

Evaluación de Parámetros de QoS en Redes Wimax que Soportan Voz y Video

Evaluation of QoS parameters in WiMAX networks that support voice and Video

Edwin M. Cevallos, Mario E. Echeverría
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE
Quito, Ecuador

emcevallos@espe.edu.ec, meecheverria@espe.edu.ec

Resumen

En la actualidad la Asociación de Docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas tiene la necesidad de contar con una red de comunicación independiente entre la matriz, ubicada en la ciudad de Sangolquí, y sus sedes Héroes de Cenepa, Idiomas, y sus dos extensiones en la Ciudad de Latacunga.

Buscando una posible solución a esta necesidad se presenta en este proyecto una alternativa como lo es la red Wimax que brinde las facilidades de comunicación, en especial la Videoconferencia; y aprovechando de esta red realizar un estudio del comportamiento de los parámetros de calidad de servicio QoS de esta red.

Palabras claves.- Evaluación; QoS: red; inalámbrica; Wimax; voz y video; tiempo real.

Abstract

Nowadays, the Association of Professors of the Fuerzas Armadas University has the necessity to count on with an independent communicative network between the main office, located at Sangolquí city, and its branches Héroes de Cenepa, Language Institute and its both extensions at Latacunga city.

Searching for a possible solution for this necessity this project comes into as an alternative such as the Wimax network to give out communicative facilities, mainly through video conference; and taking advantage of this network make a study of the behaviour quality service parameters of this QoS network.

Index Terms.- Evaluation; QoS: network; wireless; Wimax; voice and video; real-time

I. INTRODUCCION.

Actualmente, la convergencia de las comunicaciones en sistemas integrados capaces de transmitir simultáneamente voz, video y datos en una única red es una tendencia creciente debido a los beneficios de conectividad que brindan a sus usuarios y la facilidad de acceso a información en diversos niveles de seguridad que proporcionan. [1] [2]

Justamente, las redes que integran todos estos beneficios permiten también una simplificación de la infraestructura de comunicaciones, integración de diferentes sedes dentro de una organización, acceso a la información por parte de trabajadores móviles en un sistema de

gestión centralizada, ahorro en procesos de mantenimiento y la optimización e integración de varios servicios de comunicación dentro de redes convergentes[3][4].

Al analizar la cantidad de información que transita por una red para establecer servicios de voz y video, se trata del transporte de una gran cantidad de datos con distintos tipos de prioridades y requerimientos [5]. Es decir, en ciertos casos la etiqueta de confidencialidad y encriptación que se proporcione a los datos es de suma importancia; mientras que, en otros escenarios el tiempo que tarda en transmitirse cierta información, ejecución en tiempo real, es un factor crítico para cierta aplicación [6].

Todos los factores críticos en el diseño de una red de voz y video mencionados en el párrafo anterior están estrechamente relacionados con los parámetros de calidad de servicio (QoS) de una red [7]. Hoy en día, se hace mucho énfasis en una correcta interpretación y evaluación de estos parámetros para el desempeño adecuado de una determinada red, sin embargo muchos de estos procedimientos de vigilancia de parámetros de calidad de servicio se establecen una vez definida la infraestructura y el diseño de la red, lo cual si bien es cierto puede funcionar de forma óptima en muchos casos no representa la manera más conveniente para conseguir una adecuada calidad de servicio en una red explotando al máximo todos los recursos de hardware y software involucrados.

En este caso, no únicamente se requiere diseñar la infraestructura de red, sino establecer un diseño relevante a las prioridades establecidas para los parámetros de QoS en cada enlace de la red, tal que los recursos disponibles tanto de software como de hardware sean explotados al máximo para asegurar servicios de calidad.

II. REDES WIMAX

A. *Redes Wimax Estándar*

Una red Wimax es una red de comunicación inalámbrica cuya operación se basa en el estándar IEEE 802.16 con sus respectivas variantes. Está diseñada como una alternativa Wireless al acceso de banda ancha DSL y cable, y una forma de conectar nodo WiFi en una red de área metropolitana. Sus siglas en inglés son World wide Interoperability for Microwave Access, que traducidas al español significa Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, puede proveer de acceso de banda ancha de hasta aproximadamente 50 Km, si se compara con WiFi se puede notar que el alcance de ésta última es de apenas 100 m.

El estándar IEEE 802.16 es parte de la gama de estándares de comunicación por acceso inalámbrico, y en particular de los estructurados para las redes de área metropolitana, trata únicamente las especificaciones que corresponden a la capa MAC y a la capa PHY como se puede observar en la Figura 1.

Inicialmente el estándar tenía por propósito crear una tecnología que haga llegar con el servicio de banda ancha a lugares de difícil acceso como son las zonas rurales. El acceso por medio inalámbrico resulta ser una muy buena alternativa pues permite reducir los costos de la infraestructura. Sin embargo en la actualidad ya no se limita este servicio a ser utilizado únicamente en estos sectores, sino que también se lo usa en sectores urbanos, siendo competencia de otras tecnologías de comunicación como xDSL, HSDPA Y HSUPA[8].

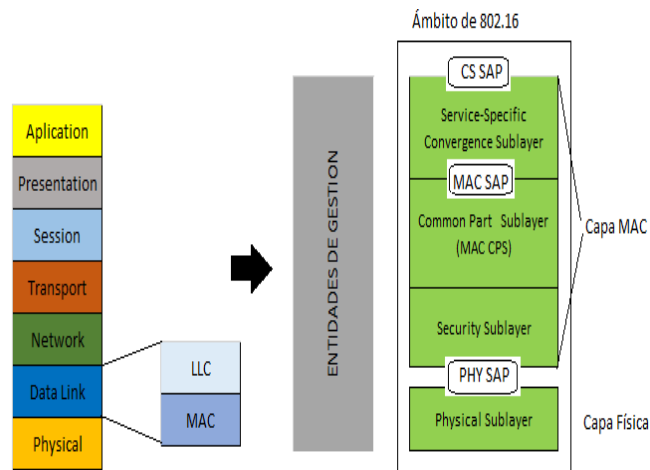


Figura 1. Estándar IEEE 802.16

B. Componentes del Sistema Wimax

Una red basada en el estándar IEEE 802.16 está compuesta básicamente por dos elementos como se observa en la Figura 2.

- *El equipo de usuario CPE* (Customer Premises Equipment). Este es el equipo que incluye las funciones de las SS (Subscriber Station) reconocidas en el funcionamiento de las redes de acceso de banda ancha inalámbricas. Este equipo otorga la conectividad vía radio con la estación base BS.
- *La estación base con las funciones de BS* (Base Station) o estación de trasmisión. Además de otorgar conectividad con las SS también otorga los mecanismos de control y gestión de los equipos SS. La estación base posee los elementos necesarios para conectarse con el sistema de distribución.

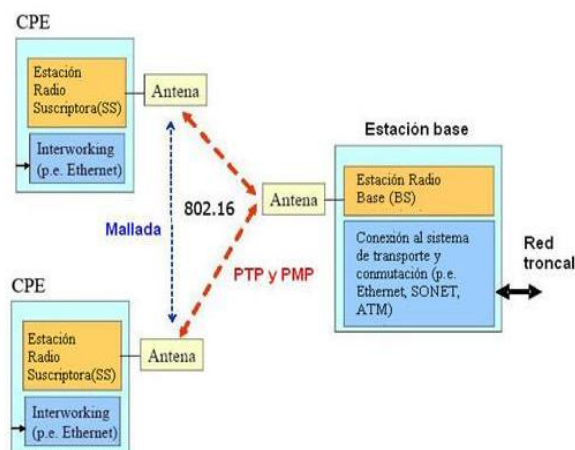


Figura 2. Componentes de un Sistema Wimax

III. DISEÑO DE LA RED

Una de las principales preocupaciones de las empresas es el manejo eficiente de la información, por lo tanto es indispensable manipularla con criterio y utilizando tecnologías actuales avanzadas.

Para el diseño de redes seguras, rápidas, confiables y escalables, se debe tomar en cuenta que cada red necesita cumplir ciertos requisitos de diseño específico[9].

Una de las consideraciones, es utilizar la tecnología Wimax cuya base es el estándar IEEE 802.16, que define varias funciones que deben cumplir los equipos para diseñar redes WMAN (Redes de Área Metropolitana Inalámbricas). Estas redes están pensadas para elaborar redes de alta capacidad y fiabilidad en distancias máximas de algunas decenas de kilómetros.

Los requerimientos a tomar en cuenta para el diseño de una red Wimax son[10]:

- Requerimientos de usuarios.
- Requerimientos de aplicaciones.
- Requerimientos de arquitectura

A. *Requerimientos de usuarios*

Dentro del punto de vista del usuario, se denominan a los requerimientos como los encargados de que una tarea delegada a la red, se la pueda definir como cumplida, y son:

- Tiempo de respuesta
- Confiabilidad
- Adaptabilidad
- Ubicuidad
- Crecimiento de los usuarios

B. *Requerimiento de aplicaciones*

Basándose en las características de los diferentes servicios se determina los grupos de aplicaciones para la red inalámbrica. Algunas de las aplicaciones más actuales y más usadas son:

- Aplicaciones de videoconferencia
- Aplicaciones de navegación web
- Aplicaciones de correo electrónico.
- Aplicaciones de voz.

C. *Requerimientos de arquitectura*

Entre estos requerimientos se tiene:

- Requerimientos de cobertura
- Requerimientos de interoperabilidad
- Requerimientos de gestión.
- Requerimientos regulatorios.

D. *Estimación del Ancho de Banda*

Para estimar el ancho de banda de la red Wimax, debemos partir mencionando las necesidades de La ADESPE, las cuales son:

- Servicio de Datos: navegación en Internet, Correo Electrónico, Transmisión de archivos.
- Servicio de Voz IP

- Servicio de Videoconferencia

Los valores típicos de requerimientos de ancho de banda para Internet, Correo Electrónico, y transmisión de archivos son 32 Kbps para el primero, y 19,2 Kbps para los dos últimos. Considerando que el número de usuarios frecuentes de la red no superan las 250 personas se puede estimar que el ancho de banda para los servicios de datos será no superior a los 20 Mbps.

Para el diseño se utilizará el estándar de compresión G.729A cuya tasa de bits es de 8 Kbps. Además se usará el método de supresión de silencios VAD (Voice Activity Detection) con el objetivo de disminuir el ancho de banda hasta en un 50%, de acuerdo a estudios, el tiempo de duración del paquete óptimo es de 20 ms.

Se procede a desarrollar los cálculos y definir el ancho de banda.

$$\text{Carga de voz} = \text{Tasa de bits G.729A} * \text{Duración del paquete}$$

$$\text{Tamaño del paquete VoIP} = \text{Carga de voz} + \text{overhead del paquete IP}$$

$$\text{Ancho de Banda} = \frac{\text{Tamaño paquete VoIP} + \text{Overhead Wimax}}{\text{Duración del paquete}}$$

Al reemplazar los valores correspondientes se obtiene una carga de voz de 20 Bytes, un tamaño del paquete VoIP de 60 Bytes y un ancho de banda de 31.6 Kbps. El ancho de banda requerido es de 31,6 Kbps pero al usar el supresor de silencios VAD se disminuye hasta el 50% del ancho de banda lo que nos entrega como resultado un valor de 15,8 Kbps de ancho de banda.

Para el cálculo de los requerimientos de ancho de banda para voz, es necesario determinar el número de canales de voz que se requieren para cada sede. Los valores aproximados de utilización del servicio telefónico de cada sede se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos del Servicio de Telefonía en hora pico.

SEDE	NÚMERO DE LLAMADAS (HORA DE MAYOR USO)	TIEMPO PROMEDIO DE LLAMADA [min]
Matriz – Sangolqui	15	3
Héroes del Cenepa – Quito	5	3
Dep. Idiomas – Quito	4	3
Centro – Latacunga	6	3
Sur – Latacunga	4	3

El flujo de tráfico (A) que un único enlace principal puede manejar, se define como el producto del número de llamadas y su duración promedio durante un periodo de monitoreo de una hora.

$$A = C_a * t_m^1$$

Dónde:

A: Es el flujo de tráfico en Erlangs.

C_a : Representa el número de llamadas recibidas en una hora.

t_m : Es el tiempo promedio de duración de una llamada.

Tomando como ejemplo la sede Matriz Sangolqui, el cálculo para obtener el flujo de tráfico sería el siguiente:

$$A = 15 \frac{\text{llamadas}}{\text{hora}} * 3 \text{ min} \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$A = 0,75 \text{ Erlang}$$

Con este valor de flujo de tráfico, y con un valor asumido de probabilidad de pérdida P (Gos – Grade of Service, Nivel de servicio) de 0,01 (valor recomendado para telefonía) que representa una llamada descartada por cada 100 intentos, y utilizando los valores de la tabla de Erlang en la Tabla 2 que se muestra a continuación se calcula el número de canales necesarios para cada sede de la Asociación de Docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

Tabla 2. Tabla de Erlangs B [11].

N	P				
	0,005	0,01	0,02	0,03	0,05
1	0.005	0.011	0.021	0.031	0.053
2	0.106	0.153	0.224	0.282	0.382
3	0.349	0.456	0.603	0.716	0.9
4	0.702	0.87	1.093	1.259	1.525
5	1.132	1.361	1.658	1.876	2.219
6	1.622	1.909	2.276	2.543	2.961
7	2.158	2.501	2.936	3.25	3.738
8	2.73	3.128	3.627	3.987	4.543
9	3.333	3.783	4.345	4.748	5.371
10	3.961	4.462	5.084	5.53	6.216
11	4.611	5.16	5.842	6.328	7.077
12	5.279	5.876	6.615	7.141	7.95
13	5.964	6.608	7.402	7.967	8.835
14	6.664	7.352	8.201	8.804	9.73
15	7.376	8.108	9.01	9.65	10.63

De esta forma se presenta en la Tabla 3 el número de canales requeridos para cada una de las sedes.

Tabla 3. Número de canales de voz.

SEDE	NÚMERO DE CANALES
Matriz – Sangolquí	3
Héroes del Cenepa – Quito	2
Dep. Idiomas – Quito	2
Centro – Latacunga	2
Sur – Latacunga	2

Una vez calculado el número de canales de voz necesarios para cada sede, se debe calcular el ancho de banda real de voz requerido por las sedes con el valor de 15,8 Kbps, al igual que en el caso anterior se toma como ejemplo la sede Matriz – Sangolqui.

$$AB = 3 * 15,8 \text{ Kbps} = 47,4 \text{ Kbps}$$

Realizando el mismo cálculo con las sedes restantes se tiene como resultados los siguientes valores mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Ancho de banda necesario para VoIP.

SEDE	NUMERO DE CANALES	ANCHO DE BANDA [Kbps]
Matriz – Sangolqui	3	47,4
Héroes del Cenepa – Quito	2	31,6
Dep. Idiomas – Quito	2	31,6

Centro – Latacunga	2	31,6
Sur – Latacunga	2	31,6

Finalmente el Ancho de banda requerido para videoconferencia de calidad adecuada es de 2 Mbps (30 cuadros por segundo) por cada sede. Al utilizar el término adecuada para este servicio se quiere decir que la calidad del video es de alta calidad.

Es necesario indicar que el objetivo de esta red es prestar el servicio de videoconferencia entre sus diferentes sedes más no el de brindar el servicio de video de alta calidad como lo es la Televisión Digital cuyos objetivos van más allá de brindar comunicación interactiva en dos sentidos de audio y video.

E. Modelo de diseño de la Red Inalámbrica

La red Wimax se diseña para brindar el servicios de internet a la Asociación de Docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", un modelo para sistemas BFWA (acceso inalámbrico fijo de banda ancha) es necesario para este efecto, el mismo que debe involucrar análisis técnico y análisis económico con la finalidad de obtener una solución viable para ambos sentidos.

Para evaluar la cobertura, la capacidad y el costo de la red la Figura 3 muestra una relación entre los diferentes módulos del modelo a usar.



Figura 3. Modelo de Diseño de la Red Inalámbrica [12]

F. Arquitectura del sistema

Para el sistema se va a utilizar una arquitectura Punto-Multipunto constituida por CPE's en los subscriptores que se encontrarán enlazados inalámbricamente con una estación base. La estación base principal ubicada en la ESPE matriz se encontrará equipada con 3 antenas sectorizadas de 90grados. Tomando en cuenta también que los CPE son exteriores y están conformados por antenas direccionales. En la Figura 4 se muestra la distribución de la arquitectura de la red.

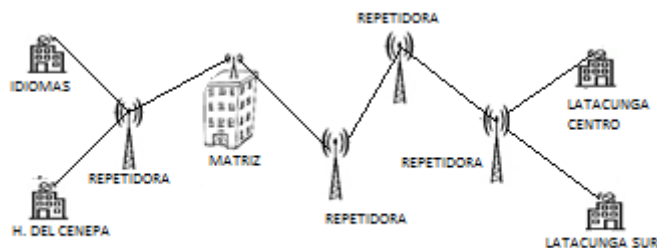


Figura 4. Arquitectura del Sistema Wimax.

Se elige una banda no licenciada de 5.8GHz con el principal objetivo de reducir costos, puesto que adquirir la licencia de un espectro que no sea de carácter libre es considerablemente alto.

La operación bajo No Línea de vista es posible si se trabaja con frecuencias menores a 11GHz y la interferencia se puede controlar con la adquisición de equipos especializados en trabajar con bandas no licenciadas para Wimax.

El sistema se sustenta en el protocolo IEEE 802.16-2009 utilizando la tecnología OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales). Requiere un ancho de canal de 10 MHz y la duplexación es realizada utilizando TDD (división por duplexación de tiempo).

La modulación adaptativa que va desde BPSK es aprovechada para los lugares más distantes y 64QAM para los más cercanos.

Se utilizará una macro-celda con un radio de hasta 15 Km, que aproveche la No-línea-de-vista.

La distancia total a cubrir es de aproximadamente 100 km a partir del Departamento de Idiomas ubicado en el sector del Inca hasta el Campus Guillermo Rodríguez Lara ubicada en Latacunga en la parroquia Belisario Quevedo ambas sedes de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

Se colocará una radio base en cada una de las sedes a las que se brindará el servicio, además se colocara varias torres repetidoras para poder abarcar toda la distancia existente.

G. Pérdidas Totales

Después del análisis de las pérdidas en el espacio libre, en las guías de onda y en los circuladores, se obtiene por superposición las pérdidas totales como se indica en la Tabla 5

Tabla 5. Pérdidas en la Red

Trayecto	Distancia [Km]	Altura Tx [Km]	Altura Rx [Km]	Pérdida [dB]
Cruz Loma – Dep. Idiomas	7,09	45	5	137,881
Cruz Loma – Héroe del Cenepa	5,09	45	5	135,003
Matriz Asociación ESPE – Cruz Loma	17,26	40	45	153,421
Matriz Asociación ESPE – Alóag Panamericana Sur	17	40	36	151,288
Alóag Panamericana Sur – Alóag Peaje	9,42	36	60	150,622

Alóag Peaje – Entrada al Cotopaxi	21,04	60	57,5	162,395
Entrada al Cotopaxi – Lasso	18,88	57,5	60	161,455
Lasso – Latacunga Aeropuerto	18,81	60	42	157,962
Latacunga Aeropuerto – ESPE Latacunga Centro	1,89	42	6	125,951
ESPE Latacunga Centro – ESPE Latacunga Sur	5,42	6	1	126,174
TOTAL				1.462,152

H. Margen de desvanecimiento

Una vez desarrollados los cálculos del margen de desvanecimiento de acuerdo a la situación geográfica del lugar se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6. Margen de Desvanecimiento

Trayecto	Distancia [Km]	Margen de desvanecimiento [dB]
Cruz Loma – Dep. Idiomas	7,09	-1,106
Cruz Loma – Héroes del Cenepa	5,09	-5,424
Matriz Asociación ESPE – Cruz Loma	17,26	10,486
Matriz Asociación ESPE – Alóag Panamericana Sur	17	10,288
Alóag Panamericana Sur – Alóag Peaje	9,42	2,596
Alóag Peaje – Entrada al Cotopaxi	21,04	13,066
Entrada al Cotopaxi – Lasso	18,88	11,655
Lasso – Latacunga Aeropuerto	18,81	11,606
Latacunga Aeropuerto – ESPE Latacunga Centro	1,89	-18,332
ESPE Latacunga Centro – ESPE Latacunga Sur	5,42	-4,605

I. Planeación de la capacidad

En la Tabla 7 se detalla en la tabla el ancho de banda designado para cada sede en función al número de usuarios aproximados que tendrán acceso a la red.

Tabla 7. Planeación de la capacidad.

Ancho de Banda solicitado al proveedor : 26 Mbps			
SEDE	NÚMERO APROXIMADO DE USUARIOS	PORCENTAJE	ANCHO DE BANDA MÍNIMO REQUERIDO (Mbps)
Matriz Sangolqui	120	48,00%	9
Héroes del Cenepa	20	8,00%	3,5
Departamento de Idiomas	20	8,00%	3,5
Latacunga Centro	50	20,00%	5
Latacunga Sur	40	16,00%	4,8

J. Planeación de las celdas

En la Tabla 8 se detallan las alturas de las torres y el edificio donde serán ubicadas.

Tabla 8. Planeación de las Celdas

Sede	Altura Torre (m)	Edificio
Matriz Sangolqui	40	Banco Rumiñahui
Héroes del Cenepa	5	Aulas de pregrado
Departamento de Idiomas	5	Centro Médico
Latacunga Centro	6	Edificio Administrativo
Latacunga Sur	1	Edificio Administrativo

IV. SIMULACIÓN DE LA RED

Para la realización de la Simulación se debe ingresar las coordenadas geográficas de los puntos donde se ubicarán las antenas como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Ubicación Geográfica

ANTENA	LUGAR	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		Latitud	Longitud
MAE	Matriz Asociación ESPE – Campus Sangolqui	00°18'53"S	78°26'43,8"O
DI	Departamento de Idiomas – El Inca	00°09'53,6"S	78°28'32,7"O
HDC	Héroes del Cenepa – Quito Centro	00°13'44,5"S	78°30'51,7"O

ELC	Campus ESPE Latacunga Centro	00°56'07,8"S	78°36'40,1"O
LS	Campus ESPE Latacunga Sur	00°57'25,7"S	78°34'02,9"O
CRUZ LOMA	Cruz Loma – Quito	00°11'17,5"S	78°32'06,7"O
ALOAG	Alóag	00°26'15,0"S	78°32'12,3"O
ALOAG PEAJE	Alóag Peaje	00°26'10,4"S	78°37'17,6"O
ENTCOTOPAXI	Entrada a Cotopaxi	00°36'10,4"S	78°31'53,9"O
LASSO	Lasso	00°45'11,3"S	78°36'39,5"O
LATACUNGAA	Latacunga Aeropuerto	00°55'19,5"S	78°37'17,7"O

V. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MEDIANTE NS2 PARA TRÁFICO DE STREAMING DE VOZ.

Tráfico Streaming se modela utilizando tráfico CBR sobre UDP. Tanto la velocidad de envío y tamaño de paquete son ajustables, su análisis se realiza a partir de la Figura 5.



Figura 5. Visualización gráfica (NAM) de NS2

Mediante la ejecución del archivo .nam producido por NS2 se logra la visualización gráfica de la simulación, la red establecida en la cual se observa un enlace doble ya que la comunicación es bidireccional, y la transmisión inalámbrica es graficada mediante círculos crecientes. Los nodos 0 a 5 representan a los nodos reales de la red 0 y 1 equivalen a las sedes de la ESPE Quito, el nodo 2 representa a la matriz en Sangolqui, el nodo 3 representa a las repetidoras, finalmente los 4 y 5 representan las sedes ESPE Latacunga.

A. Resultados de Rendimiento

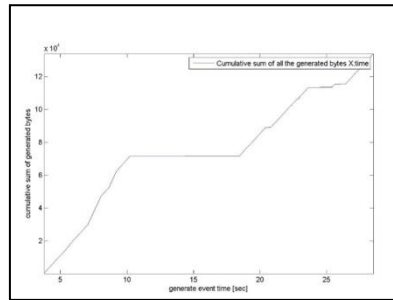


Figura 6 Rendimiento de voz en el sistema Wimax.

Se puede apreciar que desde el segundo 0 hasta el segundo 10, tiende a crecer linealmente esto se debe a que se simula eventos (llamadas) aleatorios con una duración media de 3 minutos, a partir del segundo 10 se observa una estabilidad hasta el segundo 18 que es donde se realizan nuevas llamadas tendiendo a crecer linealmente.

Como se observa en la leyenda de la Figura 16, la gráfica que se observa es la suma acumulativa de toda la información generada por cada nodo (sede) de la red al final en el segundo 30 la red a alcanzado un rendimiento de 130 Kbytes el cual trasladado a bits es de 1.040 Mb.

B. Retardo

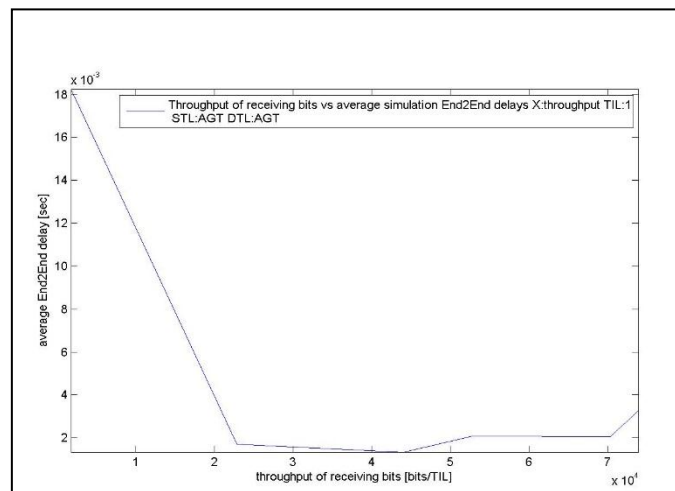


Figura 7. Retardo vs Rendimiento de la transmisión de voz

En la figura 17, se puede observar que al segundo 0 se tiene un retardo equivalente a 18 ms, esto se debe que al inicio de la simulación tanto las estaciones base como el repetidor transmiten tramas de sincronización y control de enlace lo que se traduce en demora ya que estas tramas son de tipo Broadcast. Luego a medida que el rendimiento incrementa a partir del segundo 2.2 el retardo decrece hasta encontrarse con un valor de 0 ms debido a que la cantidad de información que generan los nodos (sedes) no sobre carga el canal, a medida que más nodos empiezan a comunicarse la utilización del canal se hace evidente en el incremento del rendimiento lo que hace que el retardo tienda a incrementar.

C. Jitter

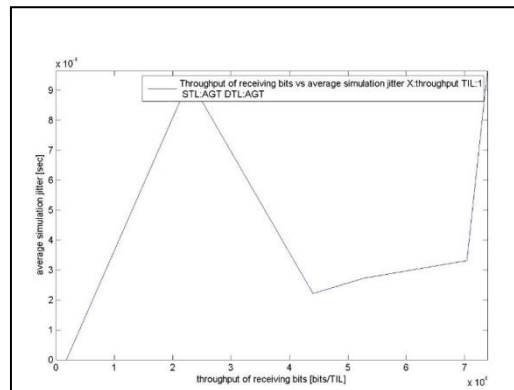


Figura 8. Jitter vs Rendimiento en voz Streaming

En la

Figura , se aprecia que el nivel de Jitter es relativamente alto a los instantes en que las llamadas son realizadas o iniciadas en la red, esto se debe a que al momento de iniciar una nueva conversación las primeras tramas en enviarse son tramas de sincronización y tienen cierta prioridad originando así que exista un desfase en la llegada de los paquetes de datos de los otros nodos.

D. Paquetes Perdidos

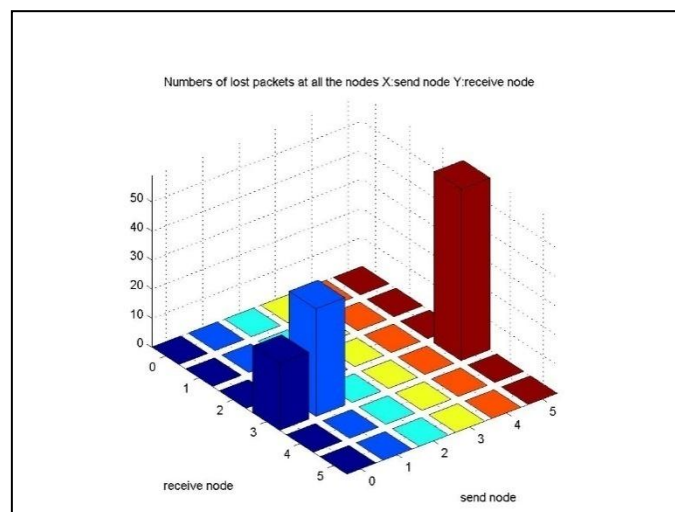


Figura 19. Retardo vs Rendimiento de la transmisión de voz

La pérdida de paquetes ocurre cuando uno o más paquetes de datos que viajan en una red IP fallan en alcanzar su destino. La causa de la pérdida de paquetes es debida a varios factores, entre los que se puede nombrar, degradación de la señal al viajar por el medio, interconexiones de la red sobresaturadas, paquetes con error rechazados en el tránsito, falla en el hardware de la red, o rutinas normales de enrutamiento. Cuando la pérdida de paquetes es causada por problemas en la red, los paquetes perdidos pueden resultar en problemas de desempeño que causen fallas notables en el desempeño de la red, sin embargo la pérdida de paquetes no siempre es tan perjudicial, como por ejemplo cuando es usada para contrarrestar la latencia.

VI. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MEDIANTE NS2 PARA TRÁFICO DE STREAMING DE VIDEO

A. Resultados de Rendimiento

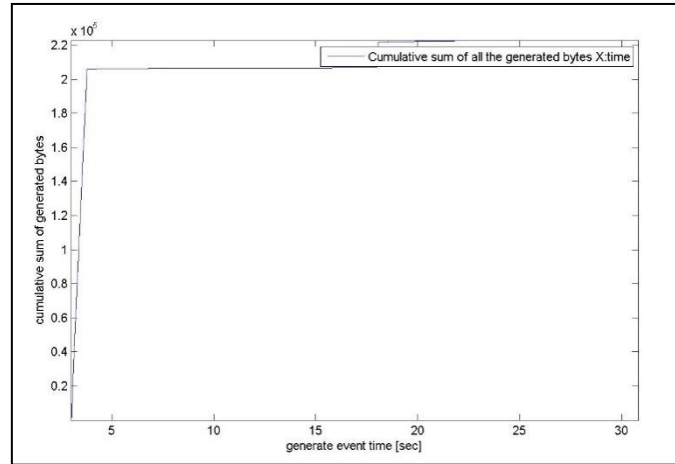


Figura 20. Rendimiento de video en el sistema Wimax.

El rendimiento que cursa la red al momento de transmitir video es de 220 Kbytes, de la misma forma que en el caso de la transmisión de voz, aquí se muestra la suma acumulativa ya que al generarse llamadas en diferentes instantes de tiempo la información que genera cada nodo se va acumulando en la red, de esta manera se puede evaluar el comportamiento de la red en general.

Para este caso el rendimiento de la red tiende a estabilizarse muy rápidamente ya que las tramas de datos generadas y enviadas son de tamaño constante, algo que no ocurre con la voz.

B. Retardo

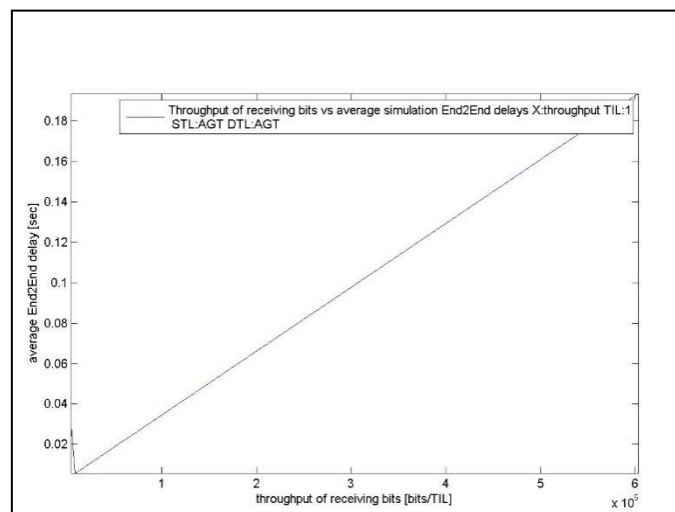


Figura 21. Retardo vs Rendimiento de la transmisión de video

El retraso generado en la red para el caso de la transición de video crece de forma lineal en relación al rendimiento, esto se debe a que a medida que la cantidad de información que cursa

la red mientras el tiempo transcurre crece, se generan colas en los receptores lo cual da lugar al retraso en la recepción de paquetes desde el transmisor, generalmente este es un resultado esperado ya que las tramas de video son mucho más grandes que en la transmisión de voz.

C. Jitter

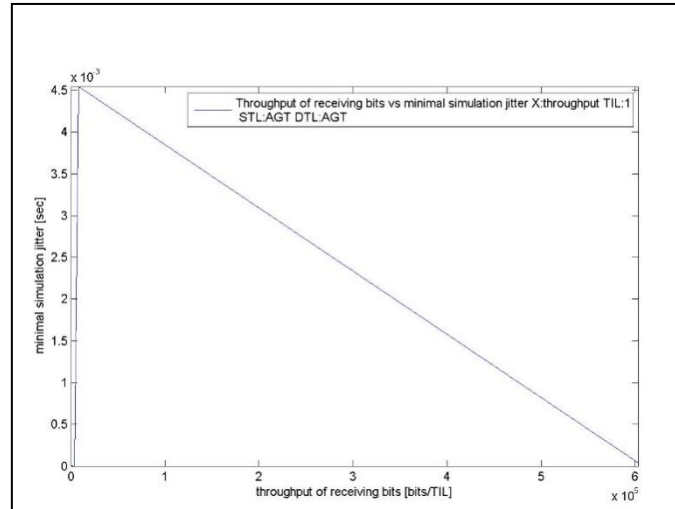


Figura 21. Jitter vs Rendimiento en video Streaming

En la Figura 21 se aprecia que el Jitter es inversamente proporcional a la cantidad de información que cursa la red, lo que se traduce en que los paquetes llegan hasta el receptor con un espacio uniforme de tiempo, lo que garantiza el buen funcionamiento de la red.

D. Paquetes Perdidos

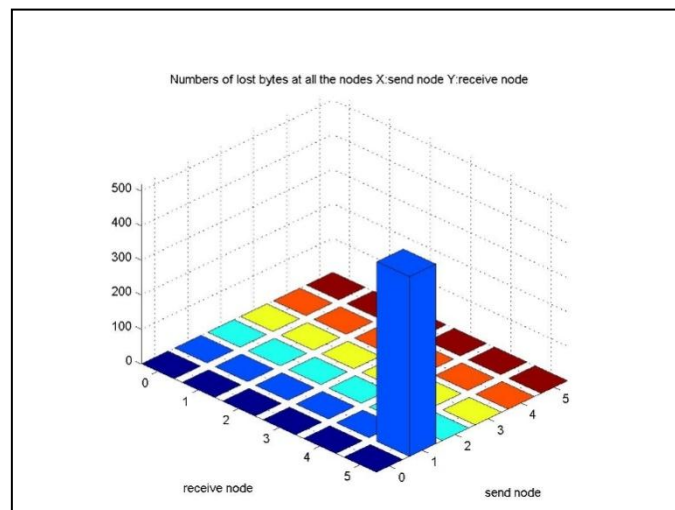


Figura 22. Paquetes perdidos en la transmisión de video sobre la red Wimax

En la Figura 22 se observa la cantidad de paquetes perdidos en la red, de igual forma que en el caso de la transmisión de voz, no son muchos los paquetes perdidos, se generan más cantidad de estos cuando una se intenta establecer una video llamada desde el nodo 1 al nodo 5, quizá se deba a que esta información debe pasar por un nodo central ubicado en la matriz y un

repetidor, pues al ser procesados por dos entes claves del sistema se corre mucho riesgo de que la información sea alterada o ente caso perdida.

VII. CONCLUSIONES.

Wimax opera bajo el protocolo 802.16, sin embargo, este protocolo se subdivide de acuerdo a sus actualizaciones; por tal motivo para este proyecto se seleccionó 802.16-2009 ya que maneja las características que nosotros requerimos para la red.

Uno de los factores más importantes antes de realizar el diseño y la selección de equipos es la elección de la banda de frecuencia a usar, ésta se la realiza tomando en cuenta el uso que se le va a dar, aquí sobresale el costo y la seguridad que se requiere para tomar una decisión.

La región sierra del Ecuador posee una geografía bastante compleja debido a las diversos cerros, montañas y volcanes, bosques ubicados en la misma, por tal motivo el diseño de la red se torna complejo y hace que sea necesario alquilar torres y en ciertos casos colocar desde cero las torres para la ubicación de la repetidoras, por lo que el presupuesto del enlace se encarece.

El Marco Regulatorio Ecuatoriano no establece una regulación sobre tecnologías sino sobre servicios; y en regulación de redes, se regula la capacidad y latencia de la misma.

La red técnicamente es viable para las necesidades de la Asociación de Docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sin embargo, el presupuesto económico de la red le hace actualmente no ejecutable.

Al ser Retardo el tiempo que transcurre entre la emisión de los datos, hasta el momento en que llegan al receptor. Se concluye que mientras el rendimiento incrementa el retardo también lo hace pero sin sobrepasar los 5ms, esta demora se debe a la existencia de una gran cantidad de componentes y subsistemas de comunicación, situados en el sistema receptor así como en la red. Cabe mencionar que el rendimiento total de la red es de 18 MB; en conclusión se dice que la red tiene un muy buen desempeño en la transmisión de video llamada.

La pérdida de paquetes desde el nodo transmisor al nodo receptor no es alta, sin embargo, éste es un buen indicador para corregir por ejemplo líneas de vista, parámetro necesario en el enlace, aumento de la potencia u otras variables manipulables y que no sobrepasen las reglas establecidas en el manual de implementación de redes inalámbricas expedidas por el ente regulador.

La red en cuanto a Jitter no presenta complicación alguna, ya que al estar los paquetes espaciados de forma igualitaria garantizan una buena conversión digital análoga logrando que la conversación sea entendible.

La cantidad de paquetes perdidos refleja el funcionamiento de la red para el caso actual esta cantidad no rebasa los límites establecidos para garantizar una buena calidad en la transmisión de video.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Nelson Andrés Pozo Yépez. (2009). Estudio y Diseño de una red LAN inalámbrica con calidad de servicio para voz y datos en el Colegio de Ingeniero Geólogos, Minas y Petróleos (CIGMYP), empleando los estándares IEEE 802.11g, IEEE 802.11 e. [<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1316/1/CD-2019.pdf>]
- [2] Diego Mauricio Guanotoa Pachacama. (2007). Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología Wimax para interconectar las dependencias de Petroproducción con el Bloque 15 en el Distrito de Quito. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.

- [http://www.academia.edu/3118456/Diseno_de_una_red_inalambrica_de_voz_y_datos_utilizando_tecnologia_WIMAX_para_interconectar_las_dependencias_de_Petroproduccion_con_el_Bloque_15_en_el_Distrito]
- [3] Edison Pazmiño. (2010). Diseño de una red para transmisión de voz video y datos basado en tecnología IP para la empresa Procoineec de la ciudad de Ambato. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/103/t544e.pdf?sequence=1]
 - [4] Héctor Geovanny Chimborzo. (2009). Diseño de una red de voz, datos y video para el Mall Financiero de la Cooperativa de ahorro, crédito y vivienda de la Cámara de Comercio de Ambato. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.
 - [5] Anindita Kundu. (2010). Performance Evaluation of Integrated Wimax and WLAN Networks for Voice over IP Application. Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Jadavpur University, Kolkata-32. [http://www.academia.edu/1596874/MTech_Thesis]
 - [6] ViVoNets Lab. Video and Voice over Networks Group at University of California, Santa Barbara. [http://vivonets.ece.ucsb.edu/]
 - [7] Héctor Geovanny Chimborzo. (2009). Diseño de una red de voz, datos y video para el Mall Financiero de la Cooperativa de ahorro, crédito y vivienda de la Cámara de Comercio de Ambato. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.
 - [8] Carmona Sánchez, Antonio. Ingeniería Telecomunicación. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-Wimax.pdf>
 - [9] Diseño de una Red Inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología Wimax para interconectar las dependencias de Petroproducción con el bloque 15 en el distrito Quito, Guanotoa Diego, Escuela Politécnica Nacional
 - [10] Oviedo Fausto, Quishpe Caros, Diseño de una red Comunitaria utilizando tecnología Wimax, entre el colegio universitario, los laboratorios y el campus central de la Universidad Técnica del Norte.
 - [11] Quinapallo Juan, Diseño de una red inalámbrica para interconectar la matriz de la cadena de farmacias pharmacy's con sus diferentes sucursales ubicadas en la ciudad de Quito.
 - [12] Ordóñez Erika: Diseño de una red inalámbrica utilizando la tecnología Wimax para proveer el servicio de internet de banda ancha en la ciudad de Manta.