

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH EN
LA EMPRESA PUNTONET SUCURSAL
CUENCA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH EN LA EMPRESA
PUNTONET SUCURSAL CUENCA**

CÉSAR ALFREDO CALLE MÉNDEZ

Ingeniero en Sistemas

Egresado de la Maestría en Gestión en Telecomunicaciones de la
Universidad Politécnica Salesiana

DAMIÁN GEOVANNY MACHADO TAPIA

Ingeniero en Sistemas

Egresado de la Maestría en Gestión en Telecomunicaciones de la
Universidad Politécnica Salesiana

Dirigido por:

ARTURO G. PERALTA-SEVILLA

Ingeniero Eléctrico

Magister en Gestión de Telecomunicaciones
Estudiante de Doctorado en Ingenierías



Cuenca – Ecuador
2015

CALLE MÉNDEZ CÉSAR ALFREDO y MACHADO TAPIA DAMIÁN GEOVANNY

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH EN LA EMPRESA PUNTONET SUCURSAL CUENCA

Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador, 2015

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES

Formato 170 x 240

Páginas 99

Breve reseña de los autores e información de contacto:

Autores:



César Alfredo Calle Méndez

Ingeniero en Sistemas

Egresado de la Maestría en Gestión en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana

ccalle@hotmail.es



Damián Geovanny Machado Tapia

Ingeniero en Sistemas

Egresado de la Maestría en Gestión en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana

damianmt@gmail.com

Dirigido por:



Arturo Geovanny Peralta Sevilla. MTM. PhD(e)

Ingeniero Eléctrico

Magister en Gestión de Telecomunicaciones

Estudiante de Doctorado en Ingenierías

Universidad Pontificia Bolivariana Sede Medellín

aperaltas@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación de los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2015 Universidad Politécnica Salesiana
CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

CALLE MÉNDEZ CÉSAR A. y MACHADO TAPIA DAMIÁN G.
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FTTH EN LA EMPRESA PUNTONET SUCURSAL CUENCA.

Edición y Producción:
Machado Tapia Damián G.

Diseño de la Portada:
Machado Tapia Damián G.

IMPRESO EN ECUADOR – PRINTED IN ECUADOR

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
ARQUITECTURA FTTH.....	1
1.1 ARQUITECTURA DE LA RED FTTH	1
OLT (TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA).....	4
ONT (TERMINAL DE RED ÓPTICA).	4
SPLITTER (DIVISOR ÓPTICO).	5
1.2 PARÁMETROS FÍSICOS QUE AFECTAN A LA RED FTTH.....	6
1.3 ROI (RETORNO DE INVERSIÓN) PARA UNA RED FTTH.....	10
CAPÍTULO 2.....	13
ALCANCES Y NIVEL DE IMPACTO DE LA SOLUCIÓN FTTH EN PUNTONET	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	13
2.2 DESVENTAJAS DE PROPAGACIÓN DE SEÑAL EN REDES INALÁMBRICAS.....	19
2.2.1 PÉRDIDA DE RUTA DE RADIO SEÑALES.....	20
2.2.2 EFECTOS ADICIONALES EN LA PROPAGACIÓN DE SEÑAL.....	21
2.2.3 PROPAGACIÓN MULTI-RUTA.....	22
2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS BENEFICIOS PARA EL USUARIO FINAL Y PUNTONET.....	23
CAPÍTULO 3.....	27
ANÁLISIS DEL MODELO ACTUAL PARA GESTIÓN DE CLIENTES MASIVOS.....	27
3.1 SECTORIZACIÓN DE LA CIUDAD.....	27
3.2 UBICACIÓN DE LOS CLIENTES POR MEDIO DE LA SECTORIZACIÓN.....	29

3.2 UBICACIÓN DE TODOS LOS CLIENTES GEO-REFERENCIADOS EN GOOGLE EARTH.....	32
3.3 ANÁLISIS DEL ÚLTIMO AÑO DE CLIENTES INGRESADOS Y CANCELACIÓN DE CONTRATOS.	33
CAPÍTULO 4.....	37
ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS	37
4.1 LEVANTAMIENTO DEL DIAGRAMA DE RED ACTUAL.....	37
4.2 LEVANTAMIENTO DE LA COBERTURA ACTUAL POR RADIO FRECUENCIA.....	38
4.3 ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD, VELOCIDAD, ESTABILIDAD Y ESCALABILIDAD DE LA RED WIFI PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS.	42
4.3.1 DISPONIBILIDAD.....	42
4.3.2 VELOCIDAD	42
4.3.3 ESTABILIDAD	44
4.3.4 ESCALABILIDAD.....	45
4.4 RECOPIACIÓN DE UP -TIME DE TODA LA RED PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS, EN LOS ÚLTIMOS 6 MESES.	46
CAPÍTULO 5.....	49
DISEÑO DE LA RED FTTH PARA LA EMPRESA PUNTONET CUENCA.....	49
5.1 ESTÁNDARES UTILIZADOS A NIVEL NACIONAL POR PUNTONET.....	49
5.1.1 PARÁMETROS TÉCNICOS.....	50
5.1.1.1 PRESUPUESTO ÓPTICO.....	50
5.1.1.2 ENLACES BACKHAUL	52
5.1.1.3 ANILLO DE FIBRA ÓPTICA	52
5.1.2 PARÁMETROS GEOGRÁFICOS.....	53
COBERTURA POBLACIONAL.....	53
5.1.3 PARÁMETROS FÍSICOS	54
5.2 FTTH PUNTONET CUENCA.....	54

5.2.1 COBERTURA.....	54
5.2.2 DISEÑO DEL MACRONODO.....	54
5.2.3 DISEÑO RED TRONCAL.....	55
5.2.4 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN	56
5.2.5 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO	57
5.3 DISEÑO DE LA RED FTTH PARA PUNTONET CUENCA.....	57
5.3.1 DISEÑO DE LA RED FTTH	62
5.3.2 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	74
5.3.3 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.....	76
6.2 TIEMPOS Y ACTIVIDADES DE IMPLEMENTACIÓN.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 <i>DISTANCIAS MÁXIMAS SEGÚN EL MÉTODO DE PROPAGACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN DISTINTAS LONGITUDES DE ONDA.</i>	2
GRÁFICO 1.2 <i>RED BÁSICA TIPO PON (RED ÓPTICA PASIVA).</i>	3
GRÁFICO 1.3 <i>TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA CORECESS S102 – S506.</i>	4
GRÁFICO 1.4 <i>TERMINAL DE RED ÓPTICA</i>	4
GRÁFICO 1.5 <i>SPLITTER (RELACIÓN 1:2).</i>	5
GRÁFICO 1.6 <i>ATENUACIÓN EXTREMO A EXTREMO CON DOS SPLITTERS.</i>	8
GRÁFICO 1.7 <i>ATENUACIÓN EXTREMO A EXTREMO CON UN SPLITTER.</i>	9
GRÁFICO 2.1 <i>GRADOS DE PENETRACIÓN DE FTTX A NIVEL MUNDIAL.</i>	14
GRÁFICO 2.2 <i>FTTH SUDAMÉRICA.</i>	14
GRÁFICO 2.3 <i>FTTH SUDAMÉRICA.</i>	15
GRÁFICO 2.4 <i>NOTAS DE CRÉDITO A NIVEL NACIONAL.</i>	18
GRÁFICO 2.5 <i>RANGO DE SEÑAL DE PROPAGACIÓN, TRANSMISIÓN, DETECCIÓN E INTERFERENCIA.</i>	20
GRÁFICO 2.6 <i>BLOQUEO, REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN.</i>	21
GRÁFICO 2.7 <i>DISPERSIÓN Y DIFRACCIÓN.</i>	22
GRÁFICO 2.8 <i>PROPAGACIÓN MULTI-RUTA.</i>	22
GRÁFICO 2.9 <i>TECNOLOGÍAS CABLEADAS.</i>	24
GRÁFICO 2.10 <i>PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN ECONÓMICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES DE FIBRA ÓPTICA.</i>	26
GRÁFICO 3.1 <i>POLÍGONOS & NODOS.</i>	29
GRÁFICO 3.2 <i>USUARIOS POR CORREDOR.</i>	31
GRÁFICO 3.3 <i>PLANES POR CORREDOR.</i>	31
GRÁFICO 3.4 <i>DEMANDA PLANES</i>	32
GRÁFICO 3.6 <i>INGRESO MENSUAL DE CLIENTES NUEVOS.</i>	33
GRÁFICO 3.7 <i>PROMEDIO DE CLIENTES DESACTIVADOS.</i>	34
GRÁFICO 4.1 <i>DIAGRAMA LÓGICO.</i>	38
GRÁFICO 4.2 <i>COBERTURA NODOS.</i>	39
GRÁFICO 4.3 <i>ANÁLISIS COBERTURA NODOS.</i>	39
GRÁFICO 4.5 <i>RADIOS BASES UBICACIÓN CUENCA.</i>	41
GRÁFICO 4.6 <i>CONCENTRACIÓN RADIOS BASES CUENCA.</i>	41
GRÁFICO 4.7 <i>CONSUMO CLIENTES MASIVOS SUCURSAL CUENCA.</i>	43
GRÁFICO 4.8 <i>REPORTE PROBLEMAS CALLCENTER</i>	44
GRÁFICO 4.9 <i>ESCALABILIDAD RED PUNTONET.</i>	46
GRÁFICO 4.10 <i>UPTIME PUNTONET NODOS</i>	47
GRÁFICO 5.1 <i>TOPOLOGÍA ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) PUNTONET</i>	51

GRÁFICO 5.2 <i>TOPOLOGÍA ANILLO F.O. PUNTONET</i>	52
GRÁFICO 5.3 <i>ÁREA TEÓRICA MACRONODO</i>	53
GRÁFICO 5.4 <i>ETIQUETA TRONCAL EXTERNA</i>	56
GRÁFICO 5.5 <i>ETIQUETA BUFFER.</i>	56
GRÁFICO 5.6 <i>MACRONODOS 4KM</i>	58
GRÁFICO 5.7 <i>MACRONODOS & NODOS WIFI</i>	58
GRÁFICO 5.8 <i>MACRONODOS 3 KM.</i>	59
GRÁFICO 5.9 <i>MACRONODOS & NODOS WIFI.</i>	60
GRÁFICO 5.10 <i>DISEÑO DE RED MACRONODO REMIGIO CRESPO</i>	63
GRÁFICO 5.11 <i>MACRONODO REMIGIO CRESPO</i>	64
GRÁFICO 5.12 <i>MACRONODO REMIGIO CRESPO & NODOS WIFI.</i>	64
GRÁFICO 5.13 <i>DISEÑO DE RED MACRONODO CAPULISPAMBA</i>	65
GRÁFICO 5.14 <i>MACRONODO CAPULISPAMBA</i>	66
GRÁFICO 5.15 <i>CRECIMIENTO POBLACIONAL</i>	66
GRÁFICO 5.16 <i>MACRONODO CAPULISPAMBA & NODOS WIFI</i>	67
GRÁFICO 5.16 <i>DISEÑO DE RED MACRONODO UNCOVIA.</i>	68
GRÁFICO 5.17 <i>MACRONODO UNCOVIA.</i>	69
GRÁFICO 5.18 <i>MACRONODO UNCOVIA & NODOS WIFI</i>	69
GRÁFICO 5.19 <i>DISEÑO DE RED MACRONODO RÍO AMARILLO</i>	70
GRÁFICO 5.20 <i>MACRONODO RÍO AMARILLO</i>	70
GRÁFICO 5.21 <i>MACRONODO RIO AMARILLO & NODOS WIFI</i>	71
GRÁFICO 5.22 <i>DISEÑO DE RED MACRONODO EL VALLE</i>	72
GRÁFICO 5.23 <i>MACRONODO EL VALLE</i>	73
GRÁFICO 5.24 <i>MACRONODO EL VALLE & NODOS WIFI.</i>	73
GRÁFICO 5.25 <i>MACRONODOS & CLIENTES.</i>	74
GRÁFICO 5.26 <i>SPLITTER DISTRIBUCIÓN.</i>	74
GRÁFICO 5.27 <i>CLIENTES RED DISTRIBUCIÓN.</i>	75
GRÁFICO 5.28 <i>MANGAS RED DISTRIBUCIÓN.</i>	76
GRÁFICO 5.29 <i>MANGAS & CLIENTES RED DISTRIBUCIÓN.</i>	76
GRÁFICO 5.30 <i>DIAGRAMA LÓGICO CORE.</i>	77
GRÁFICO 5.31 <i>DIAGRAMA LÓGICO USUARIO</i>	77
GRÁFICO 6.2 <i>CRONOLOGÍA DE ACTIVIDADES.</i>	93
GRÁFICO 6.3 <i>CONSOLIDADO DE ACTIVIDAD</i>	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 <i>COMPARATIVO DE TECNOLOGÍA GPON Y EPON</i>	2
TABLA 1.2 <i>PÉRDIDAS DE INSERCIÓN DE SPLITTERS</i>	5
TABLA 1.3 <i>COMPARATIVO ENTRE REDES CON DOS Y UN SPLITTER</i>	10
TABLA 2.1 <i>TECNOLOGÍA CLIENTES MASIVOS PUNTONET A NIVEL NACIONAL</i>	17
TABLA 2.2 <i>CLIENTES MASIVOS DESACTIVADOS A NIVEL NACIONAL</i>	17
TABLA 2.3 <i>EMPRESAS PROVEEDORAS DE SERVICIO DE INTERNET EN LA CIUDAD DE CUENCA</i>	19
TABLA 2.4 <i>VENTAJAS TECNOLOGÍA</i>	25
TABLA 3.1 <i>DIVISIÓN DE POLÍGONOS</i>	28
TABLA 3.2 <i>USUARIOS POR NODOS EN LA CIUDAD DE CUENCA</i>	30
TABLA 3.3 <i>MOTIVO DESACTIVACIONES</i>	34
TABLA 3.4 <i>VISITAS TÉCNICAS</i>	35
TABLA 4.1 <i>DISPONIBILIDAD DE SERVICIO</i>	42
TABLA 4.2 <i>CONSUMO NODOS SUCURSAL CUENCA</i>	43
TABLA 4.3 <i>PROBLEMAS ÚLTIMA MILLA</i>	45
TABLA 5.1 <i>VALORES DE ATENUACIÓN</i>	50
TABLA 5.2 <i>VALORES SUCURSALES PUNTONET</i>	51
TABLA 5.3 <i>POTENCIA DBM CLIENTE 10 KM</i>	52
TABLA 5.4 <i>PLATAFORMA DE ACCESO</i>	55
TABLA 5.5 <i>PRESUPUESTO ÓPTICO CUENCA</i>	60
TABLA 5.6 <i>UBICACIÓN MACRONODOS</i>	61
TABLA 5.7 <i>BACKHAUL MACRONODOS</i>	61
TABLA 5.10 <i>PRESUPUESTO ÓPTICO CUENCA</i>	75
TABLA 6.5 <i>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</i>	92

DEDICATORIA

Toda mi vida ha sido bendecida por Taita Dios quien me dio 3 rosas para cuidar y proteger, gracias a mi esposa y mis dos corazones; todo lo que conseguimos lo hacemos juntos les amo. También dedico este trabajo a mi Papá quien me apoya de manera incondicional y siempre está pendiente de mis logros y éxitos, a mi Mamita que es la luz de mis días, con su sonrisa y apoyo ilumina mi caminar.

César A. Calle

Quiero dedicar esta tesis primeramente a mis padres Julio y Bertha, que siempre han estado a mi lado para apoyarme y darme todos los ánimos para impulsar mi crecimiento profesional y personal todos los días, guiándome a cada momento por el camino del bien siempre con sus buenos consejos y amor infinito e incondicional en búsqueda de la realización de mis metas, si esta dedicatoria fuera un deseo, desearía eternamente volver a tenerlos como padres en otra vida. También quiero dedicar este trabajo a mis hermanos Julio y Maritza, quienes han sabido darme todo su apoyo y cariño desde pequeño, porque siempre me llevan en sus corazones al igual que Yo a ellos, con el amor de hermanos que nos mantiene unidos cada día. Finalmente, quiero dedicar esta tesis a mi esposa Patricia y a nuestra futura hija Emilia, porque son la fuerza y motivo de la culminación de este propósito. A todos Ustedes Muchas Gracias por su dedicación para conmigo...

Damián Machado Tapia

PREFACIO

Las barreras para el uso de la tecnología ha cambiado el modelo actual del consumo de internet en donde un usuario normal y desde la comodidad de su hogar demanda mayor consumo y prestaciones que una empresa común; antes las empresas prestadoras de servicio se enfocaban a planes empresariales que brindaban servicios de tele-presencia, videoconferencia, datos e internet; actualmente el servicio se debe enfocar a los consumidores que usan videoconferencia, tv digital HD, juegos en línea, streaming, voip y todo al mismo tiempo y con el consumo de recursos mucho mayor al de una empresa común.

El cambio de este modelo preocupa a las empresas prestadoras de servicios, generando cuestionamientos ¿se encuentran en la capacidad de soportar la intensidad de tráfico que demanda el cliente actual?.

Puntonet Cuenca desea desarrollar una solución que se acople a los requerimientos que demandan los usuarios en la actualidad velocidad, estabilidad y disponibilidad, con una tecnología de acceso robusta que pueda soportar estos servicios y pueda remplazar a la tecnología actual que utiliza que tiene muchas limitaciones.

PRÓLOGO

El presente trabajo tiene como fin realizar una revisión teórica de la redes de acceso mediante la tecnología FTTH, ventajas y desventajas analizando sus antecesores las redes PON que brindan un soporte de medio físico mas estable y escalable mediante su arquitectura y elementos que la constituyen.

Abordando la evolución del internet debido a su masificación y modelo de comportamiento conllevando a la implementación de una tecnología necesaria y con respuesta mediante la implementación de redes FTTH.

Es necesario realizar la justificación porque Puntonet Cuenca necesita iniciar el proyecto de implementación para una red de acceso mucho mas robusta identificando los clientes y problemas que ha presentado actualmente la tecnología utilizada para el soporte de los clientes masivos o de hogar.

Se desarrolla el diseño de la red FTTH con las recomendaciones necesarias para la implementación en la ciudad de Cuenca, en el cual utilizaremos el concepto de macronodos con su respectivo calculo de presupuesto lógico.

Concluyendo con los costos de instalación en cada fase del proyecto.

AGRADECIMIENTO

Ante todo queremos agradecer a Dios que es el motor de nuestra vida y sin Él nada de esto es posible.

Un agradecimiento total a Gustavo Bravo, Arturo Peralta y Ángel Soto Docentes de Universidad Politécnica Salesiana quienes han sido nuestros tutores y acompañantes en esta travesía y han sabido compartir con nosotros sus experiencia y conocimientos.

De manera muy especial a Puntonet quien nos abrió la puerta para realizar este trabajo y siempre nos apoyaron con toda la información necesaria, gracias y muchos éxitos en todos sus nuevos proyectos.

César A. Calle y Damián Machado T.

CAPÍTULO 1

ARQUITECTURA FTTH

En el presente Capítulo se realiza una revisión teórica de la tecnología FTTH, ventajas y desventajas analizando a sus antecesores, las redes PON que brindan un soporte de medio físico más estable con una baja atenuación, inmunidad a interferencia y cobertura de grandes distancias.

Dentro de este capítulo también se aborda la arquitectura FTTH, elementos que la constituyen, propiedades y cálculos necesarios de atenuación para su implementación.

Finalmente se desarrolla un estudio del retorno de inversión donde se define, que una tecnología estable y altamente escalable es atractiva a los usuarios y estos siempre van a buscar tener un mayor ancho de banda el cual genera un retorno de inversión mas rápido a la empresa por los planes que adquieren los usuarios.

1.1 ARQUITECTURA DE LA RED FTTH

La implementación de fibra óptica para la transmisión de datos debido a sus grandes ventajas como una baja atenuación en distancias muy largas, su capacidad de emisión de datos, la inmunidad que posee ante interferencias electromagnéticas, la prestación en relación a su peso y tamaño, y la disponibilidad del material empleado para su construcción; hacen de ésta un medio de transmisión ideal para los sistemas de comunicación de datos e información actuales y a futuro.

Según el método de propagación utilizado en las fibras ópticas, éstas pueden ser Multimodo o Monomodo. Las fibras ópticas Multimodo emplean el envío de varios haz de luces en frecuencias y tiempos diferentes, con un diámetro de núcleo de alrededor de 60 μm ; mientras que las fibras Monomodo permiten el envío de una única señal a través de un diámetro de 9 μm en su núcleo, de tal manera que el escenario de dispersión modal¹ es nulo en esta transmisión, logrando con ello una mayor velocidad y alcance.

A continuación, el Gráfico 1.1 muestra la distancia máxima que se alcanza según la longitud de onda utilizada para el tipo de fibra empleada:

¹ Dispersión Modal.- Interferencia de Señales.

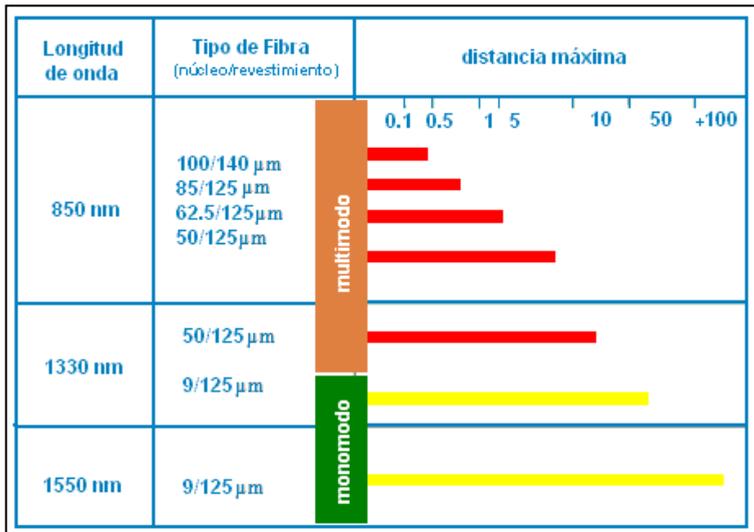


GRÁFICO 1.1 Distancias máximas según el método de propagación de fibra óptica en distintas longitudes de onda.²

Dado que las redes FTTH se basan en tecnologías PON (Redes Ópticas Pasivas, por sus siglas en inglés), veremos un breve comparativo entre GPON (Gigabyte Passive Optical Network) y GEAPON también conocida como EPON (Ethernet Passive Optical Network) que son las tecnologías de Redes Ópticas Pasivas con mayor penetración en el mercado y que tienen un gran crecimiento actualmente entre todas las empresas de Telecomunicaciones:

PARAMETROS	EPON	GPON
Estándar	IEEE 802.3h	ITU.T G.984 1/2/3/4
Tasa de Descarga (Mbps)	1.250	1.244/2.488
Tasa de Subida (Mbps)	1.250	155/622/1.244/2.488
Tasa de Velocidad	1.25Gbps/1.25Gbps	2.488Gbps/1.244Gbps
Relación de División	1:16~1:32	1:64~1:128
Soporte de Tráfico de Red	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de Transmisión	Ethernet (simétrica)	Asimétrica, Simétrica
Nro. de Fibras por ONT	1	1 o 2
Longitudes de Onda de Funcionamiento	Down: 1.480-1.500 nm Up: 1.260 nm-1.460 nm Video: 1.560-1.560 nm	Para 1 fibra: Down: 1.480-1.500 nm Up: 1.260-1.360 nm Video: 1.550-1.560 nm Para 2 fibras: Down: 1.260-1.360 nm Up: 1.260-1.360 nm Video: 1.550-1.560 nm

TABLA 1.1 Comparativo de Tecnología GPON y EPON.³

² www.nemesis.tel.uva.es

³ www.fiberoptictel.com

Habiendo analizado la Tabla 1.1, se puede notar que la principal diferencia entre estas dos tecnologías es que EPON permite únicamente el soporte de servicios basados en Ethernet mientras que GPON permite ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) y TDM (Multiplexación por División de Tiempo) además de Ethernet.

A partir de esta evolución, las redes GPON eran utilizadas para clientes corporativos, es entonces que nace el concepto de redes FTTH para brindar un servicio de las mismas características, beneficios y condiciones de una red GPON pero apuntando principalmente hacia clientes finales.

Básicamente una RED FTTH está conformada por la Oficina Central (CO) y una Red de Distribución Óptica (ODN) las mismas que se encuentran conectadas a través de un Terminal de Línea Óptico (OLT). Dentro de la CO se encuentran interconectados los diferentes servicios de internet con la Red de Telefonía Pública Conmutada o PSTN (Public Switched Telephone Network, por sus siglas en inglés). Las longitudes de ondas de voz y datos, tanto de subida de 1.310 nm, como las de descarga de 1.490 nm, en combinación con las ondas de servicio de video RF de 1.550 nm, son combinadas de manera autónoma en una misma fibra óptica indistintamente de que se transmita diferentes tipos de información. El cable de Fibra Óptica que sirve como nexo entre la Oficina Central y las Terminales de Redes Ópticas (ONT), posteriormente pasa a través de un Divisor (o *Splitter*) el cual ejerce un papel muy importante en este tipo de tecnología, este dispositivo permite seccionar la señal y con ello logra llegar a varios usuarios finales con una única fibra. En las redes de tecnología FTTH usualmente se utiliza un solo *Splitter* pero dependiendo de las necesidades de la red, se puede utilizar más Divisores según la conveniencia del servicio a prestar.

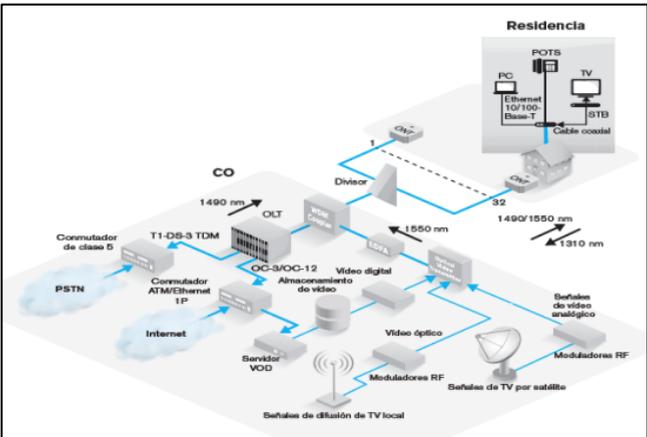


GRÁFICO 1.2 Red Básica Tipo PON (Red Óptica Pasiva).⁴

⁴ EXFO (2012). *La Guía FTTH PON. Realización de pruebas de redes ópticas pasivas, 5ª edición.* Quebec City, Canada

Los estándares de estas redes PON, indican distancias máximas alcanzables de 20 Km entre el OLT y el ONT. A continuación describiremos brevemente la función de cada uno de los componentes que conforman una red FTTH:

OLT (Terminal de Línea Óptica).

Este terminal juega un papel muy importante en esta arquitectura ya que es el encargado de administrar el tráfico desde y hacia los usuarios de las ONT, además de que da la apertura para poder conectar con otras redes externas. Las OLT marca CORECESS a utilizar por la empresa Puntonet tienen las siguientes características Técnicas:

- El S506 utiliza 6 Slots: 1 SCM (Modulo de conmutación y control) + 4 LIM (Módulos de Línea de Interface) + 1 Power slot (Fuente de Poder); cada tarjeta LIM soporta 4 puertos GPON con capacidad de 64 Clientes por puerto.
- El S102 posee una interfaz de conmutación y control mas 4 puertos GPON con capacidad de soporte para 64 clientes por puerto.



GRÁFICO 1.3 Terminal de Línea Óptica Corecess S102 – S506.⁵

ONT (Terminal de Red Óptica).

Son los equipos instalados en los usuarios finales y tienen la capacidad de direccionar la información hasta un OLT específico, y cuando éste recibe esta información lo que hace es enviar la misma hacia una red correspondiente.



GRÁFICO 1.4 Terminal de Red Óptica⁶

⁵ www.corecess.com

⁶ www.corecess.com

SPLITTER (Divisor Óptico).

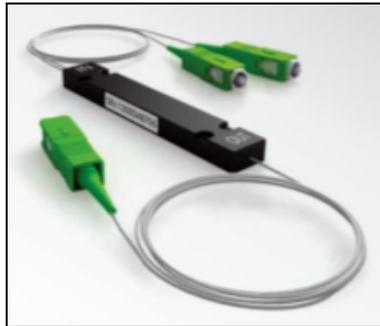


GRÁFICO 1.5 Splitter (relación 1:2).⁷

Actúa como nexo para la intercomunicación entre el OLT y su respectivo ONT. Pueden converger o separar las distintas señales de información, lo cual da paso a la combinación de las potencias de dichas señales porque poseen la característica de trabajar en ambas direcciones, es decir, tanto para carga como para descarga de información y, al tener una entrada y muchas salidas aprovecha esta propiedad para convertir una misma señal en varias señales, por ejemplo, una señal de televisión para varios usuarios finales. Al poder agrupar varias señales que retornan por sus distintas salidas, claramente se puede obtener una ganancia en diferentes aspectos al emplear el mismo medio de fibra óptica. Estos *splitters* al ser dispositivos pasivos carecen de dependencia alguna de una fuente de corriente para su funcionamiento, esta propiedad es una característica intrínseca de los elementos pasivos de esta arquitectura, esto provee una reducción gratificante en cuanto a sus costos de desarrollo, manipulación y mantenimiento. Una propiedad pertinente a su funcionamiento, es que estos elementos son susceptibles en cada momento a generar pérdidas de potencia según el número de salidas que poseen, estas pérdidas se encuentran enmarcadas en la siguiente tabla:

Relación de Split	Pérdida de Inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	11
1:16	14
1:32	17,5

TABLA 1.2 Pérdidas de Inserción de Splitters⁸.

Como se indicó anteriormente, las arquitecturas promedio de redes PON pueden llegar a distancias de hasta 20 Km entre el Terminal de Red Óptica y el Terminal de Línea

⁷ www.fibraoptichoy.com

⁸ M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH)*. Universidad de Montevideo, Uruguay.

Óptico, dicha distancia es calculada en base a los siguientes criterios⁹:

- Potencia de Transmisión.- Esta potencia va a depender del tipo de equipo que sea utilizado, clasificándose en 4 clases distintas: A, B, C y D de acuerdo a la potencia brindada, por ejemplo, en los equipos de clase B, esta potencia radica entre los 3 y 7 dBm.
- Nivel de recepción en los equipos.- Se refiere a la señal de potencia mínima que un equipo puede reconocer y tomarla como una señal válida. Un valor recurrente es de -26 dBm.
- Pérdida innata del cable de fibra óptica.- Dicha pérdida estará en función del tipo de longitud de onda que se emplee. En redes ópticas pasivas, esta pérdida normalmente se establece en 0.40 dBm por Km para señales de subida de datos y, para señales de descarga de datos o información es de 0,35 dBm/Km.
- Pérdida de Conectores.- Usualmente de 0,5 dB.
- Pérdidas causadas por Empalmes.- Para empalmes realizados a través del método de fusión la pérdida se considera en 0,1 dB, pero ésta se incrementa en cinco veces, es decir llega a los 0,5 dB cuando se trata de un empalme de elaboración mecánica.

Analizando la Tabla 1.1, en comparación con los criterios de pérdida de los otros componentes de la Red de Distribución Óptica, podemos deducir que los *splitters* generan una gran pérdida de señal al emplearlos en esta red. Es por ello que cuando se elabore un diseño de red FTTH, debemos tomar en cuenta todos estos factores que involucran el desempeño de la red.

1.2 PARÁMETROS FÍSICOS QUE AFECTAN A LA RED FTTH.

Se tiene claro que, el escenario ideal de funcionalidad de cualquier red de fibra óptica es ofrecer una transmisión de datos a altas velocidades exceptuando los errores de transmisión. Entonces, cuando se decide por desarrollar y aplicar este tipo de red, se debe tomar en cuenta la aplicación de varias pruebas en la culminación de cada una de sus fases de elaboración, para de esta manera ubicar y solucionar cualquier tipo de fallas en sus componentes y lograr así detectar más rápidamente los problemas pertinentes a la funcionalidad de la red de tal manera que los costos y pérdidas de tiempo sean menores y finalmente otorgar confiabilidad y seguridad como objetivo final al brindar este servicio.

Para poder fiarnos de una transmisión correcta de información, debemos poder monitorear y controlar las pérdidas de potencia que infieren en el funcionamiento de

⁹ M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH)*. Universidad de Montevideo, Uruguay.

la red; estas mediciones deben hacerse tomando en cuenta el presupuesto de pérdida de enlace con la recomendación ITU-T¹⁰, para ello debemos iniciar estableciendo este presupuesto de pérdida aceptable que tiene lugar entre la OLT y la ONU.

Los principales componentes dentro de la red FTTH que afectan al desarrollo buscado de la red los analizaremos a continuación aunque ya fueron explicados anteriormente:

- Transmisor.- Aquí se debe considerar la potencia de transmisión, el nivel de temperatura alcanzada por su funcionamiento y la degradación causada según el tiempo de utilización del equipo.
- Conexiones de la fibra.- Componentes como los *Splitters*, conectores de diferentes tipos y empalmes empleados (mecánicos o por fusión) para su funcionalidad y servicio.
- Receptor.- Éste valida la potencia de señal recibida para poder determinarla como tal.
- Otros.- Reparaciones por mantenimiento.

Aquí podemos indicar fácilmente que al presentarse cualquier falla en alguno de estos cuatro componentes, el rendimiento de la red se vería afectado en cierta manera parcial y en algunos casos en una caída completa de la red.

A continuación, el Gráfico 1.6 muestra dos incidencias de *Splitters*, el primer caso con una relación 1:4 mientras que para el segundo caso se tiene una relación 1:8, de esta manera se logra conseguir una división en cascada de relación 1:32, es decir que se tiene 32 beneficiarios por cada puerto *GEPON* con un tráfico total de datos de 1.25 Gbps determinado para los 32 clientes lo cual da como resultado un ancho de banda de 40 Mbps aproximadamente¹¹.

Analizando lo expuesto anteriormente, se tiene un total de 256 clientes por nodo debido a que cada nodo contiene 8 puertos y en cada puerto se tiene 32 usuarios por puerto *GEPON*. Cada nodo proporciona 4 interfaces de 1GE (Gigabyte Ethernet) cada una para carga de datos hasta el núcleo de la red, por lo que este esquema puede resistir un tráfico simultáneo por usuario de hasta 16 Mbps.

¹⁰ITU-T, Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

¹¹ M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH)*. Universidad de Montevideo, Uruguay.

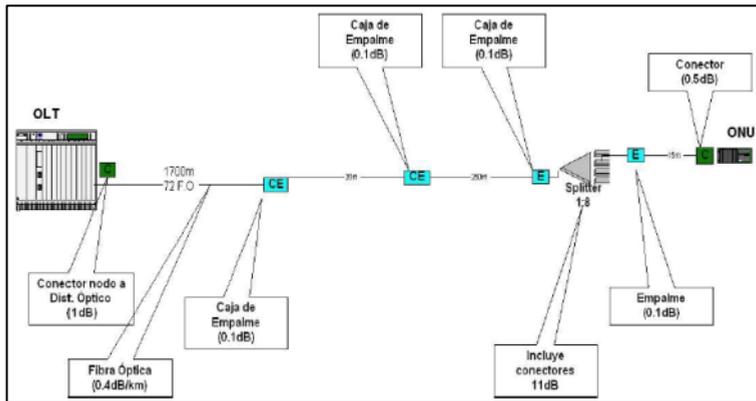


GRÁFICO 1.7 Atenuación Extremo a Extremo con un Splitter.¹³

De igual manera, para efectos comparativos, en este caso también analizamos la pérdida de potencia entre el OLT y la ONT pero ahora con un sólo *Splitter*, la cual se obtiene en base a los siguientes parámetros:

- FO: $(1.700 \text{ m} + 250 \text{ m} + 20 \text{ m} + 15 \text{ m}) / 1000 * 0,4 \text{ dB/Km} = 0,8 \text{ dB}$
- Conectores: $1,0 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} = 1,5 \text{ dB}$
- Empalmes: $4 \times 0,1 \text{ dB} = 0,4 \text{ dB}$
- *Splitters*: 11 dB
- Total Pérdida: $0,8 + 1,5 + 0,4 + 11 = 13,7 \text{ dB}$

Otra vez, la pérdida obtenida cumple con el *Loss Budget* (Pérdida de Presupuesto) de los dispositivos, el cual es de 29 dB.

Ahora, una vez analizados los dos casos, diferenciaremos las ventajas y desventajas que tiene cada una de las redes:

¹³ M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH)*. Universidad de Montevideo, Uruguay.

Primer Caso (Dos Splitters)	Segundo Caso (Un Splitter)
VENTAJAS	
La hipótesis de multiplexación es más realista al tener mayor cantidad de puertos por nodo.	Permite mayor ancho de banda por cliente ya que el uplink posee en promedio un ancho de banda de 63+63 Mbps (uplink y Down link) en forma paralela.
Uso más eficiente de sus recursos, tanto de su fibra como de sus componentes.	Es más costosa al no utilizar eficientemente sus recursos.
Al tener dos splitters facilitaría su detección de fallo a vuelco en casos masivos.	La distancia alcanzada es mayor al poseer una sola instancia de Splitter.
DESVENTAJAS	
Debido a la mayor capacidad de servicios soportados por un mismo cable F.O. en comparación con un cable de cobre es más vulnerable a roturas o percances.	Se tiene una mayor ocupación de ductos por la menor concentración de servicios.
Al ser una tecnología nueva, requiere un mayor esfuerzo de capacitación y adaptación de las estructuras operativas.	Al ser una tecnología nueva, requiere un mayor esfuerzo de capacitación y adaptación de las estructuras operativas.
La distancia admitida es menor al implementar una instancia más de splitters.	Tiene un mayor costo por hacer uso menos eficiente de sus recursos al tener una menor concentración de servicios.

TABLA 1.3 *Comparativo entre redes con Dos y Un Splitter.*¹⁴

1.3 ROI (Retorno de Inversión) PARA UNA RED FTTH.

Para muchas empresas que ofrecen este tipo de servicio, el desenvolvimiento deseado de esta red se refiere a poder ofertar una mayor velocidad utilizando en parte las arquitecturas de cobre ya implementadas en conjunto con una red FTTH implicando claro está la participación económica de ésta última tecnología desde su inicio hasta su finalización y considerando el mantenimiento requerido tanto a pequeño, como a mediano y a largo plazo. Es por ello que, al utilizar fibra se debe pensar en la cantidad (longitud) que se va a colocar y desde luego en el costo de implementación que ésta conlleva. La red FTTH ofrece grandes ventajas tanto en alcance como en reducción de costos al tratarse de una Red Pasiva que ofrece una transmisión bidireccional por un mismo canal a la vez que merma los problemas de difusión de la señal hasta los usuarios.

Desde la perspectiva de los clientes, a mayor demanda de ancho de banda se tendrá un Retorno de Inversión más alto, mientras que, de presentarse una baja demanda de penetración de ancho de banda se obtendría como resultado un ROI por debajo de lo esperado. Lo mismo podría ocurrir para casos en donde el promedio de ingreso por usuario es mayor ya que estos usuarios se inclinan hacia una mejora en los servicios

¹⁴ M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH)*. Universidad de Montevideo, Uruguay.

de prestación de telecomunicaciones, a diferencia de los usuarios que se ven restringidos debido a un menor ingreso económico.

En cuanto a los criterios de costo de implementación de FTTH, éste dependerá del índice de habitantes por metro cuadrado, por ejemplo en lugares en donde habitan más familias como edificios multifamiliares o urbanizaciones este costo será más asequible, en contraste con hogares conformados por una sola familia ya que el costo de implementar fibra hasta cada casa se incrementa. Así mismo ocurre en zonas de áreas urbanas a diferencia de las zonas de áreas rurales.

Cuando se tiene como objetivo el proceder a instalar una red pasiva FTTH en una área urbana, es lógico que deduzcamos que la instalación del cable de fibra óptica en estas redes sea uno de los factores más altos de coste, ya que se debe tener en consideración varios agentes como el pago por derechos de paso de infraestructura, permisos de funcionamiento, afectación ambiental, método de implementación de la red ya sea a través de instalaciones (conductos) prefabricadas por superposición o por sobre construcción o si se dé la necesidad de crear una instalación nueva que no perjudique al medio ambiente. Las instalaciones más frecuentes que se utilizan en estos casos son:

- Enterramiento directo.- A través de perforaciones o cunetas de bajo relieve a un nivel por debajo del suelo.
- Instalación de conductos.- Este proceso conlleva un gasto prominente pero posteriormente permite la eliminación o agregación de más cables para los mismos o diferentes fines.
- Instalación aérea.- Aunque los costos de instalación bajan considerablemente, el campo visual donde será implementado se vería afectado negativamente.

Los derechos de paso de la fibra e instalación de los equipos en lugares o zonas en donde se tenga que pagar un derecho adicional por ocupación de un servicio a prestar es uno de los criterios de mayor importancia en la implementación de esta red. Para ello todos estos permisos y pagos a efectuarse se deberán registrar legalmente con las diferentes partes que intervienen tanto en la prestación del servicio como en el alquiler de terreno o paso para lograr este fin. El servicio y ocupación de predio, definitivamente elevará la plus valía de los hogares o terrenos aledaños a los canales de paso de la fibra y a las estaciones que concentrarán los equipos para el funcionamiento de la red FTTH. De esta manera, se podrá acceder a un acuerdo en el que tanto arrendatario como propietarios del servicio se vean beneficiados mutuamente.

Ahora que hemos analizado diferentes criterios para poder estimar un ROI, el siguiente paso es establecer que el proyecto de prestación de servicio debe ser considerado a largo plazo para poder ofrecer oportunidades de crecimiento y atender

así a más clientes y por ende estimar un mayor y más rápido retorno de inversión de la red FTTH.

Como en todo proyecto de redes, también se debe tomar en cuenta los diferentes gastos que se realizarán en el estudio de la implementación de la red, principalmente desde los gastos de diseño de la infraestructura, pasando por los materiales propios de implementación de la red y los gastos de ingeniería e intervención de maquinaria pesada hasta la finalización de su construcción sin dejar de pasar por alto los mantenimientos que se deberán realizar para brindar un óptimo funcionamiento y servicio pero que sabemos serán de un bajo costo al ser una red de arquitectura pasiva.

CAPÍTULO 2

ALCANCES Y NIVEL DE IMPACTO DE LA SOLUCIÓN FTTH EN PUNTONET

El presente capítulo nos ayuda a tener una visión de la evolución del internet debido a su masificación y modelo de comportamiento de los usuarios actualmente y analizando por qué necesitan utilizar una nueva tecnología de acceso que soporte estos nuevos requerimientos.

Se analiza también la penetración de las redes FTTH a nivel mundial y la penetración actual en nuestro país, asociando este análisis con los datos de Puntonet y justificando así en función de sus problemas, el mejor camino para el crecimiento de Puntonet y poder mantener a sus clientes con un cambio de tecnología.

2.1 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El mercado de las Telecomunicaciones ha ido evolucionando de una manera constante desde la masificación global del internet en todos los países del mundo, desde el uso de la línea telefónica con Dial-UP a las nuevas tecnologías que se encuentran en uso actualmente: xDSL, Satélite (VSAT), Wireless. Todo con proyección al uso de tecnología Wireless con tecnología MIMO o Fibra hasta el Hogar (FTTH).

El cambio de tecnología y la evolución de la misma en los proveedores para ofertar su servicio de Internet, está en función de las exigencias de los usuarios. La Tecnología y las Redes de Acceso deben ir evolucionando con estas tendencias. La evolución de las redes en ancho de banda y tasa de transferencia se encuentra directamente relacionada a la evolución del internet y herramientas de colaboración, la capa de aplicación en la actualidad tiene un crecimiento muy acelerado y demanda que todos los recursos Hardware y Acceso crezcan de la misma forma vertiginosa.

A continuación podemos observar el nivel de penetración a nivel mundial que tenemos de las redes FTTx en donde el color rojo indica que se ha anunciado la implementación y desarrollo de FTTx; los marcadores de color amarillo indican que ya se están realizando pruebas; mientras que los marcadores de color verde indican que ya se ha implementado el funcionamiento de redes FTTx.

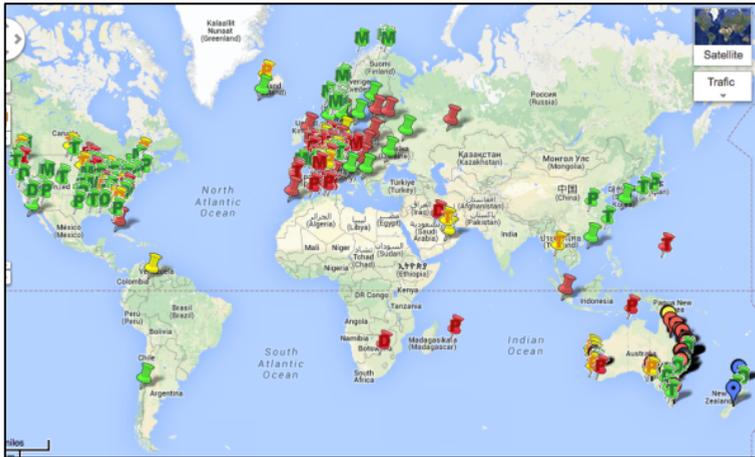


GRÁFICO 2.1 Grados de Penetración de FTTx a nivel Mundial.¹⁵

En el caso de Sudamérica existen proyectos en desarrollo y desarrollados desde el año 2008, actualmente en el país se habla de proyectos de FTTx con Netlife (Telconet) y Puntonet; que en la realidad están preparando su infraestructura para iniciar con la implementación de la misma.



GRÁFICO 2.2 FTTH Sudamérica.¹⁶

¹⁵ www.fiberevolution.com

¹⁶ www.fiberevolution.com



GRÁFICO 2.3 FTTH Sudamérica.¹⁷

Los dispositivos son recursos que proporcionan apoyo a las organizaciones para su evolución; hoy en día las organizaciones ocupan dispositivos que ya no son estáticos si no cada vez van dando la apertura al uso de criterios y mecanismos de trabajo conocidos como oficinas móviles. Las empresas de telecomunicaciones están tratando de entender cómo se puede abordar esta explosión de la movilidad. En el presente, una persona termina su trabajo en el domicilio donde tiene un servicio de Internet, que no están a niveles de tasa de transferencia del mercado Global.

El mayor tráfico de red en un 67,09%¹⁸ es generada por el envío y recepción de vídeo por lo tanto; podemos notar que el tráfico de vídeo va creciendo tan agresivamente en las organizaciones lo cual da apertura a nuevos cuestionamientos:

¿Las redes actuales, están en la capacidad de hacer frente al incremento desmesurado de tráfico?

¿Las operadoras de internet actuales, cumplen con las exigencias de los usuarios finales y a la vez son capaces de cubrir estas necesidades?

Las organizaciones o empresas proveedoras de internet, cada vez desean ser más ágiles en la disponibilidad de su servicio buscando interactuar con modelos de colaboración para llegar al objetivo de superar sus propios límites dentro de su estructura para así llegar al mundo exterior con una oferta de servicio inigualable.

La relación en el trabajo y la vida cotidiana entre los dispositivos y el usuario final es totalmente borrosa e impalpable ya que los dispositivos varían entre computadores personales, tabletas, teléfonos inteligentes, etc., según la accesibilidad de cada usuario y desde luego la función de su trabajo y apertura de su empresa para el manejo de dichos dispositivos. Las organizaciones deberán proporcionar un tipo de conexión en

¹⁷ www.fiberevolution.com

¹⁸ www.ietf.org

donde todos se conecten con todo, en cualquier lugar en el que se encuentren independiente de la hora, con el fin de poder introducir un ambiente de colaboración y agilidad entre sus empleados.

Hoy en día los usuarios comunes utilizan igual o mejor tecnología que las grandes empresa, eso implica que el nivel de servicio en sus domicilios deberá ser igual a un servicio brindado solo a empresas, por medios de Enlaces Microonda o Fibra GPON. El usuario actual en esta transición requiere la misma o mayor cantidad de recursos para el acceso desde su domicilio.

La Nube es un nuevo concepto, en donde todas las aplicaciones y servicios ofertados por una empresa son accesibles sin importar el lugar en donde el usuario se encuentre ni el medio utilizado para acceder a sus requerimientos independiente de la hora escogida por el usuario. Esto se traduce a que los clientes tienen acceso a todos los recursos de la oficina lo cual hace necesario que se les entregue el mismo nivel de servicio en cuanto a herramientas de colaboración y medios de acceso diferente, ya que esto no se puede obtener con una infraestructura Wireless que en sus mejores condiciones y sin interferencia del medio nos brinda un tasa de transferencia de 40 Mbit/s o xDSL que tiene un ancho de banda máximo similar a Wireless de 40 Mbit/s muy por debajo de las tasa de transferencia de FTTH 100 Mbit/s.

Puntonet es una empresa que a lo largo de los años ha creído que la mejor carta de presentación es contar con una plataforma robusta y técnicamente preparada para la integración, implementación y acoplamiento de sus servicios, además de mantener personal calificado y comprometido no solo con la empresa sino con los clientes.

La implementación de nuevos servicios y el compromiso del personal ha sido uno de los mayores desafíos a lo largo del tiempo. Es así que, Puntonet en la actualidad cuenta con cobertura, servicios, personal y herramientas de soporte necesarias para convertirse no solo en un proveedor de servicios si no en un aliado estratégico¹⁹.

Puntonet se encuentra en las principales ciudades del país; Quito, Guayaquil, Cuenca, Ibarra, Ambato, Latacunga, Loja, Machala, Riobamba, Santo Domingo y Manta con un total de 31.670 Clientes Masivos²⁰ con la siguiente tecnología en equipos inalámbricos.

¹⁹ www.puntonet.ec

²⁰ **Masivos**; Clientes que utilizan el servicio de internet en sus domicilios.

Tecnología	Nro. de Usuarios
METAL	522
MKT	39
NANO MIMO	139
NANO STATION 2	2.571
SEXTANT	33
SXT	1.697
SXTHP	18.538
WIMAX	5
WPLL	6
VACÍAS	8.120
TOTAL	31.670

TABLA 2.1 *Tecnología Clientes Masivos Puntonet a Nivel Nacional.*
FUENTE Puntonet

Actualmente Puntonet presenta un problema por el uso de frecuencias en banda libre que ocasiona intermitencia en los enlaces de los clientes y a esto, malestar, discontinuidad en el servicio, desactivaciones, etc. A continuación, la Tabla 2.2 muestra el número de clientes masivos que han cancelado el servicio por diferentes eventualidades presentadas.

DESCRIPCIÓN	MESES 2014			TOTAL
	Sept	Oct	Nov	
Problema Técnico	149	146	162	457
No necesita	105	113	119	337
Cambio de domicilio sin cobertura	79	78	80	237
Cambio de Proveedor	48	63	62	173
Cambio de Ciudad	38	49	53	140
Problemas Económicos del Cliente	31	41	41	113
Cierre del negocio	26	39	30	95
Precios	17	17	19	53
Mala Atención	10	9	7	26
Daño de Equipos Cliente	2	2	6	10
Petición Interna	6	4	4	14
Solicita Cliente Vacaciones	1	1	3	5
Es Cyber Café	4	1	1	6
No Aplica		1		1
Total general	516	564	587	1.667

TABLA 2.2 *Clientes Masivos Desactivados a Nivel Nacional.*
FUENTE Puntonet

Además de las desactivaciones de clientes mostradas en la tabla anterior, también se generan notas de crédito por problemas de servicio que es la mayor preocupación de la empresa a nivel nacional. Dichas compensaciones las podemos observar en el

Gráfico 2.1 mostrado a continuación:

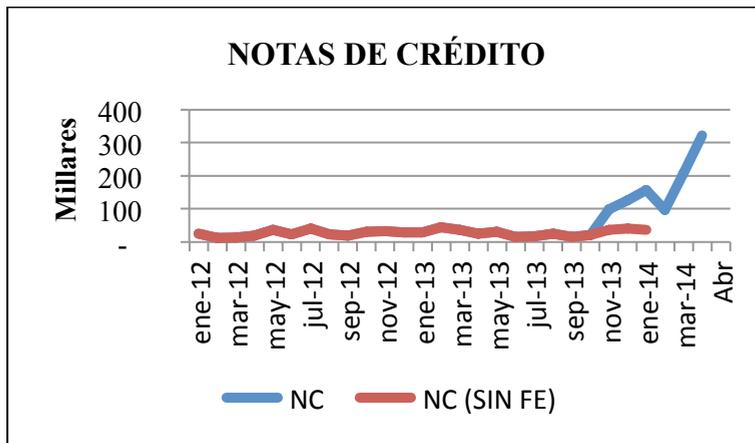


GRÁFICO 2.4 *Notas de Crédito a Nivel Nacional.*
FUENTE *Puntonet*

En esta realidad, Puntonet ha decidido buscar una solución para mejorar el nivel de disponibilidad y disminuir la deserción de clientes, así como las notas de crédito con una tecnología más estable, asigna personal y presupuesto económico para desarrollar una red de acceso basada en su actual Backbone de Fibra GPON a nivel nacional.

Puntonet Cuenca, cuenta con 2.775 clientes Masivos distribuidos en 40 Nodos Inalámbricos por toda la ciudad y desea realizar la implementación de la red FTTH, con el desarrollo de este proyecto, Puntonet Cuenca se alinea a los requerimientos Nacionales de la empresa y sobre todo asegura su futuro en el mercado de las Telecomunicaciones como uno de los mejores proveedores en el Ecuador.

Actualmente en la ciudad de Cuenca varias empresas nos brindan servicios de valor agregado, entre las cuales mencionamos a ETAPA TELECOM S.A., PUNTONET, TELCONET, SATNET, CONECCEL y OTECEL S.A, las mismas que ofrecen las siguientes tecnologías y anchos de banda en la ciudad:

Empresa	Tecnología	Velocidad máxima de Acceso	Compartición	Ancho de Banda Asegurado
ETAPA TELECOM	DSL	10.000 Kbps	8:1	Subida 1.250 Kbps Bajada 94 kbps
PUNTONET	RADIO	5.000 Kbps	6:1	Subida 833 kbps Bajada 833 kbps
TELCONET	F.O.	No brinda servicios para Domicilio.		
SATNET	DOCSIS 3.0	30.000 Kbps	8:1	Subida 375 kbps Bajada 3.750 kbps
CONECCEL	Varias	18.048 Kbps, no brinda servicio en la ciudad de Cuenca.	8:1	Subida 256 kbps Bajada 2.256 kbps
OTECCEL	3.5G	No brinda servicio internet fijo para Domicilio.		

TABLA 2.3 Empresas Proveedoras de Servicio de Internet en la ciudad de Cuenca²¹

En la ciudad de Cuenca los Proveedores de Servicios de Valor Agregado han ido evolucionado en el uso de diferente tecnología: Dial-UP basada sobre la red telefónica, WI-FI redes Inalámbricas con el uso de frecuencias de banda libre 2,4 GHz y 5Ghz, xDSL sobre la red de cobre telefónico y, xDSL sobre la red de cable coaxial.

En los últimos años la demanda de clientes que utilizan el servicio de internet requiere de inversión y cambios de tecnología a los operadores de red sobre su Red Principal o Backbone; en donde se ha implementado redes de Fibra Óptica, Microonda de Grandes alcances y capacidades.

Pero aún no se ha propuesto una solución de servicio por medio de Fibra Óptica a hogares; ya sea por falta de estudio de mercado o por la demora en la gestión e implementación de nuevas tecnologías así como la falta de presupuesto, el no contar con un número de clientes que puedan dar apertura a esta implementación.

Puntonet apuesta por la tecnología y la actualización de su red actual, pensando en el cliente final y el nivel de calidad que desea brindar a sus clientes. Por tal motivo ha decidido poner en marcha el plan de implementación de la red **Fiber To The Home (Fibra hasta el Hogar) o FTTH**, los resultados obtenidos en este estudio serán la justificación de su inversión y su coste inicial para la migración de todos sus clientes actuales.

2.2 DESVENTAJAS DE PROPAGACIÓN DE SEÑAL EN REDES INALÁMBRICAS

Una ventaja clara que tiene la conexión FTTH a diferencia de una red inalámbrica, es que la señal al viajar a través de la fibra óptica, se puede medir el comportamiento de la señal en varios puntos de control al mismo tiempo que se puede dar más rápidamente con la falla y por ende con su posible solución inmediata; mientras que,

²¹Páginas WEB de cada empresa.

en redes Wireless, al no poseer un medio cableado (cables de par trenzados, cable coaxial o fibra óptica), la señal enviada por el medio emisor podría verse interrumpida en cualquier punto hasta llegar a su receptor. A continuación podemos ver en un concepto básico los diferentes radios que atraviesa una señal inalámbrica:

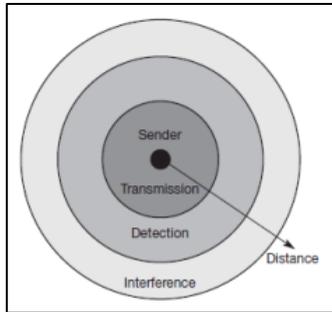


GRÁFICO 2.5 *Rango de Señal de Propagación, Transmisión, Detección e Interferencia.*²²

En el Gráfico anterior, el radio de transmisión es un radio en el cuál el receptor capta la señal con una tasa muy baja de error. En el área de detección, la potencia de transmisión es claramente diferenciada del ruido de fondo o interferencia, mientras que, en el rango de interferencia se podría dar lugar a que varias transmisiones se mezclen. Este ejemplo sucede en un escenario totalmente vacío, es decir en un lugar experimental en donde no se consideran montañas, edificios, emisores y receptores móviles, entre otros. En realidad, estas tres circunferencias, pueden adoptar formas de polígonos irregulares, ya que la propagación de la señal estaría en dependencia del tiempo y la frecuencia enviada.

A continuación compararemos algunos problemas comunes que se da tanto en la transmisión inalámbrica como en una transmisión con cable (fibra).

2.2.1 PÉRDIDA DE RUTA DE RADIO SEÑALES

En el espacio libre las señales se propagan como la luz en forma de una línea muy delgada siguiendo el efecto gravitacional. A esta línea entre el emisor y el receptor se la conoce como Línea de Vista (*LOS* por sus siglas en inglés), esta línea experimenta una pérdida de espacio libre a medida que la señal se va expandiendo de manera circular. Aquí varios parámetros juegan un papel muy importante en esta pérdida o atenuación. La potencia recibida depende de la longitud de onda y de la ganancia dada por antenas de recepción y envío. Las señales enviadas viajan a través de la lluvia, niebla, partículas de polvo, smog, nieve, etc. Estos fenómenos infieren mucho más en distancias más largas.

²² J. Schiller (2003). *Mobile Communications*. (2nd Edition). Great Britain.

Dependiendo de la frecuencia, las ondas de radio pueden penetrar objetos, a menor frecuencia mayor es la penetración, las frecuencias más altas pueden ser bloqueadas por árboles. Las ondas de radio pueden experimentar 3 comportamientos fundamentales de propagación según su frecuencia:

- a) Frecuencias Bajas (menores a 2 MHz).- Ondas de baja frecuencias pueden ser propagadas en distancias largas como la comunicación de radio AM, por ejemplo.
- b) Frecuencias Medias (de 2 a 30 MHz).- Estas ondas pueden ser reforzadas ya que viajan reflejándose entre la superficie de la Tierra y la capa de la ionósfera.
- c) Línea de Vistas o *LOS* (mayores a 30 MHz).- Sistemas de teléfonos móviles, sistemas satelitales, teléfonos inalámbricos y otros, utilizan frecuencias altas, aquí no existe reflexión en la ionósfera, esto permite una comunicación directa con los satélites, sin embargo aquí se puede crear un fenómeno conocido como refracción.

2.2.2 EFECTOS ADICIONALES EN LA PROPAGACIÓN DE SEÑAL

Además de la atenuación sufrida en transmisiones móviles inalámbricas, la señal que viaja hacia su destino, también pasa a través de edificios y montañas. Un parámetro más llamado “bloqueo o sombra”, puede interferir en esta transmisión. Este bloqueo se da por varios obstáculos como una pared, un camión en la calle, un árbol, etc. Otro efecto es la “reflexión o reflejo de la señal”, si un objeto es más largo que la longitud de onda, éstos podrían reflejar la señal en una diferente dirección haciendo que esta señal se debilite en cierta magnitud pero a la vez ayuda a que la señal sea retransmitida. Esta señal puede ser direccionada a otra parte antes de llegar a su receptor. Otro efecto que puede ocurrir es el de “refracción”, este efecto ocurre porque la velocidad de las ondas electromagnéticas depende de la densidad del medio por el cual atraviesa durante su viaje. Esta es la razón por las que las ondas de radio que viajan en la *LOS* sean regresadas nuevamente hacia la superficie de la Tierra, la densidad de la atmósfera es más espesa cuando está cerca del suelo.

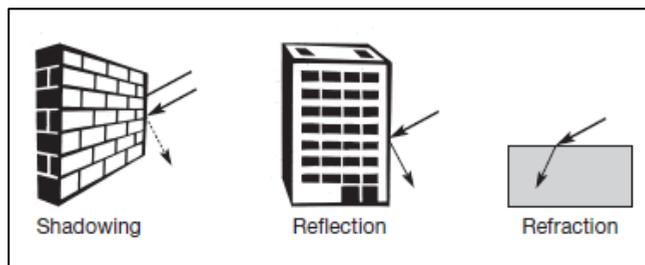


GRÁFICO 2.6 Bloqueo, Reflexión y Refracción.²³

²³ J. Schiller (2003). Mobile Communications. (2nd Edition). Great Britain.

Si el tamaño de un obstáculo es igual o menor al de la onda transmitida, esta señal puede ser “dispersada” en varias señales pequeñas o más débiles. Otro efecto que se puede dar es la “difracción” de onda, es muy parecido al efecto anterior, aquí la señal puede ser desviada en un pico y ser enviada en diferentes direcciones.



GRÁFICO 2.7 *Dispersión y Difracción.*²⁴

2.2.3 PROPAGACIÓN MULTI-RUTA

Las ondas de radio emitidas, pueden ser enviadas a través de muchas rutas, en el Gráfico siguiente podemos observar que se generan 3 rutas de envío, en la realidad, pueden existir muchas más rutas para el envío de una señal. Esta señal puede ser dispersada en objetos pequeños o reflejada en un edificio. Como estas señales poseen diferente longitudes en sus viajes hasta el receptor, aquí se crea un fenómeno conocido como retraso de dispersión. Los valores de retraso de dispersión son usualmente desde los 3µs hasta los 12 µs, GSM puede tolerar hasta los 16 µs de retraso en distancias de 5 Km con diferentes rutas de envío de señal.

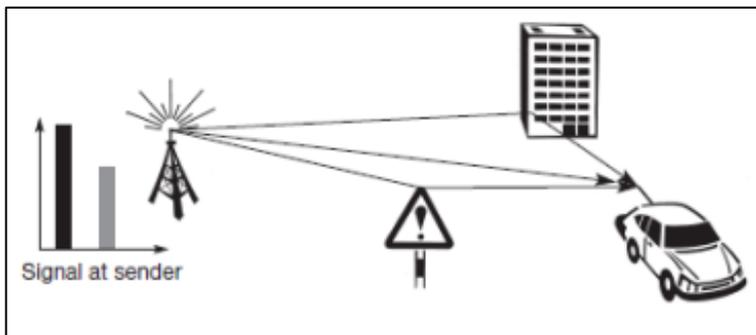


GRÁFICO 2.8 *Propagación Multi-Ruta.*²⁵

²⁴ J. Schiller (2003). Mobile Communications. (2nd Edition). Great Britain.

²⁵ J. Schiller (2003). Mobile Communications. (2nd Edition). Great Britain.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS BENEFICIOS PARA EL USUARIO FINAL Y PUNTONET.

Con la evolución de las Telecomunicaciones en nuestro medio, Puntonet que actualmente brinda un servicio masivo por medio inalámbrico en banda libre de 5Ghz hasta un máximo de 8Mbps, ve la necesidad de brindar un servicio de Acceso sin límites y que responda a los requerimientos de disponibilidad, velocidad y escalabilidad.

Puntonet pretende atacar los problemas técnicos y de notas de crédito que bordean los \$300.000 a nivel nacional apostando por una nueva tecnología más estable que brinda grandes beneficios y evitar cancelaciones de servicio por inestabilidad que bordea a los 1.667 usuarios a nivel nacional.

Con una velocidad de 100 Mbps y con una escalabilidad de 10 Gbps con tecnología 10 GEPON simplemente cambiando el equipo de cabecera:

- Puntonet se apunta a un futuro a los grandes consumos de servicio en TV analógica o digital.
- Videoconferencia
- Teleworkers.
- Juegos Online.
- VoIP.
- N-play.

Todos los nuevos servicios no solo requieren alto ancho de banda sino que este sea simétrico con 100 Mbps de subida y 100 Mbps de bajada, también se busca eliminar los problemas de interferencia que son inertes de la tecnología inalámbrica con la utilización de Fibra Óptica hasta el domicilio del cliente.

Poder cubrir grandes distancias desde el nodo principal, contrario a los nodos inalámbricos de Puntonet que son limitados a 1,5 km de distancia, una red de Fibra Óptica con un valor de atenuación sumamente bajo y totalmente pasiva sin inclusión de ningún equipo activo dentro del trayecto del nodo al Cliente. Descartando las Tecnologías cableadas como xDSL y DOCSIS que deben encontrarse lo más cerca posible al nodo FTTC, caso contrario de FTTH que está orientada a la conexión hasta el Hogar.

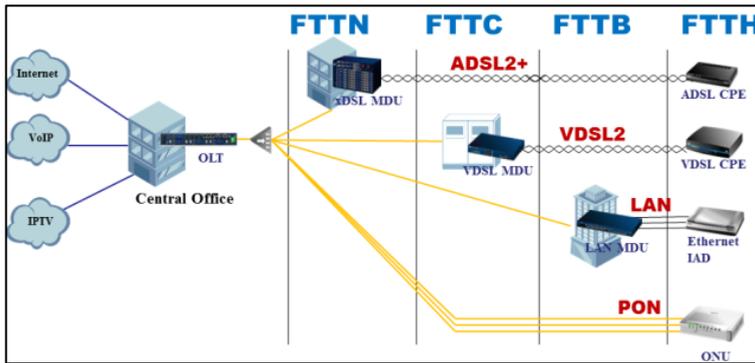


GRÁFICO 2.9 *Tecnologías Cableadas.*²⁶

Como se vio en la descripción técnica las dimensiones del alcance o distancia se encuentran asociadas a la potencia a la que se debe entregar el servicio, mediante el valor de potencia que se encuentra directamente relacionado a la distancia, *splitters* y conectores, este cálculo se podrá verificar en el capítulo de Diseño.

Considerando la atenuación máxima soportada en los equipos de FTTH de 29 dBm, podemos tener una distancia aproximada de 21 Km de red troncal y de distribución en donde se puede manejar 2 Km hasta el cliente como red de acceso. Dentro del capítulo de diseño se va a estimar una distancia de hasta 500 mts desde la manga hasta el cliente por asuntos de diseño que se explicará posteriormente.

Puntonet, con la inversión en su nueva infraestructura brindando estabilidad, disponibilidad y velocidad, busca clientes leales y que la experiencia de servicio les sea espectacular.

En la Tabla 2.4 se puede identificar los beneficios que son realmente altos al implementar la tecnología FTTH en la red de Puntonet, comparado con las tecnologías vigentes en los otros operadores otras, siendo Puntonet la primera empresa en la ciudad de Cuenca en comercializar formalmente el servicio de FTTH convirtiéndose en pionera con tecnología de última generación y en brindar el servicio de planes con una escalabilidad de 100 Mbps.

²⁶ M. Moretón, *Teoría y Cálculo de Antenas*. 19 de Diciembre de 2011. www.martinmoreton.wordpress.com

	ADSL	HFC	FTTH
Costo red externa	Alto	Medio	Medio/Alto
Apto para IPTV	SI	NO	SI
Ancho de Banda por usuario	16 a 24 Mbps	40 Mbps	40 Mbps a 1.25 Gbps
Costo del equipo Cliente	Bajo	Medio	Medio/Alto
Red Totalmente pasiva (sin necesidad activos en planta externa)	NO	NO	SI
Duración de la red de planta externa	10 años	10 años	30 años (+)
Loop de Abonado	600 m	600 m	20 Km
Soporte para NGN	SI	NO	SI
Velocidad independiente de la distancia hasta el usuario	NO	NO	SI
Inmune al ruido, Interferencia, y otros factores eléctricos	NO	NO	SI
Costo de mantenimiento de la red (OPEX)	Alto	Medio	Bajo
Preparada para nuevos servicios de gran ancho de banda	NO	NO	SI
Apta para servicios de HDTV	NO	SI	SI
Apta para Video On Demand	SI	NO	SI
Apta para juegos Online a alta velocidad	NO	NO	SI
Apta para Servicios de Vigilancia/Seguridad	NO	NO	SI
Ancho de banda de subida simétrico	NO	NO	SI
Consumo de electricidad	Alto	Alto	bajo

TABLA 2.4 *Ventajas Tecnología.*²⁷

En el siguiente Gráfico vamos a observar que una gran ventaja en la implementación de la red FTTH es que el mayor costo de todo el proyecto se encuentra concentrado en la mano de obra de la implementación de la red pasiva (68%), por lo tanto el mantenimiento de la red es sumamente bajo y por consiguiente el costo de mantener la red activa posterior a la implementación es más bajo en comparación a las otras tecnologías de acceso que requieren especialistas de Core, de distribución, y de acceso. En el caso de Puntonet se requerirá de personal especializado para el Core donde se encuentra la cabecera de la red FTTH.

²⁷www.tecnoredsa.com.ar

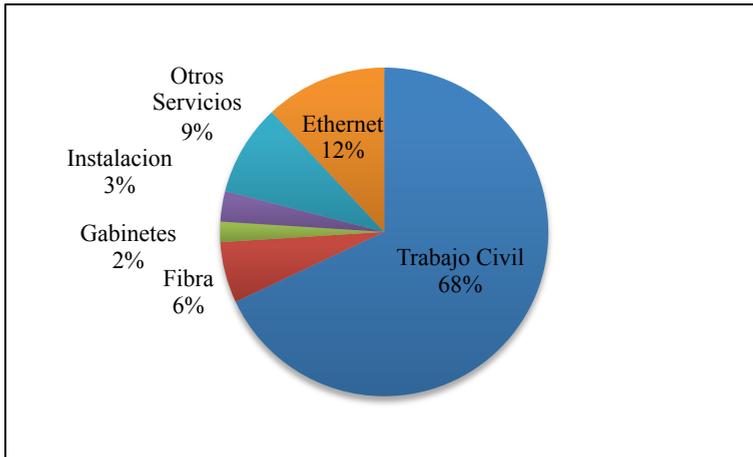


GRÁFICO 2.10 *Porcentaje de Distribución Económica en la implementación de redes de Fibra Óptica.*²⁸

En el Gráfico 2.10 se identifica que la mayor parte de gastos se encuentra en el trabajo civil que es tender la fibra óptica hasta el domicilio y obras físicas que a medida son necesarias.

El Costo de la Fibra Óptica es el 6% del costo total de la red y el tiempo de depreciación de la red es entre 15 a 30 años muy contrario a otra tecnologías que usualmente son de 10 años.

²⁸ Source: Corning and FTTH Council Europe.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DEL MODELO ACTUAL PARA GESTIÓN DE CLIENTES MASIVOS

Dentro de este capítulo se presenta el modelo de Gestión y Administración que ocupa la empresa Puntonet actualmente para la administración de los clientes desarrollando una sectorización de la ciudad de Cuenca, la sectorización que realiza la empresa es para poder identificar las zonas de cobertura y planes de acción para instalaciones y soporte.

El método de sectorización que utiliza Puntonet nos ayuda a identificar en el siguiente capítulo la ubicación y masificación de los clientes, así también se realiza un análisis de la situación actual de Puntonet Cuenca con una revisión de activaciones y desactivaciones de servicio.

3.1 SECTORIZACIÓN DE LA CIUDAD

Para una mejor administración de los clientes y la ejecución de proyectos Puntonet realiza una sectorización de la ciudad dividiéndola de manera operativa para la atención de los clientes. En donde ha considerado las vías de rápido acceso para planificación de trabajos, y mediante estas consideraciones se realiza la división de la ciudad por cantidad de Nodos WiFi; tratando de tener coherencia entre la segmentación geográfica y cantidad de nodos por sector.

Con esta información Puntonet ha realizado la siguiente división de la ciudad de Cuenca, a estos sectores se los llama “corredores”.

CORREDOR NORTE	
POLÍGONO	NODO
1	COLISEO
	PUERTAS DEL SOL
	ORO VERDE
	REMIGIO CRESPO
2	RIO AMARILLO
	SAN JOSÉ I
	SAN JOSÉ II
3	PROFESORES
	URBANIZACIÓN MUTUALISTA AZUAY II
4	CENTRO
	MIRAFLORES
	LA CATÓLICA
CORREDOR SUR	
POLÍGONO	NODO
1	EL TIEMPO
	BAÑOS
	BAÑOS 2
	GUZHO
2	12 DE OCTUBRE
	VISTA LINDA
	VISTA LINDA II
3	MILENIUM
	PAUCARBAMBA
	HUAYNA CAPAC
4	EL MAGISTERIO
	SANTA TERESITA
5	EL VALLE
CORREDOR ESTE	
POLÍGONO	NODO
1	UNCOVIA
	TRIGALES
	RICAURTE
	ARQUITECTOS
2	AEROPUERTO
	TOTORACOCHA
	RIO SOL
3	REINA DEL CISNE
	CDLA. DE LOS INGENIEROS
4	CAPULISPAMBA
	CHAULLABAMBA
	ZUMBAHUAYCO
5	AZOGUES

TABLA 3.1 *División de polígonos.*
FUENTE *Puntonet*

La división de la Tabla 3.1 ayuda a Puntonet a realizar la segmentación de la ciudad en 3 partes llamados corredor norte, sur y este; con los cuales se optimiza los tiempos de instalación y soporte a usuarios. Cada corredor tiene incluidos polígonos de

división y en cada polígono los nodos. Se presenta la división de manera gráfica a continuación.

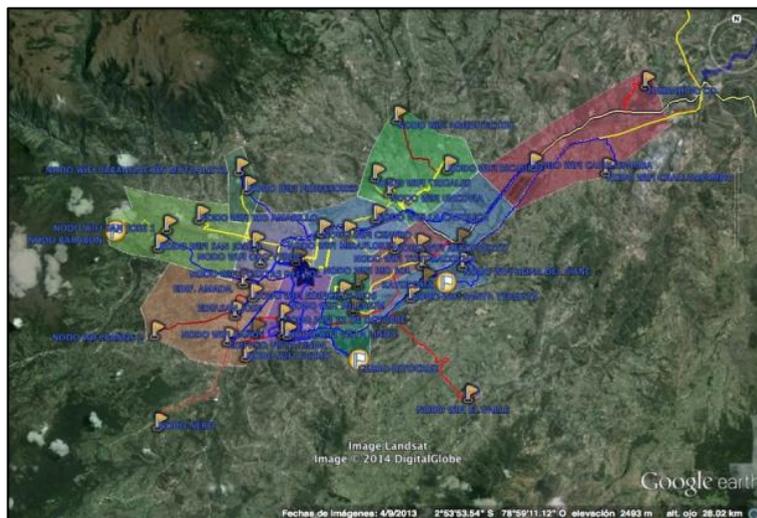


GRÁFICO 3.1 *Polígonos & Nodos.*
FUENTE *Puntonet*

3.2 UBICACIÓN DE LOS CLIENTES POR MEDIO DE LA SECTORIZACIÓN.

Uno punto importante es identificar los clientes de Puntonet Cuenca dentro de cada uno de sus polígonos. Para realizar esta segmentación Puntonet nos facilita un reporte de clientes, mediante el cual se identifica la densidad de Clientes por cada Nodo WIFI.

Para conocer la densidad de Clientes por Nodo realizamos la depuración de clientes por Sector y por Ancho de Banda contratado; y mediante esta división podemos así identificar las zonas de mayor concentración y qué ancho de banda o plan se contrata.

CORREDORES & NODOS		ANCHO DE BANDA (Mbps)							
		1,6	1,7	2	2,2	3	4	5	Total
CORREDOR NORTE	COLISEO		2		15	17	2	4	40
	PUERTAS DEL SOL		3		16	13	3	4	39
	ORO VERDE		9		42	40	13	7	111
	REMIGIO CRESPO		9		33	29	4	9	84
	RIO AMARILLO		5		17	15	2	1	40
	SAN JOSÉ I		0		4	5	0	0	9
	SAN JOSÉ II		0		3	2	0	2	7
	PROFESORES		0		17	12	0	1	30
	RACAR		0		10	6	0	1	17
	CENTRO		7		28	21	2	1	59
	MIRAFLORES		3		36	26	2	5	72
	LA CATÓLICA		4		29	12	1	0	46
	TOTAL		42		250	198	29	35	537
CORREDOR SUR	EL TIEMPO		10		86	41	4	6	147
	BAÑOS	1	3		45	43	6	5	103
	BAÑOS 2		0		2	1	0	0	3
	GUZHO		14		53	30	3	4	104
	12 DE OCTUBRE		27		114	55	4	21	221
	VISTA LINDA		0		0	4	0	0	4
	VISTA LINDA II		5		22	33	5	9	74
	MILENIUM		7		22	27	6	8	70
	PAUCARBAMBA		7		25	28	8	4	74
	HUAYNA CAPAC		8		31	23	4	5	71
	EL MAGISTERIO		2	1	18	4	0	1	26
	SANTA TERESITA		15		49	20	2	3	89
	EL VALLE		1		26	4	1	1	33
TOTAL	1	99	1	493	313	43	67	1019	
CORREDOR ESTE	UNCOVIA		2		36	23	5	2	68
	TRIGALES		6		46	23	7	0	82
	RICAUARTE		11		57	40	5	1	114
	ARQUITECTOS		4		16	7	3	0	30
	AEROPUERTO		6		46	18	5	1	76
	TOTORACOCHA		0		4	0	0	0	4
	RIO SOL		6		17	18	5	3	49
	REINA DEL CISNE		4		77	41	11	9	142
	CDLA. DE LOS INGENIEROS		0		7	2	0	2	11
	CAPULISPAMBA		2		14	8	1	2	27
	CHAULLABAMBA		1		15	18	5	12	51
	ZUMBAHUAYCO		0		16	11	2	1	30
	AZOGUES		2		20	7	1	0	30
TOTAL		44		371	216	50	33	714	

TABLA 3.2 Usuarios por Nodos en la ciudad de Cuenca.

FUENTE PUNTONET

Analizando esta información detectamos que la mayor cantidad de clientes se encuentran en el CORREDOR SUR que a primera vista puede ser el punto de inicio para Puntonet.

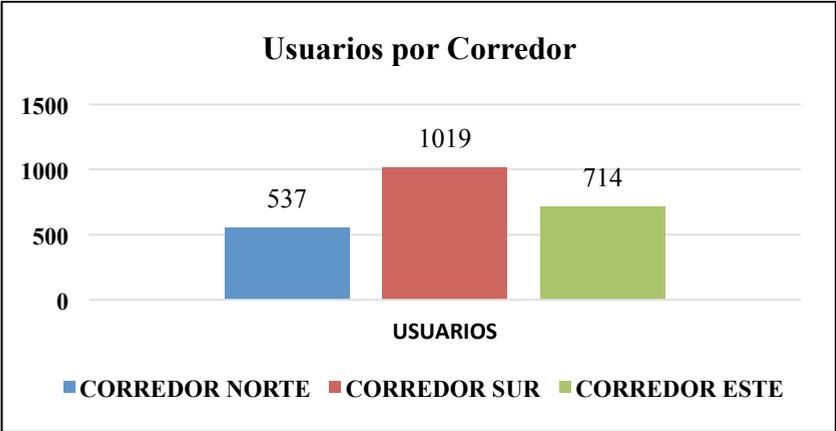


GRÁFICO 3.2 *Usuarios por corredor.*
FUENTE *Autores*

Así también se realizó un análisis de cuáles son los planes o ancho de banda que contratan en mayor número en cada corredor.

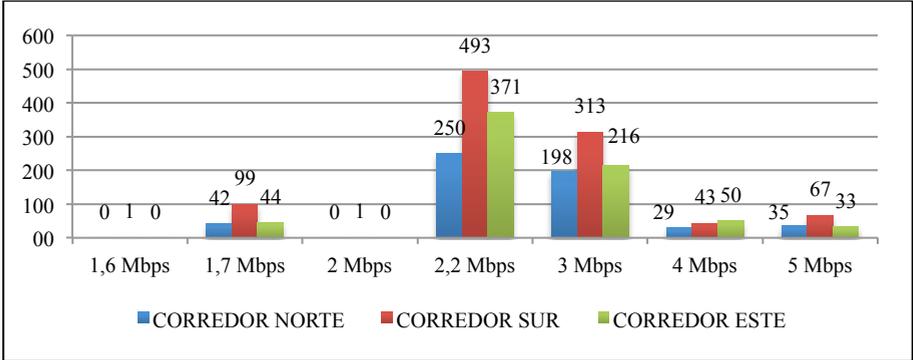


GRÁFICO 3.3 *Planes por corredor.*
FUENTE *Autores*

En el Gráfico 3.4 se identifica los planes de mayor demanda en todos los corredores los mismos que nos ayudaran para lanzar los planes de FTTH, el área comercial deberá analizar estos planes que son tendencia en los usuarios para los planes comerciales de internet en los clientes de FTTH.

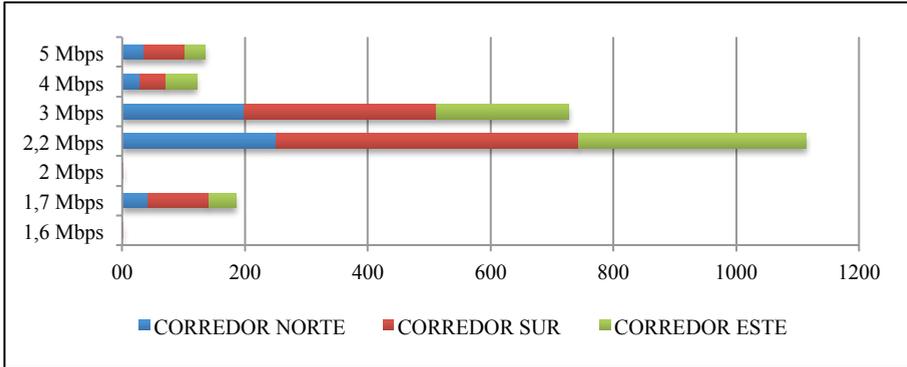


GRÁFICO 3.4 *Demanda Planes*
FUENTE *Autores*

3.2 UBICACIÓN DE TODOS LOS CLIENTES GEO-REFERENCIADOS EN GOOGLE EARTH.

Como análisis de los clientes de Puntonet es necesario geo-referenciar la ubicación de los clientes dentro de la ciudad de Cuenca. Para esta geo-referencia utilizamos la herramienta online de earthpoint²⁹ en donde se ingresan los clientes con coordenadas dentro del Google Earth teniendo como resultado el Gráfico 3.5.

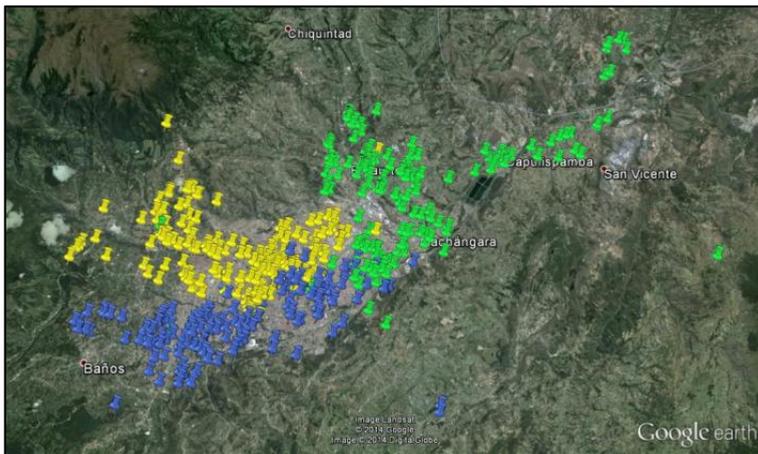


GRÁFICO 3.5 *Clientes Geo-referenciados.*
FUENTE *Puntonet*

Mediante la geo-referencia de los clientes se puede identificar la densidad de los clientes en la ciudad de Cuenca y mediante esta información realizar el análisis y diseño de la red FTTH.

²⁹<http://www.earthpoint.us>

3.3 ANÁLISIS DEL ÚLTIMO AÑO DE CLIENTES INGRESADOS Y CANCELACIÓN DE CONTRATOS.

Es necesario realizar un análisis de los clientes ingresados el último año así como también las cancelaciones de servicios y sus causales. Mediante el Gráfico 3.6 se identifica la información de los clientes ingresados mensualmente y con el servicio activo, se puede identificar que Puntonet Cuenca tiene un flujo considerable de clientes nuevos.

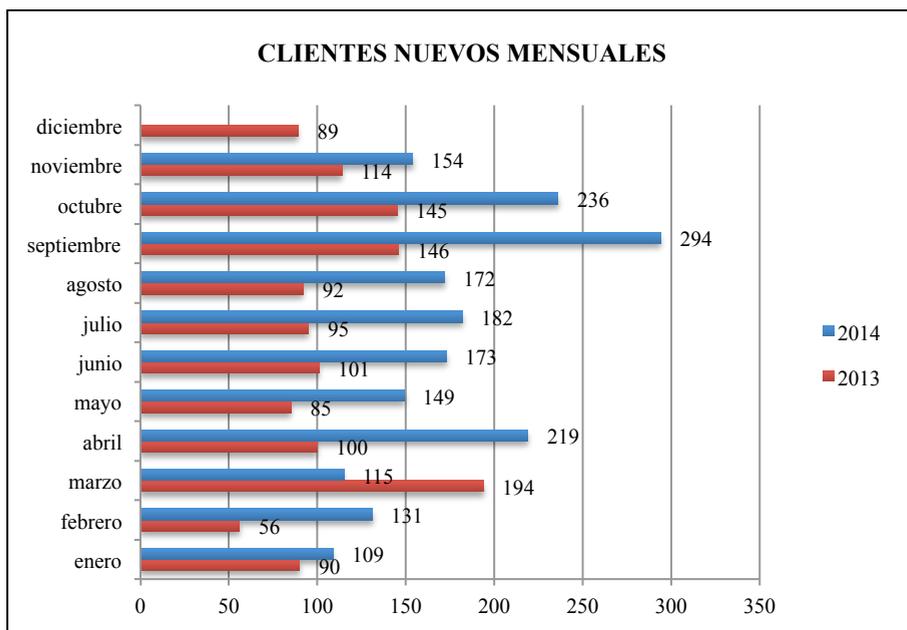


GRÁFICO 3.6 *Ingreso Mensual de Clientes Nuevos.*
FUENTE *Puntonet*

Así también es muy importante saber el motivo de la cancelación de los clientes y el porcentaje mensual por lo que cancelan el servicio, esta información podemos ver en la Tabla 3.3 que nos indica los datos tomados en un año.

Motivo Desactivaciones	Promedio Anual
Problema Técnico	152
No necesita	112
Cambio de domicilio sin cobertura	79
Cambio de Proveedor	58
Cambio de Ciudad	47
Problemas Económicos del Cliente	38
Cierre del negocio	32
Precios	18
Mala Atención	9
Daño de Equipos Cliente	3
Petición Interna	5
Solicita Cliente Vacaciones	2
Es Cyber Café	2

TABLA 3.3 *Motivo Desactivaciones.*
FUENTE *Puntonet*

El problema de las cancelaciones de contratos genera una preocupación muy alta en la empresa y más aún si son problemas Técnicos.

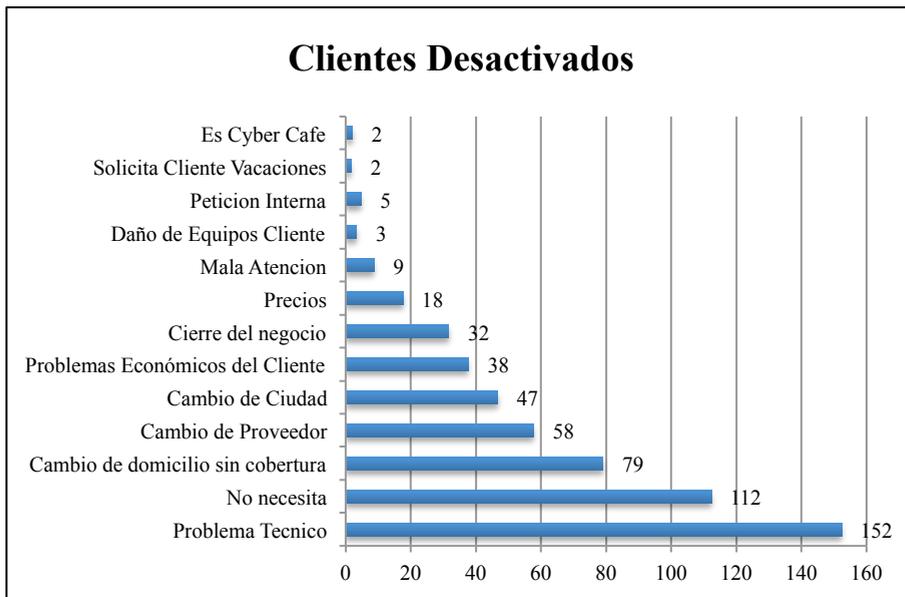


GRÁFICO 3.7 *Promedio de Clientes Desactivados.*
FUENTE *Autores*

Mediante la información del Gráfico 3.7 Podemos identificar que los clientes mensualmente salen por problemas técnicos que se presenta por el uso de la tecnología Wireless:

- Interferencia.
- Línea de Vista.
- Frecuencias no Licenciadas.
- Ruido.

Este tipo de desactivaciones generan costos adicionales a la empresa como visitas a clientes que son asumidas por la empresa.

VISITA POR PROBLEMAS	# VISITA
Adaptador Defectuoso	7
Cambio de Tecnología	1
Configuración de equipos	1
Configuración Router Cliente	2
Consulta	1
Daño Antena	1
Daño en Equipo cliente	1
Daño en Router	4
Daño ONT	1
Daño Router	1
Diferencia en velocidad	1
DNS	1
Instalación Router	1
Instalación Router Adicional	12
ONT Desenganchado	2
Otros	58
Reactivación	1
Re apuntar Antena (Bajo nivel de Señal)	4
Re apuntar Antena (Diferencia de Velocidad)	1
Requerimiento Cliente	17
Reubicación Equipos	2
Saturación de Enlace	3
Última Milla	905
Virus	1
VT Definitiva (Problemas Recurrentes)	1

TABLA 3.4 *Visitas Técnicas.*
FUENTE *Puntonet*

En la Tabla 3.4 podemos ver la cantidad de visitas realizadas en un año en donde el número más alto de visitas son por problemas de Última Milla (Interferencia, Ruido, Bandas no licenciadas 5,8 GHz) si consideramos un costo de 12 dólares por visita tendríamos un total de \$10.860 en gastos por problemas de la tecnología que utiliza la empresa.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS

En el presente capítulo se realiza un análisis de la tecnología actual que la empresa tiene para el soporte de clientes masivos. Se realiza el levantamiento de la información de red, cobertura y el estado actual de la infraestructura, toda la información que incluye este capítulo es por cortesía de la empresa Puntonet.

4.1 LEVANTAMIENTO DEL DIAGRAMA DE RED ACTUAL.

El Gráfico 4.1 es el diagrama lógico de la administración de la red masiva, la red de Clientes Masivos o Home que utilizan direccionamiento privado para toda la red WAN que es en tecnología 5.8 Ghz utilizando bandas libres. Existe un equipo concentrador de toda la red desde el cual se administra el ancho de banda y la traslación de IP Privada a IP Publica para todos los clientes masivos.

Todos los clientes de Puntonet para acceder a los servicios se autentican a un servidor de acceso (Radius) dentro de la red mediante el registro de mac address y autenticación por usuario/contraseña que se encuentra administrado por el servidor Radius mediante el protocolo PPPoE que provee asignación de direccionamiento IP utilizando la autenticación, por medio del protocolo Point To Point sobre la red Ethernet³⁰ que verifica, valida y autentica a los clientes de Puntonet Cuenca.

³⁰<http://www.cisco.com>

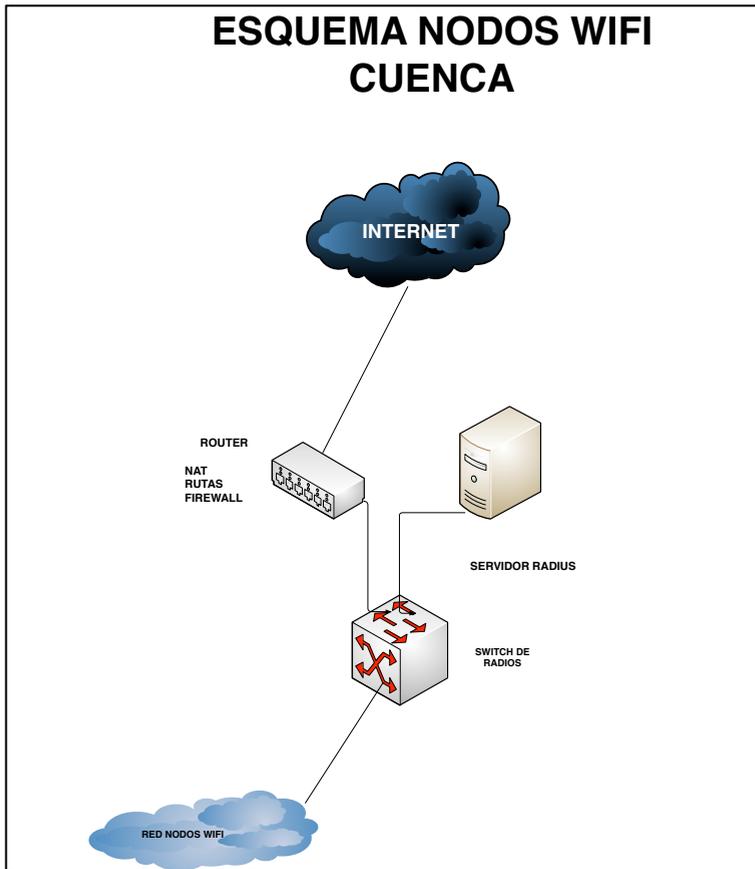


GRÁFICO 4.1 *Diagrama Lógico.*
FUENTE *Puntonet*

4.2 LEVANTAMIENTO DE LA COBERTURA ACTUAL POR RADIO FRECUENCIA.

Dentro de la empresa se maneja un estándar de cobertura de diámetro al nodo de 1.5 Kilómetros con línea de vista directa al nodo, este estándar de la empresa ha sido aprobado por mediciones en campo empíricas y puesto como estándar a nivel nacional, mediante esta distancia los equipos instalados en cada nodo trabajan adecuadamente brindando un servicio estable y un Ancho de Banda de 5 Mbps que es el plan más alto con servicio WiFi que comercializa la empresa y se asegura el servicio en la distancia sugerida, en el Gráfico 4.2 se puede observar la cobertura que tiene Puntonet en la ciudad de Cuenca , esta información se comparte con el departamento de ventas que se rigen a estos límites para la venta del servicio.

Corredor Este, se realizó esta referencia para identificar la densidad de clientes en cada corredor y aplicar en el diseño de la red FTTH.

En el Gráfico se puede observar que Puntonet mantiene el estándar de los 1,5 km como distancia máxima para la conexión de sus clientes a todos sus nodos, y a pesar de cumplir con la norma ocurren los problemas propios de la tecnología utilizada.

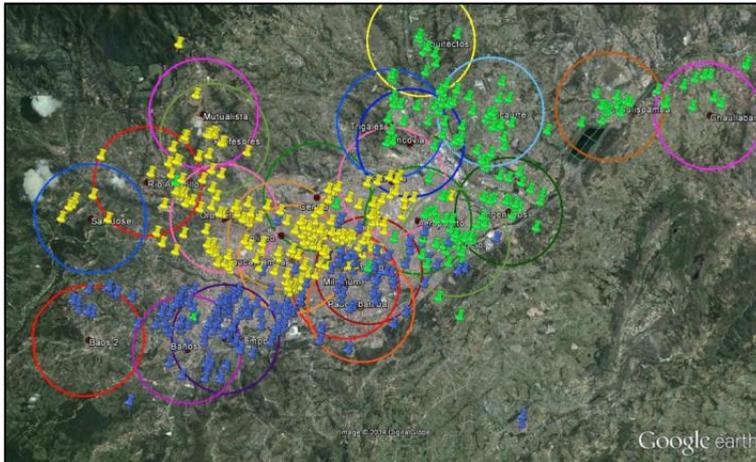


GRÁFICO 4.4 Cobertura & Clientes Geo-referenciados
FUENTE Autores

Según estudio realizado en la Universidad del Azuay por Ochoa Figueroa y Vintimilla Carrasco quienes realizan la simulación geomántica de los sistemas de radio frecuencia, estos analizan en donde se encuentran localizados los transmisores que emiten mayor potencia en la ciudad de Cuenca afectando a todo el espectro radioeléctrico, en el Gráfico 4.5 podemos ver la ubicación de las radios bases en la ciudad de Cuenca las mismas que se encuentran con mayor concentración en el Centro de la Ciudad y el cerro Icto Cruz.

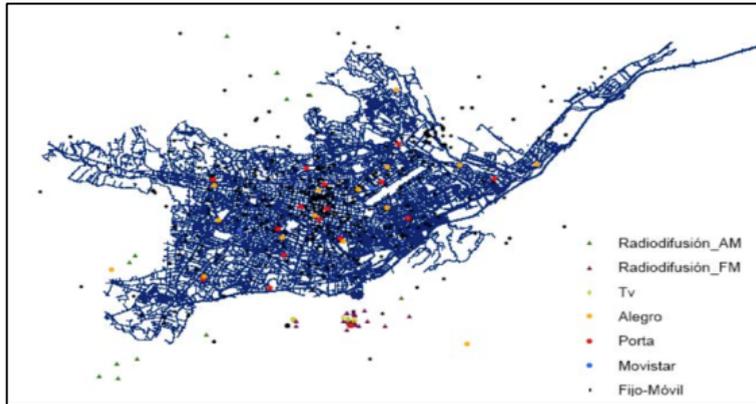


GRÁFICO 4.5 *Radios Bases ubicación Cuenca*³¹.

En el Gráfico 4.6 se puede identificar en donde se encuentra la mayor concentración de las Radio Bases en la ciudad de Cuenca.



GRÁFICO 4.6 *Concentración Radios Bases Cuenca*³².

Gracias a este estudio podemos identificar que la ciudad de Cuenca se encuentra saturada en su espectro radioeléctrico, concentrado en mayor cantidad en el centro de la ciudad esto se debe también que no existe acceso a los ductos en la parte regenerada de la ciudad y todos los clientes fuera de Etapa se deben acceder mediante enlaces inalámbricos utilizando el espectro de radiofrecuencia y provocando interferencias entre todos los operadores.

³¹ Simulación geomántica de la densidad de flujo de potencia de los sistemas radioeléctricos en la ciudad de Cuenca, Ochoa Figueroa y Vintimilla Carrasco.

³² Simulación geomántica de la densidad de flujo de potencia de los sistemas radioeléctricos en la ciudad de Cuenca, Ochoa Figueroa y Vintimilla Carrasco.

4.3 ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD, VELOCIDAD, ESTABILIDAD Y ESCALABILIDAD DE LA RED WIFI PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS.

Se realiza el análisis basado en los datos históricos proporcionados por la empresa Puntonet.

4.3.1 DISPONIBILIDAD

Realizando una depuración de los nodos Masivos en el registro anual, se tienen la siguiente información de disponibilidad del servicio para los Clientes en la Ciudad de Cuenca.

DISPONIBILIDAD DE SERVICIO				
CONCEPTO	UPTIME	TIEMPO CORTE	# CLIENTES	# NODOS
DISPONIBILIDAD AL :	100%	0	1.141	12
DISPONIBILIDAD: (NORMAL)	99,6%	0 A 2,88 HORAS	1.403	21
DISPONIBILIDAD AL: (ACEPTABLE)	99,4%	2,88 a 4 HORAS	74	1
DISPONIBILIDAD MENOR AL: (ALERTA FUERA DE NORMAL)	99,2%	MAYOR A 4 HORAS	595	4

TABLA 4.1 Disponibilidad de servicio.
FUENTE Puntonet

En la Tabla 4.1 se puede observar la disponibilidad de servicio de los clientes y se identifica que el 53% de los mismos se encuentran igual o mayor al 99,6 % de disponibilidad de servicio.

El desarrollo del proyecto de FTTH se enfoca a todos los clientes para brindar el nivel de servicio asegurado del 99,6 %, y también poder migrar a los clientes que se encuentren bajo ese umbral.

4.3.2 VELOCIDAD

El análisis de velocidad se realiza verificando el canal asegurado que ofrece la empresa dentro de los planes que comercializa, Puntonet ofrece una compartición de 6:1 y tomando en cuenta el factor de reutilización de servicio.

La Tabla 4.2 presenta el consumo de Mbps de los Nodos WIFI en donde se considera la cantidad de clientes en el nodo por el factor de compartición y el valor de reutilización de servicio.

NODOS WIFI	KBPS	NODOS WIFI	KBPS
12 DE OCTUBRE	34.315	GUZHO	19.733
AEROPUERTO	13.685	ICTO CRUZ	5.971
ARQUITECTOS	4.270	HUAYNA CAPAC	16.030
AZOGUES	4.718	MILENIUM PLAZA	12.565
BAÑOS	18.305	MIRAFLORES	22.078
BARABÓN	2.387	NODO SAN JOSÉ I	4.985
CAÑAR	3.864	NODO SAN JOSÉ II	3.865
CAPULISPAMBA	5.712	ORO VERDE	38.850
CATÓLICA	13.993	PAUCARBAMBA	14.840
CDLA. DE LOS INGENIEROS	4.949	PROFESORES	6.118
CEBOLLAR	2.548	PUERTAS DEL SOL	12.846
CENTRO	20.711	RACAR	3.234
CHAULLABAMBA	12.593	RAYOLOMA	3.325
COLISEO	14.000	REINA DEL CISNE	25.676
EDIF 4 RÍOS	3.570	REMIGIO CRESPO	26.223
EDIF ACUARIO	602	RICAUARTE	23.723
EDIF ORO VERDE	1.204	RIO AMARILLO	8.806
EDIF PALERMO	5.985	RIO SOL	12.317
EDIF ROSENTAL	4.585	SANTA TERESITA	14.077
EDIF SAN JOSÉ	329	TRIGALES	13.657
EDIFICIO TERRAZAS	1.673	UNCOVIA	12.348
EL MAGISTERIO	8.176	VISTA LINDA	924
EL TIEMPO	29.512	VISTA LINDA II	17.262
EL VALLE	7.525	TOTAL	543.930

TABLA 4.2 *Consumo Nodos sucursal Cuenca.*

FUENTE *Puntonet*

Con el cálculo de la utilización en el canal de los clientes masivos es necesario asegurar 543 Mbps para que la velocidad de todos los clientes se encuentre según lo contratado. Como se puede visualizar en el Gráfico 4.7 el consumo de los clientes masivos se encuentra entre 500 Mbps y 600 Mbps.

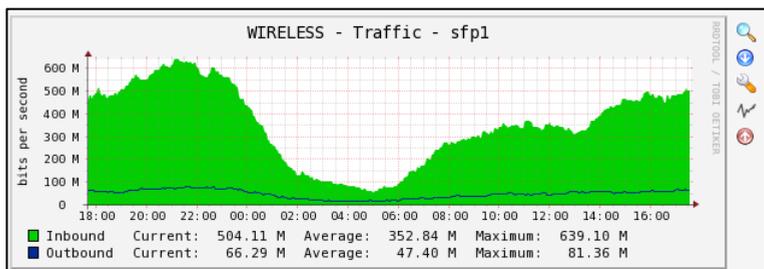


GRÁFICO 4.7 *Consumo clientes masivos sucursal Cuenca.*

FUENTE *Puntonet*

4.3.3 ESTABILIDAD

La estabilidad en la red Inalámbrica hace referencia a prestar un servicio 24 horas los 365 días del año si interrupción alguna a menos que sea notificada con anticipación.

Puntonet al tener una tecnología sensible a varios factores presenta inestabilidad en los clientes y todos estos inconvenientes son registrados mediante el call center que posee la empresa. Los datos ingresados son importantes para la medición de los problemas en los clientes depurando y analizamos las llamadas a call center (Cortesía de Puntonet) se tiene tabulada en el Gráfico 4.8.

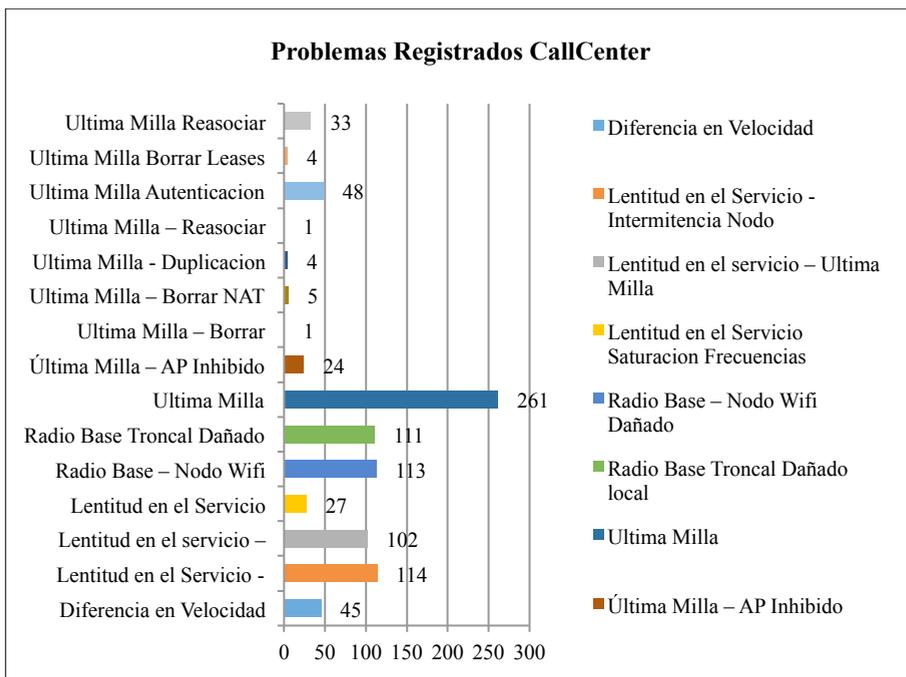


GRÁFICO 4.8 *Reporte Problemas CallCenter*
FUENTE *Puntonet*

La mayor cantidad de problemas reportados se registran en la Última Milla en donde por lo sensible de la tecnología al medio que ocupa, se registraron los siguientes inconvenientes listados en la Tabla 4.3.

PROBLEMAS DETECTADOS	
Diferencia en Velocidad	45
Lentitud en el Servicio - Intermitencia Nodo	114
Lentitud en el servicio – Última Milla	102
Lentitud en el Servicio Saturación Frecuencias	27
Radio Base – Nodo WiFi Dañado	113
Radio Base Troncal Dañado local	111
Última Milla	261
Última Milla – AP Inhibido	24
Última Milla – Borrar Leases	1
Última Milla – Borrar NAT	5
Última Milla - Duplicación IP	4
Última Milla – Re asociar Nodo	1
Última Milla Autenticación AP	48
Última Milla Borrar Leases	4
Última Milla Re asociar Nodo	33
Total general	893

TABLA 4.3 *Problemas Última Milla.*
FUENTE *Puntonet*

El problema de 893 clientes representa el 36% de Clientes que tienen el servicio mediante tecnología inalámbrica, siendo una cifra crítica que la empresa quiere atacar con la implementación de una infraestructura más robusta.

4.3.4 ESCALABILIDAD

En el análisis de escalabilidad nos basamos en el reporte de nodos de Puntonet en el cual nos brinda la información del total de clientes que tiene el nodo y la capacidad a soportar. El Gráfico 4.9 nos indica que en todos los nodos no se supera la capacidad de utilización en todos los nodos.

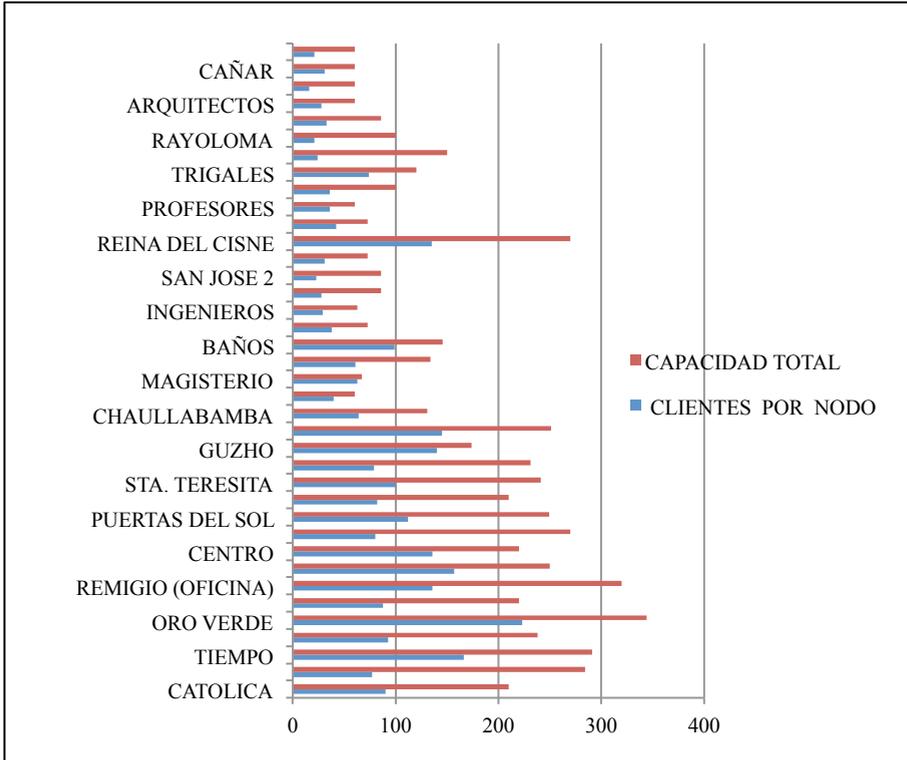


GRÁFICO 4.9 Escalabilidad red Puntonet.
FUENTE Puntonet

Con esto podemos concluir que la red actual que posee Puntonet es escalable.

4.4 RECOPIACIÓN DE UP -TIME DE TODA LA RED PARA SOPORTE DE CLIENTES MASIVOS, EN LOS ÚLTIMOS 6 MESES.

Con reporte histórico brindado por Puntonet se puede obtener el nivel de disponibilidad o tiempo activo (Up-Time) de todos sus nodos masivos. En el Gráfico 4.10 se puede observar que la empresa mantiene un tiempo de disponibilidad promedio anual del 99,73 % definiéndose con una estructura robusta que es afectada simplemente por las limitaciones de la tecnología utilizada.

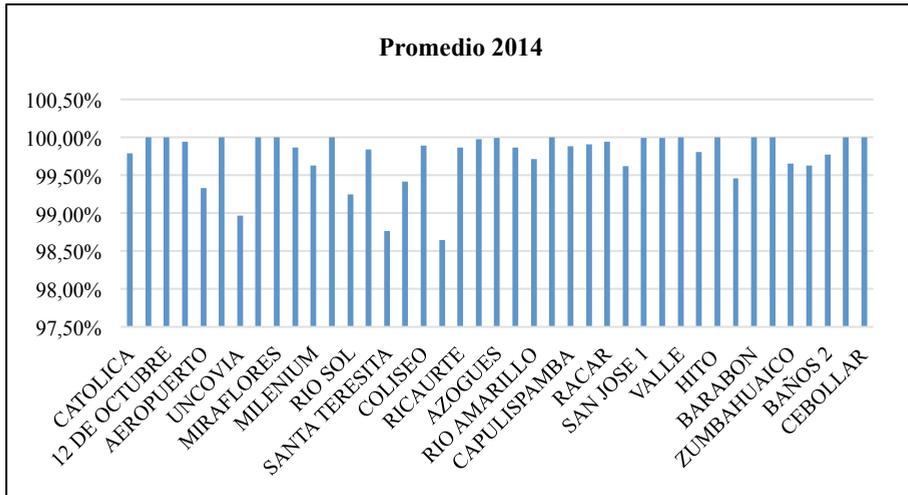


GRÁFICO 4.10 Uptime Puntonet Nodos
FUENTE Puntonet

Con estos reportes es importante notar que la infraestructura de Puntonet se encuentra tecnológicamente desde el Core hacia sus nodos de manera aceptable con un reporte de problemas del 35% del total de clientes, que son afectados en la última milla que ocupa la tecnología inalámbrica.

Con toda la información brindada por Puntonet es necesario desarrollar una propuesta de última milla con una tecnología más robusta como es las redes FTTH que se procede a desarrollar en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA RED FTTH PARA LA EMPRESA PUNTONET CUENCA.

En el presente capítulo se desarrolla el diseño de la red FTTH con las recomendaciones necesarias para la implementación en la ciudad de Cuenca, en el cual utilizaremos el concepto de macronodos que se definen como nodos de cabecera en la red FTTH que contempla un diámetro de 4 km para cobertura de clientes como estándar de Puntonet.

El área de cobertura tiene relación al cálculo del presupuesto lógico, los macronodos tendrán conectividad mediante la red GPON y manejarán una infraestructura híbrida teniendo soporte de clientes inalámbricos mediante radio bases y FTTH.

El concepto de macronodos adoptado por Puntonet hace referencia al uso de una infraestructura híbrida con el concepto de brindar un servicio de manera inalámbrica por el uso de frecuencia en banda libre de 2,4 GHz y 5,8 GHz a lugares sin cobertura de la red FTTH mientras se desarrolla el despliegue de la red; es importante recalcar que los macronodos deberán estar ubicados en nodos WiFi que actualmente brindan el servicio mediante el uso de radio frecuencia y de estos aprovechar el espacio físico e infraestructura ya montada en el nodo.

El presente capítulo identifica los estándares que Puntonet maneja a nivel nacional, acoplado el proyecto a los requerimientos de la matriz de Puntonet ubicada en la ciudad de Quito, y con el desarrollo de estos lineamientos se maneja un estándar de equipamiento físico y líneas de negocio.

Concluyendo con el diagrama de rutas recomendadas para la implementación de la red FTTH en Puntonet Cuenca.

5.1 ESTÁNDARES UTILIZADOS A NIVEL NACIONAL POR PUNTONET

En el Diseño de la red FTTH es necesario manejar estándares o lineamientos a nivel nacional que han sido definidos por el departamento de regulación de la empresa Puntonet a nivel nacional; los mismos que marcan la referencia en equipamiento a utilizar, etiquetado y organización de la red. Estos lineamientos no hacen referencia al diseño ni sugerencia de la red, el diseño debe ser desarrollado por cada sucursal según

sus condiciones geográficas y de capacidad tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Parámetros Técnicos
 - Calculo del presupuesto óptico.
 - Backhaul del nodo.
 - Anillo de Fibra Óptica (Si aplica).
- Parámetros GeoGráficos
 - Cobertura Poblacional.
 - Existencia de vías de Acceso.
- Parámetros Físicos
 - Facilidad de Instalación.
 - Rack, Shelter.
 - Energía de respaldo.
 - Accesibilidad al Nodo.

5.1.1 PARÁMETROS TÉCNICOS

En esta sección se definirán los parámetros técnicos que debe considerar Puntonet en el diseño de la red FTTH.

5.1.1.1 PRESUPUESTO ÓPTICO

Cuando se desarrolla el cálculo del presupuesto óptico se deberá tener en cuenta las siguientes restricciones que se ven afectadas en la red por los valores de atenuación de los diferentes elementos ópticos a colocar dentro de la red ODN.

ELEMENTO PASIVO	ATENUACIÓN (dBm)
CONECTOR	0,50
PUNTO DE FUSIÓN	0,05
FUSIÓN MECÁNICA	0,10
SPLITTER 1x2	3,50
SPLITTER 1x4	7,00
SPLITTER 1x8	10,5
SPLITTER 1x16	14,00
SPLITTER 1x32	17,50
SPLITTER 1x64	21,0
FIBRA 1310 nm (por Km)	0,35

TABLA 5.1 *Valores de Atenuación*
FUENTE *Puntonet*

El Gráfico 5.1 nos ayuda a visualizar la topología de la red FTTH en cascada con 2 niveles de splitters 1:4 y 1:16 teniendo un total de 64 abonados por cada hilo del enlace Troncal, identificamos los componentes utilizados entre el equipo OLT y ONT desde cada macronodo mediante su red ODN.

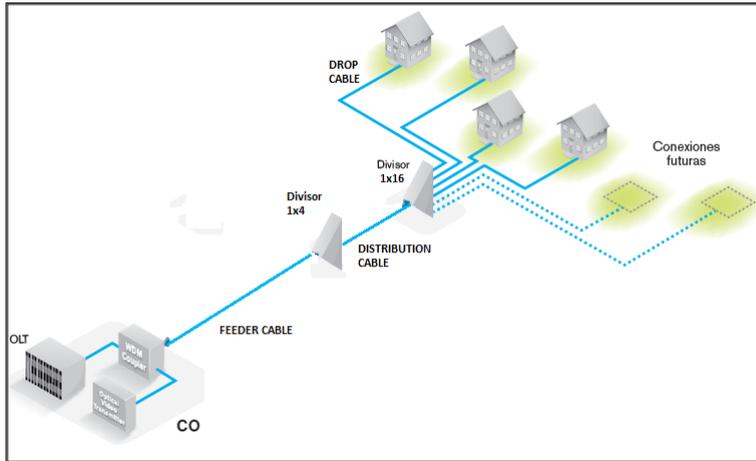


GRÁFICO 5.1 Topología ODN (Optical Distribution Network) Puntonet
FUENTE: Puntonet

Se definen los valores de potencia y atenuación que se consideran para el diseño de la red FTTH en la sucursal Cuenca, estos valores son considerados a referencia de los materiales y marcas que la empresa utiliza para la implementación a nivel nacional.

VALORES PRESUPUESTO ÓPTICO	
ATENUACIÓN MÁXIMA	28 dB
Margen de Guarda	3 dB
Presupuesto Óptico	25 dB
OLT - OPTICAL LINE TERMINAL	
Potencia de Lanzamiento	3 dBm
ONU - OPTICAL NETWORK UNIT	
Sensibilidad Mínima	-27 dBm
FEEDER CABLE (CABLE TRONCAL)	
Distancia máxima	9 km
DISTRIBUTION CABLE (CABLE DISTRIBUCIÓN)	
Distancia máxima	1 km
DROP CABLE (CABLE CLIENTE)	
Distancia máxima	300 m

TABLA 5.2 Valores Sucursales Puntonet
FUENTE Puntonet

Los valores de la Tabla 5.2 son el punto de referencia para el diseño de la red FTTH con los mismos se realiza el cálculo del presupuesto óptico en mayores condiciones que la red debe soportar calculado para el cliente más lejano con una distancia de 10 km. En la Tabla 5.3 se define el valor de potencia (dBm) recibida en el cliente más lejano en estas condiciones.

ELEMENTO PASIVO	ATENUACIÓN (dB)	CANTIDAD	TOTAL
CONECTOR	0,50	4	2
PUNTO DE FUSIÓN	0,05	6	0,3
SPLITTER 1x4	7,00	1	7
SPLITTER 1x16	14,00	1	14
FIBRA 1310 nm (por Km)	0,35	10,3	3,605
TOTAL			26,905

POTENCIA EN EL CLIENTE	-23,905
------------------------	---------

TABLA 5.3 Potencia dBm Cliente 10 km
FUENTE Puntonet

5.1.1.2 ENLACES BACKHAUL³³

Para todos los enlaces principales de conectividad desde el macronodo a la oficina principal siempre el enlace principal deberá ser de Fibra Óptica y el enlace de respaldo puede contemplar una ruta de fibra óptica o un enlace de microonda como última opción para la conectividad de todos los macronodos a implementar en la ciudad.

5.1.1.3 ANILLO DE FIBRA ÓPTICA

Todos los Macronodos diseñados deberán tener una comunicación hacia el punto central, creando un anillo de fibra óptica basada en la red GPON que posee la empresa, en caso excepcional del Macronodo el Valle este tendrá un backup por Microonda.

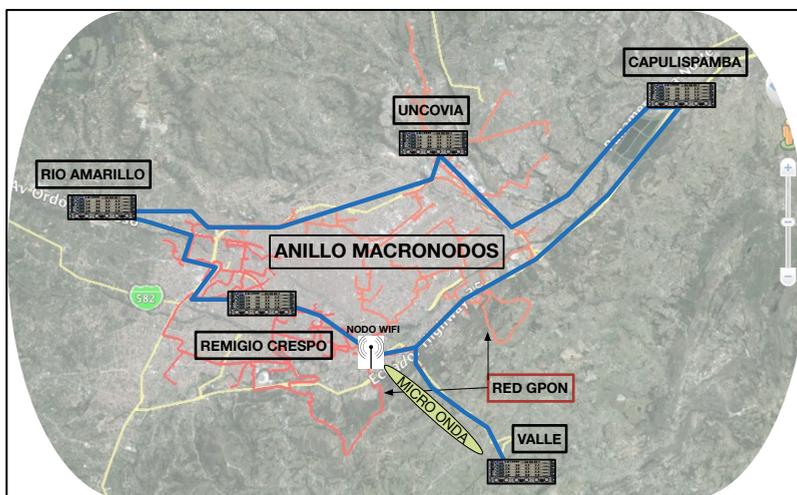


GRÁFICO 5.2 Topología Anillo F.O. Puntonet
FUENTE Autores

³³ Backhaul: Enlace principal de los nodos

5.1.2 PARÁMETROS GEOGRÁFICOS

A continuación se detallan los parámetros geoGráficos a tomar en cuenta para la cobertura física del macronodo dentro de la ciudad de Cuenca.

COBERTURA POBLACIONAL

En un mapa de la ciudad de Cuenca se debe identificar el sector a dar cobertura; detectar el nodo WiFi mas cercando que puede convertirse en macronodo tomando en cuenta que tenga infraestructura instalada y acceso permanente todos los días del año y a cualquier hora (24 x 7 x 365).

Desde el macronodo identificado se crea un área de cobertura a un radio de 4,5 Km límite definido por matriz para el tendido de Fibra Óptica Troncal. Dentro del área de cobertura se considera 1 km para activación de *splitters* de acceso y se identifican todos los nodos WiFi que se encuentren dentro del área y que formaran parte del macronodo, así como todos los clientes registrados en estos nodos como potenciales clientes de la red FTTH.

En el Gráfico 5.3 se representa los 4,5 km de cobertura en color rojo y el kilómetro adicional para activación de splitters de color rosado.

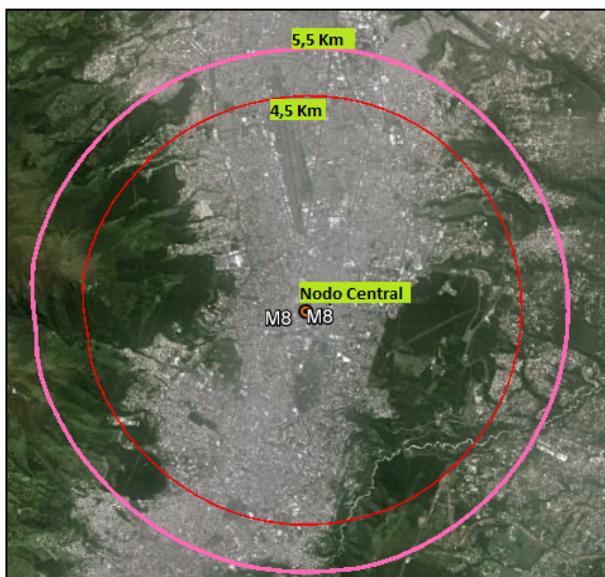


GRÁFICO 5.3 Área Teórica Macronodo
FUENTE: *Puntonet*

Es importante en esta fase considerar el acceso por varias vías alternas al macronodo.

5.1.3 PARÁMETROS FÍSICOS

Dentro de los parámetros físicos se deberá contemplar el cableado de la toma eléctrica, banco de baterías para el soporte de la nueva infraestructura.

IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPAMIENTO ACTIVO.

El macronodo ubicando en un nodo WiFi debe soportar adecuaciones físicas como la ubicación de un rack o gabinete para la instalación del siguiente equipamiento activo:

- 1 OLT
- 1 Fuente de Alimentación DC 48V, 5A
- 1 MKT PPPoE Server

El macronodo debe contar con un sistema de tierra adecuado para la operación correcta de los equipos y su seguridad, estas recomendaciones son aplicadas a la arquitectura de la red FTTH en la sucursal Cuenca.

5.2 FTTH PUNTONET CUENCA

Con los lineamientos definidos a nivel nacional y analizado para la ciudad de Cuenca mediante su departamento de regulación se realiza las consideraciones que se deberán seguir para el diseño de la red FTTH.

5.2.1 COBERTURA

Se mantiene un radio de cobertura a 4,5 km como distancia máxima por la limitación del costo de la Fibra Óptica de 24 hilos a implementar en la red de Troncal desde el macronodo, en otros casos la distancia de cobertura deberá ser menor y no mayor por exigencia de matriz.

5.2.2 DISEÑO DEL MACRONODO

En la sucursal Cuenca se mantiene la definición del macronodo como un lugar físico donde se ubican los equipos activos que tenga un acceso permanente al personal técnico de Puntonet y la seguridad física adecuada para la custodia de los equipos. Los macronodos o también referenciados como los nodos de cabecera son la terminación de la red ODN o red pasiva de Fibra Óptica.

- La instalación de un macronodo debe ser justificado con la densidad de clientes en la zona y el dimensionamiento de equipos para el soporte de

clientes serán de marca Corecess³⁴ adquiridos por Puntonet y fueron ofertados con el mejor precio y prestaciones, para la implementación de una red FTTH.

# Clientes	Plataforma Corecess
100-256	OLT S102 ³⁵ Max 2 OLT en cascada
257-1024	OLT S506 ³⁶ Max 2 OLT en cascada

TABLA 5.4 *Plataforma de Acceso*
FUENTE *Puntonet*

- El diseño debe considerar el enlace principal del macronodo con fibra óptica que actualmente tiene la empresa Puntonet Cuenca con su red GPON de amplia cobertura por toda la ciudad.
- Las consideraciones de diseño para el enlace de respaldo Puntonet Cuenca considera, en caso de ser un enlace inalámbrico debe tener redundancia a un punto diferente del enlace principal y si es un enlace con fibra óptica debe ser por una ruta distinta que no tenga ningún punto en común en todo el trayecto de la ruta principal esto incluye el ingreso a la oficina principal que se deberá realizar por calle diferentes.

5.2.3 DISEÑO RED TRONCAL

Las revisiones del departamento de regulación Cuenca desarrolla los requerimientos necesarios que Puntonet Cuenca debe contemplar para el diseño de la red Troncal o principal de todos los macronodos.

- Geo-referenciar en Google Earth la ruta y la ubicación de mangas troncales.
- Uso de Cable de Fibra Óptica Auto Soportado ADSS con cumplimiento de norma ITU-T G652.D³⁷ de 24 Hilos:
 - El primer nivel de división óptico se realiza con splitters de 1:4 instalados sobre la red troncal
 - Uso de Mangas Tyco Fosc350/Fosc300³⁸ para instalación de splitters de 1:4.
 - Uso de un equipo de fusión por alineación de núcleo que brinda un menor nivel de perdida en la fusión siendo las más óptimas una pérdidas de 0.00 dBm.
 - Identificar el cable de la red troncal con cinta para etiquetadora de color amarillo tanto en la chaqueta del cable como en el buffer dentro de la manga.

³⁴ Corecess: Equipos para implementación de una red FTTH y GPON.

³⁵ <http://www.corecess.com>.

³⁶ <http://www.corecess.com>.

³⁷ <https://www.itu.int>

³⁸ <http://www.globalelectric.com.ec>

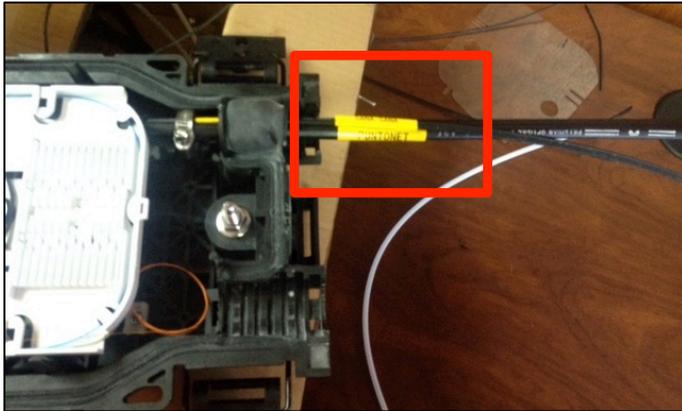


GRÁFICO 5.4 *Etiqueta Troncal Externa*
FUENTE *Puntonet*

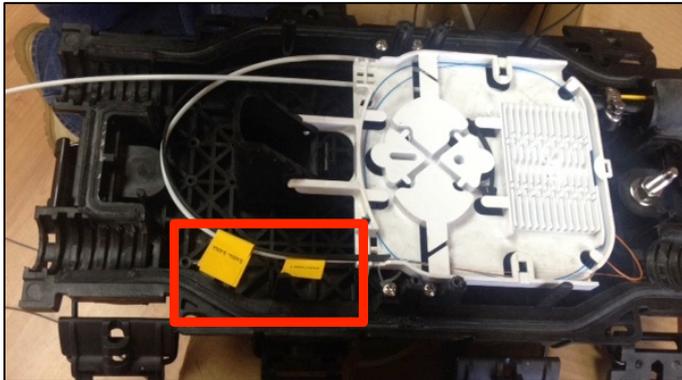


GRÁFICO 5.5 *Etiqueta Buffer.*
FUENTE *Puntonet*

- La potencia promedio después del splitter de 1:4 es de $-5\text{dBm} \pm 0.5$, pruebas realizadas en campo por Puntonet Cuenca, con una fusionadora de pertenencia a Puntonet Cuenca y al verificar la pérdida por fusión se encuentra -5 dBm de los -7 dBm considerados en el presupuesto óptico.

5.2.4 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN

En el diseño de la red de distribución la sucursal Puntonet Cuenca ha decidido aplicar las siguientes características:

- Georeferenciar en Google Earth la ruta de distribución y la ubicación de las mangas de acceso para los clientes FTTH.
- Uso de Cable Flat Drop Prysmian ITU-T G652 de 12 Hilos

- Segundo nivel de división óptica con splitters de 1:16. Solo en casos puntuales se pueden utilizar splitters de 1:32 teniendo en cuenta que la primera división óptica en la red de transporte deberá ser con splitters de 1:2.
- Uso de Mangas Tyco Fosc350/Fosc300 para la instalación de splitters de 1:16 en una bandeja diferente de la bandeja de fusión de la red de acceso.
- Identificar el cable de la red de distribución con cinta para etiquetadora color blanco tanto en la chaqueta del cable como en el buffer dentro de la manga.
- La potencia promedio después del Splitter de 1:16 es de $-19\text{dBm} \pm 0.5$ resultado en pruebas de campo por la empresa Puntonet Cuenca.

5.2.5 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

La red de acceso para los clientes FTTH deberá tener las siguientes consideraciones técnicas.

- Uso de cable Drop ITU-T G657.A³⁹ de 2 hilos
- La distancia de la red de acceso a la manga más cercana no debe superar los 350 metros, esta disposición se da por el costo de instalación; en caso de tener un valor mayor el cliente deberá asumir el costo de cable a un valor de \$0,50 por metro adicional.

5.3 DISEÑO DE LA RED FTTH PARA PUNTONET CUENCA.

Cumpliendo todas las recomendaciones y estándares que se manejan a nivel nacional y fueron analizados por el departamento de regulación se propone el diseño de la red FTTH para la ciudad de Cuenca en donde vamos a utilizar el concepto de macronodo con una cobertura de 4,5 km a la redonda.

Con las dimensiones de cobertura, en la ciudad de Cuenca son necesarios 3 macronodos que se han considerado ubicar en los siguientes puntos Capulispamba, Valle y Oficina Remigio Crespo.

³⁹ <https://www.itu.int>

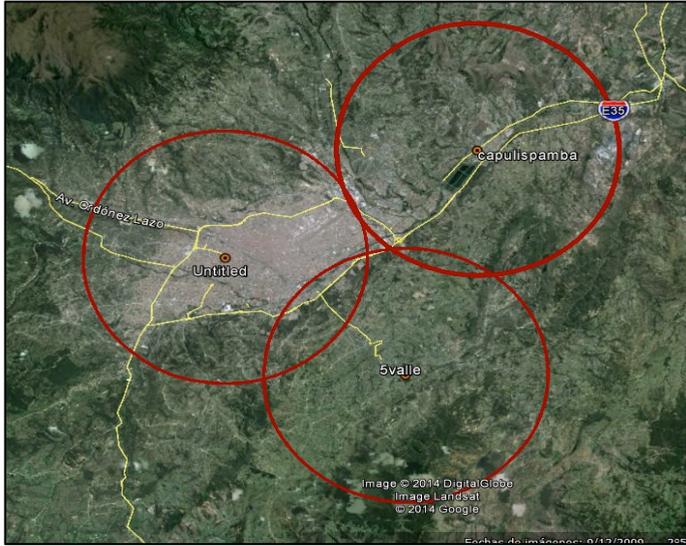


GRÁFICO 5.6 *Macronodos 4km*
FUENTE *Autores*

Siguiendo las recomendaciones y aplicando la cobertura de 3 macronodos podemos detectar que existen nodos WiFi que se encuentran fuera del área de cobertura de los macronodos.

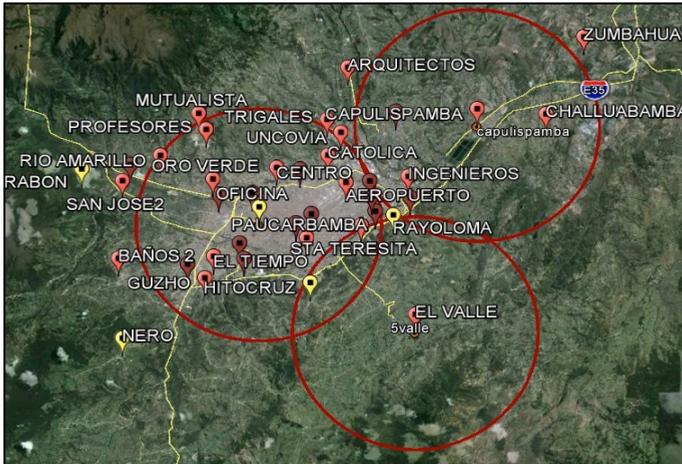


GRÁFICO 5.7 *Macronodos & Nodos WiFi*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Se realiza una revisión del estándar aplicado por la matriz de Puntonet dado que este no aplica en la sucursal Cuenca, en donde se debe considerar las características geográficas de la Ciudad.

Cuenca se encuentra dividida geográficamente por sus 4 ríos los cuales son una limitante para el paso de la Fibra Óptica, y se decide disminuir la distancia de cobertura en el presupuesto óptico a un radio de 3 km, con una distancia de 2 km extras para activación de mangas de acceso. Con estas nuevas condiciones se diseñan 5 macronodos, que serán ubicados en nodos WiFi que posibiliten la agregación de la nueva infraestructura.

Con la nueva definición de macronodos para la sucursal Cuenca, existen sectores que tendrán el cruce de varios macronodos, esto es beneficioso sobre todo en los sectores que atraviesan ríos o avenidas principales, dado que desde cualquiera macronodo se va a tener cobertura. Una condición importante al momento de ubicar los puntos centrales y el radio de cobertura es la ubicación de los ríos y los puentes que conectan varios sectores de la ciudad, la empresa eléctrica no permite el cruce de cables en postes que son de alumbrado público y no tienen una red de baja tensión estos puentes se identifican cuando se envían a regularizar las rutas de Fibra Óptica.

Con la nueva cobertura tenemos las nuevas ubicaciones de los macronodos que se pueden visualizar en el Gráfico 5.8; son 5 macronodos con la cobertura de un radio de 3 km y los 2 km para considerar las mangas de acceso.

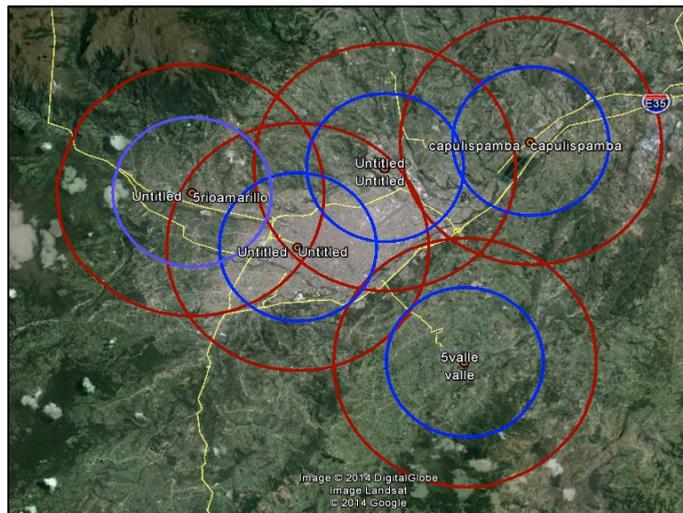


GRÁFICO 5.8 *Macronodos 3 km.*

FUENTE *Autores*

El Gráfico 5.9 muestra la cobertura de los macronodos y la ubicación de los nodos WiFi dentro de su área de cobertura.

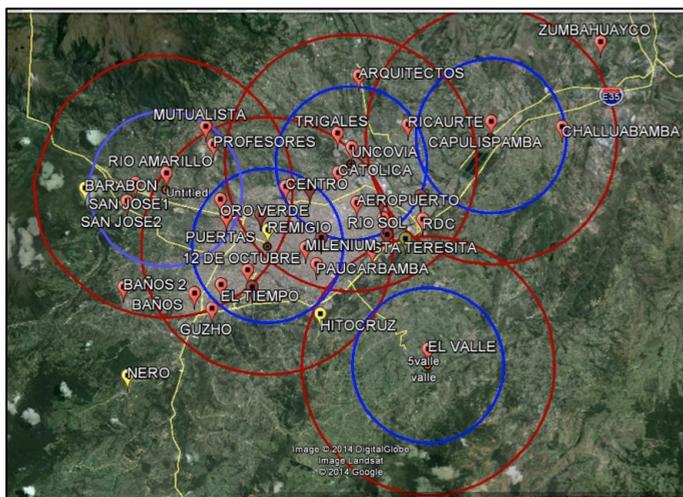


GRÁFICO 5.9 *Macronodos & Nodos WiFi.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Con la nueva cobertura de 3 km en los macronodos se calcula el nuevo presupuesto óptico que se muestran en la siguiente tabla con los valores de potencia y atenuación que se consideran en el diseño, así como la potencia (dBm) de recepción en el cliente más lejano.

ELEMENTO PASIVO	ATENUACIÓN (dB)	CANTIDAD	TOTAL
CONECTOR	0,50	4	2
PUNTO DE FUSIÓN	0,05	6	0,3
SPLITTER 1x4	7,00	1	7
SPLITTER 1x16	14,00	1	14
FIBRA 1310 nm (por Km)	0,35	5,55	1,9425
TOTAL			25,2425

POTENCIA EN EL CLIENTE	-22,2425
-------------------------------	-----------------

TABLA 5.5 *Presupuesto óptico Cuenca.*
FUENTE: *Puntonet.*

En el cálculo del presupuesto óptico se consideran los valores de pérdida definidos como estandar; con estos valores y la distancia de 5,5 km obtenemos un valor de -22,24 dB que se encuentra dentro de los margenes que se requieren para estar dentro del estandar de Puntonet no se maneja niveles de presupuesto óptico menores a -25 dBm.

En lo concerniente a la asignación de ubicación para los macronodos se verifica una ubicación de fácil acceso y con disponibilidad a cambios de infraestructura. Con la información brindada por Puntonet y el departamento de nodos masivos nos informan los mejores lugares para la ubicación de los macronodos que se detallan en la Tabla 5.6.

MACRONODO	NODO WIFI	# CLIENTES
M1	REMIGIO CRESPO - OFICINA	1.194
M2	CAPULISPAMBA	232
M3	UNCOVIA	621
M4	RIO AMARILLO	192
M5	EL VALLE	31
TOTAL		2.270

TABLA 5.6 *Ubicación Macronodos*
FUENTE *Autores*

Para definir las ubicaciones también se toma en cuenta que los backhaul siempre tenga Fibra Óptica como enlace principal, y poder realizar un anillo redundante entre los macronodos esto se puede verificar en la Tabla 5.7 en donde se registran los cambios técnicos que debe realizar Puntonet Cuenca en estos nodos para el soporte del Macronodo.

MACRO NODO	PUNTO CENTRAL	BACKHAUL ACTUAL	ACCIÓN REQUERIDA
M1	REMIGIO CRESPO	Fibra Óptica	Ninguna
M2	CAPULISPAMBA	Fibra Óptica	Ninguna
M3	UNCOVIA	Fibra Óptica	Habilitar ruta de F.O. Backup
M4	RIO AMARILLO	MIKROTIK (Equipo en frecuencia de 5,8 GHz)	Habilitar ruta de F.O. Principal y Backup sobre la red GPON.
M5	EL VALLE	MIKROTIK (Equipo en frecuencia de 5,8 GHz)	Habilitar ruta de F.O. Principal y un enlace de Backup mediante Microonda.

TABLA 5.7 *Backhaul Macronodos*
FUENTE *Autores & Puntonet*

En el desarrollo de las rutas troncales que salen directamente desde los macronodos se tuvo en cuenta los nodos WiFi que se encuentran dentro del radio de cobertura, la densidad poblacional las mismas podrán ser modificadas por departamento de ventas según sus consideraciones a este diseño.

Los macronodos propuestos en este documento tienen la siguiente cobertura y para una mejor relación se definen los sectores de la ciudad que se encuentran dentro de la cobertura, la Tabla 5.8 nos presenta la información a continuación.

MACRO NODO	RUTAS FIBRA ÓPTICA	DISTANCIA TEÓRICA (Km)	SECTORES A CUBRIR
REMIGIO CRESPO	FTTH REMIGIO 1	3,48	EL TIEMPO, 12 DE OCTUBRE, BAÑOS, VISTA LINDA, 10 DE AGOSTO
	FTTH REMIGIO 2	4,91	PAUCARBAMBA, MILENIUM, HUAYNACAPAC, REMIGIO CRESPO
	FTTH REMIGIO 3	3,21	COLISEO, PUERTAS DEL SOL, ORO VERDE, ORDOÑEZ LAZO
	FTTH REMIGIO 4	2,4	SAN SEBASTIÁN, AMÉRICAS, PARTE CENTRO DE LA CIUDAD
UNCOVIA	FTTH UNCOVIA 1	1,51	OCHOA LEÓN, TRIGALES, UNCOVIA
	FTTH UNCOVIA 2	3,37	CATÓLICA, MIRAFLORES,
	FTTH UNCOVIA 3	6,38	RICAURTE, PATAMARCA ALTO, VÍA OCHOA LEÓN
	FTTH UNCOVIA 4	6,1	TOTORACOCHA, RIO SOL, MONAY
CAPULISPAMBA	FTTH_ CAPULISPAMBA1	4,36	IESS, INGENIEROS, CDLA MACHÁNGARA
	FTTH_ CAPULISPAMBA2	5	CAPULISPAMBA, CHAULLABAMBA
VALLE	FTTH VALLE1	3,46	EL VALLE
	FTTH VALLE2	1	CDLA LAGUNAS DEL SOL
RIO AMARILLO	FTTH_ RIO AMARILLO1	4,7	MUTUALISTA AZUAY, RACAR, PROFESORES, EL TEJAR
	FTTH_ RIO AMARILLO2	2,61	SAN JOSÉ 1, SAN JOSÉ 2, BUENOS AIRES, SAYAUSI

TABLA 5.8 Sectores Macronodos

FUENTE Autores

5.3.1 DISEÑO DE LA RED FTTH

La activación de los Backhaul de cada Macronodo se realizara mediante la red GPON ya activada por la empresa Puntonet.

Con la definición de los macronodos y sectores a cubrir se adjunta las rutas troncales de cada macronodo sobre Google Earth y su diseño con el nivel de splitters y soporte total de Clientes.

Macronodo Remigio Crespo.

Este se encuentra ubicado en la oficina principal de Puntonet Cuenca y actualmente tiene 1.194 Clientes activados.

En el Macronodo Remigio Crespo se debe considerar el siguiente equipamiento:

- 2 OLT S506 en cascada, dando un soporte total de hasta 2.048 clientes.
- 4 Mangas troncales de 3 km con fibra de 24 Hilos dando un total de 12 km en el Macronodo.

Se realiza la activación de 6 hilos en cada ruta troncal, considerando el siguiente equipamiento:

- 24 splitters 1:4 total Macronodo.
- 96 splitters 1:16 total Macronodo.
- 48 km de F.O. de 6 hilos para la ruta de Distribución a una distancia aproximada de 2 km de cada spliter 1:4, en total Macronodo.

Dadas estas consideraciones en el Gráfico 5.10 se observa los niveles de splitters a utilizar en el Macronodo por ruta troncal.

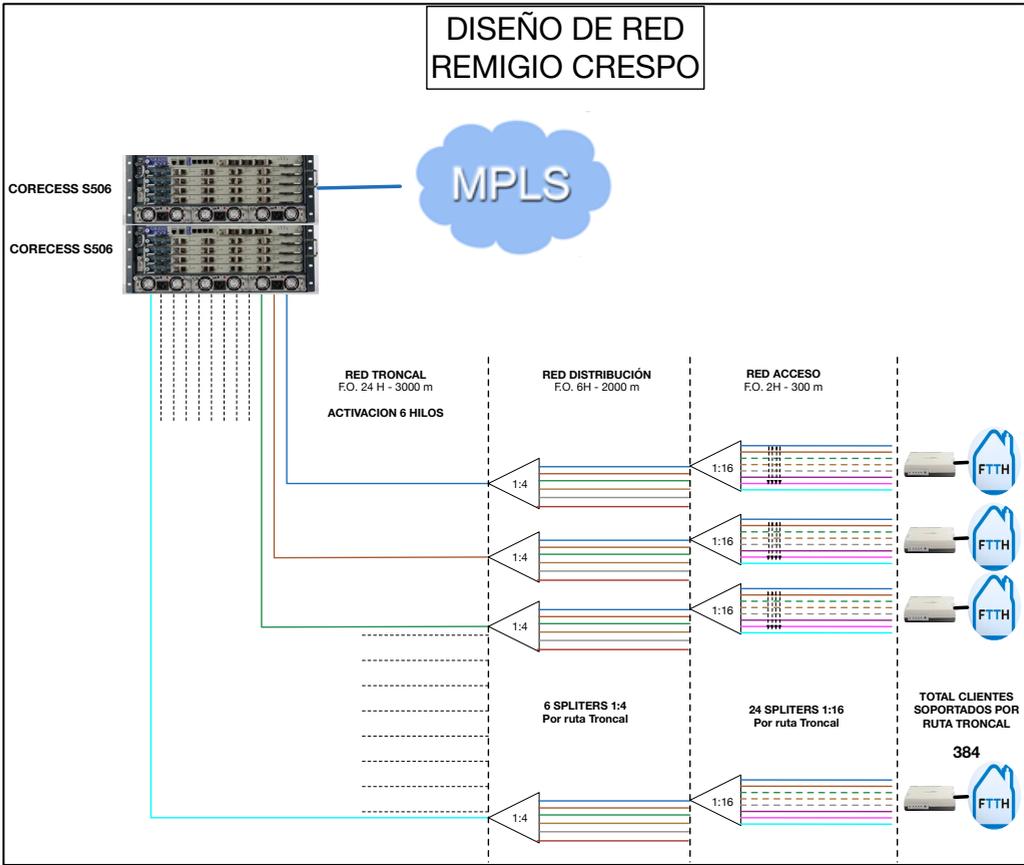


GRÁFICO 5.10 *Diseño de Red Macronodo Remigio Crespo*
FUENTE *Autores*

Con los datos de geo-localización de los nodos WiFi se traza las rutas troncales tentativas para el Macronodo Remigio Crespo, Gráfico 5.11.

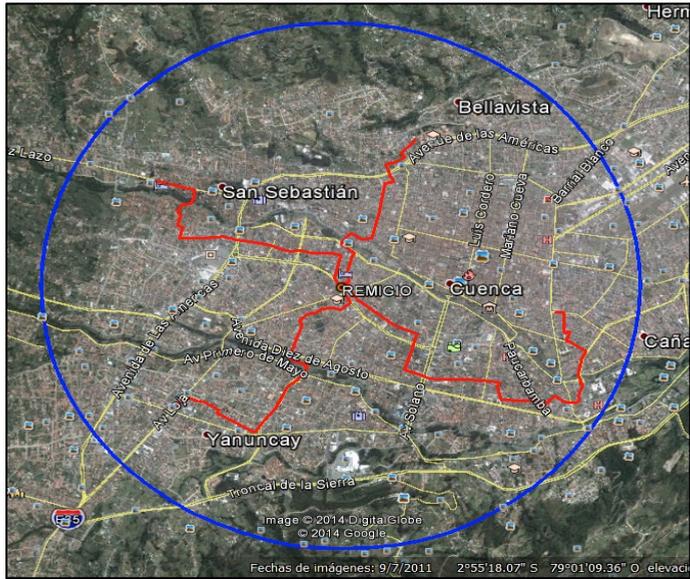


GRÁFICO 5.11 *Macronodo Remigio Crespo*
FUENTE Autores

En el siguiente Gráfico se puede observar las rutas troncales del Macronodo Remigio Crespo considerando los nodo WiFi cercanos.

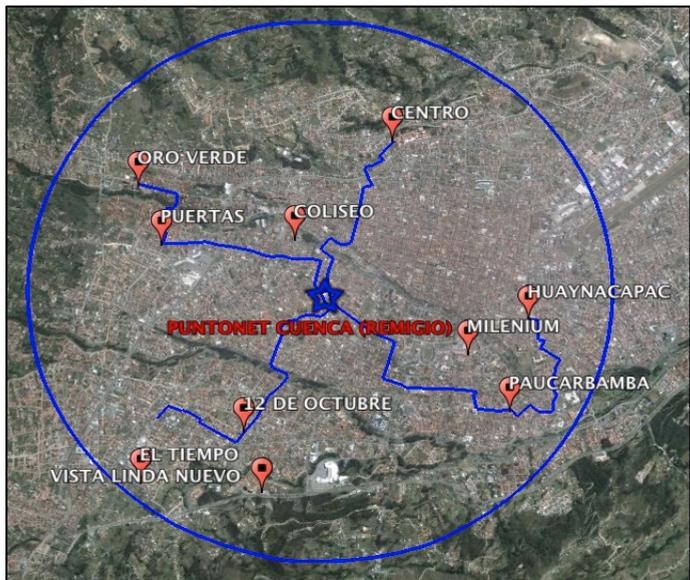


GRÁFICO 5.12 *Macronodo Remigio Crespo & Nodos WiFi.*
FUENTE Autores

Macronodo Capulispamba

El siguiente macronodo se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Cuenca en la panamericana norte, en el Gráfico 5.12 se puede observar el diseño de la red con las siguientes consideraciones. El total de clientes en el Macronodo Capulispamba es de 232 para los que se considera:

- 2 OLT S102, dando un soporte total hasta 512 clientes.
- 2 Mangas troncales de 3 km con fibra de 24 hilos dando un total de 6 km en el Macronodo.

Se realiza la activación de 6 hilos en cada ruta troncal, considerando el siguiente equipamiento:

- 12 splitters 1:4 total Macronodo.
- 48 splitters 1:16 total Macronodo.
- 24 km de F.O. de 6 hilos para la ruta de Distribución a una distancia aproximada de 2 km de cada splitter 1:4, en total Macronodo.

Con estas consideraciones se tiene el siguiente diseño de red:

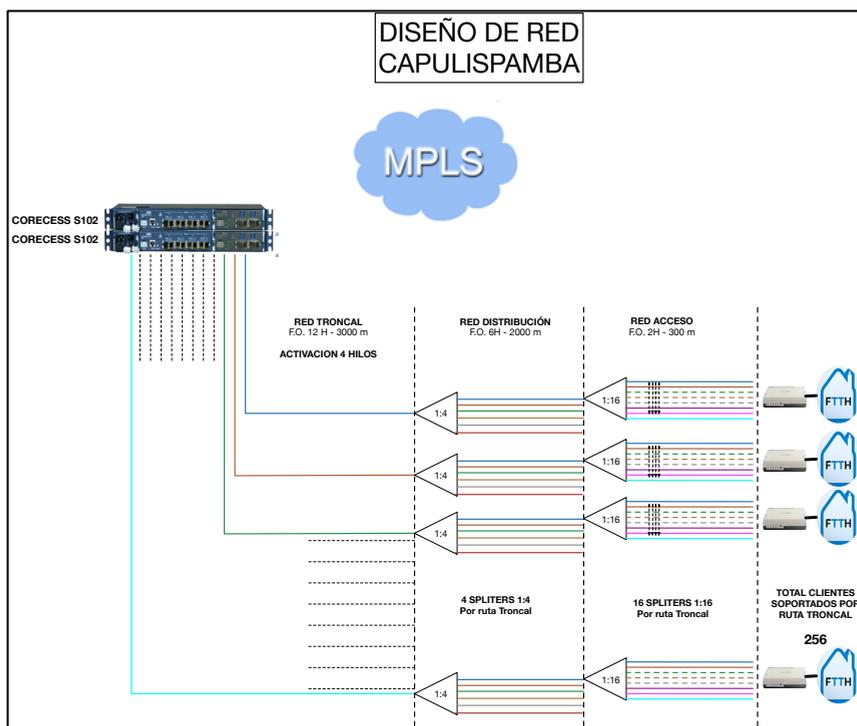


GRÁFICO 5.13 Diseño de Red Macronodo Capulispamba
FUENTE Autores

A continuación se presenta el Macronodo geo-localizado en Google Earth.

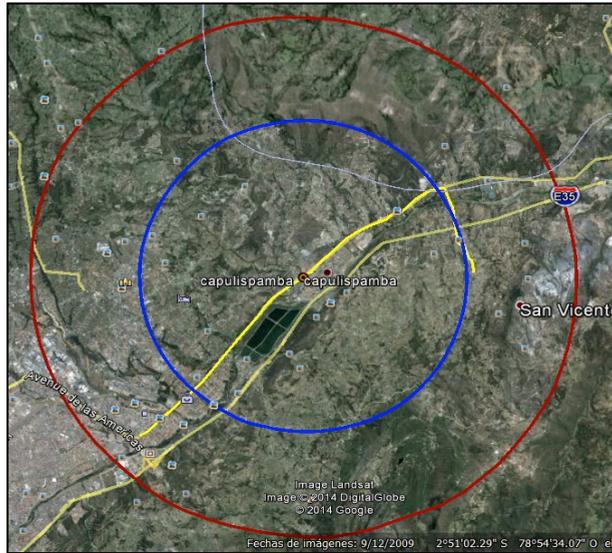


GRÁFICO 5.14 *Macronodo Capulispamba*
FUENTE *Autores*

El macronodo Capulispamba contiene los siguientes nodos WiFi, Chaullabamba e Ingenieros; este se define considerando el nivel de crecimiento poblacional que ha tenido la ciudad de Cuenca y su tendencia.

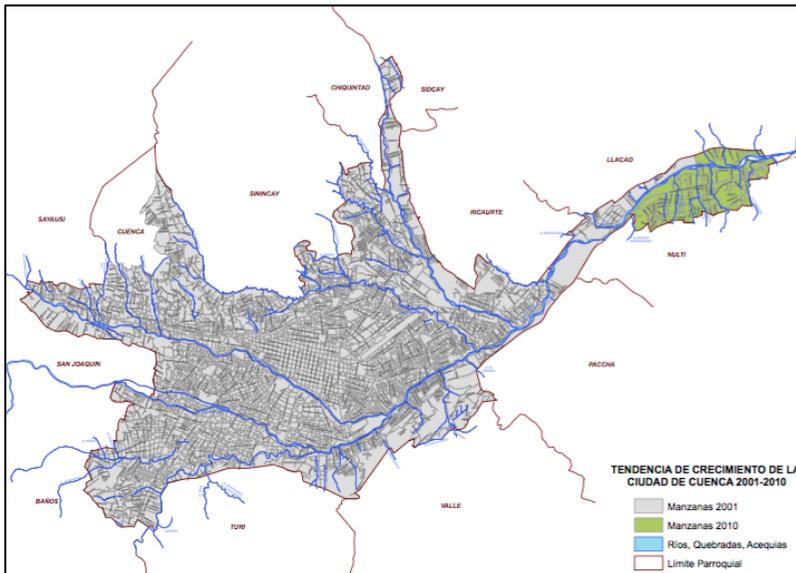


GRÁFICO 5.15 *Crecimiento Poblacional*
FUENTE *www.inec.gob.ec*

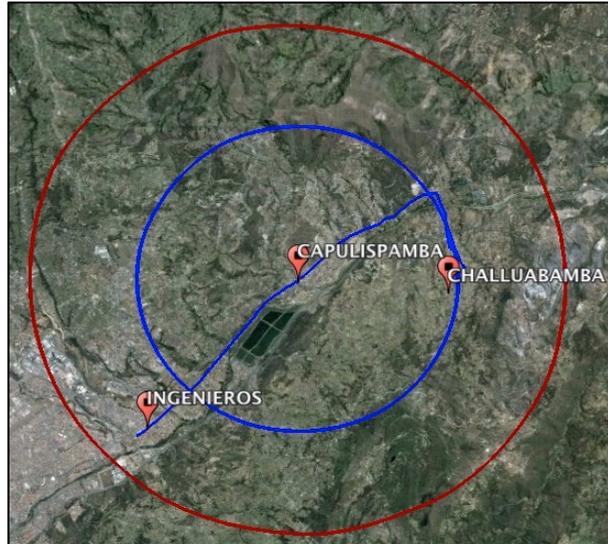


GRÁFICO 5.16 *Macronodo Capulispamba & Nodos WiFi*
FUENTE *Autores*

Macronodo Uncovía

Se encuentra ubicado al norte de la ciudad en la Av. Toril y brinda el servicio al norte de la ciudad con un total de 621 Clientes.

Para el Macronodo Uncovia se tienen las siguientes consideraciones:

- 1 OLT S506, dando un soporte total hasta para 1.024 clientes.
- 4 Mangas troncales de 3 km con fibra de 24 Hilos dando un total de 12 km en el Macronodo.

Se realiza la activación de 4 hilos en cada ruta troncal, considerando el siguiente equipamiento:

- 16 splitters 1:4 total Macronodo.
- 64 splitters 1:16 total Macronodo.
- 32 km de F.O. de 6 hilos para la ruta de Distribución a una distancia aproximada de 2 km de cada spliter 1:4 en total Macronodo.

Con las condiciones estimadas en el Macronodo se realiza el siguiente diseño de red:

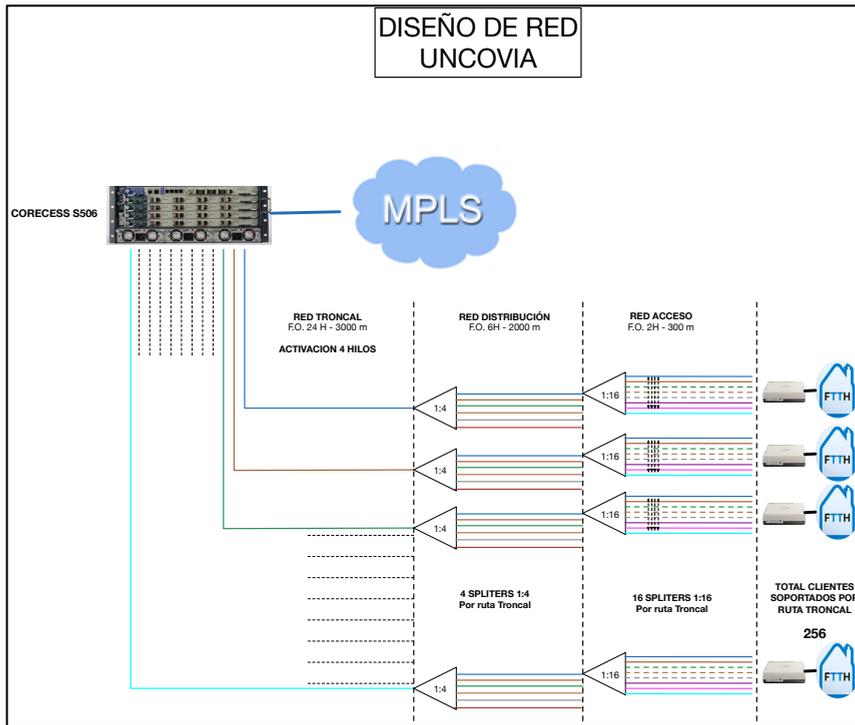


GRÁFICO 5.16 *Diseño de Red Macronodo Uncovia.*

FUENTE *Autores*

Utilizando la geo-referencia en Google Earth se traza las rutas tentativas para el macronodo según se observa en el siguiente Gráfico.

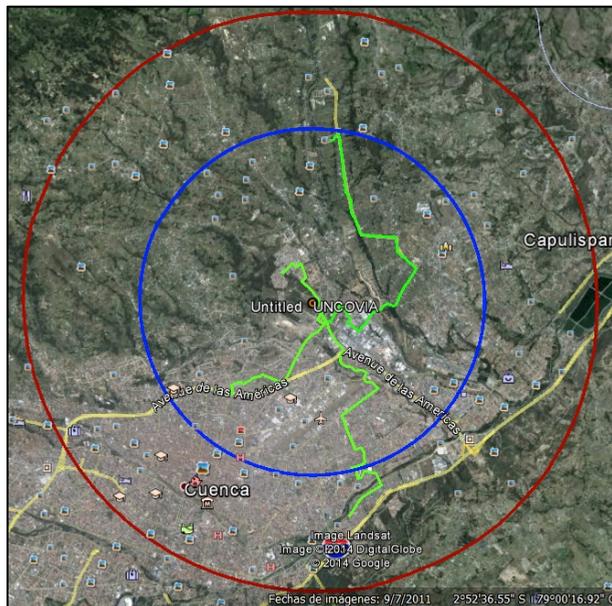


GRÁFICO 5.17 *Macronodo Uncovia.*
FUENTE *Autores*

El macronodo Uncovía contiene los nodos WiFi que se pueden identificar en el Gráfico 5.18, este nodo es muy importante para la sucursal Cuenca dada la proyección de crecimiento de conjuntos habitacionales por el sector, incluyendo los planes de vivienda que posee la Alcaldía de Cuenca de las 5 mil casas para el cantón según publicación del Diario El Mercurio 2014/12/26 “500 inscritos para casas de EMUVI”.

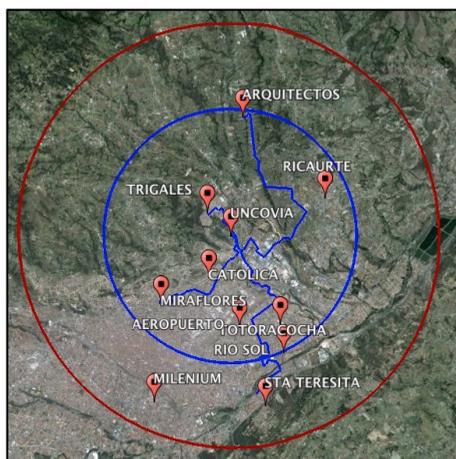


GRÁFICO 5.18 *Macronodo Uncovia & Nodos WiFi*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Macronodo Río Amarillo

Siguiendo con el diseño de las rutas troncales tenemos el nodo Río Amarillo que se encuentra ubicado vía el Camino del Tejar al sureste de la ciudad, zona económicamente definida como media alta.

Esta zona posee un total de 192 Clientes activos para los cuales se desarrolla el siguiente diagrama de red con las siguientes consideraciones:

- 2 OLT S102, dando un soporte total hasta 512 clientes.
- 2 Mangas troncales de 3 km con fibra de 24 hilos dando un total de 6 km en el Macronodo.

Se realiza la activación de 6 hilos en cada ruta troncal, considerando el siguiente equipamiento:

- 12 splitters 1:4 total Macronodo.
- 48 splitters 1:16 total Macronodo.
- 24 km de F.O. de 6 hilos para la ruta de Distribución a una distancia aproximada de 2 km de cada splitter 1:4, en total Macronodo.

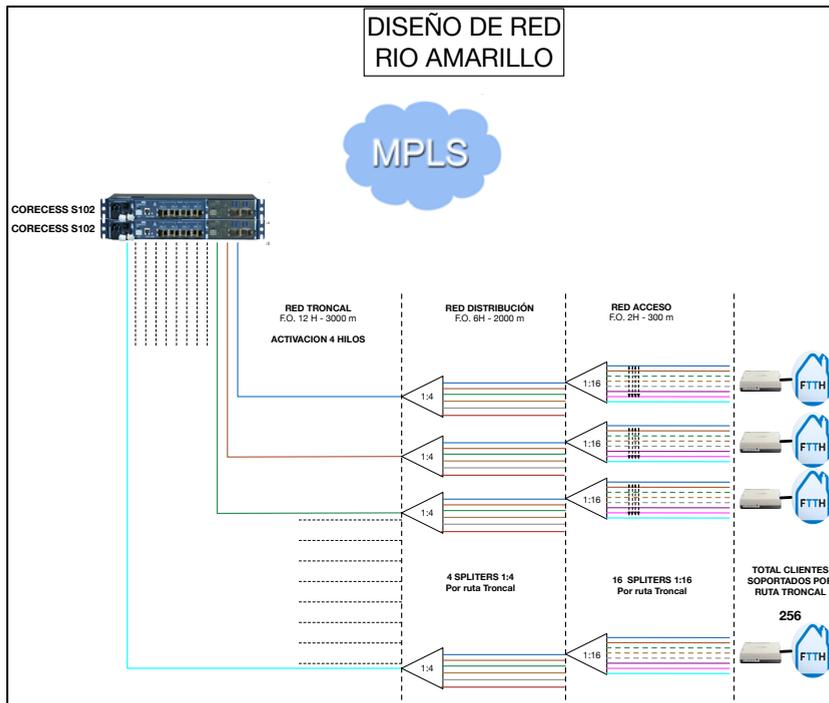


GRÁFICO 5.19 *Diseño de Red Macronodo Río Amarillo*
FUENTE Autores

Con las consideraciones tomadas, se realiza las rutas de las rutas Troncales como se puede apreciar en el Gráfico 5.20.

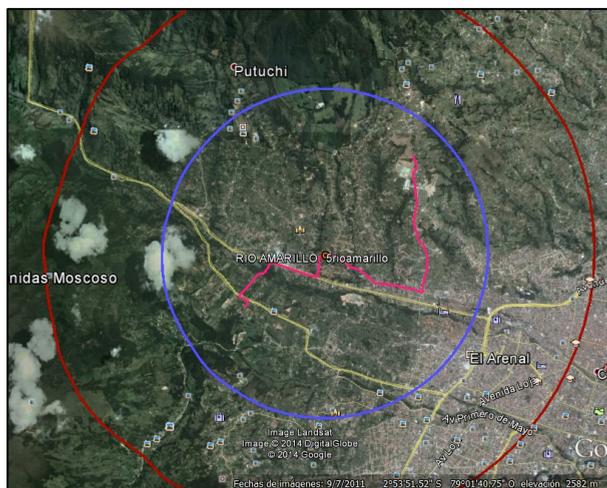


GRÁFICO 5.20 *Macronodo Río Amarillo*
FUENTE Autores

Dentro del macronodo Río Amarillo se contempla los siguientes nodos WiFi.

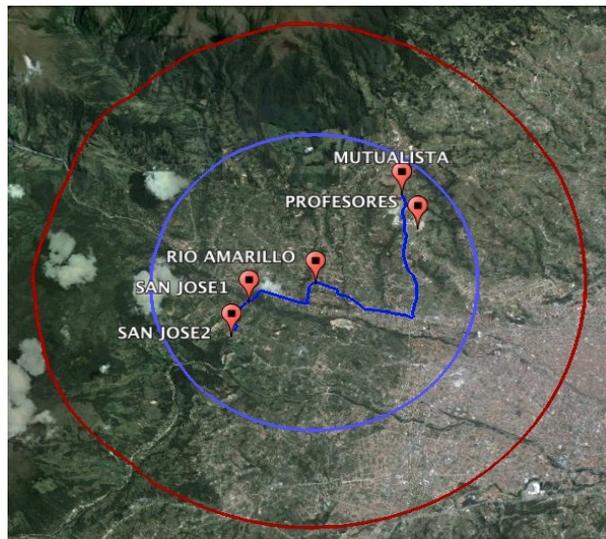


GRÁFICO 5.21 *Macronodo Río Amarillo & Nodos WiFi*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Macronodo El Valle

Se define un macronodo para el sector de El Valle en la ciudad de Cuenca, como un sector nuevo y de potencial crecimiento, actualmente la zona cuenta con 31 clientes activos para los mismos se realiza el siguiente diseño de red.

Las consideraciones en el Maconodo el Valle son:

- 1 OLT S102, dando un soporte total hasta para 256 clientes.
- 2 Mangas de Distribución de 2 km con fibra de 6 Hilos dando un total de 4 km en el Macronodo.
- 1 splitter 1:2, total Macronodo ubicado en la oficina central.
- 2 splitter 1:32, total Macronodo.
- 4 km de F.O. de 6 hilos para la ruta de Distribución a una distancia aproximada de 2 km del splitter 1:2, en total Macronodo.

En caso del Macronodo El Valle el valor del presupuesto óptico varia teniendo un valor de -20,20 dBm, como se observa a continuación:

dB calculo de Presupuesto Óptico		qty	unit Att(dB)	total Att(dB)
			Typical	
Connectors (mated) ITU671=0.5dB		2	0,50	1,00
Fusion splices ITU751=0.1db average		5	0,10	0,50
Mechanical Splices ITU 751=0.1dB average			0,10	0,00
Splitters	1x2	1	3,50	3,50
	1x4	0	7,00	0,00
	1x8	0	10,50	0,00
	1x16	0	14,00	0,00
	1x32	1	17,50	17,50
Fiber	1x64		21,00	0,00
	1310nm	2	0,35	0,70
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				23,20

TABLA 5.9 Presupuesto Óptico Macronodo el Valle
FUENTE Autores

Con las condiciones estimadas en el Macronodo se realiza el siguiente diseño de red:

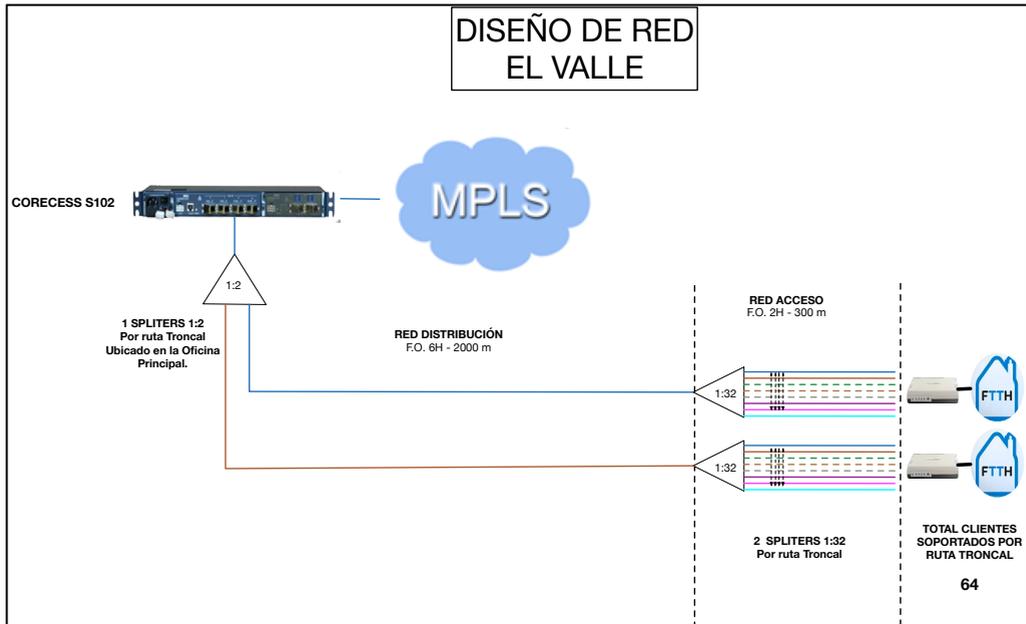


GRÁFICO 5.22 Diseño de Red Macronodo El Valle
FUENTE Puntonet

A continuacion se presenta la ruta de distribución geo-referenciada.

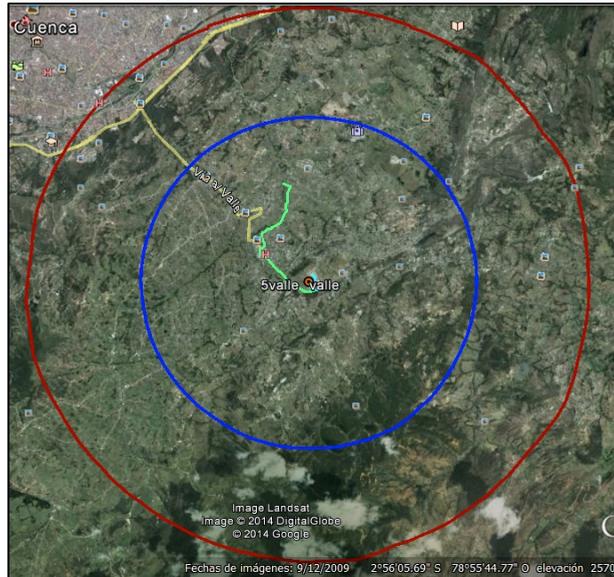


GRÁFICO 5.23 *Macronodo El Valle*
FUENTE *Puntonet*

Solo en caso excepcional el sector de El Valle se contiene su nodo principal como nodo dentro de la cobertura.

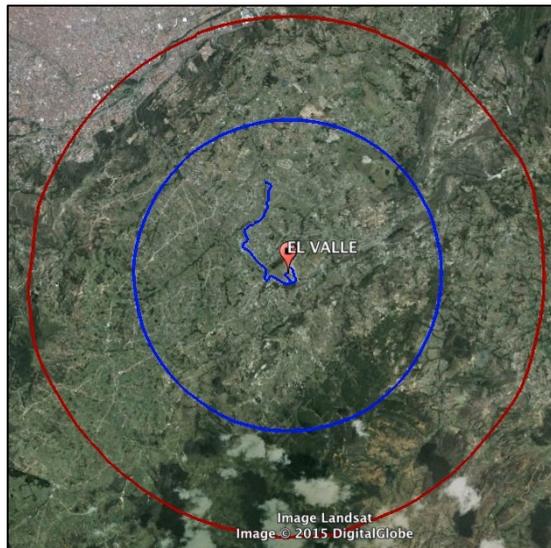


GRÁFICO 5.24 *Macronodo el valle & Nodos WiFi.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Con la definición de los 5 macronodos que maneja la sucursal Cuenca en el Gráfico 5.25 se puede observar la cobertura total de los macronodos, los clientes de Puntonet georeferenciados y la densidad de clientes en la ciudad de Cuenca.

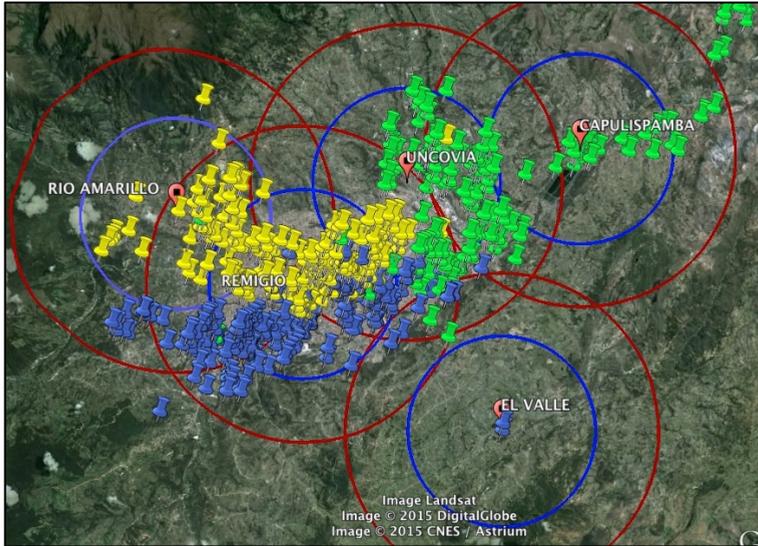


GRÁFICO 5.25 *Macronodos & Clientes.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

5.3.2 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Desde cada macronodo se realiza el diseño para la ruta de distribución que debe contemplar la información de los clientes geo-referenciados en google earth. Por temas de redes de cobertura y sigilo de la empresa solo se podrá presentar un ejemplo de la red de distribución y el proceso a seguir para las consideraciones técnicas.

En el diseño de la red de Distribución sale desde el *splitter* 1:4 de la red troncal y dejando *splitters* de 1:16 como mangas de acceso, el dimensionando total de la solución con los 24 hilos de cada manga tiene una cobertura para 1.536 clientes por cada ruta troncal. En el Gráfico 5.26 se representa los niveles de *splitters* sobre la red ODN.

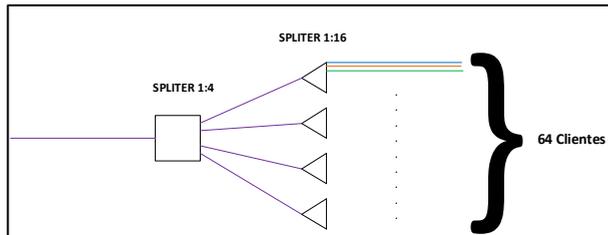


GRÁFICO 5.26 *Splitter Distribución.*
FUENTE *Autores*

Con estas consideraciones el presupuesto óptico con 3 km de red Troncal y 2 km en la red de Distribución dando un máximo de 5,3 km al cliente final teniendo como

resultado -21,36 dBm para la ciudad de Cuenca en los macronodos Remigio Crespo, Capulispamba, Uncovia y Rio Amarillo:

dB calculo de Presupuesto Óptico				
		qty	unit Att(dB)	total Att(dB)
Typical				
Connectors (mated) ITU671=0.5dB		2	0,50	1,00
Fusion splices ITU751=0.1db average		5	0,10	0,50
Mechanical Splices ITU 751=0.1dB average			0,10	0,00
Splitters	1x2	0	3,50	0,00
	1x4	1	7,00	7,00
	1x8	0	10,50	0,00
	1x16	1	14,00	14,00
	1x32	0	17,50	0,00
	1x64	0	21,00	0,00
Fiber	1310nm	5,3	0,35	1,86
	1490nm		0,30	0,00
	1550nm		0,25	0,00
GRAND TOTAL (dB)				24,36

TABLA 5.10 Presupuesto Óptico Cuenca.

FUENTE Autores

En el diseño de la red de distribución es necesario identificar los nodos y clientes a migrar que se encuentran en el sector, y se realiza la separación por color del nodo que pertenecen cada cliente.

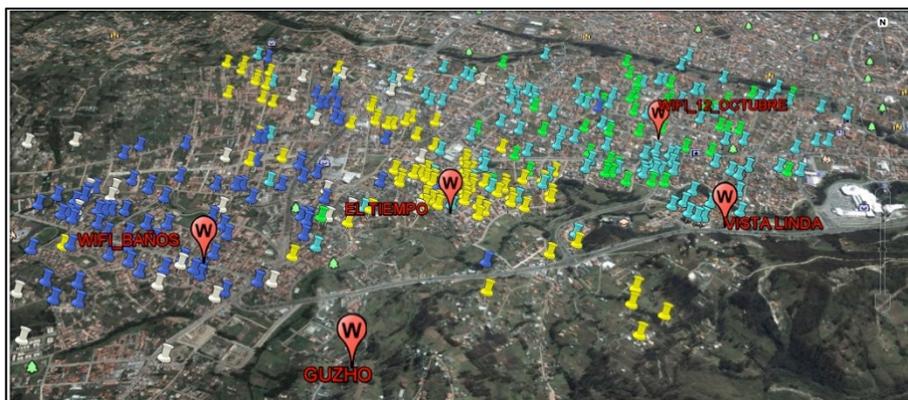


GRÁFICO 5.27 Clientes Red Distribución.

FUENTE Autores & Puntonet

Georeferenciados los clientes de cada nodo es necesario desarrollar la red de Distribución desde la red Tronal que pasa por el sector.

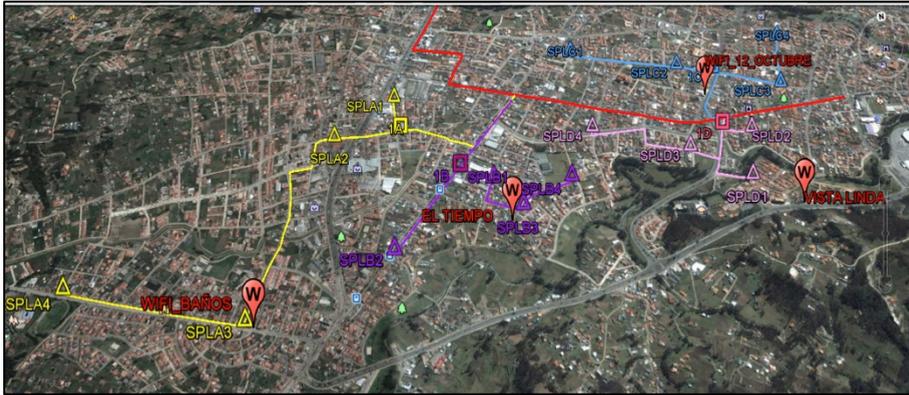


GRÁFICO 5.28 *Mangas Red Distribución.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Georeferenciadas las mangas y los clientes, se puede pasar al departamento de regulación y coordinación para agendar la migración de los clientes.

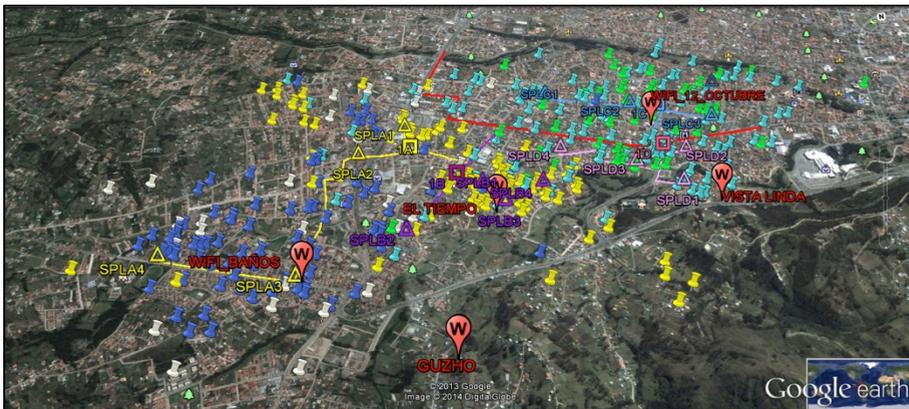


GRÁFICO 5.29 *Mangas & Clientes Red Distribución.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

5.3.3 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.

El diagrama de red o conectividad logica de la red FTTH lo consideramos en 2 partes a detallar el acceso desde el macronodo a la oficina principal y el acceso del cliente al macronodo.

Conectividad al Core de Puntonet

Toda la red pasiva ODN termina en los equipos OLT los mismos que mediante el backhaul del macronodo ingresa a la infraestructura de puntonet y brindar el servicio de internet.

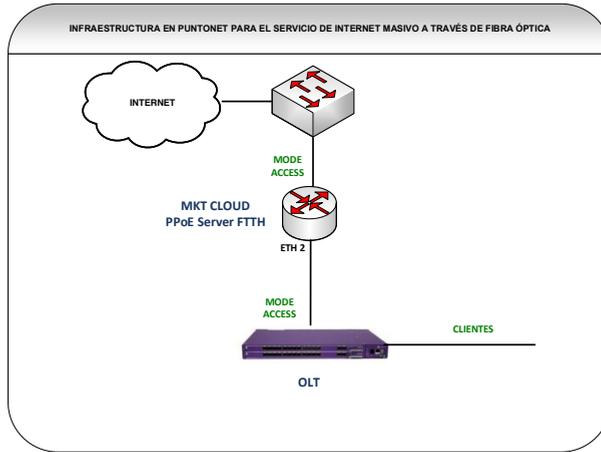


GRÁFICO 5.30 *Diagrama lógico Core.*
FUENTE: *Puntonet*

Conectividad de los clientes

En cada cliente es necesario colocar un equipo terminal ONT (Optical Network Terminal) ó ONU (Optical Network Unit) con un equipo de acceso inalámbrico router con soporte de autenticación del cliente dentro del servidor AAA administrado por Puntonet para el registro de clientes mediante el protocolo PPPoE⁴⁰.

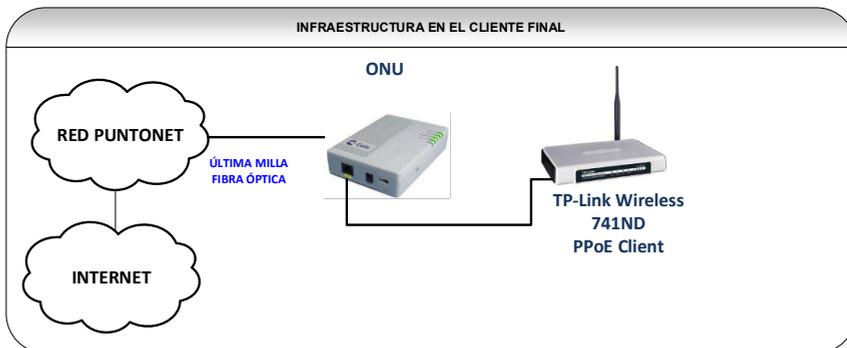


GRÁFICO 5.31 *Diagrama lógico usuario*
FUENTE *Autores & Puntonet*

El Gráfico 5.26 nos muestra el diagrama lógico de conectividad para los clientes en sus domicilios sobre la red ODN que les brinda la conectividad de servicio mediante el macronodo.

⁴⁰ Protocolo de autenticación sobre Ethernet; <http://www.cisco.com>

CAPÍTULO 6

ESTUDIO ECONÓMICO PARA LA RED FTTH

Para el estudio económico que se mostrará a continuación, vamos a analizar un macronodo que para nuestro estudio será el Macronodo Remigio Crespo por ser el que contiene al 52,60% de todos los clientes de la ciudad de Cuenca como se indica en la información de la Tabla 6.1, con este se analizará la Tasa de Retorno de Inversión tomando en cuenta las consideraciones que se detallarán a continuación en este capítulo, estas consideraciones como el costo de materiales y mano de obra, entre otros, se implementarán en la captación de clientes nuevos y migraciones de clientes activos que se encuentran dentro del área de cobertura y que actualmente tienen el servicio mediante la tecnología WiFi. Posteriormente, se colocarán los datos resumen del flujo económico a utilizar en el resto de Macronodos.

2014	REMIGIO CRESPO	UNCOVIA	CAPULISPAMBA	RIO AMARILLO	EL VALLE	TOTAL
TOTAL	1.194	621	232	192	31	2.270
PART.	52,60%	27,36%	10,22%	8,46%	1,37%	100%

TABLA 6.1 *Clientes por Macronodo.*

FUENTE *Autores & Puntonet*

6.1 COSTOS Y REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS POR FASE.

A continuación según se vaya analizando cada una de las fases de implementación de la red FTTH, se tomará en cuenta los costos de equipos para el Macronodo, así como también los costos de los equipos, materiales y mano de obra que se utilizan en las capas de arquitectura que incluye la Red Troncal, la Red de Distribución y la Red de Acceso.

Para la etapa de implementación hacia el cliente final Puntonet tiene convenios con contratistas con los cuales se sugiere que realice la migración e instalación de nuevos clientes.

6.1.1 COSTOS MACRONODO - REMIGIO CRESPO

Dentro del Macronodo Remigio Crespo es necesario considerar como equipos activos:

- Un Router MKT CLOUD CORE CCR1036-12G-4S como servidor PPOE que permita realizar la conexión del usuario final autenticando y validando el cliente a través de una solicitud al servidor Radius.
- Dos equipos CORECESS OLT S506 con perfiles de usuario que permita diferenciar el tráfico de internet y compresión como también el tráfico de IPTV con perfiles de Ancho de Banda establecidos.

MATERIALES	CANT	P. UNITARIO	TOTAL
OLT S506 - Controladora- 4 tarjetas de puertos (DF)	2	12.993,00	25.986,00
CONTROLADORA SCM-24G	2	2.650,00	5.300,00
LIM-4G	8	1.890,00	15.120,00
SFP ÓPTICO 20 Km - 1 Hilo	32	185,00	5.920,00
MKT CLOUD CORE CCR1036-12G-4S	1	780,00	780,00
ODF 24 PUERTOS	4	124,00	496,00
		TOTAL	53.602,00

TABLA 6.2 *Costos Materiales Macronodo Remigio Crespo.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Podemos indicar entonces que el valor de los equipos y materiales que emplearemos en el Macronodo será de \$ 53.602,00.

6.1.2 COSTOS RED TRONCAL - REMIGIO CRESPO

Para los requerimientos de la red Troncal es necesario considerar que la distancia entre postes de la empresa eléctrica se encuentran en un promedio de 40 metros, con esta condición se requiere los siguientes materiales:

- Fibra Óptica de 24H ADSS (All Dielectric Self Supported), son cables ópticos auto-sustentados totalmente dieléctricos
- Herrajes tipo C utilizados con fibra ADSS.
- Tensores, en cada herraje se encuentran 2 tensores para la sujeción de la fibra óptica como se puede visualizar en el Gráfico 6.1, se dimensiona un herraje adicional por cada 100 metros la distancia promedio de las cuadras en la ciudad de Cuenca en donde es necesario realizar un cruce americano y utilizar un herraje adicional.
- Etiquetas.
- Amarras.
- Mangas.
- 1 Grupo de Backbone de 3 personas.
- 1 Grupo de Acceso de 3 personas.
- 4 días para la instalación de 12.000 mts. de Fibra Óptica de 24 hilos.

MATERIALES RED TRONCAL	CANT	P. UNITARIO	TOTAL
Fibra óptica 24H ADSS (mts)	12.000	1,40	16.800,00
Herrajes Tipo C para 300 postes	300	3,60	1.080,00
Tensores	420	1,40	588,00
Etiquetas	300	1,00	300,00
Amarras	400	0,04	16,00
Manga FO SC 350	24	135,00	3.240,00
Divisor Óptico 1:4	24	92,00	2.208,00
TOTAL			24.232,00

TABLA 6.3 *Costos Materiales Red Troncal Remigio Crespo.*
FUENTE Autores & Puntonet



GRÁFICO 6.1 *Abrazaderas tipo C y Herrajes⁴¹*

Ahora, a continuación, veremos los costos de mano de obra para el tendido de la Red Troncal:

MANO DE OBRA RED TRONCAL	PERS.	DÍAS	HORAS	V. HORA	TOTAL
Backbone de Instalación Física	3	4	8	4,00	384,00
Acceso - Instalación Física	3	4	8	3,75	360,00
Backbone de Activación Ruta	2	2	8	4,00	128,00
				TOTAL	872,00

TABLA 6.4 *Costos Mano de Obra Red Troncal Remigio Crespo.*
FUENTE Autores & Puntonet

Como resultado podemos definir que el Costo Total de la Red Troncal es de \$ 25.104,00.

6.1.3 COSTOS RED DE DISTRIBUCIÓN – REMIGIO CRESPO

Para el cálculo de los costos en la implementación de la red de distribución es necesario tomar en cuenta los siguientes requerimientos:

- Fibra Óptica 6H ADSS.
- Herrajes tipo C utilizados en fibra ADSS.
- Tensores.

⁴¹ <http://www.fos.ec/accesorios.htm>

- Etiquetas.
 - Amarras.
 - Mangas.
- 1 Grupo de Backbone
 - 1 Grupo de Acceso

Instalación de fibra óptica de 6 hilos aproximadamente 48.000 metros.

MATERIALES RED DISTRIBUCIÓN	CANT	P.UNITARIO	TOTAL
Fibra Óptica 6H (mts)	48.000	0,42	20.160,00
Herrajes Tipo C para 1.200 postes	1.200	3,60	4.320,00
Tensores	2.680	1,40	3.752,00
Etiquetas	1.200	1,00	1.200,00
Amarras	600	0,04	24,00
Mangas FO SC 350	96	135,00	12.960,00
Divisor Óptico 1:16	96	128,00	12.288,00
		TOTAL	54.704,00

TABLA 6.5 *Costos Materiales Red de Distribución Remigio Crespo.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Ahora, a continuación, veremos los costos de mano de obra para el tendido de la Red de Distribución:

MANO DE OBRA RED DISTRIBUCIÓN	PERS.	DÍAS	HORAS	V. HORA	TOTAL
Backbone de Instalación Física	3	16	8	4,00	1.536,00
Acceso - Instalación Física	3	16	8	3,75	1.440,00
Backbone de Activación de Splitters	2	8	8	4,00	512,00
				TOTAL	3.488,00

TABLA 6.6 *Costos Mano de Obra Red de Distribución Remigio Crespo.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Como resultado podemos definir que el Costo Total de la Red de Distribución es de \$ 58.192,00.

6.1.4 COSTOS RED ACCESO – REMIGIO CRESPO

Los costos de la implementación de la red de Acceso debe considerar:

- Instalación de fibra óptica de 2 hilos flexible en promedio 200 a 300 metros para cada cliente final.
- Utilización de Herrajes tipo C cada 40 metros con 2 Tensores.
- Tensores adicionales por cruces americanos, se considera 1x100.
- Instalación y activación del equipo ONT.
- En el cliente final la instalación de un ONT 3804 como CPE para la conexión

y un Router inalámbrico TP-LINK configurado con el protocolo PPPoE que permita la autenticación hacia el servidor Radius y asignación de recursos lógicos.

MATERIALES RED DE ACCESO	CANT	P.UNITARIO	TOTAL
Fibra óptica 2H (mts)	300	0,53	159,00
Herrajes Tipo C para 8 postes	8	3,60	28,80
Tensores	19	1,40	26,60
Etiquetas	8	1,00	8,00
Amarras	8	0,04	0,32
ONU 3804	1	106,00	106,00
TP-LINK Wireless 741ND	1	20,00	20,00
PATCHCORD F.O. SC-SC	1	5,94	5,94
CAJA MULTIMEDIA	1	11,50	11,50
		TOTAL	366,16

TABLA 6.7 *Costos Materiales Red de Acceso Clientes Finales Remigio. Crespo*
FUENTE Autores & Puntonet

Ahora, a continuación, veremos los costos de mano de obra para el tendido de la Red de Acceso:

MANO DE OBRA RED DE ACCESO	PERS.	DÍAS	HORAS	V. HORA	TOTAL
Backbone de Instalación Física	2	0	3	3,75	22,50
				TOTAL	22,50

TABLA 6.8 *Costos Mano de Obra Red de Acceso Clientes Finales Remigio Crespo.*
FUENTE Autores & Puntonet

Como resultado podemos definir que el Costo Total de la Red de Acceso es de \$ 388,66.

6.1.5 ARRENDAMIENTO DE POSTES

Para el tendido de las tres redes (Troncal, Distribución y Acceso), es necesario la utilización de postes que nos faciliten la prestación del servicio hasta el cliente, según la tarifa que emplea la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. para el arrendamiento de los postes es de 0,35 ctvs al mes⁴², considerando la distancia promedio de 40 metros entre poste se detalla la Tabla 6.9 donde podemos ver el arrendamiento del poste para la Red de Acceso anual que cubre un cliente en una ruta aproximada de 300 metros con fibra óptica de 2 hilos hasta cliente.

⁴² Norma técnica centrosur "Utilización de postes de distribución de energía eléctrica para sistemas de telecomunicaciones"

ARRENDAMIENTO DE POSTES (ANUAL)	CANT	P.UNITARIO	TOTAL
Postes para Red Troncal	300	4,20	1.260,00
Postes para Red de Distribución	1200	4,20	5.040,00
Postes para Red de Acceso	8	4,20	33,60
		TOTAL	6.333,60

TABLA 6.9 *Costos Arriendos de Postes para tendido de la Red FTTH.*

FUENTE *Autores & Puntonet*

Como resultado podemos definir que el Costo Total de los Postes es de \$ 6.300,00 ya que no debemos considerar el alquiler de los postes para la Red de Acceso ya que este valor será asumido en la inversión que se realice para cada cliente que se migre al nuevo servicio, así como para cada cliente nuevo que ingrese a esta arquitectura.

6.2 CÁLCULO DEL RETORNO DE INVERSIÓN (ROI) DEL MACRONODO REMIGIO CRESPO.

Antes de adentrarnos a la parte económica para el cálculo de la recuperación de la inversión, primero tomaremos en cuenta ciertos criterios que nos ayudarán a entender el por qué de estas cantidades que se mostrarán en este análisis.

Puntonet nos facilita un dato estadístico acerca del total de clientes asignados en cada Macronodo, Tabla 6.1.

Con la implementación de la tecnología FTTH, se ha pensado en cubrir la migración de los clientes existentes con un promedio de 60 clientes al mes, es decir 3 clientes por día, tomando en cuenta 5 días laborables de 4 semanas cada mes, esto nos da como resultado al final de un año la migración de 720 clientes para el siguiente año migrar a los otros 474 clientes en el término de 8 meses. Aquí se debe esclarecer que los clientes a migrar serán del Macronodo Remigio Crespo debido a que los datos anteriores fueron basados para este Macronodo ya que además abarca el mayor número de clientes y por ende contiene un mayor número de clientes potenciales para la migración del servicio a FTTH, estos 720 clientes son el 60,30% del total de clientes de este Macronodo.

Además de esta migración, Puntonet ha considerado el ingreso de nuevos clientes con tecnología FTTH, de acuerdo a que el valor del plan mensual para esta tecnología lo ha establecido en \$ 26,04 antes de impuestos, debido a que es un promedio de ingreso por planes en clientes masivos que maneja Puntonet, y tomando en cuenta que un nuevo cliente debe pagar un valor de instalación, se concluye en que este ingreso será de 2 clientes por mes (24 clientes en el año), esto representa un crecimiento del 2,01% al año en el Macronodo Remigio Crespo.

Puntonet ha fijado el valor de instalación de este servicio para el cliente en 80 dólares con lo que tenemos el siguiente valor de inversión por estos 24 nuevos clientes en el año:

Inversión Clientes Nuevos

$$= (2 \text{ Clientes} \times 12 \text{ meses}) * (\text{Costo Red de Acceso} - \text{Costo Instalación} + \text{Arriendo de 8 Postes})$$

$$\text{Inversión Clientes Nuevos} = 24 * (388,66 - 80 + 33,60)$$

$$\text{Inversión Clientes Nuevos} = \$ 8.214,24$$

Ahora analizaremos la inversión de los 60 clientes mensuales (720 clientes en el primer año) que se tendrá que realizar en la migración para el servicio FTTH, aquí debemos ser claros en que no se cobrará la tasa fijada por instalación, considerando que son clientes activos y Puntonet desea invertir en la mejora del servicio eliminando los problemas de última milla que se tiene con la actual tecnología.

Inversión Migración Clientes

$$= (60 \text{ Clientes} \times 12 \text{ meses}) * (\text{Costo Red de Acceso} + \text{Arriendo de 8 Postes})$$

$$\text{Inversión Clientes Migración} = 720 * (388,66 + 33,60)$$

$$\text{Inversión Clientes Migración} = \$ 304.027,20$$

Con estos valores correspondientes a este análisis, podemos entonces conocer el valor total de la inversión inicial que se realizará para este proyecto, a continuación observamos los rubros que darán como resultado el valor de esta inversión:

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
COSTO MACRONODO	53.602,00
COSTO RED TRONCAL	25.104,00
COSTO RED DE DISTRIBUCIÓN	58.192,00
COSTO ARRIENDO POSTES - R. TRONCAL Y R. DISTRIBUCIÓN	6.300,00
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 0	143.198,00

TABLA 6.10 *Inversión Inicial – Año 0.*

FUENTE *Autores & Puntonet*

Los valores expuestos en la Tabla 6.10 dan como resultado una inversión inicial total de \$ 143.198,00 para el Año 0, es decir antes de empezar a brindar el servicio como tal, únicamente implementado el Macronodo y la Red Troncal así como también la Red de Distribución con el respectivo monto del alquiler de postes para cada Red.

Una vez analizada la inversión inicial daremos paso al cálculo de la tasa interna de

retorno para un periodo de 5 años, para poder decidir si nuestra implementación es viable o no en la parte económicamente.

Como se indicó anteriormente, Puntonet se propuso un incremento de 24 nuevos clientes cada año (2 clientes por mes), esta inversión será constantemente en cada año por un valor de \$ 8.214,24. Por otro lado, el primer año se migrará a 720 clientes para en el segundo año migrar a los otros 474 clientes, con estos datos tenemos que la inversión del primer año en clientes a migrar será de \$ 304.027,20, mientras que para el segundo año la inversión será de \$ 200.151,24. A continuación podemos observar en las siguientes tablas la inversión que se realizará en cada año a partir del primer año:

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INVERSIÓN CLIENTES NUEVOS (RED DE ACCESO)	8.214,24
INVERSIÓN CLIENTES A MIGRAR (RED DE ACCESO)	304.027,20
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 1	312.241,44

TABLA 6.11 *Inversión Año 1.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INVERSIÓN CLIENTES NUEVOS (RED DE ACCESO)	8.214,24
INVERSIÓN CLIENTES A MIGRAR (RED DE ACCESO)	200.151,24
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 2	208.365,48

TABLA 6.12 *Inversión Año 2.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INVERSIÓN CLIENTES NUEVOS (RED DE ACCESO)	8.214,24
INVERSIÓN CLIENTES A MIGRAR (RED DE ACCESO)	-
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 3	8.214,24

TABLA 6.13 *Inversión Año 3.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INVERSIÓN CLIENTES NUEVOS (RED DE ACCESO)	8.214,24
INVERSIÓN CLIENTES A MIGRAR (RED DE ACCESO)	-
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 4	8.214,24

TABLA 6.14 *Inversión Año 4.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

MATERIALES Y MANO DE OBRA - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INVERSIÓN CLIENTES NUEVOS (RED DE ACCESO)	8.214,24
INVERSIÓN CLIENTES A MIGRAR (RED DE ACCESO)	-
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 5	8.214,24

TABLA 6.15 *Inversión Año 5.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Ahora que tenemos los valores de inversión que se realizarán en el Macronodo Remigio Crespo a lo largo de 5 años, analizaremos a continuación los ingresos que de igual manera serán calculados en un tiempo de 5 años. Con la inclusión de 24 clientes nuevos al año (2 por mes), tomando como valor del servicio del plan un monto de \$ 26,04 tenemos como resultado, tenemos que estos 24 nuevos clientes nos contribuirán con un ingreso de 4.062,24, mientras que para el segundo año se sumarán otros 24 nuevos clientes es decir, 48 clientes nuevos en dos años, tendremos un ingreso de \$ 11.561,76 y así sucesivamente hasta los 120 nuevos clientes al término de los 5 años. Por otra parte, en el primero año los 720 clientes migrados nos darán un ingreso total de \$ 121.867,20, mientras que para el segundo año al migrar a los otros 474 clientes (recordemos que son 60 por mes), tendremos un ingreso de \$ 330.447,60. Del tercer al quinto año, tendremos ya de inicio a fin en cada año, un ingreso total de \$ 373.101,12 por año, al contar con el servicio para los 1.194 clientes migrados de este Macronodo. Estos ingresos podremos observarlos a continuación en las diferentes tablas:

INGRESOS - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INGRESOS CLIENTES NUEVOS (24)	4.062,24
INGRESOS CLIENTES MIGRADOS (720)	121.867,20
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 1	125.929,44

TABLA 6.16 *Ingresos Año 1.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

INGRESOS - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INGRESOS CLIENTES NUEVOS (48)	11.561,76
INGRESOS CLIENTES MIGRADOS (1194)	330.447,60
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 2	342.009,36

TABLA 6.17 *Ingresos Año 2.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

INGRESOS - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INGRESOS CLIENTES NUEVOS (72)	19.061,28
INGRESOS CLIENTES MIGRADOS (1194)	373.101,12
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 3	392.162,40

TABLA 6.18 *Ingresos Año 3.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

INGRESOS - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INGRESOS CLIENTES NUEVOS (96)	26.560,80
INGRESOS CLIENTES MIGRADOS (1194)	373.101,12
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 4	399.661,92

TABLA 6.19 *Ingresos Año 4.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

INGRESOS - REMIGIO CRESPO	TOTAL
INGRESOS CLIENTES NUEVOS (120)	34.060,32
INGRESOS CLIENTES MIGRADOS (1194)	373.101,12
TOTAL INVERSIÓN - REMIGIO CRESPO - AÑO 5	407.161,44

TABLA 6.20 *Ingresos Año 5.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Una vez que hemos obtenido los cálculos mostrados anteriormente, podemos resumir estos datos en una tabla más pequeña para mejor comprensión de estos ingresos y egresos (inversiones). Aquí podemos también ya analizar el Valor Actual Neto con un periodo de amortización de 12 meses a un interés del 9,33%⁴³ que es la tasa de interés que maneja el Banco Central del Ecuador a la fecha actual. El VAN indica el valor actual de los recursos obtenidos en la finalización del periodo estimado de la duración de esta implementación, para ello debemos tener en cuenta que si el VAN es positivo entonces el proyecto es realizable económicamente, caso contrario no deberíamos implementar este cambio de tecnología. Además se mostrará la Tasa Interna de Retorno (TIR) que nos dará como conclusión el porcentaje de ganancia en relación al dinero invertido en el periodo del ejercicio. Finalmente podremos apreciar según el flujo de ingresos contra egresos, el cual nos dará como resultado el análisis del Tiempo de Recuperación de la Inversión.

PERIODOS	INVERSIÓN	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(143.198,00)	-	(143.198,00)	(143.198,00)
AÑO 1	(312.241,44)	125.929,44	(186.312,00)	(329.510,00)
AÑO 2	(208.365,48)	342.009,36	133.643,88	(195.866,12)
AÑO 3	(8.214,24)	392.162,40	383.948,16	188.082,04
AÑO 4	(8.214,24)	399.661,92	391.447,68	579.529,72
AÑO 5	(8.214,24)	407.161,44	398.947,20	978.476,92
TOTAL	(688.447,64)	1.666.924,56	978.476,92	

VAN	\$ 568.348,86
TIR	57%

TABLA 6.21 *Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión – Macronodo Remigio Crespo.*
FUENTE *Autores & Puntonet*

Con un VAN positivo de \$ 568.348,86 y un TIR del 57% podemos indicar que el proyecto es rentable y realizable.

⁴³ www.bce.fin.ec

6.3 CÁLCULO DEL RETORNO DE INVERSIÓN (ROI) EN CUENCA

Habiendo realizado todos los cálculos pertinentes para la implementación de la red FTTH a cinco años en el Macronodo Remigio Crespo, utilizamos los mismos criterios de migración e inversión pero para cada uno de los otros Macronodos tomando en cuenta el número de clientes que posee cada uno de estos según se pudo observar en la Tabla 6.1 al inicio de este capítulo. Para ello resumiremos los datos finales de inversiones e ingresos obtenidos en cada Macronodo, dichos datos se muestran a continuación:

PERIODOS	INVERSIÓN	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(95.491,00)	-	(95.491,00)	(95.491,00)
AÑO 1	(266.330,58)	120.304,80	(146.025,78)	(241.516,78)
AÑO 2	(4.107,12)	199.830,96	195.723,84	(45.792,94)
AÑO 3	(4.107,12)	203.580,72	199.473,60	153.680,66
AÑO 4	(4.107,12)	207.330,48	203.223,36	356.904,02
AÑO 5	(4.107,12)	211.080,24	206.973,12	563.877,14
TOTAL	(378.250,06)	942.127,20	563.877,14	

VAN	\$ 331.168,83
TIR	56%

TABLA 6.22 *Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión – Macronodo Uncovía.*

FUENTE Autores & Puntonet

PERIODOS	INVERSIÓN	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(42.995,00)	-	(42.995,00)	(42.995,00)
AÑO 1	(102.071,44)	65.777,04	(36.294,40)	(79.289,40)
AÑO 2	(4.107,12)	78.276,24	74.169,12	(5.120,28)
AÑO 3	(4.107,12)	82.026,00	77.918,88	72.798,60
AÑO 4	(4.107,12)	85.775,76	81.668,64	154.467,24
AÑO 5	(4.107,12)	89.525,52	85.418,40	239.885,64
TOTAL	(161.494,92)	401.380,56	239.885,64	

VAN	\$ 143.900,85
TIR	63%

TABLA 6.23 *Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión – Macronodo Capulispamba.*

FUENTE Autores & Puntonet

PERIODOS	INVERSIÓN	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(75.046,00)	-	(75.046,00)	(75.046,00)
AÑO 1	(83.127,48)	55.387,08	(27.740,40)	(102.786,40)
AÑO 2	(2.053,56)	62.886,60	60.833,04	(41.953,36)
AÑO 3	(2.053,56)	64.761,48	62.707,92	20.754,56
AÑO 4	(2.053,56)	66.636,36	64.582,80	85.337,36
AÑO 5	(2.053,56)	68.511,24	66.457,68	151.795,04
TOTAL	(166.387,72)	318.182,76	151.795,04	

VAN	\$ 78.849,62
TIR	34%

TABLA 6.24 Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión – Macronodo Río Amarillo.

FUENTE Autores & Puntonet

PERIODOS	INVERSIÓN	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(10.204,00)	-	(10.204,00)	(10.204,00)
AÑO 1	(13.774,58)	10.025,40	(3.749,18)	(13.953,18)
AÑO 2	(684,52)	10.650,36	9.965,84	(3.987,34)
AÑO 3	(684,52)	11.275,32	10.590,80	6.603,46
AÑO 4	(684,52)	11.900,28	11.215,76	17.819,22
AÑO 5	(684,52)	12.525,24	11.840,72	29.659,94
TOTAL	(26.716,66)	56.376,60	29.659,94	

VAN	\$ 16.682,25
TIR	44%

TABLA 6.25 Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión – Macronodo El Valle.

FUENTE Autores & Puntonet

Finalmente, tomando en consideración los resultados de todos los Macronodos, podemos ahora realizar el cálculo final que nos dará como resultado el análisis de toda la ciudad para la implementación de la Red FTTH en un tiempo de cinco años. Para esto también tomaremos en cuenta los datos que se presentan a continuación para ser considerados en este análisis como por ejemplo el ingreso de nuevos clientes al año por cada Macronodo, entre otros.

MACRONODO	NRO. DE CLIENTES				INV. AÑO 0
	AÑO 0	INGR. x AÑO	AÑO 5	% CREC.	
REMIGIO	1.194	24	1.314	10,05%	(143.198,00)
UNCOVÍA	621	12	681	9,66%	(95.491,00)
CAPULISPAMBA	232	12	292	25,86%	(42.995,00)
RIO AMARILLO	192	6	222	15,63%	(75.046,00)
EL VALLE	31	2	41	32,26%	(10.204,00)
TOTAL	2.270	56	2.550	12,33%	(366.934,00)

TABLA 6.26 Comparativo Clientes Año 0 y Clientes Año 5.

FUENTE Autores & Puntonet

Aquí adicionaremos el gasto que se realizará al contar con el personal del Centro de Operaciones de la Red, quienes serán los profesionales encargados y calificados para el respectivo monitoreo de la Red FTTH, estos rubros de salarios y el número de peritos de este Centro de Operaciones de la Red nos lo facilitó la empresa Puntonet.

CARGO	SUELDO NOMINAL	SUELDO REAL	CANT	TOTAL MES	TOTAL AÑO
TECNICO DE MANTENIMIENTO F.O.	450,00	533,57	2	1.067,14	12.805,65
AYUDANTE DE MANTENIMIENTO F.O.	382,00	452,94	4	1.811,76	21.741,15
ESPECIALISTA DE TECNOLOGÍA DE ACCESO	950,00	1.126,42	1	1.126,42	13.517,08
ESPECIALISTA DE TECNOLOGÍA BACKBONE	950,00	1.126,42	1	1.126,42	13.517,08
JEFE TÉCNICO SUCURSAL	1.200,00	1.422,85	1	1.422,85	17.074,20
			TOTAL	6.554,60	78.655,15

TABLA 6.27 Gasto Operativo del personal del Centro de Operaciones de la Red FTTH.
FUENTE Puntonet

Con el dato obtenido en la Tabla 6.26 podemos indicar que se debe considerar como un egreso adicional a este gasto, para efectos del cálculo del Retorno de la Inversión al realizar la implementación de la Red FTTH en la Ciudad de Cuenca, para ello hay que tener presente tanto los ingresos como los egresos (inversiones) que se realizan en cada Macronodo y sumar las cantidades respectivas para obtener un resultado final del VAN, el TIR y del Tiempo de Recuperación de la Inversión, este resultado lo podemos analizar a continuación:

PER.	INVERSIÓN	NOC	INGRESOS	TOTAL	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
AÑO 0	(366.934,00)	-	-	(366.934,00)	(366.934,00)
AÑO 1	(777.545,52)	(78.655,15)	377.423,76	(482.121,76)	(849.055,76)
AÑO 2	(219.317,80)	(78.655,15)	693.653,52	392.335,72	(456.720,04)
AÑO 3	(19.166,56)	(78.655,15)	753.805,92	652.639,36	195.919,32
AÑO 4	(19.166,56)	(78.655,15)	771.304,80	670.138,24	866.057,56
AÑO 5	(19.166,56)	(78.655,15)	788.803,68	687.637,12	1.553.694,68
TOTAL	(1.421.297,00)	(393.275,75)	3.384.991,68	1.553.694,68	

VAN	\$849.698,60
TIR	42%

TABLA 6.28 Análisis del VAN, TIR y Tiempo de Recuperación de la Inversión para la implementación de la Red FTTH en la ciudad de Cuenca.

FUENTE Autores & Puntonet

Con estos resultados podemos concluir que el proyecto resulta realizable económicamente al contar con un VAN positivo de \$ 849.689,60 en un periodo de cinco años y que se obtiene una Tasa de Interés de Retorno del 42%, recuperando la

inversión realizada en el tercer año de iniciado el proyecto.

6.2 TIEMPOS Y ACTIVIDADES DE IMPLEMENTACIÓN.

Para la implementación de la red FTTH en la ciudad de Cuenca Puntonet debe considerar las siguientes actividades y etapas de implementación.

- Implementación de los macronodos enlaces principales y equipamiento.
- Implementación de la red de Troncal.

En la Tabla 6.5 se visualiza los tiempos de implementación de los macronodos y las redes troncales.

ACTIVIDAD	# SEMANA	# DIA
MACRONODOS	19	
M1 Remigio Crespo	1	
M2 Capulispamba	3	
M3 Uncovia	3	
M4 Rio Amarillo	3	
M5 Nodo Valle	9	
DISTRIBUCIÓN REMIGIO	3	4
FTTH Remigio 1	1	
FTTH Remigio 2	1	
FTTH Remigio 3	1	
FTTH Remigio 4		4
DISTRIBUCIÓN UNCOVIA	4	1
FTTH Uncovia 1		4
FTTH Uncovia 2	1	
FTTH Uncovia 3	1	1
FTTH Uncovia 4	1	1
DISTRIBUCIÓN CAPULISPAMBA	2	1
FTTH Capulispamba 1	1	
FTTH Capulispamba 2	1	1
DISTRIBUCIÓN RIO AMARILLO	1	4
FTTH Rio Amarillo 1	1	
FTTH Rio Amarillo 2		4
DISTRIBUCIÓN VALLE	1	3
FTTH Valle 1		4
FTTH Valle 2		4

TABLA 6.5 Cronograma de Actividades.

FUENTE Autores

A continuación se detalla el cronograma y cronología de actividades necesarias para la implementación de la nueva red FTTH.

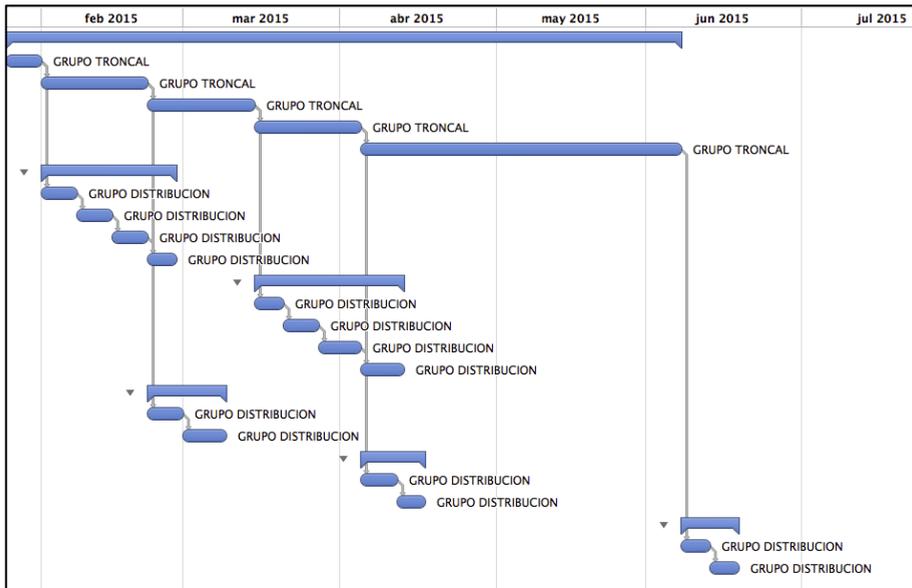


GRÁFICO 6.2 *Cronología de Actividades.*
FUENTE *Autores*

En el Gráfico 6.2 se presenta el consolidado de actividades del proyecto con un tiempo total de implementación de 32 semanas y 3 días.

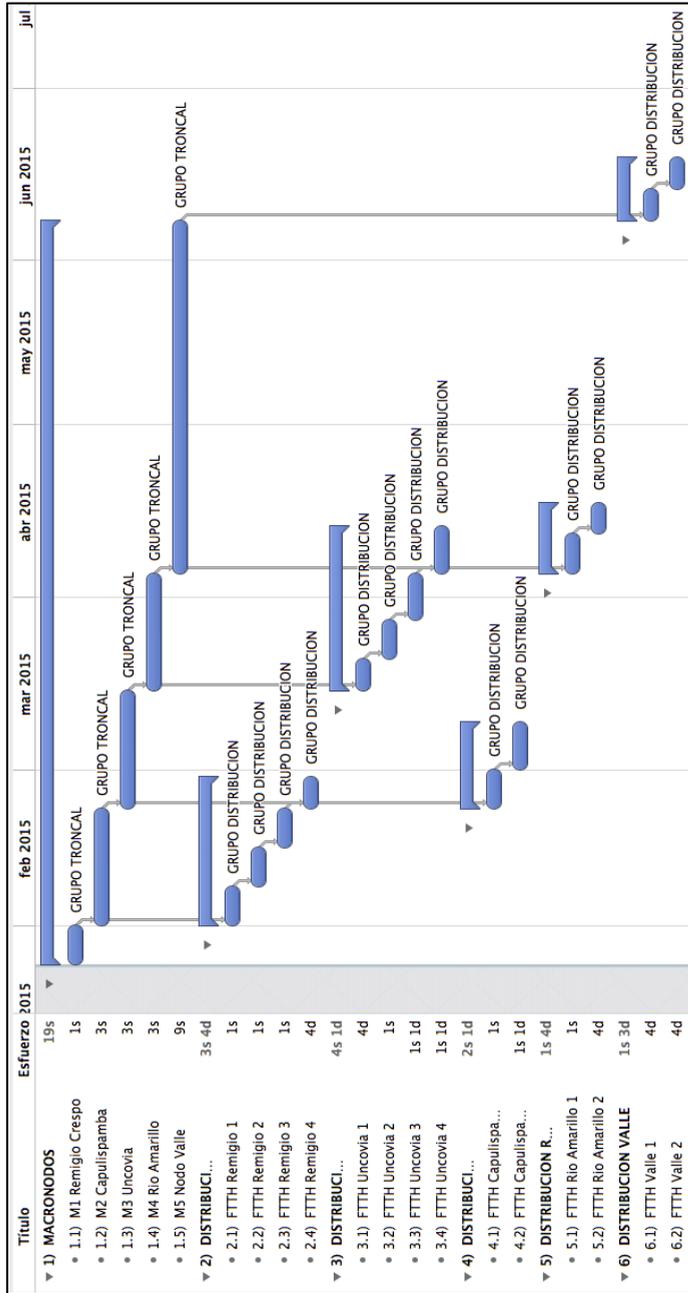


GRÁFICO 6.3 Consolidado de Actividad
FUENTE Autores

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Gracias al presente trabajo y el estudio realizado se puede concluir:

El siguiente paso de la evolución de las redes que utilizan los proveedores de servicio, definitivamente son las redes FTTH gracias a sus beneficios de baja atenuación, inmunidad a la interferencia y que pueden cubrir a grandes coberturas.

En el Ecuador existen dos empresas que realizan la implementación y planificación para el despliegue de las redes FTTH a nivel del país, Netlife y Puntonet; pero dentro de la ciudad de Cuenca no existe ninguna empresa que haya iniciado el proceso de activación de clientes con tecnología FTTH, esta es una evolución de mercado de grandes oportunidades para la primera empresa que inicie los trabajos de implementación.

El uso de una tecnología inestable en la red de acceso generan altas cancelaciones de contratos y soportes adicionales para la empresa Puntonet Cuenca como se justificó en capítulos anteriores, la evolución a una tecnología estable marca el camino de retención de clientes y fiabilidad de los mismos.

La expansión de la red FTTH como se pudo ver en el Grafico 2.10 el 68% de tiempo y recursos se debe a la obra física o paso de fibra que se tendría que realizar en toda la ciudad, gran parte de los esfuerzos en la empresa se deberán enfocar a este porcentaje incluyendo a sus contratistas.

Se concluye con el presente trabajo que la evolución de Puntonet para convertirse en líder del mercado brindando servicios de Internet a domicilio en la ciudad de Cuenca, sobre la base de desplegar una nueva red de acceso que brinde velocidad, disponibilidad, estabilidad, seguridad y escalabilidad en sus servicios como son las redes FTTx.

Mediante el análisis económico realizado para cinco años, podemos deducir que esta implementación es rentable ya que al haber obtenido un VAN de \$ 849.698,60 con una Tasa de Interés de Retorno del 42% y un Tiempo de Recuperación de la Inversión al tercer año se demuestra la ganancia de dicha implementación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a Puntonet Cuenca tener el control total de la red Troncal y de Distribución, administradas y operadas por su propio personal, para mantener el conocimiento y el control de la red pasiva; también se recomienda que el despliegue desde la manga de distribución hasta el domicilio del cliente, se realice mediante empresas contratistas privadas, con las respectivas hojas de control, de esta manera Puntonet pueda concentrar todos sus recursos al mantenimiento y despliegue de la red principal.

Así también, recomendamos a Puntonet Cuenca iniciar el proyecto lo más pronto posible, ya que cuenta con los recursos económicos, tecnológicos y de personal necesarios para la implementación de una red FTTH, con ello marcaría un hito tecnológico, convirtiéndose en el líder del mercado al abarcar a todos los clientes potenciales de Cuenca que buscan un producto líder y que se acople a sus necesidades actuales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SCHILLER, J. (2003). Mobile Communications (2da ed). Pearson Education.
- [2] Kashif, J., Shahzada, K., (2007). A Comparative Economic Analysis of different FTTH Architectures. School of Economics and Management, Beijing.: University of Posts and Telecommunications.
- [3] Yinghui, Q.,(2011). Availability Estimation of FTTH Architectures Based on GPON. Beijing. : School of Electrical & Electronic Engineering, North China Electric Power University.
- [4] Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós E., Sandler G., (2009). CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH). Memoria de trabajos de difusión científica y técnica, núm. 7.
- [5] Dominguez, J., (n.d.). REDES FTTH. Tecnoled S.A.
- [6] EXFO., (2012). La guía FTTH PON. EXFO (2012). La Guía FTTH PON (5ª edición). Quebec City, Canada. : Realización de pruebas de redes ópticas pasivas.
- [7] Thomas, M., (n.d.). Fiber To The Home. Cisco System
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT., (2001). Recomendación UIT-T G.652.
- [9] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT., (2012). Recomendación UIT-T G.657.
- [10] FTTH COUNCIL LATAM., n.d. Recomendaciones Técnicas para redes FTTH (versión 1.0).
- [11] Gilberto, A., (2013). Curso de Diseño ODN – PON. FTTH. : COUNCIL AMERICAS.
- [12] Diógenes, M., (2012). Redes Ópticas Pasivas. Peru. : Universidad Católica.
- [13] A. Peralta-Sevilla, F. Amaya-Fernandez y R. Hincapie, (2014). Multiservice hybrid WDM/TDM-PON dimensioning using a heuristic method, de Communications and Computing (COLCOM). Colombia. : IEEE Colombian Conference.

- [14] A. Peralta-Sevilla y F. Amaya-Fernández, (2013); EVOLUCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS HACIA SMART GRID EN PAÍSES DE LA REGIÓN ANDINA. Revista Educación en Ingeniería, vol. 8, nº 15.
- [15] A. Peralta-Sevilla, M. Tipán-Simbaña y F. Amaya-Fernández, (2014); Análisis de los efectos dispersivos y no lineales en un canal óptico empleando métodos numéricos. Ingenius, nº 11.
- [16] A. Gómez-Martínez, F. Amaya-Fernández, R. Hincapié, J. Sierra y I. Tafur Monroy, (2013); Optical access multiservice architecture with support to smart grid, de Communications and Computing (COLCOM). Colombia. : IEEE Colombian Conference.
- [17] G. V. Arévalo, J. E. Sierra y R. C. Hincapie, (2013). ILP model for Greenfield WDM PON network design based on physical layer constraints. SPIE Optical Engineering+ Applications.
- [18] Walter Goralski, (2000). Introducción a la tecnología ADSL. En Tecnologías ADSL y xDSL. España, Madrid. :McGraw Hill/Interamericana.
- [19] Alberto Sendín Escalona, (2008). Tecnologías xDSL. En Tecnologías de acceso para las ICTs. Barcelona. :Ediciones Experiencia.
- [20] Thomas Pfeiffer, (2004). FTTH Solutions for providing broadband services to en- users. Kaiserslautern. : En ITG Workshop Zukunft der Netze.
- [21] G.Kramer, B. Mukherjee, y G. Pesavento, (2001). Ethernet PON (EPON): Design an Analysis of a Optical Access Network. En Photon Network. Commun. 3(3), 307-319.
- [22] Internacional Telecommunication Union, (2005). Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha (BPON). Recomendación UIT-T G.983.2.
- [23] Nemesis. (n.d.). Tutorial de Comunicaciones Ópticas; Guías Técnicas. Obtenida el 21 de octubre del 2014, de <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>
- [24] Fiber Optic Telecom Co. Ltd. (n.d.). FTTH GUIDE. Obtenida el 21 de octubre del 2014, de <http://www.fiberoptictel.com>
- [25] Ramon Millan. (n.d.). Compartición de redes de fibra óptica. Obtenida el 30 de octubre del 2014, de <http://www.ramonmillan.com>

- [26] Optic Network Technology Co. Ltd. (n.d.). FTTH Product. Obtenida el 31 de octubre del 2014, de <http://www.opticnetcn.net>.
- [27] M. Castelli, JP. Fosatti, M. Camacho, C. Chakelson (2009). Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH). Uruguay. : Universidad de Montevideo.
- [28] M. Rajagopal, E. Rodriguez, R., IETF. (2004). RFC 3821, Fibre Channel Over TCP/IP. Obtenida el 5 de noviembre del 2014, de <http://www.ietf.org>.
- [29] Puntonet Empresa de servicios. Información Empresarial & Contactos. Obtenida el 10 de noviembre del 2014, de <http://www.puntonet.ec>.
- [30] Council LATAM. (2014) Fibre to the Home. Obtenida el 19 de noviembre del 2014, de <http://www.ftthcouncil.org>.
- [31] Cisco System. (n.d.). Fibre to the Home. Obtenida el 19 de noviembre del 2014, de <http://www.cisco.com>.
- [32] Corecess. (2012). FTTB. Obtenida el 06 de enero del 2015, de <http://www.corecess.com>.