cliente, lo cual se ve reflejado en las mismas estadísticas de la institución pero está vez relacionado con la atención al cliente.

Para poder encontrar la mejor solución para la empresa Netlife se analizó el estado del arte de los equipos SDN y las diferentes soluciones SDN que ofrece el mercado, para buscar la que mejor se adapte a las necesidades. También se pudo comprobar que no solo ayudaría a resolver el problema, sino también a reducir costos en:

- Infraestructura.
- Recurso humano.
- Energía eléctrica.
- Equipos de usuarios.
- Medio ambiente

Con todos los beneficios que muestra este estudio a la empresa Netlife, esta Empresa puede posesionarse en el mercado ecuatoriano rápidamente, quedando sin competencia al poder ofrecer servicios de calidad a bajo costos y con un eficiente servicio al cliente.

Por otro lado, también es recomendable que las empresas de Telecomunicaciones o de servicio de Internet en general que opten por este cambio, tomen en cuenta ciertos aspectos antes de cambiarse a SDN:

- *Estado de sus redes:* verificar si los equipos con los que cuentan actualmente soportan Openflow.
- *Necesidades de la empresa:* saber realmente cuáles son sus necesidades, debido a que no todas las empresas tienen las mismas, y dependiendo de esto escogerían una solución que les beneficie.
- *Soluciones SDN:* antes de seleccionar alguna solución, es necesario buscar información relacionada por ejemplo, buscar qué empresas la usan actualmente, los comentarios sobre esta solución, qué beneficios ofrece, pedir asesoría al proveedor con el fin de estar bien informado.
- *Gastos de despliegue:* es necesario saber cuánto le cuesta este cambio a la empresa, por eso debe tomar en cuenta la adquisición del nuevo equipo y capacitación de personal.

Estos aspectos deben tomar en cuenta las empresas, debido a que pueden tener inconvenientes al momento de implementarla. Como SDN está en pleno desarrollo y por lo tanto muchas de sus funciones aún no están completamente definidas y entendidas, esto es normal, pero conforme esta tecnología vaya desarrollándose las dudas se irían despejando, por eso es necesario investigar antes de escoger alguna solución.

Al ser esta tecnología cada vez más común en el medio de las Telecomunicaciones, habría la necesidad de capacitar y entrenar al personal de TI en su uso, para que puedan ir familiarizándose con ella.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] R. D. P. V, "Aplicación de SDN en redes ópticas:análisis Preliminar," 2015.
- [2] Telefónica, "FTTH, hogares con mucha fibra," 18 enero 2013. [Online]. Available: <http://blogthinkbig.com/ftth-fiber-to-the-home/>.
- [3] I. Varas, "Sistemas de fibra óptica," marzo 2016. [Online]. Available: [http://www.academia.edu/23265696/SISTEMAS\\_DE\\_FIBRA\\_OPTICA](http://www.academia.edu/23265696/SISTEMAS_DE_FIBRA_OPTICA).
- [4] M. A. Pérez, "1.05 Pbps, récord en transmisión sobre fibra óptica," FEBRERO 2013. [Online]. Available: <http://blogthinkbig.com/record-transmision-fibraoptica/>.
- [5] C. Palma, "FTTH como respuesta a la creciente demanda de ancho de," 2013. [Online]. Available: [http://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/01.FTTH\\_v\\_0\\_0\\_9\\_final\\_FTTH-como-respuesta-a-la-creciente-demanda-de-ancho-de-banda.pdf](http://cintel.co/wp-content/uploads/2013/05/01.FTTH_v_0_0_9_final_FTTH-como-respuesta-a-la-creciente-demanda-de-ancho-de-banda.pdf).
- [6] Netlife, "Netlife como el proveedor más veloz de Internet en el Ecuador," Octubre 2015. [Online]. Available: <http://www.netlife.ec/2015/10/netlife-como-el-proveedor-mas-veloz-de-internet-en-el-ecuador/>.
- [7] ARCOTEL, "Atención al usuario," Octubre 2016. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/atencion-al-usuario/> .
- [8] Netlife, "¿Porqué Netlife escogió Gepon?," 2014. [Online]. Available: [http://www.netlife.info.ec/\\_upload/Gepon%20y%20Netlife.pdf](http://www.netlife.info.ec/_upload/Gepon%20y%20Netlife.pdf).
- [9] ARCOTEL, "Servicio de acceso a Internet," 2016. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>.
- [10] ARCOTEL, "Internet Boletín estadístico del sector de Telecomunicaciones," 2015. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/Boletin6.pdf>.
- [11] M. d. t. d. Ecuador, "Tabla de salario mínimo sectorial 2016," 2016. [Online]. Available: <http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/tablas-sectoriales-2016/>.
- [12] R. Fraile, "Casos de uso de SDN: La búsqueda continúa," [Online]. Available:

<http://aunclidelastic.blogthinkbig.com/casos-de-uso-de-sdn-la-busqueda-continua/>.

- [13] M. Á. García, "SDN como base para la virtualización de red," [Online]. Available: <http://www.techweek.es/virtualizacion/opinion/1013779005901/sdn-base-virtualizacion-red.1.html>.
- [14] J. N. P. H. D. Luís M, "SDN Cómo el nuevo universo trazado por las redes definidas por software impactará en los negocios," 2014. [Online]. Available: [http://www.la.logicalis.com/globalassets/latin-america/advisors/es/advisor\\_sdn.pdf](http://www.la.logicalis.com/globalassets/latin-america/advisors/es/advisor_sdn.pdf).
- [15] R. J. M. Tejedor, "SDN: el futuro de las redes inteligentes," 2014. [Online]. Available: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdnredesinteligentes.php>.
- [16] HP, "Reavive la innovación con el ecosistema abierto SDN," 2016. [Online]. Available: <http://h17007.www1.hp.com/es/es/networking/solutions/technology/sdn/>.
- [17] Alcatel Lucent, "Alcatel-Lucent amplía sus capacidades de SDN para empresas," 2013. [Online]. Available: <http://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-alcatel-lucent-amplia-capacidades-sdn-empresas-20131211103827.html>.
- [18] Huawei, "Cambiar el futuro con Agile Network," 2013. [Online]. Available: <http://itusersmagazine.com/2013/08/11/cambiar-el-futuro-con-agile-network/>.
- [19] Network World, "OpenFlow permite crear networking definido por software," 2011. [Online]. Available: <http://www.networkworld.es/actualidad/openflow-permite-crear-networking-definido-por-software>.
- [20] Aodbc, "OpenFlow for dummies," 2013. [Online]. Available: <http://blog.aodbc.es/2013/09/10/openflow-for-dummies/>.
- [21] D. B. G, "Openflow El protocolo del futuro," 2013. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4897871>.
- [22] M. Mc, "Cinco protocolos SDN que no son Openflow," 2014. [Online]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Cinco-protocolos-SDN-que-no-son-OpenFlow>.

- [23] C. R. C. C. F. C. Alejandro G, "Controladores SDN, elementos para su selección y evaluación.," 2014. [Online]. Available:  
<http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/viewFile/164/153>.
- [24] R. Jain, "OpenFlow Controllers," 2013. [Online]. Available:  
[http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-13/ftp/m\\_15oct.pdf](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-13/ftp/m_15oct.pdf).
- [25] C. Contrera, "Implementación de un controlador Openflow para el manejo de Openflow," 2014. [Online]. Available:  
<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/16498/1/ContrerasPardoCarlosAlberto2014.pdf>.
- [26] D. M. Raul M, "Implementación de prototipo de una red definida por software," 2014. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7360/1/CD-5509.pdf>.
- [27] I. Rojas, "Monitorización del plano de datos en redes SDN," 2014. [Online]. Available: [http://eprints.ucm.es/34577/1/TFM%20Isaac%20v3\\_10.pdf](http://eprints.ucm.es/34577/1/TFM%20Isaac%20v3_10.pdf).
- [28] HPE, "HPE BladeSystem," 2016. [Online]. Available:  
<https://www.hpe.com/es/es/integrated-systems/bladesystem.html> .
- [29] VMWARE, "Virtualización," 2016. [Online]. Available:  
<http://www.vmware.com/latam/solutions/virtualization.html>.
- [30] V. Ugalde, "HP lanza soluciones que simplifican la red en los data centers," 2013. [Online]. Available: <http://mundocontact.com/hp-lanza-soluciones-que-simplifican-la-red-en-los-data-centers/>.
- [31] J. Arasanz, "Nuevo OmniSwitch 6860 – High End Access Switch, con capacidades Nativas SDN y DPI," 2014. [Online]. Available: <http://blog-enterprise.alcatel-lucent.es/article/nuevo-omniswitch-6860-high-end-access-switch-con-capacidades-nativas-sdn-y-dpi>.
- [32] Huawei, "Switch ágiles de la serie S12700," 2014. [Online]. Available:  
<http://e.huawei.com/es/products/enterprise-networking/switches/data-center-switches/s12700>.
- [33] P. y. s. Huawei, "NetEngine40E Series Universal Service Routers," 2012. [Online].

Available: <http://e.huawei.com/en/products/enterprise-networking/routers/ne/ne40e>.

- [34] N. Huawei, "Huawei Completes Virtual CPE PoC Testing with BT," 2015. [Online]. Available:  
<http://www.huawei.com/en/news/2015/09/Huawei%20Completes%20Virtual%20CPE%20PoC%20Testing%20with%20BT>.
- [35] M. Lozano, "Virtualización en la Nube, reduce costos operativos de los operadores," Diciembre 2015. [Online]. Available:  
<http://www.corporateit.com.ar/index.php/2015/12/18/virtualizacion-en-la-nube-001/>.
- [36] J. Networks, "Juniper implanta solución vCPE en operadoras alrededor del mundo," Mayo 2016. [Online]. Available:  
<http://www.junipernetworksblog.com/juniper-implanta-solucion-vcpe-en-operadoras-alrededor-del-mundo>.
- [37] RAD, "ETX-2 Datasheet," 2016. [Online]. Available:  
<https://www.kapsch.net/KapschInternet/media/CarrierCom/KCS/products/RAD/ETX-2.pdf>.
- [38] Nokia Corporation, "Virtualized Residential Gateway," 2016. [Online]. Available:  
<http://www2.alcatel-lucent.com/landing/virtualized-residential-gateway/>.
- [39] HPE-RAD, "HPE OpenNFV Partner," Marzo 2016. [Online]. Available:  
[hpe.com/csp/nfv](http://hpe.com/csp/nfv).
- [40] N. planes, "Condiciones y restricciones," 2010. [Online]. Available:  
<http://www.netlife.ec/planes/hogares/internet-de-alta-velocidad/condiciones-y-restricciones/>.
- [41] Nokia, "7750 Service Router," 2016. [Online]. Available:  
<https://networks.nokia.com/products/7750-service-router>.
- [42] VOIPSWITCHBLOG, "VoIP Voz sobre el Protocolo de Internet, Que es,Que puede hacer por USTED," 2016. [Online]. Available:  
<http://www.servervoip.com/blog/tag/voz-sobre-protocolo-d-einternet/>.

- [43] S. d. compañías, "Supeintendencia de compañías consulta de empresas," 2015. [Online]. Available: <http://www.supercias.gob.ec/portalinformacion/consulta/>.
- [44] Nokia, "The case for a virtualized: Operating cost savings and revenue benefits," 2016. [Online]. Available: <http://resources.alcatel-lucent.com/asset/190361>.
- [45] Powernet, "¿CÓMO AYUDA LA VIRTUALIZACIÓN A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO?," 2014. [Online]. Available: <http://powernet.es/web/blog/virtualizacion-y-almacenamiento/como-ayuda-la-virtualizacion-a-la-reduccion-del-consumo-energetico/>.
- [46] GreenTouch, "Miembros y Socios de GreenTouch," 2015. [Online]. Available: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/belllabs-microsite-greentouch/index.php@pag>.
- [47] E. Universo, "La diversión va por dentro," 2011. [Online]. Available: <http://www.eluniverso.com/2011/08/04/1/1534/diversion-dentro.html>.
- [48] Riocentro, "Riocentro shopping," 2016. [Online]. Available: <http://www.riocentrosopping.com/ceibos/tiendas>.
- [49] COMMSCOPE, "Conectividad-para-Fibra-Hasta-el-Hogar," 2016. [Online]. Available: [www.commscope.com/Docs/Conectividad-para-Fibra-Hasta-el-Hogar-BR-312890-LA.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec](http://www.commscope.com/Docs/Conectividad-para-Fibra-Hasta-el-Hogar-BR-312890-LA.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec).
- [50] Huawei, "Puntos de acceso premium de la serie AP7110," 2016. [Online]. Available: <http://e.huawei.com/es/products/enterprise-networking/wlan/indoor-access-points/ap7110>.
- [51] Huawei, "AP7110 Series Access Point Datasheet," 2016. [Online]. Available: [http://e.huawei.com/en/related-page/products/enterprise-network/wlan/indoor-access-points/ap7110/brochure/WLAN\\_AP7110](http://e.huawei.com/en/related-page/products/enterprise-network/wlan/indoor-access-points/ap7110/brochure/WLAN_AP7110).
- [52] Huawei, "Controlador de acceso AC6605," 2016. [Online]. Available: <http://e.huawei.com/es/products/enterprise-networking/wlan/access-controllers/ac6605>.
- [53] Huawei, "S7700 Series Smart Routing Switches," 2016. [Online]. Available: <http://e.huawei.com/au/products/enterprise-networking/switches/data-center->

switches/s7700.

- [54] Tamasoft, "Documentación de ayuda," 2015. [Online]. Available:  
<http://www.tamos.com/docs/tg42es.pdf>.
- [55] INEC, "Proyecciones Poblacionales," 2010. [Online]. Available:  
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>.
- [56] INEC, "Directorio de Estadísticas del Inec," 2015. [Online]. Available:  
[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC).

## ANEXOS

En esta sección presento dos propuestas que originalmente no forman parte de este estudio pero que están relacionadas con la cobertura con FTTH, con la virtualización y con SDN, demostrando que podemos resolver otras necesidades o problemas que presentan las redes en diferentes escenarios, estas propuestas son:

- Cobertura Inalámbrica y por cable para el centro comercial Riocentro los Ceibos.
- Anillo de fibra para dar cobertura de Internet a la ciudad de Guayaquil.

También presento una encuesta relacionada con el servicio de Internet y la atención al cliente con el fin de aportar información sobre la empresa Netlife al tema principal.

### APÉNDICE A

#### Cobertura inalámbrica y por cable para el centro comercial Riocentro los Ceibos



Figura A.1 Riocentro los Ceibos [48]

Riocentro los Ceibos (Figura A.1) tiene un área de 55.000 metros cuadrados, fue remodelado con la ayuda de la diseñadora Adriana Hoyos. Ahora cuenta con 180 locales y 10 salas de cine que es el mayor atractivo para las familias que residen cerca del Riocentro.

Los domingos es muy normal ver a familias enteras disfrutar de un almuerzo en el patio de comidas o los restaurantes independientes del centro comercial. Ofrece un área de parqueo para 600 vehículos en tres zonas diferentes [47].

Además hay un Mi Comisariato y Rio Store, donde se puede adquirir productos de uso diario [48].

Cuenta con 2 pisos cada uno de aproximadamente de 280 largo por 260 de ancho (Figura A.2).



**Figura A.2 Interior del Riocentro los Ceibos [48]**

Esta propuesta se presenta con el fin de satisfacer las necesidades que actualmente presenta los centros comerciales, debido a que la mayoría de locales puede usar Internet inalámbrico para realizar todas sus actividades comerciales, y ofrecer este

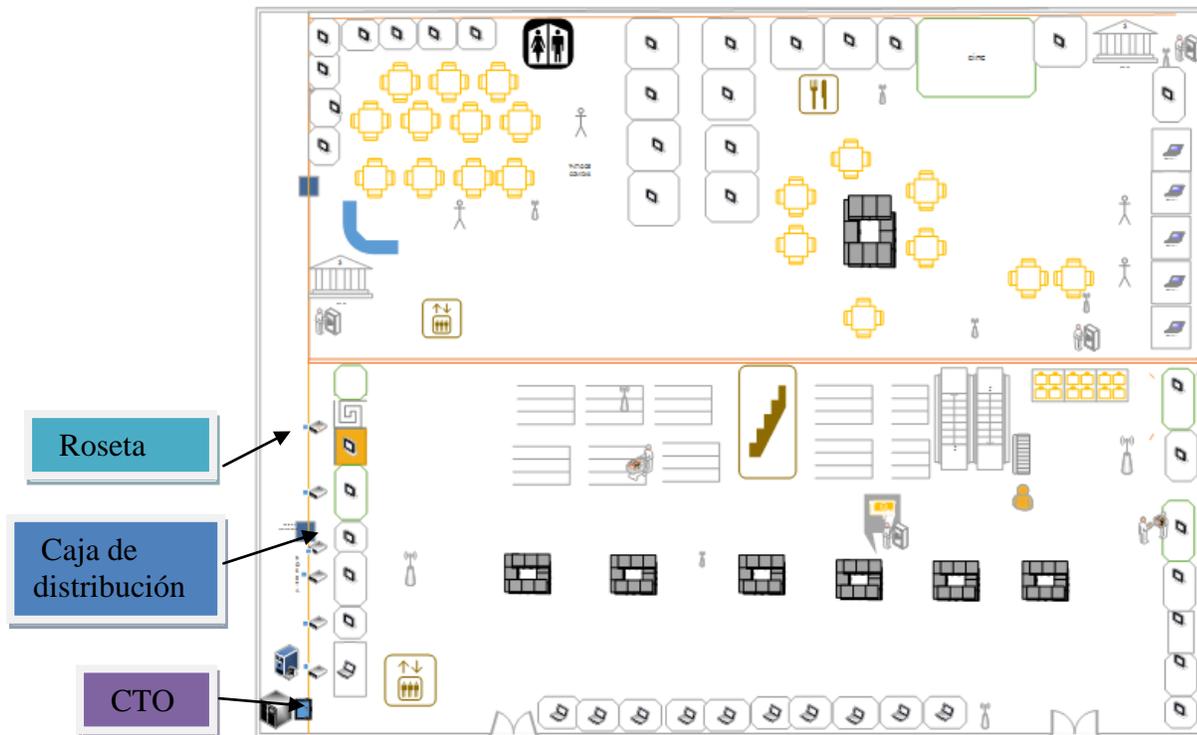
servicio a los clientes que visiten su local, la mayoría de locales comparten la misma idea de obtener un punto de acceso con el fin de que sus clientes puedan acceder, lo que muchas veces es un servicio muy costoso de adquirir, por otro lado al colocarse puntos de acceso uno al lado de otro e incluso en el mismo canal, esto provoca interferencia lo que provoca que la señal sea pésima., con esta propuesta todos los locales y sus clientes tendrán acceso a un servicio de Internet Inalámbrico de buena calidad sin interferencias y lo mejor a un buen precio.

Por otro lado existen locales en el mismo centro comercial que no pueden satisfacer sus necesidades comerciales con un servicio de Internet Inalámbrico, como el caso de entidades bancarias, para ellas es el servicio de Internet por cable para obtener mayor rapidez en su conexión por estos motivos se propone lo siguiente :

- Dar cobertura a través de Fibra a todo el centro comercial
- Ofrecer Internet inalámbrico (*puntos de acceso virtuales*) y por cable a los locales comerciales.
- Entregar una red inalámbrica y cableada de gran velocidad.

### **Cobertura con fibra óptica**

Diseño de centro comercial los ceibos



**Figura A.3 Mapa de Riocentro los Ceibos**

Este edificio cuenta con infraestructura (Figura A.3), por donde pasa los cables de cobre, por lo que se puede aprovechar ese espacio para poder pasar la fibra.

Los elementos que se utilizan son:

- *Caja terminal óptica (CTO)*: contiene en su interior los divisores de señal de 1:16 usamos BUDI-M son terminales montables en pared para uso en interiores y exteriores desarrolladas para arquitecturas de red FTTH. Esta terminal acepta el sistema de administración de fibra FIST en el caso de que se requiera una solución con empalmes y también puede ser utilizada para soluciones de conexión, tiene una capacidad 48/96 conectores (Figura A.4).



**Figura A.4 Caja terminal óptica [49]**

- *Caja de distribución óptica de planta (CDP):* son simples cajas con fibras pre-conectadas que permiten realizar las acometidas finales desde la planta de un edificio a cada vivienda (Figura A.5).

La IFDB-M es una caja para separar las fibras del cable riser de interiores en bajadas individuales hacia las unidades de vivienda de la MDU. Estas bajadas proporcionan la conexión de fibra óptica hacia las unidades habitacionales. La caja tiene una capacidad hasta para 24 empalmes [49].



**Figura A.5 Caja de distribución óptica de planta [49]**



**Figura A.6 Roseta óptica [49]**

- *Roseta óptica:* la roseta óptica (*Fiber Optic Customer Outlet*) provee una terminación discreta y sencilla de los cables de fibra óptica en el interior del hogar o la oficina (Figura A.6).

Con los elementos anteriores (Tabla 12) ofrecemos Internet inalámbrico y por cable a los locales del Riocentro los Ceibos cabe recalcar que el principal servicio es el inalámbrico ya que se pudo comprobar que pocos locales son los que necesitan Internet por cable.

Elementos	Cantidad	Distribución	Total
Caja terminal óptica	3	1:16	48
Caja de distribución de planta	2	24	48
Roseta óptica	48	1	48

**Tabla 12 Elementos para distribución de fibra óptica**

## Cobertura Inalámbrica

Ofrecerles puntos de acceso virtuales, de esta manera se evita el despliegue de muchos puntos de acceso inalámbricos, evitando la interferencia y dando como resultado una mejor calidad en la señal, este servicio aplica a restaurantes, tiendas de ropa entre otros, este servicio también puede ser utilizado por las islas que son pequeños stands.

Para brindar este servicio son necesarios los siguientes equipos:

- *Punto de Acceso AP7110DN-AGN* gran potencia, puntos de acceso de la serie AP7110 de Huawei ofrecen conectividad WLAN sólida para velocidades de reenvío de datos de hasta 900 Mbps (Figura A.7 y Tabla A.2).

Estos puntos de acceso IEEE 802.11n de primera línea integran múltiples tecnologías patentadas por Huawei para brindar servicios inalámbricos de calidad en escenarios de alta densidad de usuarios o de despliegues de gran escala, tales como oficinas corporativas, aeropuertos, trenes digitales y centros deportivos.

Las antenas omnidireccionales externas de alta ganancia 3 x 3 MIMO ofrecen una cobertura superior y permiten conectar hasta 256 usuarios [50].

Asignación de VLAN basada en SSID, 4,094 identificadores de VLAN (1-4094) y un máximo de 16 puntos de acceso virtuales para cada frecuencia de radio.



**Figura A.7 AP7110DN-AGN [50]**

Artículo	Descripción	
<b>Tipo de Antena</b>	Extraíble RP-SMA Antena	
<b>Ganancia de Antena</b>	2.4G: 2.5 dBi	
	5G: 4 dBi	
<b>Máxima Número de Usuarios concurrentes</b>	≤256	
<b>Número máximo de canales sin solapamiento para AP7110DN-AGN</b>	2.4 GHz	5 GHz
	802.11b/g	802.11a
	20 MHz: 3	20 MHz: 24
	802.11n	802.11n
	20 MHz: 3	20 MHz: 24
	40 MHz: 1	40 MHz: 11

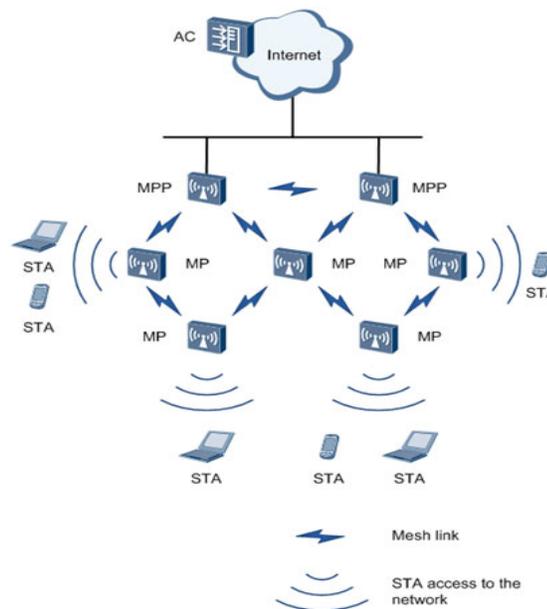
**Tabla 13 Características del AP7110DN-AGN [50]**

Esto nos indica que obtendremos 32 puntos de acceso en un solo equipo ya que trabaja en 2 bandas de frecuencias (2,4 y 5 GHz como se observa en la Tabla 13.

### **Topología Malla**

En esta red, los puntos de acceso funcionan como *Puntos de Malla (MP, del inglés Mesh Point)* y están completamente acoplados para establecer *una Red de Malla Inalámbrica (WMN, del inglés Wireless Mesh Network)* auto-configurada y auto-curable como se observa en la Figura A.8.

Los puntos de acceso con la función de puerta de enlace pueden funcionar como *los Puntos de Portal de Malla (MPP, del inglés Mesh Portal Point)* a través de los cuales el WMN puede proporcionar acceso a Internet. Los terminales se conectan a puntos de acceso para obtener acceso al WMN. El WMN utiliza protocolos de encaminamiento de malla dedicados para garantizar una alta calidad de transmisión. Es más aplicable a escenarios que requieren alto ancho de banda y conexiones de Internet altamente estables [51].

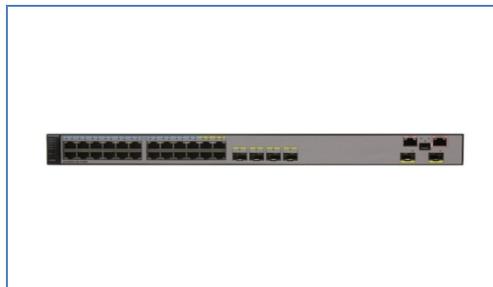


**Figura A.8 Topología malla con MP, MPP y terminales inalámbricos (STA) [51]**

- El piso 1 tiene un aproximado de 130 tiendas.
- El piso 2 un aproximado de 50 tiendas.

Por lo que se coloca 5 puntos de acceso en el Piso 1 y 5 puntos de acceso en el Piso 2 con un total de 10 puntos de acceso:

- *Controlador de Acceso AC6605*: brinda soluciones adaptables de redes de áreas de campus y oficinas que han sido diseñadas para empresas y sucursales medianas a grandes, compatibles con densidades crecientes de dispositivos móviles, cobertura extendida de área de acceso inalámbrico y aplicaciones de vídeo (Figura A.9).
- Este controlador de WLAN de gran capacidad ofrece poderosas capacidades de acceso, agregación y conmutación tanto para servicios cableados como para servicios inalámbricos. Dos puertos de enlace ascendente ópticos SFP + 10 GE permiten lograr un excelente rendimiento. La arquitectura de Fit AP + controlador de acceso y las políticas, la transmisión y el control unificados simplifican la administración de red. Admite hasta 1024 puntos de acceso [52].



**Figura A.9 Controlador de acceso AC6605 [52]**

- *Switch 7706*: capacidades de enrutamiento de múltiples servicios y de conmutación de 10 GE a 40 GE escalables para grandes redes de área de campus; actualizable mediante tarjetas SDN y para proporcionar controladores de acceso de radiofrecuencia integrados para comunicaciones inalámbricas (Figura A.10).

El diseño modular, la administración unificada de usuarios y las funciones integrales de seguridad hacen que el switch S7700 sea ideal para redes de pequeña y gran escala. El diseño de matriz supervirtual (SVF) y los clústeres de CSS brindan escalabilidad y un elevado ancho de banda para aplicaciones de vídeo y vigilancia [53].

### Red inalámbrica de gran velocidad

Con los equipos que hemos adquirido, podemos ofrecer un servicio de buena calidad que cuenta con las siguientes características (Tabla 14):



Figura A.10 Switch 7706 [53]

Equipos	Cantidad
Puntos de Acceso	10
Controlador	1
Switch	1

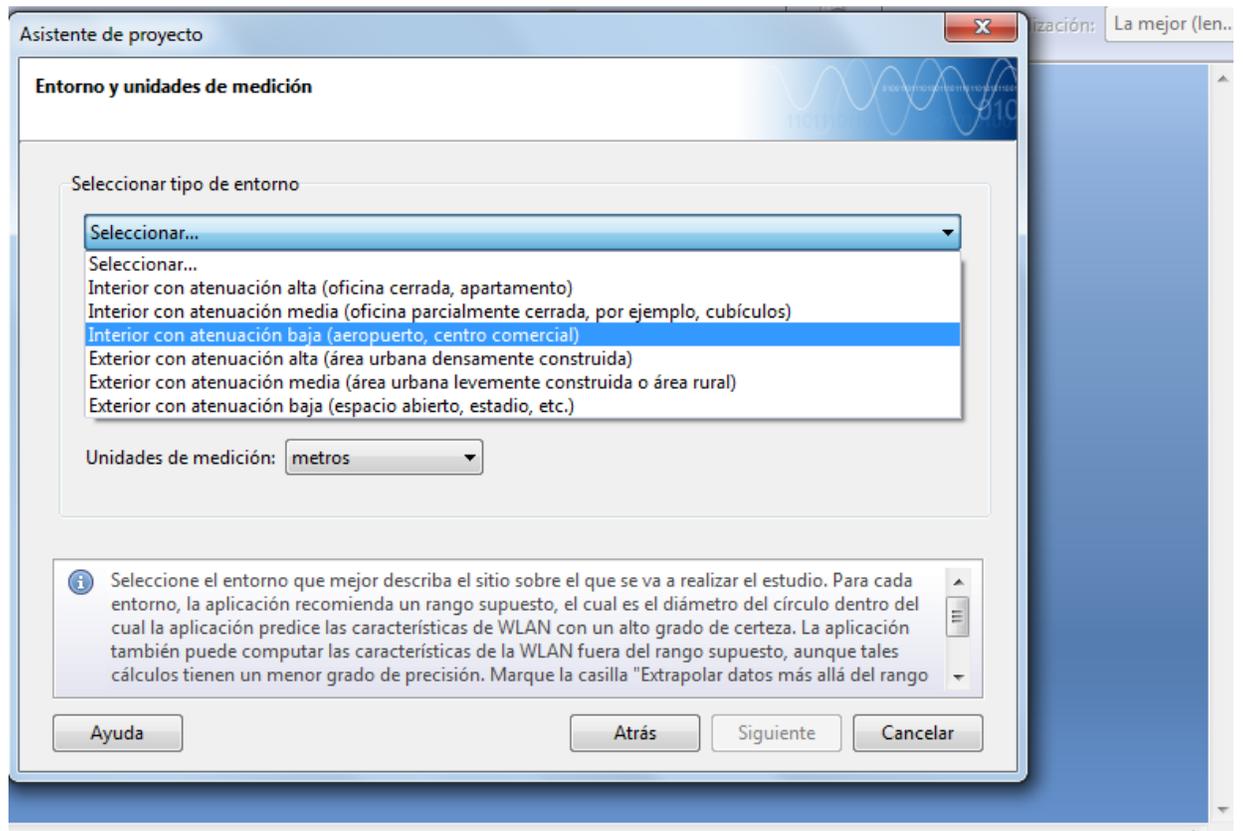
Tabla 14 Elementos Internet inalámbrico

- *Velocidad:* los puertos de acceso ofrecen una velocidad máxima de 900 Mbps.
- *Puntos de Acceso virtuales:* ofrecemos puntos de acceso virtuales, lo que significa que cada local tiene con un SSID diferente el cual tendrá una velocidad asignada la cual se podría administrar dependiendo del número de clientes que se encuentre conectados
- *Monitoreo de red:* esto permite que los puntos de acceso puedan balancear las velocidades para poder brindar un buen servicio a los usuarios, además podemos saber los problemas que puedan presentarse ya que la red es monitoreada y evitar problemas en la red [51].

### **Cobertura de los de los MP y MPP**

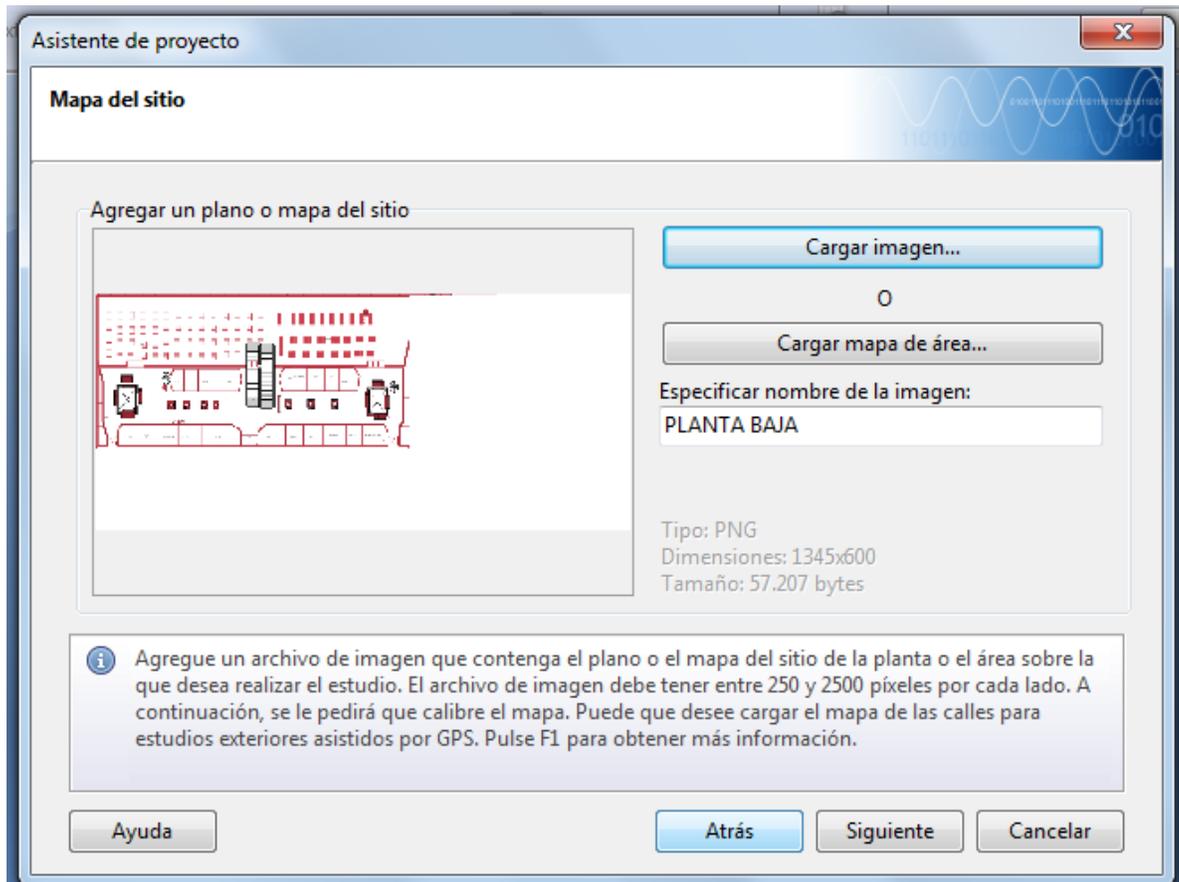
Mediante el programa Tamo Graph Site Survey [54]. el cual toma los siguientes requisitos para poder obtener la cobertura de los MP y MPP.

Primero se selecciona el entorno en nuestro caso es un centro comercial, esta es la opción que seleccionamos y en que medida de distancia vamos a trabajar en nuestro caso en metros (Figura A.11).



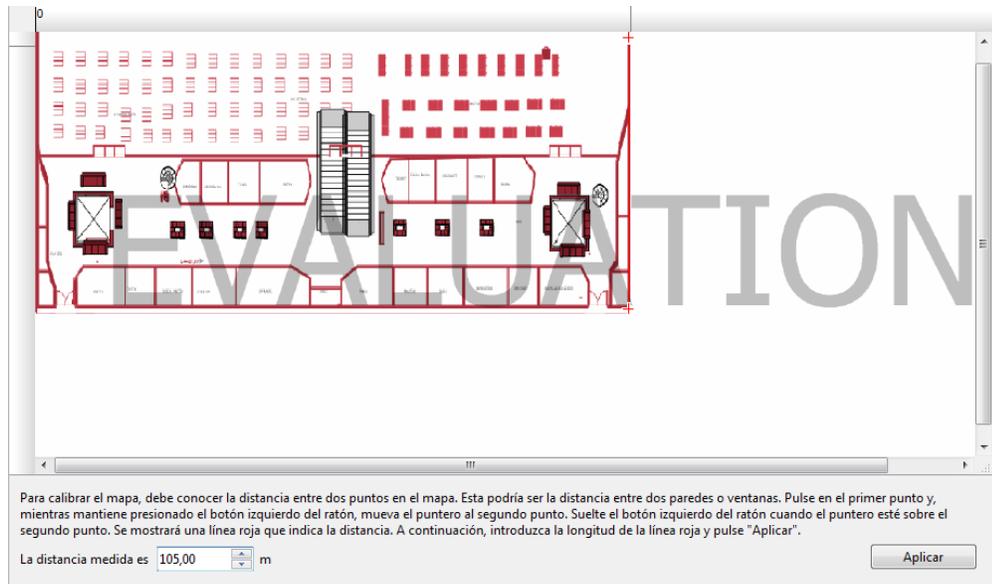
**Figura A.11 Selección del entorno**

Segundo se carga la imagen del plano del lugar en el cual vas hacer el estudio de cobertura (Figura A.12).



**Figura A.12 Selección del mapa de Riocentro los Ceibos**

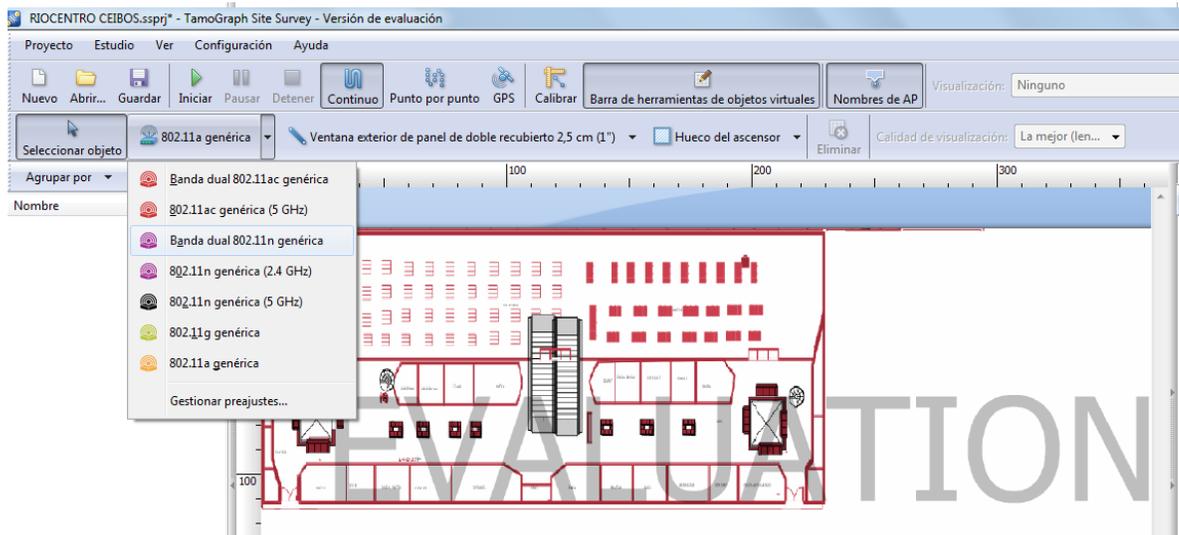
Tercero se toma la medida del plano en mi caso la Planta Alta y baja del Riocentro Los Ceibos mide 105 de ancho y 190 de largo (Figura A.13).



**Figura A.13 Dimensiones de Riocentro los Ceibos**

Luego de seguir estos pasos se puede colocar el punto de acceso en nuestro caso es un Puntos de acceso rentables 802.11n/ac pensados para pequeñas y medianas empresas, aeropuertos y estaciones de ferrocarril, estadios, cafeterías y centros de entretenimiento (Figura A.14).

Para nuestro caso escogeremos el Banda dual 11n debido a que el 11ac solo trabaja en la banda de 5Ghz, lo que significa menos puntos de acceso virtuales, debido a que por cada banda este dispositivo puede generar 16 puntos virtuales.



**Figura A.14 Selección de punto de acceso**

## Planta Alta

En la planta alta, tenemos 5 MP (MPP), debido que se encuentran un aproximado de 120 locales comerciales y una concurrencia de 300 personas en la hora pico que asisten a este Centro Comercial .

El MP AP7110DN-AGN soporta PoE 802.3at, es compatible con las normas IEEE 802.11a/b/g/n y brinda conectividad de banda dual en radios de 2.4 GHz and 5 GHz para velocidades de hasta 900 Mbps y hasta 256 clientes por equipo

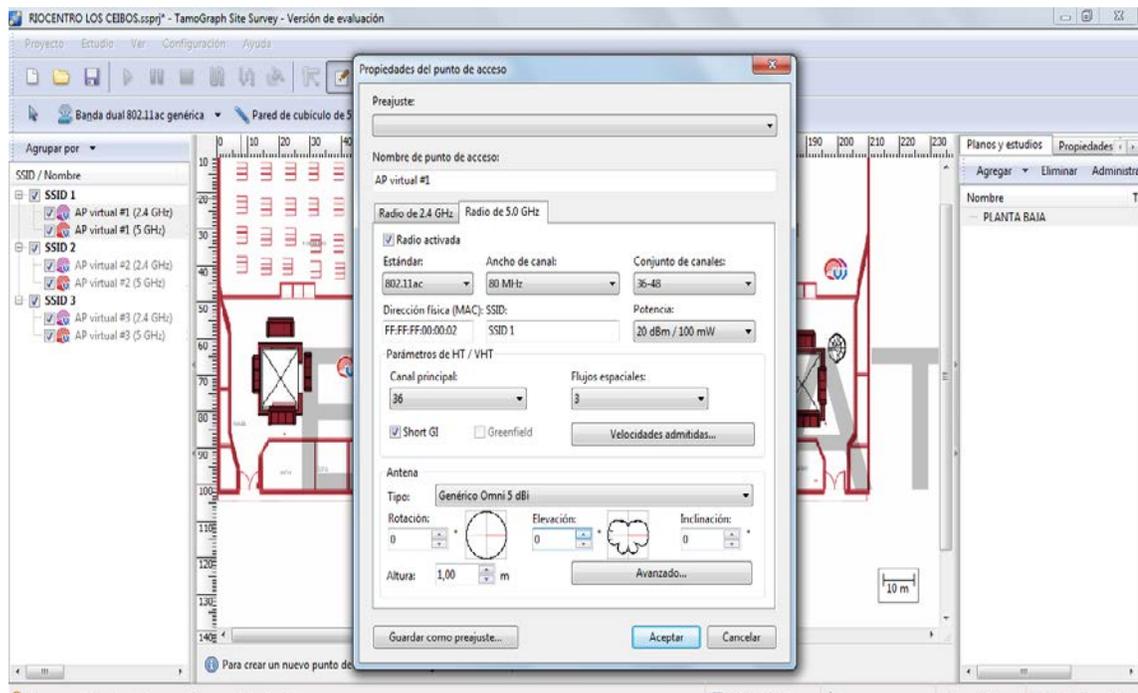
La ganancia de antena en el AP7110DN-AGN es de:

- 2.4G: 2.5 dBi.
- 5G: 4 dBi.

Potencia máxima de transmisión por puerto de radio es de 20dBm.

Con estos datos configuramos los puertos de acceso en el programa.

El programa solo cuenta con 2.2 dbi y con 5, por lo que usaremos estos valores para la prueba (Figura A.15).



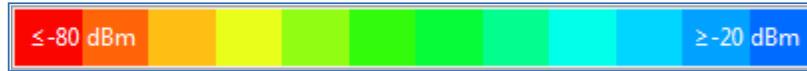
**Figura A.15 Configuración de puntos de acceso**

Los obstáculos en este escenario son:

- El ascensor.
- Las ventanas de vidrio de los escaparates de los locales.

La calidad de la señal esta representada por colores los cuales van de azul hasta rojo (Figura A.16).

Adicionalmente, el programa tiene la opción de calidad de la visualización, dividida en 4 opciones, las cuales nos muestra la intensidad de la señal de nuestros 5 puntos de acceso y con los obstáculos incluidos.



**Figura A.16 Representación de colores de intensidad de la señal**

Estos 4 tipos de intensidad de señal las cuales son:

- Baja: la cual ofrece una baja intensidad que se refleja en la poca cobertura (Figura A.17).
- Buena: la cual ofrece una intensidad un poco mayor que la baja y también se refleja en su cobertura (Figura A.18).
- Media: la cual ofrece una mayor intensidad de señal, es decir está casi en toda su capacidad (Figura A.19).
- Mejor: una intensidad de señal potente y de gran cobertura (Figura A.20).



**Figura A.17 Intensidad de señal baja**



Figura A.18 Intensidad de señal media

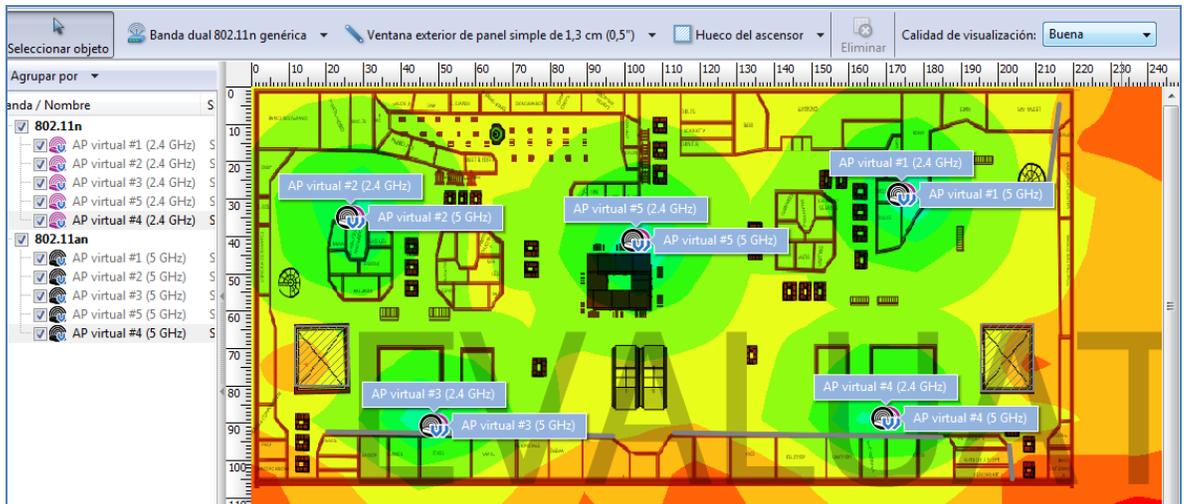


Figura A.19 Intensidad de señal buena



**Figura A.20 Intensidad de señal mejor**

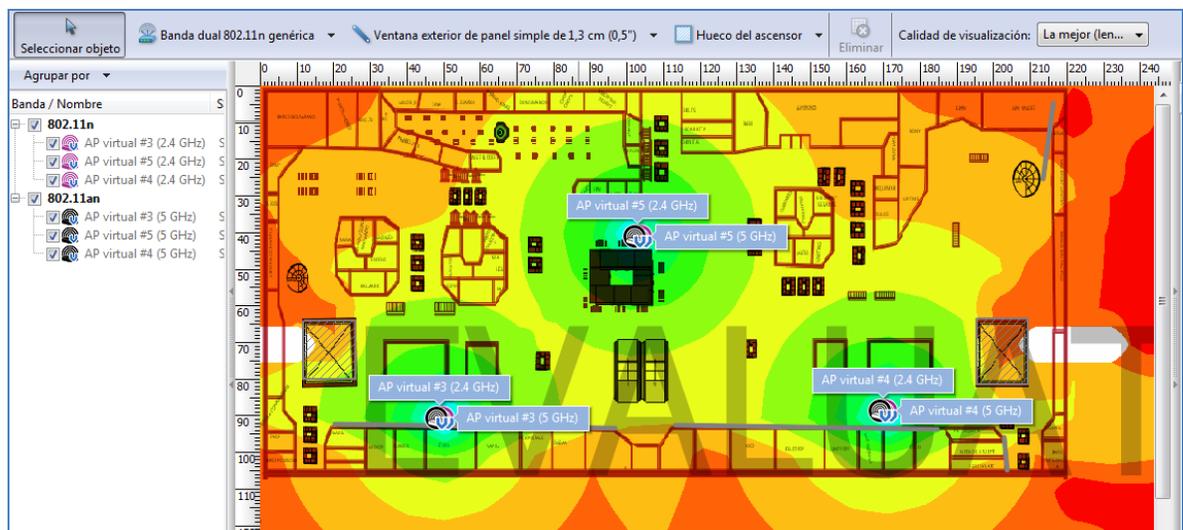
Nuestro escenario, está diseñado para dar cobertura a todo el centro comercial, basado en el número máximo de clientes, por este motivo la opción media o buena son suficiente para nuestro escenario debido a que ofrece una intensidad de señal que no está ni a su máxima potencia ni en la mínima y ofrece una buena cobertura, con pocos lugares donde la señal es baja como por ejemplo atrás del elevador, aunque la diferencia es mínima entre las 2 opciones, la opción buena que se observa en la Figura A.19, es mejor cobertura que la opción media como se puede observar en la Figura A.18.

### **Disminución de cobertura en la Planta alta**

Los centros comerciales, no todo el tiempo están muy concurridos, existen horarios en los cuales no asisten muchos clientes, esto es a partir de las 9 a 11 am, en donde no necesitamos de cobertura completa, por lo que desactivar algunos puntos de acceso, nos permite economizar, en nuestro caso de los 5 puntos de acceso, solo 3 están activados para la prueba:

- Baja: la cual ofrece una baja intensidad que se refleja en la poca cobertura (Figura A.17).
- Buena: la cual ofrece una intensidad un poco mayor que la baja y también se refleja en su cobertura (Figura A.18).
- Media: la cual ofrece una mayor intensidad de señal, es decir está casi en toda su capacidad (Figura A.19).
- Mejor: una intensidad de señal potente y de gran cobertura (Figura A.20).

La opción mejor, nos favorece ya que permite una mejor cobertura con pocos puntos de acceso, como se aprecia en la Figura A.21.



**Figura A.21 Intensidad de señal mejor**

Para poder realizar el ahorro de MP, también tomamos en cuenta que a esa hora los clientes acuden a las agencias bancarias que se encuentran localizadas dentro de la cobertura.

## Planta Baja

En la Planta baja se coloca 5 MP, realizamos el mismo proceso que la planta alta, solo la diferencia que tiene son los obstáculos.

Para el escenario 2, los obstáculos son:

- Pared de hormigón del comisariato, Riostore y Juguetería.
- Ascensor.
- Las escaleras eléctricas.

Volvemos a realizar una análisis gráfico de la cobertura en los casos de cobertura baja (Figura A.22), media (Figura A.23), buena (Figura A.24) y mejor (Figura A.25).

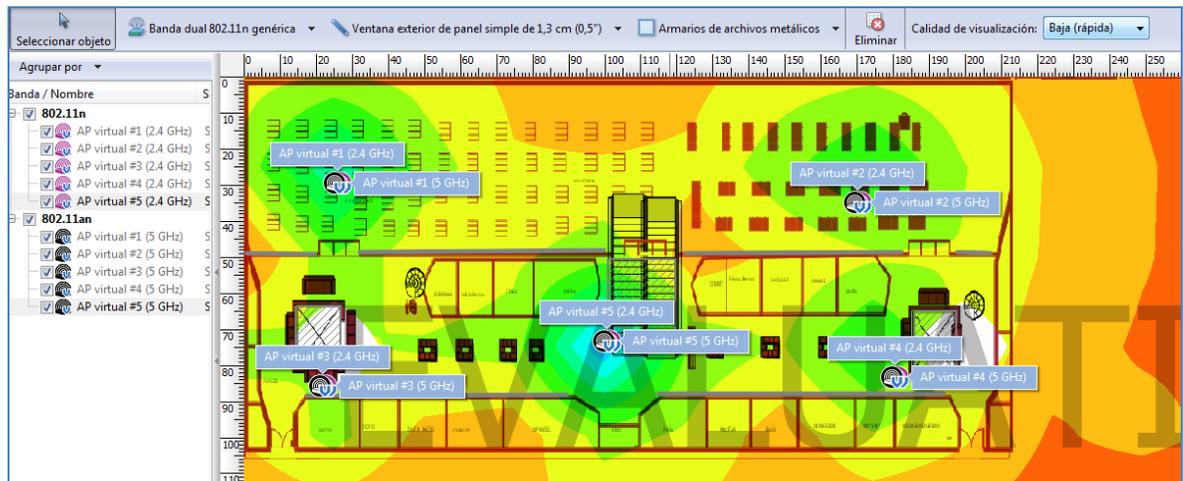
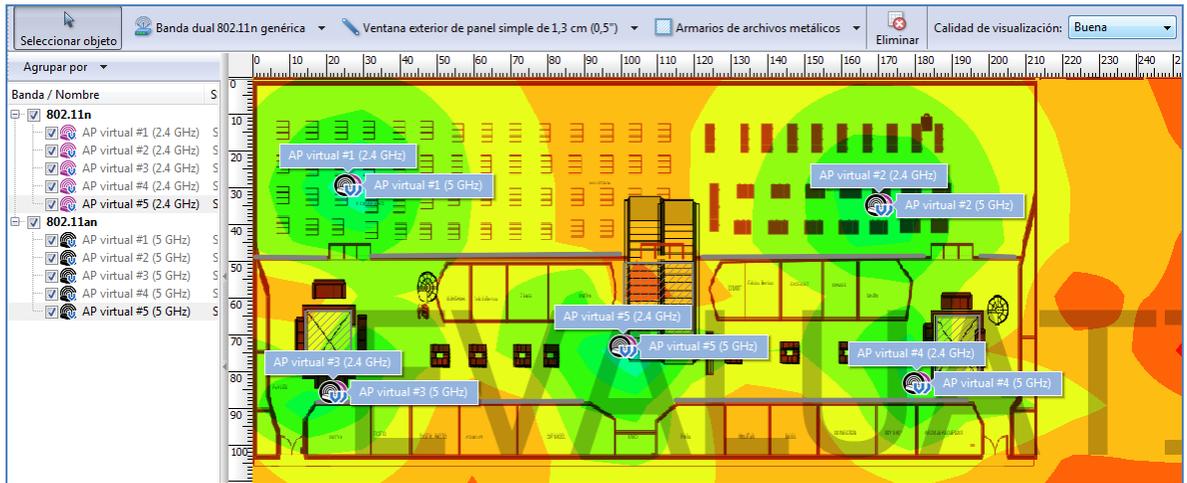


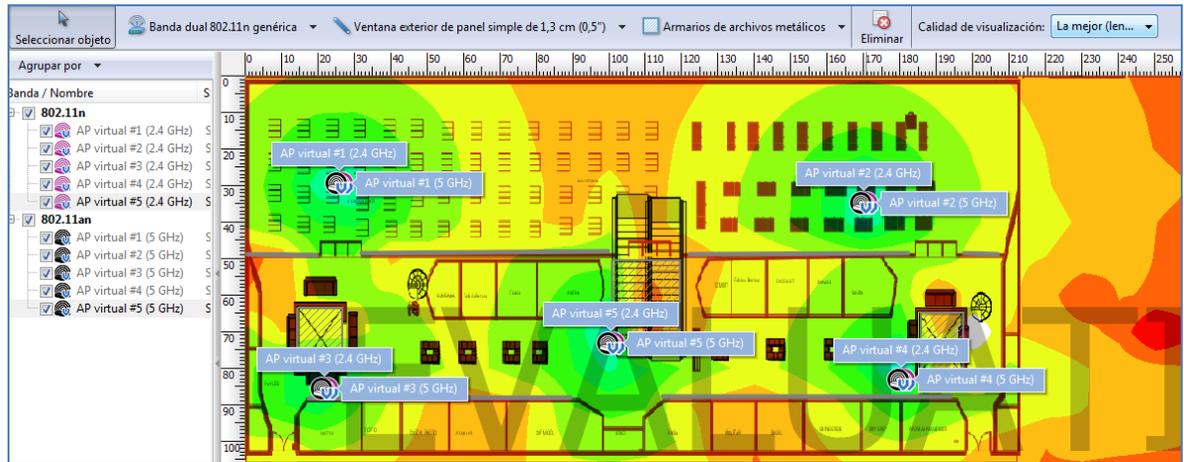
Figura A.22 Intensidad de señal baja



**Figura A.23 Intensidad de señal media**



**Figura A.24 Intensidad de señal buena**



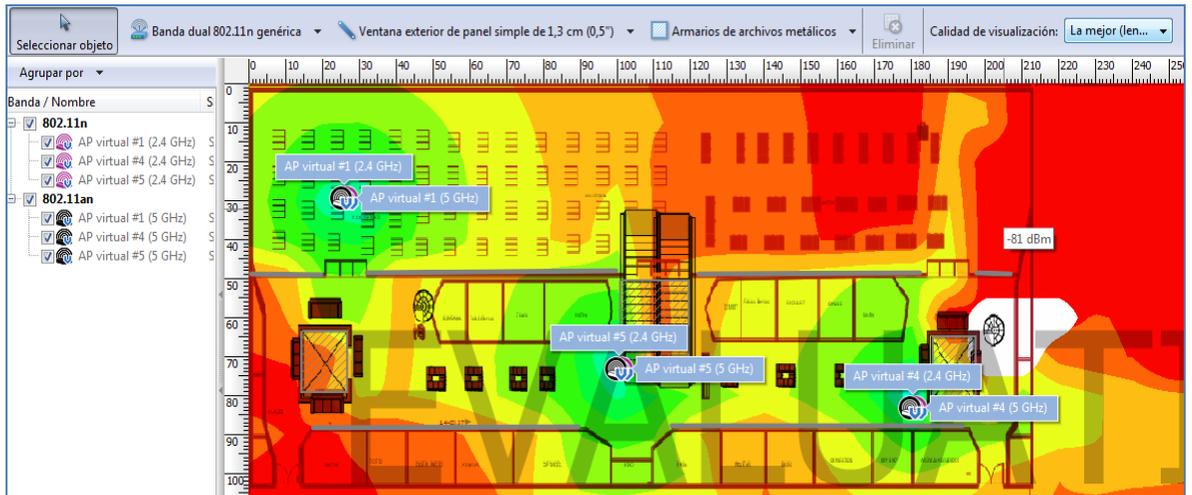
**Figura A.25 Intensidad de señal la mejor**

Como mencionamos en el escenario de la Planta alta, no es necesario que los MP estén a su máxima potencia, por este motivo la opción media o buena son suficiente; aunque la diferencia es mínima, la opción media es mejor que la opción buena.

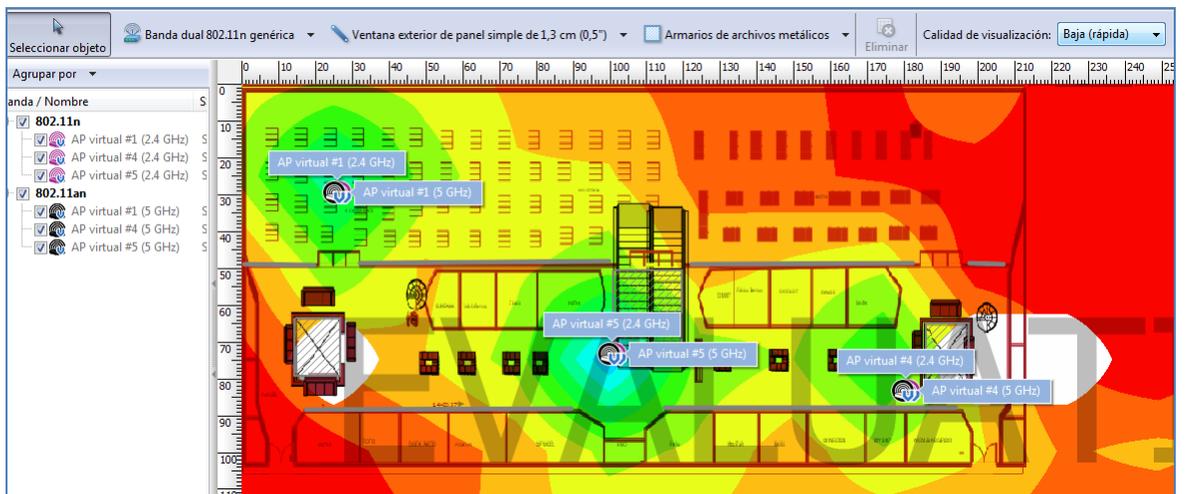
### **Disminución de cobertura en la Planta baja**

Al desactivar algunos MP, nos permite economizar, en nuestro caso de los 5 MP, solo 3 están activados para la prueba.

La opción Mejor ofrece más cobertura y esto nos favorece ya que permite una mejor cobertura con pocos MP (Figura A.26 y Figura A.27).



**Figura A.26 Intensidad de señal mejor**



**Figura A.27 Intensidad de señal baja**

En la Planta baja el comisariato esta abierto partir de las 9:30h de la mañana, por lo que es concurrido a esa hora, así como también los cajeros.

A modo de conclusión, con esta propuesta comprobamos que con la implementación de un red de fibra óptica y equipos con tecnología SDN se puede ofrecer los siguientes beneficios a los clientes:

- Servicio de Internet de buena calidad.
- Puntos de acceso adaptables a la afluencia de usuarios.
- Ahorro de energía de los puntos de acceso.
- Cobertura total del centro comercial.
- Asignación de velocidad requerida por cliente.

Es necesario recalcar que los MP originales tienen 6 antenas, pero las usadas en la propuesta tienen máximo 2, por eso al realizar esta propuesta existe una buena cobertura pero con equipo real el mapa de cobertura sería mejor, además de todos los beneficios que esta propuesta ofrece, también esta propuesta presenta un inconveniente al momento de realizar la disminución de equipos, como se detalla que los MP pueden contener hasta 16 MP virtuales, al apagar 1 solo equipo tendríamos 16 MP menos.

## APÉNDICE B

### Anillo de fibra para dar cobertura de Internet a la ciudad de Guayaquil

Esta propuesta se realizó con el fin de demostrar que la ciudad de Guayaquil puede ofrecer conexión de Internet a todos sus habitantes, incluso si la población incrementa, debido que este estudio se basa en la proyección de los habitantes que tendrá la ciudad de Guayaquil en el 2020.



**Figura B.1 Proyección de la población de Guayaquil**

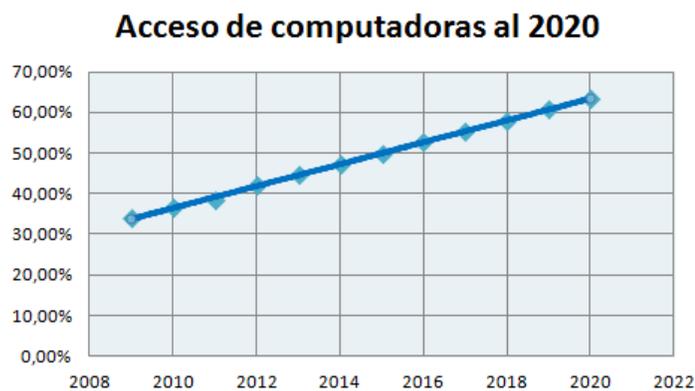
Según la proyección del INEC en el 2016, nuestra ciudad tiene 2.617,349 habitantes y en el 2020 su población sería de 2.723.665 [55], como se muestra en la Figura B.1.

Con estos datos comprobamos que la población aumentaría y que la necesidad de obtener una casa también lo haría.

Por este motivo en la ciudad de Guayaquil, se realiza trabajos para la construcción de urbanizaciones en diferentes sectores de la ciudad, pero los principales sectores se encuentran vía a la Costa y en la avenida Terminal Terrestre Pascuales son los principales lugares en donde la ciudad se está extendiendo y pueden seguir expandiéndose en el futuro, estos sectores tienen con el 78% de las urbanizaciones

que tiene la ciudad. Las urbanizaciones vía a la Costa tienen gran acogida, por este motivo las urbanizaciones siguen ofertando casas, por otro lado los empresarios también proyectan en comprar terreno para la construcción de más centros comerciales ya que ven un gran mercado en ese sector. En la Avenida Terminal Terrestre Pascuales se encuentra urbanizaciones que pertenecen al municipio de Guayaquil, como a empresas privadas por parte del Municipio de Guayaquil, todavía se oferta casas y lo mismo ocurre con las urbanizaciones privadas.

Por otro lado el INEC, nos indica que la proyección de los habitantes que tengan acceso a una computadora incrementaría en el año 2020 [56], como se muestra en la Figura B.1, este valor nos sirve de referencia para calcular al número de habitantes de la ciudad de Guayaquil que tendrían acceso a Internet hasta el 2020.



**Figura B.2 Acceso a computadoras 2020**

En el año 2020 el 63,45% de población de la ciudad de Guayaquil tendría acceso a computadoras como se observa en el Figura B.2, por lo que 1.728.165 habitantes podrán acceder a Internet.

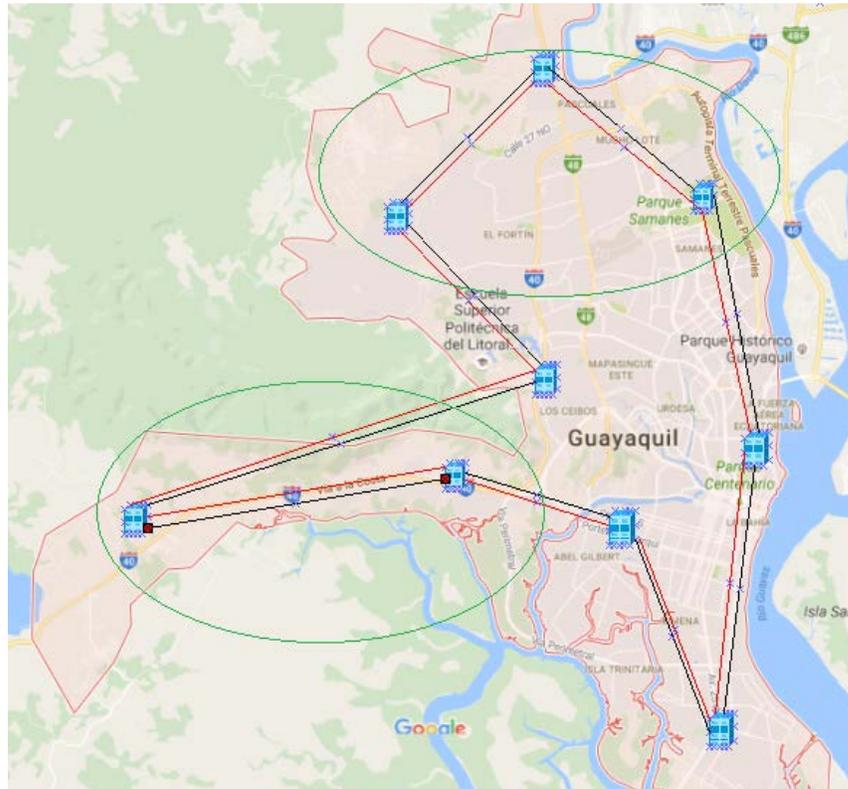
Usaremos OLT de 8192 abonados, teniendo 8 centrales dispersas por toda la ciudad, como total se debe tener el equipo necesario dependiendo de la cobertura de cada central, dando un total de 1.769.472.0 abonados como se observa en la Tabla 15.

En la vía a la Costa y Terminal Terrestre tiene 2 centrales para la cantidad de abonados actuales y para el incremento en el futuro, además se ha colocado cada central tomando en cuenta que la distancia máxima entre el OLT y ONT es de 20 Km.

Con la implementación de este anillo podemos tener cobertura en toda la ciudad de Guayaquil como se observa en la Figura B.3.

N. Centrales	N. OLT	N. Suscriptores	Total
Central 1	27	8192	221184
Central 2	27	8192	221184
Central 3	27	8192	221184
Central 4	27	8192	221184
Central 5	27	8192	221184
Central 6	27	8192	221184
Central 7	27	8192	221184
Central 8	27	8192	221184
			1.769.472,00

**Tabla 15 Centrales en la ciudad de Guayaquil**



**Figura B.3 Anillo de fibra para la ciudad de Guayaquil**

### **Tecnología SDN**

Al tener un anillo de fibra que conecte a toda la ciudad de Guayaquil, esto nos da la oportunidad desde el inicio aplicar la virtualización y SDN, es decir en este caso ya no se aplicaría la tecnología para ver mejorías, en este caso podemos desde el inicio:

- Servicios a ofrecer
- Selección de la mejor solución SDN en el mercado
- Velocidades a ofrecer

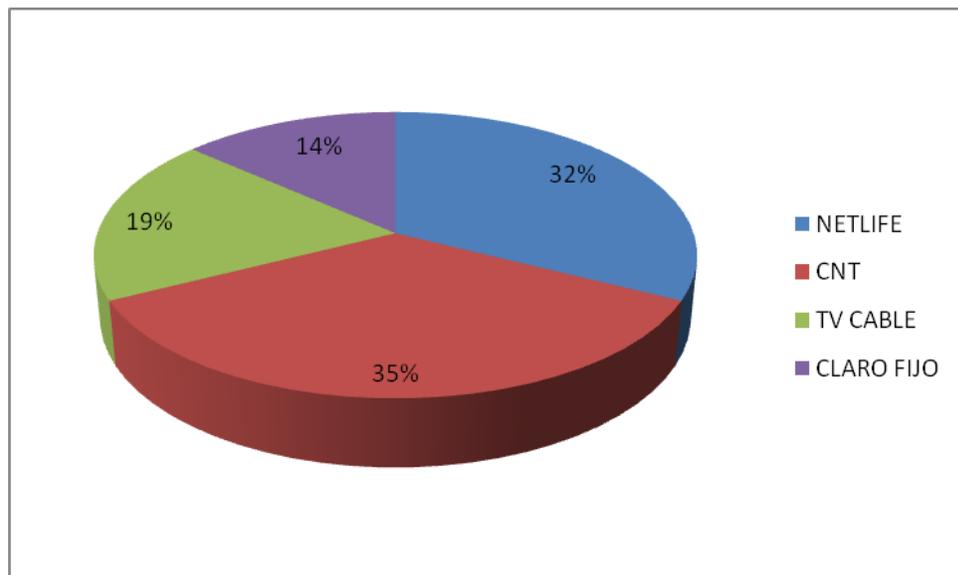
Para esto es necesario un estudio más exhaustivo para determinar la mejor solución y como esto favorecería a los clientes y a la empresa que ofrezca este servicio.

A modo de conclusión, con esta adquisición la ciudad de Guayaquil tendría una cobertura total, con la ayuda de SDN y la virtualización puede ofrecer grandes velocidades a bajo costo, y a su vez la mayoría de habitantes podrían acceder a este servicio que muchas veces por elevados costos o por falta de cobertura no son accesibles a todos los habitantes y al realizar una proyección poblacional hasta el 2020 se podría disfrutar de estos servicios sin la necesidad de preocuparse por el incremento poblacional.

## APÉNDICE C

### Encuesta acerca del servicio de Internet

Se realizó a usuarios que cuentan con servicios de Internet en sus hogares, y con este fin poder recolectar información con sobre el número de abonados de Netlife comparado con otras compañías y a su vez para obtener información relacionada con la atención al cliente y la calidad del servicio, que nos indique como los usuarios piensan acerca del servicio de Internet que ofrece Netlife. Los resultados gráficos se muestran en la Figura C.1.



**Figura C.28 Porcentajes de usuarios de Internet por empresa**

A continuación se muestra el modelo de la encuesta la cual fue realizada a 37 usuarios en la que el 32% de los encuestados tienen servicios con la empresa Netlife.

Nombre:

Dirección:

*¿Hace cuánto tiempo Ud. cuenta con el servicio de Internet?*

- 2-6 meses.
- 1 año.
- Más de 1 año.

*¿Qué tipo de Plan adquirió?*

- 20 Mbps.
- 50 Mbps.
- 75 Mbps.
- 100 Mbps.

*¿Cómo califica el servicio de Internet que mantiene con la compañía?*

- Bueno.
- Muy bueno.
- Excelente.
- Malo.
- Pésimo.

*¿Por qué? Puede escoger 2 opciones*

- Alta velocidad.
- Baja Velocidad.
- Interrupción del servicio.
- Buen servicio al cliente.
- Otros.

¿Cuándo ha presentado algún problema con el servicio y Ud. lo ha notificado en que tiempo lo resolvieron?

- ( ) 24 horas.
- ( ) 48 horas.
- ( ) 1 Semana.
- ( ) Otros

Opiniones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

En la Figura C.2 se muestran los resultados obtenidos por cada persona entrevistada, en la que se han ocultado los datos personales para preservar la privacidad.

Encuestados	¿Hace cuánto tiempo Ud. cuenta con el	¿Qué tipo de Plan adquirió?	¿Cómo califica el servicio de	¿Por qué?	¿Cuándo ha	Opinión
Persona 1	más de 1 año	20 mbps	Muy bueno	Alta velocidad	24 h	Porque con esta soy seguro
Persona 2	más de 1 año	20 mbps	Muy bueno	Buen Servicio al cliente	48 h	MEJOR SERVICIO QUE LAS DEMÁS
Persona 3	más de 1 año	20 mbps	Excelente	Alta Velocidad	24 h	No
Persona 4	más de 1 año	20 mbps	Bueno	Buen Servicio al cliente	24 h	servicio a menos que sea uno más
Persona 5	más de 1 año	20 mbps	Muy bueno	Baja velocidad	48 h	Sin comentarios
Persona 6	más de 1 año	20 mbps	Bueno	Alta Velocidad	48 h	poco mas economico con la misma
Persona 7	más de 1 año	20 mbps	Bueno	Mal servicio al cliente	1 semana	mi router de forma rápida
Persona 8	más de 1 año	50 mbps	Excelente	Alta velocidad	24 h	Es la mejor q hay en Ecuador
Persona 9	más de 1 año	20 mbps	Bueno	Baja velocidad	1 Semana	Lento en las noches
Persona 10	más de 1 año	21 mbps	Muy bueno	Alta velocidad	24 h	estoy satisfecho con el servicio
Persona 11	2-6 meses	22 mbps	Muy bueno	Alta velocidad	24 h	no he tenido ninun problema
Persona 12	más de 1 año	23 mbps	Bueno	Mal servicio al cliente	24 h	de mi facturación

**Figura C.29 Información recopilada en la encuesta**

# APÉNDICE D

## GLOSARIO

<b>API</b>	Interfaz de programación de aplicaciones
<b>ARCOTEL</b>	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
<b>BGP-LS</b>	Border Gateway Protocol with Link State
<b>BSS</b>	Sistema de Soporte de Negocios
<b>BYOD</b>	Bring your own device
<b>CPE</b>	Customer Premise Equipment
<b>DDM</b>	Diagnóstico de monitoreo digitales
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DNLA</b>	Digital Living Network Alliance
<b>EAP</b>	Extensible Authentication Protocol
<b>EPON</b>	Ethernet sobre redes ópticas pasivas
<b>GPON</b>	Gigabit-capable Passive Optical Network
<b>GRE</b>	Generic Routing Encapsulation
<b>GUI</b>	Interfaz Gráfica de usuario
<b>HD</b>	High Definition
<b>HQoS</b>	Alta calidad de servicio
<b>IoT</b>	Internet of things
<b>IPSEC</b>	Internet Protocol security
<b>ISAM</b>	Intelligent Service Access Manager
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation
<b>KPI</b>	Key Performance Indicador
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MPLS</b>	Multi-Protocol Label Switching
<b>NETCONF</b>	Protocolo de configuración de red
<b>NFV</b>	Network Function Virtualization
<b>NG-PON2</b>	Next-Generation Passive Optical Network 2

<b>OLT</b>	Línea Terminal Óptica
<b>ONF</b>	Fundación Open Networking
<b>ONT</b>	terminal Óptico de Red
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>OSS</b>	Sistemas de Soporte de Operaciones
<b>OVSDB</b>	Protocolo de Gestión de Base de Datos Open vSwitch
<b>PCEP</b>	Path Computation Element Protocol
<b>PCPE</b>	CPE físico
<b>PM</b>	Performance monitoring
<b>PPP</b>	Point-to-Point Protocol
<b>QoS</b>	Quality of service
<b>REST</b>	Representational State Transfer
<b>RGW</b>	Residential Gateway
<b>SDN</b>	Software Defined Networking
<b>SLA</b>	Service Level Agreement
<b>SR</b>	Service Router
<b>SSL</b>	Sockets Layer
<b>TCO</b>	Coste total de propiedad
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TE</b>	Traffic Engineering
<b>TI</b>	Tecnologías de la información
<b>TLS</b>	Transport Layer Security
<b>TWAMP</b>	Two-Way Active Measurement Protocol
<b>vCPE</b>	Virtual Customer Premise Equipment.
<b>VNFM</b>	Virtualized Network Function Management
<b>VOIP</b>	Voice over IP
<b>VPMC</b>	Controlador PM virtual
<b>VRF</b>	Virtual Routing and Forwarding
<b>VRGW</b>	Pasarela Residencial virtualizada
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>XML</b>	Extensible Markup Language

**10G-EPON** 10 Gbps Ethernet Passive Optical Network