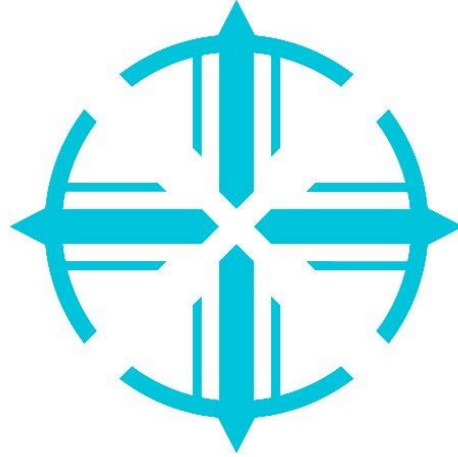


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE LARGA
DISTANCIA PARA PROVEER ACCESO A INTERNET A ZONAS RURALES.
CASO DE ESTUDIO SECTOR RURAL DE LOS CANTONES PUJILÍ Y
SAQUISILÍ DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

JORGE MAURICIO AGUILERA JIMÉNEZ

DIRECTOR: INGENIERO DAMIÁN NICOLALDE RODRIGUEZ

QUITO - ENERO 2018

DEDICATORIA

*A mi **Padre**, que fue la persona que siempre me apoyo e impulsó para culminar esta etapa de mi vida y que ahora me guía desde el cielo
(**Washito**).*

*A **Fanny mi Madre** que con sus cuidados y consejos supo generar en mí ese sentimiento de responsabilidad y honestidad.*

*Dedico esta Tesis a mi **esposa Carmita** y a **mis hijos Stepby y Erick**, que son la inspiración de todas las actividades de mi vida, y que día a día me dan es impulso que necesito para culminarlas.*

*A **Kathy y Napo**, más que hermanos, mis amigos que siempre están a mi lado en las buenas y las malas.*

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la prestigiosa Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por acogerme en sus aulas un largo periodo de tiempo, y darme la oportunidad de culminar esta meta.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Damián Nicolalde, quien con su valioso conocimiento, supo guiarme adecuadamente durante toda la realización de este proyecto.

A mis revisores Ingeniera Suyana Arcos y Doctor Gustavo Chafra, por sus valiosos consejos e importantes aportes para la finalización de esta Disertación.

Un reconocimiento especial al Ingeniero Javier Condor, quien tuvo la gentileza de indicarme el camino que a veces se lo daba por perdido y que supo ser la guía para determinar el tema y su alcance.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION

CAPITULO 1 - MARCO TEORICO.....	11
1.1 REDES INALAMBRICAS.....	11
1.1.1 COMPONENTES BASICOS DE UNA RED WLAN 802.11	11
1.1.2 TOPOPOGIA	13
1.2 EL ESTANDAR 802.11.....	15
1.2.1 IEEE 802.11b.....	16
1.2.2 IEEE 802.11a.....	17
1.2.3 IEEE 802.11g.....	17
1.2.4 IEEE 802.11s	18
1.2.5 IEEE 802.11n.....	18
1.3 ARQUITECTURA FISICA DE RED.....	19
1.3.1 RED PUNTO A PUNTO	20
1.3.2 RED PUNTO A MULTIPUNTO.....	22
1.3.3 RED CELULAR	22
1.3.4 RED MESH.....	23
1.4 REDES INALAMBRICAS DE LARGA DISTANCIA.....	24
1.4.1 REQUERIMIENTOS	24
1.4.2 Técnicas de acceso a los medios.....	24
1.4.3 presupuesto de potencia	25
1.5 EL ISP	28
1.5.1 INFRAESTRUCTURA DEL ISP	28
1.6 ANALISIS COMPARATIVO.....	29
2 CAPITULO - SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR.....	31
2.1 ANÁLISIS DE ACCESO A INTERNET Y PROVEEDORES A NIVEL NACIONAL.....	31
2.1.1 INICIOS DEL INTERNET EN ECUADOR.....	31
2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL	32
2.1.3 DISTRIBUCIÓN POR PROVINCIAS	36
2.1.4 PROVEEDORES.....	39
2.2 ANÁLISIS DE LA ZONA A CUBRIR.....	40
2.2.1 EL SECTOR.....	40
2.2.2 PROVEEDORES EN LA ZONA.....	43

2.3	EVALUACIÓN	43
3	CAPITULO - DISEÑO DE LA RED	45
3.1	DETERMINACION DEL AREA A CUBRIR	45
3.2	SIMULACIÓN DE COBERTURA.....	47
3.2.1	SIMULACION NODO 1 - CHUCUTISÍ.....	48
	SIMULACION DEL ENLACE (PROVEEDOR – NODO 1 CHUCUTISI)	49
3.2.2	SIMULACION NODO 2 – CUICUNO.....	52
3.2.3	SIMULACION NODO 3 - SINCHAGUASÍN	53
3.3	CAPACIDAD DEL ENLACE	54
3.4	ESTRUCTURA DE LA RED.....	54
3.5	CONSUMO ESTIMADO.....	58
3.6	EQUIPAMIENTO RECOMENDADO.....	61
3.6.1	EQUIPO ENLACES PUNTO A PUNTO.....	62
3.6.2	ACCESS POINTS NODOS	62
3.6.3	ATENAS SECTORIALES NODOS	63
3.6.4	RADIO CLIENTES	64
3.6.5	ROUTER DE BORDE	65
4	CAPITULO - ANÁLISIS FINANCIERO	67
4.1	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 1 - CHUCUTISI.....	68
4.2	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 2 CUICUNO	69
4.3	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 3 SINCHAGUASIN	70
4.4	CALCULO DEL VAN Y EL TIR.....	71
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	Bibliografía	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes básicos estándar 802.11, (Horno, 2008).....	12
Figura 2 -Modo Ad Hoc (Horno, 2008)	13
Figura 3 - Modo Infraestructura (Horno, 2008)	14
Figura 4 -Modo BSS Extendido (Horno, 2008)	15
Figura 5 - Modelo de Referencia 802.11 - (CCM, 2017).....	16
Figura 6 – Red Punto a Punto - Apuntes 2017	20
Figura 7 - RED PUNTO MULTIPUNTO - (Ubiquiti, ubiquiti, 2014).....	22
Figura 8 - Redes Mesh - (MasWifi, 2017).....	23
Figura 9 - HISTORICO ACCESO A INTERNET - (Arcotel, 2017).....	34
Figura 10 – CUENTAS Y USUARIO DE INTERNET POR PROVINCIAS - (Arcotel, 2017)	36
Figura 11 – PORCENTAJES DE ACCESO A INTERNET POR PROVINCIAS - (Arcotel, 2017)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12 - USUARIOS POR PRESTADOR -ARCOTEL 2016.....	39
Figura 13 – ABONAOS POR PROVINCIA - MINTEL 2015	41
Figura 14 - Mapa Delimitación del Área	47
Figura 15 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 1 – Airlink 2.1.1	48
Figura 16 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 1 CON CLIENTES– Airlink 2.1.1	48
Figura 17 – AirLink - Simulación PTP_ AJ Net-Chucutisí.....	49
Figura 18 - Parametros PTP AJNet_ Chucutisi	50
Figura 19 - SIMULACION ENLACE: PROVEEDOR - NODO 2 CUICUNO – Airlink 2.1.1.....	52
Figura 20 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 2 CUICUNO – Airlink 2.1.1	52
Figura 21 - SIMULACION ENLACE: PROVEEDOR - NODO 3 – Airlink 2.1.1.....	53
Figura 22 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 3 SINCHAGUASIN – Airlink 2.1.1.....	53
Figura 23 - ESTRUCTURA DE RED PLANTEADA - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	54
Figura 24 - DISEÑO DE RED - (Aguilera 2018)	57
Figura 25 - Usuarios Conectados - (AJ NET, 2018)	58
Figura 26 - ESTADISTICO HORAS PICO - (AJ NET, 2018)	59
Figura 27 – CONSUMO NODO SIMILAR EN HORAS PICO - (AJ NET, 2018)	59
Figura 28- CONSUMO NODO SIMILAR HORARIO NO PICO - (AJ NET, 2018)	60
Figura 29 - PowerBeam 5AC - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	62
Figura 30 - ROCKET M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	62
Figura 31 - ANTENAS SECTORIALES - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017).....	63

Figura 32 - RADIO NANOBEAN M5 16 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	64
Figura 33 – ANTENA LITE BEAM M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	65
Figura 34 - ROUTER MIKROTIK RB 2011iL - (Microtik, 2017)	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - COMPARATIVA ESTANDARES 802.11 (L-COM, 2017)	29
Tabla 2 - Coordenadas Geográficas sectores a cubrir	46
Tabla 3 - CAPACIDAD PREVISTA DE ENLACES	60
Tabla 4 - COSTOS NODO CHICUSITI	68
Tabla 5 - COSTOS NODO CUICUNO	69
Tabla 6 - COSTOS NODO SINCHAGUASIN	70

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - CENSO DE POBLACION COTOPAXI 2010 - (INEC, 2013)	77
ANEXO 2 - ESPECIFICACIONES TECNICAS POWERBEAM AC - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	79
ANEXO 3 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ROCKET M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017) ...	81
ANEXO 4 - ESPECIFICACIONES TECNICAS ANTENA SECTORIAL AIRMAX - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017).....	83
ANEXO 5 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA OMNIDIRECCIONAL AIRMAX - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017).....	85
ANEXO 6 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS NANOBEAM M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	86
ANEXO 7 - ESPECIFICACIONES TECNICAS LITEBEAM - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)	88
ANEXO 8 - ROUTER MIKROTIK RB211 - (Microtik, 2017)	90

INTRODUCCION

La implementación de las TICs en la mayoría de las actividades del ser humano, determina el desarrollo de un selecto sector de la población. La necesidad de las personas por poder comunicarse y de poder compartir información es tan importante tanto para un profesional, un estudiante o una ama de casa, actividad que no lleva ningún inconveniente si nos encontramos en una pequeña ciudad o una gran metrópoli.

Pero para las personas que se encuentran en lugares apartados o lejos de un centro poblado, la situación cambia drásticamente, sobre todo si nos referimos a países considerados pequeños, como es el nuestro. La mayoría no dispone de acceso a los servicios básicos como agua potable o alcantarillado, y peor aún de los servicios de telecomunicaciones o en este caso el acceso a internet.

Es aquí donde nace la propuesta de llevar el acceso a internet a zonas rurales, mediante enlaces inalámbricos de larga distancia y lograr una distribución equitativa del servicio a unos costos muy competitivos, debido especialmente a que en la mayoría de los casos no existe la suficiente capacidad adquisitiva.

Para cumplir este cometido se hace necesario realizar un estudio de las diferentes tecnologías inalámbricas que cumplan con las características suficientes para brindar este servicio con toda la seguridad y eficiencia y teniendo la ventaja de utilizar equipos de última tecnología.

Para su desarrollo esta investigación se ha dividido en 5 capítulos, organizados de la siguiente manera:

El capítulo I, se realiza una revisión de varios conceptos como, teoría de redes inalámbricas, topologías, estándares arquitecturas y finalmente una comparativa para decidir cuál modelo se adapta de mejor manera a nuestra necesidad.

El estudio de la Situación Actual del Sector se los analiza en el **Capítulo II**, manejando varios datos estadísticos que son publicados por las empresas del estado involucradas en el área como: Arcotel, Inec, Ecuador en Cifras, Ministerio de Telecomunicaciones Sietel. Y determinando que la necesidad de acceso a internet está latente en estos sectores.

El **Capítulo III** inicia con la toma de coordenadas geo referenciadas para poder realizar la simulación de la red y determinar el diseño que se usara y finalmente los equipos necesarios para su implementación.

El Análisis Financiero es analizado en el **Capítulo IV**, iniciando por la estimación del costo total del proyecto, para luego revisar los índices VAN y TIR que nos permitirán determinar si el proyecto es factible o no.

Se finaliza con las Conclusiones y Recomendaciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red inalámbrica de largo alcance que permitirá el acceso a internet a poblaciones alejadas de las grandes ciudades o donde la infraestructura estatal no ha llegado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre la mejor tecnología para la implementación de una red inalámbrica de larga distancia.
- Desarrollar un análisis desde la fundamentación teórica sobre el servicio de internet y la importancia de las TICs. para la sociedad.
- Diseñar la infraestructura física y lógica de la red.
- Realizar un análisis del posible tráfico sobre la red planteada.

CAPITULO 1 - MARCO TEORICO

En este capítulo se realizara una revisión de los conceptos y teoría necesaria que deben ser conocidos para el desarrollo de los futuros capítulos, analizando temas como protocolos, estructura de la red WIFI, estándares, y estructura de una red de proveedor de acceso a internet, para luego al final tomar una decisión de cuál es la tecnología a usar para el diseño de la red planteada.

1.1 REDES INALAMBRICAS

“En los primeros tiempos de las redes existían sólo las redes cableadas (si no se cuentan las viejas líneas del troncal de microondas que cruzaba los Estados Unidos). Hoy en día muchas redes se construyen con soluciones cableadas e inalámbricas. Normalmente las redes basadas en cables, o más comúnmente fibras, tienen más capacidad que las inalámbricas”. (Butler, 2013)

La historia del popular WiFi empezó hace más de treinta años. En el año 1985 el gobierno de los Estados Unidos a través de la comisión federal para las comunicaciones (FCC) decide el uso de varias bandas de radiofrecuencia sin la necesidad de una licencia gubernamental. Una de esas espacios (bandas) era la “banda basura de 2.4 GHz”, una banda que ya se había reservado para el uso de equipos domésticos que generan ruido de radiofrecuencia como los hornos microondas. Desde 1985, esta porción del espectro radioeléctrico se podía usar no sólo para calentar un vaso de leche sino que además se podía dedicar al uso industrial, médico y científico (Pascual, 2007).

1.1.1 COMPONENTES BASICOS DE UNA RED WLAN 802.11

De acuerdo con (Horno, 2008), “El sistema se divide en celdas o células denominadas BSS¹ (Conjunto Básico de Servicios). Un BSS está formado por nodos, fijos o móviles, llamados estaciones². Cada BSS está gobernada por un Punto de Acceso o AP³”.

¹ BSS: Basic Service Set

² Estaciones: Clientes inalámbricos

³ AP: Punto de acceso inalámbrico

Un AP se define como una estación base provista de acceso al Sistema de Distribución (DS), capaz de proveer a las estaciones de los servicios de éste. Las funciones básicas que puede realizar son:

- Portal, para interconectar la WLAN y otra red LAN 802.x de otro tipo (Internet, intranet,...).
- Puente hacia otros puntos de acceso, para extenderlos servicios de acceso.
- Router, para encaminar los datos dentro de la zona de cobertura.

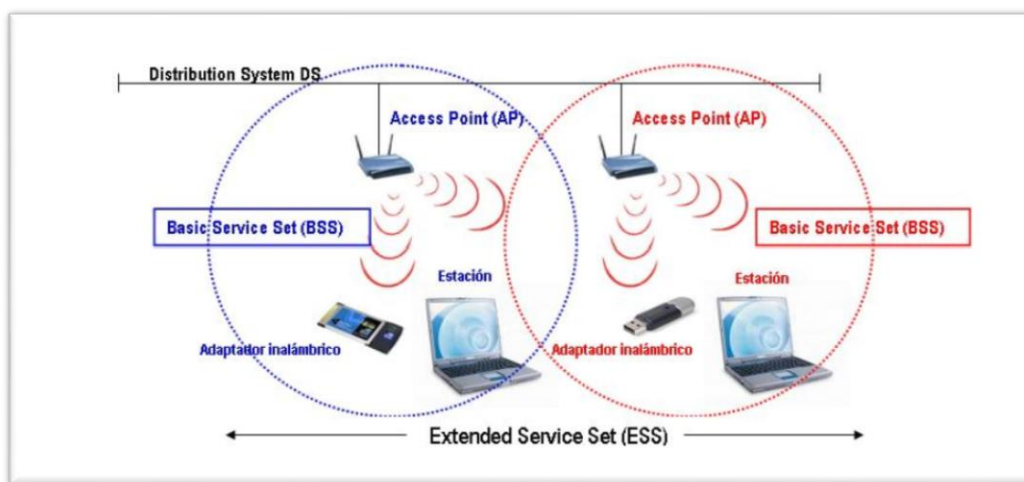


Figura 1 - Componentes básicos estándar 802.11, (Horno, 2008)

“*El AP* es el elemento esencial de la red inalámbrica puesto que será el transmisor y el receptor de la señal que se transmita por el aire, y el que, por tanto, proporcione cobertura a las estaciones que forman parte de nuestra WLAN” (Horno, 2008).

Las estaciones de un BSS obtienen acceso al Sistema de Distribución o DS (“Distribution System”), y por tanto a otros nodos fuera de su área de cobertura, a través del AP.

El DS es el componente lógico de la 802.11 que se encarga de conducir las tramas hasta su destino. En el estándar no se fija ninguna tecnología concreta pero en la mayoría de los casos está basado en tecnología Ethernet (aunque también puede ser radioeléctrico). Tiende a equipararse a la columna vertebral de la red (backbone network)⁴.

⁴ backbone network: Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet.

El conjunto de celdas y sus correspondientes puntos de acceso se presenta a los niveles superiores como una unidad lógica llamada ESS (“Extended Service Set”) o Conjunto de Servicio Extendido, que es lo mismo que la unión de varias BSS.

1.1.2 TOPOPOGIA

El estándar IEEE 802.11, describe 2 tipos de topologías:

Modo Ad Hoc o IBSS (Independent Basic Service Set)

No existe punto de acceso. Las estaciones se comunican peer to peer (par a par, de igual a igual), es decir, no hay una base y nadie da permisos para comunicarse. El tráfico de información se lleva a cabo directamente entre los equipos implicados, sin tener que recurrir a un punto de acceso, obteniéndose un aprovechamiento máximo del canal de comunicaciones. (Horno, 2008)

A nivel IP la numeración deberá corresponder a una red, es decir todos los ordenadores deberán configurarse con una dirección IP que tenga un prefijo común. Eventualmente uno de los ordenadores podría tener además una tarjeta de red, por ejemplo Ethernet, y actuar como router para el resto de forma que pudieran salir a la LAN cableada a través de él.



Figura 2 -Modo Ad Hoc (Horno, 2008)

Modo Infraestructura o BSS (Basic Service Set)

“Existe un punto de acceso que realiza las funciones de coordinación. Las estaciones en cuanto descubren que se encuentran dentro del radio de cobertura de un AP se registran en el para que les tome en cuenta. La comunicación entre estaciones registradas en un

AP nunca se realiza de forma directa sino que siempre se hace a través del AP (todo el tráfico pasa a través de él)” (Horno, 2008).

Hay una clara pérdida de eficiencia cuando dos estaciones dentro de un mismo BSS desean comunicarse entre sí: los paquetes de información son enviados una vez al punto de acceso y otra vez al destino. Sin embargo, esto no es un problema si la mayoría del tráfico va dirigido a la LAN convencional. Además tenemos como ventaja que dos estaciones podrán establecer comunicación entre sí aunque la distancia entre ellas no les permita verse.

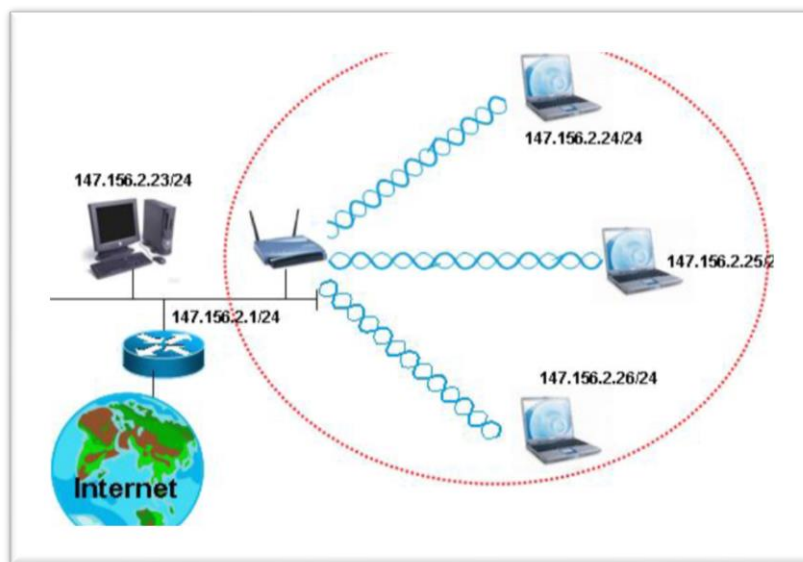


Figura 3 - Modo Infraestructura (Horno, 2008)

Modo BSS Extendido o ESS (Extended Service Set)

Es un caso específico del modo infraestructura. Consiste en tener dos o más APs interconectados (normalmente por una LAN convencional), de forma que cada AP abarca una zona o celda que corresponde a su radio de alcance. Los usuarios pueden moverse libremente de una celda a otra y su conexión se establecerá automáticamente con el AP del que reciban una señal más potente. A esto se le llama roaming o itinerancia entre celdas (Horno, 2008).

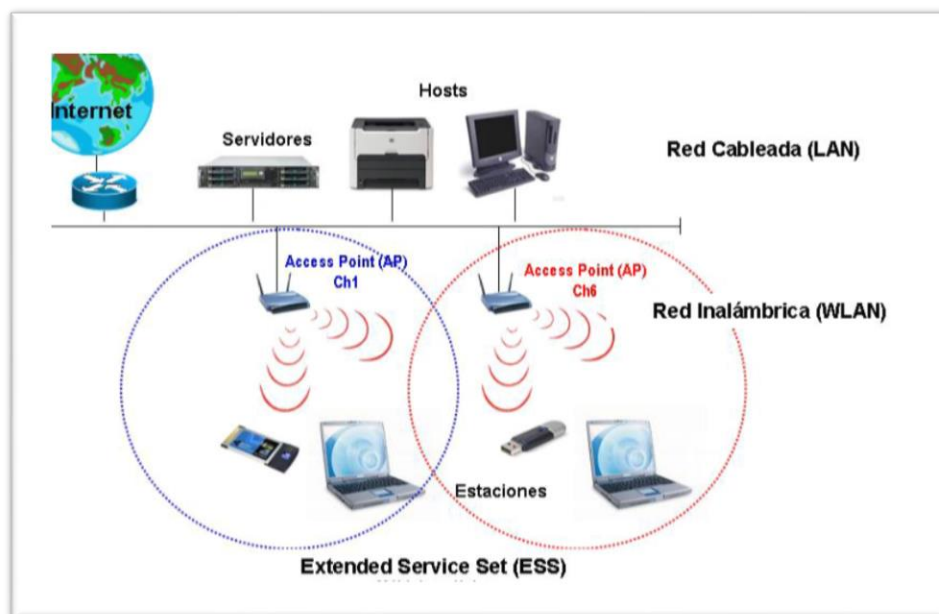


Figura 4 -Modo BSS Extendido (Horno, 2008)

El **medio inalámbrico** (el aire) es el medio de transmisión usado para comunicaciones de una estación a otra. La arquitectura de 802.11 define varias capas físicas para llevar a cabo esta transmisión. **Las estaciones** (o clientes inalámbricos) suelen ser algún tipo de computadoras, provistas de interfaces de red inalámbricas, tanto portátiles como no. Estos interfaces suelen ser tarjetas. Normalmente los portátiles de última generación cuentan con adaptador inalámbrico incorporado. (Horno, 2008)

1.2 EL ESTANDAR 802.11

La especificación IEEE⁵ 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica", es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11" (CCM, 2017).

Según (CCM, 2017), el estándar 802.11 establece los niveles inferiores del modelo OSI para las conexiones inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas, por ejemplo:

⁵ IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

La capa física (a veces abreviada capa "PHY") ofrece tres tipos de codificación de información.

La capa de enlace de datos compuesta por dos subcapas: control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC).

La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos mientras que la capa de enlace de datos define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, en particular un método de acceso parecido al utilizado en el estándar Ethernet, y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red. En realidad, el estándar 802.11 tiene tres capas físicas que establecen modos de transmisión alternativos:

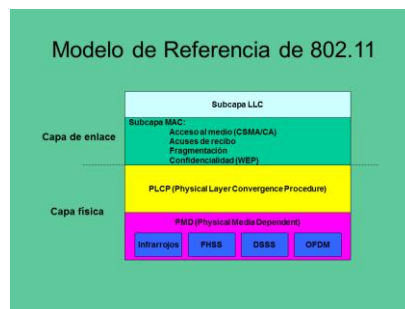


Figura 5 - Modelo de Referencia 802.11 - (CCM, 2017)

“Cualquier protocolo de nivel superior puede utilizarse en una red inalámbrica Wi-Fi de la misma manera que puede utilizarse en una red Ethernet.” (CCM, 2017)

El estándar 802.11 ha sufrido varias correcciones y mejoras en el tiempo, teniendo a continuación una descripción de varias de ellas:

1.2.1 IEEE 802.11B

IEEE 802.11b incluye mejoras del estándar original 802.11 para el soporte de tasas de transmisión más elevadas (5,5 y 11 Mbit/s). IEEE 802.11b usa el mismo método de acceso y la misma técnica DSSS definidas en el estándar IEEE 802.11 original. Un dispositivo basado en IEEE 802.11b puede transmitir hasta 11 Mbit/s, y reducirá automáticamente su tasa de transmisión cuando el receptor empiece a detectar errores, sea debido a la interferencia o a la atenuación del canal, cayendo a 5,5 Mbit/s, después a 2, hasta llegar a 1 Mbit/s, cuando el canal sea muy ruidoso. Las tasas de transmisiones de datos más bajas son menos sensibles a la interferencia y a

la atenuación puesto que están utilizando un método más redundante para codificar los datos (las exigencias de relación de señal y ruido son menos exigentes a tasas de transferencias de datos más bajas) (Pascual, 2007).

1.2.2 IEEE 802.11A

De la misma manera que IEEE 802.11b, esta enmienda utiliza el mismo protocolo de base que el estándar original. El IEEE 802.11a funciona en la banda de los 5 GHz y utiliza OFDM⁶, una técnica de modulación que permite una tasa de transmisión máxima de 54 Mbit/s. Usando la selección adaptativa de velocidad, la tasa de datos cae a 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbit/s a medida que se experimentan dificultades en la recepción. (Pascual, 2007)

802.11a tiene 12 canales sin solapamiento, de los cuales 8 están dedicados para el uso en interiores y los 4 restantes son para enlaces exteriores. 802.11a no es interoperable con 802.11b, porque usan bandas de frecuencia distintas, pero existen equipos que trabajan con ambos estándares (2 radios). La frecuencia de 5 GHz introduce mayor atenuación en la transmisión en exteriores y es también absorbida en mayor grado por paredes y otros objetos, por lo que en general tiene menor alcance que la de 2,4 GHz; sin embargo, esto se puede compensar a veces utilizando antenas exteriores de mayor ganancia. (Pascual, 2007)

1.2.3 IEEE 802.11G

En junio de 2003, se ratificó una tercera enmienda al estándar 802.11 con la denominación de IEEE 802.11g y funciona en la misma banda del 802.11b, usa la misma técnica de modulación que el 802.11a (OFDM) por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbit/s. La interoperabilidad 802.11g con 802.11b es una de las razones principales de su masiva aceptación. Sin embargo, sufre el mismo problema en 802.11b con respecto a interferencia (demasiados puntos de acceso urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia 2,4Ghz (Pascual, 2007).

⁶ OFDM: Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing.

1.2.4 IEEE 802.11S

Es el estándar para redes Wi-Fi malladas, también llamadas redes Mesh⁷. La malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Según la normativa 802.11 actual, una infraestructura Wi-Fi compleja se interconecta usando LANs fijas de tipo Ethernet. 802.11s pretende responder a la fuerte demanda de infraestructuras WLAN móviles con un protocolo para la autoconfiguración de rutas entre puntos de acceso mediante topologías multisalto. Dicha topología constituirá un WDS (Wireless Distribution System) que deberá soportar tráfico unicast, multicast y broadcast⁸. Para ello se realizarán modificaciones en las capas PHY y MAC de 802.11 y se sustituirá la especificación BSS (Basic Service Set) actual por una más compleja conocida como ESS (Extended Service Set). (Pascual, 2007)

1.2.5 IEEE 802.11N

La última enmienda del 802.11 es IEEE 802.11n que apunta a alcanzar una tasa teórica de 540 Mbit/s que sería 40 veces más rápida que la de 802.11b y 10 veces más que la de 802.11a o la 802.11g (Pascual, 2007). La norma 802.11n aprovecha muchas de las enmiendas previas pero la gran diferencia es la introducción del concepto de MIMO (Multiple Input, Multiple Output), múltiples-entradas múltiples salidas. MIMO implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance. Muchos expertos afirman que MIMO es el futuro de las redes inalámbricas

MIMO aprovecha la propagación por multitrayectoria para mejorar el rendimiento (o para reducir la tasa de errores) en vez de tratar de eliminar los efectos de las reflexiones en el trayecto de propagación como hacen los otros estándares. En términos simples, MIMO se aprovecha de lo que otros estándares consideran como obstáculo: La multitrayectoria. Cuando una señal de radio es enviada por el aire,

⁷ Mesh: Redes inalámbricas malladas, cada nodo está conectado a uno o más nodos.

⁸ Métodos de transmisión: En una LAN los métodos de transmisión de datos de la capa 2 se dividen en tres clasificaciones: unicast, multicast y broadcast.

puede alcanzar al receptor a través de diferentes trayectos. El receptor recibe primero la señal directa de línea de vista y un tiempo después, ecos y fragmentos de la señal que ha sido reflejada en edificios o en otros obstáculos (Pascual, 2007).

Normalmente, estos ecos y fragmentos son vistos como ruido de la señal buscada, pero MIMO es capaz de usar esa información proveniente de trayectos indirectos para mejorar la señal principal. Esto resulta en una señal más limpia (menos ruido) y alcance mayor. Inclusive, a distancias cortas, es posible la transmisión aun cuando la línea de vista esté bloqueada, cosa muy difícil con las versiones anteriores de 802.11. Esto se conoce como transmisión sin línea de vista NLOS⁹.

Otra característica que MIMO incluye es el uso de muchos transmisores para la misma secuencia de datos, de ahí la llamada multiplexación por división espacial SDM¹⁰. Un conjunto de secuencias de datos independientes se envía dentro de un mismo canal, aumentando así el rendimiento de la transmisión en proporción al número de secuencias empleadas. Puesto que MIMO requiere antenas y procesamiento adicional, necesariamente los equipos que lo emplean son más costosos (Pascual, 2007).

1.3 ARQUITECTURA FISICA DE RED

Según (GUIJARRO, 2014), existen 4 tipos de arquitecturas inalámbricas:

- Punto a Punto
- Punto Multipunto
- Celular
- Mesh

⁹ NOL: Non Line of Sight

¹⁰ SDM: Es una tecnología que segmenta el espacio en sectores utilizando antenas unidireccionales.

1.3.1 RED PUNTO A PUNTO

“Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos, en contraposición a las redes multipunto, en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos modos”. (Ecured, 2011)



Figura 6 – Red Punto a Punto - Apuntes 2017

“En una red punto a punto, los dispositivos en red actúan como socios iguales, o pares entre sí. Como pares, cada dispositivo puede tomar el rol de esclavo o la función de maestro. Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar”. (Ecured, 2011)

Su eficiencia decrece rápidamente a medida que la cantidad de dispositivos en la red aumenta. Los enlaces que interconectan los nodos de una red punto a punto se pueden clasificar en tres tipos según el sentido de las comunicaciones que transportan:

Simplex: la transacción sólo se efectúa en un solo sentido.

Half-dúplex: la transacción se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa, es decir solo uno puede transmitir en un momento dado, no pudiendo transmitir los dos al mismo tiempo.

Full-Dúplex: la transacción se puede llevar a cabo en ambos sentidos simultáneamente.

Cuando la velocidad de los enlaces Semi-dúplex y Dúplex es la misma en ambos sentidos, se dice que es un enlace simétrico, en caso contrario se dice que es un enlace asimétrico

Características:

Se utiliza en redes de largo alcance WAN.

Los algoritmos de encaminamiento suelen ser complejos, y el control de errores se realiza en los nodos intermedios además de los extremos.

Las estaciones reciben sólo los mensajes que les entregan los nodos de la red. Estos previamente identifican a la estación receptora a partir de la dirección de destino del mensaje.

La conexión entre los nodos se puede realizar con uno o varios sistemas de transmisión de diferente velocidad, trabajando en paralelo.

Los retardos se deben al tránsito de los mensajes a través de los nodos intermedios.

La seguridad es inherente a la propia estructura en malla de la red en la que cada nodo se conecta a dos o más nodos. (Ecured, 2011)

1.3.2 RED PUNTO A MULTIPUNTO

Las redes multipunto son en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos. En una red multipunto solo existe una línea de comunicación cuyo uso está compartido por todas las terminales en la red. La información fluye de forma bidireccional y es discernible para todas las terminales de la red. (wikipedia, 2016)

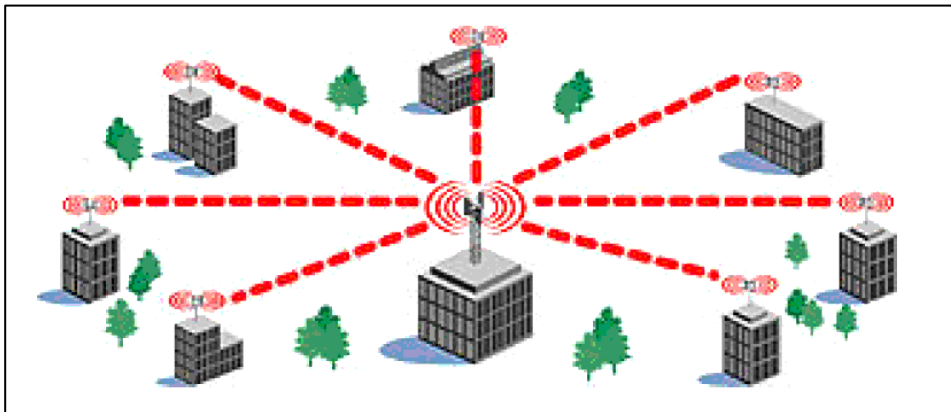


Figura 7 - RED PUNTO MULTIPUNTO - (Ubiquiti, ubiquiti, 2014)

En este tipo de redes, las terminales compiten por el uso del medio, de forma que el primero que lo encuentra disponible lo acapara, aunque también puede negociar su uso. En términos más sencillos: permite la unión de varios terminales a su computadora compartiendo la única línea de transmisión, su principal ventaja consiste en el abaratamiento de costos, aunque puede perder velocidad y seguridad. (wikipedia, 2016)

1.3.3 RED CELULAR

“Cuando varias redes punto multipunto se conectan al mismo sistema de distribución llamado backbone y diseñadas para poder reutilizar las mismas frecuencias en diferentes áreas, el resultados una red celular. La red backbone puede ser cableada o inalámbrica.” (GUIJARRO, 2014)

Las ventajas que presenta esta arquitectura son:

- a) Expande la cobertura geográfica.

b) Incrementa la capacidad de la red

c) Permite concentrar los recursos en un solo nodo (servidor de correos, servidor de archivos, firewall, etc. Todo ubicado solamente en el nodo celular. d) Provee redundancia a ciertos usuarios con cobertura de dos redes pertenecientes al mismo nodo.

1.3.4 RED MESH

La arquitectura Mesh es una arquitectura multipunto a multipunto con una o más puntos de interconexión a internet. En una red Mesh cada nodo puede conectarse con otro nodo que esté encendido y dentro de un rango de alcance inalámbrico. Redes de este tipo regularmente se desarrollan en áreas donde muchos usuarios se encuentran situados relativamente cerca uno de otro, digamos, de una cuadra a 2 Km de separación o cuando existen muchas obstrucciones situadas a pocas distancias. Cada red Mesh realiza dos funciones: como repetidor/ruteador inalámbrico y como nodo final cliente. Los paquetes pueden viajar a través de muchos nodos intermedios para alcanzar al nodo final. Si uno o más de los nodos intermedios está apagado o deshabilitado, el paquete es re-enrutado dinámicamente a través de los otros nodos intermedios. (GUIJARRO, 2014)

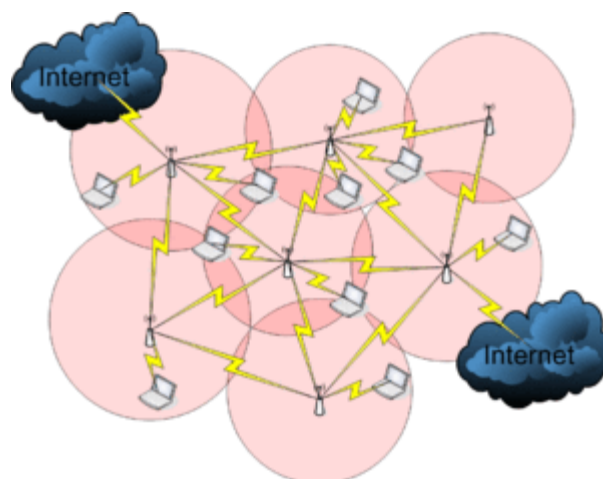


Figura 8 - Redes Mesh - (MasWifi, 2017)

1.4 REDES INALAMBRICAS DE LARGA DISTANCIA

A pesar de que la tecnología WiFi se diseñó para redes de área local, su impacto en los países en desarrollo es más importante en aplicaciones de **larga distancia**, y teniendo en cuenta que la penetración de la fibra óptica no es lo suficientemente amplia ni está cerca de cubrir las necesidades de la mayoría de las ciudades. Los costos de su expansión no cumplen a menudo, en un período razonable de tiempo, con los objetivos de retorno de inversión a que aspiran las empresas de telecomunicaciones. A pesar de esto último, las tecnologías inalámbricas han tenido más éxito en los países en desarrollo y el potencial para aumentar su expansión es enorme. (Butler, 2013)

1.4.1 REQUERIMIENTOS

Hay varios obstáculos que hay que salvar antes de utilizar WiFi como solución para largas distancias, entre ellas tenemos: las limitaciones de presupuesto de potencia, de temporización, la existencia de línea visual de radio entre los dos extremos del enlace y la vulnerabilidad a la interferencia en la banda sin licencia.

Para largas distancias, la línea visual es completamente imprescindible. La limitación de interferencia es menos importante en áreas rurales y se puede aliviar migrando a la banda de 5 GHz, menos congestionada. El problema del presupuesto de potencia puede manejarse utilizando antenas de ganancia alta y radios sensibles y potentes conectados directamente a la antena para evitar pérdidas en los cables de RF. (Butler, 2013)

1.4.2 TÉCNICAS DE ACCESO A LOS MEDIOS

Los problemas de sincronía tienen que ver con las técnicas de acceso a los medios. WiFi emplea una técnica **Aleatoria de Acceso CSMA**, para compartir el medio de comunicación. Esto lo vuelve susceptible a colisiones que no pueden detectarse por el aire, y por lo tanto, el transmisor depende de recibir una confirmación de cada trama recibida con éxito. Si después de un tiempo específico que se llama “ACKtimeout” (tiempo de confirmación vencido) no se recibe confirmación, el transmisor vuelve a mandar la trama. Y como el transmisor no va a mandar una nueva trama hasta que no se haya recibido el ACK de la precedente, el

“ACKtimeout” debe mantenerse corto. Esto funciona bien en el caso original de uso de WiFi (redes interiores) en el cual el tiempo de propagación de 33.3 microsegundos es insignificante, pero no sirve cuando se trata de enlaces de algunos kilómetros. A pesar de que muchos dispositivos WiFi no prevén la modificación del ACKtimeout, los equipos nuevos para uso en exteriores sí lo permiten, a menudo a través de un campo llamado distancia que se encuentra en la Interfaz Gráfica de Usuario. Cuando se cambia este parámetro se obtiene un caudal (throughput) razonable que de todas maneras va a disminuir con la distancia. (Butler, 2013)

Otros fabricantes han escogido migrar de acceso aleatorio a **Acceso Múltiple por División de Tiempo, o TDMA** (Time Division Multiple Access). TDMA divide el acceso asignado a un determinado canal en múltiples franjas de tiempo y asigna estas franjas a cada nodo de la red. Cada nodo transmite solamente en su franja asignada evitando de esta manera las colisiones. Esto ofrece grandes ventajas en un enlace punto a punto que así no necesita las confirmaciones (ACK) puesto que las estaciones se turnan para transmitir y recibir. A pesar de que este método es eficiente, no cumple con los estándares WiFi. Por eso algunos fabricantes lo ofrecen como un protocolo patentado opcional junto con los estándares WiFi. Por ejemplo WiMAX y algunos protocolos patentados como Nstreme de Mikrotik, o AirMAX de Ubiquiti Networks que usan TDMA para evitar los problemas de temporización ACK. (Butler, 2013)

1.4.3 PRESUPUESTO DE POTENCIA

Para maximizar la calidad del enlace podremos:

- Aumentar la ganancia de la antena en uno o ambos lados del enlace.
- Incrementar la potencia de transmisión en ambos lados del enlace.
- Use radios más sensibles (nivel mínimo utilizable de señal recibida más bajo) en ambos lados del enlace.
- Reducir pérdidas de línea de transmisión usando cables más cortos o de mejor calidad.

El gráfico siguiente muestra el nivel de potencia en cada punto de un enlace inalámbrico. El transmisor proporciona cierta cantidad de potencia. Una pequeña

cantidad de esta se pierde en atenuación entre el transmisor y la antena, en el cable RF o guía de onda. (Butler, 2013)

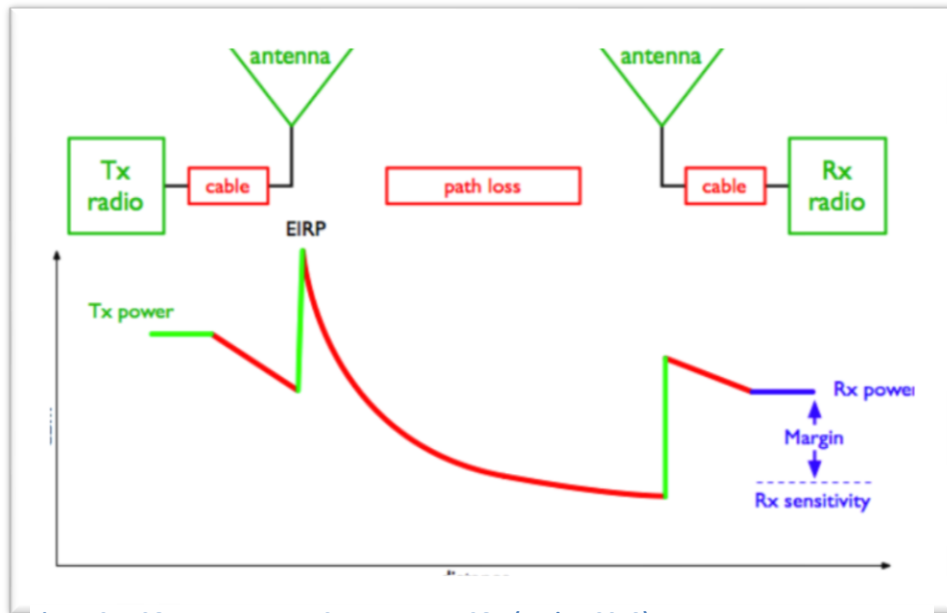


Figura 9 - ESQUEMA DE ENLACE INALAMBRICO - (Butler, 2013)

La antena entonces, enfoca la potencia y proporciona una ganancia. En este punto, la potencia tiene el valor máximo posible para el enlace. Este valor se denomina Potencia Irradiada Isotrópica Equivalente, EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) puesto que corresponde a la potencia que un transmisor tendría que emitir si la antena no tuviera ninguna ganancia. Entre las antenas transmisora y receptora hay un espacio libre y pérdidas ambientales que aumentan con la distancia entre los extremos del enlace. La antena receptora da alguna ganancia adicional. Y hay una pequeña pérdida entre la antena receptora y el radio receptor.

Si la potencia recibida en el extremo lejano es mayor que la sensibilidad de recepción del radio, el enlace es posible. Si se aumenta la potencia de transmisión se puede incurrir en violaciones de las regulaciones específicas del país. Aumentar la ganancia de la antena es el método más efectivo para mejorar el alcance. Disminuir la pérdida en los cables de la antena es todavía algo que se debe hacer, y la forma más drástica

de hacerlo es colocando el radio afuera, directamente conectado a la antena, usando una caja impermeable. A menudo esto lleva a alimentar el radio usando PoE¹¹.

Mejorar la sensibilidad del receptor implica escoger un modelo con mejor rendimiento, o transarse por velocidades de transmisión bajas con sensibilidad más alta. A pesar de que las antenas de alta ganancia son caras, en muchos países se puede encontrar todavía antenas parabólicas que ya no se usan y que pueden modificarse para las bandas WiFi. En un mundo perfecto usaríamos las antenas de mayor ganancia con los radios más potentes y sensibles que exista. Sin embargo, esto no es posible debido a consideraciones prácticas. Los amplificadores introducen más puntos de fallas y además podrían violar las regulaciones de máxima potencia permitida en el país, y añadir ruido a la recepción; en consecuencia deberían evitarse. (Butler, 2013)

¹¹ PoE: Power over Ethernet

1.5 EL ISP

Un proveedor de internet o ISP es la empresa encargada de dar acceso a la red de internet al cliente final, y a su vez proveerle de varios servicios adjuntos a esta actividad.

La necesidad creciente de conectividad con Internet está imponiendo fuertes exigencias a los proveedores de servicios Internet, tanto en el número de conexiones de acceso de los usuarios como en los servicios que los usuarios requieren en cada conexión. La tasa de crecimiento del tráfico de Internet está en torno al 100 % anual, y hay una demanda creciente de aplicaciones que necesitan capacidades superiores a las de los servicios "best effort", exigiendo una mayor capacidad en la red. (Viguera, 2010)

1.5.1 INFRAESTRUCTURA DEL ISP

Según (Viguera, 2010), la infraestructura de red necesaria para proveer los servicios IP se puede descomponer a alto nivel en 4 partes: Red de acceso, Red de concentración, Backbone o red troncal, que incluye la interconexión con otros proveedores y salida a Internet y la Red de gestión, DNS, Radius/Autenticación.

RED DE ACCESO

La parte de las redes que conecta los usuarios finales (residenciales o corporativos) a las redes de las operadoras de telecomunicaciones se conoce como **red de acceso**, aunque también está muy extendida la denominación "*última milla*".

RED DE CONCENTRACION

La misión de esta red, situada en el borde de la red de datos, es agregar las conexiones de los clientes en los puntos de presencia del proveedor.

RED TRONCAL O BACKBONE

Comprende la interconexión con otros proveedores y salida a Internet.

RED DE GESTION

Encargada de la administración y autenticación, comprende aplicaciones críticas para un ISP se centralizan en un CPD o Centro de Proceso de Datos”

1.6 ANALISIS COMPARATIVO

IEEE Standard	Year Adopted	Frequency	Max. Data Rate	Max. Range
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	400 ft.
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	450 ft.
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	450 ft.
802.11n	2009	2.4/5 GHz	600 Mbps	825 ft.
802.11ac	2014	5 GHz	1 Gbps	1,000 ft.
802.11ac Wave 2	2015	5 GHz	3.47 Gbps	10 m.
802.11ad	2016	60 GHz	7 Gbps	30 ft.
802.11af	2014	2.4/5 GHz	26.7 Mbps – 568.9 Mbps (depending on channel)	1,000 m.
802.11ah	2016	2.4/5 GHz	347 Mbps	1,000 m.
802.11ax	2019 (expected)	2.4/5 GHz	10 Gbps	1,000 ft.
802.11ay	late 2019 (expected)	60 GHz	100 Gbps	300-500 m.
802.11az	2021 (expected)	60 GHz	Device tracking refresh rate 0.1-0.5 Hz	Accuracy <1m to <0.1m

Tabla 1 - COMPARATIVA ESTANDARES 802.11 (L-COM, 2017)

Luego de la revisión teórica breve de varias tecnologías utilizadas para el funcionamiento de las redes inalámbricas, y revisando la tabla 1, se ha visto que el protocolo 802.11 ha ido evolucionando y sufriendo muchas mejoras, llegando con 802.11n a tasas de transferencia de 600Mbps y que con ciertas modificaciones que han realizado los fabricantes, se puede llegar a tener conexiones de cientos de kilómetros, con sus respectivas restricciones de transmisión. Así también con la introducción del concepto de MIMO que utiliza varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance.

El objetivo principal es utilizar la tecnología más reciente, pero tomando en cuenta los costos de los equipos y su rendimiento para suplir las necesidades de consumo de los clientes.

Además al ser una tecnología muy desarrollada por varios fabricantes, se ha logrado una disminución significativa en el precio de venta de estos equipos, así existen equipos de última milla o CPE¹² que tienen precios inferiores a los \$70, o radios para enlaces punto a punto que bordean los \$150.

En lo referente a la arquitectura física de la red y tomando en cuenta las necesidades del área a cubrir, se tomara como alternativas el manejo de una infraestructura Punto a Punto para llegar a la zona en mención, y para la red de acceso o hacia el cliente final, una red Punto Multipunto para optimizar los recursos en cuanto a la cantidad de equipos.

CSMA o TDMA

WiFi usa Carrier Sense Multiple Access (CSMA) para evitar colisiones de transmisión, antes de que un nodo transmita, debe primero escuchar si hay transmisiones de otros radios, el nodo puede transmitir sólo cuando el canal se desocupa.

Otras tecnologías (como WiMAX, Nstreme, y AirMAX) usan en cambio Time Division Multiple Access (TDMA). El cual divide el acceso a un canal determinado en varias ranuras de tiempo, y le asigna estas ranuras a cada nodo en la red, cada nodo transmite solamente en su ranura asignada, evitando de esta manera las colisiones.

CSMA y TDMA son métodos de acceso al medio completamente diferentes. Algunas tecnologías como AirMAX o Nstreme, pueden usar hardware WiFi 802.11, pero el protocolo no es compatible con WiFi estándar. TDMA en particular, es bastante apropiado para enlaces punto a punto, donde no hay ranuras de tiempo desperdiciadas. Para aplicaciones punto a multipunto en distancias cortas, CSMA es más eficiente. TDMA también proporciona Calidad de Servicio (QoS) inherente ya que el tiempo máximo para que una estación gane acceso al medio está limitado.

¹² CPE: Customer Premises Equipment, Equipo local del cliente.

2 CAPITULO - SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR

2.1 ANÁLISIS DE ACCESO A INTERNET Y PROVEEDORES A NIVEL NACIONAL

2.1.1 INICIOS DEL INTERNET EN ECUADOR

“El internet es una amplia red global, que conecta sistemas de cómputo a través del mundo. Esto incluye varias líneas de datos de banda ancha que comprenden el "backbone" de Internet. Estas líneas están conectadas a los principales centros de Internet que distribuyen los datos a otras ubicaciones, como servidores web e ISPs¹³”.

(techterms, 2015)

En el Ecuador, la primera institución en proveer acceso al Internet fue EcuaneX, un nodo de Internet establecido en 1991 por la Corporación Interinstitucional de Comunicación Electrónica, Intercom. Esta red forma parte de la red mundial del Institute for Global Communications/Alliance for Progressive Communications (IGC/APC), que provee este servicio a organizaciones no gubernamentales y de desarrollo. Formaban parte de EcuaneX instituciones tales como Acción Ecológica¹⁴, ALAI¹⁵, CAAP¹⁶, CONUEP¹⁷, FLACSO¹⁸, y la Universidad Andina Simón Bolívar (Fierro, 1995).

Un segundo nodo, EcuaneT, fue establecido en octubre de 1992, por la Corporación Ecuatoriana de Información, una entidad sin fines de lucro, auspiciada por el Banco del Pacífico, la Escuela Superior Politécnica del Litoral, la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y otras entidades. Esta red estaba conectada en forma directa al NSFNET¹⁹, mediante el sistema de comunicaciones del Banco del Pacífico. Una de las condiciones establecidas por éste convenio era que las instituciones educativas y de investigación estarían exentas del pago mensual por la membresía; sin embargo,

¹³ ISP: Internet Service Provider, Proveedor de Servicios de Internet

¹⁴ Acción Ecológica: Grupo Pro-defensa de la naturaleza y de los pueblos.

¹⁵ ALAI Agencia Latinoamericana de Información es una agencia de información con sede en Ecuador dedicada a la difusión de información.

¹⁶ CAAP: Centro Andino de Acción Popular.

¹⁷ CONUEP : El Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas

¹⁸ FLACSO: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador

¹⁹ NSFNET: Comenzó con una serie de redes dedicadas a la comunicación de la investigación y de la educación. Fue creada por el gobierno de los Estados Unidos (a través de la National Science Foundation), y fue reemplazo de ARPANET como backbone de Internet.

algunas entidades sin fines de lucro y profesionales individuales habían expresado su preocupación por el elevado costo de este servicio. (Fierro, 1995)

2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL

Gracias a SIETEL²⁰, que es la entidad de control adjunta a ARCOTEL²¹ que permite a los peticionarios y operadoras de telecomunicaciones presentar sus reportes periódicos del servicio en línea, es posible tener información y datos estadísticos actualizados del sector de las telecomunicaciones. Para la presentación de estos datos se ha tomado la publicación de septiembre del 2017, con los datos tomados al cierre del segundo trimestre, junio del 2017.

El Servicio de Acceso a Internet constituye uno de los servicios de mayor interés por parte del Estado y ciudadanía en general, pues a partir de su acceso se puede coadyuvar en una mejora en la prestación de servicios básicos como educación, salud, gobierno, comercio, etc. Para el segundo trimestre del año 2017, el 10,29% de la ciudadanía mantiene contratada una cuenta de Internet Fijo y las provincias de Pichincha y Guayas son las que poseen mayores porcentajes de suscripción con el 31,49% y 26,79% respectivamente; el Internet Móvil cuenta con el 48,68% de penetración, siendo uno de los servicios que ha tenido un importante crecimiento. Los datos de banda ancha fija, se procesan en Ecuador sobre la base de los criterios expuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que considera como banda ancha a aquellas velocidades iguales o superiores a 256 kbps y a la regulación ecuatoriana, en donde se establece como banda ancha a las velocidades iguales o superiores a 1024 kbps. Sobre la base del análisis de los datos obtenidos de acuerdo a lo determinado en la regulación ecuatoriana, el porcentaje de cuentas de Internet de Banda Ancha por cada 100 habitantes corresponde al 2,14% lo que permite concluir que es necesario incrementar acciones en el ámbito de política pública, su ejecución y regulación lo que permitirá incrementar el crecimiento de este indicador, propendiendo a que cada vez los ciudadanos puedan acceder a redes de banda ancha (Arcotel, 2017).

²⁰ Sistema de Información y Estadística de los Servicios de Telecomunicaciones

²¹ Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

En el caso que nos compete, sobre el acceso a internet se tiene la certeza que la información publicada es recopilada directamente de los permisionarios del servicio de internet.

Según (Arcotel, 2017), se define los parámetros así:

Cuentas Conmutadas.- Dentro de esta categoría se han incluido todas las cuentas de Internet que para hacer uso del servicio el usuario debe realizar la acción de marcar a un número determinado ya sea a través de las redes de telefonía fija o móvil.

Usuarios Conmutados.- Esta Agencia estima que por cada cuenta conmutada existe 4 usuarios, sin embargo, anualmente se revisará este factor con el propósito de disponer estimaciones lo más aproximadas a la realidad.

Cuentas Dedicadas. - Son todas aquellas cuentas que utilizan otros medios, que no sea Dial Up, para acceder a Internet, como puede ser ADSL²², Cable Modem²³, Radio²⁴, etc.

Usuarios Dedicados.- Son el número total de usuarios que los prestadores del servicio de internet estiman que disponen por sus cuentas dedicada.

Cuentas Totales.- Es la suma de las cuentas conmutadas más las cuentas dedicadas. El total general de cuentas totales incluye también el número de cuentas del Servicio Móvil Avanzado.

Usuarios Totales.- El número de usuarios totales de internet está dado por la suma de los usuarios Conmutados y Dedicados Totales. El Total general de usuarios totales incluye también el número de usuarios del Servicio Móvil Avanzado.

22 ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line. Es un tipo de tecnología de línea de abonado digital. Consiste en la transmisión digital de datos apoyada en el cable de pares simétricos de cobre que lleva la línea telefónica convencional.

23 Cable-módem: Es un tipo especial de módem diseñado para modular y demodular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.

24 Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas.

La Figura 10 muestra un histórico de la evolución de las cuentas de internet desde el año 2010 en todo el país, y marca el gran crecimiento que a tenido en los últimos años, así como la importancia del desarrollo de las telecomunicaciones y su influencia en el acceso a internet.

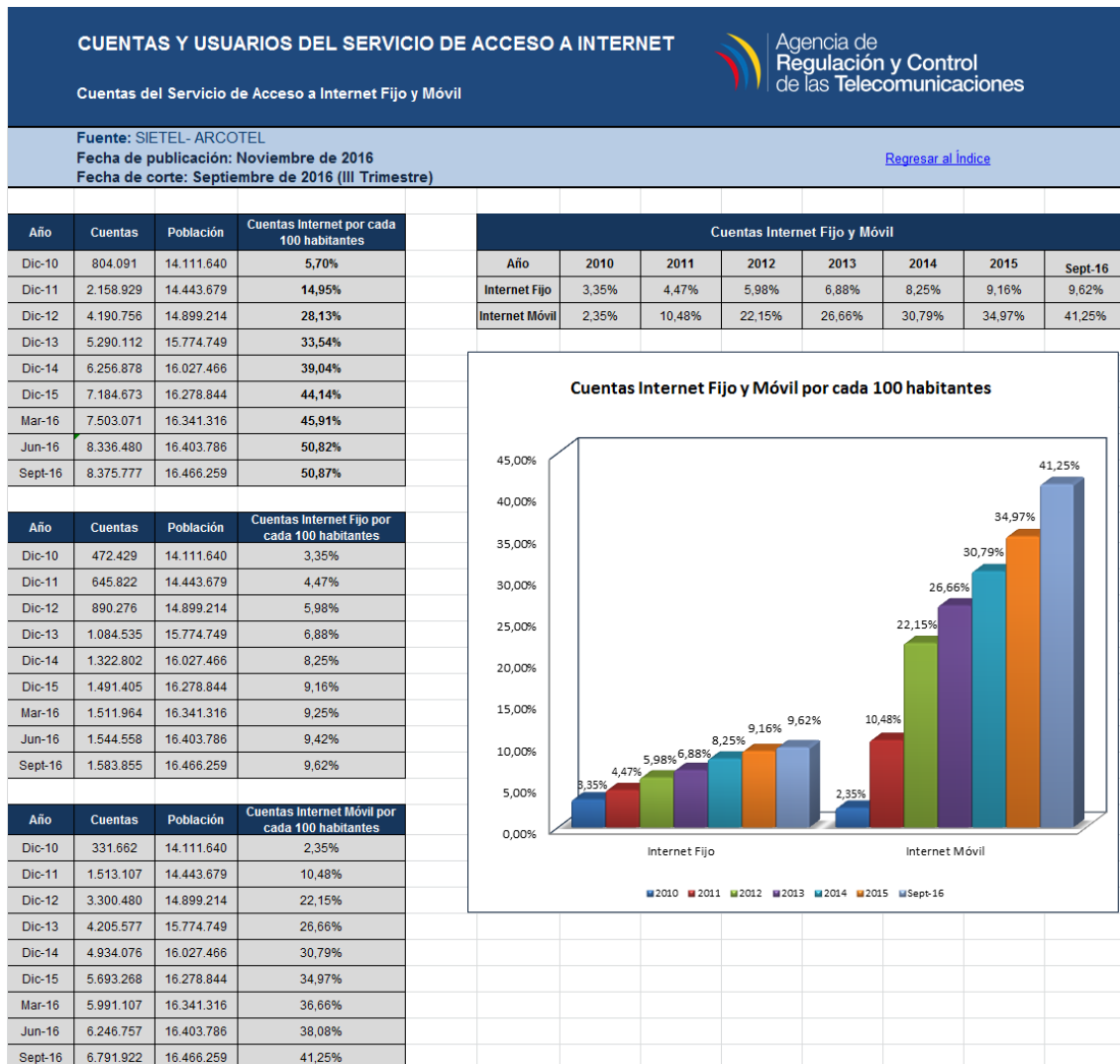


Figura 10 - HISTORICO ACCESO A INTERNET - (Arcotel, 2017)

La comparativa es porcentual entre las cuentas de acceso a internet y la población total del país, agrupando en la primera tabla tanto las cuentas de internet fijo y móvil y mostrándonos el gran incremento que se ha dado en los últimos 6 años. El salto más significativo se da entre diciembre del 2010 y diciembre del 2011, triplicándose los valores de un año a otro, para luego tener un crecimiento constante hasta de un 5% cada año.

Si tomamos solo las cuentas de acceso a internet fijo, vemos que el incremento de un año a otro es mucho más pequeño, aproximadamente 1% cada año, y además casi sin incremento durante el 2016, considerando que el 9,62% de acceso a internet fijo es sumamente bajo, comparado con valores de países de la región.

En cuanto a las cuentas de internet móvil, se ha visto que la gran expansión fue durante los años 2011, 2012 y 2013, con incrementos del 8% al 12 % cada año, pero estabilizándose y con buenos incrementos del 5% del 2015 al 2016. Además que es principal manera de conectarse a internet en la actualidad, y la preferida por la mayoría de personas, llegando hoy a más de 6 millones de cuentas de internet móvil en el Ecuador.

En el gráfico de barras podemos ver el gran crecimiento que ha tenido las cuentas de internet móvil en los últimos 6 años, llegando a más del 42% de habitantes, frente a solo un 9,00% del internet fijo, dándonos claras muestras de que falta muchísimo crecimiento de éste último en el país.

2.1.3 DISTRIBUCIÓN POR PROVINCIAS


CUENTAS Y USUARIOS DEL SERVICIO DE ACCESO A INTERNET							
Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia							
Fuente: SIETEL- ARCOTEL					 Agencia de Regulación y de las Telecomunicaciones		
Fecha de publicación: Noviembre de 2016							
Fecha de corte: Septiembre de 2016 (III Trimestre)							
No.	PROVINCIA	Cuentas Conmutadas	Cuentas Dedicadas	Cuentas Totales	Estimado de Usuarios Conmutados	Estimado de Usuarios Dedicados	Estimado de Usuarios Totales
1	AZUAY	341	102.615	102.956	1.364	387.781	389.145
2	BOLIVAR	8	8.929	8.937	32	87.648	87.680
3	CAÑAR	0	17.959	17.959	0	119.794	119.794
4	CARCHI	13	12.005	12.018	52	95.512	95.564
5	CHIMBORAZO	22	39.374	39.396	88	344.716	344.804
6	COTOPAXI	69	26.857	26.926	276	245.759	246.035
7	EL ORO	195	52.173	52.368	780	432.905	433.685
8	ESMERALDAS	25	25.017	25.042	100	228.095	228.195
9	GALAPAGOS	9	3.900	3.909	36	18.179	18.215
10	GUAYAS	118	420.037	420.155	472	3.544.045	3.544.517
11	IMBABURA	132	43.030	43.162	528	335.025	335.553
12	LOJA	1.004	44.326	45.330	4.016	329.064	333.080
13	LOS RIOS	223	31.893	32.116	892	275.965	276.857
14	MANABI	83	80.957	81.040	332	669.603	669.935
15	MORONA SANTIAGO	0	9.047	9.047	0	90.445	90.445
16	NAPO	3	7.979	7.982	12	88.015	88.027
17	ORELLANA	0	7.974	7.974	0	72.927	72.927
18	PASTAZA	2	8.363	8.365	8	89.364	89.372
19	PICHINCHA	547	505.876	506.423	2.188	4.040.478	4.042.666
20	SANTA ELENA	0	18.617	18.617	0	174.026	174.026
21	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	3	37.611	37.614	12	306.452	306.464
22	SUCUMBIOS	6	10.532	10.538	24	110.576	110.600
23	TUNGURAHUA	609	58.965	59.574	2.436	509.235	511.671
24	ZAMORA CHINCHIPE	75	6.328	6.403	300	54.328	54.628
	ZONAS NO DELIMITADAS	0	4	4	0	259	259
	Operadoras Móviles			6.791.922			6.791.922
	TOTAL GENERAL	3.487	1.580.368	1.583.855	13.948	12.650.196	19.456.066

Figura 11 – CUENTAS Y USUARIO DE INTERNET POR PROVINCIAS - (Arcotel, 2017)

Para el análisis de la Figura 11 es muy importante el valor estimado de Usuario Totales, ya que eso refleja a cuantas personas realmente está llegando el acceso a internet. Así se ve que las provincias con mayor usuarios son Pichincha y Guayas que entre las dos suman más de 7.5 millones, y si a eso le sumamos los usuarios de operadoras móviles que son más de 6.5 millones, nos queda un poco más de 5 millones de usuarios fijos repartidos en todas las demás provincias, viendo claramente la gran desigualdad en el acceso a internet en los sectores alejados.

Al parecer esta característica se debe a la sobrepoblación que hay en las grandes ciudades, lo cual ha permitido la mayor inversión tanto gubernamental como privada en infraestructura para satisfacer la alta demanda, por el contrario se evidencia la falta de inversión en sectores menos densos poblacionalmente, tal es el caso de Galápagos, Carchi, Bolívar, así como todas provincias del oriente.

Para un mejor análisis nos referiremos a la figura 12 donde vemos los valores de la población de cada provincia comparada con la cantidad de usuarios que acceden a internet, tomado los valores porcentuales tenemos que las provincias con mayor porcentaje de usuarios con acceso a internet en relación con la población total de la provincia son: Pichincha, Tungurahua, Pastaza, Guayas e Imbabura, así como las de menor porcentaje son: Esmeraldas, Los Ríos y Bolívar. Dándonos a suponer que no solo la densidad poblacional es el factor fundamental en el acceso a internet, sino también aspectos sociales, económicos o posible falta de políticas que permitan a las empresas realizar inversiones en estos sectores.

Cabe destacar que varias provincias que no son consideradas grandes, tienen altos porcentajes de acceso a internet, tal es el caso de Imbabura, Napo, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas, que tienen un porcentaje que va del 71% al 88% que es considerado muy bueno y que ha crecido en gran medida por inversiones de carácter privado.

Un punto muy especial es el caso de la Provincia de Tungurahua en la cual un 91,22% de la población total tiene acceso a internet.

ABONADOS Y USUARIOS DEL SERVICIO DE ACCESO A INTERNET

Datos de Cuentas y de Usuarios estimados de Internet por Provincia en Porcentaje

Fuente: SIETEL- ARCOTEL

Fecha de publicación: Noviembre de 2016

[Regresar al Índice](#)

Fecha de corte: Septiembre de 2016 (III Trimestre)

No.	PROVINCIA	Estimado de usuarios totales	Número de habitantes Septiembre 2016	% de habitantes provincia que acceden a Internet
1	Azuay	389.145	817.529	47,60%
2	Bolívar	87.680	202.438	43,31%
3	Cañar	119.794	260.749	45,94%
4	Carchi	95.564	180.517	52,94%
5	Chimborazo	344.804	503.955	68,42%
6	Cotopaxi	246.035	460.612	53,41%
7	El Oro	433.685	676.331	64,12%
8	Esmeraldas	228.195	604.342	37,76%
9	Galápagos	18.215	29.813	61,10%
10	Guayas	3.544.517	4.116.542	86,10%
11	Imbabura	335.553	448.326	74,85%
12	Loja	333.080	498.129	66,87%
13	Los Ríos	276.857	871.126	31,78%
14	Manabí	669.935	1.503.371	44,56%
15	Morona Santiago	90.445	177.240	51,03%
16	Napo	88.027	121.491	72,46%
17	Orellana	72.927	152.123	47,94%
18	Pastaza	89.372	101.255	88,26%
19	Pichincha	4.042.666	2.975.713	135,86%
20	Santa Elena	174.026	363.066	47,93%
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	306.464	422.934	72,46%
22	Sucumbíos	110.600	208.059	53,16%
23	Tungurahua	511.671	560.912	91,22%
24	Zamora Chinchipe	54.628	109.023	50,11%

Figura 12 - PORCENTAJES DE ACCESO A INTERNET POR PROVINCIAS - (Arcotel, 2017)

2.1.4 PROVEEDORES

Los proveedores o prestadores que dan acceso a internet fijo, según el último reporte de ARCOTEL, son 390, los cuales están distribuidos en todo el territorio nacional, entre empresas públicas y privadas, según el siguiente cuadro.

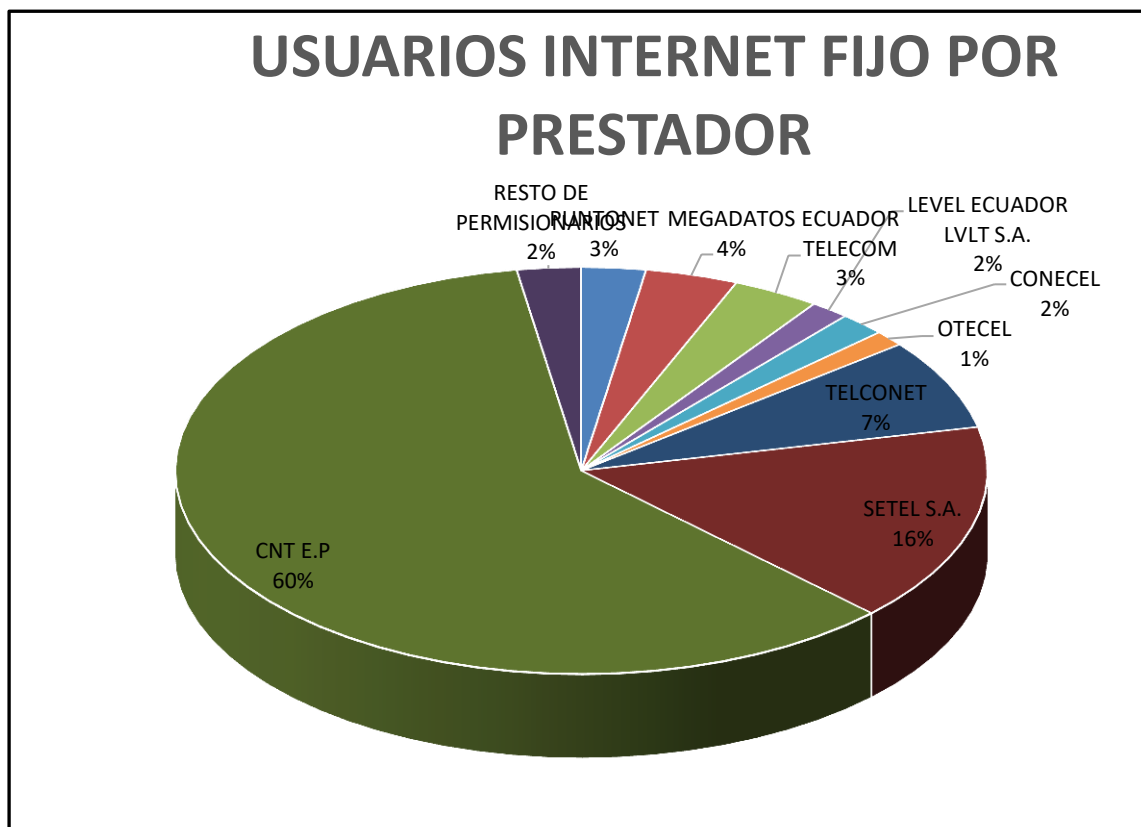


Figura 13 - USUARIOS POR PRESTADOR -ARCOTEL 2016

CNT²⁵, con el 60% del mercado es el principal proveedor del país, seguido por SETEL²⁶, TELECONET, MEGADATOS²⁷ y más, que vienen a ser las empresas grandes en proveer acceso a internet. Así también todos los pequeños proveedores que suman apenas un 2%.

²⁵ CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Empresa Pública.

²⁶ Filial GRUPO TV CABLE

²⁷ NetLife

2.2 ANÁLISIS DE LA ZONA A CUBRIR

2.2.1 EL SECTOR

El acceso a Internet varía dependiendo del tipo de población donde se analice la muestra, es así que existe una clara diferencia entre el porcentaje de población con acceso a Internet Urbano (37%) en relación al Rural (9.1%) (Arcotel, 2017). Entre otros factores que causan estas diferencias se encuentran las dificultades geográficas y la falta de rentabilidad que representa para las empresas privadas el realizar inversiones en áreas con poco poder adquisitivo. Sin embargo, al haber sido declarado el acceso a Internet como un derecho humano altamente protegido por la Asamblea General de las Naciones Unidas²⁸, las empresas se ven en la obligación de desarrollar redes de telecomunicaciones con algún tipo de tecnología alámbrica o inalámbrica para cumplir con sus obligaciones, normalmente las empresas que realizan estos desarrollos son las empresas públicas.

“Según el último censo de población realizado en el 2010, la provincia de Cotopaxi tenía 409205 habitantes, los cantones que se desea acceder tenían las siguientes poblaciones: Saquisilí 25320 habitantes, Pujilí 69055 habitantes, siendo un grupo considerable para la realización del proyecto”. (INEC, 2013)

28 El Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas aprobó el 6 de julio del 2006, una resolución vinculante (esto quiere decir que ningún país está obligado a cumplir con ella "oficial o jurídicamente"), para la "promoción, protección y el disfrute de los derechos humanos en Internet". En el documento se establece que de ahora en adelante, "el acceso a Internet será considerado un derecho básico de todos los seres humanos" y que los "conectados" y los "desconectados" poseen los mismo derechos; y que por tanto todos los países sin excepción, tienen la obligación de proveer a sus ciudadanos de acceso a la red. Del mismo modo, condena a los países que se opongan a esta medida de libertad.

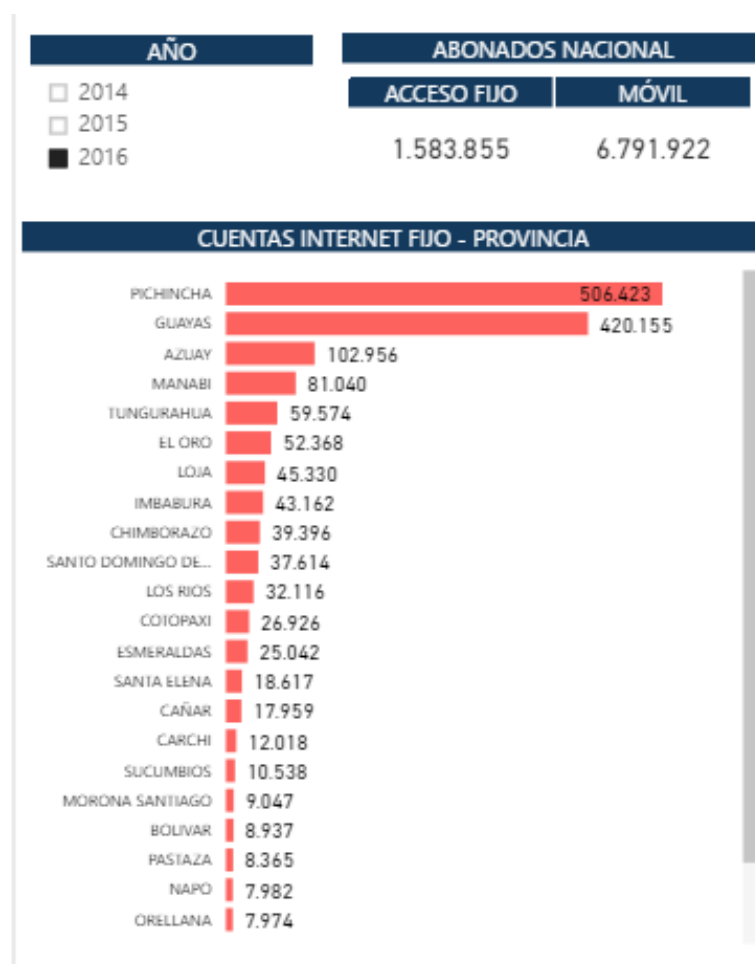


Figura 14 – ABONADOS POR PROVINCIA - MINTEL 2015

Según el Sistema de Información del Sector de las Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información del Ministerio de Telecomunicaciones, el cual provee información integral mediante indicadores y estadísticas, podemos tener una idea más clara de la situación del sector a analizar. En la figura siguiente tenemos la cantidad de abonados a internet a nivel nacional y provincial, mostrándonos a la provincia de Cotopaxi con 26926 cuentas, siendo un valor muy bajo en relación a la población total de la provincia. La zona rural que se pretende abarcar está ubicada entre los cantones de Saquisilí y Pujilí intentando enmarcar un sector donde no existe todavía mucha presencia de proveedores. Luego de una inspección física al lugar se tiene los siguientes poblados:

Saquisilí
Chantilín
Manizales
El Tejar
Mollepamba
La Libertad
Tambillo
San Francisco de Asis
San Vicente
Urpiguisha
Cruz Loma
Pujili
La Victoria
El Tejar Pujilí
El Calvario
Tingo Chico
Tingo Grande
Guápulo
Cashapamba
Inchapo
Chugchilán
San Marcos
Latacunga Occidente
Patután
San Francisco
Zumbalica
San Gerardo
Brazales
Cristo Rey
11 de Noviembre
Luz de América
Chucutisí
Pilligillí
Poaló
Tilipulo
Guapulo Latacunga

De acuerdo con el Censo de Población del INEC 2010 (Anexo1), la cantidad de habitantes en el sector rural de los cantones Pujilí y Saquisilí es de 77.106, De acuerdo al área a cubrir se estima que abarcará un 40% del total general, o sea unos 30842 habitantes, que se considera una población aceptable para iniciar el proyecto.

Realizando una comparación con otro nodo de características similares ubicado en el sector rural del cantón Salcedo, se estima que el número máximo de usuarios que accederán a la red será unos 150 usuarios en un lapso de 2 años.

2.2.2 PROVEEDORES EN LA ZONA

Siendo ARCOTEL la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, es la autorizada para entregar los títulos habilitantes a las empresas que provean acceso a internet. Para el estudio se toma como referencia el acceso a internet fijo por considerarlo de menor costo al cliente final, vamos a dejar de lado el acceso a internet móvil.

Según su último reporte existen en la provincia de Cotopaxi 10 proveedores de internet fijo locales, legalmente autorizados, los cuales cubren generalmente las principales ciudades y los centros poblados cercanos. También proveedores nacionales como CNT que actualmente tiene gran influencia en el mercado y que abarca un altísimo porcentaje en las ciudades y sus alrededores, generalmente utilizando líneas de cobre o fibra óptica. La transmisión por cobre tiene el limitante que solo puede abarcar a 2km a la redonda de la central telefónica más cercana, y los costos de los sistemas por fibra óptica todavía siguen siendo altos para llegar a clientes rurales.

Luego de un recorrido por el sector y conversaciones con varios pobladores se encuentra que solo 2 proveedores privados tienen cobertura en ese sector y que si existe necesidad de tener el servicio de acceso a internet.

2.3 EVALUACIÓN

El servicio de acceso a Internet en Ecuador, representa uno de los servicios con mayor demanda y crecimiento debido fundamentalmente a la cantidad de contenido generado y compartido a través de la red, el desarrollo de aplicaciones y el acceso a redes sociales.

“Particular interés reviste para el Estado el promover el aumento de la penetración de servicios de banda ancha fija y móvil, tal como se indica en el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información y Comunicación 2016 – 2021 del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información” (Arcotel, 2017).

De acuerdo con el último boletín estadístico (Arcotel, 2017), “correspondiente al segundo trimestre del 2017, solo el 10,29% de la ciudadanía mantiene contratada una cuenta de Internet Fijo y las provincias de Pichincha y Guayas son las que poseen mayores porcentajes de suscripción con el 31,49% y 26,79% respectivamente”.

El incremento en el desarrollo tecnológico ha llevado a la aparición de un sinnúmero de nuevas empresas y marcas dedicadas a crear productos de comunicaciones inalámbricas con muy buenos estándares de eficiencia y durabilidad y sobre todo con costos relativamente bajos.

En la actualidad se puede hacer enlaces inalámbricos PTP de varios kilómetros con costos que bordean los \$500, así como llegara un cliente domiciliario (CPE) a costos de \$70, haciendo que sea posible que pequeñas empresas pueden realizar proyectos muy eficientes, focalizados en comunidades alejadas para cubrir la necesidad de ese sector. Estos proyectos generalmente no tienen ninguna clase de planificación previa ni proyecto de ingeniería que permita dimensionar de mejor manera los equipos o alcances y zonas de cobertura.

Es aquí donde cabe la necesidad de este proyecto para ayudar a los futuros diseños a tener una idea clara de cuáles son los parámetros de inversión y alternativas a tomar, sin pensar que la tecnología inalámbrica vaya a reemplazar a otras que posiblemente son más rápidas como la fibra óptica.

De acuerdo con los datos evaluados, considero que si es necesario un estudio de este tipo ya que se evidencia la necesidad de tener acceso a internet por parte de los sectores rurales o alejados de las ciudades o cantones, donde la inversión estatal o de grandes empresas no ha llegado.

3 CAPITULO - DISEÑO DE LA RED

En este capítulo se realizará el diseño de la red, tomando como referencia la estructura básica de una red wifi propuesta por (Horno, 2008) (véase Figura 1), o sea el **Sistema de Distribución** o Backbone, así como el **Conjunto Básico de Servicios** que comprende el **AP** y los **Clientes** conectados a este y el **Conjunto Extendido de Servicios** que son todos los **APs** y sus **Clientes**.

Analizando el área total a cubrir, se iniciará con el proceso de obtención de las coordenadas geográficas de los puntos que conformarán nuestra red.

Se realizará una simulación de radio enlaces y puntos de distribución con una herramienta de software actualizada.

Finalmente se realizará el diseño de la arquitectura de red.

3.1 DETERMINACION DEL AREA A CUBRIR

Luego de analizar los datos estadísticos de los poblados a ser atendidos con el servicio de acceso a internet revisado en el capítulo anterior, se requiere su ubicación física para conocer las distancias y posibilidades reales de cobertura. Se realiza la ubicación de las coordenadas mediante el programa Google Maps²⁹ y se realiza el desplazamiento a varios sectores y comunidades y se toma las coordenadas utilizando un GPS³⁰, teniendo como referencia un punto central de cada poblado. Se tiene los siguientes datos:

²⁹ Google Maps: Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Alphabet Inc.

³⁰ GPS: Sistema de Posicionamiento global.

COORDENADAS DE LOCALIDADES A CUBIR ENTRE LOS CANTONES	
Saquisilí	-0.808126, -78.644433
Chantilín	-0.841439, -78.661681
Manizales	-0.841782, -78.674894
El Tejar	-0.835946, -78.681117
Mollepamba	-0.856071, -78.676783
La Libertad	-0.855052, -78.676697
Tambillo	-0.849860, -78.665153
San Francisco de Asís	-0.849806, -78.663522
San Vicente	-0.867657, -78.662277
Urpiguisha	-0.861178, -78.655089
Cruz Loma	-0.864974, -78.644496
Pujilí	-0.955709, -78.695512
La Victoria	-0.917870, -78.697159
El Tejar Pujilí	-0.912557, -78.695343
El Calvario	-0.916120, -78.702653
Tingo Chico	-0.934215, -78.700436
Tingo Grande	-0.941338, -78.698235
Guápulo	-0.947796, -78.698439
Cashapamba	-0.947796, -78.698439
Inchapo	-0.954280, -78.673253
Chugchilán	-0.966368, -78.674642
San Marcos	-0.962286, -78.686721
Latacunga Occidente	-0.897753, -78.650559
Patután	-0.878185, -78.640764
San Francisco	-0.875857, -78.643865
Zumbalica	-0.901521, -78.644586
San Gerardo	-0.922055, -78.654932
Brazales	-0.921919, -78.648360
Cristo Rey	-0.930097, -78.675398
11 de Noviembre	-0.907727, -78.673790
Luz de América	-0.904904, -78.680168
Chucutisí	-0.893588, -78.692376
Pilligillí	-0.865791, -78.687224
Poaló	-0.884095, -78.673207
Tilipulo	-0.890855, -78.654032
Guapulo Latacunga	-0.905266, -78.651908

Tabla 2 - Coordenadas Geográficas sectores a cubrir

Estos valores serán ingresados en el simulador (AirLink) para verificar que exista cobertura en la mayoría de ellos.

Para iniciar con la simulación se ubican tres puntos estratégicos que tengan la suficiente altura para tener línea de vista de la mayoría de poblados antes descritos, actividad realizada mediante una inspección física del sector. Se localiza los lugares donde se instalará los nodos de distribución o APs, así: 1a elevación Cerro Chucutisí de

coordenadas $-0.893588,-78.692376$ (Nodo 1), el poblado de Cuicuno con coordenadas $-0.79514205817918,-78.66427495728834$ (Nodo 2), y el monte Sinchaguasín de coordenadas $-0.9541060592236518,-78.69941725980146$ (Nodo 3).

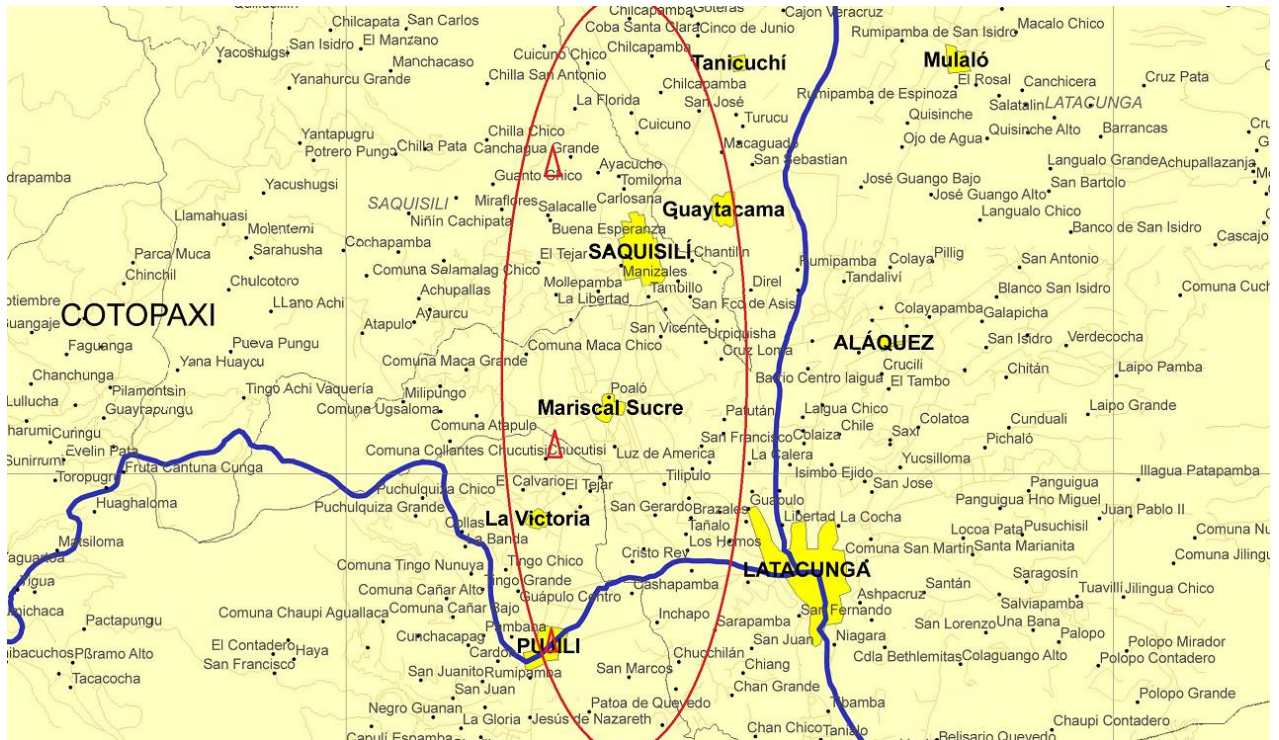


Figura 15 - Mapa Delimitación del Área

Se representa en el mapa las posibles ubicaciones de los nodos y la zona de cobertura deseada.

3.2 SIMULACIÓN DE COBERTURA

Para la simulación se utilizará la herramienta de software llamado Airlink en su versión 2.1.1 del fabricante Ubiquiti³¹, la cual permite hacer un cálculo de enlaces inalámbricos tanto Punto a Punto como Punto a Multipunto, utilizando una integración con Google Maps y con la posibilidad de simular la utilización de varios equipos y antenas.

³¹ UBIQUITI: Ubiquiti Networks, Inc., es una compañía estadounidense proveedora de tecnología disruptiva para la creación de redes inalámbricas. Ubiquiti se dedica principalmente al diseño de hardware de redes inalámbricas, tanto para la comunicación a largas distancias, como para el despliegue de pequeñas redes Wi-Fi, priorizando la innovación y el alto rendimiento a bajo coste.

3.2.1 SIMULACION NODO 1 - CHUCUTISÍ

Se procede a ingresar las coordenadas -0.893588 , -78.692376 en el software mencionado, así también los valores que se usan en proyectos similares, altura de torre 12mts, altura del posible cliente 4mts, rango de cobertura 7km, y ganancia de la antena 20dbm.

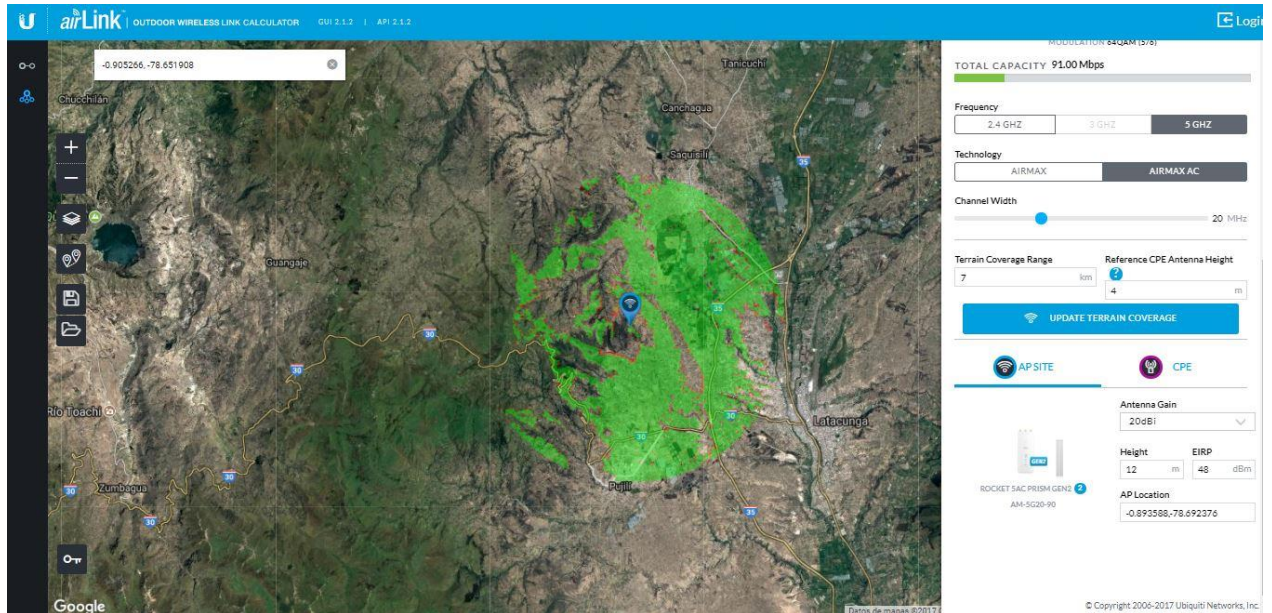


Figura 16 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 1 – Airlink 2.1.1

Se logra tener una área de cobertura aceptable que cubre un 90% de los poblados planificados.

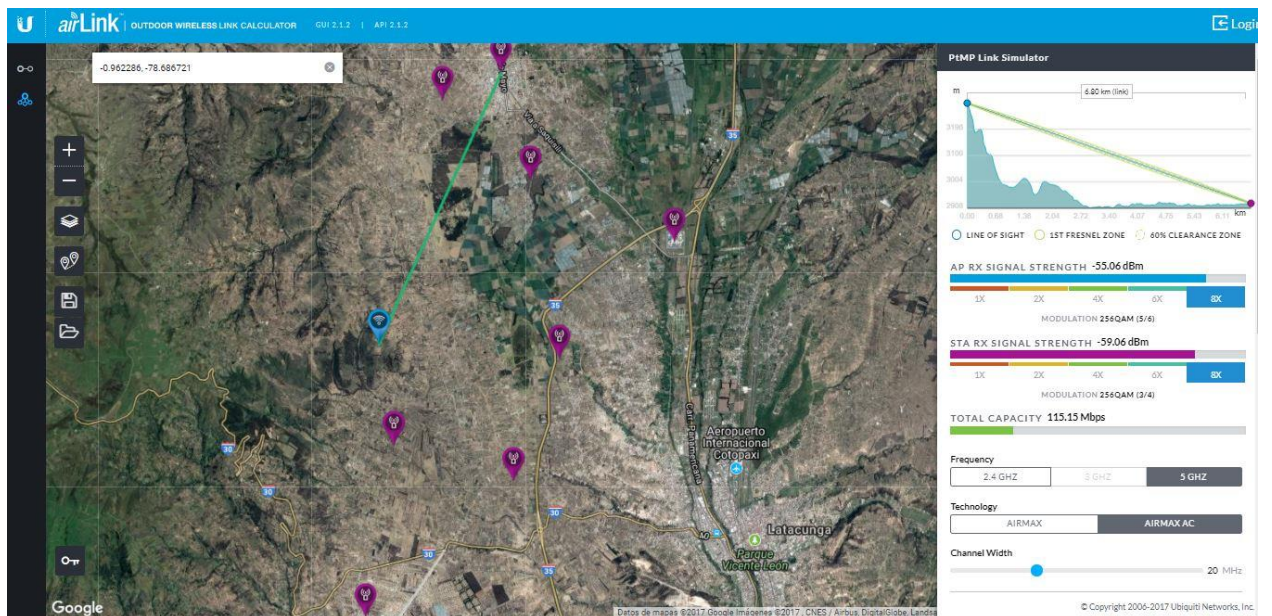


Figura 17 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 1 CON CLIENTES– Airlink 2.1.1

Ubicamos varias coordenadas de los CPEs dentro del área de cobertura (según la Tabla 2) y verificamos que la mayoría tienen línea de vista y se encuentran dentro del rango de los 7km, con lo cual se prevé una muy buena funcionalidad del sistema en cuanto a acceder al cliente utilizando el radio o antena apropiada.

SIMULACION DEL ENLACE (PROVEEDOR – NODO 1 CHUCUTISI)

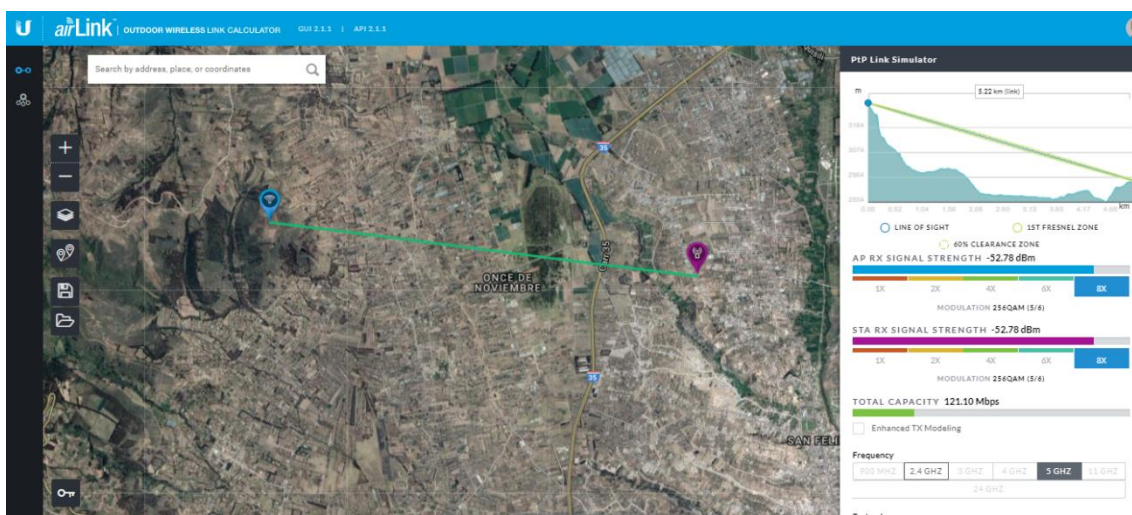


Figura 18 – AirLink - Simulación PTP_ AJ Net-Chucutisí

Esta simulación muestra el enlace Punto A Punto (PTP) entre el nodo principal AJ Net ubicado en las coordenadas $-0.8934764303739956, -78.69247732695311$ y el NODO 1 Chucutisi con coordenadas $-0.8993122029126684, -78.64604292448729$, teniendo una distancia de 5,22km y buena Línea de Vista.

Mediante el software se realiza la simulación cambiando distintos parámetros como frecuencia, ancho de canal, tecnología y el tipo de antena que mejor se adapta al caso.

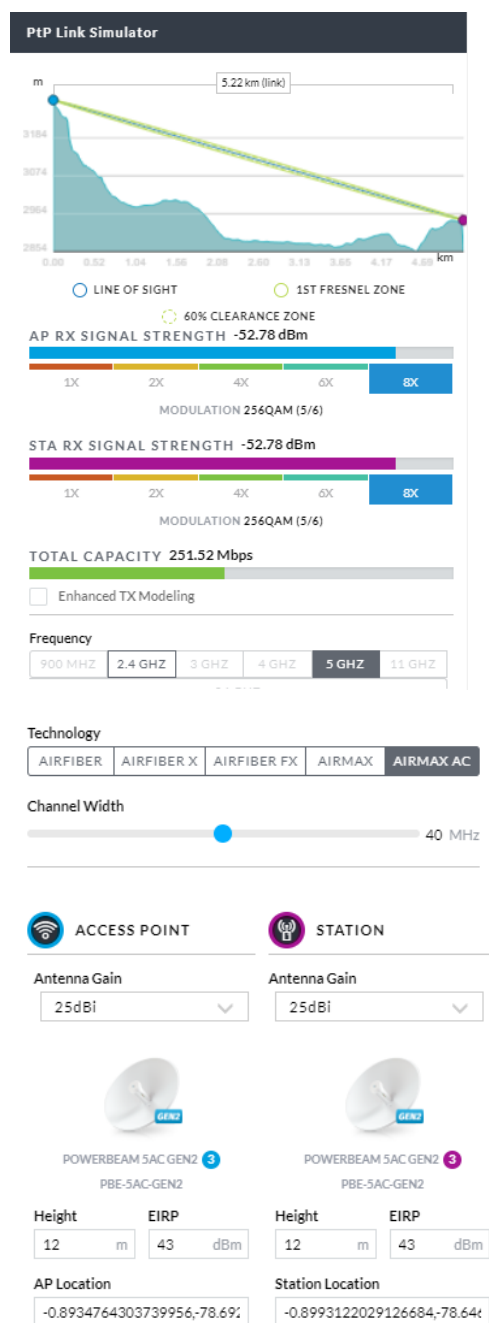


Figura 19 - Parametros PTP AJNet_Chucutisi

Se ha optado por utilizar la frecuencia de 5Mhz, ya que es una banda libre que no necesita licenciamiento, además existe menos saturación comparada con 2.4ghz, así como un canal 20Mhz de ancho por considerarlo que tiene menos interferencia de uno de 40Mhz.

En cuanto al tipo de equipamiento se selecciona la Marca Ubiquiti, la cual tiene una gran cantidad de radios y antenas para diferentes escenarios, y los costos son muy competitivos. Además existe la experiencia en proyectos similares con muy buenos resultados e inclusive con mayores requerimientos.

Se selecciona los radios PowerBeam 5ac, los cuales tienen integrado su respectiva antena directiva tipo plato de con una ganancia de 25dbi.

Continuando con la simulación de las torres de comunicaciones se ingresa una altura promedio de 12mts en cada extremo y un EIRP de 40dbm en cada lado para no saturar el espectro con demasiada potencia, utilizando un ancho de canal de 20Mhz.

Los valores obtenidos son buenos, así tenemos:

AP RX SIGNAL STRENGTH: -55.78 dBm, rango optimo es -50 a -65 dBm

STA RX SIGNAL STRENGTH: -55.78 dBm, rango optimo es -50 a -65 dBm

CAPACIDAD TOTAL: 121.10Mbps

3.2.2 SIMULACION NODO 2 – CUICUNO

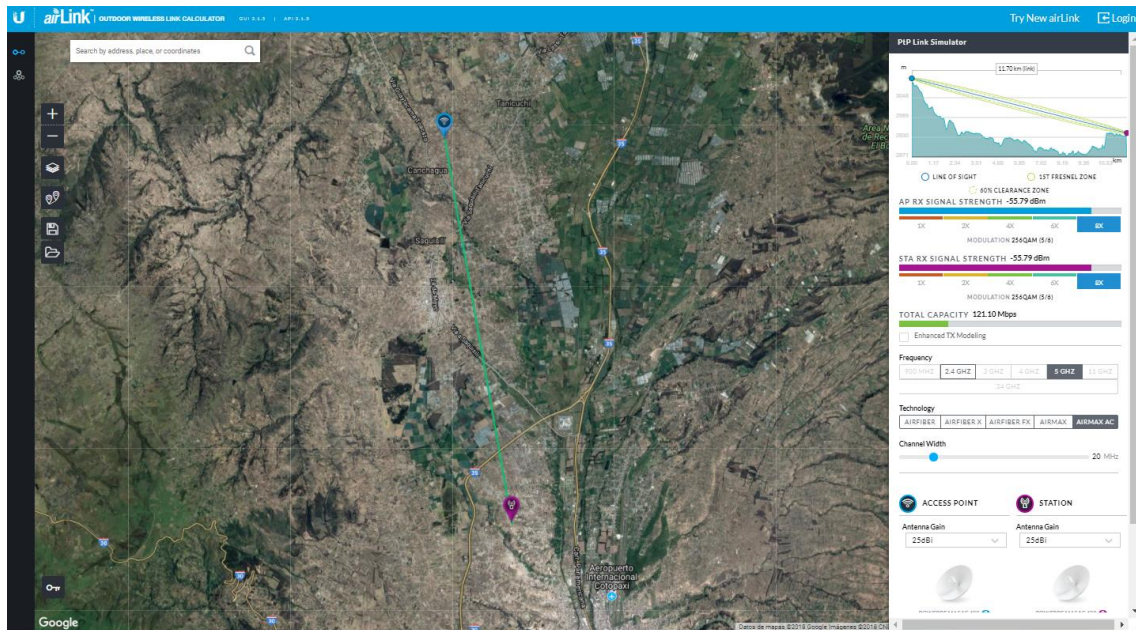


Figura 20 - SIMULACION ENLACE: PROVEEDOR - NODO 2 CUICUNO – Airlink 2.1.1

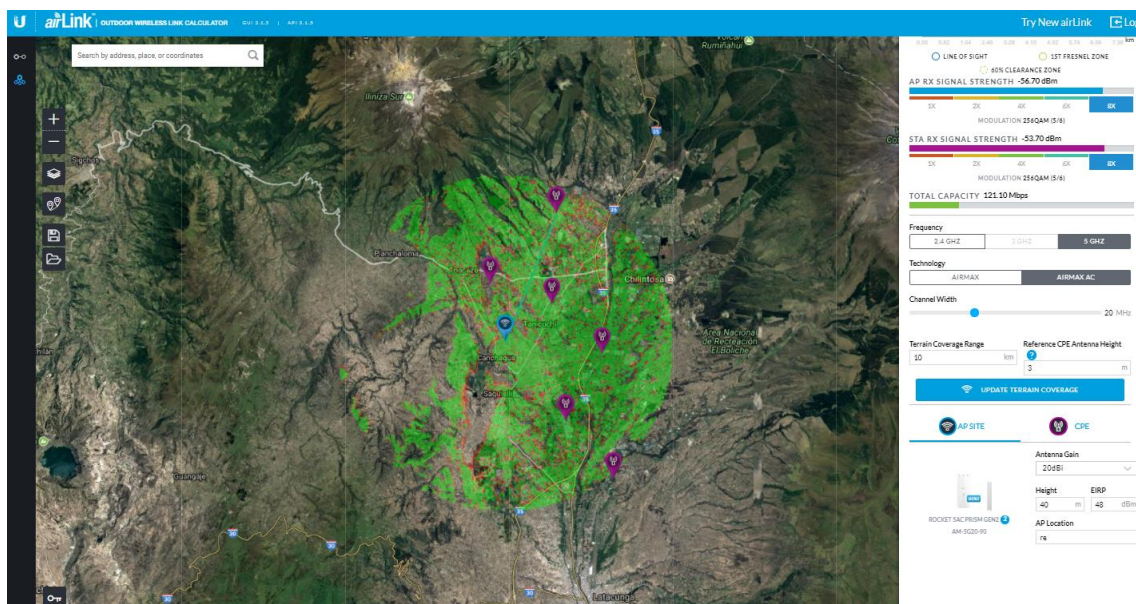


Figura 21 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 2 CUICUNO – Airlink 2.1.1

Se realiza las simulaciones utilizando los parámetros similares y se tiene unos valores aceptables en cuanto al enlace hacia el proveedor, así como el área de cobertura.

3.2.3 SIMULACION NODO 3 - SINCHAGUASÍN

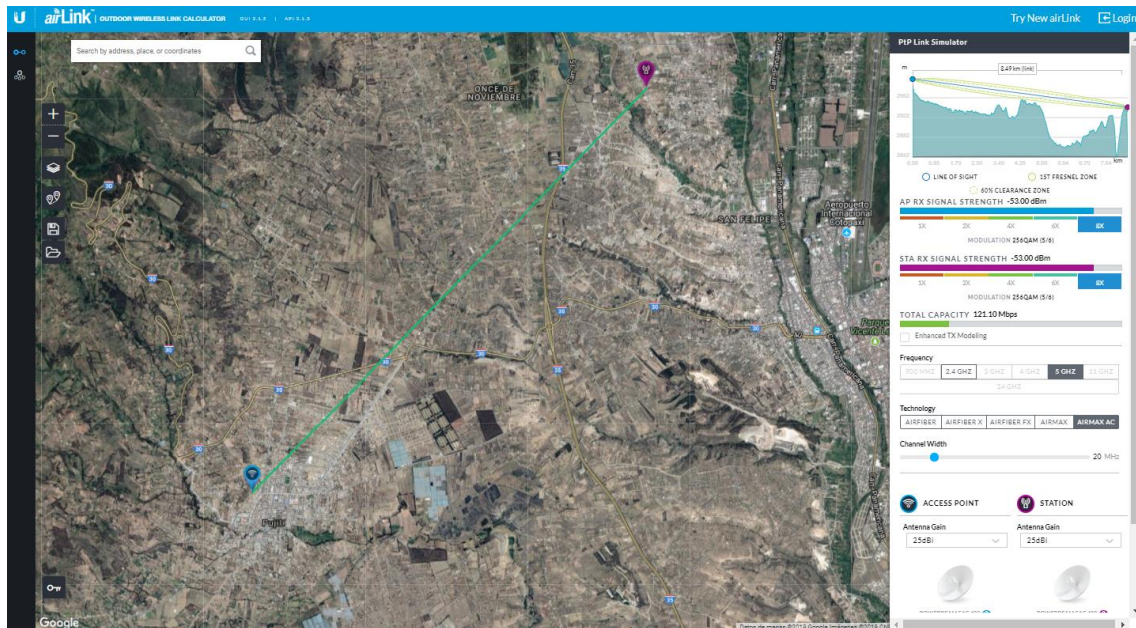


Figura 22 - SIMULACION ENLACE: PROVEEDOR - NODO 3 – Airlink 2.1.1

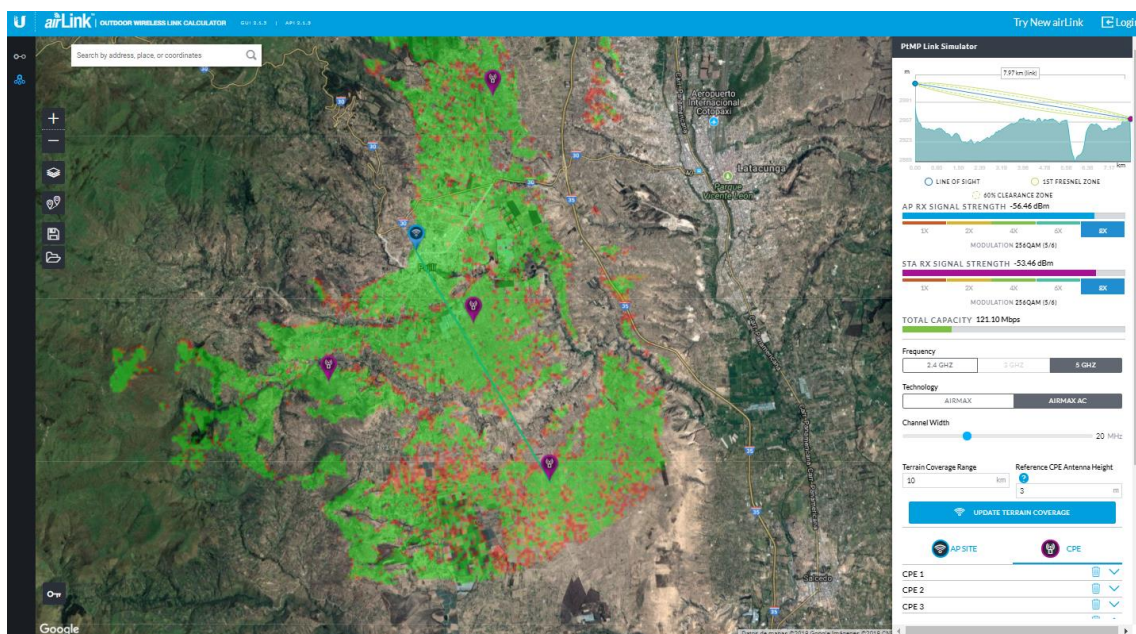


Figura 23 - SIMULACION DE COBERTURA NODO 3 SINCHAGUASIN – Airlink 2.1.1

De igual manera los valores son favorables.

3.3 CAPACIDAD DEL ENLACE

Tomando los datos del simulador se tiene los siguientes valores para las distancias y capacidades de los enlaces:

CAPACIDADES DE ENLACES	DISTANCIA	CAPACIDAD
ENLACE PROVEEDOR-CHUCUTISI	5.22Km	121.10Mbps
ENLACE PROVEEDOR-CUICUNO	11.70Km	121.10Mbps
ENLACE PROVEEDOR-SINCHAGUASÍN	8.49Km	121.10Mbps

Como se trata de 3 enlaces independientes no se hace una sumatoria total, sino que será tratado cada uno con sus características separadas.

La capacidad de cada enlace es de 121,10Mbps.

3.4 ESTRUCTURA DE LA RED

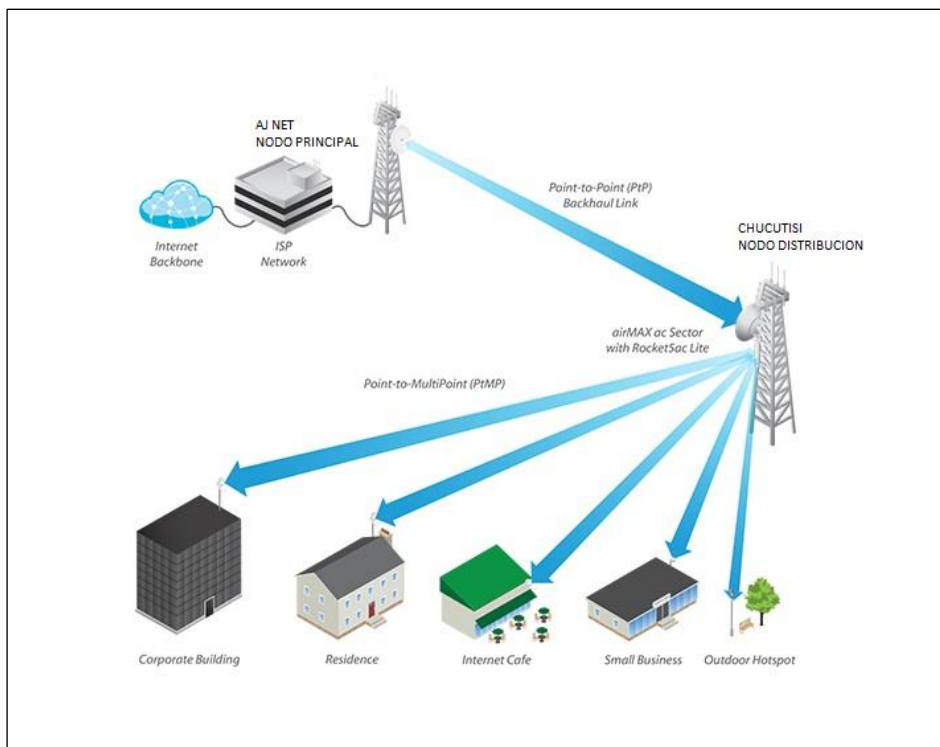


Figura 24 - ESTRUCTURA DE RED PLANTEADA - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

Tomando en cuenta la ubicación de los nodos, se ve necesaria la implementación de una red con topología tipo estrella estructurada así:

- Un punto principal el cual nos dará acceso al **Sistema de Distribución (DS)** y por ende el acceso a internet. El acceso a este nodo es brindado por la Empresa AJ Net, de la ciudad de Latacunga, la cual es un Proveedor de Acceso a Internet autorizado por ARCOTEL³² según resolución 216 del abril de 2016, pudiendo operar y montar infraestructura en toda la provincia de Cotopaxi, gracias a ello no se tendrá ningún inconveniente en cuanto a la parte legal.
- Un Nodo o **Conjunto Básico de Servicios (BSS)** que es el encargado de dar acceso a internet a los clientes finales o CPEs. Formado principalmente por Radios APs que operan en determinada frecuencia y dan acceso a los clientes. Estos nodos están unidos al Sistema de distribución o nodo central mediante enlaces inalámbricos de larga distancia.
- El Conjunto de todos los BSS es el llamado **Conjunto extendido de servicios (ESS)**, o sea está formado por todos los nodos, equipos, APs y clientes totales del proyecto.
- Los **Clientes** o CPEs, que se conectan a los APs más cercano mediante enlaces inalámbricos punto multipunto utilizando antenas individuales para cada usuario u hogar.

Luego de comprobar la factibilidad de los enlaces y acceso a los clientes se diseña la red:

NODO 1 CHUCUTISI

- Tomamos como punto de partida el Nodo Principal AJ Net, en el cual nos dan 1 punto de red al backbone interno de su infraestructura.
- Aquí se conectara un radio con una antena direccional hacia el Nodo Chucutisí, haciendo un enlace punto a punto de 5.22Km.

³² ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ente regulador en Ecuador.

- En el Nodo Chucutisí se implementará un router de borde el cual realizará la autenticación de los clientes con la tecnología PPPoE y que autorizará el acceso mediante el servidor Radius³³ del proveedor.
- Se instalarán 3 radios de 5Ghz con antenas tipo paneles del 120° para enviar la señal a los clientes CPEs con una cobertura de 7km a la redonda.
- Finalmente, en el lado del cliente se empleará un radio con una antena integrada para el acceso a la red, la cual se implementara la seguridad PPOE hacia el servidor principal y de esta manera obtener acceso a internet.

NODO 2 CUICUNO

- La estructura de este nodo es similar al primero, teniendo como única diferencia la distancia del el enlace principal que es de 11.720Km, pero se utilizará el mismo equipamiento del nodo anterior.

NODO 3 SINCHAGUASÍN

- En cuanto al enlace principal se tiene una distancia de 8.49Km.
- Este nodo por encontrarse junto a la ciudad de Pujilí y por tener una zona de cobertura más pequeña, se lo implementará con un sólo AP formado por un radio y una antena onmidireccional.
- Los demás elementos de la infraestructura son los mismos.

La figura 24 nos muestra el diseño completo de la red, la cual está formada así:

- El Sistema de Distribución (DS) está formado por los equipos de acceso al internet, los servidores, equipos de seguridad y los switchs de distribución.
- Un conjunto Básico de Servicio (BSS) es un nodo con su respectivo routers de borde, los APs y sus clientes Clientes.

³³ RADIUS: En primer lugar, RADIUS (del inglés *Remote Access Dial In User Service*) es un protocolo que destaca sobre todo por ofrecer un mecanismo de seguridad, flexibilidad, capacidad de expansión y una administración simplificada de las credenciales de acceso a un recurso de red.

- El Sistema Extendido de Servicios comprende el conjunto de todos los APs y todos los clientes.

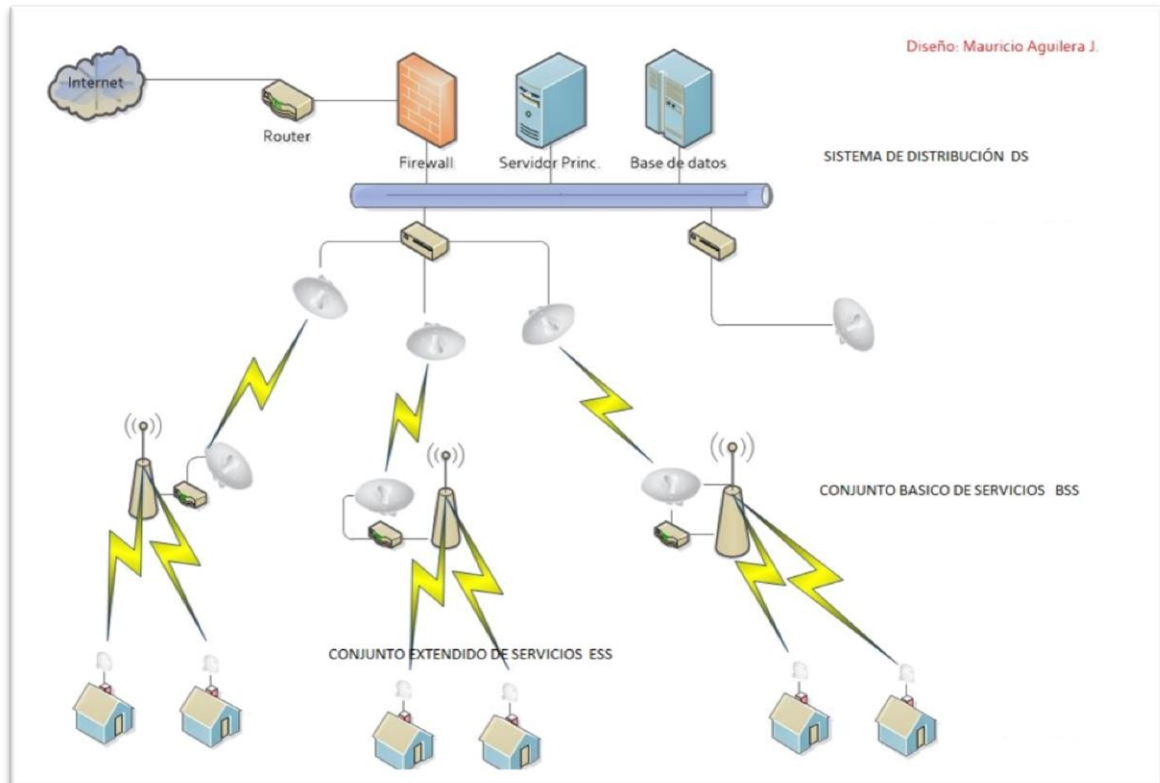


Figura 25 - DISEÑO DE RED - (Aguilera 2018)

3.5 CONSUMO ESTIMADO

Un punto importante a tomar en cuenta es el número de usuarios simultáneos que se podrá tener en este nuevo tramo de la red, ya que esto nos dará la verdadera dimensión de los equipos a adquirir para suplir esas necesidades. Esto es algo difícil de prever ya que todo depende del ancho de banda asignado a cada cliente, la distancia entre los clientes y los APs, las aplicaciones que utilizan que pueden ser netamente videos stream o solamente correo electrónico. Así también el consumo es distinto dependiendo de la zona o el sector que este ubicado el nodo.

Ante esto se considera que una manera más realista de medir esos consumos es evaluando un nodo en operación en un sector rural similar al que se está implementando.

Gracias al proveedor de Acceso a Internet AJ NET, se nos permite acceder a la base de datos su servidor principal y evaluar con datos reales varias características de consumo, el porcentaje de usuarios simultáneos, horas pico y capacidad de enlaces por número de usuarios, podemos representar y utilizar estos valores para una mejor aproximación de nuestro proyecto.

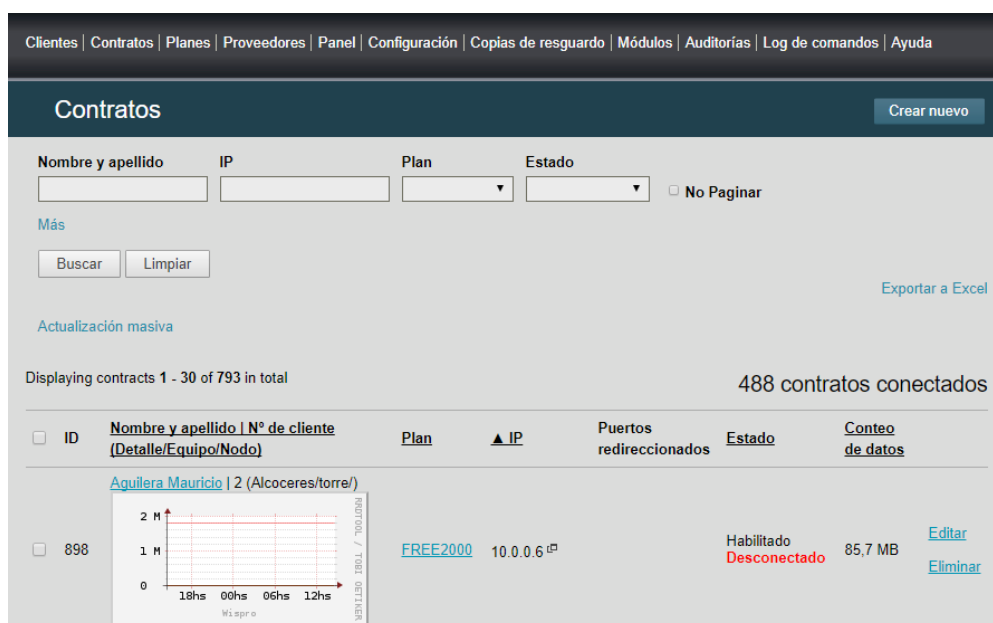


Figura 26 - Usuarios Conectados - (AJ NET, 2018)

De un total general de 793 contratos, solo 488 están conectados y usando, así que se tiene un 62% de usuarios simultáneos.

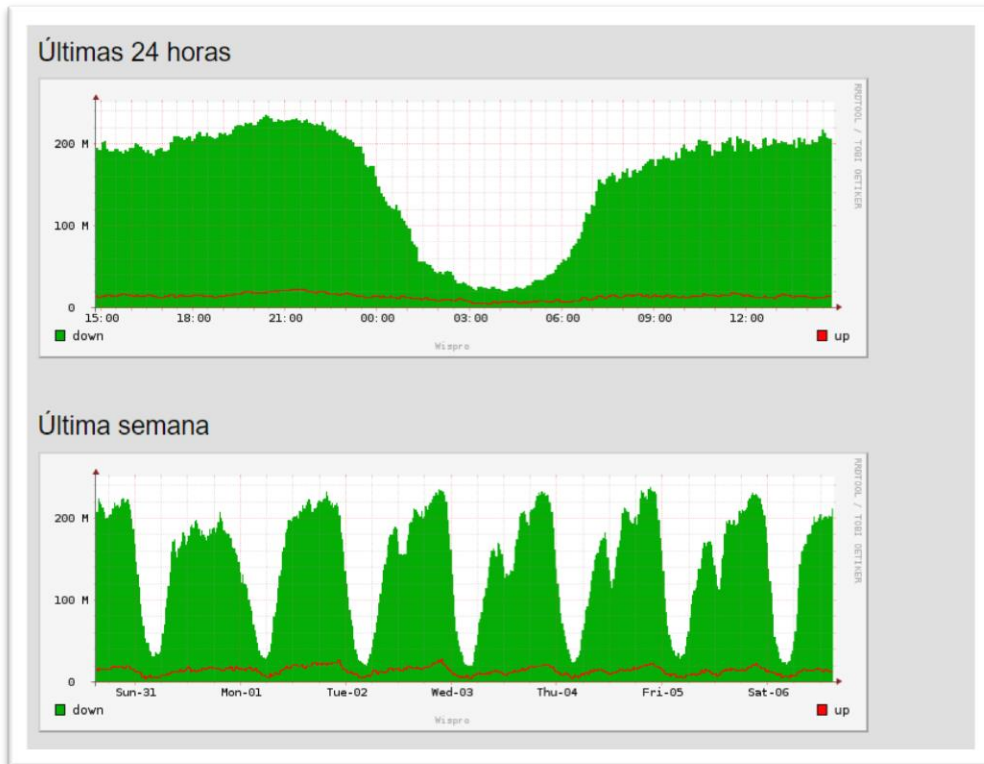


Figura 27 - ESTADISTICO HORAS PICO - (AJ NET, 2018)

En la gráfica se representa el consumo total de megas y las horas pico de uso, que son entre las 19h00 y las 22h00, llegando a tener un incremento del 30% en ese período en relación el promedio de cada día.

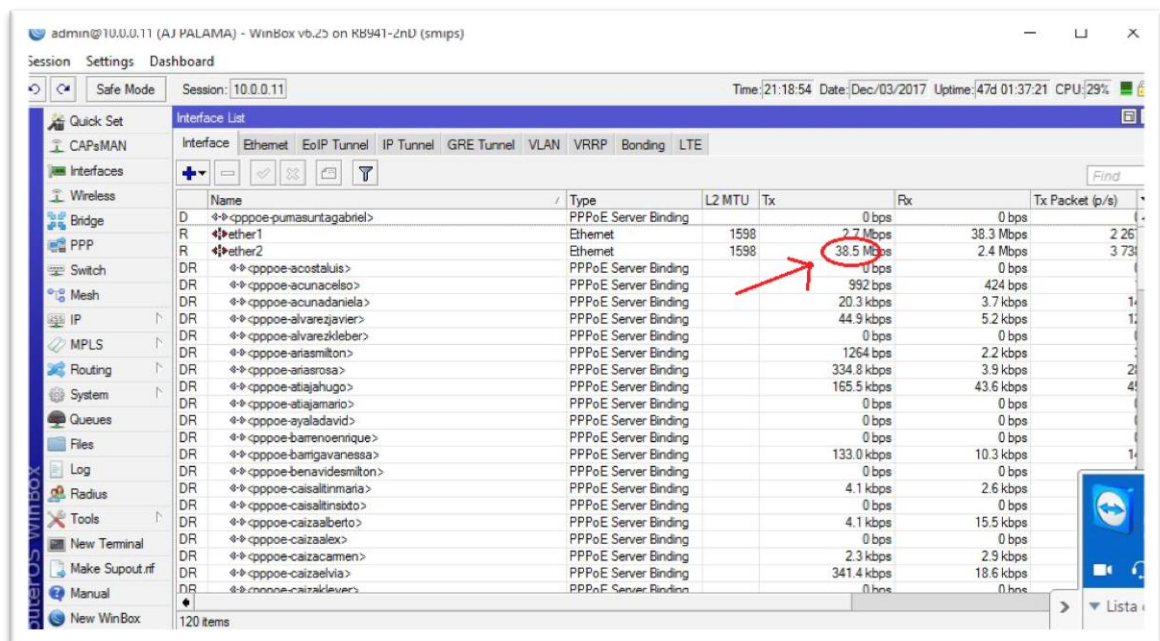


Figura 28 – CONSUMO NODO SIMILAR EN HORAS PICO - (AJ NET, 2018)

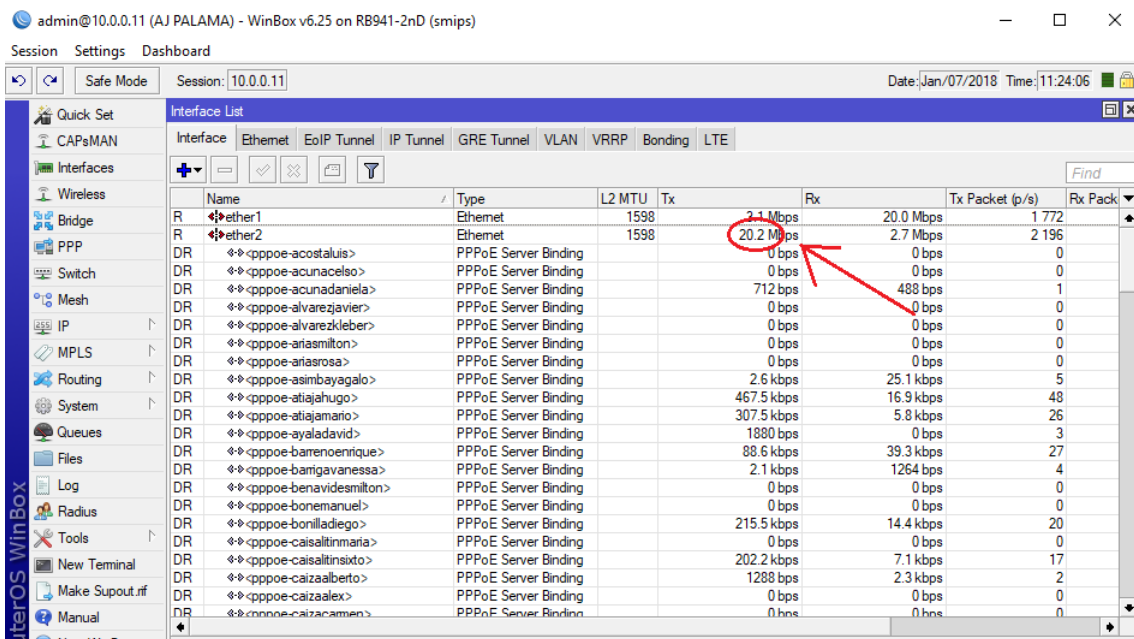


Figura 29- CONSUMO NODO SIMILAR HORARIO NO PICO - (AJ NET, 2018)

Las Figuras 28 y 29 nos presentan un nodo ubicado en el sector rural del cantón Salcedo, similar a los nodos que se menciona en el proyecto, con un consumo total de 38.5Mb en horas pico 21h00. El nodo tiene 2 años de implementado y está operando con 120 clientes, tomando como referencia el 62% de usuarios simultáneos, tenemos 74 clientes simultáneos en este nodo.

Estimando el nuevo proyecto a 2 años plazo, se cree tener las mismas características y similar número de clientes que el nodo en operación, representando los valores en la siguiente tabla:

	UBICACIÓN	CONSUMO HORAS PICO (MBPS)	CAPACIDAD PREVISTA (MBPS)
NODO 1	CHUCUTISI	38,5	125
NODO 2	CUICUNO	38,5	125
NODO 3	PIJILÍ	20	125
	CONSUMO TOTAL ESTIMADO	97	375

Tabla 3 - CAPACIDAD PREVISTA DE ENLACES

3.6 EQUIPAMIENTO RECOMENDADO

Existe una gran cantidad de alternativas para elegir el equipamiento para la implementación de una red inalámbrica, lo que se tratará en lo posible es seleccionar equipos de última generación, que utilicen tecnología de punta y que nos permitan garantizar gran estabilidad y facilidad de expansión o crecimiento. Así mismo se requiere gran compatibilidad con equipos de características similares.

Se ha decidido trabajar con la marca UBIQUITI³⁴, ya que tiene gran variedad de equipos y la mayoría de ISPs de Latinoamérica lo están usando, además en el Ecuador existe varios proveedores que lo están distribuyendo y su precio es sumamente competitivo.

Según las necesidades de transferencia máxima de cada nodo en horas pico se ve que con 74 clientes simultáneos se requiere una transferencia aproximada de 40MBPS, por lo que se considera la para los enlaces Punto a Punto la utilización de equipos de gama media alta, los cuales pueden suplir el requerimiento y llegar fácilmente a transferencias de 125MBPS o más, como se demostró en las respectivas simulaciones.

Para el Conjunto Básico de Distribución o APS, se utilizara un router marca Mikrotik para realizar el proceso de autenticación (PPPOE), y como APs se confía en los radios Rocket M5 de Ubiquiti en conjunto con antenas tipo panel de la misma marca en el modelo AM-5G19-120 Y AM-5G20-90.

Finalmente, para los clientes se proveerá de radios con antena integrada Ubiquiti NanoNeam M5 de 16dBi de potencia para los enlaces de hasta 4Km, así como Ubiquiti LiteBeam de 23dBi para los enlaces de hasta 8km.

³⁴ Ubiquiti Networks, Inc., es una compañía estadounidense proveedora de tecnología disruptiva para la creación de redes inalámbricas. Ubiquiti se dedica principalmente al diseño de hardware de redes inalámbricas, tanto para la comunicación a largas distancias, como para el despliegue de pequeñas redes Wi-Fi, priorizando la innovación y el alto rendimiento a bajo coste. Sus principales clientes son proveedores WISP y empresas dedicadas al despliegue de redes. La empresa se fundó en 2003, y entró formalmente en el mercado de la tecnología inalámbrica en junio de 2005.

3.6.1 EQUIPO ENLACES PUNTO A PUNTO

PowerBeam 5AC-400



Figura 30 - PowerBeam 5AC - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

Usando la tecnología airMAX ac, la PowerBeam 5AC-400 soporta hasta 450 Mbps reales TCP/IP. Su antena tipo plato de 400 mm ofrece 25 dBi de ganancia, cuenta con una potencia de transmisión de 25 dBm y opera en el intervalo de frecuencia de 5150 – 5875 MHz. Es impulsado por un procesador Atheros MIPS 74KC a 560 MHz con 64 MB de RAM, 16 MB de memoria flash y un puerto Gigabit Ethernet 10/100/1000. (Anexo 2)

3.6.2 ACCESS POINTS NODOS

Radio: Ubiquiti Rocket M5



Figura 31 - ROCKET M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

Es un sistema robusto, muy potente y estable, sus 2x2 antenas MIMO ofrecen un gran rendimiento en la recepción. Se caracteriza por su increíble alcance (+50km) y rendimiento (+150Mbps real TCPI/IP). El equipo está específicamente diseñado para realizar enlaces en exterior Punto a Punto y trabajar como Estación Base AirMax Punto Multipunto.

El Rocket /Estación Base AirMax está pensado para que pueda funcionar con cualquiera de las antenas Rocket de Ubiquiti. La instalación del Rocket M como Estación Base AirMax junto con las Antenas Rocket no requiere ninguna herramienta especial, es muy sencillo, simplemente hay que deslizarlo en el kit de montaje suministrado junto con las antenas (Anexo 3)

3.6.3 ATENAS SECTORIALES NODOS

UBIQUITI AIR MAX AM-5G19-120 - AM-5G20-90

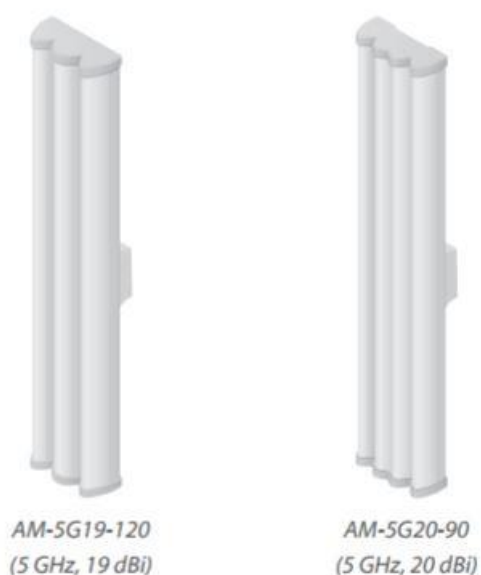


Figura 32 - ANTENAS SECTORIALES - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

Antena de exterior de doble polaridad 2x2 MiMo, el complemento ideal para cualquiera de las versiones de RocketM5. Incluye 2 pigtails con conectores RPSMA macho en sus

extremos y el sistema de anclaje a mástil. Tienen una ganancia de 19 y 20dBi, 120 y 90° de apertura horizontal respectivamente y trabajan en el rango de 5Ghz. (Anexo 4)

3.6.4 RADIO CLIENTES

UBIQUITI NANOBEAM M5



Figura 33 - RADIO NANOBEAM M5 16 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

Tiene una antena que ofrece 16 dBi de ganancia y 26 dBm de Potencia de Transmisión, opera en el intervalo de frecuencia de 5170 – 5875 MHz. Cuenta con un procesador Atheros MIPS 74KC y 64MB de Memoria RAM, además de 8 MB para almacenamiento. También tiene un puerto Ethernet 10/100.

La NanoBeam utiliza la tecnología AirMax, un protocolo de Acceso Múltiple por División de Tiempo, en inglés Time Division Multiple Access de Ubiquiti (TDMA) que a diferencia del protocolo estándar de Wi-Fi, permite a cada cliente enviar y recibir datos a través de los intervalos de tiempo pre-asignados programadas por un controlador inteligente.

Este método de ranuras de tiempo, elimina las colisiones de nodo ocultas y maximiza la eficiencia en tiempo. Proporciona mejoras de rendimiento significativas en la latencia, el rendimiento y la escalabilidad en comparación con todos los demás sistemas para exteriores de su clase. (Anexo 6)

UBIQUITI LITEBEAM M5



Figura 34 – ANTENA LITE BEAM M5 - (Ubiquiti, UBNT Support, 2017)

LiteBeam M es un dispositivo airMAX ultra ligero de largo alcance. La nueva LiteBeam M provee 23dBi de ganancia para una conectividad de largo alcance y usa una antena direccional con un patrón mejorado para inmunidad al ruido. Opera en el rango mundial no-licenciado de 5 Ghz, pudiendo alcanzar transmisiones de hasta 100Mbps reales de transferencia en distancias de hasta 30km. (Anexo 7)

3.6.5 ROUTER DE BORDE

MIKROTIK RB RB2011iL-IN



Figura 35 - ROUTER MIKROTIK RB 2011iL - (Microtik, 2017)

El router MIKROTIK RB2011 es un nuevo dispositivo de bajo costo con multi-puertos. Diseñado para uso interior y disponible con múltiples combinaciones.

El RB2011 viene con RouterOS integrado, un sistema operativo de ruteo lleno de características y opciones, que ha sido mejorado durante los últimos 15 años. Ruteo dinámico, hotspot, firewall, MPLS, VPN, calidad de servicio avanzado, balanceo de

carga y bonding, configuración y monitoreo en tiempo real son sólo algunas del vasto número de características que soporta RouterOS.

El RouterBOARD 2011L-IN está controlado por un Atheros de 600Mhz, con un procesador MIPS de 74K de networking, 64Mb RAM y una licencia RouterOS nivel 4. Además, tiene 5 puertos Gigabit y 5 puertos 100. (Anexo 8)

4 CAPITULO - ANÁLISIS FINANCIERO

En esta sección se hará un presupuesto referencial para la implementación, operación y mantenimiento del sistema, también el tiempo estimado en que se va a recuperar la inversión, para lo cual se utilizará las variables económicas como el VAN y TIR para determinar la factibilidad de implementación del proyecto.

Una de las características de esta investigación es llegar a tener una alternativa viable tanto técnica como económica, para lo cual se ha ido seleccionando los equipos con los mejores precios, sin disminuir en la calidad o rendimiento de los mismo o materiales a usar, así también se evalúa equipos similares que se encuentran operando por varios años y con cargas de trabajo superiores a lo que se estima tener.

También hemos tomado como punto de partida la inversión inicial que podrá hacer el proveedor al cual estamos asesorando en el proyecto, en este caso el capital inicial de que dispone el proveedor para la implementación de este proyecto es de \$12.000, por lo que debemos ajustarnos a este presupuesto en la medida de lo posible, para cumplir con la meta deseada.

Las siguientes tablas muestran una breve descripción de los rubros y costos de los materiales, equipos, programas, personal operativo y otros que puede involucrar el desarrollo del proyecto con una proyección de 5 años.

4.1 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 1 - CHUCUTISI

	CANT	V.UNITA	V.TOTAL	REFERENCIA
OBRA CIVIL				
CONSTRUCCION E INSTALACION TORRE DE COMUNICACIONES 15MTS	1	1500	1500	PROFORMA N. 00459
EQUIPOS				
ANTENA UBIQUITI POWERBEAM 5AC-400	2	150	300	PROFORMA N. 015876
RADIO UBIQUITI ROCKET M5	3	150	450	
ANTENA UBIUITI AIRMAX AM5G20-90	3	220	660	
ROUTER BOARD MIKROTIK RB2011L-IN	1	180	180	
UPS TRIPPLITE OMNI SMART 1000VA	1	180	180	
MATERIALES				
CABLE F/UTP CATEGORIA 6 EXTERIORES MARCA NEXXT (ROLLO 300MTS)	60	1,5	90	PROFORMA DISTRIBUIDOR
CONECTORES RJ45 CAT6 BLINDADOS MARCA UBIQUITI	10	1	10	
HERREJES DE SUJECIÓN, ABRAZADERAS, AMARRAS	1	50	50	
PATCH CORD PANDUIT CAT6 VARIAS MEDIDAS	6	20	120	
GABINETE HERMÉTICO BEAUCOUP 25X40X60 PESADO	1	120	120	
PERSONAL				
TÉCNICOS OPERARIOS 3 DIAS LABORABLES DE 8 HORAS	2	120	240	
DIRECCIÓN TECNICA Y CONFIGURACION GENERAL - MAURICIO AGUILERA	1	0	0	
OTROS				
TRANSPORTE	1	100	100	
ALIMENTACION – REFRIGERIO	1	100	100	
IMPREVISTOS	1	100	100	
TOTAL NODO CHUCUTISI			\$ 4.200,00	

Tabla 4 - COSTOS NODO CHUCUTISI

4.2 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 2 CUICUNO

	CANT	V.UNITA	V.TOTAL	REFERENCIA
OBRA CIVIL				
CONSTRUCCION E INSTALACION TORRE DE COMUNICACIONES 12MTS	1	1200	1200	PROFORMA N. 00460
EQUIPOS				
ANTENA UBIQUITI POWERBEAM 5AC-400	2	150	300	PROFORMA N. 015877
RADIO UBIQUITI ROCKET M5	3	150	450	
ANTENA UBIUITI AIRMAX AM5G20-90	3	220	660	
ROUTER BOARD MIKROTIK RB2011L-IN	1	180	180	
UPS TRIPPLITE OMNI SMART 1000VA	1	180	180	
MATERIALES				
CABLE F/UTP CATEGORIA 6 EXTERIORES MARCA NEXXT (ROLLO 300MTS)	50	1,5	75	PROFORMA DISTRIBUIDOR
CONECTORES RJ45 CAT6 BLINDADOS MARCA UBIQUITI	10	1	10	
HERREJES DE SUJECIÓN, ABRAZADERAS, AMARRAS	1	50	50	
PATCH CORD PANDUIT CAT6 VARIAS MEDIDAS	6	20	120	
GABINETE HERMÉTICO BEAUCOUP 25X40X60 PESADO	1	120	120	
PERSONAL				
TÉCNICOS OPERARIOS 3 DIAS LABORABLES DE 8 HORAS	2	120	240	
TÉCNICO DIRECCIÓN Y CONFIGURACION GENERAL - MAURICIO AGUILERA	1	0	0	
OTROS				
TRANSPORTE	1	100	100	
ALIMENTACION – REFRIGERIO	1	100	100	
IMPREVISTOS	1	100	100	
TOTAL NODO CUICUNO			\$ 3.885,00	

Tabla 5 - COSTOS NODO CUICUNO

4.3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN NODO 3 SINCHAGUASIN

	CANT	V.UNITA	V.TOTAL	REFERENCIA
OBRA CIVIL				
CONSTRUCCION E INSTALACION MASTIL 6MTS TUBO 4"	1	350	350	PROFORMA N. 00461
EQUIPOS				
ANTENA UBIQUITI POWERBEAM 5AC-400	2	150	300	PROFORMA N. 015878
RADIO UBIQUITI ROCKET M5	3	150	450	
ANTENA UBIUITI AIRMAX AM5G20-90	3	220	660	
ROUTER BOARD MIKROTIK RB2011L-IN	1	180	180	
UPS TRIPPLITE OMNI SMART 1000VA	1	180	180	
MATERIALES				
CABLE F/UTP CATEGORIA 6 EXTERIORES MARCA NEXXT (ROLLO 300MTS)	20	1,5	30	PROFORMA DISTRIBUIDOR
CONECTORES RJ45 CAT6 BLINDADOS MARCA UBIQUITI	4	1	4	
HERREJES DE SUJECIÓN, ABRAZADERAS, AMARRAS	1	50	50	
PATCH CORD PANDUIT CAT6 VARIAS MEDIDAS	3	20	60	
GABINETE HERMÉTICO BEAUCOUP 25X40X60 PESADO	1	120	120	
PERSONAL				
TÉCNICOS OPERARIOS 3 DIAS LABORABLES DE 8 HORAS	1	120	120	
TÉCNICO DIRECCIÓN Y CONFIGURACION GENERAL - MAURICIO AGUILERA	1	0	0	
OTROS				
TRANSPORTE	1	50	50	
ALIMENTACION – REFRIGERIO	1	50	50	
IMPREVISTOS	1	50	50	
TOTAL NODO SINCHAGUASIN			\$ 2.554,00	

Tabla 6 - COSTOS NDODO SINCHAGUASIN

TOTAL INSTALACION Y PUESTA EN OPERACIÓN 3 NODOS: \$10.639

Los valores propuestos en el presupuesto están actualizados a la fecha y respaldados por las respectivas proformas de los proveedores. Se ha tomado en consideración la utilización de un profesional externo con la debida experiencia para la construcción de la infraestructura de la torre u obra civil para tener la seguridad de uso, tanto para el personal humano como para la estabilidad de los equipos.

Los técnicos operarios deberían tener la suficiente experiencia para trabajo en alturas y manejo de equipos electrónicos de estas características.

El valor total de presupuesto es de \$10.639, pero si existiera algún pequeño incremento por la fecha que se realice el proyecto, todavía se mantendría en el rango de inversión del Proveedor.

4.4 CALCULO DEL VAN Y EL TIR

Son dos parámetros muy usados a la hora de evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión, tanto en un negocio nuevo, así como en uno que ya existe, como es nuestro caso la ampliación de la zona de cobertura del proveedor de acceso a internet.

Los gastos operativos serán estimados solo en el tramo del nuevo proyecto, pero basándome en los que ya maneja la empresa en tramos similares.

INVERSION INICIAL: \$10.639

TASA DE DESCUENTO PROPUESTA POR EL INVERSIONISTA: 35%

PROYECCIÓN: 5 AÑOS

FLUJO DE EGRESOS	
AÑO1 (60 CLIENTES)	12816
AÑO2 (150 CLIENTES)	20916
AÑO3 (280 CLIENTES)	35316
AÑO4 (450 CLIENTES)	55000
AÑO5 (700 CLIENTES)	78000

FLUJO DE INGRESOS	
AÑO1 (60 CLIENTES)	9680
AÑO2 (150 CLIENTES)	32400
AÑO3 (280 CLIENTES)	60480
AÑO4 (450 CLIENTES)	97200
AÑO5 (650 CLIENTES)	135400

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
AÑO 1	-3136
AÑO2	11484
AÑO3	25164
AÑO4	42200
AÑO5	57400

VAN	\$29.073,04
TIR	91%

Al tener el VAN positivo nos indica que el proyecto va a generar una rentabilidad superior a la tasa de descuento propuesta por el inversionista y nos indica que es un proyecto viable financieramente.

Como la TIR 91% es mayor que la tasa de descuento propuesta por el inversionista 35% se determina que el proyecto es aceptable.

Un TIR del 91% nos indica que esa es la máxima tasa de descuento que se puede esperar, antes de que el proyecto deje de ser viable.

Si consideramos un VAN con proyección a 2 años tenemos un valor de -\$6660 y si proyectamos un VAN a 3 años tenemos un valor de \$3566, lo cual no indica que al año 3 ya hemos recuperado la inversión inicial.

Luego de analizar los valores, se desprende que si es factible realizar el proyecto con una baja inversión económica y con equipos de buena calidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha diseñado una Red de Largo Alcance para permitir el acceso a internet a poblaciones rurales o alejadas de las grandes ciudades, con la capacidad de operar efectivamente y suplir de este servicio en óptimas condiciones.
- Se determinó que la tecnología idónea para el diseño de esta red fue crear enlaces de larga distancia estables, para poder cubrir grandes áreas sin necesidad de mucha inversión económica.
- Luego de realizar un análisis posible tráfico, se determinó que los equipos recomendados cumplen con suficiencia esas necesidades con un 200% de capacidad sobrante para su futura expansión.
- Según datos publicados por ARCOTEL, el porcentaje de penetración de internet fijo en el Ecuador es sumamente bajo comparado con el acceso a internet móvil, dándonos como premisa que se necesita mayor inversión en este tipo de proyectos, para llegar a las personas con menor poder adquisitivo y solucionar el gran problema de acceso a internet barato.
- Al analizar los indicadores VAN y TIR nos permite concluir que el proyecto si tiene una viabilidad financiera y que nos permitirá recuperar la inversión en dos años y obtener rentabilidad a partir del tercer año.

Bibliografía

- AJ NET. (01 de 01 de 2018). Servidor principal WISPRO. Latacunga, EC.
- Arcotel. (2017). *Arcotel*. Obtenido de www.arcotel.gob.ec
- Arcotel. (06 de 2017). <http://www.arcotel.gob.ec>. Recuperado el 02 de 12 de 2017, de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Septiembre-2017_def.pdf
- Butler, J. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Obtenido de <http://wndw.net/>
- CCM. (2017). *ccm.net*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- Ecured. (2011). *Ecured*. Recuperado el 22 de 10 de 2017, de www.ecured.cu
- Fierro, L. A. (1995). <https://interred.wordpress.com>. Obtenido de <https://interred.wordpress.com/1995/02/12/presencia-del-ecuador-en-el-internet/>
- Galeon.com. (2009). *Principales Estándares 802.11*. Obtenido de <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>
- GUIJARRO, J. V. (2014). DISEÑO DE UNA RED Wi-Fi PARA PROPORCIONAR SERVICIOS DE UNA CIUDAD DIGITAL PARA TULCÁN . Quito, Pichincha, Ecuador.
- Hightech, C. (2017). *CCM High Tech*. Recuperado el 23 de 10 de 2017, de <http://es.ccm.net/contents/789-introduccion-a-wi-fi-802-11-o-wifi>
- Horno, J. J. (Marzo de 2008). Diseño de la WLAN de Wheelers Lane Technology College. Sevilla.
- INEC. (2013). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/banco-de-informacion/>
- L-COM, G. C. (20 de Julio de 2017). *Engineering Hub Official Blog of L-com.com*. Recuperado el 06 de 01 de 2018, de <http://www.l-com.com/blog/post/2017/07/20/Standards-Showdown-80211-Standards-Side-by-Side.aspx>
- MasWifi. (2017). *MasWifi*. Recuperado el 22 de 10 de 2017, de <https://www.maswifi.com/blog/2012/05/redes-mesh-que-son-y-como-funcionan/>
- Mikrotik. (enero de 2017). *Mikrotik*. Recuperado el diciembre de 2017, de <https://mikrotik.com/product/RB2011iL-IN>
- Pascual, A. E. (2007). Obtenido de <http://www.itrainonline.org/>
- Stallings, W. (2003). *Redes de Computadoras*.
- Tanenbaum, A. (2012). *Redes de Computadoras* (5ta. ed.).

- Technology, G. I. (2014). *http://www3.weforum.org*. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalInformationTechnologyReport_2014.pdf
- techterms. (2015). *http://techterms.com/*. Obtenido de <http://techterms.com/definition/internet>
- Ubiquiti, N. (2014). *ubiquiti*. Recuperado el 22 de 10 de 2017, de www.ubnt.com
- Ubiquiti, N. (2017). *UBNT Support*. Recuperado el 03 de 12 de 2017, de <https://help.ubnt.com/hc/es>
- Viguera, A. P. (2010). *ESTRUCTURA DE UN ISP. ESTRUCTURA DE UN ISP*.
- wikipedia. (2016). *wikipedia*. Recuperado el 22 de 10 de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Red_multipunto

ANEXOS



Cotopaxi	LA MANA		URBANO	RURAL	Total
		GUASAGANDA	-	3.908	3.908
		LA MANA	23.775	12.479	36.254
		PUCAYACU	-	2.054	2.054
		Total	23.775	18.441	42.216
	LATACUNGA		URBANO	RURAL	Total
		11 DE NOVIEMBRE (ILINCHI)	-	1.988	1.988
		ALAQUES (ALAUQUEZ)	-	5.481	5.481
		BELISARIO QUEVEDO	-	6.359	6.359
		GUAITACAMA (GUAYTACAMA)	-	9.668	9.668
		JOSEGUANGO BAJO	-	2.869	2.869
		LATACUNGA	63.842	34.513	98.355
		MULALO	-	8.095	8.095
		POALO	-	5.709	5.709
		SAN JUAN DE PASTOCALLE	-	11.449	11.449
		TANICUCHI	-	12.831	12.831
		TOACASO	-	7.685	7.685
		Total	63.842	106.647	170.489
	PANGUA		URBANO	RURAL	Total
		EL CORAZON	1.649	4.916	6.565
		MORASPUNGO	-	12.376	12.376
		PINLLOPATA	-	1.030	1.030
		RAMON CAMPAÑA	-	1.994	1.994
		Total	1.649	20.316	21.965
	PUJILI		URBANO	RURAL	Total
		ANGAMARCA	-	5.249	5.249
		GUANGAJE	-	8.026	8.026
		LA VICTORIA	-	3.016	3.016
		PILALO	-	2.640	2.640
		PUJILI	10.064	23.366	33.430
		TINGO	-	4.051	4.051
		ZUMBAHUA	-	12.643	12.643
	Total	10.064	58.991	69.055	
SALCEDO		URBANO	RURAL	Total	
	ANTONIO JOSE HOLGUIN	-	2.664	2.664	
	CUSUBAMBA	-	7.200	7.200	

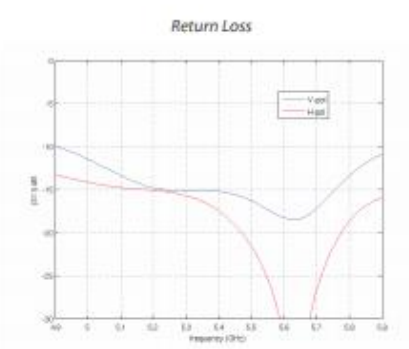
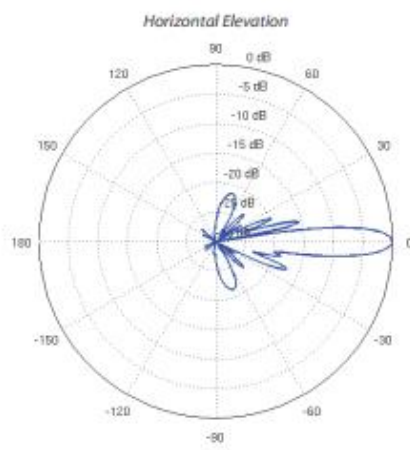
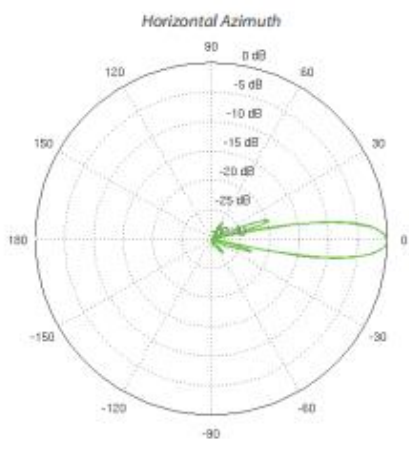
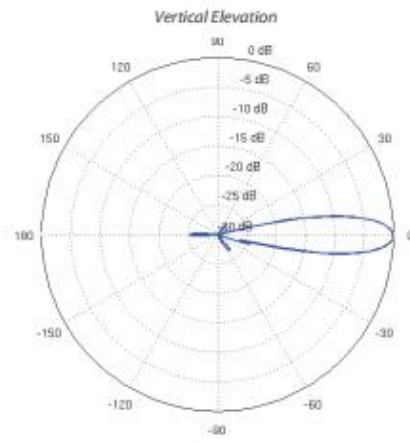
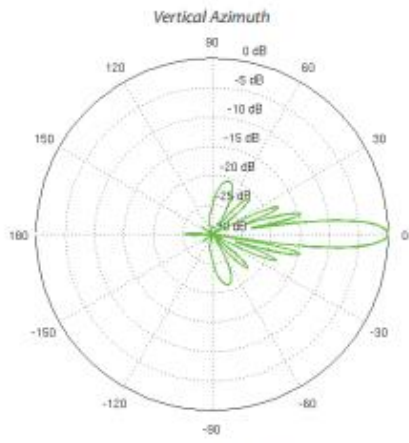
	MULALILLO	-	6.379	6.379
	MULLIQUINDIL (SANTA ANA)	-	7.203	7.203
	PANSALEO	-	3.455	3.455
	SAN MIGUEL	12.488	18.827	31.315
	Total	12.488	45.728	58.216
SAQUISILI		URBANO	RURAL	Total
	CANCHAGUA	-	5.455	5.455
	CHANTILIN	-	1.035	1.035
	COCHAPAMBA	-	5.426	5.426
	SAQUISILI	7.205	6.199	13.404
	Total	7.205	18.115	25.320
SIGCHOS		URBANO	RURAL	Total
	CHUGCHILAN	-	7.811	7.811
	ISINLIVI	-	3.227	3.227
	LAS PAMPAS	-	1.943	1.943
	PALO QUEMADO	-	1.030	1.030
	SIGCHOS	1.947	5.986	7.933
	Total	1.947	19.997	21.944

Specifications

PBE-5AC-400					
Dimensions	420 x 420 x 275 mm (16.54 x 16.54 x 10.83")				
Weight	1.753 kg (3.87 lbs)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	8.5W				
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)				
Supported Voltage Range	20-26VDC				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain					25 dBi
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 16 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	PtP Mode		PTMP Mode		
	10/20/30/40/50/60/80 MHz		10/20/30/40 MHz		
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)				
Wind Loading	278.4 N @ 120 km/h (63 lbf @ 75 mph)				
Wind Survivability	120 km/h (75 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5				

PBE-5AC-400 Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	25 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm Min.	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	25 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/4)	25 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	25 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/4)	25 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/2)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/2)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/4)	24 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/8)	23 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/8)	-74 dBm	± 2 dB
8x 256QAM (1/4)	21 dBm	± 2 dB	8x 256QAM (1/4)	-69 dBm	± 2 dB		
8x 256QAM (1/8)	21 dBm	± 2 dB	8x 256QAM (1/8)	-65 dBm	± 2 dB		

* Some frequencies may require activation; visit: <https://www.ubnt.com/fcclabelrequest>





Specifications

rocket M5

M5 Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	160 x 80 x 30 mm (6.30 x 3.15 x 1.18")
Weight	500 g (1.1 lb)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Processor	MIPS 74Kc
Memory	128 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Mbps
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)
LEDs	Power, Ethernet, (4) Signal Strength
Max. Power Consumption	8W
Power Supply	24V, 1A PoE Adapter
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

M5 Software Information	
Modes	Access Point, Station
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM, 5/8/10/20/30/40 MHz Channel Width Support
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode

M5 Compliance	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

M5 Operating Frequency							
Operating Frequency			Worldwide: 5170 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz*				
Output Power			27 dBm				
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6-24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	802.11a	6-24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

* US units with FCC ID: SWX-RMS are allowed 5250 - 5850 MHz.



Specifications

Antenna Characteristics				
Model	AM-9M13	AM-2G15-120	AM-2G16-90	AM-3G18-120
Dimensions* (mm)	1290 x 290 x 134	700 x 145 x 93	700 x 145 x 79	735 x 144 x 78
Weight**	12.5 kg	4.0 kg	3.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	902 - 928 MHz	2.3 - 2.7 GHz	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz
Gain	13.2 - 13.8 dBi	15.0 - 16.0 dBi	16.0 - 17.0 dBi	17.3 - 18.2 dBi
HPOL Beamwidth	109° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)	118° (6 dB)
VPOL Beamwidth	120° (6 dB)	118° (6 dB)	90° (6 dB)	121° (6 dB)
Electrical Beamwidth	15°	9°	9°	6°
Electrical Downtilt	N/A	4°	4°	3°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	95 lbf @ 100 mph	24 lbf @ 100 mph	19 lbf @ 100 mph	21 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	30 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	N/A	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

** Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

Antenna Characteristics				
Model	AM-5G16-120	AM-5G17-90	AM-5G19-120	AM-5G20-90
Dimensions* (mm)	367 x 63 x 41	367 x 63 x 41	700 x 135 x 73	700 x 135 x 70
Weight**	1.1 kg	1.1 kg	5.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz	4.90 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz
Gain	15.0 - 16.0 dBi	16.1 - 17.1 dBi	18.6 - 19.1 dBi	19.4 - 20.3 dBi
HPOL Beamwidth	137° (6 dB)	72° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)
VPOL Beamwidth	118° (6 dB)	93° (6 dB)	123° (6 dB)	85° (6 dB)
Electrical Beamwidth	8°	8°	4°	4°
Electrical Downtilt	4°	4°	2°	2°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	6 lbf @ 100 mph	6 lbf @ 100 mph	20 lbf @ 100 mph	26 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	22 dB Min.	22 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

** Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

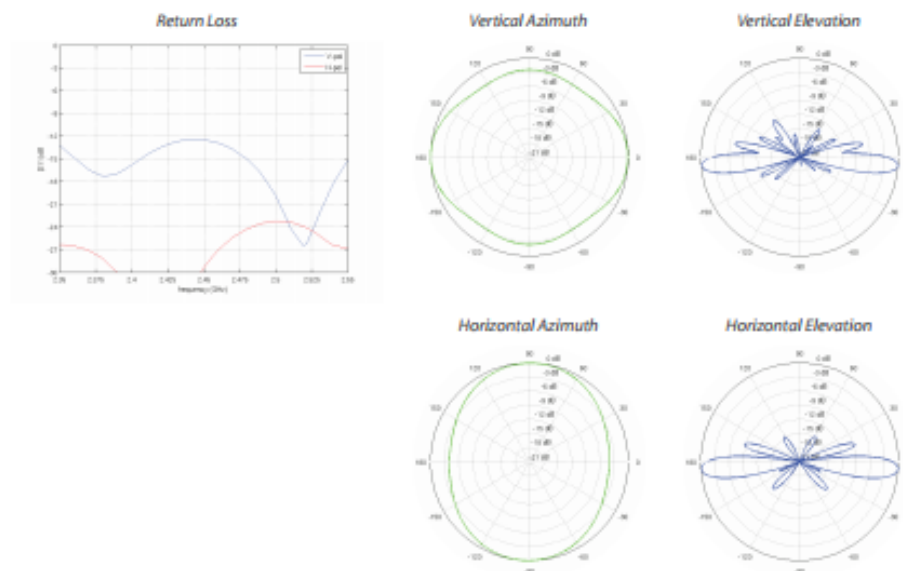
 www.ubnt.com/airmax@airMaxAntennas

Specifications

Antenna Characteristics					
Model	AMO-2G10	AMO-2G13	AMO-3G12	AMO-5G10	AMO-5G13
Dimensions* (mm)	1030 X 122 X 84	1390 X 122 X 105	1012 X 122 X 105	582 X 90 X 65	799 X 90 X 65
Weight*	2.1 kg	2.4 kg	2.05 kg	0.68 kg	0.82 kg
Frequency Range	2.35 - 2.55 GHz	2.35 - 2.55 GHz	3.4 - 3.7 GHz	5.45 - 5.85 GHz	5.45 - 5.85 GHz*
Gain	10 dBi	13 dBi	12 dBi	10 dBi	13 dBi
Elevation Beamwidth	12°	7°	8°	12°	7°
Max VSWR	1.7:1	1.7:1	1.6:1	1.6:1	1.5:1
Downtilt	4°	2°	4°	4°	2°
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	14 lb @ 100 mph	16 lb @ 100 mph	16 lb @ 100 mph	10 lb @ 100 mph	12 lb @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.	25 dB min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included				

* Dimensions and weight include pole mount and exclude RocketM (RocketM sold separately)

AMO-2G10 Antenna Information

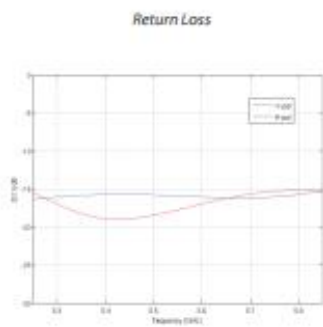
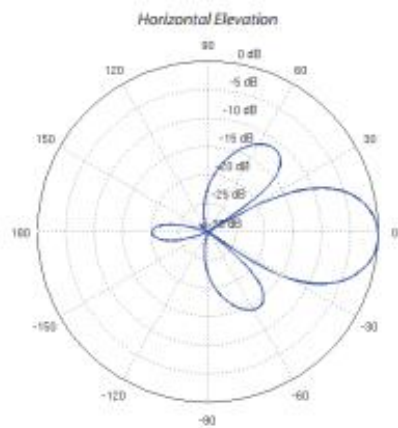
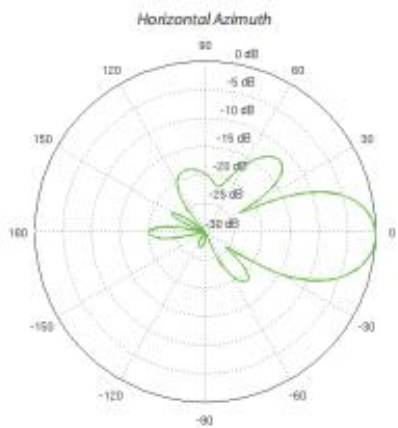
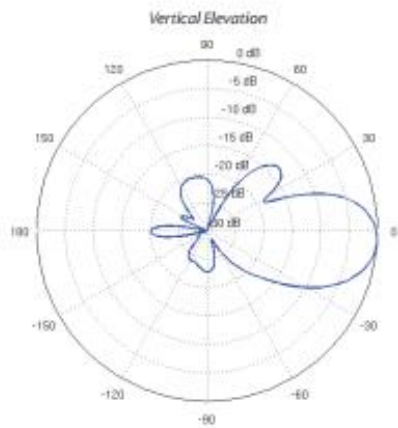
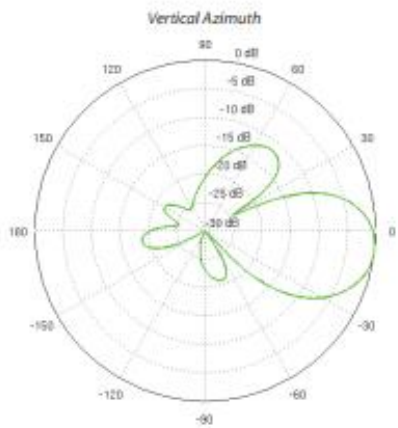


Specifications

NBE-M5-16					
Dimensions	140 x 140 x 54 mm (5.51 x 5.51 x 2.13")				
Weight	0.320 kg (0.71 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A PoE				
Max. Power Consumption	8W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NB-1	USA: U-NB-2A	USA: U-NB-2C	USA: U-NB-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	16 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 500 MHz				
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	5/8/10/20/30/40 MHz				
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included), Wall-Mount				
Wind Loading	21.4 N @ 200 km/h (4.8 lbf @ 125 mph)				
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Salt Fog Test	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-883C Method 509.5				
Vibration Test	IEC 68-2-6				
Temperature Shock Test	IEC 68-2-14				
UV Test	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F), Equivalent: ETS 300 019-1-4				
Wind-Driven Rain Test	ETS 300 019-1-4, Equivalent: MIL-STD-883C Method 506.5				

NBE-M5-16 Output Power: 26 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11a	6-24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	802.11a	6-24 Mbps	-94 dBm Min.	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	24 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	23 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
802.11n/ah/Max	MCS0	26 dBm	± 2 dB	802.11n/ah/Max	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	23 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	23 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

* Some frequencies may require activation; visit: <https://www.ubnt.com/fcclabelrequest>



LBE-M5-23 Specifications

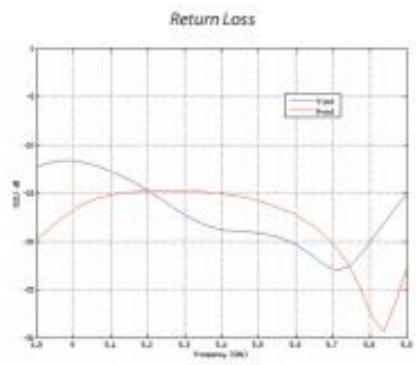
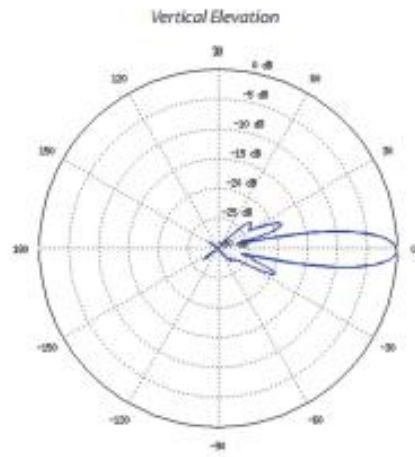
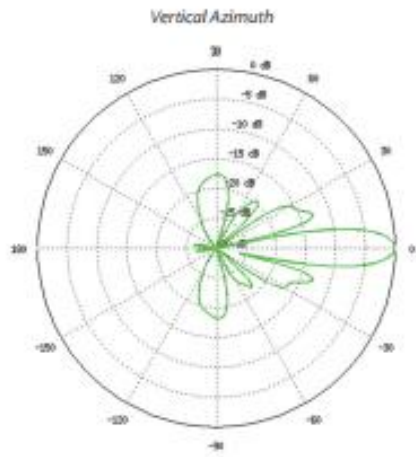
Physical / Electrical / Environmental	
Dimensions (No Mount)	362 x 267 x 184 mm (14.25 x 10.51 x 7.24")
Weight (No Mount)	750 g (24.11 oz)
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	4W
Power Supply	24V, 0.2A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
ESD/EMP Protection	± 24 KV Contact / Air

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 533 MHz
Memory	64 MB
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11n/air MAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	802.11n/air MAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	19 dBm	± 2 dB		MCS7	-75 dBm	± 2 dB

Antenna Information	
Operating Frequency	Worldwide: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Output Power	25 dBm
Gain	23 dBi
Max. VSWR	1.5:1



ANEXO 8 - ROUTER MIKROTIK RB211 - (Microtik, 2017)



RB2011 Series

RB2011 are multifunctional routers with 5 Gigabit Ethernet ports and 5 Fast Ethernet ports, and multiple models available. The RB2011L are lower cost, but the RB2011Ui series have full features.

All RB2011 devices are powered by a new generation Atheros 600MHz 74K MIPS CPU.

Model	RB2011L	RB2011UIAS
CPU	Atheros AR9344 600MHz	
Memory	64MB DDR SDRAM onboard memory	128MB DDR SDRAM onboard memory
Ethernet	Five 10/100 Mbit Fast Ethernet ports with Auto-MDIX Five 10/100/1000 Mbit Gigabit Ethernet ports with Auto-MDIX	
Extras	Reset button, Reset jumper	
LEDs	Power, User, Ethernet activity	
Power input	Jack 8-28V DC; PoE in: 8-28V DC on Ether1 (Non 802.3af)	
Power output	500mA on Port 10	
Dimensions	Desktop:230x90x25mm Rackmount:443x92x44mm	
Power consumption	8W max	15W max
Operating System	MikroTik RouterOS, L4 license	MikroTik RouterOS, L5 license
Package includes	RB2011, power supply	

Feature / Model	2011L-IN	2011L-RM	2011LS-IN	2011UIAS-IN	2011UIAS-RM
Enclosure	Desktop	Rackmount	Desktop	Desktop	Rackmount
SFP port	-	-	Yes	Yes	Yes
Power output	on port 10	on port 10	on port 10	on port 10	on port 10
USB	-	-	-	Yes	Yes