

REDISEÑO, LEVANTAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL ENLACE DE DATOS ENTRE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO Y LA COMANDANCIA GENERAL DE EJÉRCITO PARA PROVEER ACCESO AL SISTEMA SIPER Y A 8 LÍNEAS DEL SISTEMA MODE

UNDA CÉSAR PINEDA FLAVIO GRANDA FAUSTO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SANGOLQUI - ECUADOR**

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el rediseño, levantamiento y mantenimiento del enlace de datos entre la Escuela Politécnica del Ejército y la Comandancia General del Ejército para proveer acceso al Sistema Siper y a 8 líneas del Sistema Mode y de esta manera brindar las bondades que generan estos Sistemas al personal del Ejército Ecuatoriano que realiza sus labores tanto académicas y administrativas dentro de la ESPE.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las comunicaciones en todo ámbito de trabajo son muy trascendentales y más aún en el campo Militar. Los canales dedicados y seguros son los apropiados para transmitir información tan confidencias como es la Militar. El sistema de telefonía Mode del Ejército Ecuatoriano, necesita integrar a todos los destacamentos Militares a nivel nacional, así como también el sistema personal Siper.

En el año del 2008 el presente proyecto fue ejecutado pero debido a la falta de mantenimiento y a la presencia de descargas eléctricas en el sector de Miravalle lugar donde se montaron los equipos de recepción, el enlace dejo de funcionar en Noviembre del 2009, siendo

necesario un rediseño del enlace que garantice un funcionamiento normal con un alto grado de servicio.

Es por tal motivo como objetivo principal del presente proyecto, enlazar a la ESPE con la Comandancia para brinda un gran beneficio al personal Militar que realiza sus labores académicas y administrativas en la Universidad.

II. DISEÑO DEL ENLACE DE DATOS

A. Parámetros para el diseño del enlace de datos

La tabla 1 indica valores como el ancho de banda que necesita el Siper, cuyo valor establecido mediante herramientas de medición que posee el personal de comunicaciones de la Comandancia llega a un máximo de 512 Kbps. Así como también el ancho de banda que necesita el Sistema Mode el cual se lo estableció bajo la utilización del Códec G.711.

Tabla 1. Parámetros para diseño del enlace de radio

Sistema	Ancho de Banda	Tiempo de respuesta	Sensibilidad	Tolerancia	Potencia
Siper	512 [Kbps]	1-9 ms	-74 dBm	+/- 1.5 dBm	24 dBm
Mode	640 [Kbps]	1-9 ms	-74 dBm	+/- 1.5 dBm	24 dBm

B. Proceso de montaje de una enlace de radio

Perfiles Topográficos

A lo largo de la ruta Comandancia - Miravalle y Espe - Miravalle como se puede observar en la figura 1 y figura 2, se puede constatar que existe línea de vista, adicionalmente el trayecto que recorre la señal de radio está libre de obstáculos.

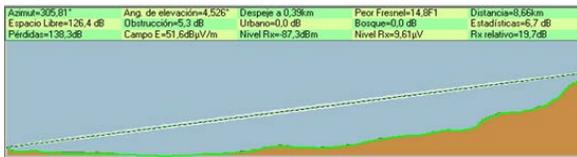


Figura. 1. Perfil Topográfico Espe - Miravalle

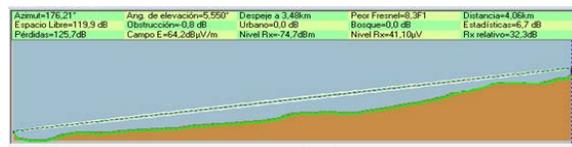


Figura. 2. Perfil Topográfico Comandancia - Miravalle

Diagrama de ruta

Se marca dentro de un mapa, el trayecto que seguirá la señal y se apunta las distancias entre puntos y las características del terreno como se muestra en la figura 3.



Figura. 3. Diagrama de ruta Espe - Miravalle - Comandancia

Elección de ubicación

Para este caso se recopila información precisa de la zona en la cual se montará la infraestructura para el enlace radial. Con la ayuda de un GPS se puede hallar las coordenadas de los tres puntos. A continuación se presenta detallada la información en la tabla 2.

Tabla. 2. Ubicación y distancias de los puntos que formaran parte del enlace

Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Altura sobre el nivel del mar (metros)	Distancia recorrida parcial en kilómetros
Espe	Sangolquí	0°18'50.2" S	78°26'43" O	2.522	8.80
Repetidora	Quito	0°16'6.0" S	78°30'30.6" O	3200	
Miravalle					
Comandancia	Quito	0°13'54.7" S	78°30'39.3" O	2818	4.10
				Distancia Total	12.90

Graficar cota topográfica contra altura real

Implica determinar el obstáculo máximo en la ruta. Para ello se procederá, mediante el análisis de la topología del terreno, encontrar la mayor elevación dentro del camino que recorre la señal como se aprecia en la figura 4 y figura 5.

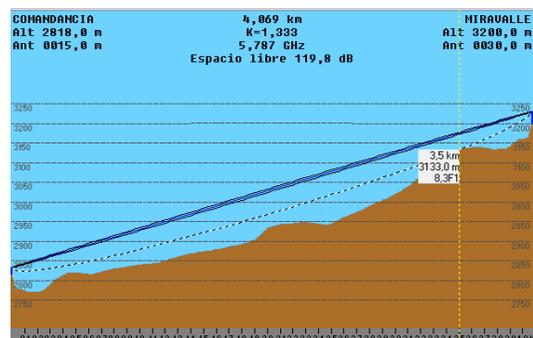


Figura. 4. Elevación más pronunciada enlace Comandancia - Miravalle

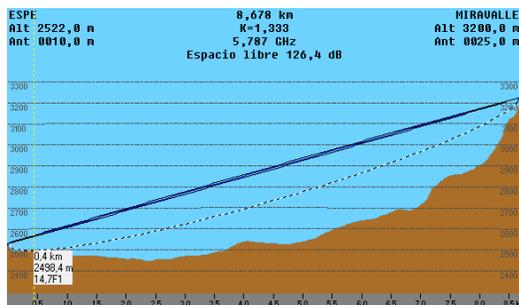


Figura. 5. Elevación más pronunciada enlace Espe - Miravalle

Cálculos

Espe – Miravalle

- Zona de Fresnel**

Luego de efectuar el cálculo de Zona de Fresnel y Margen del Despeje cabe indicar que basta con que este margen sobre el obstáculo (h_{des}) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel (r_n) en el mismo punto, se asegura que no exista obstrucción. Lo mencionado se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Si } h_{des} \geq r_1 \rightarrow \text{no existe obstrucción.}$$

$$75.11 \text{ m} \geq 4.44 \text{ m} \rightarrow \text{no existe obstrucción.}$$

- Perdida por espacio libre**

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(Mhz) + 20 \log d(Km)$$

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(5800) + 20 \log d(8.678)$$

$$A_{EL}(dB) = 126.487$$

- Ganancia del sistema**

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{Cable TX} - L_{Cable RX} - A_{EL} + G_{TX} + G_{RX}$$

$$P_{RX} = 24 - 0 - 0 - 126.487 + 14 + 14$$

$$P_{RX} = -74.487 \text{ dB}$$

Comandancia – Miravalle

- Zona de Fresnel**

Se indica que el margen de despeje es mayor al radio de la primera zona de Fresnel.

$$41.36 \text{ m} \geq 5.03 \text{ m} \rightarrow \text{no existe obstrucción.}$$

- Perdida por espacio libre**

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(Mhz) + 20 \log d(Km)$$

$$A_{EL}(dB) = 32.45 + 20 \log f(5800) + 20 \log d(4.069)$$

$$A_{EL}(dB) = 119.908$$

- Ganancia del sistema**

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{Cable TX} - L_{Cable RX} - A_{EL} + G_{TX} + G_{RX}$$

$$P_{RX} = 24 - 0 - 0 - 119.908 + 14 + 14$$

$$P_{RX} = -67.908 \text{ dB}$$

Equipos de radio enlace - Antenas

Luego de realizar un análisis de especificaciones técnicas y precios de las dos marcas tomadas en cuenta como se muestra en la tabla 3, se manifiesta que la mejor opción para la implementación en el presente proyecto, es la ofrecida por los radios Ubiquiti NanoStation5.

Tabla. 3. Comparación de equipos Arimux-200 y Ubiquiti NanoStation5

Características	Arimux-200	Ubiquiti NanoStation5
Throughput	48 Mbps	6 Mbps
Sensibilidad	-74	-94
Polarización	Vertical / Horizontal	Vertical / Horizontal
Antena	Externa 28 dBi	Interna 14 dBi
Ancho de Banda de Canal	20 MHz	5/10/20/40 MHz
Seguridad	SNMP	SSID
Costo	\$ 10 000	\$ 600

III. IMPLEMENTACION DEL ENLACE

Una vez realizado el diseño del enlace de datos, se procede a realizar la implementación del equipamiento en los tres lugares destinados como puntos estratégicos para levantar el sistema como se observa en la figura 6.

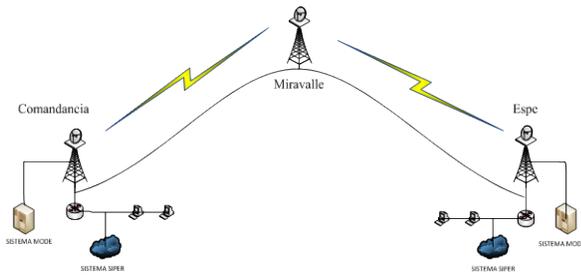


Figura. 6. Red de datos a ser implementada

Miravalle

Para direccionar el equipo de radio hacia la Comandancia de acuerdo a los diseños realizados se determinó que los equipos deben ir instalados a 25 metros y de igual manera una altura similar direccionando a la ESPE, como se puede ver en la figura. 7.



Figura. 7. Montaje de los equipos de radio en Miravalle

En la figura 8 se observa el esquema de conexiones que se realizó en Miravalle

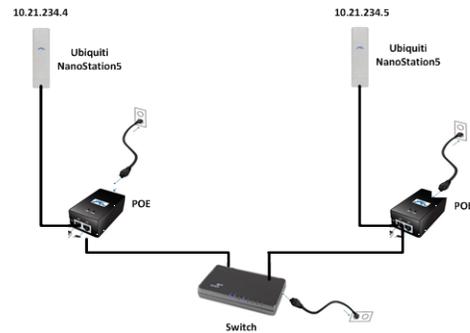


Figura. 8. Esquema de conexiones del enlace Espe – Miravalle, Comandancia – Miravalle por medio de un switch

Comandancia

Para direccionar el equipo de radio hacia Miravalle de acuerdo a los diseños realizados se determinó que los equipos deben ir instalados a 14 metros como se puede ver en la figura 9.



Figura. 9. Montaje de equipos de radio en la Comandancia

En la figura 10 se observa el esquema de conexiones que se realizó en la Comandancia.

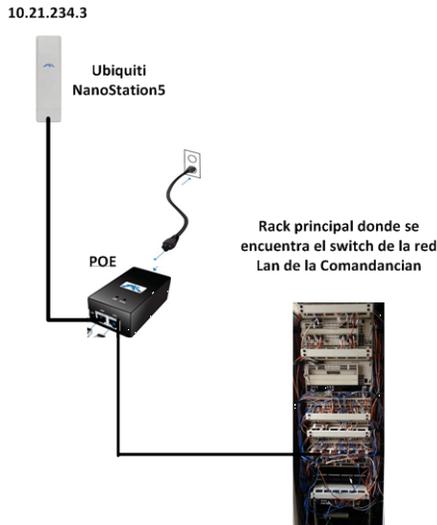


Figura. 10. Esquema de conexiones hacia el switch de la red Lan de la Comandancia

Espe

A una altura de 6 metros se instaló el equipo de radio con dirección a Miravalle para dar conectividad con la Comandancia, como se puede ver en la figura 11.



Figura. 11. Montaje de equipos de radio en la Espe

En la figura 12 se observa el esquema de conexiones que se realizó en la Comandancia.

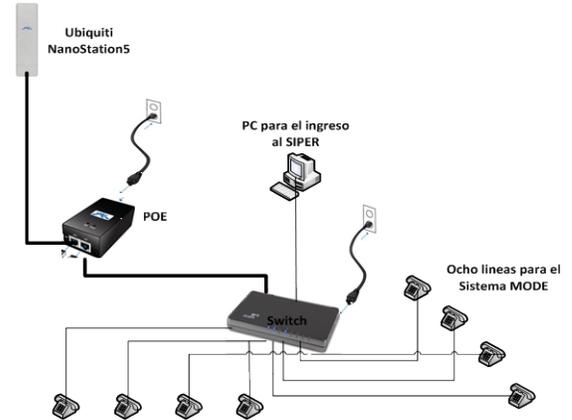


Figura. 12. Esquema de conexiones en las instalaciones de la ESPE

IV. PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL ENLACE

Para la determinación de parámetros como Bitrate, Throughput, Packetloss y Delay se utilizó el inyector de tráfico DITG.

La figura 13 muestra los parámetros de configuración necesaria para realizar el envío de 1000 paquetes de datos por el enlace implementado. El DIT-G es capaz de calcular el ancho de banda máximo que se requerirá para poder transportar los datos, en este caso el valor es de 4320 Kbps.

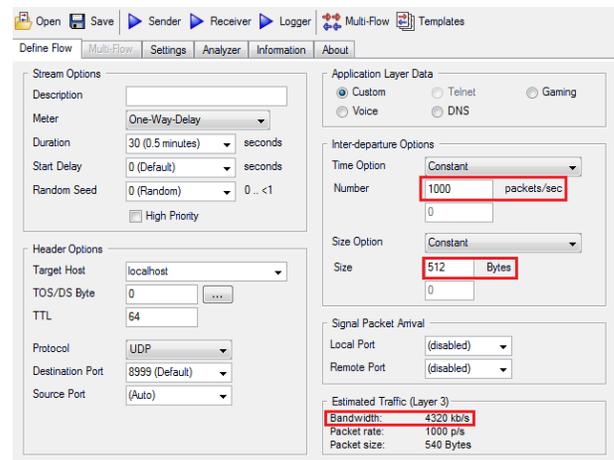


Figura. 13. Configuración de parámetros para envío de 1000 paquetes por el enlace

A. Envío de 1000 paquetes de datos

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos al inyectar tráfico de 1000 paquetes con tamaño de 512 bytes.

Tabla. 4. Resultados totales al inyectar tráfico de 1000 paquetes por el canal

```

Unable to rename file '1-10.21.234.7-10.21.234.9.dat'
-----
Flow number: 1
From 10.21.234.7:58460
To 10.21.234.9:8999
-----
Total time           = 30.715000 s
Total packets        = 19350
Minimum delay        = 582.749000 s
Maximum delay        = 585.217000 s
Average delay        = 583.569632 s
Average jitter       = 0.002823 s
Delay standard deviation = 0.464627 s
Bytes received       = 9907200
Average bitrate      = 2580.419990 kbit/s
Average packet rate  = 629.985349 pkt/s
Packets dropped      = 280195 (93.54 %)
-----
***** TOTAL RESULTS *****
-----
Number of flows      = 1
Total time           = 30.715000 s
Total packets        = 19350
Minimum delay        = 582.749000 s
Maximum delay        = 585.217000 s
Average delay        = 583.569632 s
Average jitter       = 0.002823 s
Delay standard deviation = 0.464627 s
Bytes received       = 9907200
Average bitrate      = 2580.419990 kbit/s
Average packet rate  = 629.985349 pkt/s
Packets dropped      = 280195 (93.54 %)
Error lines          = 0
-----

```

➤ Bitrate

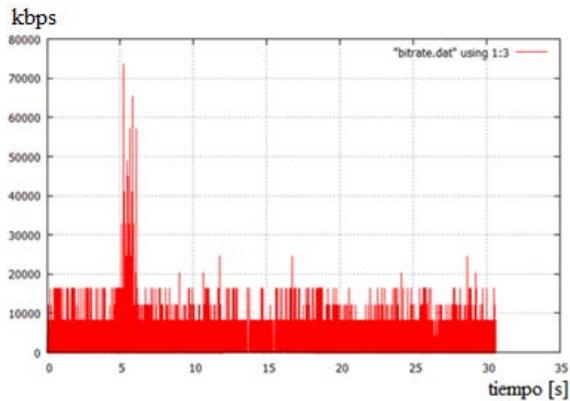


Figura. 14. Bitrate Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

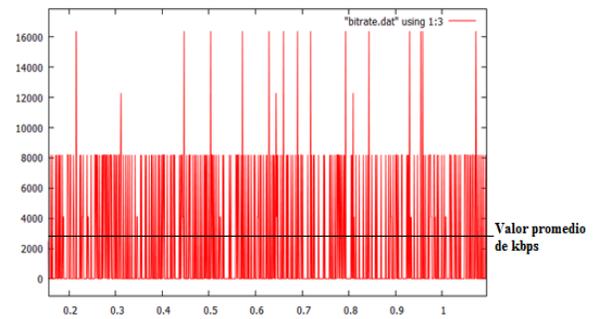


Figura. 15. Bitrate en escala de 1 segundo, Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

Al realiza la inyección de tráfico UDP (no orientado a la conexión) con un flujo de datos de 1000 paquetes/s con un tamaño de paquetes de 512 bytes en un tiempo de 30 segundos, se puede apreciar en la figura 14 el tráfico generado pudiéndose notar que debido a la pequeña escala de tiempo 30 s en la que está la gráfica, a simple vista se podría decir que el tráfico promedio es 8000 kbps pero ampliando la escala a 1 s como se puede ver en la figura 15 donde se visualiza que el promedio de tráfico es de 2580 kbps, valor que se aproxima con el entregado por el DITG y que se puede visualizar en la tabla 5.5 en el parámetro de Average Bitrate.

➤ Delay

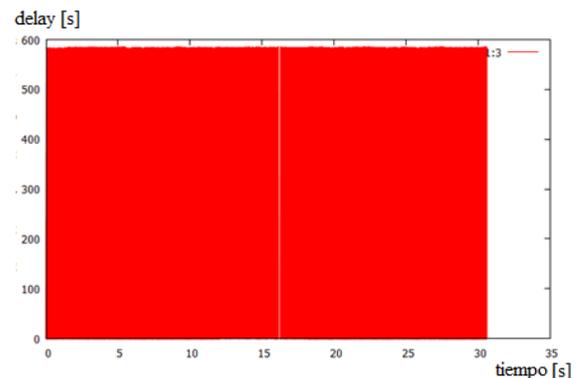


Figura. 16. Delay Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

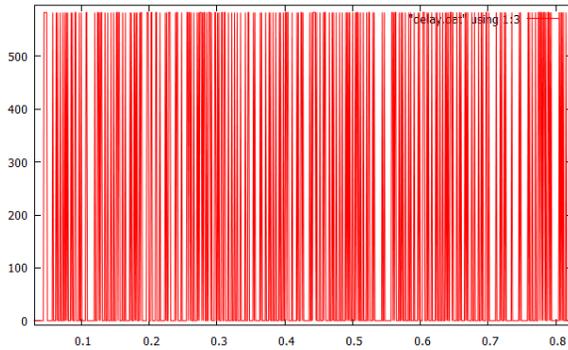


Figura. 17. Delay en escala de 1 segundo

Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

El retardo es la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que la señal llega a su destino.

Después de realizar la inyección de tráfico de 1000 paquetes por el canal, se logró verificar que tanto el emisor como el receptor están sincronizados debido a que se obtuvieron valores positivos de delay tal y como se observa en la figura 16.

Durante un tiempo de prueba de 30 segundos se pudo establecer un valor mínimo de delay de 582.74 s, un valor máximo de 585.217s y un valor promedio de delay de 583.569s lo cual se puede apreciar de mejor manera en la figura 17 en una escala de 1 segundo. Analizando los resultados se verifica la existencia de un delay constantes y que no varía debido a que se tiene una transmisión de datos que se mantiene. Además y como aspecto fundamental, se aprecia un valor de retardo elevado debido a que el canal está saturado por la excesiva cantidad de datos enviados.

➤ Jitter

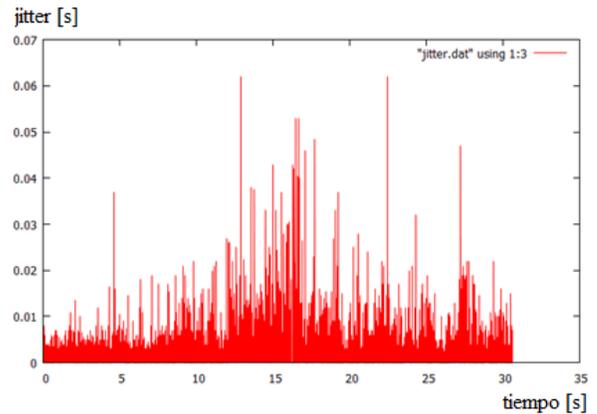


Figura. 18. Jitter Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

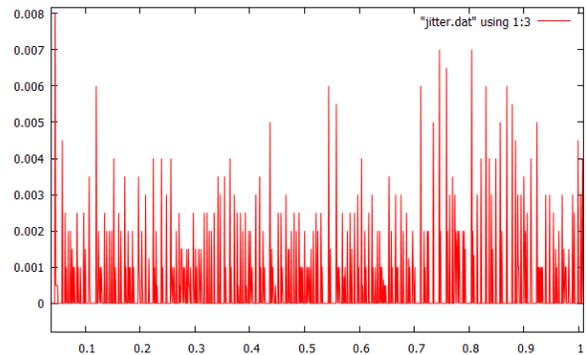


Figura. 19. Jitter en escala de 1 segundo Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

Dada la saturación del enlace como muestra la figura 18 el Jitter llegó a un valor de 60 ms con un promedio de 2,823 ms visualizado de mejor manera en la figura 19. Este máximo valor es inaceptable si la red se destina al tráfico de VoIP u otras aplicaciones sensibles al tiempo.

Este efecto es especialmente molesto en aplicaciones como telefonía ip ya que provoca que algunos paquetes lleguen demasiado pronto o tarde para poder entregarlos a tiempo.

➤ **Packetloss**

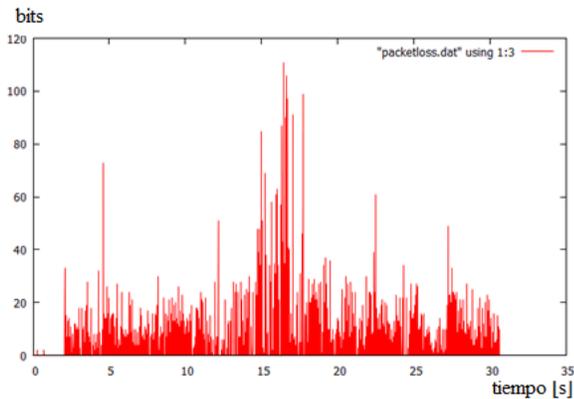


Figura. 20. Packetloss Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

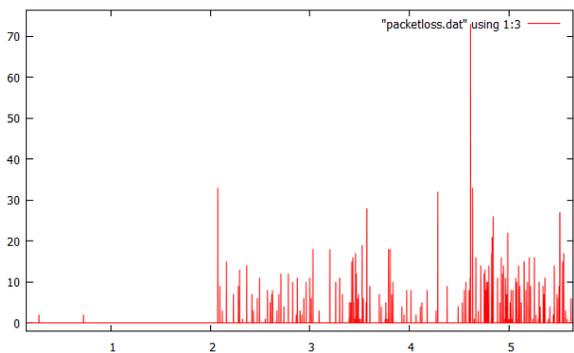


Figura. 21. Packetloss en escala de 5 segundos Comandancia – Espe con 1000 paquetes enviados

La gran cantidad de paquetes perdidos debido a la alta tasa de transferencia configurada, se la puede apreciar en la tabla 4 de resultados que indica un 93.54 % de pérdida de paquetes generado por la saturación del enlace, esto se puede apreciar de manera más gráfica en una escala de 5 segundos como muestra la figura 21.

La figura 20 de resultados, muestra la gran cantidad de pérdida de paquetes en total 280195 por cada envío de bits efectuado.

B. Envío de paquetes de voz

La configuración en el receptor cambia y por tal motivo en vez de configurar un valor de paquetes lo que se realiza es elegir un códec de voz que simule al que se va a utilizar realmente. En este caso y el utilizado dentro de los equipos de telefonía IP de la Comandancia es el códec Voice G.711 @ 78 kbit/s como se puede verificar en la figura 22.

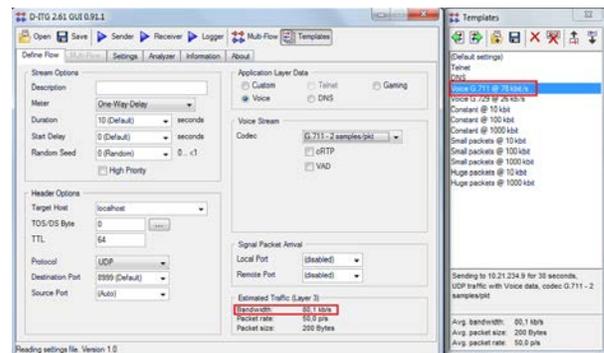


Figura. 22. Configuración del DITG con parámetros VoIP codec G.711.

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos al inyectar tráfico de VoIP utilizando el códec G.711.

```

Unable to rename file '1-10.21.234.7-10.21.234.9.dat'
-----
Flow number: 1
From 10.21.234.7:49289
To 10.21.234.9:8999
-----
Total time = 29.991000 s
Total packets = 2997
Minimum delay = 582.816000 s
Maximum delay = 582.856000 s
Average delay = 582.819443 s
Average jitter = 0.001793 s
Delay standard deviation = 0.002709 s
Bytes received = 275724
Average bitrate = 73.548465 kbit/s
Average packet rate = 99.929979 pkt/s
Packets dropped = 3 (0.10 %)
-----

***** TOTAL RESULTS *****
-----
Number of flows = 1
Total time = 29.991000 s
Total packets = 2997
Minimum delay = 582.816000 s
Maximum delay = 582.856000 s
Average delay = 582.819443 s
Average jitter = 0.001793 s
Delay standard deviation = 0.002709 s
Bytes received = 275724
Average bitrate = 73.548465 kbit/s
Average packet rate = 99.929979 pkt/s
Packets dropped = 3 (0.10 %)
Error lines = 0
-----

```

Tabla. 5. Resultados totales al inyectar tráfico de voz por el canal

Se puede apreciar que no se genera un tráfico lo suficientemente elevado para que existiera una saturación en el enlace. Las pruebas de inyección mediante tráfico de datos de 1000 paquetes y 5000 paquetes con un tamaño de 512 bytes, indican que el ancho de banda máximo al que va a trabajar el enlace es 2500 kbps mientras que para voz solo se utiliza 80 Kbps.

El retardo presenta valores positivos como ilustra la tabla 5 e indica que tanto el emisor como el receptor están sincronizados.

La variación en el tiempo en la llegada de los paquetes en la tabla 5, se puede observar que tiene un valor promedio de 1,79 ms y un valor máximo que llega a los 16 ms. En este caso como se puede verificar, el valor de Jitter es relativamente bajo, lo que quiere decir que no se presentará ningún problema el momento de realizar la transmisión real de la voz mediante la telefonía ip.

Se puede observar en la tabla 5 un valor de paquetes perdidos que llega al 0,01 %, esto debido a que el canal soporta la cantidad de datos enviados y por lo tanto la pérdida de paquetes es mínima.

C. Pruebas de las líneas telefónicas

Una vez configurados los teléfonos con las respectivas ips del rango asignado a la conexión en la Espe, se procede a realizar la llamada telefónica desde cualquiera de los ocho teléfonos hacia una extensión asignada dentro del Sistema Mode. Se llamó a la Ext. 26420 correspondiente al Centro del Control de la Comandancia desde los teléfonos ip instalados, estableciéndose la conexión en forma oportuna sin ecos ni interferencias.

Dicho procedimiento se realizó con las 7 líneas restantes probándose el estado de la comunicación de cada uno de

ellos y el resultado en todas fue satisfactorio. Además se realizó una prueba en conjunto con las 8 líneas.

D. Pruebas con el Sistema Siper

Por medio de una Ip de la red de la Comandancia asignada para el enlace de la Espe, se logró mediante la asignación de esta ip a una PC, la comunicación al Sistema Siper para de esta manera cumplir otro de los objetivos planteados dentro del proyecto.

Una vez ingresado al Sistema Siper, se logró verificar toda la información militar disponible que se encuentra en esta base de datos. Una de las pruebas realizadas fue abrir la pestaña de procesos/control de personal /información personal, en la cual aparecerá una ventana de búsqueda tal y como muestra la figura 23.



Figura. 23. Ingreso a la Información Personal

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los equipos que conformaban el enlace entre la ESPE y la Comandancia del Ejército instalados en el año 2008, fueron desmontados completamente de las torres para revisión y mantenimiento técnico, en este proceso se detectó que las IDUs que estaban en Miravalle por descargas eléctricas estaban dañadas, se intentó repararlas pero el costo de reparación era muy elevado, comparado con otras tecnologías modernas y de costo bajo, por lo que se concluye que es necesario reemplazar los equipos del enlace instalado por equipos nuevos de bajo costo que permitan materializar nuevamente el enlace, es así que en el presente proyecto luego de un estudio comparativo de tecnologías, se emplea para las

pruebas los equipos Ubiquiti, dejando de lado los equipos Airmux que fueron dados de baja.

Analizando las interferencias en el sitio de Miravalle donde se instalarán los equipos de repetición del enlace, se comprobó que existen muchos dispositivos de radio trabajando en la banda de frecuencias de 5.4 GHz – 5,8 GHz, banda en la cual trabajan los equipos del enlace, por lo que se concluye que estas transmisiones no generarán interferencias, debido a que los equipos Ubiquiti, emplean algoritmos muy robustos para buscar la frecuencia que tenga la menor interferencia para transmitir en la misma.

En las pruebas de inyección de tráfico mediante el DITG, se determinó que el ancho de banda del enlace ESPE - Comandancia es de 2.5 Mbps, ya que se inundó el canal con un tráfico de 4.320 Mbps con 1000 paquetes de 512 bytes y solo circuló un tráfico de 2.5 Mbps, generándose un valor alto de retardo y pérdidas de paquetes.

Al realizar la inyección de tráfico de voz en el enlace con el códec G.711 que genera un tráfico de 80 Kbps equivalente al tráfico de una línea telefónica IP, se pudo comprobar la eficiencia del enlace ya que no produjeron retardos significativos ni pérdidas de paquetes, lo cual garantiza un correcto funcionamiento del enlace con las ocho líneas IP de la Red Mode.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Forouzan, B. (2008). *Trasmisión de Datos y Redes de Comunicaciones* (Cuarta ed.). España: McGraw-Hill.
- [2] Tomasi, W. (2003). *Sistema de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). (P. Hall, Ed.) México.
- [3] Villalon, J. (s.f.). *Estudio de QoS en WLANs IEEE 802.11e*. Recuperado el 21 de Enero de 2013, de

https://investigacion.uclm.es/documentos/it_1135769841-Articulo_jose_villalon.pdf

- [4] *Modelos de Propagación*. (22 de Enero de 2013).

Obtenido de

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documento_s/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf,

- [5] *Propagación de Ondas Electromagnéticas*. (21 de Enero de 2013). Obtenido de

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documento_s/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

SOBRE EL AUTOR



César Augusto Unda Sánchez, nace en la ciudad de Quito en el año de 1987, sus estudios primarios y secundarios los realiza en la Unidad Educativa Verbo Divino de la ciudad de Guaranda. Egresado de la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2011 de Ingeniería Electrónica especialidad en Telecomunicaciones.