

Diseño de la red inalámbrica para brindar el acceso al internet mediante la tecnología IEEE 802.11ac en la cuenca del lago San Pablo para la empresa NETSERVICE

Edgar A. Maya, Edy J. Antamba

Resumen—El presente proyecto consiste en el diseño de la red inalámbrica para brindar el acceso al internet mediante el estándar IEEE 802.11ac en la cuenca del Lago San Pablo para la empresa NETSERVICE, que permitirá el acceso al internet en la zona, con la finalidad de contribuir a reducir la brecha digital, con ello mejorar la calidad de vida tanto laboral como personal en aspectos de las tecnologías de la información y comunicación (TIC).

Palabras claves—IEEE 802.11ac, WLAN, TIC, RADIO MOBILE, GOOGLE EARTH.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda del servicio de internet y el desarrollo de las telecomunicaciones en los últimos años. Se han basado en redes de comunicación cableada (cable coaxial, xDSL, fibra óptica) que llegan hasta el usuario para acceder al internet posee un costo muy elevado en la instalación. Además se dificulta la instalación de esta tecnología zonas rurales.

Con lo mencionado anteriormente, dieron el paso al desarrollo de los estándares inalámbricos IEEE 802.11 (más conocidos como WiFi), esta es una alternativa a los medios convencionales con los que se accedía a los servicios. Con la incursión de esta forma de transmitir la información y el mejoramiento en los servicio de telecomunicaciones intenten satisfacer las necesidades de los usuario en las zonas rurales más alejadas.

Actualmente la tecnología que está en auge en las redes inalámbricas es el estándar IEEE 802.11n, con sus velocidades máximas de 100Mbps, que ha permitido el desarrollo y la transferencia de información de los dispositivos inalámbricos en cuestiones de minuto. Pero esto aún no es suficiente para el usuario.[1]

El estándar 802.11ac, también conocido como “Gigabit Wi-Fi”, es un paso evolutivo del estándar 802.11n, ya que este estándar se basa sustancialmente durante el desarrollo del estándar 802.11n. El estándar 802.11ac se ofrecerá en dos ondas .

Onda 1. Abarca los dispositivos que puedan alcanzar velocidades de hasta 1,3 Gbps utilizando canales unidos más anchos, modulación creciente y hasta tres flujos espaciales.

Onda 2. Abarca los dispositivos con velocidades de hasta 3.4 Gbps con la introducción de la unión de canales anchos, será posible hasta 8 flujos espaciales y la tecnología multiusuario, multientrada y multisalida (MU-MIMO).

II. ESTÁNDAR IEEE 802.11AC

Con el pasar de los días, tanto en el hogar y en las empresas, necesitan de aplicaciones con mayor ancho de banda, como son video conferencias, el streaming de películas con mayor definición full HD. Estas aplicaciones con 802.11n será una solución para algunos usuarios, pero a medida que se aumenta considerable en el uso de estas aplicaciones disminuye el ancho de banda disponible para cada uno de ellos.

Por esta razón la IEEE ha lanzado la quinta generación del estándar para las red Wi-Fi (802.11ac), que permitirá mitigar estas situaciones o inconvenientes que presente al usuario.

A. Factores que contribuyen al progreso del estándar 802.11ac

- **Más usuarios.** La conexión Wi-Fi ha tenido bastante éxito y el volumen de tráfico crece con el pasar de los días el cual ha desplazado a las conexiones Ethernet en el acceso a la red corporativa, de tal manera que hay más usuarios de Wi-Fi creando tráfico.
- **Más dispositivos por usuario.** Ahora los usuarios tienden a llevar al menos dos dispositivos, un teléfono móvil y una laptop, y en muchos casos también una Tablet. Esto implica que se crea una densa población de dispositivos que quieren acceder a la red inalámbrica, el cual generaría más tráfico y obliga a la empresa a diseñar nuevas redes Wi-Fi.
- **Aplicaciones.** Los usuario están ejecutando aplicaciones al mismo instante que utiliza un gran ancho de banda, tal como servicios de sincronización como Google Drive, video en alta definición, videoconferencia, aplicaciones de redes sociales entre otro.[2]

A diferencia de 802.11n se desarrolló nuevas características importantes para mejorar la eficiencia del estándar 802.11ac y podemos mencionar en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Diferencia entre el estándar 802.11n y 802.11ac

PHY/característica	802.11n	Onda-1 802.11ac	Onda-2 802.11ac
Ancho de canal	20, 40 MHz	20, 40 MHz	20, 40, 80, 160MHz
Flujo espacial (Spatial Streams, SS)	1, 2, 3	2, 3	2, 3, 4

Modulación QAM	64 QAM	256 QAM	256 QAM
Tipo MIMO	SU-MIMO	SU-MIMO	MU-MIMO
Compatibilidad MCS	MCS de 0 a 23 para SS de 1, 2, 3	MCS de 0 a 9 para SS de 1, 2, 3	MCS de 0 a 9 para SS de 1, 2, 3, 4
Velocidad máxima de datos	450 Mbps	1.3 Gbps	3.467 Gbps
Variaciones de radio	2x2:2, 3x3:2, 3x3:3	2x2:2, 3x3:3	4x4:4*

B. Principales características del estándar IEEE 802.11ac

- **CANALES MÁS ANCHOS.** Los dispositivos en el estándar 802.11n pueden admitir canales de 20 MHz o 40 MHz. En cambio los dispositivos de Onda-1 de 802.11ac admiten canales de 20, 40 y 80MHz, entretanto los dispositivos de la Onda-2 admite canales de 20, 40, 80 y 160 MHz.
- **TRANSMISIÓN MEDIANTE EL USO DE LA MODULACIÓN 256QAM.** La modulación es el medio por el cual los datos se codifican en ondas de portadora. 802.11n trabaja en la modulación de 64 QAM, mientras que 802.11ac introdujo 256 QAM. 256 QAM es una modulación más compleja que soporta bits de datos, el cual es posible enviar ocho bits por periodo de símbolos. Esto permite lograr velocidades de datos más altas.
- **BEAMFORMING.** 802.11ac adapta la tecnología beamforming para reducir las interferencias y mejorara las características de la señal Wi-Fi, permitiendo transmitir datos hacia direcciones específicas, en lugar de irradiar datos en todas las direcciones, es decir que se puede enviarse los datos directamente a dispositivos específicos, como si fuera un láser que puede enfocar su fuerza, por lo que puede llegar más lejos.
- **MIMO MULTIUSUARIO (MU-MIMO).** MIMO multiusuarios le permite a un AP enviar tramas a varios usuarios al mismo tiempo en la misma frecuencia. Se puede decir que puede actuar parecido a un switch de Ethernet en lugar de un concentrador, asistiendo a más usuarios, esto posibilita optimizar el ancho de banda inalámbrico.

C. Capa Física

En la capa física del estándar 802.11ac se define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos.

D. Estructura de trama de la capa PHY

Para diseñar la trama de la capa PHY se basaron en las características de nuevo estándar que debía cumplir y de la compatibilidad de la capa física de los estándares anteriores, en si la trama es muy similar a la del estándar 802.11n. Por lo que un dispositivo 802.11ac al transmitir, los dispositivos 802.11a y 802.11n debe ser capaz de conocer la longitud de la trama para no transmitir en ese mismo intervalo de tiempo. En la fig 1, se muestra el formato de la trama de la capa física VHT de 802.11ac es parecida al formato de la trama 802.11n y comienza con los mismos campos de 802.11a. La diferencia

es que incluye una cabecera para permitir MIMO multiusuario, por lo que debe ser capaz de incluir el número de secuencias espaciales y permitir varios receptores para recibir las tramas.

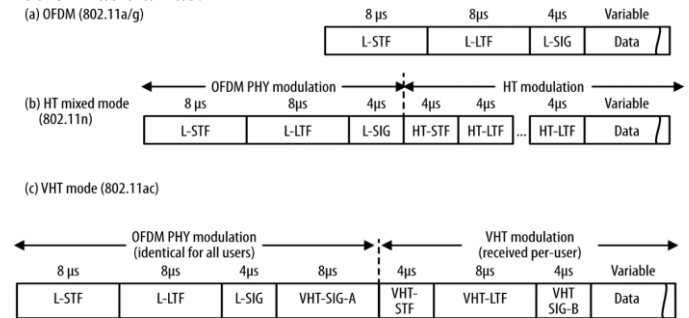


Fig 1. Formato de la trama de capa física VHT

E. SUBCAPA MAC

La mayoría de la subcapa MAC de 802.11ac es heredada de los principales campos y mejoras introducidas en 802.11n. El trabajo de la subcapa MAC de 802.11ac consiste en añadir nuevas características de la capa física. Manteniendo la estructura de la trama utilizado en los anteriores estándares.

En la fig 2 se muestra el formato de la subcapa MAC

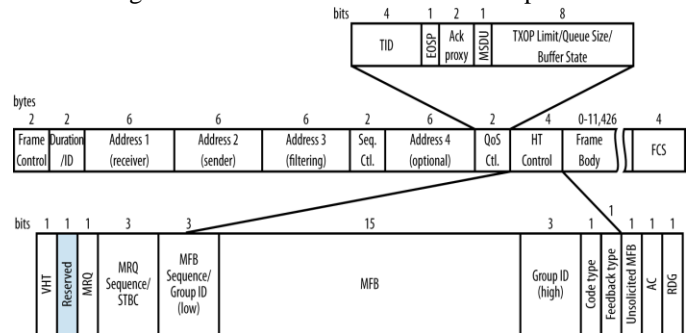


Fig 2. Formato de trama subcapa MAC 802.11ac

III. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DE RED

Netservice es una empresa de telecomunicaciones e internet que brinda bienes y servicios, con la finalidad de brindar mejor servicios de internet mediante sistemas inalámbricos, cableado estructurado, Diseño de páginas web, etc. En la zona norte del Ecuador.

Netservice busca satisfacer las necesidades de sus clientes, ofreciendo tecnología de punta y excelencia en el servicio al cliente, laborando con cualidades empresariales de alto contenido humano y profesional tales como la asertividad y la proactividad para anticipar y prever la demandas del mercado actual. [3]

A. Parroquia De Otavalo Que Ingresan Al Proyecto.

En la fig 3 se ilustra las parroquias del cantón Otavalo que ingresan en el proyecto. San Pablo, Gonzales Suarez, San Rafael, Eugenio Espejo y El Jordán-Otavalo.

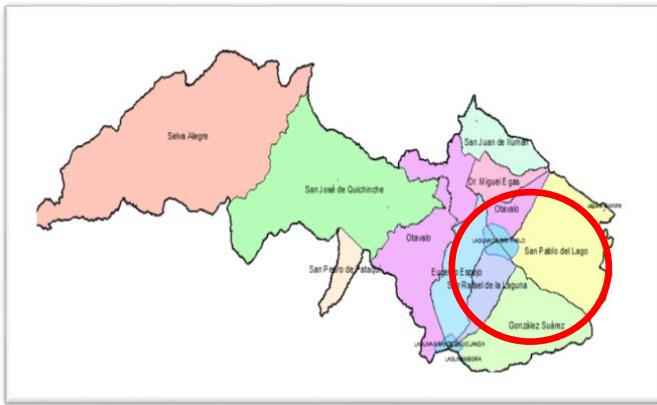


Fig 3. Parroquias del cantón Otavalo que ingresan en el proyecto.

Población de las parroquias del cantón otavalo, Según el último censo de población 2010, los habitantes en el área urbana ascienden al 37.58% y en el área rural es del 62.48%. Se observa que la población rural ocupa la mayor parte del territorio, por lo que en la siguiente tabla 8 se describe el número de habitantes del cantón Otavalo por parroquia y sexo.

Tabla 2. Población total y proyección de las parroquias a intervenir en el proyecto

PARROQUIAS	POBLACIÓN			Proyección 2017
	hombres	Mujeres	Total	
Eugenio Espejo	3499	3858	7357	8416
Gonzáles Suárez	2753	2877	5630	6440
San Rafael	2561	2860	5421	6201
San Pablo	4701	5200	9901	11326
Otavalo-Compañía-Camuendo	1121	1223	2344	2681
Total	14635	16018	30653	35064

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LA RED.

El proyecto consiste en interconectar, mediante radio enlace repetidoras en puntos estratégicos de la zona a intervenir.

La ubicación de los nodos de transmisión es de vital importancia el cual me permitirá enlazar dos puntos de forma correcta, por lo que se debe tomar algunos aspectos

- El enlace entre dos puntos debe existir una línea de vista directa, sin obstáculos para la adecuada propagación de las ondas de radio.
- Se debe considerar una altura adecuada que me permita una visibilidad directa de transmisión. Este

puede ser tanto para los enlaces punto a punto como para la transmisión omnidireccional hacia los usuarios.

- Se debe considerar el perfil del terreno y cálculo de la altura, a fin de la correcta ubicación del nodo.
- Tener en consideración los diferentes factores que puedan degradar la señal como por ejemplo el ruido.

C. SELECCIÓN DE LAS UBICACIONES DE LOS NODOS

Se seleccionaron dos ubicaciones y se verifica cual es el punto conveniente para el diseño, se tomara en consideración los aspectos anteriores y otros factores.

1. Nodo 1.

Selecciono esta ubicación porque se tiene la facilidad de un montaje de la estructura sobre una losa de hormigón y además de la disponibilidad de energía eléctrica para la alimentación de los equipos, reduciendo el coste de tiempo en montar la estructura y costo económico. Como se muestra en la fig 4 del nodo Bellavista.



Fig 4. Ubicación de Nodo Bellavista

2. Nodo 2

Se consideró esta ubicación porque se tiene un línea de vista directa en todo los nodo de la red. Como se muestra en la fig 5 para el nodo San Rafael.



Fig 5. Ubicación de Nodo San Rafael

3. Nodo 3

Se consideró esta ubicación porque se tiene la facilidad de un montaje de la estructura sobre una losa de hormigón y además de la disponibilidad de energía eléctrica para la alimentación de los equipos, reduciendo el costo de inversión y se muestra en la fig 6.



Fig 6. Ubicación del nodo Gonzales Suarez

D. Dimensionamiento de la red

En la tabla 3 se muestra las coordenadas geográficas de los repetidores en longitud, latitud y altura de los mismos.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de los Nodos

Puntos	Latitud(N)	Longitud(O)	Altura(m.s.n.m)
Nodo Cerro Cotacachi	0°19'48.84"	78°20'19.29"	3974
Nodo Bellavista	0°12'40.14"	78°12'30.95"	2703
Nodo San Rafael	0°11'24.59"	78°13'33.17"	2757
Nodo Gonzales Suarez	0°10'44.63"	78°12'3.29"	2721

El diseño de la red se divide en tres subredes tales como se menciona a continuación.

- **Red troncal principal o Backbone:** interconecta con la repetidora ubicada en parroquia de San Pablo de Lago-Comunidad Araque- barrio Bellavista y la El nodo San Rafael ubicada en la parroquia de San Rafael. Se establecerá una conexión punto a punto entre la repetidora Cotacachi usando la tecnología IEEE 802.11ac y que opera en la banda de 5 GHz.
- **Red troncal secundaria:** interconexión entre los repetidores o nodos secundarios ubicados en zonas estratégicas en la zona en la cuenca del Lago San Pablo-Otavallo.
- **Red de acceso:** En las repetidoras secundarias estarán instaladas antenas sectoriales que permitirá irradiar la señal en toda la zona.



Fig 7. Interconexión de la red troncal primaria

E. Dimensionamiento del ancho de banda

Es fundamental realizar una planificación de la red y analizar el tipo de tráfico que soportará la red, es dependerá

exclusivamente del ancho de banda requerido. El tipo de tráfico que debe soportar la red es lo siguientes:

- Correo electrónico.
- Aplicaciones web.
- Video y audio en tiempo real
- Voz sobre IP
- Redes sociales

Las distintas aplicaciones de internet van a requerir diferente ancho de banda, en el siguiente tabla 4 se describirá algunas aplicaciones que requerirán un ancho de banda para su funcionalidad. [4]

Tabla 4. Requerimientos de ancho de banda

Aplicación	Requisitos de ancho de banda por usuario(Kbps)
Correo electrónico	100(kbps)
Navegación web	100(kbps)
Video en tiempo real	200(kbps)
Audio en tiempo real	160(kbps)
Redes sociales	100(kbps)
Total Ancho de Banda	660(Kbps)

Considerando una compartición de 8:1 que realiza la empresa para brindar el servicio de internet por lo tanto los 6 Mbps se compartirá a los 8 usuarios por lo que si al mismo tiempo los ocho usuarios están navegando se dividirá el ancho de banda, $6\text{Mbps}/8=750\text{ Kbps}$ para cada usuario, satisfaciendo la necesidad del usuario, sin embargo, si solo un usuario esta conectó todo el ancho de banda estará a su disposición.

Ahora para calcular el ancho de banda total para los 153 usuarios se necesita un ancho de banda de 120 Mbps que debe transmitir por la red, para cubrir la demanda, con un porcentaje de crecimiento un 25,3% por año según el ministerio de telecomunicaciones. Por lo tanto se debe seleccionar el equipo que trasporté un ancho de banda de 120 Mbps y una demanda para los cuatro años se necesita un ancho de banda de 360 Mbps. Por lo tanto se necesita equipos y tecnología que pueda transmitir este ancho de banda por la red.

F. Arquitectura de red

La arquitectura de comunicación de una red especifica la funcionalidad del sistema y sus componentes de red, es decir solamente describe los elementos del sistema y su disposición de la misma, en la fig 8 se muestra la arquitectura de red del proyecto.

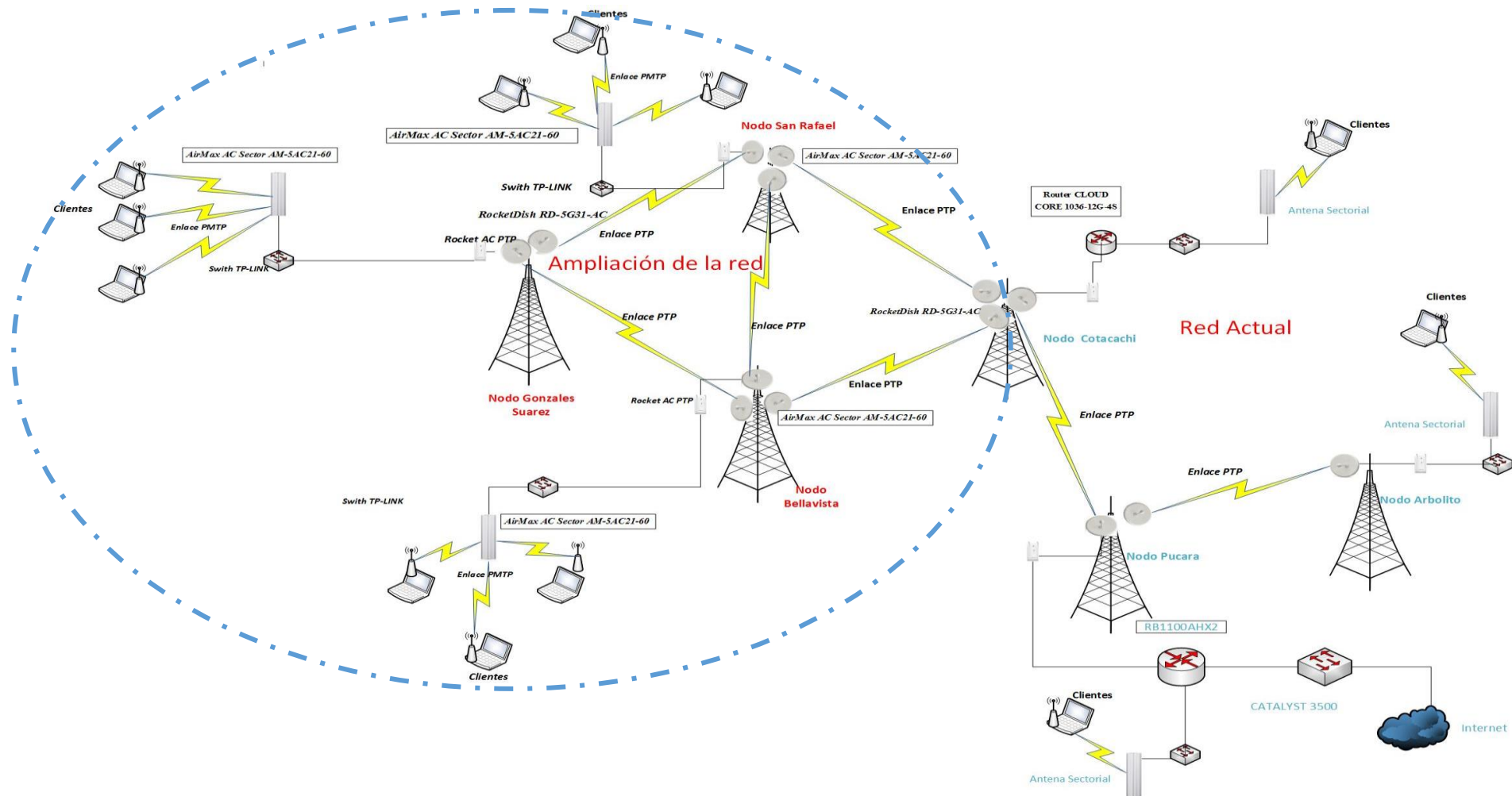


Fig 8. Arquitectura de red cuenca del lago San Pablo

IV. DISEÑO DE LA RED

A. Estructura de la red

Se ubicara nuevos nodos para cubrir el área propuesta, mediante una estructura como se muestra en la fig 9.

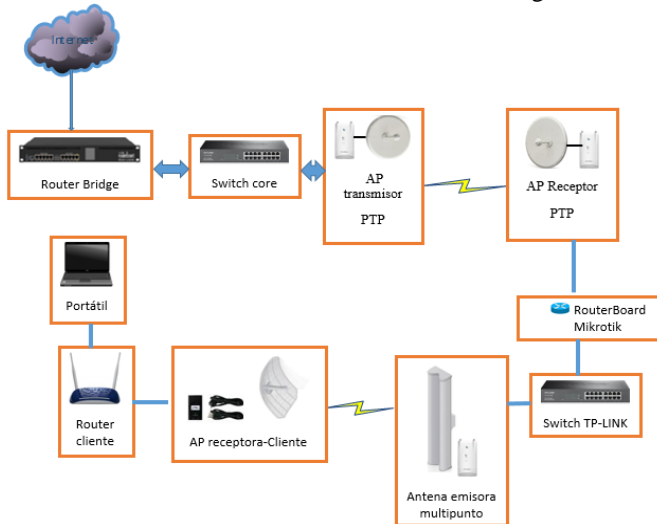


Fig 9. Estructura general de la red

B. Jerarquización d la red

Específicas que definen su función dentro de la red general. Esto me ayudara al diseño de la red a optimizar y seleccionar las características de, tanto de hardware y software de red adecuados. El modelo jerárquico se aplica al diseño de la LAN y WAN. [5]

El diseño general de red LAN jerárquico incluyen las siguientes tres capas:

- **Capa de acceso:** proporciona acceso a la red para grupos de trabajo y los usuarios. Es decir permite la conexión entre los dispositivos finales (pc, laptop, impresoras, samrtphones) proporcionando la conexión a través de switch, router, Access point.
- **Capa distribución:** proporciona una conectividad basada en políticas y controla el flujo de información de la capa de acceso.
- **Capa de núcleo:** proporciona un transporte rápido entre los switch de distribución dentro del campus. Es decir es el backbone de alta velocidad que un router proveerá el acceso a internet y unirá las distintas secciones de la red en una sola red.

En la fig 10 se muestra la red jerárquica.

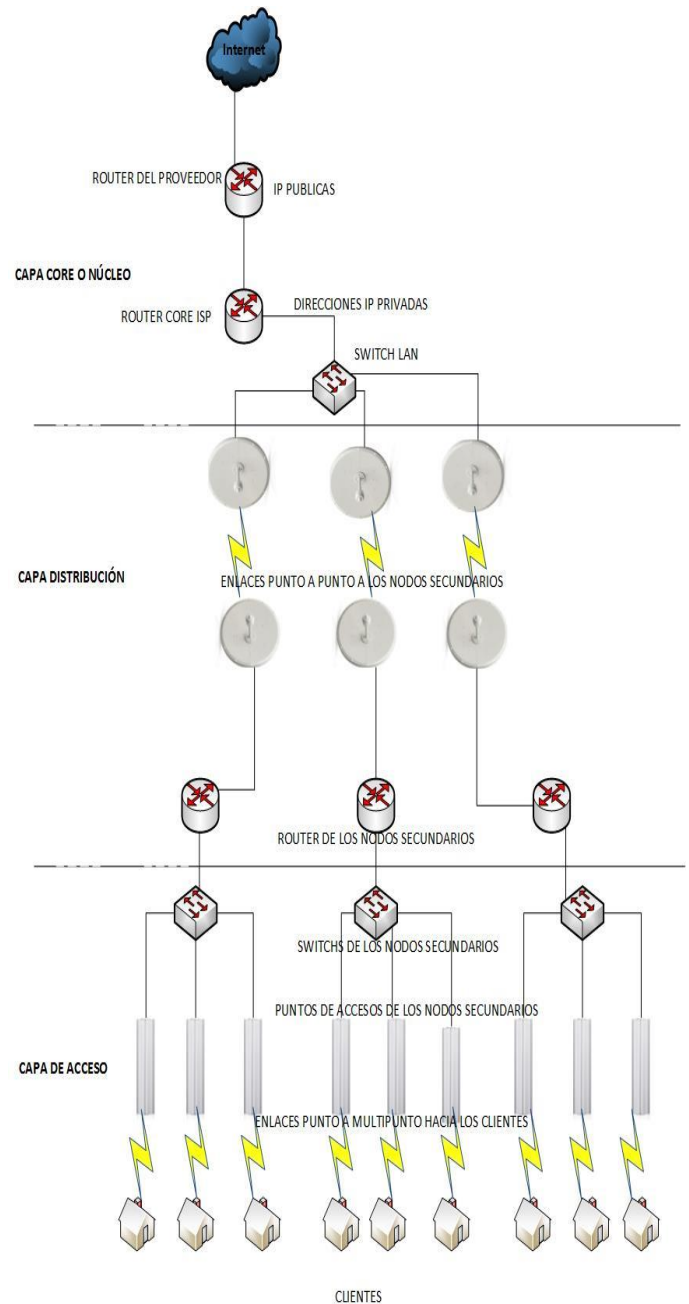


Fig 10. Red jerárquica del proyecto

C. Cálculos de enlaces

Para calcular es necesario saber las características de la tecnología que se va a utilizar. Para calculara la capacidad de un enlaces es necesario entender la velocidad de un dispositivo inalámbrico que se refiere a la tasa a la cual los radios intercambia símbolos en baudios, no el caudal utilizable que se puede aprovechar. El caudal (throughput) es también conocido como la capacidad del canal, o simplemente ancho de banda.

D. Cálculo del presupuesto del enlace

El proceso para determinar si un enlace es viable se denomina cálculo del presupuesto del enlace o balance de potencia y puede ser hecho manualmente o usando herramientas especializadas. Antes de utilizar una herramienta de simulación se va realizar los cálculos de forma manual con las características del nuevo estándar IEEE 802.11ac.

En la fig 11 se muestra un sistema básico de comunicación inalámbrica.

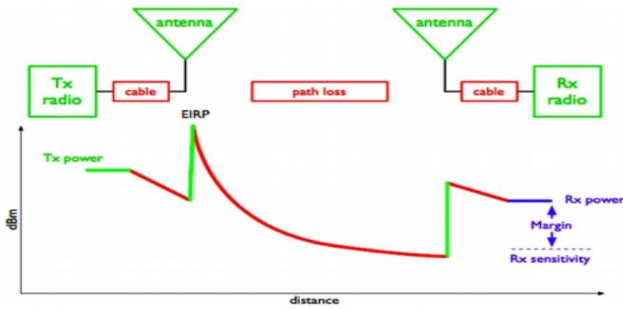


Fig 11. Sistema básico de comunicación inalámbrico

E. Enlace cerro Cotacachi-Bellavista

Calculo de la distancia cerro Cotacachi-Bellavista

En la figura 12 se muestra la estructura y la distancia del enlace.

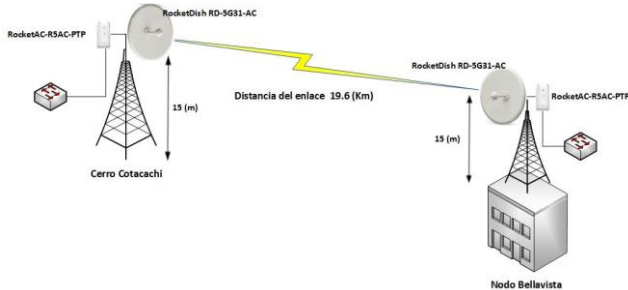


Fig 12. Enlace cerro Cotacachi-Bellavista

$$d=r*\text{arcos}[\text{sen}(\text{lat}1)*\text{sen}(\text{lat}2)+\text{cos}(\text{lat}1)*\text{cos}(\text{lat}2)*\text{cos}(\text{lon}2-\text{lon}1)] \quad (1)$$

$$d=111.19*\text{Arcos}[(\text{sen}(0.33023)*\text{sen}(0.21115))+\text{cos}(0.33023)*\text{cos}(0.21115)*\text{cos}(-78.20859+78.33869)]$$

$$d=19.61(\text{Km})$$

Perdidas en el espacio libre

Perdidas en el espacio libre para dos enlaces se podrá calcular utilizando la ecuación descrita a continuación.

$$\text{FSL}(\text{dB})=32.44+20\log(\text{Mhz})+20\log(\text{km}) \quad (2)$$

Donde:

L=perdidas en el espacio libre

F= frecuencia en Mhz

D= la distancia en km

D=14.57 (km)

F=5800 (Mhz)

$$\text{FSL}(\text{dB})=32.44+20\log(5800(\text{Mhz}))+20\log(19.65(\text{km}))$$

$$\text{FSL}(\text{dB})=32.44+20*3.7634+20*1.293$$

$$\text{FSL}(\text{dB})=32.44+75.268+25.86$$

$$\text{FSL}(\text{dB})=133.575(\text{dB})$$

Presupuesto total del enlace

Tabla 5. Calculo del presupuesto del enlace Cotacachi-Bellavista

Datos	Elementos	Valores
Distancia: 19.65(Km) Frecuencia: 5,8 GHz	Potencia de salida del Transmisor TX	+23 dBm
	Ganancia de la antena TX	+31dBi
	Cables y conectores TX	-3 dB
	Ganancia de la antena RX	+31 dBi
	Cables y conectores RX	-3 dB
	Ganancia Total=	79 dB
	Pérdidas en el espacio libre (FSL)	-133.57dB
	Nivel Mínimo de señal Recibida en Rx(RSL)=Ganancia total-FSL	-54.57dBm
	Sensibilidad Receptor	-69 dBm
	Total(Margen)=Nivel de señal esperado RX-(Sensibilidad del Receptor)	+14.43dB

F. Simulación de la red Coracachi-Bellavista

En la tabla 6 se muestra los parámetros de configuración en el simulador Radio Mobile.

Tabla 6. Parámetros de configuración de la simulación Nodo Cotacachi-Bellavista

Nodo Cotacachi		Nodo Bellavista	
Característica	Especificación	Característica	Especificación
Latitud	0°19'48.84"N	Latitud	0°12'40.14"N
Longitud	78°20'19.29"O	Longitud	78°12'30.95"
Elevación	3974 m	Elevación	2703 m
Altura de torre	18m	Altura	15 m
SISTEMAS DE RADIO			
Tipo de Antena	RocketDish RD-5G31-AC	Tipo de Antena	RocketDish RD-5G31-AC
Ganancia de Antena Tx	31 dBi	Ganancia de Antena Tx	31 dBi
Tipo de Radio	RocketAC R5AC-PTP	Tipo de Radio	RocketAC R5AC-PTP
Potencia de Tx (dBm)	23 dBm	Potencia de Tx (dBm)	23 dBm
Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm	Sensibilidad de recepción Rx(dBm)	-69 dBm
Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz	Frecuencia (GHz)	(5100-5800) GHz

En la figura 13 se muestra los parámetros del enlace entre los nodos de Cerro Cotacachi-Bellavista, la estación transmisora es el Cerro Cotacachi y la receptora es el nodo Bellavista.

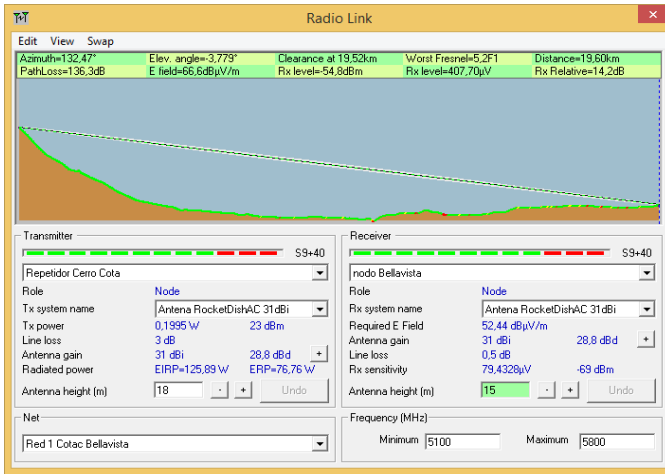


Fig 13. Perfil del enlace entre Cerro Cotacachi-Bellavista

En la tabla 7 se describe los resultados obtenidos de los datos calculados matemáticamente y en el software Radio Mobile, existe un margen de error debido a que en el software determina pérdidas adicionales por múltiples trayectoria y obstáculos, además que en el simulador no existe el tipo de antena RocketDish RD-5G31-AC, por lo que se debe elegir una antena similar en propagación de los lóbulos de radiación que es la Antena Corner, debido a estos factores es la variación de los resultados.

Tabla 7. Comparación datos calculados y simulados de los radioenlaces

Enlaces	Característica	Datos Calculados	Datos Simulados
Cotacachi-Bellavista	Perdidas en el espacio libre	133,57(dB)	136,3(dB)
	Nivel Mínimo de señal recibida en Rx	-54,57 (dBm)	-54,8(dBm)
	Margen de potencia Rx	14,43 (dB)	14,2(dB)
Cotacachi-San Rafael	Perdidas en el espacio libre	133.69(dB)	139.0(dB)
	Nivel Mínimo de señal recibida en Rx	-54.69 (dBm)	-55.0(dBm)
	Margen de potencia Rx	14.30(dB)	14.0(dB)
Bellavista-San Rafael	Perdidas en el espacio libre	116.8(dB)	119.2(dB)
	Nivel Mínimo de señal recibida en Rx	-37.87(dBm)	-35.2(dBm)
	Margen de potencia Rx	31.12(dB)	33.8(dB)
San Rafael-Gonzales Suarez	Perdidas en el espacio libre	117.03(dB)	122.8(dB)
	Nivel Mínimo de señal recibida en Rx	-38.03(dBm)	-38.8(dBm)
	Margen de potencia Rx	30,9(dB)	30.2(dB)
Bellavista-Gonzales Suarez	Perdidas en el espacio libre	118.97(dB)	125.0(dB)
	Nivel Mínimo de señal recibida en Rx	-39.97(dBm)	-41.0(dBm)
	Margen de potencia Rx	29(dB)	28.0(dB)

G. Cálculo de potencia UPS

Se puede definir a un UPS (Sistema de Energía Interrumpible), es un dispositivo encargado de suministrar energía frente alguna interrupción de la misma, integra una circuitería especial que permite alimentar un juego de baterías recargables internas, su función es mejorar el suministro de energía a equipos de alto riesgo eléctrico durante un periodo de tiempo en forma automática.

En la tabla 8 se describe el cálculo para la determinación de la potencia de un UPS.

Tabla 8. Cálculo de potencia de UPS

Equipos	Nº de Equipos	Volts(V)	Amperes(A)	VA(Volt*Amperes)
RocketAC R5AC-PTP	3	24	0.5	36(VA)
RocketAC R5AC-PTMP	3	24	0.5	36(VA)
Router Core CCR1036-12G-4S	1	110	0.54	60(VA)
Switch TL-SG1016DE	1	100-240	2.5	270(VA)
Subtotal				402(VA)
Factor de crecimiento (25% del subtotal)				103(VA)
VA requeridos				502(VA)
Capacidad Total				1KVA

H. Marco legal

Nueva ley orgánica de telecomunicaciones

La constitución de la República del Ecuador en su artículo 408, determina que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del estado.

Por lo que en el artículo 16, consagra el derecho de todas las personas en forma individual o colectiva al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones en bandas libres para la explotación de redes inalámbricas. [6]

Para la prestación de servicios de telecomunicaciones en el artículo 15 de la LOT, para la iniciativa privada se otorga títulos habilitantes para la provisión de servicios públicos de telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico asociado a dicha provisión, en los siguientes casos:

1. Cuando sea necesario y adecuado para satisfacer el interés público, colectivo o general;
2. Cuando la demanda del servicio no pueda ser cubierta por empresas públicas o mixtas en las que el Estado tenga mayoría accionaria;
3. Cuando el Estado no tenga la capacidad técnica o económica;
4. Cuando los servicios de telecomunicaciones se estén prestando en régimen de competencia por empresas públicas y privadas de telecomunicaciones;
5. Cuando sea necesario para promover la competencia en un determinado mercado; y,
6. Para garantizar el derecho de los usuarios a disponer de servicios públicos de telecomunicaciones de óptima calidad a precios y tarifas equitativas.

Requerimientos generales para la ampliación de una red

Formularios del Arcotel para permiso habilitantes. [7]

- RC-1B Formulario para información legal (sistemas de modulación digital BA)
- ST-2A formulario para información técnica.
- RC-2A formulario para información de la infraestructura del sistemas de radiocomunicaciones
- RC-3A formulario para información de antenas
- RC-4A formulario para información de equipos
- RC-9A formulario para sistemas de modulación digital de banda ancha (enlaces punto-punto)
- Formulario SAI-T-ATH-01 (Formulario para descripción técnica detallada del servicio propuesto y cobertura)
- Formulario SAI-T-ATH- 02 (Formulario para descripción de nodos físicos y equipamiento y sistemas)
- Formulario SAI-T-ATH-06 (Formulario para Descripción de Otros Anexos)

I. Presupuesto Referencial del proyecto

En la tabla 9 se muestra la inversión inicial para la puesta en marcha del proyecto.

Tabla 9. Presupuesto total de inversión de los nodos

Presupuesto total de los nodos	
Total costos directos	\$ 480,00
Total costos indirectos	\$ 440,00
Total infraestructura	\$ 9156,00
Total costos de Dispositivos de red	\$ 13605,52
Total de funcionamiento radioenlaces	\$ 653,59
Presupuesto de instalación	\$ 574,00
Presupuesto de mantenimiento y administración	\$ 1180,47
Total presupuestó de la red	\$ 26089,58

V. Conclusiones

El diseño de la red se utilizó el nuevo estándar IEEE 802.11ac opera en la banda libre de 5GHz que esta menos congestionada con respecto a la banda de 2,4 GHz, por lo que es menos propensa a interferencia, aportando con ventajas referente a los estándares anteriores aumentando la velocidad de transmisión en un 33 %, haciéndole a la red robusta y escalable.

El acceso al internet en una zona rural permitirá contribuir a reducir la brecha digital permitiendo a los ciudadanos acceder a oportunidades de desarrollo laboral y personal que a su vez permitirá la inclusión en el ámbito de las tecnologías de la información (TIC), aportando con las políticas como el Plan Nacional de aislamiento digital y al Plan del Buen vivir impulsado por el gobierno nacional.

El proyecto proveerá el acceso de internet inalámbrico en la cuenca del lago San Pablo a precio asequible para los suscriptores que requieran el servicio. Por lo que en la encuesta realizada un 79 % si está dispuesto a contratar el servicio.

Se estableció la ubicación de tres puntos para cubrir la cuenca del Lago San Pablo, para que los clientes puedan acceder al acceso a internet, estableciendo radioenlaces con equipos que soporten el estándar IEEE 802.11ac, estos puntos se consideró de acuerdo a la línea de vista directa que existen entre los puntos.

Con el análisis realizado para el dimensionamiento del ancho de banda de las distintas aplicaciones, se logró establecer cuanto tráfico cruza por la red para satisfacer la demanda de 153 clientes será de 120 Mbps.

Se realizó los radioenlaces mediante el software de simulación Radio Mobile y Google Earth de los 5 enlaces establecidos en la topología de red, de tal manera una vez realizado los radioenlaces, uno de los parámetros importantes es el nivel de la señal en el receptor, el cual cumplen los 5 enlaces en rango aceptable.

La inversión inicial será de \$ 26089,58 dólares para la puesta en marcha del proyecto, Existe 153 clientes potenciales según la encuesta realizada se toma el 25% de crecimiento del internet en las zonas rurales según el ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información, por consiguiente de 153 nos da 38 clientes que iniciaran contratando el servicio en el primer mes. Así pues al inicio del primer año tendrá un Valor Actual Neto (VAN) de - \$4128,17 dólares, por lo que en el segundo año se recuperará la inversión con un valor de \$6824,90 dólares netos de ganancias. Por cuanto la ejecución del proyecto es viable.

REFERENCIAS

- [1] Gast, M. S. (2013). *802.11ac. A Survival Guide*. United States; Canada: O'Reilly Media, Inc.
- [2] MOTOROLA SOLUTIONS INC. (2013). *Lo que se debe saber del Estándar 802.11ac*. Recuperado el 19 de Abril de 2016, de http://motorola-latinamerica.hosted.jivesoftware.com/servlet/JiveServlet/download/3073-5-7540/MOT_80211ac_White_Paper_ES_120313_v2.pdf
- [3] Netservice. (s.f.). *Netservice*. Obtenido de <http://www.netservice.ec/site/#/empresa/>
- [4] Butrich, S., & Butler, J. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. En S. Butrich, & J. Butler. Copenhagen: BookSprint. Recuperado el 12 de Marzo de 2016, de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

- [5] Sistemas Umma. (19 de Febrero de 2012). *Redes Jerarquicas*. Recuperado el 07 de Junio de 2016, de <https://sistemasumma.com/2012/02/19/redes-jerarquicas/>
- [6] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (s.f.). *El 40,4% de los Ecuatorianos utilizó internet*. Recuperado el 01 de Julio de 2016, de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/el-404-de-los-ecuatorianos-utilizo-internet-en-los-ultimos-12-meses/#>
- [7] ARCOTEL. (2016). *Formularios registro de Modificación y Ampliación de Infraestructura ATH*. Recuperado el 22 de Junio de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/formulario-de-registro-de-infraestructura-modificaciones-y-ampliaciones/>



Edgar A. Maya O. Nació en Ibarra provincia de Imbabura el 22 de abril del 1980. Ingeniero en Sistemas computacionales, Universidad Técnica del Norte Ibarra-ecuador en 2006. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y redes de Comunicación en la universidad técnica del norte. Obtuvo la maestría en

Redes de comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador



Edy J. Antamba Y. Nació en Otavalo-Ecuador el 20 de Enero de 1985. Sus estudios primarios los realizó en la escuela “Andrés Bello”, sus estudios secundarios en el colegio “Nacional San Pablo” y actualmente es egresado de la Carrera de Ingeniería en

Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del norte.