UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio de las mejoras a la plataforma WiFi de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán para soportar el servicio de VoWLAN

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Realizado por

Isaura Correia C.I 17024844
Jesús Cárdenas C.I 17300994

Tutor: Ing. Jesús Lugo

Fecha: **Caracas, 19 de Octubre del 2009**

Resumen

Correia Quevedo, Isaura Fabiana

ifcq1405@gmail.com

Cárdenas Gómez, Jesús Javier

silexjs@gmail.com

WiFi es el equivalente inalámbrico de las redes LAN que emplea ondas de radio, la cual aporta mayor alcance y otorga movilidad, permitiendo obtener INTERNET de banda ancha. La UCAB, cuenta con una Red WiFi que posee un despliegue *Indoor* y *Outdoor*, con un arreglo de equipos conectados entre sí, y donde su mayor cantidad de usuarios son estudiantes.

La Red solo esta destina a la transmisión de datos, y cada día la tecnología avanza a pasos gigantesco, por ende es necesario ir a la par de este avance, de ahí nace la idea de agregarle el servicio de VoWLAN a la Red Ucabista.

Es necesario realizar un estudio previo para conocer las capacidades de esta Red, ver su comportamiento y la cantidad de usuarios que podrían realizar comunicación de Voz sobre IP.

Se seleccionaron herramientas que facilitar este estudio y desarrollar una solución. Entre esas herramientas resalta el uso de NETIQ CHARIOT que simula el tráfico de VoIP y permite variar parámetros como CODECs, entre otros.

Analizados los resultados obtenidos, frente a un caso de estudio con el Edif. de Laboratorio (tomo de Apéndices), se determinó la cobertura de equipos, el ancho de banda requerido sobre la red según la demanda de los servicios, estudio de Tráfico para el aprovechamiento y distribución de los recursos para el soporte de trafico de voz.

Es necesario recordar que este trabajo es solo un estudio para el soporte de Voz sobre WLAN, se recomienda la continuación de los trabajos, extrapolando este caso de estudio al resto del campus universitario. La Red cada día comienza a ser

menos eficiente por el incremento de la población Ucabista con acceso WiFi a través de sus dispositivos, por lo tanto se requerirá mayor ancho de banda frente a los servicios de datos que actualmente son más utilizados si se incorpora Voz sobre WLAN .

Palabras Claves: *WiFi, VoIP, VoWLAN, CODEC, Indoor, Outdoor.*

Dedicatorias

Dedico este Trabajo de Grado en primer lugar a Dios y a la Virgen, por guiarme y protegerme durante todo el camino Universitario.

A mi Madre por ser la más especial y dedicada de este mundo, por sus llamadas todas las noches para saber cómo me sentía y por su incomparable apoyo y aliento para seguir en los momentos difíciles, este logro también es de ella, gracias por estar a mi lado y no abandonarme en este camino.

A mis hermanas Karla, Estefany y Fabiana, por ser uno de mis nortes para concluir esta vida Universitaria, son lo más bello que me puede dar la vida, y espero acompañarlas en sus caminos universitarios también, las adoro.

A todos y cada uno de mis amigos, gracias a ellos el día a día fue una experiencia, fue una aventura. Pero en especial le dedico este trabajo a cuatro amigos que marcaron la diferencia: Gabriela Guedez, por ser una amiga única, inigualable, y que a pesar de la distancia siempre estuviste pendiente de todo. Samuel Rengifo, gracias por estar ahí en todo momento, por ser mi amigo, mi compañero de clase y mi hermano, gracias por decirme que soy tu familia, eres un ser especial. Manuel Azuaje, eres una persona muy especial, gracias por estar en cada uno de los momentos alegres y triste de mi vida y ser un apoyo, ser tu amiga es un honor. Y Carla Caraballo, a pesar de que nuestra amistad se fortaleció en los últimos semestres eres única amiga, gracias por estar ahí siempre y por acompañarme en la recta final de la carrera.

A mi novio, Miguel Sandoval, en este mundo jamás va a existir alguien como tú, gracias por todo, gracias por estar a mi lado, gracias por tu amor, tu amistad, por ser esa pareja perfecta, por ser mi columna en los momentos difíciles, por celebrar y vivir cada logro en mi vida, todo este camino recorrido hasta el día de hoy fue con tu compañía y tu más que nadie conoce a la perfección lo importante de este logro, te amo.

A mi compañero de tesis Javier Cárdenas, todo comenzó con una amistad, hoy podemos decir que lo logramos. Gracias por acompañarme en este reto, en este

camino tanto en los momentos buenos como malos, sin tu ayuda este trabajo no se hubiese completado.

A la Sra. Maritza Maduro y Thibisay Cordero, por ser mis madres aquí en Caracas, por estar pendiente de mi salud, de mi alimentación, de mi seguridad, son únicas y especiales, y doy gracias a Dios por ponerlas en mi camino

Y por ultimo y no menos importe, a mi Padre, comenzaste a mi lado este gran reto, y lo hiciste tan tuyo como mío, mis logros eran tus logros, mis alegrías tus alegrías y mis caídas tus caídas, no sé cómo agradecerte todo lo que me enseñaste en esta vida, y aunque hoy no puedas estar a mi lado para celebrar este logro, se que junto a Dios y los ángeles tienen una fiesta en Cielo para celebrar que lo lograste Papi, tu también lo lograste, Te Amo y espero seguir contando con tu compañía espiritual, que sigas siendo mi ejemplo y mis fuerzas para seguir. Te amo.

Isaura Correia

Este trabajo especial de grado lo quiero dedicar a mi familia, a mis madres Yuraima, Zoucy, Letty y Yelitza Cárdenas, a mis hermanos Manuel, Gabriel, Alouette y Yulianna, a mi sobrina Anabella y a mis abuelos muy queridos Inocencia e Hilario. Fueron mi fuerza durante este trayecto que empezó hace 5 años y medio como un sueño, ser Ingeniero en Telecomunicaciones. El camino fue arduo, con momentos muy difíciles pero también lleno de muchas satisfacciones. Gracias a su apoyo, a sus palabras de aliento y a sus mejores deseos hoy culmino la primera etapa de este sueño para abrirme camino hacia un nuevo reto fuera de mi segunda casa, la Universidad Católica Andrés Bello.

Quiero dedicar también este trabajo a los profesores de la Universidad que formaron parte de mi crecimiento, Dios no pudo haber puesto en mi camino mejores personas para contribuir en lo que soy como persona y como profesional, siempre recordare sus consejos, no decaer nunca antes los retos.

Astrid Ferreira, mi amiga, mi compañera, inició conmigo esta carrera, estuvimos juntos en las buenas y en las malas. Tu apoyo es invaluable, gracias a ti y

al resto de las personas que aquí menciono este trabajo está completo. Quiero compartir contigo, con mi familia y con el resto de mis amigos las satisfacciones de este éxito. Te quiero muchísimo.

Jesús Cárdenas

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar al creador de este tema de Trabajo de Grado el Profesor Ing. Víctor Neterovsky, que su compañía y su guía al principio de este camino fue importante para llegar a este gran logro.

Al nuestro tutor actual, el Ing. Jesús Lugo, por aceptar este reto, guiarnos y acompañarnos en el camino para la culminación satisfactoria de este trabajo. Mil Gracias.

A los profesores, Iñaki Mendizábal, José Cotúa, José Pirrone, Wilfredo Torres, Trina Adrian, María Cristi Stefanelli, Miguel Díaz y Javier Barrios, que durante toda la carrera como en su etapa final, aportaron ese granito de arena solventando dudas, calmándonos en momentos de crisis y dándonos buenos consejos para seguir adelante y de esta manera ser colegas en este nuevo camino que comenzaremos.

Y a Dios, por ponernos en el camino a personas maravillosas como las mencionadas, y de esta manera cumplir todos los requisitos para ser Ingenieros en Telecomunicaciones.

Índice General

Resumen ii
Dedicatorias iv
Agradecimientos vi
Índice de Figuras x
Índice de Tablas xi
Introducción 1
Capítulo I 3
Planteamiento de Problema 3
I.2.- Objetivos 5
I.2.1.- Objetivo General 5
I.2.2. -Objetivos Específicos 5
I.3.- Justificación 5
I.4.-Limitaciones y Alcances 6
I.4.1.- Limitaciones: 6
I.4.2.- Alcances: 6
Capítulo II 7
Marco Referencial o Teórico. 7
II.1.- Sistemas de Radiocomunicaciones: 7
II.1.1.- Propagación de la onda: 8
II.2.- WiFi 8
II.2.1.- Seguridad en WIFI 8
II.2.1.1.- WEP 9
II.2.2.- Estándar IEEE 802.11 11
II.3.- Extensiones del estándar 802.11 16
II.3.1.- 802.11b 16
II.3.2.- 802.11a 18
II.3.3.- 802.11g 18
II. 3.4.- 802.11n 18
II.3.5.-802.11e: 19
II.4.- Métodos de acceso al medio 20
II.4.1.-DCF 21
II.4.2.-PCF 23
II.5.- VoIP 25
II.5.1.-Calidad de Voz 26
II.6.- VoWLAN 27
II.6.1.- Calidad de servicio 28
II.6.2.- Seguridad 29
II.6.3.- CODEC 29
II.6.4.-MOS: Medida Subjetiva de la Calidad de Voz 30
II.6.5.- Ancho de Banda para Voz 31
II.6.6.- Empaquetado de la Voz 31
II.6.7.- Formato de un Paquete de Voz 32
II.6.8.- Overhead 33

II.6.9.- Crecimiento e Implementación en el mundo 34
II.6.10.- Ventajas y Desventajas 34
II.7.- Herramientas de simulación 35
II.7.1.- NETIQ CHARIOT 35
II.8.- Situación actual de la red *Outdoor:* 37
II.9.-Topologías 38
II.9.1.- *Outdoor* Actualmente Instalada 38
II.9.2.- *Indoor* Actualmente Instalada. 39
Capítulo III 40
Metodología y Desarrollo 40
III.1.- Levantamiento de Información Teórica: 40
III.2.- Equipos en uso: 41
III.3.- Estudio de la Topología de la Red WiFi Actual de la UCAB 41
III.3.1.- *Indoor*: 41
III.3.2.- *Outdoor*: 44
III.4.- Funcionamiento de la Red: 44
III.4.1.- Arquitectura Lógica de la Red 45
III.5.- Capacidad de la Red 45
III.6.- Definición de pruebas y Herramientas a implementar: 46
III.6.1.- Estadísticas de Usuarios Conectados a la Red 46
III.6.2.- Protocolos de Servicios más Usados: 48
III.6.3.- Ancho de Banda de los protocolos mas Usados. 50
IV.6.4.- Pruebas de cobertura con NETSTUMBLER 51
III.6.5.-Caso de Estudio. 53
III.6.6.- Simulación con NETIQ CHARIOT 60
III.7.- Análisis de Resultados: 61
III.8.- Propuesta de Diseño de Mejora: 62
Capítulo IV 62
Resultados 62
IV.1.- Anchos de banda por Protocolos: 62
IV.2.- Usuarios conectados a la Red 63
IV.2.1.- Área de Feria 63
IV.2.2.- Área de EC 63
IV.2.3.- Área de Loyola 64
IV.3.- Cobertura y Alcance 65
IV.3.1.- Red *Indoor* 66
IV.3.2.- Red *Outdoor* 68
IV.3.3.- Alcances de Cobertura y Potencias. 72
IV.3.4.- Atenuación mínima Requerida para establecer Conexión 74
IV.3.5.- Balance de Potencias 75
IV.3.6.- Analogía de Usuarios 79
IV.3.7.- Anchos de Bandas 80
IV.3.8.- Capacidades en trafico de Voz 88
IV.3.9.- Modificación de la Red 90
IV.3.10.- Lugares con déficit de Señal y Cobertura 91

IV.3.11.- Agregación sobre el diseño.....91
Capítulo V 94
Conclusiones y Recomendaciones 94
Bibliografía 98
Apéndice y Anexos Vol.2

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama descriptivo de la capa física 802.11 y sus extensiones (Chiloeches, 2002) 13
Figura 2. Trama MAC IEEE 802.11. (Valera & Dominguez) 15
Figura 3. Composición del esquema 802.11b.(Valera & Dominguez) 17
Figura 4. MAC 802.11 (Barruecos, Garcia, & Gimeno, 1996) 21
Figura 5. Esquema modos de trasmisión (Valera & Dominguez) 22
Figura 6. Mecanismo Back off DCF. (Performance Evaluation IEEE 802.11e) 23
Figura 7. Mecanismo libre de contención (Performance Evaluation IEEE 802.11e) . 25
Figura 8. Esquema VoIP. (Ferreia, Pepe, Lopez, & Guani) 26
Figura 9. Empaquetado de la Voz (Quiñonez, 2005) 32
Figura 10. Formato de un Paquete de Voz (Guanotoa, 2007) 33
Figura 11. Formato de la Cabecera de la Capa de Enlace IEEE 802.11g. (Guanotoa, 2007) 33
Figura 12. Overhead. (Cotua, 2009) 34
Figura 13. Ubicación de equipos *Outdoor*. (Vinces & Mendoza, 2008) 38
Figura 14. Red *Outdoor* UCAB (Vinces & Mendoza, 2008) 39
Figura 15. Red *Indoor* (Low & Reveron, 2009) 40
Figura 16. Ubicación de AP en el Edif. de Laboratorio. (Google Maps) 42
Figura 17. Ubicación AP y Antenas en Biblioteca y Edif. Loyola (Google Maps) 43
Figura 18. Ubicación en Edif. Pos Grado (Google Maps) 43
Figura 19. Ubicación de las Antenas en el Campus. (Google Maps) 44
Figura 20. Pagina del Servidor UCAB. (Ntop) 47
Figura 21. Página de Estadísticas. Protocolo más usado. (Servidor UCAB) 50
Figura 22. Funcionamiento de Net Stumbler (Creación Propia) 52
Figura 23. Caso no ideal para un Enlace de Comunicación. (Creación Propia) 55
Figura 24. Caso Ideal para un Enlace de Comunicación. (Creación Propia) 56
Figura 25. Promedio de Usuarios en la zona de Feria. (Creación Propia) 63
Figura 26. Promedio de Usuarios en la Zona de EC. (Creación Propia) 64
Figura 27. Promedio de Usuarios en la zona de Loyola. (Creación Propia) 65
Figura 28. Anillos de Velocidades. (Creación Propia) 78
Figura 29. Red *Indoor* con Mejoras. (Creación Propia) 92
Figura 30. Red *Outdoor* con mejoras. (Creación Propia) 93

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los CODEC. (Cotua, 2009) 30
Tabla 2. Distribución de red *Outdoor* (Vinces & Mendoza, 2008) 38
Tabla 3. Ubicación de AP, en el Edif de Laboratorio (Creación Propia) 42
Tabla 4. Ubicación de AP en Biblioteca (Creación Propia) 43
Tabla 5. Ubicación de AP en Edif. Loyola (Creación Propia) 43
Tabla 6. Ubicación Edif. Pos Grado (Creación Propia) 44
Tabla 7. Ubicación de Antenas en el Campus (Creación Propia) 44
Tabla 8. Atenuación por materiales. (Lugo, 2009) 57
Tabla 9. Anchos de Banda para Protocolos más Usados. (Creación Propia) 62
Tabla 10. Leyenda para Clasificación de la Señal (Creación Propia) 65
Tabla 11. Resumen de Calidad de Señal. Edif. Laboratorio (Creación Propia) 66
Tabla 12. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. Pos Grado. (Creación Propia) 67
Tabla 13. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. de Biblioteca (Creación Propia) 67
Tabla 14. Resumen de Calidad de Conexion. Edif. Loyola (Creación Propia) 68
Tabla 15. Resumen de Cobertura. Red *Outdoor*. Feria, EC y CINCUENTENARIO. (Creación Propia) 69
Tabla 16. Resumen Cobertura. Red *Outdoor*. Zona de SOLARIUM Ingeniería. (Creación Propia) 69
Tabla 17. Resumen de Cobertura. Área de Post Grado. (Creación Propia) 70
Tabla 18. Resumen de Cobertura. Área de Módulos 70
Tabla 19. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. CINCUENTENARIO (Creación Propia) 71
Tabla 20. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. Servicios Generales (Creación Propia) 72
Tabla 21. Cobertura en Planta Baja. (Creación Propia) 72
Tabla 22. Cobertura en Primer Piso. (Creación Propia) 73
Tabla 23. Cobertura en Segundo Piso. (Creación Propia) 74
Tabla 24. Atenuaciones Asociadas a Sensibilidad. (Creación Propia) 74
Tabla 25. Balance de Potencias para Portátil- *Access Point* (Creación Propia) 76
Tabla 26. Balance de Potencias para Teléfono VoIP- *Access Point*. (Creación Propia) 77
Tabla 27. Distribución por anillos para cantidad de Usuarios para cada AP. (Creación Propia) 79
Tabla 28. Analogía de usuarios para anillo de 54 Mbps. (Creación Propia) 79
Tabla 29. Relación de Usuarios en el Anillo de 54 Mbps. (Creación Propia) 80
Tabla 30. Tasa de llamada por minuto. (Creación Propia) 81
Tabla 31. Volumen de Trafico por AP. (Creación Propia) 82
Tabla 32. Canales Ficticios por AP (Creación Propia) 83
Tabla 33. Anchos de banda para una llamada por CODEC. (Creación Propia) 84
Tabla 34. Velocidades de transmisión de los CODECs por AP según demanda. (Creación Propia) 85
Tabla 35. Velocidades de transmisión requeridos por servicio. (Creación Propia) 85
Tabla 36. Anchos de Bandas por CODECs 86

Tabla 37. Anchos de Bandas por CODECs con incremento del 20 % 87
Tabla 38. Estudio de Trafico para CODEC. Caso 1. (Creación Propia)..... 89
Tabla 39. Estudio de Trafico para CODEC. Caso2. (Creación Propia)..... 89
Tabla 40. Estudio de Trafico para CODEC. Caso 3. (Creación Propia)..... 90

Introducción

La tecnología actualmente avanza constante y rápidamente, generando de esta manera la necesidad de los usuarios de permanecer en constante actualización para satisfacer sus requerimientos.

Cada día son más personas que ingresan como usuarios a navegar por INTERNET, al mismo tiempo es más la cantidad de estos que se conectan usando la tecnología WiFi.

En la actualidad la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) cuenta con el servicio de INTERNET inalámbrico (WiFi) dentro del campus, el cual da servicio a todos aquellos estudiantes profesores y demás usuarios para navegar a través de sus dispositivos móviles, *laptops*, PDA u otros dispositivo que soporten el servicio

Hoy en día se habla de enviar todo tipo de información, además de datos, enviar voz, TV, entre otros, sobre una misma plataforma, es por esto que nace la idea de enviar voz sobre redes inalámbricas.

Unos de los tantos servicios que se da al público en la actualidad es Voz sobre IP. Este servicio no es más que utilizar un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de INTERNET empleando el protocolo IP (INTERNET Protocol). Voz sobre IP también es aplicable para su desarrollo sobre WiFi, dando así origen a lo que se llama VoWLAN.

Es aquí donde surge la idea para este Trabajo Especial de Grado, con el objetivo de presentar un plan de mejora al diseño de la Red WiFi actual de la Universidad Católica Andrés Bello para el soporte de Voz.

A lo largo del desarrollo de este trabajo, se podrán observar todo los pasos necesarios para la determinación de las mejoras y de igual forma las herramientas empleadas y los conocimientos previos para el desarrollo del proyecto. Este nuevo diseño propondrán también para el área de las especificaciones de Antenas, su posición, capacidad, así como también la manera como están orientadas

específicamente en la zona *Outdoor* del campus. También se observaran una serie de pruebas, simulación y estadísticas del uso de la Red, los cuales ayudaran a sustentar este plan de mejora que será un aporte a la Universidad Católica Andrés Bello con el fin de que sea implantado a futuro para el beneficio de la comunidad Ucabista.

Capítulo I

Planteamiento de Problema

I.1.- Planteamiento del Problema

Desde hace algunos años con la puesta en marcha del servicio WiFi en la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán, estudiantes, profesores, usuarios en general se han beneficiado con el acceso a INTERNET por medio de sus *laptop*s, PDA, u otros dispositivos portátiles e inalámbricos en áreas *Outdoor* del campus.

Es notable el uso creciente dentro de la UCAB – Montalbán de los dispositivos antes mencionados pues, pueden acceder a la red gracias a la incorporación *Wireless*. Con el incremento paulatino de tecnologías cada vez más sofisticados en estos dispositivos, y con una infraestructura óptima podría ser factible mantener la vanguardia de la Universidad Católica en cuanto a prestación de servicios, aprovechamiento de los recursos y disminución de costos, con tecnología de punta, incorporando a la red instalada voz paquetizada.

Sin embargo, para este desarrollo es imprescindible mantener un óptimo despliegue en cuanto a cobertura y calidad de servicio dentro de la Universidad, pues hasta hoy se han detectado zonas, dentro de algunas de las instalaciones, aulas, departamentos o centros de estudio, donde se dificulta el acceso a la red a través del medio inalámbrico, lo cual nos lleva a presentar las posibles causas que limitan el máximo aprovechamiento del patrón de radiación de las antenas para WiFi. Entre otras se podrían indicar las siguientes:

- Las características de los materiales que conforman las estructuras de las instalaciones de la Universidad
- Las características de ganancia, polarización, ancho de haz y potencia de las antenas instaladas para el área de cobertura
- Distribución del arreglo de antenas instaladas
- Topología de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán

Con esta base en cuanto al servicio WiFi se formula el siguiente planteamiento:

¿Es toda la infraestructura de WiFi en la UCAB – Montalbán la más apropiada para el óptimo aprovechamiento del patrón de radiación, y permite satisfacer aquellas necesidades desde el punto de vista de calidad de comunicación del personal académico, estudiantes, administrativo, mantenimiento, cómo de los usuarios en general al acceso a INTERNET tanto en áreas *Outdoor* como *Indoor* en el campus universitario? ¿Las condiciones de la infraestructura permiten disfrutar plenamente de los beneficios de servicios de movilidad con la incorporación de VoWLAN?

Con este tema se propone investigar la factibilidad a través del estudio y análisis de la topología de la Universidad Católica Andrés Bello - Montalbán, la radiación y cobertura de toda la plataforma WiFi actualmente instalada mediante *Software* de simulación, con el cual se espera determinar la distribución más apropiada de las antenas, por ejemplo, garantizar un mejor despliegue en la cobertura, buscando alcanzar aquellas zonas conocidas y que hasta el momento se presume constituyen una limitante para el acceso a INTERNET. Por otro parte con el presente trabajo se podra determinar si la infraestructura instalada es la más adecuada para prestar el servicio VoWLAN, de lo contrario se presentará una propuesta de un diseño óptimo que considere la mejora en miras de disfrutar a futuro, de la comunicación por medio de voz paquetizada dentro del campus de la Universidad.

I.2.- Objetivos

Los objetivos planteados para este Trabajo Especial de Grado son los siguientes:

I.2.1.- Objetivo General

Diseñar una solución para mejorar la plataforma WiFi actualmente instalada en la UCAB – Montalbán con el objeto de soportar el servicio VoWLAN.

I.2.2. -Objetivos Específicos

- Determinar el alcance de las zonas de cobertura WiFi según las necesidades mínimas requeridas para la incorporación de VoWLAN.
- Seleccionar la herramienta de simulación más adecuada para la elaboración y estudio de la cobertura de WiFi dentro de la UCAB.
- Comparar por medio de la herramienta seleccionada, la cobertura del sistema instalado y el sistema propuesto para soporte VoWLAN.
- Proponer soluciones al sistema en cuanto a mejoras en la plataforma para incorporar VoWLAN.
- Determinar parámetros mínimos de los equipos necesarios para implementar la solución.

I.3.- Justificación:

El presente trabajo especial de grado tiene como fin expandir el conocimiento en cuanto a la estructura, funcionamiento de la red inalámbrica y factibilidad de adaptación a requerimientos futuros para el mejor aprovechamiento de los recursos de la red inalámbrica y goce de todos los Ucabistas. Este estudio pretende adicionalmente determinar si la infraestructura actualmente instalada es la más

adecuada para prestar el servicio VoWLAN, con miras de disfrutar a futuro de la comunicación por medio de voz paquetizada dentro del campus de la Universidad

Con VoWLAN en la UCAB se pretende garantizar movilidad y disponibilidad con conexión en todo momento, haciendo posible localizar a cualquier personal dentro de la universidad, donde los equipos móviles de hoy no posean cobertura, igualmente podría impactar a los usuarios de dicho servicio pues implicaría bajos costos en las llamadas realizadas en el ámbito del campus universitario.

I.4.-Limitaciones y Alcances:

I.4.1.- Limitaciones:

- El estudio de las antenas para WiFi y su distribución para el mejor aprovechamiento de la cobertura será aplicado sólo a la topología de la UCAB – Montalbán
- Este trabajo especial de grado no incluirá la implementación en caso que el estudio concluya la factibilidad de la mejora del sistema WiFi de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán.
- Este trabajo especial de grado no incluirá la implementación en caso que el estudio concluya la factibilidad de la incorporación de VoWLAN en la plataforma WiFi instalada en la UCAB.

I.4.2.- Alcances:

- Un diseño para WiFi *Indoor* y *Outdoor* en el campus universitario y en las zonas de necesidad para los usuarios.

Capítulo II

Marco Referencial o Teórico.

II.1.- Sistemas de Radiocomunicaciones:

Todos los sistemas de radio comunicaciones emplean el espacio como medio de transmisión. La información viaja en forma de ondas electromagnéticas no guiadas desde el transmisor al receptor. Para que el transmisor radie energía electromagnética al espacio circunvecino es necesario emplear un transductor, que transforme las ondas de voltaje y corriente u ondas electromagnéticas guiadas en ondas electromagnéticas no guiadas, este transductor es la antena transmisora, que dependiendo de la frecuencia y de la aplicación del sistema puede radiar energía de igual manera en todas las direcciones o en una dirección definida. El receptor también debe poseer un transductor o antena receptora que transforme ondas electromagnéticas no guiadas en ondas de voltaje y corriente o en ondas electromagnéticas guiadas. (Aguilar, 1995)

El hecho que los sistemas de radiocomunicación no empleen un medio físico para la transferencia de información desde el transmisor al receptor, hace que estos posean una serie de características particulares de ellos y que en ciertas aplicaciones son insustituibles y en otras sería más conveniente emplear sistemas con otros medios de transmisión.

Entre las ventajas de los sistemas de radiocomunicación se encuentran:

- Facilidad de comunicación móvil.
- Facilidad de reconfiguración.
- Facilidad de comunicación multipunto.
- Facilidad de establecer enlaces con áreas de difícil acceso o infraestructura económicos.
- Tiempo de instalación bajo.

Algunas limitaciones:

- Susceptibilidad a interferencias electromagnéticas.
- Espectro electromagnético limitado.
- Poca privacidad.
- Dependencia de las condiciones ambientales.

II.1.1.- Propagación de la onda:

La onda de radio puede moverse por distintos medios, encontrar obstáculos y como resultado de ello sufrir cambios de dirección e intensidad muy importantes en el proceso. (Aguilar, 1995)

II.2.- WiFi

Es el equivalente inalámbrico de las redes de área local, sin embargo abarcan un radio mayor que las redes fijas y otorgan a dicha red un importante aspecto complementario que está referida a la movilidad. Uno de los aspectos tiene que ver con las aplicaciones, siendo la más importante el acceso a INTERNET. La interfaz inalámbrica de WiFi permite la transmisión de datos a tasa específica. Esta tasa de datos permite una conexión de alta velocidad y de banda ancha. Brindando así velocidades de conexión que revolucionan dicho campo en la tecnología de acceso.

II.2.1.- Seguridad en WIFI

La seguridad es un aspecto que cobra especial relevancia cuando hablamos de redes inalámbricas. Para tener acceso a una red cableada es imprescindible una conexión física al cable de la red. Sin embargo, en una red inalámbrica desplegada en una oficina un tercero podría acceder a la red sin ni siquiera estar ubicado en las dependencias de la empresa, bastaría con que estuviese en un lugar próximo donde le llegase la señal. Es más, en el caso de un ataque pasivo, donde sólo se escucha la información, ni siquiera se dejan huellas que posibiliten una identificación posterior. El canal de las redes inalámbricas, al contrario que en las redes cableadas privadas,

debe considerarse inseguro. Cualquiera podría estar escuchando la información transmitida. Y no sólo eso, sino que también se pueden inyectar nuevos paquetes o modificar los ya existentes (ataques activos). Las mismas precauciones que tenemos para enviar datos a través de INTERNET deben tenerse también para las redes inalámbricas. Conscientes de este problema, el IEEE publicó un mecanismo opcional de seguridad, denominado WEP, en la norma de redes inalámbricas 802.11.

II.2.1.1.- WEP:

Wired Equivalent Privacy, privacidad equivalente al cable es el algoritmo opcional de seguridad incluido en la norma IEEE 802.11. Los objetivos de WEP, según el estándar, son proporcionar confidencialidad, autentificación y control de acceso en redes WLAN. WEP utiliza una misma clave simétrica y estática en las estaciones y el punto de acceso. Como es lógico, ambos extremos deben conocer tanto la clave secreta.

Entre los objetivos de WEP, se encuentra proporcionar un mecanismo que garantice la integridad de los mensajes. WEP no incluye autentificación de usuarios. Lo más que incluye es la autentificación de estaciones descrita (podrán entrar aquellas estaciones que en su configuración tengan almacenada la clave WEP). El sistema de autentificación descrito es tan débil que el mejor consejo sería no utilizarlo para no ofrecer información extra a un posible atacante. En este caso se tendría una *autentificación de sistema abierto*, es decir, sin autentificación. Entre la larga lista de problemas de seguridad de WEP se encuentra también la ausencia de mecanismos de protección contra mensajes repetidos (*replay*). Esto permite que se capture un mensaje y se introduzca en la red en un momento posterior. El paquete podría ser, por ejemplo, el que contiene la contraseña de un usuario para utilizar un determinado servicio.

II.2.1.2.- WPA

WiFi Protected Access, acceso protegido WiFi es la respuesta de la asociación de empresas WiFi a la seguridad que demandan los usuarios y que WEP no puede proporcionar. WPA es, por tanto, un subconjunto de lo que es IEEE 802.11i. WPA se ofrece en los dispositivos actuales y soluciona todas las debilidades conocidas de WEP, considerándose así suficientemente seguro.

Las principales características de WPA son la distribución dinámica de claves, utilización más robusta del vector de inicialización (mejora de la confidencialidad) y nuevas técnicas de integridad y autentificación.

WPA soluciona la debilidad del vector de inicialización (IV) de WEP mediante la inclusión de vectores del doble de longitud (48 bits) y especificando reglas de secuencia que los fabricantes deben implementar. Los 48 bits permiten generar 2 elevado a 48 combinaciones de claves diferentes, lo cual parece un número suficientemente elevado como para tener duplicados. El algoritmo utilizado por WPA sigue siendo RC4. Las claves ahora son generadas dinámicamente y distribuidas de forma automática por lo que se evita tener que modificarlas manualmente en cada uno de los elementos de red cada cierto tiempo, como ocurría en WEP. La ventaja de WPA radica en no requerir de actualizaciones de *hardware* en los equipos.

II.2.1.3.- WAP2

802.11i es el nuevo estándar del IEEE para proporcionar seguridad en redes WLAN. WiFi hace una implementación completa del estándar en la especificación WPA2. WPA2 incluye el nuevo algoritmo de cifrado AES (*Advanced Encryption Standard*), desarrollado por el NIS .Se trata de un algoritmo de cifrado de bloque (RC4 es de flujo) con claves de 128 bits. Requiere un *hardware* potente para realizar sus algoritmos. Este aspecto es importante puesto que significa que dispositivos antiguos sin suficientes capacidades de proceso no podrán incorporar WPA2. Para el aseguramiento de la integridad y autenticidad de los mensajes, WPA2 utiliza CCMP (*Counter- Mode / Cipher Block Chaining / Message Authentication Code Protocol*)

en lugar de los códigos MIC. Otra mejora respecto a WPA es que WPA2 incluye soporte no sólo para el modo BSS sino también para el modo IBSS (redes ad-hoc). (Lopez Ortiz)

II.2.2.- Estándar IEEE 802.11

Inicialmente el 802.11 se pensó para redes locales inalámbricas (WLAN) de corto alcance pensadas para entornos SOHO (*Small Office – Home Office*), pero la necesidad de comunicar dispositivos portátiles a velocidad de transmisión elevada ha llevado a plantear e incluso llevar a la práctica la creación de redes inalámbricas de mayor envergadura.

Ejemplo de esto son las redes de este tipo que ya están instaladas en aeropuertos, campus universitarios o incluso en barrios de distintas ciudades.

El estándar IEEE 802.11 se divide en dos capas principales: la capa MAC (*Media Access Control*) y la capa física o PHY. Estas dos capas permiten hacer una separación funcional del estándar y, lo que es más importante, permite que un único protocolo de datos pueda usarse con distintos métodos de transmisión en radiofrecuencia (RF).

El estándar IEEE 802.11 fue aprobado por el IEEE en 1997 y posteriormente, en 1999, fue adoptado como estándar internacional conjuntamente por la ISO (*International Organization for Standardization*) y el IEC (*International Electrotechnical Commission*) [ISO/IEC 8802.11]. La norma 802.11 ha sufrido diferentes extensiones sobre la norma para obtener modificaciones y mejoras. De esta manera, tenemos las siguientes especificaciones que se presentan más adelante.

Dentro del mercado, el estándar con mayor aceptación ha sido el 802.11b, aunque la velocidad de transmisión máxima (11Mbps) es inferior a la del 802.11a (54Mbps) y la razón a la diferencia de velocidades, es que trabaja a una banda de mayor frecuencia (5GHz) y el alcance es justo la mitad que en el 802.11b que trabaja en la banda de 2,4GHz.

Dentro de las tecnologías utilizadas en redes inalámbricas se encuentran las tecnologías de espectro ensanchado y una infrarroja.

La tecnología de espectro ensanchado consiste en difundir la señal de información a lo largo del ancho de banda disponible, es decir, en vez de concentrar la energía de las señales alrededor de una portadora concreta lo que se hace es repartirla por toda la banda disponible. Este ancho de banda total se comparte con el resto de usuarios que trabajan en la misma banda de frecuencia. Existen dos tipos de tecnologías de espectro ensanchado:

• FHSS (*Frecuency Hopping Spread Spectrum*)

• DSSS (*Direct Spread Spectrum*)

II.2.2.1.-Tecnología FHSS:

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada *dwell time* e inferior a 400ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo.

Cada una de las transmisiones a una frecuencia concreta se realiza utilizando una portadora de banda estrecha que va cambiando (saltando) a lo largo del tiempo. Este procedimiento equivale a realizar una partición de la información en el dominio del tiempo.

II.2.2.2.- Tecnología DSSS

Esta técnica consiste en la generación de un patrón de *bits* redundante llamado señal de *chip* para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de RF. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la señal de información original. La secuencia de bits utilizada para modular cada uno de los *bits* de información es la llamada secuencia de Barker.

DSSS tiene definidos dos tipos de modulaciones a aplicar a la señal de información una vez se sobrepone la señal de *chip* tal y como especifica el estándar IEEE 802.1, la modulación DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) y la modulación DQPSK, (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*) proporcionando unas velocidades de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente. (Lopez Ortiz). En la figura 1, se presenta una jerarquizacion del estandar.

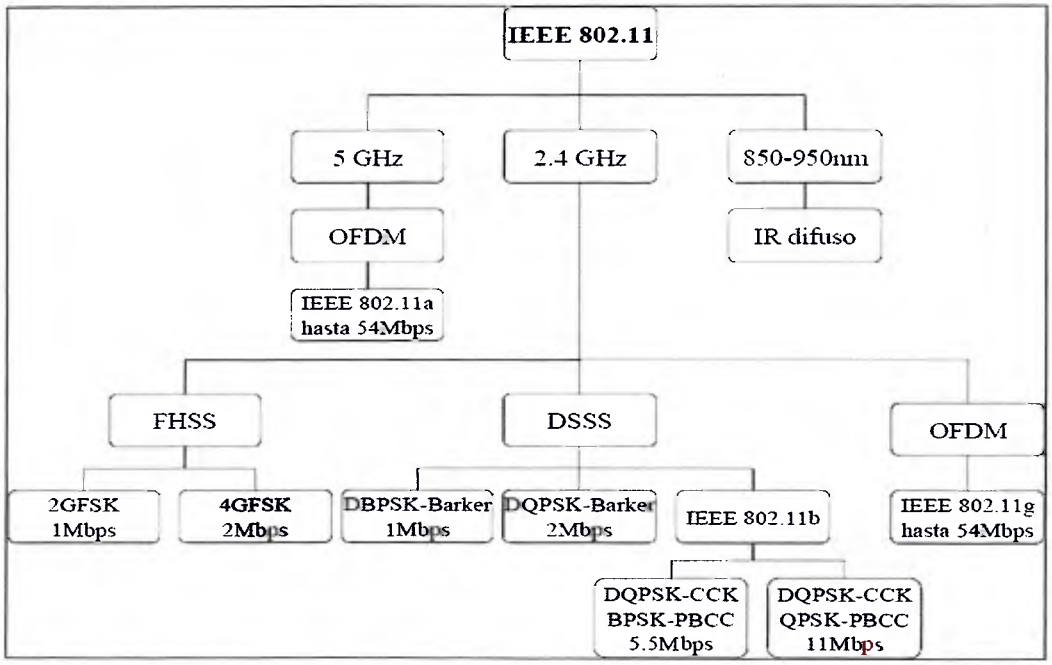


Figura 1. Diagrama descriptivo de la capa física 802.11 y sus extensiones (Chiloeches, 2002)

II.2.2.3.- Tecnología OFDM

Se refiere a Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) aparece como una solución para no incrementar la frecuencia de la portadora, sino utilizar un conjunto de *N* sub portadoras, es una modulación que consiste en enviar un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias donde cada una transporta información la cual es modulada en

QAM o en PSK. Una de sus características principales es que es capaz de recuperar información que llegan a un receptor.

La técnica OFDM ofrece una gran flexibilidad a la hora de repartir el medio de transmisión entre múltiples usuarios en el mismo ancho de banda, puesto que pueden utilizarse en conjunto con ésta, técnicas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), por división de frecuencia (FDMA) o por división de código (CDMA).

Entre los sistemas que usan la modulación OFDM destacan:

- La televisión digital terrestre DVB-T.
- La radio digital DAB (*Digital Audio Broadcasting*).
- La radio digital de baja frecuencia DRM (*Digital Radio Mondiale*).
- El protocolo de enlace ADSL. (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).
- El protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g/n, también conocido como *Wireless* LAN.
- El sistema de transmisión inalámbrica de datos WiMAX. (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) .
- El sistema de transmisión de datos basados en PLC (*Power Line Communications*) *HomePlug* AV

II.2.2.4.- Capa MAC IEEE 802.11

En la figura 3 podemos apreciar cómo está formada la capa MAC.

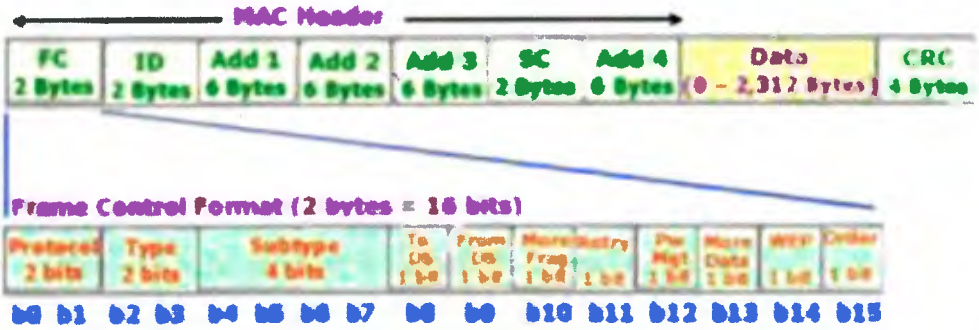


Figura 2. Trama MAC IEEE 802.11. (Valera & Dominguez)

Formato de Trama

- *Frame Control* (FC): versión de protocolo y tipo de trama (gestión, datos, control).
- *Duration/ID*: (ID)
- *Station ID*: se usa para el tipo de trama "*Power -Save poll message*"
- El valor de duración se usa para el cálculo del vector de reserva de red (*Network Allocation Vector*)
- *Address fields*: (1-4) contienen hasta cuatro direcciones (origen, destino, Transmisión, recepción), dependiendo del campo de control de trama (bits ToDS y FromDS)
- La secuencia de control consiste en un número de fragmento y un número de trama. Se usa para representar el orden de diferentes fragmentos pertenecientes a la misma trama, y para distinguir una posible duplicación de paquetes.
- *Data*: la información transmitida o recibida
- CRC: campo de Control de Redundancia cíclica de 32 bits.

Formato de Control de Trama (*Frame Control Format*)

- Versión del Protocolo (*Protocol Version*) indica la versión del estándar IEEE 802.11.
- Tipo (*Type*): Gestión, Control, Datos
- Subtipo (*Subtype*): RTS, CTS, ACK etc
- *To DS* : se pone a 1 cuando la trama se manda a un sistema de distribución (DS)
- *From DS* : se pone a 1 cuando la trama se recibe de un sistema de distribución (DS)
- *More Fragment*: se pone a 1 cuando hay más fragmentos después de éste pertenecientes a la misma trama.
- *Retry*: indica que este fragmento es una retransmisión de un fragmento previamente enviado. (Para que el receptor reconozca la transmisión duplicada de tramas)
- *Power Management*: indica el modo de gestión de energía en el que la estación estará después de la transmisión de la trama.
- *More Data*: indica que hay más tramas en cola hacia esta estación.
- WEP: indica que el cuerpo de la trama está encriptado de acuerdo con el algoritmo WEP (*wired equivalent privacy*).
- *Order*: indica que la trama se está enviando usando la clase de servicio "Estrictamente ordenado". (Valera & Dominguez)

II.3.- Extensiones del estándar 802.11

II.3.1.- 802.11b

Esta extensión fue aprobada en el año 1999 como una versión del 802.11 original para WLAN, posee una tasa de transmisión máxima de 11Mbps, un alcance de 100 metros como la tecnología BLUETOOTH y trabaja en banda libre de 2.4 GHz empleando una modulación DSSS. Los primeros equipos aparecieron rápidamente

por el empleo de esta modulación, logrando de esta manera una mayor demanda de este protocolo por el aumento de la velocidad y por la reducción de los costos.

Este estándar divide el espectro en 14 canales con separación entre ellos de 5MHz, esto produce interferencia entre los canales adyacentes a cada lado, ya que el ancho de banda es de 22MHz y la señal decae como mínimo 30dB, por lo cual "*se recomienda optar por los canales disjuntos 1, 6 u 11 que no representan traslapes especiales, produciendo interferencias mínimas*". (Desarrollando el estandar IEEE 802.11n, un paso adelante en WLAN)

802.11b puede ser utilizado en topologías punto a punto o punto-multipunto, con enlaces con distancias proporcionales a las características de las antenas y potencia utilizada. Se puede apreciar su composición en la figura 3.

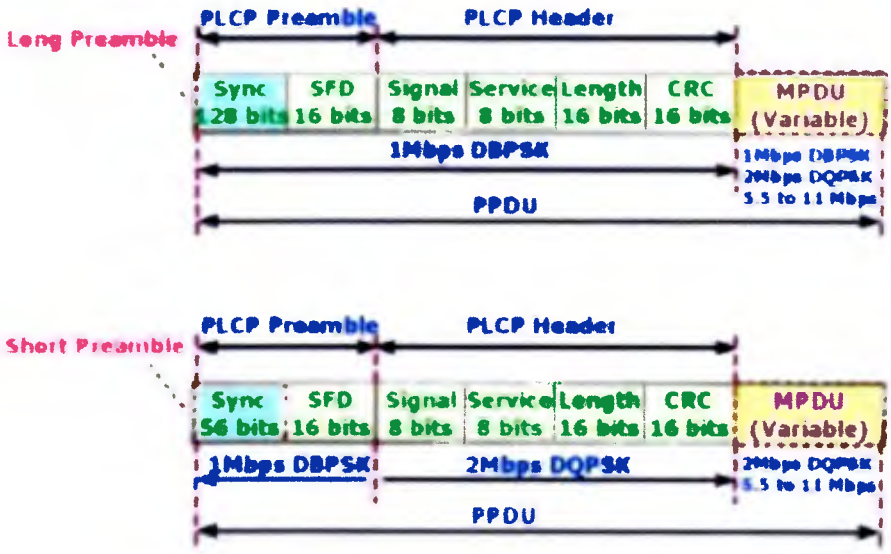


Figura 3. Composición del esquema 802.11b.(Valera & Dominguez)

- Preámbulo Largo: implementación obligatoria, trama normal.
- Preámbulo Corto: implementación optativa, para transmisión de vídeo y voz sobre IP.

II.3.2.- 802.11a

Este estándar se basa en el original 802.11, operando en la banda de 5GHz con la tecnología OFDM y una técnica de modulación QAM-64. Posee 52 canales de los cuales 12 canales no se solapan, posee una velocidad de transmisión de 54Mbps con un rendimiento real de 20Mbps.

De las 52 subportadoras, 48 se utilizan para datos y cuatro actúan como pilotos, con una separación de 312.5 KHZ. Cada subportadora puede ser BPSK, 16 QAM o 64 QAM. La duración del símbolo es de 4 microsegundos, con un periodo de guardia de 0.8 microsegundos.

Su limitante es el alcance ya que posee un rango máximo de 50 metros, lo requiere mayor cantidad de infraestructura para puntos de acceso, lo que se traduce en un aumento en los costos.

II.3.3.- 802.11g

Es la evolución del estándar 802.11b. Hace uso de la banda de frecuencia 2,4 GHz. pero a una velocidad de 54 Mbits/s (teórica) y 22 Mbit/s (real). Es compatible con el estándar "*b*", es decir puede trabajar a la velocidad del estándar b. El estándar 802.11g utiliza tecnología OFDM, implementando al mismo tiempo las modalidades 802.11b y de manera opcional, CCK (*Complementary Code Keying*) – OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) y PBCC (*Packet Binary Convolution Coding*).

En cuanto a la seguridad, emplea encriptación WEP (*Wired Equivalence Privacy*), basado en RC4, sin embargo no es muy confiable debido a que puede periódicamente genera paquetes "*débiles*" que pueden ser aprovechados para reconstruir la clave y acceder a la red. (Valera & Dominguez)

II. 3.4.- 802.11n

Es uno de los estándares en evolución que surge debido a la gran demanda de las WLAN. Durante la segunda mitad del año 2003 la IEEE aprueba la creación del

IEEE 802.11 (*Task Group N)*. Éste grupo desarrollaría una nueva revisión del estándar 802.11, en el cual la velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (esto significa que las velocidades teóricas de transmisión podrían ser mayores), debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. Además, con el desarrollo de éste nuevo estándar, se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con la incorporación de la tecnología MIMO (*Multiple Input-Multiple Output*), la cual permite la utilización de varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas. A finales de enero del 2006 se aprobó el primer borrador del estándar y en marzo del 2007, después de un intenso debate y controversia entre todos los miembros que forman parte del IEEE, se aprobó la versión borrador 2.0, la cual también se conoce como pre-11n.

El objetivo principal por el cual se aceptó la creación del estándar 802.11n es definir modificaciones en la capa física y la capa de control de acceso al medio para alcanzar una velocidad de procesamiento de datos de 100 Mbps en la capa MAC SAP (*Media Access Control Layer, Service Access Point*) situada en el tope de la capa de control de acceso al medio. Tomando en cuenta este mínimo requerimiento, se podrá tener aproximadamente un flujo de datos 4 veces mayor que el de las redes actuales con los estándares 802.11. La propuesta del grupo para dar éste paso en la transformación de las redes inalámbricas es el dar un mejor servicio al usuario con las nuevas aplicaciones de las redes inalámbricas y nuevas zonas de mercado. A la vez se espera una suave transición hacia una nueva tecnología.

II.3.5.-802.11e:

Las redes 802.11 pueden ser consideradas como una red ETHERNET inalámbrica pues soporta servicio de mejor esfuerzo (*best-effort*), no obstante el crecimiento de estas redes en cuanto a su desarrollo ha aumentado considerablemente

y está siendo enfocado hacia la calidad de servicio QoS, lo cual busca mejorar el actual protocolo MAC 802.11 para apoyar aplicaciones con este requisito.

Una WLAN con este estándar podría abrir una variedad de oportunidades para las nuevas aplicaciones multimedia tanto en dispositivos móviles como en otros dispositivos portátiles.

Sin embargo, el uso generalizado de las aplicaciones multimedia en red ha traído más exigencias a la red, creando una necesidad de extremo a extremo de calidad de servicio (QoS). Este último requiere QoS no sólo en los mecanismos de apoyo en el núcleo de red IP, sino también en la red de acceso en el usuario local. Con el estándar IEEE 802.11, la QoS no esta muy sustentada, sin embargo para el estándar 802.11e hay algunas mejoras en el *Medium Access Control* (MAC), como la distribución, coordinación y función (EDCF), la cual añade transmisión priorizada de CSMA / CA. Por otra parte, una nueva función de coordinación llamada Híbrido de Coordinación de Función (HCF) permite a un coordinador de híbridos (HC), ubicado en el punto de acceso (AP) para iniciar el proceso de *polling* basado en protocolo sin contención, según sea necesario para ajustarse a los parámetros QoS. (Performance Evaluation of IEEE 802.11e)

II.4.- Métodos de acceso al medio

El canal de radio es un medio compartido, por lo cual requiere de mecanismos para evitar las colisiones, en caso contrario ocurre en las redes cableadas donde el mecanismo esta para recuperarse de las colisiones.

El estándar 802.11 provee conectividad inalámbrica a estaciones que requieren un rápido desempeño como las computadoras portátiles. La subcapa *Medium Access Control* (MAC) posee dos métodos de acceso al medio, DCF (*distribute cordination function*) y PCF (*point coordination function*). El primero emplea CSMA/CA (*carrier sense multiple access with collition avoidance*) y debe ser implementado en todas las estaciones de la WLAN. El segundo emplea *polling* para

determinar cuál será la siguiente estación que va a transmitir. Se puede observar cómo está formada la capa MAC en la figura 4.

Tanto el modo DCF como el modo PCF emplean el vector NAV como indicador de los periodos de duración en los cuales la transmisión no se iniciara aunque el medio no esté ocupado, pues debe esperar un tiempo adicional back off. En resumen, el vector NAV sirve para brindar a las estaciones una predicción del tráfico en la red.

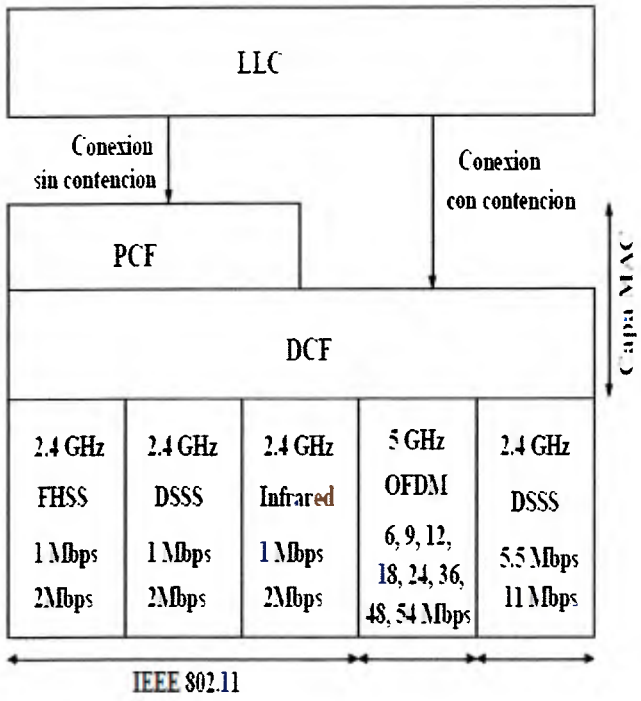


Figura 4. MAC 802.11 (Barruecos, Garcia, & Gimeno, 1996)

II.4.1.-DCF

Este método usa transmisión asíncrona basándose en el protocolo CSMA/CA (*carrier sense multiple access with collition avoidance*). Consiste en escuchar antes de transmitir. Todas las estaciones pueden acceder al medio ya que este protocolo es

implementado para poder hacer uso de un acceso múltiple al canal, pero es imprescindible que se comprueben que el canal está vacío antes de transmitir.

El modo DCF puede ser usado tanto en modo ad-hoc como en modo infraestructura.

En la figura 5 se puede observar los modelos.

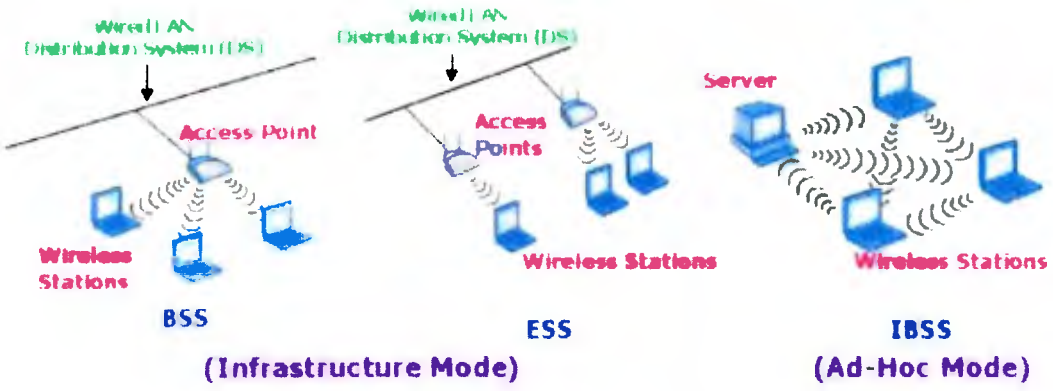


Figura 5. Esquema modos de trasmisión (Valera & Dominguez)

El modo *ad-hoc* son redes que se pueden realizar sin necesidad de usar dispositivos adicionales como *routers* o puntos de acceso, sino usando las tarjetas inalámbricas que se tengan instaladas en los equipos propios.

Este tipo de redes podrían usarse para crear un grupo de trabajo con el objetivo de realizar intercambio de archivos o juegos en red, sin tener que realizar ningún tipo de instalación adicional, ya sea *hardware* o *Software* y de una forma sencilla y rápida.

El modo DCF permite interactuar a varias estaciones independientes sin un centro de control, este funciona de la siguiente manera. Cuando una estación quiere transmitir, escucha el medio, si no está ocupado se espera un tiempo DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*) este es el tiempo mínimo que debe permanecer el medio vacío para poder transmitir durante el periodo de contención. Las estaciones

podrán acceder al medio directamente siempre que el medio haya estado vacío durante el tiempo DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*) y se transmite directamente.

En el caso de que este ocupado, se espera a que finalicen las transmisiones, una vez finalizadas se espera un tiempo DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*) y posteriormente con el objetivo de disminuir el número de colisiones, empieza un periodo de contención, *Back off*. Este período de contención es un número aleatorio que genera la estación, será un intervalo de tiempo uniformemente distribuido entre cero y el tamaño de la ventana de contención.

Cada vez que el medio deja de estar ocupado, la estación espera un tiempo DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*) y luego continúa decreciendo el tiempo *back off*. Cuando este tiempo llega a cero la estación accede al medio para transmitir. Figura 6.

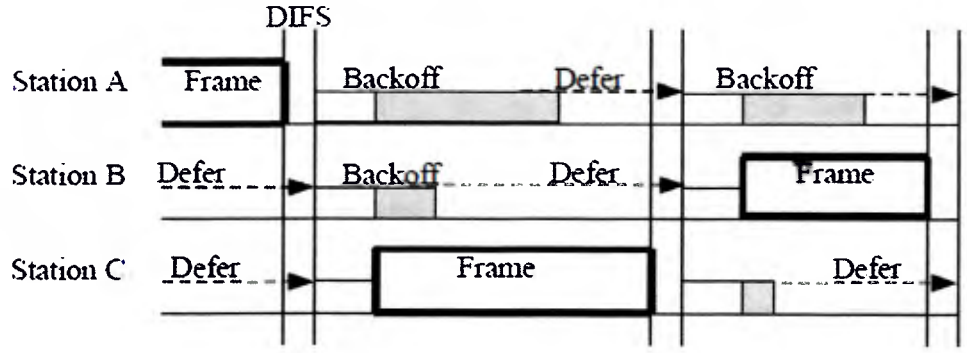


Figura 6. Mecanismo Back off DCF. (Performance Evaluation IEEE 802.11e)

II.4.2.-PCF

Es un modelo de acceso al medio que utiliza transmisión síncrona, únicamente puede ser implementado con la presencia de un punto de coordinación que suele ser el AP (*Access Point)*, es decir solo puede ser empleada en modo infraestructura. El AP *(Access Point)* va dando la oportunidad de transmitir a cada una de las estaciones base que forman la red. Al usar transmisión síncrona de datos mejora la capacidad de transmisión de los mismos en tiempo real.

En esta configuración, el *AP (Access Point)* actúa de coordinador del resto de las estaciones, eligiendo quien ha de transmitir en cada momento. El *AP (Access Point)* tiene prioridad en cuanto al acceso al medio ya que utiliza un tiempo PIFS, este tiempo es únicamente usado por el *Point Coordination Function* (PCF) durante el periodo libre de contención.

Las estaciones con datos a transmitir durante este periodo podrán hacerlo una vez trascurrido el tiempo PIFS (*PCF Space Inter Frames*), el cual es menor que el tiempo DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*) por lo que el *AP (Access Point)* siempre ganará el acceso al canal y ninguna estación de la red que trabaje en modo DCF le será posible interrumpir el modo PCF.

Los modos DCF y PCF son multiplexados en un tiempo *superframe*, que está formado por un PCF libre de contención (PPC), seguido de un período de contención DCF (PC), situado a intervalos regulares (Figura 7). El *AP (Access Point)* transmite *beacon frames* periódicamente con el fin de entregar la gestión de información a las terminales. Los límites entre PCP y PC se caracterizan por el *Delivery Traffic Indication Message* (DTIM). Los terminales pueden utilizar la información presente en los *beacons* a fin de asociarse con el *AP (Access Point)*, que se realiza durante la CP. Esta asociación es obligatoria si el terminal debe tener sus transmisiones programadas por el PCF, lo cual es generalmente necesario para la QoS de datos sensibles.

Para la definición de prioridades se aplican tres espacios de intervalo de longitud (IFSs):

- SIFS (IFS corto): Se utiliza para la transmisión de imágenes de alta prioridad: acuses de recibo de tramas de datos, tramas CTS (*Clear to Send*), tramas PCF y todas las tramas de datos DCF con excepción de la primera (fragmento de una ráfaga).
- PIFS (PCF IFS): Después de este intervalo expira, cualquier trama del modo PCF que puede ser transmitida.

- DIFS (DCF IFS): Después que este intervalo expira, cualquier modo de datagramas DCF puede iniciar transmisión asíncrona de acuerdo al mecanismo *back off* del CSMA. (Performance Evaluation of IEEE 802.11e)

Se aprecia mejor este método en la figura 7.

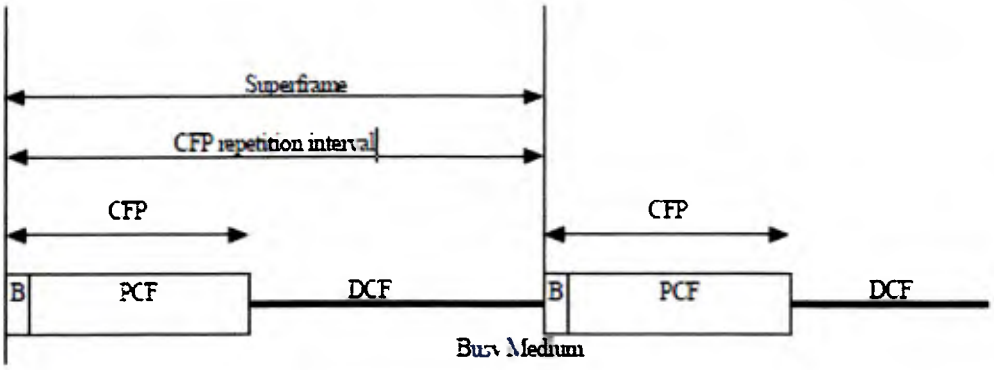


Figura 7. Mecanismo libre de contención (Performance Evaluation IEEE 802.11e)

II.5.- VoIP

Se plantean muchas soluciones tecnológicas con la implementación de teléfonos IP para prescindir de las centrales por conmutación de circuitos, sin embargo en la actualidad hay poca implementación de este modelo y se utiliza la tecnología de Voz sobre IP, principalmente para las conexiones troncales entre centrales telefónicas. Su esquema se representa en la figura 8.

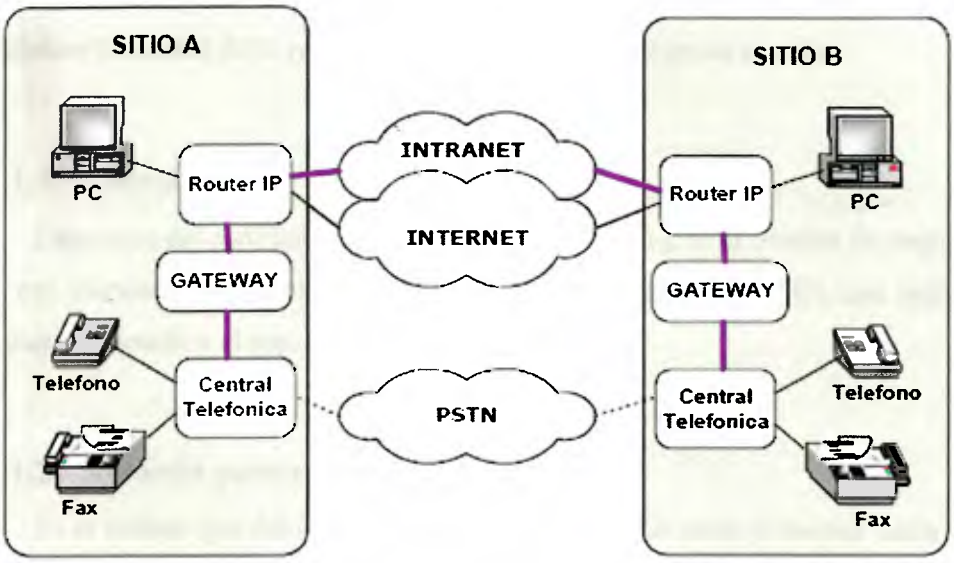


Figura 8. Esquema VoIP. (Ferreia, Pepe, Lopez, & Guani)

El *Gateway* de Voz/IP es el componente clave en una solución de voz sobre IP al facilitar la conversión de las llamadas telefónicas convencionales al mundo IP. Normalmente tienen interfaces analógicas y digitales a la red telefónica, además disponen de interfaces ETHERNET, *Frame Relay* o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) a la red IP.

El principal beneficio de VoIP que motiva esta convergencia es la reducción de costos. Además de la inversión en equipamiento como *Gateway*, terminales y *gatekeeper*. Este último es un punto central que proporciona servicios de control de llamada, traducción de direcciones y control de admisión. También facilita el control de ancho de banda utilizado y localiza los distintos *Gateways*. (Ferreia, Pepe, Lopez, & Guani)

II.5.1.-Calidad de Voz

Mide la fidelidad y la inteligibilidad de la conversación percibida por quienes experimentan la misma.

En el caso de las redes que utilizan tecnología VoIP, los principales elementos que afectan la calidad de la voz son la claridad y el retardo punta a punta.

II.5.1.1.- Claridad

Dependen del codificador decodificador (CODEC) y de la perdida de paquetes en la red. También influye el ruido, el *Voice Activity Detection* (VAD), que suprime paquetes de silencio y el eco.

II.5.1.2.- Retardo punta a punta

Es el tiempo que demora la señal de voz desde que habla el emisor hasta que escucha el receptor. El mismo se compone del retardo de codificación/decodificación, retardo de paquetización, retardo de *jitter* y por el retardo en la red.

El retardo de paquetización depende de cuantos *frames* se agrupan en un paquete IP, en caso de que cada paquete IP se forme con un *frame* este retardo es nulo.

El retardo de *buffer* se implementa para absorber las variaciones del retardo en la red (*jitter*). (Ferreia, Pepe, Lopez, & Guani)

II.6.- VoWLAN

La aparición de la tecnología VoIP presenta a la red una solución práctica para combinar voz y datos. VoIP ha demostrado ser una viable y rentable alternativa a los circuitos de conmutación de redes de voz, y se compromete a extender los mismos beneficios de alto rendimiento de los equipos móviles empleados actualmente. Como el ritmo de la tecnología continúa acelerándose, las comunicaciones móviles son una herramienta de importancia estratégica cada vez mayor.

Sobre las WLAN, voz y datos comparten una infraestructura en común, lo cual hace posible su convergencia a través de una sola red de área local inalámbrica, logrando importantes ahorros de costos y permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones que incrementarán la productividad y la eficiencia.

El increíble crecimiento de las dos principales tecnologías, redes inalámbricas y Voz sobre IP, se ha unido para ofrecer una nueva solicitud, Voz sobre Wireless LAN (VoWLAN). La mayor aplicación y uso de VoWLAN hoy se encuentra en la venta al por menor, almacenamiento, fabricación, atención sanitaria, educación y hospitalidad industrias. Los empleados en estas industrias son más móviles que el promedio de oficina, ya que estos trabajadores tienen necesidades específicas de aplicación que se prestan bien para dispositivos de mano.

VoWLAN puede ser accedido por un dispositivo por medio de INTERNET, incluyendo una computadora portátil. Las nuevas unidades PDA, tienen una apariencia y funcionalidad como los teléfonos celulares. Las principales ventajas para los consumidores que utilizan el VoWLAN es que las llamadas tanto nacionales como internacionales son más baratas que con otros sistemas, las llamadas de manera gratuita entre los consumidores de VoWLAN y una forma simple de cobro de los servicios de INTERNET y del teléfono hacen que éste sistema sea de gran importancia en la actualidad.

II.6.1.- Calidad de servicio

El mercado de la red de área local inalámbrica (WLAN) ha experimentado un enorme crecimiento en los últimos años, como lo demuestra la creciente popularidad de los *hotspots* de WLAN desplegados en zonas residenciales, empresas y en espacios públicos tales como aeropuertos, campus universitarios, centros de conferencias, centros comerciales y exposiciones. Mientras tanto, los servicios de WLAN están evolucionando a partir de los mejores esfuerzos de los servicios de datos a

aplicaciones en tiempo real con un cierto nivel de calidad de servicio (QoS) de dotación.

Un importante beneficio de la mezcla de tráfico telefónico con los datos sobre una WLAN es apoyar la movilidad de los usuarios y hacer uso de una infraestructura común.

El estándar 802.11e se encuentra en progreso para apoyar la QoS en WLAN, pero la ratificación de la norma tiene un largo camino por recorrer. Hasta entonces, el desarrollo de VoWLAN QoS es una propiedad esencial para priorizar el tráfico en la red de apoyo a la QoS de tráfico en tiempo real. Además, es necesario que la voz tenga la capacidad de entrega a través de redes WLAN y / o híbrido WLAN de redes celulares. (IEEE Wireless Communications- Special Issue Announcement. Voice over Wireless Local Area Network)

II.6.2.- Seguridad

Las mejoras en cuanto a seguridad en redes inalámbricas como WPA (*WiFi Protected Access*) y WPA2, introducen altos retrasos inaceptables para VoWLAN durante el período de sesiones de conmutación.

II.6.3.- CODEC

Es una abreviatura de Codificador-Decodificador. Es un *Software* o *hardware*, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos (*stream*) o una señal. Estos codifican la señal (a menudo para la transmisión, el almacenaje o el cifrado) para luego recuperar o descifrar del mismo modo para la reproducción o la manipulación en un formato más apropiado para estas operaciones. Los CÓDEC son usados a menudo en videoconferencias y en trasmisiones de Voz.

Los más usados en aplicaciones de Voz sobre IP son los presentados en la figura la tabla 1:

Codec	Frame	Frame Comprimido	Payload de Voz	PPS	MOS
G.711a/u PCM Puro	10ms / 80 Bytes	80 Bytes	2 Frames Comprimidos 160 Bytes	50 Tp 20ms	4.10
G.729 PCM+CSCELP	10ms / 80 Bytes	10 Bytes	2 Frames Comprimidos 20 Bytes	50 Tp 20ms	3.92
G.723.1 @6.3 PCM+ACELP	30ms / 240 Bytes	24 Bytes	1 Frame Comprimido: 24 Bytes	33.33 Tp 33.3ms	3.90
G.723.1 @5.3 PCM+ACELP	30ms / 240 Bytes	20 Bytes	1 Frame Comprimido: 20 Bytes	33.33 Tp 33.3ms	3.80

Tabla 1. Características de los CODEC. (Cotua, 2009)

PPS: paquetes por segundo

MOS: Media Opinion Score

II.6.4.-MOS: Medida Subjetiva de la Calidad de Voz

Media Opinion Score es un método subjetivo, basado en opiniones expertas de personas que escuchan una señal de voz/audio procesada y recuperada, que se utiliza para medir la Calidad de la Voz/audio en sesiones de VoIP.

De una manera subjetiva y empírica se mide la calidad de una señal de voz/audio en una sesión de VoIP, dado un CÓDEC específico utilizado en la sesión. La medición se hace consultando la opinión de personas que escuchan muestras de la voz/audio y los resultados se registran en una escala de 1 a 5. El MOS es el resultado de una prueba de escala de categoría absoluta, ACR (*Absolutly Categorie Rate*). La prueba consiste en una serie de personas que escuchan un conjunto de muestras de voz/audio pregrabadas con diversos escenarios de algoritmos de compresión.

II.6.5.- Ancho de Banda para Voz

El ancho de banda necesario para la transmisión de la señal de voz depende del número de llamadas cursadas simultáneamente, del formato final del paquete de voz y del CODEC.

En la ecuación siguiente podemos observar todos los elementos que se necesitan para el cálculo de Ancho de Banda. Mediante la ecuación (1)

$$BW_{codec} = \frac{Overhead + Payload\ del\ codec}{\frac{Payload\ del\ codec}{Vel.\ de\ Muestreo}} X\ 2\ X\ n\ llamadas \quad (1)$$

Donde:

- BW_{codec} = Ancho de banda requerido para n llamadas simultaneas.
- *Overhead* = Cabecera de los protocolos RTP (*Real-time Transport Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*), IP (*INTERNET Protocol*).
- *Payload del codec* = Longitud del *payload* por códec seleccionado.
- *Vel. De muestreo* = Velocidad de transmisión del códec seleccionado

Se multiplica por 2 por ser un sistema *half dúplex*, y hay que recordar que todo los valores se trabajan en bytes, por ende aquellos que estén en bits es necesario multiplicar por 8.

II.6.6.- Empaquetado de la Voz

Para transmitir las muestras codificadas de voz sobre redes de datos es necesario armar paquetes. Si la voz está codificada con ley A, una conversación consiste en un flujo de 64 KB/s. Cada muestra dura 125 μs. Si bien se podría formar un paquete con cada muestra de voz, esto generaría una sobrecarga (*overhead*) demasiado importante, ya que cada paquete necesita encabezados. Por otro lado, si se espera a juntar demasiadas muestras de voz, para formar un paquete con mínima sobrecarga porcentual, se pueden introducir retardos no aceptables. Un paquete IP puede tener hasta 1500 bytes de información.

Si con muestras de 64 KB/s se quisiera completar los 1500 bytes del paquete IP, se introduciría un retardo de 125µs x 1500 = 187,5 ms. Esta demora no es aceptable en aplicaciones de voz. Por esta razón se toman generalmente ventanas de 10 a 30 ms. Las muestras de voz de cada una de estas ventanas consecutivas se juntan y con ellas se arman paquetes.

La VoIP consta de varios procesos interconectados que convierten una señal de voz en una corriente de paquetes dentro de una red como se puede observar en la figura 9. Esto permite a la voz humana y a la información de fax viajar a través de una red de paquetes de datos concurrentemente junto con paquetes de datos tradicionales. (Quiñonez, 2005).

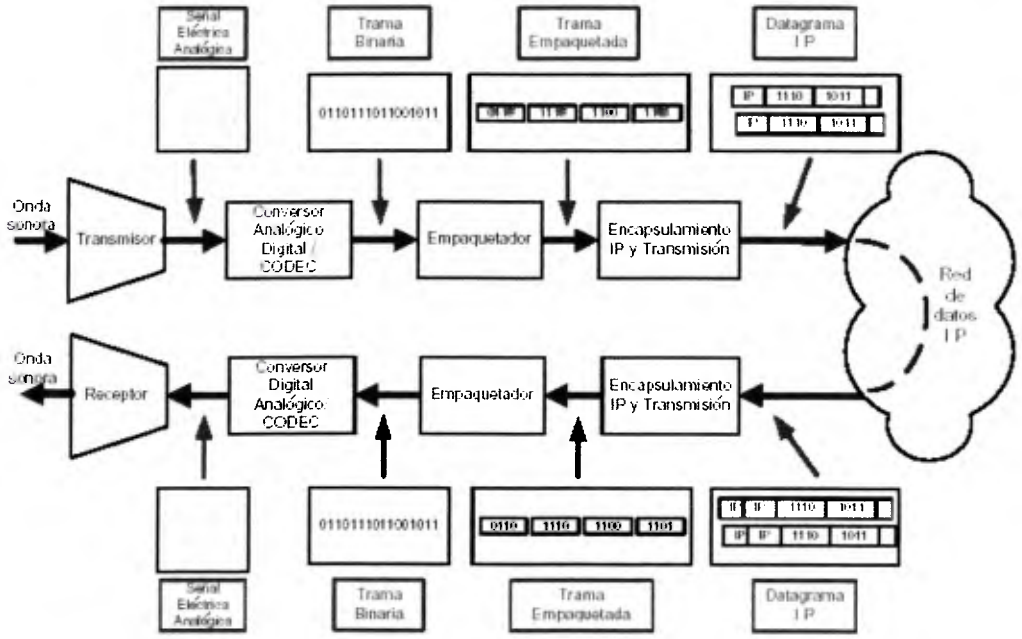


Figura 9. Empaquetado de la Voz (Quiñonez, 2005)

II.6.7.- Formato de un Paquete de Voz

Los paquetes de VoIP tienen una estructura de: payload, 3 cabeceras (IP72, UDP73, RTP74) y la cabecera de capa enlace. Las muestras de voz son primero encapsuladas en RTP y luego en UDP antes de ser transmitidas en una trama IP.

En la figura 10 podemos observa esta secuencia.

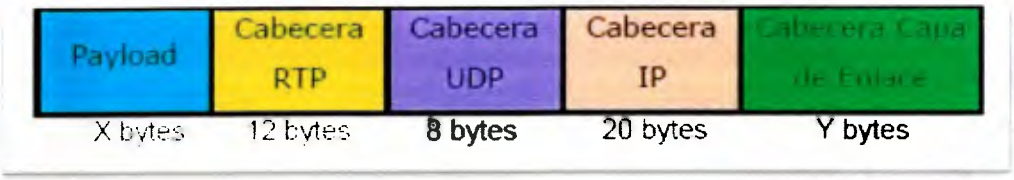


Figura 10. Formato de un Paquete de Voz (Guanotoa, 2007)

Como podemos ver, falta indicar la cantidad de Bytes que va en la cabecera de la Capa de Enlace. Este va a venir definido por el siguiente formato mostrado en la figura 11:

Control trama	Duración ID	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Seq-ctl	Dirección 4	Cuerpo trama	FCS
2(bytes)	2	6	6	6	2	6	0-2312	4

Figura 11. Formato de la Cabecera de la Capa de Enlace IEEE 802.11g. (Guanotoa, 2007)

La longitud total del paquete de VoIP está definido por: # cantidad de bytes de payload (asociado al tipo de CÓDEC), 40 bytes de las cabeceras (RTP, UDP, IP) y 74 bytes de la cabecera de la capa MAC del estándar IEEE 802.11g.

II.6.8.- Overhead

El proceso de compresión es necesario para reducir el efecto de las cabeceras introducidas por la capa de aplicación, transporte, red y enlace. El *overhead* no es más que la suma de las cabeceras en el proceso de empaquetamiento de la voz. Se puede ver en la figura 12 como está formado el *Overhead*.

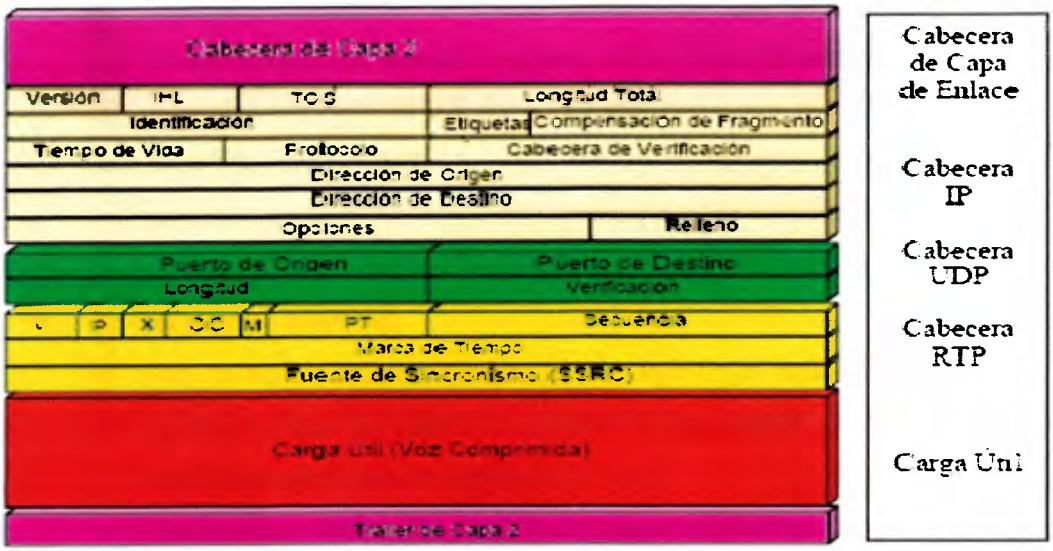


Figura 12. Overhead. (Cotua, 2009)

II.6.9.- Crecimiento e Implementación en el mundo

El concepto de VoWLAN ha existido por más de cinco años, pero los elementos necesarios se han materializado lentamente. Además de los teléfonos móviles, que hasta ahora han sido demasiado caros para el mercado de masas, esta tecnología carece de normas para la itinerancia, QoS y el uso de energía.

II.6.10.- Ventajas y Desventajas

Ventajas de Voz sobre WLAN:

- Agregando VoWLAN se puede aumentar la productividad y capacidad de respuesta para móviles empleados en el lugar de trabajo.
- VoWLAN requiere una infraestructura de WLAN capaz de proporcionar conexión y movilidad de voz de alta calidad

Sin embargo dentro de la arquitectura celular presenta algunos problemas como:

- Latencia: Corresponde al tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente destino. La latencia o retardo entre el punto inicial y final de la comunicación debe ser inferior a 150 ms.
- *Jitter*: Se define como la variación en el tiempo de llegada de los paquetes, causada por congestión de red, perdida de sincronización o por las rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Su valor debería ser inferior a 100 ms.
- Eco: Se define como una reflexión retardada de la señal acústica original. El oído humano es capaz de detectar el eco, cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms.
- Pérdida de paquetes: La Perdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación debe ser inferior al 1%. Esto depende del CODEC que se emplee, cuanto mayor sea la compresión del CODEC, más pernicioso es el efecto de la perdida de paquetes.

II.7.- Herramientas de simulación

II.7.1.- NETIQ CHARIOT

NETIQ APPMANAGER ofrece la productividad y la visibilidad de la demanda de las empresas soluciones de gestión de sus sistemas al mismo tiempo la base esencial necesaria para la adopción de seguridad y explotación de tecnologías de próxima generación, tales como: VMWARE ESX SERVER, MICROSOFT SHAREPOINT Y EXCHANGE SERVER 2007, BLACKBERRY ENTERPRISE SERVER, ORACLE GRID INFORMÁTICA, NORTEL y CISCO o la telefonía IP (VoIP), soluciones.

El módulo CHARIOT VOIP es el primero de una serie de productos NetIQ que se están desarrollando para ayudar a supervisar y gestionar la VoIP en redes convergentes. Diseñado para su uso antes de comprar y la instalación de costosos equipos de voz, tales como puertas de enlace, IP PBX y teléfonos IP, el nuevo módulo VoIP Chariot genera los parámetros de rendimiento para hacer la evaluación de la red simple, incluso sin la formación de VoIP.

Este emula complejas conexiones de voz con los principales códec de hoy y las características avanzadas tales como la supresión de silencio. Calcula una convocatoria general de medición de la calidad, proporcionando una puntuación media de Opinión (MOS), sobre la base del modelo E presentado en la recomendación UIT-G.107. Proporciona estadística detallada de la red que revelan la calidad de la llamada factores tales como el *jitter*, latencia y la pérdida de paquetes.

II.7.1.1.-Ventajas

- Es de fácil instalación
- Se descarga desde INTERNET.
- Maneja tanto Redes ampliadas como trafico de voz
- Excelente herramienta para monitoreo de Redes

II.7.1.2.- Desventajas

- Solo trabaja en el Sistema Operativo MICROSOFT WINDOWS XP.
- Hay muy poca información en cuanto a manuales.
- Es poco conocido.
- Para pruebas de tráfico de voz la conexión por defecto para el protocolo basado en UDP o protocolos RTP es TCP. No se puede elegir un protocolo diferente o la calidad del servicio.

II.7.2.- NETSTUMBLER

Es un programa para MICROSOFT WINDOWS el cual permite detectar WLANs usando tarjetas *wireless* 802.11a, 802.11b y 802.11g. Tiene varios usos, como los siguientes:

1. Verifica que la red esté bien configurada.

2. Estudia la cobertura o señal que se tiene en diferentes puntos del domicilio de de la red.
3. Detecta otras redes que pueden causar interferencia.
4. Es muy útil para orientar antenas direccionales cuando se quiere hacer enlaces de larga distancia, o simplemente para colocar la antena o tarjeta en el punto con mejor calidad de la señal.
5. Sirve para detectar puntos de acceso no autorizados (*Rogue AP's*).
6. Por último, también sirve para *WarDriving*, es decir, detectar todos los APs que están alrededor. Y si se tiene GPS permitirá no solo detectar sino también localizar los APs. (Guia basica y manual de Funcionamiento del Netstumbler (windows))

II.7.2.1.-Ventajas

- Trabaja para cualquier tipo de estándar de la IEEE.
- Se descarga desde INTERNET.

II.7.2.2.- Desventajas

- No utiliza mapas. Para hacer usos de mapas es necesario bajar un programa de la misma empresa de *Software* para trabajar con GPS, por ende el equipo donde se instala el *Software* debe poseer el dispositivo.

II.8.- Situación actual de la red *Outdoor:*

La red *Outdoor* de la UCAB está formada por 5 *routers* marca BUFFALO. Cada uno dispone de un amplificador HYPERLINK de 1 Watt con antena externa. La posición de estos equipos se muestra a continuación en la figura 13 y tabla 2:

Figura 13. Ubicación de equipos *Outdoor*. (Vinces & Mendoza, 2008)

Red	1	2	3	4	5
NOMBRE	CINCUENTENARIO	FERIA	MOD56	MOD34	LOYOLA
SSID	CINCUENTENARIO	FERIA	MOD56	MOD34	LOYOLA
CANAL	1	6	1	11	6

Tabla 2. Distribución de red *Outdoor* (Vinces & Mendoza, 2008)

II.9.-Topologías

II.9.1.- *Outdoor* Actualmente Instalada

Cada *router* inalámbrico define su propio segmento en donde existe un servidor DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) que distribuye direcciones IP a los equipos en esa área. Cada uno de los *router* está conectado a un *switch* y están agrupados en una VLAN. Ésta a su vez re direcciona todos los paquetes a un servidor proxy que le da salida a INTERNET. (Vinces & Mendoza, 2008). En la figura 14 se puede apreciar de una manera grafica.

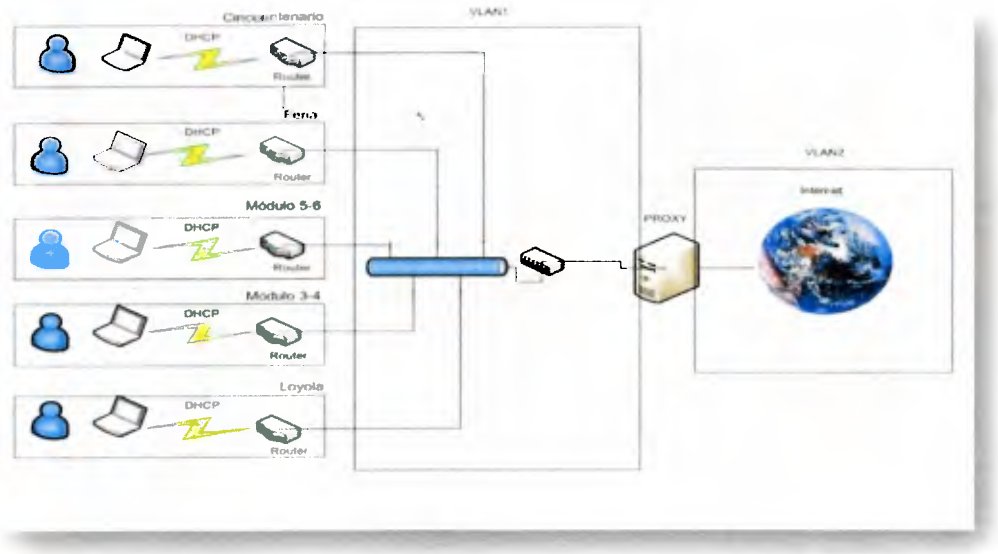


Figura 14. Red *Outdoor* UCAB (Vinces & Mendoza, 2008)

II.9.2.- *Indoor* Actualmente Instalada.

La red *Indoor* se encuentra desplegada en 5 edificios del campus universitario. Éstos son: Post-Grado (5 APs), Biblioteca (3 APs), Loyola (2 APs) y Edificio laboratorios (9 APs) para un total de 19 *Access Points* colocados. (Vinces & Mendoza, 2008). Conectados a una serie de *Swichets* respectivamente, todo esto en una topología tipo estrella. Gráficamente se puede observar el la figura 15.

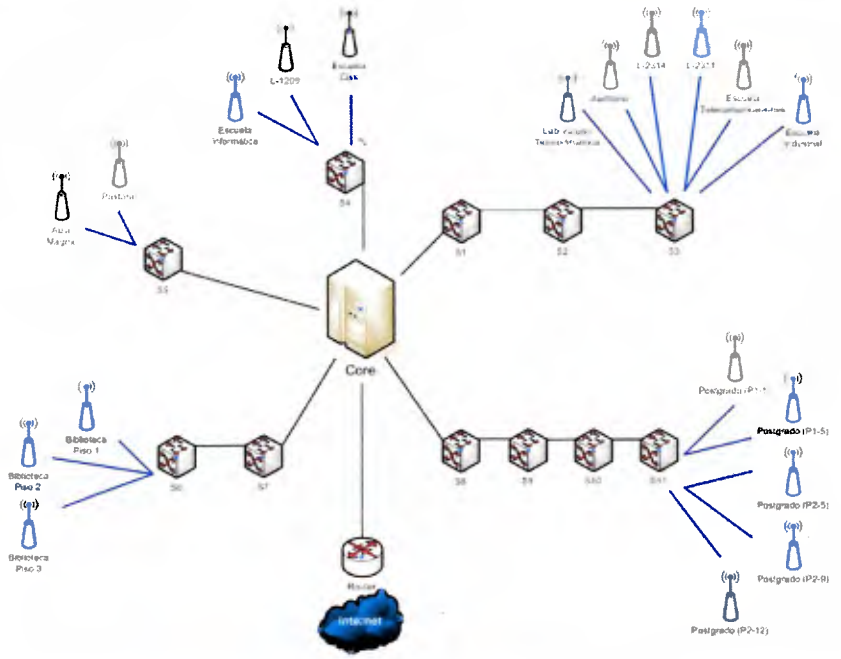


Figura 15. Red *Indoor* (Low & Reveron, 2009)

Capítulo III

Metodología y Desarrollo

III.1.- Levantamiento de Información Teórica:

Se recolectó toda aquella información, para crear la base y fundamentos teóricos para este Trabajo. La información está referida a los Estándares de Redes Inalámbricas, Métodos de Acceso al Medio, Voz sobre IP, VoWLAN, potencias de las Antenas y equipos en uso, así como también la topología de la red WiFi Actual de la Universidad (*Outdoor e Indoor*) la cual será objeto de estudio.

III.2.- Equipos en uso:

Los equipos que se encuentran operando en la Red Inalámbrica de la UCAB actualmente, son los siguientes: *Antenas, Access Point, Router, Swich y Amplificadores.*

Sus características y otras informaciones se pueden encontrar en el Apéndice B.

III.3.- Estudio de la Topología de la Red WiFi Actual de la UCAB

Se realizó el análisis de la Topología de la Red y estudio de las características de los distintos equipos que en ella operan como por ejemplo *Routers, Swiches,* tipo de Antenas, entre otras.

La red WiFi de la Universidad a sufridos diversas etapas y cambios para llegar a la topología actual. En el año 2006 se implementó el "Proyecto Red Inalámbrica", luego en el 2007 se completa la parte *Outdoor* y por falta de personal técnico queda rezagada la parte *Indoor.* En el año 2008 y parte de este año, el Ing. Felipe Vicens que para ese entonces era pasante de la Universidad y conjuntamente con el CAI *(Centro para la aplicación de la Informática)* llevan a cabo y culmina el desarrollo del proyecto *Indoor.*

La topología que podemos encontrar hoy en día en la UCAB es la siguiente:

III.3.1.- *Indoor*:

Los *Access Point*s están colocados y distribuidos de la siguiente manera:

III.3.1.1.- Edificio de Laboratorio

Su ubicación se muestra en la figura 16 y tabla 3

Figura 16. Ubicación de AP en el Edif. de Laboratorio. (Google Maps)

Ubicación	Canal
PB-AUDITORIO	1
PB-ESCCIVIL	6
P1-L1209	6
P1-LABTERMO	1
P1-ESCINF	11
P2-L2314	11
P2-L2311	1
P2- ESCIND	6
P2-ESCTEL	1

Tabla 3. Ubicación de AP, en el Edif de Laboratorio (Creación Propia)

III.3.1.2.- Edificio de Biblioteca y Loyola

Su ubicación se muestra en la figura 17, tabla 4 y tabla 5.

Figura 17. Ubicación AP y Antenas en Biblioteca y Edif. Loyola (Google Maps)

Ubicación	Canal
P1	1
P2	6
P3	11

Tabla 4. Ubicación de AP en Biblioteca (Creación Propia)

Ubicación	Canal
Pastoral	6
Aula Magna	6

Tabla 5. Ubicación de AP en Edif. Loyola (Creación Propia)

III.3.1.3.- Edificio de Post-Grado.

Su ubicación se muestra en la figura 18 y tabla 6.

Figura 18. Ubicación en Edif. Pos Grado (Google Maps)

Ubicación	Canal
P1-5	1
P1-1	6
P2-5	11
P2-9	1
P2-12	6

Tabla 6. Ubicación Edif. Pos Grado (Creación Propia)

III.3.2.- *Outdoor*:

La ubicación de las antenas para la parte de *Outdoor* se distribuye como se muestra en la figura 19 y tabla 7.

Figura 19. Ubicación de las Antenas en el Campus. (Google Maps)

Área	Ubicación	Canal
Post-Grado	Azotea (Vista Feria)	6
Post-Grado	Azotea (Vista CINCUENTENARIO)	1
Biblioteca	Azotea (Vista MOD34)	6
Biblioteca	Azotea (Vista MOD56)	1
Loyola	Azotea (Vista SOLARIUM)	11

Tabla 7. Ubicación de Antenas en el Campus (Creación Propia)

III.4.- Funcionamiento de la Red:

En esta sección se presenta una breve descripción sobre el funcionamiento de la Red, su estructura lógica, física, y que servicios brinda.

III.4.1.- Arquitectura Lógica de la Red

La red está conectada mediante una VLAN a la Red y sigue una distribución lógica para brindar servicio. A lo largo de toda su extensión podemos encontrar que hace uso de los siguientes protocolos:

- Protocolo IP. Este posee protocolos asociados, como lo son: TCP(*Transmision Control Protocol*),UDP(*User Datagram Protocol*),ICMP (*INTERNET Control Menssage Protocol*),ICMPv6 igual que protocolo anterior pero pasar uso en IPv6, IGMP(*INTERNET Grouping Management Protocol)*, entre otros.
- Protocolo ARP (*Adress Resolution Protocol*).
- Protocolo IPX (*INTERNET Packet Exchange*).
- Protocolo IPv6. Protocolo IP en versión 6.
- Protocolo STP (*Spanning Tree Protocol)*.

III.5.- Capacidad de la Red

Su capacidad en cuanto a Ancho de Banda es de 12 Mbps, que están siendo utilizados para toda la Red cableada e inalámbrica para la salida a Internet.

La red WiFi opera sobre una VLAN, y cada día la cantidad de usuarios que hacen uso de la Red es diferente, por ende no se puede hablar de un Ancho de Banda específico para cada protocolo. Este valor es proporcional a la cantidad de Usuarios conectados.

Como la red WiFi está desplegada por toda la Universidad, en la actualidad funciona con un mecanismo de SSID que le permite así transitar por toda la Universidad con la misma dirección IP.

III.6.- Definición de pruebas y Herramientas a implementar:

Para poder presentar un diseño nuevo como propuesta de una Red que soporte Voz, es necesario tener como base ciertas estadísticas y datos como fundamentos para su desarrollo.

En base al objetivo principal planteado, se determinó la información necesaria para así definir los tipos de pruebas y herramientas a utilizar (*Software*).

III.6.1.- Estadísticas de Usuarios Conectados a la Red

Para la realización de toma de muestras para las Estadísticas de Usuarios Conectados, es necesario ingresar al servidor de la UCAB. Para ello se contó con la colaboración del Ing. Felipe Vincens, quien suministró la dirección IP necesaria para ingresar a este servidor. Se obtuvieron tres direcciones IP, las cuales corresponden a los siguientes sectores: Loyola, Feria y CINCUENTENARIO.

En la figura 20, podemos ver la información almacenada por el servidor para la zona del edificio CINCUENTENARIO, también podemos observar otra tipo de información como la dirección MAC de cada equipo conectado (PDA, *Laptops*, Teléfonos Móvil, etc.), calidad de la señal, así como la cantidad de usuarios conectados a la Red en esa zona.

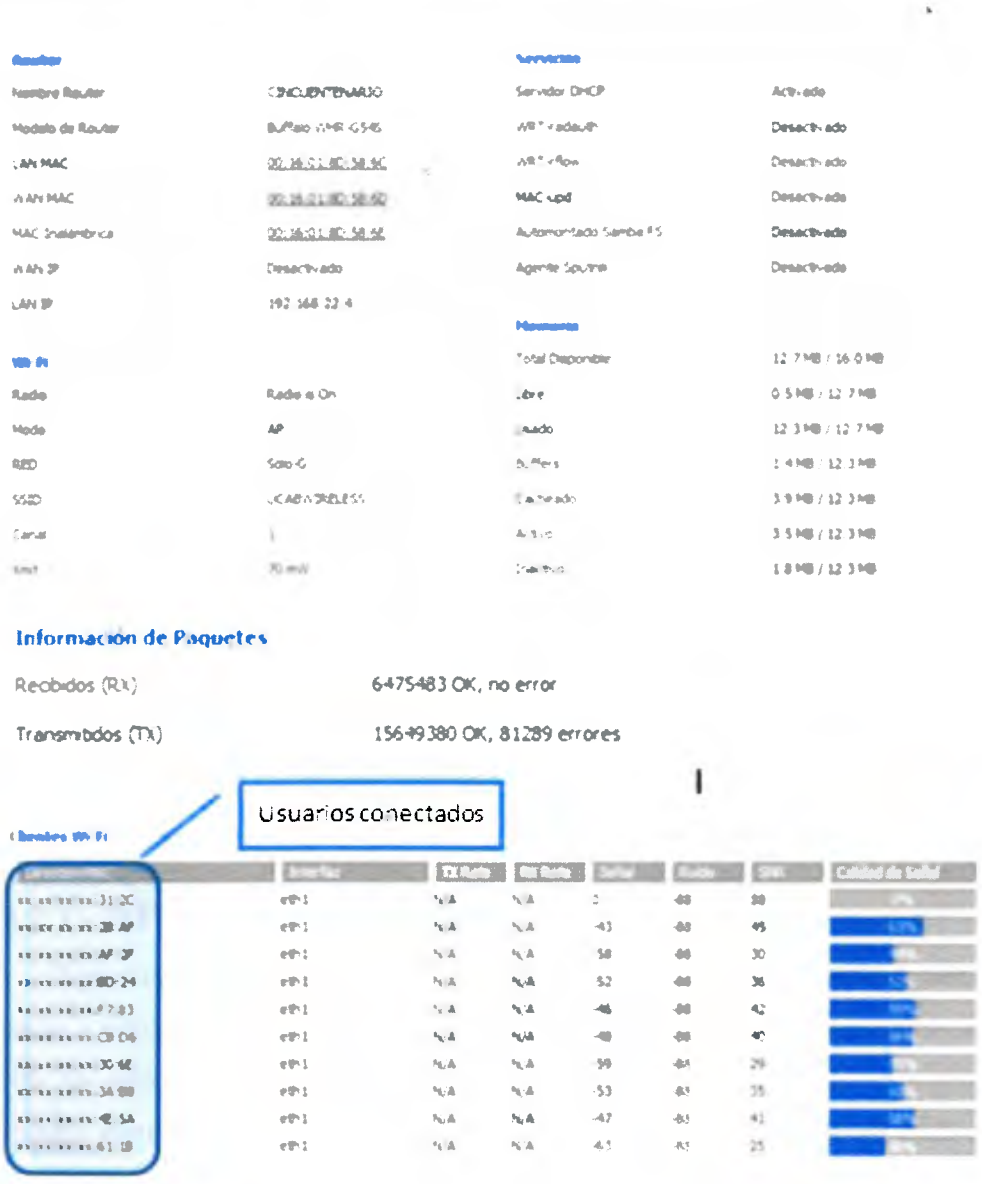


Figura 20. Pagina del Servidor UCAB. (Ntop)

Estas muestras se tomaron durante un mes y tres veces al día, colocando como referencia las horas que se consideraron "horas picos" para obtener el máximo de usuarios conectados. Estas horas fueron las siguientes:

- 8 am
- 12 m
- 6 pm

Estas muestras fueron tomadas en el mes de Junio, a la misma hora y solo de lunes a viernes, ya que la cantidad de usuarios en la Red los fines de semana siempre serán menores por la falta de actividad académica.

Con esta información, se realizó un resumen de usuarios conectados por zona y por día, a su vez se realizó un resumen del mes, creando así un promedio de usuarios conectados en cada zona respectivamente.

Este servidor hace uso de la herramienta NTOP, que es un *Software* de monitoreo de la Red en tiempo real, y permite observar de que manera están siendo usados los recurso y protocolos en la Red.

Todas las graficas, tablas de Resultados y Promedios se pueden encontrar en el Apéndice A.

III.6.2.- Protocolos de Servicios más Usados:

Mediante la observación de la prueba anteriormente explicada, el *Software* de monitoreo permite determinar lo protocolos que son más usados en la Red.

III.6.2.1.- HTTP

El protocolo HTTP *(Hyper Text Transfer Protocol)* es un protocolo genérico orientado a objetos que no mantiene la conexión entre transacciones (Berners-Lee, 1993d). Ha sido especialmente diseñado para atender las exigencias de un sistema hipermedia distribuido como es el WWW (World-Wide Web). (Adell & Bellver, 1995)

III.6.2.2.- Mail o SMTP

Concretamente es el protocolo SMTP *(Simple Mail Transfer Protocol)* el que permite el intercambio de correo entre máquinas distantes. SMTP establece un enlace entre los procesos de las dos máquinas entre las que se quiere intercambiar correo. (Barruecos, Garcia, & Gimeno, 1996)

III.6.2.3.- POP3

Permite al usuario consultar (leer) su correo previamente recibido y almacenado en su buzón. Utiliza una conexión TCP al puerto 110 del servidor de correo. No sirve para enviar mensaje. El "3" indica la tercera versión del protocolo POP. (Vaydal, 2007)

III.6.2.4.- TELNET

EL protocolo TELNET permite a un usuario de INTERNET acceder a un servidor remoto desde su ordenador local. Puede entrar datos, ejecutar programas, o cualquier otra operación como si estuviera directamente en el servidor remoto, pasando las órdenes directamente al servidor conectado. (Salinas, 1995)

III.6.2.5.- FTP

El protocolo FTP (*File Transfer Protocol*) descargas las aplicaciones remotas para permitir así hacer copias en nuestro ordenador personal de cualquier aplicación, texto, imagen, etc. de los millones disponibles en los servidores de la red o, viceversa, se puede hacer una copia de nuestro fichero en un servidor remoto, si estamos autorizados. (Adell, Redes y Eduacación, 1998)

III.6.2.6.- DNS

DNS ("Domain Name System") ofrece un distribuido, jerárquico y escalable de traslación de direcciones IP en nombres de dominio (y viceversa). (Tanenbaum, 1997)

Como se pudo observar anteriormente, existe por cada aplicación un protocolo, el cual genera paquetes durante un tiempo determinado dentro de la Red, lo que se conoce como tráfico.

En la siguiente figura 21 se puede apreciar una grafica de consumo de recursos de la red. Cabe destacar y como se dijo anteriormente, el protocolo más usado es HTTP, por ende, es el que ocupa mayor parte en la figura 22. Esta está presentada semanalmente.

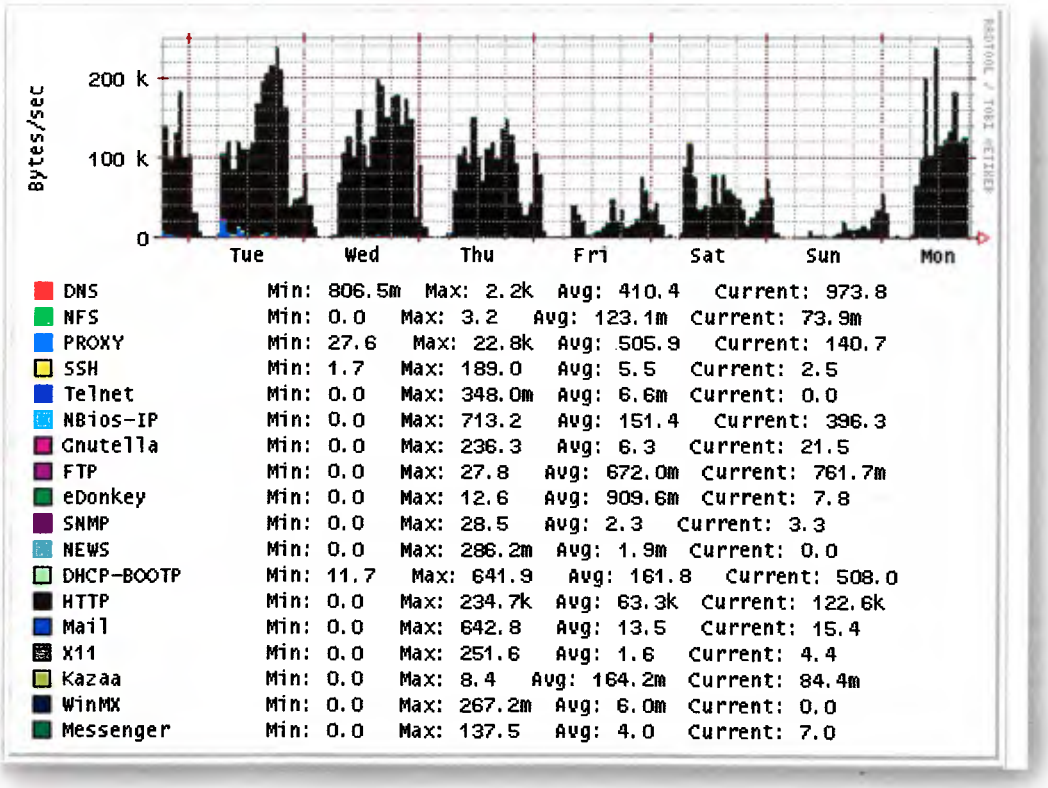


Figura 21. Página de Estadísticas. Protocolo más usado. (Servidor UCAB)

III.6.3.- Ancho de Banda de los protocolos mas Usados.

Los anchos de bandas asignados para cada protocolo van hacer asignados de acuerdo a su importancia. Como la Red WiFi de la UCAB no se encuentra

configurada por calidad de servicio, esta le asignara mayor ancho de banda a aquel protocolo que está siendo más usado.

IV.6.4.- Pruebas de cobertura con NETSTUMBLER

Con el conocimiento de cantidad de personas conectadas a la Red, para poder completar y tener un conocimiento pleno de la Red es necesario conocer el alcance de la misma, es decir que cobertura posee la Red.

Para ello se utilizará la Herramienta NETSTUMBLER, que permitirá ver los niveles de potencia, así como también bajo que AP (*Access Point*) están trabajando.

Se realizaran las mediciones de cobertura y conectividad a la red a partir de los niveles de potencia arrojados por esta herramienta. Este estudio se realizó en la red *Indoor* y *Outdoor* a lo largo del campus universitario.

Primeramente se debe activar la conexión inalámbrica de la laptop donde se registraran los datos para establecer conexión con la red de la Universidad, seguidamente se debe iniciar la herramienta NETSTUMBLER 0.4.0. Una vez en funcionamiento, la aplicación detectará las redes disponibles mostrando su SSID. Se debe seleccionar UCABWIRELESS, posteriormente se observará un listado de los AP (*Access Point*) detectados en la red mostrando su dirección MAC. El AP (*Access Point*) al que estará conectado al momento de las pruebas se mostrará en negrita

Se procederá a medir el nivel de cobertura mediante la Potencia Recibida suministrada por el NETSTUMBLER y a su vez se determinará si hay conectividad o no a la red haciendo "ping" a una página conocida, en este caso fue a www.google.co.ve.

Se muestra lo comentado en la figura 22.

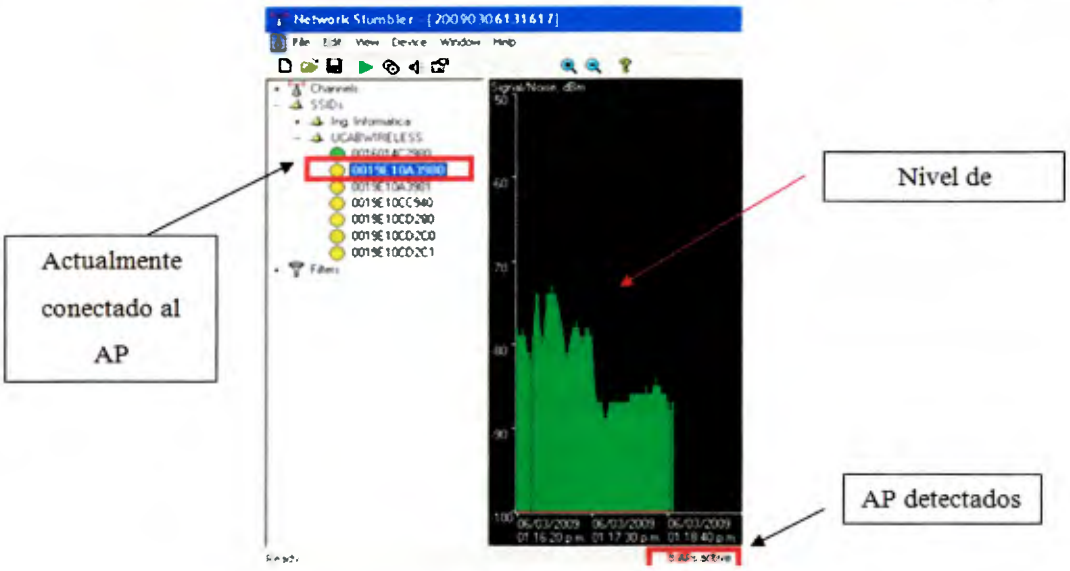


Figura 22. Funcionamiento de Net Stumbler (Creación Propia)

Las zonas de estudio serán las siguientes:

Red *Indoor*:

- Edificio de Laboratorios
- Biblioteca
- Loyola
- Pos Grado

Red *Outdoor*

- Edificio de Módulos
- Edificio de servicios generales OCACE
- Edificio CINCUENTENARIO
- SOLARIUM (Ingeniería)

  SOLARIUM (Post-grado)
- Edificio CINCUENTENARIO PB
- Feria
- Estacionamiento de SOLARIUM (Ingeniería)
- Estacionamiento Edificio CINCUENTENARIO

- Estacionamiento Edificio de Post-grado

III.6.5.-Caso de Estudio.

Como complemento al desarrollo del Proyecto de grado: *"Estudio de las mejoras a la plataforma Wi-Fi de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán para soportar el servicio de VoWLAN"*, se tomó la iniciativa de hacer un caso de estudio en las instalaciones del Edificio de laboratorio, por ser una área reducida y con gran concentración de *Access Point* y por ser el lugar ideal para ofrecer servicio VoWLAN.

El caso de estudio consta de un análisis completo de coberturas, potencias, alcances, cantidad de usuarios, distancias y velocidades de transmisión.

De esta manera poder así conseguir parámetros necesarios para el excelente funcionamiento del servicio VoWLAN.

Para el realizar este caso de estudio se establecieron los siguientes puntos a analizar:

III.6.5.1.- Planos del Edificio de Laboratorio:

Con la colaboración del Ing. Vincenzo Bonadío, se obtuvieron los planos por piso del edificio del Laboratorio. Esto permitirá un mejor conocimiento de la ubicación dentro del Edificio de los AP y donde plasmar así cada parámetro a buscar. Se debe acotar que estos planos no estaban actualizados y se tuvo que hacer una verificación posterior para identificar los cambios hechos en el edificio para la fecha.

III.6.5.2.- Ubicación de cambios en los Planos:

El edificio de laboratorio ha sufrido varios cambios en los últimos meses, de alguna manera altera el alcance de coberturas de los *Access Point*. De igual manera también fue necesario reubicar la numeración de algunos salones ya que algunas fueron modificadas.

III.6.5.3- Ubicación de *Access Point.*

Una vez que se hicieron las modificaciones necesarias sobre los planos del Edificio de Laboratorio, y teniendo conocimiento previo de la ubicación de los *Access Point*, se procedió a verificar estas ubicaciones, reubicar en planos aquellas que fueron movidos o en su defecto dieron información errónea de su ubicación. De esta manera se pudo asentar en los planos sus ubicaciones en cuanto a distancias de las paredes y lugar dentro del Edificio.

III.6.5.4.- Medición de cobertura.

Ya con la guía de ubicación de los AP en el plano, el paso a seguir fue conocer la potencia de transmisión del *Access Point* a una distancia de 0mts y 7 mts respectivamente, para así apreciar la variación asociada a la distancia. De igual forma se obtuvo la dirección MAC del equipo. Todo esto con la ayuda del *Software* NETSTUMBLER.

III.6.5.5- Medición de Alcance.

Una vez conocida la Potencia de Transmisión práctica y la velocidad a la cual trabaja se establecieron puntos importantes donde debería llegar la señal emitida por este *Access Point*. Se establecieron tres pontos por cada *Access Point* tomando en considerando el tipo de Usuario que allí transitan.

III.6.5.6- Zonas de Cobertura.

Cada *Access Point* tiene como característica brindar servicio hasta cierta distancia, por ende es necesario reconocer a que zona en general cada *Access Point* tiene una señal buena. Hay que tomar en consideración que existen *Access Point* muy cercanos, y por consiguiente comparten zonas de cobertura buena calidad.

III.6.5.7.- Atenuación Mínima

Todos los equipos poseen una potencia de transmisión, así como también una ganancia, sin ser los únicos elementos para poder establecer una conexión. Un factor

muy importante es las atenuaciones que puedan existir en medio de la comunicación, esto puede influir generando una conexión deficiente o nula.

Por ello, se calculará la mínima atenuación que debe existir para que dos equipos puedan interactuar. Esto se logra despejando de la ecuación de balance de potencia la atenuación y obteniendo los distintos valores asociados a cada sensibilidad.

Se tomará la menor atenuación, es decir, aquella donde permita que exista una comunicación entre dos equipos.

Para que exista una comunicación es necesario que tanto Transmisor y Receptor se "escuchen". Se usa este término como analogía a que entre ambos terminales debe existir una potencia de alcance.

Pueden existir dos casos. En la Figura 23 se puede apreciar el escenario donde el equipo tanto Portátil como Teléfono VoIP no poseen la potencia suficiente para establecer una comunicación:

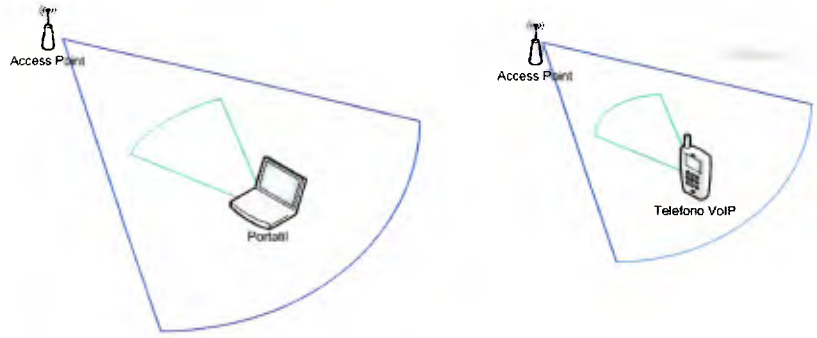


Figura 23. Caso no ideal para un Enlace de Comunicación. (Creación Propia)

El otro escenario, y el necesario para el buen funcionamiento de una Red, y más si se desea adicionar servicio de voz, es aquel donde la potencia va a permitir un Enlace y por ende una Comunicación, esto se muestra en la Figura 24.

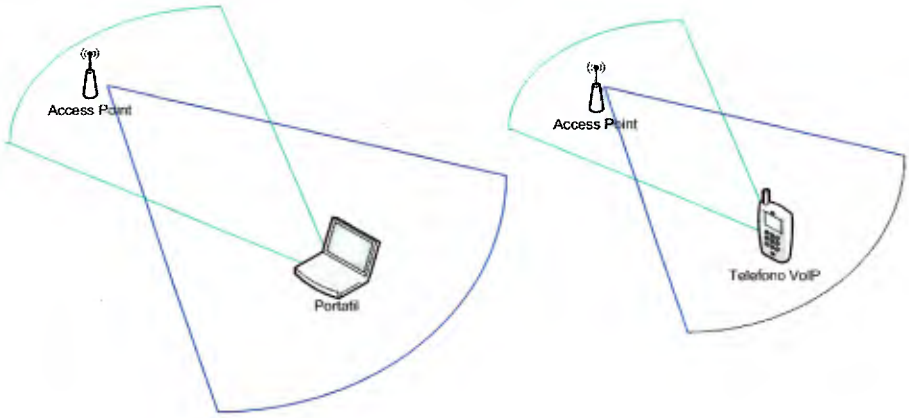


Figura 24. Caso Ideal para un Enlace de Comunicación. (Creación Propia)

La buena o deficiente potencia se le asocia a la portátil o Teléfono VoIP, ya que el *Access Point* que está instalado en un lugar fijo.

III.6.5.8.- Balances de Potencias

Para saber que la Red soporta un servicio adicional como lo es la Voz, es necesario ver que el Radio Enlace o la transmisión que existe actualmente cumplan un Balance de Potencia. Esto ayudara a verificar la sensibilidad de los dispositivos de conexión a WiFi, es decir, la potencia mínima de recepción de los equipos y su tasa de transmisión asociada según el estándar IEEE 802.11g para establecer conexión con el *Access Point*.

Esto permitirá ubicar a cada Usuario en un anillo de velocidad que está asociado a una potencia de transmisión.

La señal en algunos puntos presenta más atenuación que otras, esto debido a que la señal al salir de su punto de partida y llegar a punto de destino, atraviesa paredes, las cuales están hechas de diferentes materiales. En la tabla 8, se puede apreciar los valores de atenuación de acuerdo al material en un área *Indoor*.

Table 1 - 2.4 GHz Signal Attenuation	
Window Brick Wall	2 dB
Metal Frame Glass Wall into Building	6 dB
Office Wall	6 dB
Metal Door in Office Wall	6 dB
Cinder Block Wall	4 dB
Metal Door in Brick Wall	12.4 dB
Brick Wall next to Metal Door	3 dB

Tabla 8. Atenuación por materiales. (Lugo, 2009)

Para poder obtener resultados acerca del comportamiento de la Red para este caso de estudio fue necesario realizar un estudio de Perdidas por Espacio Libre y a su vez un Balance de Potencia y de esta manera comprobar que la Red soporta perfectamente un Aplicativo para Voz.

De acuerdo al tipo de material que posee las paredes y las ganancias de los equipos, podemos sacar resultados a esta Experiencia.

Primero que nada es necesario conocer las pérdidas por espacio libre, mediante la ecuación de Friis (2):

$$L = 32.44 + 20\log_{10} r + 20\log_{10} f$$

Dónde:

L : Las pérdidas por trayectoria en dB

f: Frecuencia en Mhz

d: Distancia en Kilómetros

(2)

Una vez conocida las perdidas en Espacio Libre, se escoge el Modelo de Propagación. Por estar en un edificio, la señal atraviesa muchas paredes, por ende el

modelo ideal para esta experiencia es el modelo *Multiple Wall Model* (MWM) (Modelo de Múltiple Paredes), expresado por la ecuación (3):

$$L = L_{FS} + L_C + \sum_{i=1}^{N} k_{wi} L_{wi} + K\left(\frac{K+2}{K+1} - b\right) L_f$$

L_{FS}= Pérdidas en espacio libre
L_C= Constante
k_{wi}= Cantidad de paredes "tipo i"
L_{wi}= Atenuación presentada por una pared "tipo i"
N= Cantidad total de paredes atravesadas
K= Cantidad de pisos atravesados
L_f= Atenuación entre pisos
b= Parámetro empírico
(usa el criterio $K+1/D^2$)

(3)

Con estas dos ecuaciones ya podemos obtener las Perdidas por Propagación del sistema. Ahora es necesario plantear la ecuación de Balance del Enlace. Se platearan cuatro ecuaciones (3), (4), (5) y (6) dos para el Downlink y otras dos para el Uplink, esto indicando para el tipo de enlace, bien sea con una Portátil o con un Teléfono VoIP.

- *Access Point*- Portátil

Downlink :

$$Prx(Laptop) = Ptx(AP) + G(AP) + G(Laptop) - L \geq S(Laptop) + Margen \quad (4)$$

Uplink:

$$Prx(AP) = Ptx(Laptop) + G(AP) + G(Laptop) - L \geq S(AP) + Margen \quad (5)$$

- *Access Point* – Teléfono VoIP

Downlink :

$$Prx(Tel) = Ptx(AP) + G(AP) + G(Tel) - L \geq S(Tel) + Margen \quad (6)$$

Uplink:

$$Prx(AP) = Ptx(Tel) + G(AP) + G(Tel) - L \geq S(AP) + Margen \quad (7)$$

Los valores que se solicitan en cada una de las variables de la ecuación, son valores que vienen establecidos por los fabricantes, los cuales son los siguientes:

- Ptx(ap)= 18dBm
- G(ap)= 12 dBi
- G(laptop)= 3dBi
- S(laptop)= -112 dBm
- Ptx(laptop)= 33 dBm
- Ptx(Tel)= 16 dBm
- G(Tel)= 5 dBi
- S(AP)= -90dBm, -84dBm, -82 dBm, -80 dBm, -77 dBm, -73 dBm y -72 dBm (este valor va a depender en la velocidad que se transmita)

III.6.5.9.- Analogía de Usuarios

Para un estudio más eficiente y poder trabajar en un caso donde todos los usuarios posean una buena conexión, se buscara una relación entre el anillo de 54 Mbps y los demás anillos, y así poder tener equivalencias entre los mismos.

III.6.5.10.- Anchos de Bandas

Se calculara todos los anchos de banda por CODEC. De igual forma se tomara el ancho de banda total de la red considerando datos, impresoras, videoconferencia, permitiendo así comparar el ancho de banda para la voz por cada códec, y así determinar el que mejor se ajusta al estudio. También será una pequeña proyección a futuro haciendo uso de un factor de crecimiento de población.

Para un mejor manejo de las personas conectadas y poder trabajar en la situación ideal, donde los usuarios estarán conectados a una Velocidad de 54 Mbps, es necesario crear una analogía entre usuarios de los demás anillos de conexión para el anillo de 54Mbps.

En primer lugar se sabe que cada anillo posee una velocidad asociada, y la velocidad de transmisión es la longitud del paquete por el inverso del tiempo. Así que podemos plantear la ecuación 7:

$$V_{54Mbps} = \frac{Bytes}{T_{54\,Mbps}} \quad (8)$$

Para dicha analogía tomamos el anillo de 1 Mbps y hacemos uso de la ecuación 8:

$$V_{1\,Mbps} = \frac{Bytes}{T_{1Mbps}} \quad (9)$$

Podemos igualar los paquetes y así dejar una relación temporal en función de las velocidades, esto nos permitirá obtener las relaciones de usuarios entre cada anillo con respecto al de 54Mbps.

Lo expuesto anteriormente se realiza con el fin de obtener tasa de llamada por minuto, con un número de usuarios asociados a la misma velocidad de transmisión y por ende obtendremos así el número de *Erlang*s (Volumen de Trafico) necesarios para el cálculo de Anchos de Bandas.

III.6.6.- Simulación con NETIQ CHARIOT

NETIQ CHARIOT es un programa que simula tráfico de Voz dentro de una Red, cableada o inalámbrica.

El programa para hacer simulaciones de tráfico necesita de varios componentes, una Consola y varios *Endpoints* para poder ser ejecutado. La Consola es el equipo donde se encuentra el programa principal y donde se ajustara y variaran

los parámetros de las pruebas. Los *Endpoints* son equipos (dos o más) en los cuales se ejecuta un Servicio o *Performance* silencioso que recibirá los parámetros de la consola y enviará de vuelta a él los resultados obtenidos para presentarlos gráficamente. Es importante que al menos uno de los *Endpoints* esté ubicado cerca de la consola para que la herramienta funcione correctamente.

El NETIQ CHARIOT y el *Software* para *Endpoints* se descargan de INTERNET.

Es obligatoria la desactivación de *Firewall* para que el programa pueda funcionar correctamente, ya que necesita recibir un ACK por parte de los *Endpoints* para sincronizar e iniciar las pruebas.

Las pruebas realizadas con este *Software* fueron planificadas de la siguiente manera:

1) Una primera prueba. Esta constaba de que la consola del programa estuviese en mismo salón conjuntamente con los dos *Endpoints*. En este salón podemos encontrar un AP, es decir que las tres portátiles están conectadas a este mismo AP.
2) Segunda Prueba. Conectadas las portátiles a un mismo AP, pero uno de los *Endpoints* se encuentra en la parte de afuera de este salón, es decir, existe una pared de por medio.
3) Tercera Prueba. Los *Endpoints* estarán conectado a AP diferentes, y la consola estará cerca de uno de los *Endpoints*. En este caso hay paredes de por medio y AP diferentes.

III.7.- Análisis de Resultados:

De acuerdo a los resultados obtenidos con las pruebas antes mencionadas, se obtendrán unas conclusiones para el planteamiento de problema.

III.8.- Propuesta de Diseño de Mejora:

A partir de las conclusiones obtenidas, se podrá dar un diseño de una nueva topología y nuevos equipos a utilizarse para el soporte de Voz sobre la Red Inalámbrica.

Capítulo IV

Resultados

IV.1.- Anchos de banda por Protocolos:

En la tabla 9 se observa un promedio de los Anchos de Bandas asignados a los protocolos más usados.

Protocolo	Ancho de Banda
HTTP	207.5 Kbps
DNS	2.2 Kbps
SMTP	623.2 bps
TELNET	370.3 bps
FTP	32.7 bps

Tabla 9. Anchos de Banda para Protocolos más Usados. (Creación Propia)

Es importante hacer referencia que este promedio es tomado en el rango de un mes, con muestra de una semana.

También es de gran importancia recordar que estos anchos de banda sumados a otros protocolos muy poco usados y los anchos de banda de la Red cableada, forma el total para el Ancho de Banda de la Red de INTERNET de la Universidad.

IV.2.- Usuarios conectados a la Red

Los resultados obtenidos para las estadísticas variaron de acuerdo a la zona de la Universidad donde se tomó la muestra.

IV.2.1.- Área de Feria

Para la zona de Feria, como podemos observar en la figura 25, a medida que avanza el día el incremento de usuarios conectados va ascendiendo. El área de Feria es muy concurrido por los estudiantes y visitantes de la UCAB, por ende existe mayor demanda en cuanto al uso de la Red WiFi.

Podemos ver que a las 6pm hay mayor cantidad de personas conectadas, a esta hora muchas de las carreras de pre-grado han culminado sus horas de clases y de igual forma están por iniciar las clases de post-grado y tienen a concentrarse en esta área.

Se muestra un resumen de estas estadísticas en la figura 25.

Figura 25. Promedio de Usuarios en la zona de Feria. (Creación Propia)

IV.2.2.- Área de EC

Para esta zona, podemos observar en la figura 24 como al transcurrir el día la cantidad de usuarios conectados a la red disminuye. En esta área podemos encontrar Salones de clases, Aula de estudio en su mayoría de Pre-grado y muy pocas oficinas.

Debido a esto, al transcurrir el día la cantidad de personas que usan la Red en esta zona disminuye, o en su defecto se dirigen a otras áreas de la Universidad. Este promedio se puede observar en la figura 26.

Figura 26. Promedio de Usuarios en la Zona de EC. (Creación Propia)

IV.2.3.- Área de Loyola

Como se muestra en la figura 27, esta zona en particular tiene una demanda alta, debido a que los usuarios de la Red son los estudiantes de Ingeniería, entre otros, por lo tanto se aprecia un incremento en las horas del día, siendo las 6 pm la hora tope y con más cantidad de usuarios conectados a la Red. A esta hora muchos estudiantes salen de clase y se mantienen en las zonas cercanas al Edificio de Laboratorios, a su vez estudiantes de los últimos semestres están ingresando a sus horas de clases. Al igual que en el Área de Feria, en esta zona un incremento de los usuarios conectados durante el día, por ende tiende a un comportamiento similar.

Figura 27. Promedio de Usuarios en la zona de Loyola. (Creación Propia)

Se podrá encontrar en el Apéndice A el estudio de forma detallada, indicando día y horas sobre el estudio de usuarios conectados a la red inalámbrica.

IV.3.- Cobertura y Alcance

Los resultados que se van a presentar a continuación están catalogados por las diferentes zonas que se han nombrado en todo el Trabajo, siendo estas tanto para el Red *Outdoor* como *Indoor*.

Fueron clasificados como se muestran en la tabla 10:

Calidad de la Señal	Cat. Por Color	Rango (dBm)		Velocidades
Muy Buena		-40	-50	56 Mbps
Buena		-51	-61	48 Mbps
Regular		-62	-71	11 y 18 Mbps
Deficiente		-72	-81	1 y 5.5 Mbps
Sin conectividad		0	0	-

Tabla 10. Leyenda para Clasificación de la Señal (Creación Propia)

IV.3.1.- Red *Indoor*

IV.3.1.1.- Edif. de Laboratorios

En la Planta Baja del Edificio de Laboratorio hay 2 *Access Point* (AP) cuya ubicación ya fue mencionados. En la facultad de Ingeniería se pudo detectar que no hay conectividad, así como también en las zonas cercanas a esta. Sin embargo en la Facultad de Ingeniería Civil se encuentra un AP dentro y posee buena cobertura dentro de la oficina, de igual forma en el Laboratorio de Hidráulica como en parte del pasillo principal con salida hacia la puerta lateral del edificio son zonas con conectividad.

En Piso 1, existen tres AP, la señal sigue siendo buena en las zonas cercanas a los mismos. Pero en zonas como los salones L1215 la señal es muy baja. Por el pasillo que da al Departamento de Matemática también es débil.

En el caso de Piso 2, la señal es un poco mejor, aquí se encontraron 4 AP, de igual forma cercana a ellos la señal es muy buena. En la zona de los salones L23, poseen señal y conectividad muy buena, a medida que se aleja la portátil de esta zona, el *Software* puede detectar que la señal disminuye, luego incrementa en el área de la Escuela de Industrial y Escuela de Telecomunicaciones.

En Resumen, la señal en el Edif. de Laboratorio va disminuyendo a medida que se desciende de él, es decir, la mejor señal esta en Piso 2 y la de menor cobertura se encuentra en Planta Baja.

En la tabla 11 se muestra este resumen:

Ubicación	Calidad de la Señal
P2	
P1	
Planta Baja	

Tabla 11. Resumen de Calidad de Señal. Edif. Laboratorio (Creación Propia)

IV.3.1.2.- Edificio de Post- Grado

El nivel de Cobertura para los tres Pisos oscila entre 40 y 50 dBm. Catalogado como Muy Bueno, ya que hay acceso a la Red WiFi en todas las oficinas y salones. La tabla 12 muestra estos resultados.

Ubicación	Calidad de la Señal
P2	
P1	
Planta Baja	

Tabla 12. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. Pos Grado. (Creación Propia)

IV.3.1.3.- Biblioteca

Para Planta Baja, el nivel de cobertura es regular. Sin embargo para Piso 1, 2 y 3, el nivel de cobertura aumenta por haber presencia de AP. La tabla 13 muestra un resumen.

Ubicación	Calidad de la Señal
P3	
P2	
P1	
Planta Baja	

Tabla 13. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. de Biblioteca (Creación Propia)

IV.3.1.4.- Edificio de Loyola

Para Planta Baja el nivel de cobertura es muy bueno debido a la presencia de un AP en el área. A partir de Piso 1, el edificio posee una división en dos torres, la primera con vista a Modulo 1 y Biblioteca, y la otra con vista a las áreas de SOLARIUM.

Aquella zona que posee vista hacia Biblioteca, el nivel de cobertura es regular, sin embargo hay conectividad en las oficinas que allí funcionan. En Piso 2 es difícil establecer conexión en aquellas oficinas muy cerradas que no poseen vista hacia alguna de estas zonas.

En el caso de la otra torre, Piso 1 posee un nivel de cobertura bueno y empieza a disminuir gradualmente entre Piso 2 y Piso 3, siendo este la zona con más difícil acceso a la Red. En la tabla 14 se aprecian los resultados.

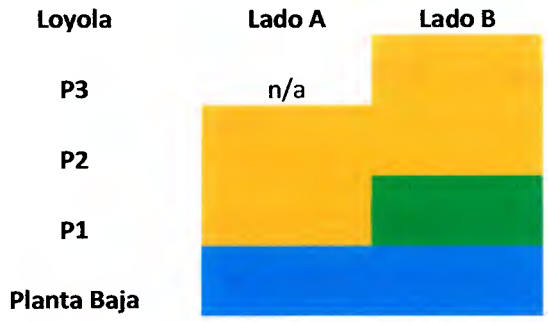


Tabla 14. Resumen de Calidad de Conexion. Edif. Loyola (Creación Propia)

IV.3.2.- Red *Outdoor*

IV.3.2.1.- CINCUENTENARIO y alrededores

Para el área de Planta Baja del Edif. CINCUENTENARIO y el Estacionamiento en Piso 1 del mismo Edificio, el nivel de cobertura es muy bueno, debido a lo próximo de las antenas en esta zona, considerando sin embargo que las ondas de radio tienen la potencia suficiente para cubrir el edificio CINCUENTENARIO sin verse completamente atenuada por el edificio para alcanzar un buen nivel de cobertura en el área del estacionamiento. El área de Feria tiene una antena direccionada a esta zona. La tabla 15 muestra un resumen del nivel de cobertura.

Ubicación	Calidad de la Señal
Feria	
Estacionamiento	
Planta Baja	

Tabla 15. Resumen de Cobertura. Red *Outdoor*. Feria, EC y CINCUENTENARIO. (Creación Propia)

IV.3.2.2.- Casa del estudiante y Plaza Central

El nivel de cobertura en las zonas de SOLARIUM (Ingeniería), Estacionamiento y Plaza Central, es muy bueno, debido a que las antenas se encuentran ubicadas en Loyola, con vista a SOLARIUM y al estacionamiento, y en biblioteca con vista a Plaza Central. Tabla 16.

Ubicación	Calidad de la Señal
SOLARIUM (Ing.)	
Estacionamiento	
Plaza Central	

Tabla 16. Resumen Cobertura. Red *Outdoor*. Zona de SOLARIUM Ingeniería. (Creación Propia)

IV.3.2.3.- Post Grado y alrededores

En esta zona se detecto un buen nivel de cobertura en el área del Estacionamiento, la antena más próxima se encuentra sobre el edificio de post grado que cubre esta área y al edificio de CINCUENTENARIO. Para el área de SOLARIUM (Post-grado) el nivel de cobertura disminuye ya que se encuentra casi ubicado en la parte posterior del edificio de Post Grado, en el lado opuesto de la ubicación de las antenas. Un resumen se muestra en la tabla 17.

Ubicación	Calidad de la Señal
SOLARIUM (Post-grado)	
Estacionamiento	

Tabla 17. Resumen de Cobertura. Área de Post Grado. (Creación Propia)

IV.3.2.4.- Edificio de Módulos

El edificio de modulo está estructurado por 6 edificios, cada modulo posee 5 pisos, interconectados entre ellos por los piso 3 y 5.

En general, todos aquellos salones que poseen sus ventanas en dirección a los estacionamientos de módulos, es decir con vista a la montaña, no poseen conectividad, por no poseer línea de vista con las antenas.

En el caso de los salones que tienen sus ventanales con vista al bulevar van a variar de acuerdo al modulo y a la línea de vista con las antenas.

En la tabla 18 se puede observar los diferentes niveles que sufre la señal, mejorando en los módulos centrales, es decir, modulo 3 y 4 son los que poseen mejor línea de vista con las antenas, y por ende mejor nivel de señal.

En modulo 6, también presenta una mejoría en la señal por su cercanía al edificio de Pos Grado, lugar de ubicación de una de las antenas. El resumen se muestra en la tabla 18.

AREA	Modulo 1	Modulo 2	Modulo3	Modulo 4	Modulo 5	Modulo 6
Piso 5						
Piso 4						
Piso 3						
Piso 2						
Piso 1						
Planta Baja						

Tabla 18. Resumen de Cobertura. Área de Módulos

IV.3.2.5.- Edificio CINCUENTENARIO

El nivel de cobertura de Mezzanina y Piso 1 es Muy Bueno, tanto para las oficinas como para los salones, disfrutan del servicio en todo momento.

Entre piso 2, 3 y 4, se observa como el nivel de cobertura empieza a disminuir, sobre todo para aquellos salones que se encuentran más alejados de la Antena, ubicada en el Edif. de Post Grado.

Piso 5 el nivel de cobertura es deficiente, es difícil establecer conexión dentro del Departamento de Investigaciones económicas y Sociales. Los resultados se muestran en la tabla 19.

Ubicación	Calidad de la Señal
P5	
P4	
P3	
P2	
P1	
Planta Baja	

Tabla 19. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. CINCUENTENARIO (Creación Propia)

IV.3.2.6.- Edificio de Servicios Generales. OCACE

En Planta Baja no se detectó cobertura dentro de las oficinas. Para Piso 1 se detecto un nivel de señal regular en las oficinas, con baja velocidad de navegación, aproximadamente de 11 Mbps.

Para Piso 2, el nivel de cobertura es deficiente, no se detectó conectividad en la oficina de Finanzas, solo para aquellas oficinas con vistas directas a Post grado, por ejemplo la oficina Fundación Andrés Bello.

El nivel de cobertura mejora en Piso 3, siendo difícil establecer conexión. Se puede apreciar la cobertura en la tabla 20.

Ubicación	Calidad de la Señal
P3	
P2	
P1	
Planta Baja	

Tabla 20. Resumen de Calidad de Conexión. Edif. Servicios Generales (Creación Propia)

IV.3.3.- Alcances de Cobertura y Potencias.

Los valores obtenidos para los alcances de cobertura se presentan en la tabla 21, 22 y 23, presentados por piso, ubicación del AP, su MAC respectiva y su potencia de Transmisión.

- PLANTA BAJA

Ubicación	Pot. de Transmisión
AP	**Auditorio**
Final del Auditorio	-52 dBm
Puerta Edificio	-60 dBm
Frente CADH	-86dbm
AP	**Esc. De Civil**
Cajero	-75 dBm
Lab. Materiales	-60 dBm
Baño de Caballeros	-70 dBm

Tabla 21. Cobertura en Planta Baja. (Creación Propia)

- PRIMER PISO

Ubicación	Pot. De Transmisión
AP	**Esc. De Informática**
Lab de Química	-78 dBm
L1216	-79 dBm
L1215	-81 dBm
AP	**L1210**
L1212	-60 dBm
L1207	-56 dBm
L1213	-55 dBm
AP	**Termodinámica**
L1201	-38 dBm
L1202	-70 dBm
Puerta Dep. Mate	-80 dBm

Tabla 22. Cobertura en Primer Piso. (Creación Propia)

- SEGUNDO PISO

Ubicación	Pot. De Transmisión
AP	**L2314**
L2315	-39 dBm
L2316	-54 dBm
L2317	-54 dBm
AP	**L2311**
L2312	-56 dBm
L2318	-48 dBm
L2309	-55 dBm
AP	**Esc. Industrial**
L2303	-70 dBm
Pasillo en frente	-56 dBm
Frente a Telecom	-71 dBm

AP	Esc. Telecom
Ultima Escaleras	-79 dBm
Pasillo en frente	-63 dBm
Escaleras Frente Ind.	-67 dBm

Tabla 23. Cobertura en Segundo Piso. (Creación Propia)

IV.3.4.- Atenuación mínima Requerida para establecer Conexión

Ya como se comentó anteriormente, es necesario conocer cuál es la atenuación mínima para que exista un Enlace de Comunicación.

Haciendo uso de las ecuaciones de los balances de potencia, tomamos solo la desigualdad y se despeja L, que es las perdidas o atenuaciones en todo el sistema, que estará asociada a los diferentes niveles de sensibilidad que posee el *Access Point*. Se pueden apreciar los resultados obtenidos, en la tabla 24

Velocidad AP	Sensibilidad AP	Balance laptop -AP		Balance Teléfono-AP	
		Lm(DL)	Lm(UL)	Lm(DL)	Lm(UL)
6	-90	-140	-133	-120	-118
9	-84	-140	-127	-120	-112
12	-82	-140	-125	-120	-110
18	-80	-140	-123	-120	-108
24	-77	-140	-120	-120	-105
36	-73	-140	-116	-120	-101
48	-72	-140	-115	-120	-100
54	-72	-140	-115	-120	-100

Tabla 24. Atenuaciones Asociadas a Sensibilidad. (Creación Propia)

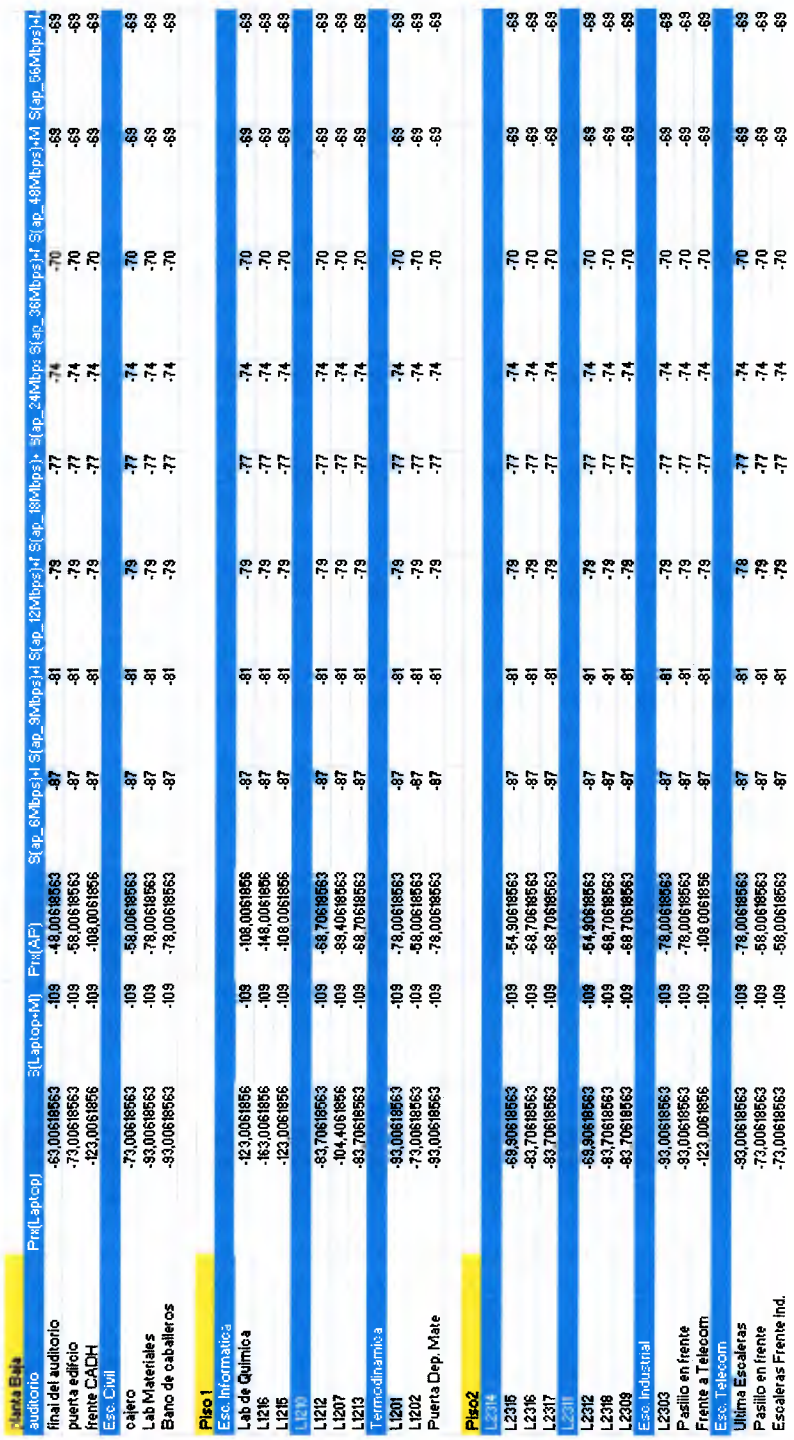
Podemos observa que el recuadro rojo indica la potencia ideal a la cual existe un Enlace de Comunicación optimo.

Los lugares que no cumple con esta atenuación mínima son los siguientes:

- Las Oficinas del CADH
- Facultad de Ingeniería
- L1212- L1216
- L1203-L1205
- Nuevos Laboratorio de Industrial.

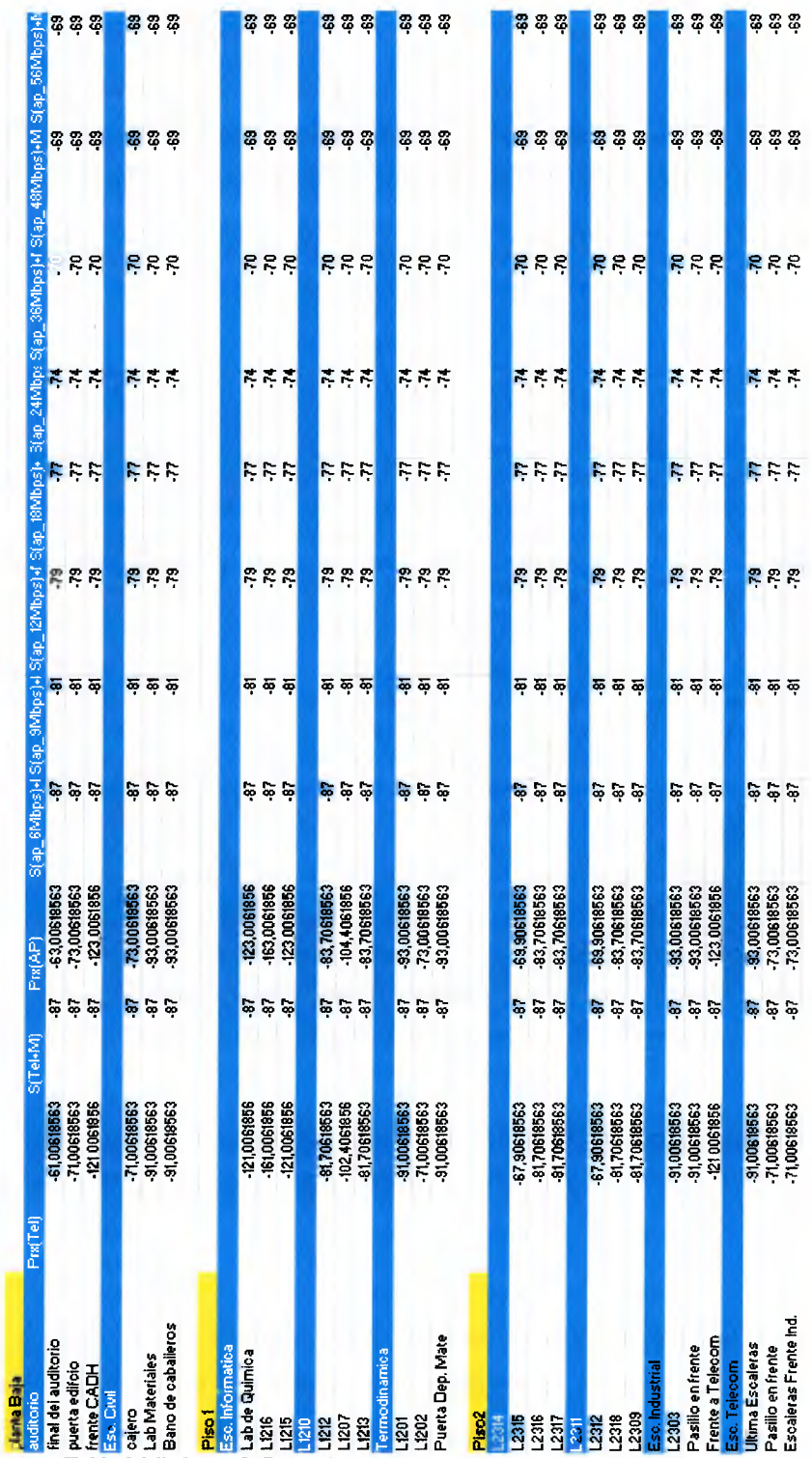
IV.3.5.- Balance de Potencias

Una vez que se tiene todo los valores, y la ecuación formada se puede obtener los valores de balance de potencia para cada uno de los lugares mencionados anteriormente. En las tablas 25 y 26 podemos ver los resultados obtenidos.



Planta Baja	Pnt(Laptop)	S(Laptop+M)	Pnt(AP)	S(ap_6Mbps)+M	S(ap_9Mbps)+M	S(ap_12Mbps)+M	S(ap_18Mbps)+M	S(ap_24Mbps)+M	S(ap_36Mbps)+M	S(ap_48Mbps)+M	S(ap_54Mbps)+M
auditorio											
final del auditorio	-63,00618563	-109	-48,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
puerta edificio	-73,00618563	-109	-58,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
frente CADH	-123,0061856	-109	-108,0061856	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Esc. Civil											
cajero	-73,00618563	-109	-58,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Lab Materiales	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Bano de caballeros	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Piso 1											
Esc. Informatica											
Lab de Quimica	-123,0061856	-109	-108,0061856	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1216	-163,0061856	-109	-148,0061856	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1215	-123,0061856	-109	-108,0061856	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1210											
L1212	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1207	-104,4061856	-109	-83,40618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1213	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Termodinamica											
L1201	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L1202	-73,00618563	-109	-58,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Puerta Dep. Mate	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Piso2											
L2314											
L2315	-68,90618563	-109	-54,90618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L2316	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L2317	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L2311											
L2312	-68,90618563	-109	-54,90618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L2318	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
L2309	-83,70618563	-109	-68,70618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Esc. Industrial											
L2303	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Pasillo en frente	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Frente a Telecom	-123,0061856	-109	-108,0061856	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Esc. Telecom											
Ultima Escaleras	-93,00618563	-109	-78,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Pasillo en frente	-73,00618563	-109	-58,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68
Escaleras Frente Ind.	-73,00618563	-109	-58,00618563	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-68	-68

Tabla 25. Balance de Potencias para Portátil- ***Access Point*** **(Creación Propia)**



Planta Baja												
auditorio	Pot(Tel)	S(Tel+M)	Pot(AP)	S(ap_6Mbps)+M	S(ap_9Mbps)+M	S(ap_12Mbps)+M	S(ap_18Mbps)+M	S(ap_24Mbps)+M	S(ap_36Mbps)+M	S(ap_48Mbps)+M	S(ap_54Mbps)+M	
final del auditorio	-61,00618563	-87	-63,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
puerta edificio	-71,00618563	-87	-73,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
frente CADH	-121,0061856	-87	-123,0061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Esc. Civil												
cajero	-71,00618563	-87	-73,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Lab Materiales	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Baño de caballeros	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Piso 1												
Esc. Informatica												
Lab de Quimica	-121,0061856	-87	-123,0061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1216	-161,0061856	-87	-163,0061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1215	-121,0061856	-87	-123,0061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1210												
L1212	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1207	-102,4061856	-87	-104,4061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1203	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Termodinamica												
L1201	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L1202	-71,00618563	-87	-73,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Puerta Dep. Mate	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Piso2												
L2314												
L2315	-67,90618563	-87	-69,90618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L2316	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L2317	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L2311												
L2312	-67,90618563	-87	-69,90618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L2318	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
L2309	-81,70618563	-87	-83,70618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Esc. Industrial												
L2303	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Pasillo en frente	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Frente a Telecom	-121,0061856	-87	-123,0061856	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Esc. Telecom												
Ultima Escaleras	-91,00618563	-87	-93,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Pasillo en frente	-71,00618563	-87	-73,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69
Escaleras Frente Ind.	-71,00618563	-87	-73,00618563	-87	-87	-81	-79	-77	-74	-70	-69	-69

Tabla 26. Balance de Potencias para Teléfono VoIP- ***Access Point.*** **(Creación Propia)**

Este Balance de Potencias nos permitirá ubicar a los diferentes usuarios conectados a la Red en aquella Velocidad (Anillo de Conexión) a la cual opera. A continuación podemos observar en la Figura 28, un ejemplo de cómo sería la penalización para cada usuario de acuerdo a lo obtenido en el Balance.

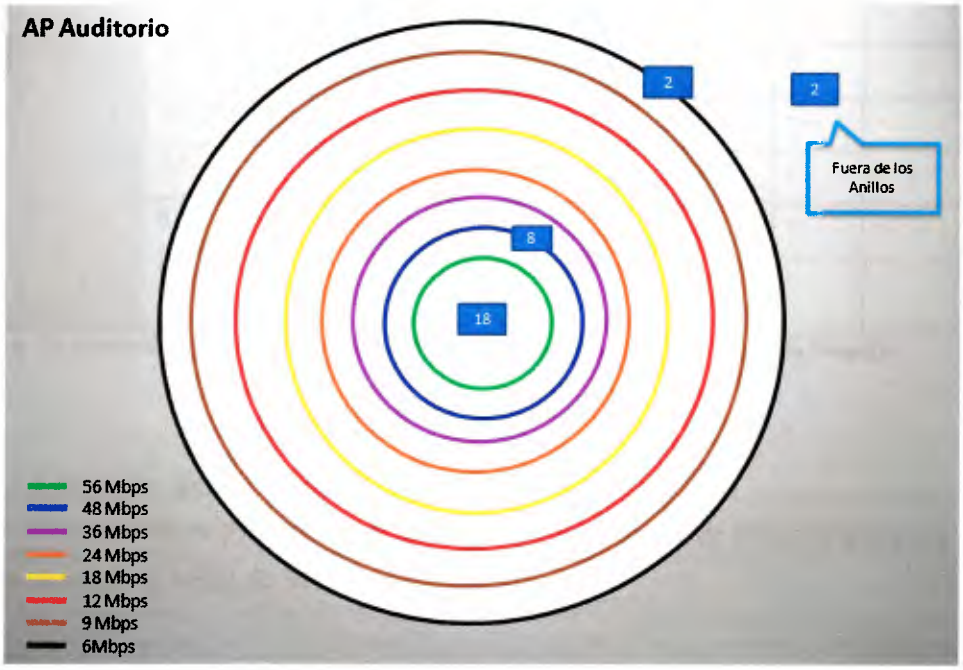


Figura 28. Anillos de Velocidades. (Creación Propia)

En la realidad estos anillos no son perfectamente redondos, sino que presentan distorsión de acuerdo al grado de atenuación existente.

A continuación en la tabla 27, podemos observa la cantidad de personas por *Access Point*, asociada a un anillo de velocidad de conexión. Esto relacionada al balance de potencia y sensibilidad del *Access Point*.

AP	54 Mbps	48 Mbps	36 Mbps	24 Mbps	18 Mbps	12 Mbps	9 Mbps	6 Mbps	Fuera Rango	Total
Auditorio	18	8	-	-	-	-	-	2	2	30
Esc. Civil	4	3	-	3	-	-	-	-	-	10
Termodinámica	5	-	-	8	1	1	-	-	-	15
L1210	5	7	13	-	-	-	-	-	-	25
Esc. Informática	4	-	3	-	-	-	-	8	-	15
L2314	10	10	-	-	-	-	-	-	-	20
L2311	17	3	-	-	-	-	-	-	-	20
Esc. Industrial	5	2	-	-	-	-	-	-	-	7
Esc. Telecomunicaciones	5	2	-	-	-	-	-	-	-	7

Tabla 27. Distribución por anillos para cantidad de Usuarios para cada AP. (Creación Propia)

IV.3.6.- Analogía de Usuarios

A continuación se presenta en la tabla 28 la equivalencia de usuarios por cada anillo con respecto al anillo de 54Mbps

Analogía	54 Mbps	48 Mbps	36 Mbps	24 Mbps	18 Mbps	12 Mbps	9 Mbps	6 Mbps
Usuarios de 54 Mbps	1	1,125	1,5	2,25	3	4,5	6	9

Tabla 28. Analogía de usuarios para anillo de 54 Mbps. (Creación Propia)

Por tanto podemos resumir la tabla 15, en una nueva tabla donde todos los usuarios, son cantidad de usuarios equivalente en el anillo de 54 Mbps. La nueva cantidad de Usuarios en dicho anillo se muestra en la tabla 29.

AP	54 Mbps
Auditorio	45
Esc. Civil	14,125
Termodinámica	30,500
L1210	32,375
Esc. Informática	80,5
L2314	21,25
L2311	20,375
Esc. Industrial	7,25
Esc. Telecomunicaciones	7,25

Tabla 29. Relación de Usuarios en el Anillo de 54 Mbps. (Creación Propia)

Podemos observar que en aquellas zonas donde hay una cantidad considerable de usuarios conectados a los anillos de baja velocidad, esto hace que la cantidad de usuarios en el anillo de 54 Mbps incremente considerablemente.

Se puede observar la variación de usuarios total por *Access Point* comprando las tablas 15 y 17 respectivamente.

IV.3.7.- Anchos de Bandas

Previo a las pruebas de tráfico, se harán unos cálculos de Anchos de Bandas de acuerdo al CODEC a utilizarse y de igual forma el volumen de la Red, calculados por *Erlang*.

Para ello se calculará la tasa de llamada por minutos mediante la ecuación 9:

$$\lambda = \frac{15mE \times N° \, de \, Usuarios \, (en \, 54Mbps)}{Tiempo \, de \, llamada} (9)$$

En VoIP, un usuario típicamente hace uso de 15 mErlarng, por tanto esta ecuación relaciona este consumo con una tasa de llamada específica.

En la tabla 30 se muestra la tasa de llamada por *Access Point*, necesarios para calcular el *Erlang* correspondiente a cada tasa:

Access Point	λ (llamadas /min)
Auditorio	0,225
Esc. Civil	0,071
Termodinámica	0,153
L1210	0,162
Esc. Informática	0,403
L2314	0,036
L2311	0,036
Esc. Industrial	0,102
Esc. Telecomunicaciones	0,106

Tabla 30. Tasa de llamada por minuto. (Creación Propia)

Es necesario acotar que muchas de estas aéreas son de estudio y en hora de clases no hay personas realizando llamadas. Otro punto importante es para el área de oficinas, las personas están conectadas a la Red vía ETHERNET (cableada), por ende el tráfico que ellos generarían seria mediante un teléfono VoIP o una Portátil.

Ahora con los datos obtenidos podemos calcular el volumen de llamadas por hora (*Erlang*s), todo esto tomando como tiempo promedio de llamada 5 min.

El cálculo de *Erlang*s se obtiene mediante la siguiente (10):

$$IT = Erlangs = \lambda \times T_{duracion\ \ llama\ da} (10)$$

- λ= Tasa de llamada
- $D_{uración\ llamada}$ = Tiempo de Observación en minuto, en una hora.

Ya conociendo como se obtiene el valor del *Erlang*, y teniendo todos los datos necesarios para su cálculo, y tomando en cuenta que el valor de duración como referencia por llamada es de 3 minutos, podemos realizar los cálculos y se muestran los resultados en la tabla 31.

Access Point	*Erlangs*
Auditorio	0,675
Esc. Civil	0,212
Termodinámica	0,458
L1210	0,486
Esc. Informática	1,208
L2314	0,109
L2311	0,109
Esc. Industrial	0,306
Esc. Telecomunicaciones	0,319

Tabla 31. Volumen de Trafico por AP. (Creación Propia)

Es necesario establecer canales ficticios (llamadas simultáneas) que permitirá de esta manera obtener el ancho de banda consumido para esta cantidad de *Erlang*. Pero es necesario considerar que hay un porcentaje de esas llamadas que no se logran cumplir con éxito, es decir hay una probabilidad de bloqueo. Esta probabilidad se

establecerá a un 0,5% y calcula haciendo uso de la distribución probabilística *Erlang* B.

Es importante acotar que se llama canales ficticios, debido que en WiFi no existen canales y toda la información viaja por un solo canal.

En la Web podemos encontrar un sin número de tablas de Excel y de calculadoras de *Erlang* B. Haciendo uso de un archivo de Excel que posee macros para el cálculo de *Erlang* y *Erlang* B, en la tabla 32 se muestra los canales obtenidos para cada *Access Point*:

Access Point	Canales
Auditorio	4
Esc. Civil	3
Termodinámica	4
L1210	4
Esc. Informática	6
L2314	3
L2311	3
Esc. Industrial	3
Esc. Telecomunicaciones	3

Tabla 32. Canales Ficticios por AP (Creación Propia)

Ahora bien, es necesario conocer cuánto es el Ancho de Banda para una llamada de tipo VoIP para cada CODEC, eso lo logramos mediante la ecuación (11):

$$BW_{codec} = \frac{Overhead + Payload\ del\ codec}{\frac{Payload\ del\ codec}{Vel.\ de\ Muestreo}} X\ 2 \quad (11)$$

Los Valores manejados para este cálculo son los siguientes:

- *Overhead*=74 bytes
- *Payload* del codec:
    1) G. 711= 160 bytes
    2) G. 723= 20 bytes
    3) G. 729=20 bytes

- Velocidades de Muestreo:
    1) G. 711=64kbps
    2) G. 723.1=5,3kbps
    3) G. 729=8kbps

Se multiplica por 2 ya que son las ráfagas RTP necesarias para la comunicación al realizar la llamada (Tx y Rx).

Una vez que tenemos todos los valores podemos realizar los cálculos, obteniendo así para cada CODEC su tasa de transmisión para una llamada, mostrados en la tabla 33

:

CODEC	Ancho de Banda para 1 llamada
G. 711	23,4 Kbps
G. 723.1	1,73 Kbps
G. 729	2,93 Kbps

Tabla 33. Anchos de banda para una llamada por CODEC. (Creación Propia)

Para obtener el ancho de banda para "n" llamadas simultaneas por *Access Point*, hacemos uso del número de canales obtenidos anteriormente, es decir, se multiplicaran las velocidades de transmisión por los números de canales, los resultados se muestran en la tabla 34.

Access Point	G.711(Kbps)	G723.1(Kbps)	G729(Kbps)
Auditorio	93,6	6,93	11,7
Civil	70,2	5,2	8,78
Termodinámica	93,6	6,93	11,7
L1210	93,6	6,93	11,7
Informática	140,4	10,4	17,55
Telecomunicaciones	70,2	5,2	8,78
Industrial	70,2	5,2	8,78
L2311	70,2	5,2	8,78
L2314	70,2	5,2	8,78

Tabla 34. Velocidades de transmisión de los CODECs por AP según demanda. (Creación Propia)

Una vez obtenidos estos valores, se procedió a calcular el ancho de banda total necesario para transmitir voz, datos y otros servicios adicionales que podrían ser implementados en la red, con el fin de verificar si los *Access Point* actualmente instalados son capaces de satisfacer dicha demanda. A continuación en la tabla 35 se muestran dichos servicios y las velocidades de transmisión necesarios para cada uno.

SERVICIOS	VELOCIDAD DE TRASMISION (Kbps)
IMPRESORA INALMBRICA	100
DATOS	300
VIDEO CONFERENCIA	600

Tabla 35. Velocidades de transmisión requeridos por servicio. (Creación Propia)

Con esta información se calculará el ancho de banda total requerido por *Access Point* para transmitir todos los servicios. Los resultados se muestran en la tabla 36.

Access Point	Total BW requerido (G711) Kbps	Total BW requerido (G723.1) Kbps	Total BW requerido (G729) Kbps
Auditorio	19,29	19,22	19,24
Civil	14,37	14,32	14,33
Termodinámica	15,99	15,92	15,94
L1210	18,39	18,32	18,34
Informática	16,24	16,14	16,16
Telecomunicaciones	13,47	13,42	13,43
Industrial	13,47	13,42	13,43
L2311	16,87	16,82	16,83
L2314	16,87	16,82	16,83

Tabla 36. Anchos de Bandas por CODECs

La capacidad máxima de transmisión por *Access Point* es de 54Mbps, como se pudo observar el total requerido por *Access Point* nunca supera este valor, lo cual indica que estos equipos, con la demanda promedio establecida para los servicios de voz, datos, entre otros, funcionaran correctamente, no estarán sobre dimensionados.

El caso donde se observó mayor requerimiento de ancho banda fue para el *Access Point* ubicado en el auditorio del edificio de laboratorios, ya que posee mayor cantidad de personas conectadas usando solo el servicio de datos, siendo este un factor importante en este estudio, mientras aumente el número de usuarios conectados por este servicio mayor será el requerimiento del *Access Point* para satisfacer la demanda de todos los servicios que corran por la red.

Adicionalmente se realizó una proyección a futuro de la población Ucabista que pueda tener acceso al servicio Wi-Fi en un 20%. De esta manera se podrá verificar si replanteando esta variable será posible que los *Access Point* por zona

puedan ser insuficientes para cubrir la demanda. Los resultados obtenidos con esta proyección se muestran en las tablas a continuación. El resto de los paramentaros empleados para este cálculo permanecieron fijos, solo se re calculó el número de *Erlang*s y por ende el número de canales ficticios para satisfacer el incremento de la población.

Los resultados obtenidos con un incremento de la población a un 20%, se muestran en la tabla 37.

Access Point	Total BW requerido (G711) Kbps	Total BW requerido (G723.1) Kbps	Total BW requerido (G729) Kbps
Auditorio	23,13	23,06	23,08
Civil	17,07	17,02	17,03
termodinámica	19,17	19,1	19,12
L1210	22,05	21,98	22
Informática	19,42	19,32	19,34
Telecomunicaciones	16,11	16,06	16,07
Industrial	16,11	16,06	16,07
L2311	20,23	20,18	20,19
L2314	17,83	17,78	17,79

Tabla 37. Anchos de Bandas por CODECs con incremento del 20 %

Para todos los casos anteriores, si se hiciera uso del protocolo RTP, este tendrían un incremento del 5%, es decir un 0,6 más del valor que se maneja.

Se podrá encontrar en el Apéndice A el estudio de forma detallada.

IV.3.8.- Capacidades en trafico de Voz

Para este punto se realizaron una serie de pruebas que permitiría conocer las capacidades de la red para el soporte de Voz.

El *Software* empleado para estas pruebas es el NETIQ CHARIOT, el mismo posee varias versiones de descargas vía INTERNET, entre ellas están la Versión Completa y la Versión Limitada.

La Versión Completa, se debe comprar vía Web, esta versión aparte de cumplir con todo lo explicado en la sección de Desarrollo, tiene la ventaja de utilizar más de dos *Endpoints*, permitiendo así un despliegue masivo por toda el área de prueba.

La Versión Limitada, es de descarga Gratuita, es una versión que solo permite el uso de dos *Endpoints*, por consiguiente solo permite hacer pruebas en un área limitada, es decir, para ser aplicada en edificios, oficinas etc., por ende su aplicación para toda la Red de la Universidad es Limitada.

Ya teniendo la tasa de transmisión para el volumen de llamada en una hora dentro del Edificio de Laboratorio, se puede realizar las simulaciones de tráfico de Voz con el programa NetIQ Chariot.

Para las pruebas que se hicieron es necesario recordar que los CODECs usados son: G. 711, G. 723.1 (5.3 Kbps) y G.729, adicionalmente para todas las pruebas se uso supresión de silencio.

Con esta herramienta se podrá determinar el *Delay, el Jitter, el Throughput* y pérdida de paquetes.

Para esta prueba se dividió en tres casos:

- **Caso 1:** *Endpoints* conectados al mismo *Access Point* sin interferencia por paredes.

Se tomo para la prueba el AP ubicado en el salón L2310. Se ubicaron las portátiles dentro del aula y se configuraron las pruebas para los tres CODECs mencionados, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 38:

CODEC	Diley (ms)	Jitter (ms)	Perdida de paquete (%)	Throughput (Kbps)	MOS
G711	2	2,388	2,37	62	3,05
G723.1	n/a	6,094	2,66	5	n/a
G729	3	2,64	1,62	8	3,56

Tabla 38. Estudio de Trafico para CODEC. Caso 1. (Creación Propia)

Para este caso el códec G729 posee una pérdida de paquetes bajas en comparación a los otros dos CÓDECs, cercano al 1% (caso ideal), y el MOS más elevado indicando el grado de satisfacción. Se debe recordar que en este escenario no se consideran perdidas por múltiples paredes, solo perdidas por espacio libre y a una velocidad de 56 Mbps.

- **Caso 2:** Los *Endpoints* se encuentran conectados al mismo *Access Point* y separados por una pared. Los resultados se muestran en la tabla 39.

CODEC	Diley (ms)	Jitter (ms)	Perdida de paquete (%)	Throughput (Kbps)	MOS
G711	4	2,2	1,69	63	3,38
G723.1	2	2,188	4,04	5	3,01
G729	1,478	1,583	5,53	8	1,18

Tabla 39. Estudio de Trafico para CODEC. Caso2. (Creación Propia)

Para este escenario el códec G711 resulto ser el mejor, arrojo menor *diley*, *jitter* y un bajo porcentaje con respecto a la pérdida de paquetes. En este caso se presentan no solo pérdidas por espacio libre sino también por múltiples paredes, lo cual atenúa la

señal, sin embargo se aprecia mayor desempeño al emplear este códec por su tasa de transmisión mayor a los otros dos.

- **Caso 3:** *Endpoints* conectados a distintos *Access Point* .Los resultados se muestran en la tabla 40.

CODEC	Diley (ms)	Jitter (ms)	Perdida de paquete (%)	Throughput (Kbps)	MOS
G711	1,452	3,72	0,97	63	1,25
G723.1	1,411	3,22	1,11	5	1,08
G729	1,452	2,612	2,1	8	1,2

Tabla 40. Estudio de Trafico para CODEC. Caso 3. (Creación Propia)

Para este caso los tres CODECS presentan cierta semejanza en cuanto a los resultados de *diley, jitter* y el nivel de satisfacción (MOS). La pérdida de paquetes del G711 es mucho menor, lo valores de *jitter* y *diley* permanecen dentro del rango de valores permisibles para garantizar buena calidad de la voz. El empleo de este códec vuelve a tomar la delantera en cuento a su desempeño en cuanto a lo bajo en la perdida de paquetes en comparación a los dos restantes, gracias a su alta tasa de transmisión, la forma de empaquetamiento de la carga útil, así como también la técnica de compresión empleada por este códec.

IV.3.9.- Modificación de la Red

En un principio se planteó la idea de un nuevo diseño para la Red, después de las pruebas obtenidas, se pudo observa que la Red no necesita un diseño nuevo, sino una mejora del mismo, mediante la integración de nuevos equipos para así dar una mejor capacidad de conectividad a la Red.

A continuación se explicara las debilidades de la Red, los lugares donde es mas critica la situación y la solución.

IV.3.10.- Lugares con déficit de Señal y Cobertura

Como ya se ha dicho anteriormente la Red de la UCAB está desplegada de manera *Indoor* y *Outdoor*.

Para la parte *Oudoor*, la zona más crítica es el Edificio de Módulos, ya que reciben la señal proveniente de las antenas que se encuentran en el Área del Edificio de Loyola y Biblioteca, por ende todos los salones que tienen vista a la parte posterior de la Universidad (Estacionamientos de Módulos) no gozan del servicio, debido a las múltiples perdidas que se presenta por espacio libre y materiales de construcción de los edificios, impidiendo así la conectividad por lo mucho que se atenúa la señal al llegar a estas zonas.

Otra zona afectada es el Edificio de Servicio Generales (OCACE), ya que de igual forma recibe la señal producida por las antenas que se encuentra en el Edificio de Post-grado, y por tanto aquellas oficinas que no tengas vista a este edificio poseen muy baja velocidad de conexión, o simplemente no poseen conectividad.

De igual forma el Edificio CINCUENTENARIO posee deficiencia en los pisos superiores, ya que la línea de vista con las antenas es escasa.

Para la parte *Indoor*, solo hay dificultades en el área de salones L1212 – L1216 en primer piso, y para Planta Baja la señal en la zona de Facultad de Ingeniería. En ambos lugares la potencia de la señal es muy baja, por ende la conectividad es muy deficiente o en su defecto no es posible la conexión.

IV.3.11.- Agregación sobre el diseño

Como mejora de la Red para el soporte VoWLAN, se sugiere agregación del sistema instalado.

Para la red *Indoor*, como solución se sugiere incluir dentro del arreglo de *Access Point* dos equipos de las mismas características. En la figura 29 se puede ver el lugar donde debe ser colocado y a su vez el *Swich* al cual estos deben ser agregados.

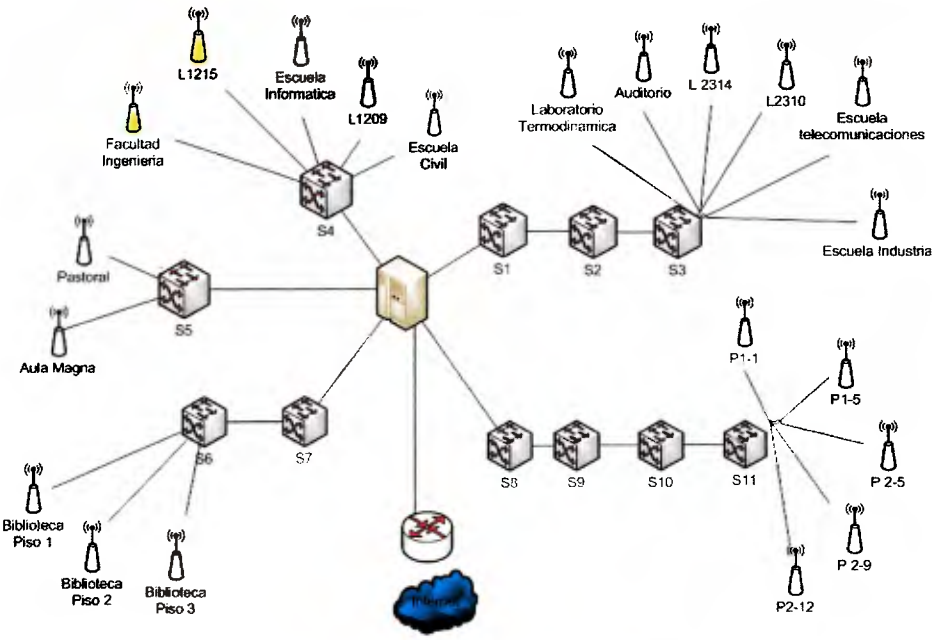


Figura 29. Red *Indoor* con Mejoras. (Creación Propia)

Para la Red *Outdoor*, podemos ver en la figura 30, que existe una nueva Infraestructura en la parte posterior del Edificio de Módulos entre Modulo 4 y Modulo 6, permitiendo así que las mejoras a esta Red se faciliten. Este nuevo Edificio de Estacionamiento permite una buena ubicación de antenas que podrían brindar mejor cobertura a la parte trasera de Módulos y de igual manera se puede ubicar una antena con línea de vista hacia el Edificio CINCUENTENARIO brindado una mejor señal a los pisos superiores.

Figura 30. Red *Outdoor* con mejoras. (Creación Propia)

Estas mejoras son pensadas con la idea de tener acceso a la red WiFi, ya que son zonas de estudio desfavorecidas por su ubicación y es muy difícil establecer conexión en los lugares antes mencionados, ya que esta es la base fundamental para poder disfrutar del servicio de Vo WLAN.

Así mismo hay que considerar la modificación de las antenas instaladas, ya que las actuales se encuentran saturadas por la alta demanda del servicio inalámbrico en horas pico, considerando para este punto un estudio similar al aplicado al edificio de laboratorios para determinar la capacidad en función de la demanda, considerar las perdidas por espacio libre y por múltiples paredes para determinar la potencia ideal para alcanzar las zonas desfavorecidas.

Es importante para el empleo de voz sobre la red inalámbrica la aplicación de QoS para marcar los paquetes y darles un trato distinto a los paquetes de voz dentro de la red.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Se pudo observar durante el desarrollo de este Trabajo de Grado el comportamiento de la Red WiFi (*Indoor* y *Outdoor*) de la UCAB. Hoy en día la tecnología y sobre todo el estudiante de Ingeniería, población en la cual se baso el caso de estudio, cada día requieren más libertades en cuanto a comunicación, ya que se pudo determinar que los servicios más utilizados son los protocolos que permite ingresar a páginas WEB y aquellos que permiten el intercambio de correos electrónicos, siendo un factor importante en la competencia del ancho de banda con VoIP.

Voz sobre IP requiere entre muchas cosas que canal por donde viaje la información, que en este caso sigue siendo dato, tenga la menos pérdida posible, esto ocurre siempre y cuando no haya una congestión o haya un tráfico que produzca a su vez retardo y perdidas de paquetes, al igual que requiere una buena cobertura de la señal para así poder trabajar a velocidades de transmisión buena, es decir, buenas a las que estén entre la orden de 56 y 48 Mbps para el estándar implantado en la Universidad.

Para lograr todo esto hay que seguir unos parámetros. En primer lugar, la cobertura y en especial en el Edificio de Laboratorio que posee zonas donde ésta es limitada. Zonas como Facultad de Ingeniería no poseen AP cercanos a ellos, así como también en el área de Salones L1212-L1216. También lugares como los Laboratorios de Industrial, que es una zona nueva y que por ende no posee mucho acceso a la Red. Esto es en cuanto a la Red *Indoor*.

Para la Red *Outdoor* la cobertura en general es regular, presentando mayores dificultades en horas picos, también presentan estas dificultades lugares como los salones que poseen vista hacia la parte posterior de la Universidad, ya que el alcance

de las antenas y pérdidas generada por el material de construcción del edificio, la señal es muy baja.

Ahora bien, tomando en cuenta las capacidades para la Red en general, *Indoor* y *Outdoor*, la información proporcionada por el personal del CAI es que la tasa de transmisión es de 12 Mbps la cual está destinado a toda la red de datos sea cableada o WiFi, y la red WiFi está siendo manejada sobre una VLAN que maneja los anchos de banda de acuerdo a cantidad de Usuarios de la Red, así que lo ideal sería una ampliación de ese "Ancho de Banda", por ejemplo en un E1, y que de esta manera se pueda tener más holgura del trafico a la salida a INTERNET para el caso de implementación de telefonía IP.

La herramienta NETIQ CHARIOT permitió determinar el comportamiento de la red frente al tráfico de voz con cada uno de los códec estudiados. El G711 resulto ser el mejor en este estudio frente a pruebas con paredes de por medio y el G. 729 tuvo un desempeño mucho mejor cuando no presentaba paredes de por medio. Por lo tanto el CODEC a usar para una futura implementación seria el G.711, aunque consume mayor Ancho de Banda y además de obtener una menor perdida de paquetes, *delay* y jitter frente a la mayoría de los escenarios, los equipos están en la capacidad de responder frente a la demanda con la implementación de este códec. Con una mirada a lo que podría ser el futuro de telefonía IP sobre esta Red, el códec G711 brinda una buena calidad de voz en la comunicación.

Gracias al caso de estudio realizado las conclusiones obtenidas se pueden extrapolar a toda la red y concluir que hay factores que influyen para el tráfico de voz sobre la red actual, como ancho de banda, calidad de servicio, cantidad de usuarios conectados a la red. Sin embargo aprovechando los recursos disponibles y con el empleo del códec G711 los equipos actualmente instalados pueden soportar Voz sobre *Wireless* LAN, ya que se pudo demostrar que al sumar este tráfico con los que corren actualmente (servicios de datos) y con la incorporación de nuevos servicios que puedan ser incorporados a la red inalámbrica no superan la capacidad de los *Access Point* ubicados en el edificio.

Los equipos presentes dentro de la Red soportan y están en la capacidad de responder a la demanda actual de datos y voz, sin embargo la Red presenta deficiencia. Es necesaria la configuración de Calidad de Servicio (QoS) para que de esta manera pode hacer una distribución del Ancho de Banda. No está demás destacar que en el mercado existen equipos con mejores características que podrían conjuntamente con un buen funcionamiento de la Red, brindar un excelente servicio.

Por tanto en resumen:

De acuerdo al análisis obtenido de los resultados del caso de estudio, se pueden obtener varias soluciones:

- La cobertura que brinda los *Access Point* en algunos puntos del Edificio es deficiente, por ende es necesario la colocación de más *Access Point* en lugares como Facultad de Ingeniería y el salón L1214.
- La Red en Horas Picos sufre dificultades de conexión, es necesario que haya un mejor manejo de esto, por parte del CAI, ya que la mejor solución es la configuración de Calidad de Servicio (QoS).
- A futuro es necesario la ampliación de Anchos de Bandas, aunque los resultados mostrados con el incremento de la población, sigue sin superar los 54 Mbps, la red sigue en constante uso y por ende siempre es recomendable tener un margen mayor de Ancho de Banda libre.
- En el área de Auditorio, donde la cantidad de usuarios que podrían conectarse es superior a la permitida por configuración del *Access Point*, es necesario también la colocación de un *Access Point*, esto debido a que es un área de Estudio después de la 1 Pm
- En cuanto al soporte de Voz, se obtuvo que el CODEC G.711 es el que posee un mejor comportamiento en comparación con los demás, aunque consume mayor Ancho de Banda, obtuvo mayor desempeño en cuanto a los parámetros más importantes para garantizar buena calidad de la voz en el proceso de la comunicación.

- La Red debe poseer una configuración y distribución de Anchos de Banda para cada una de las aplicaciones existentes y aquellas a incorporarse a futuro, de manera que se puedan priorizar los paquetes que se transmiten por la red para garantizar esta distribución.
- Los equipos a futuro que se podrían utilizar con esta aplicación, son equipos como teléfonos VoIP en oficinas y Escuelas de las distintas carreras. También podría pensarse en una central VoIP para las redes cableadas (como Asterik) y de esta manera ser complementada con este nuevo servicio.

Bibliografía

Adell, J. (1998). *Redes y Eduacación.* Recuperado el 16 de Septiembre de 2009, de http://www.uv.es/jfbelda/Nucleo2/Practicas/TEXTOS/Adell_redesyeducacion.pdf

Adell, J., & Bellver, C. (1995). *La interne como Telaraña: El World Wide Web.* Recuperado el 16 de Septiembre de 2009, de http://tecnologiaedu.us.es/bibliovir/pdf/17.pdf

Barruecos, J., Garcia, C., & Gimeno, M. (1996). *Metodos de Información* . Recuperado el 16 de Septiembre de 2009, de http://www.avei.org/revista/mei09/1996-09-22.pdf

Chiloeches, D. H. (4 de 2002). *Estudio de la capa física del 802.11.* Recuperado el 20 de 11 de 2008, de Estudio de la capa física del 802.11: http://agora.ya.com/biblio81/wireless/802-11-PHY.pdf

Cotua, I. J. (2009). Codificacion y Descodificacion.

Ferreia, A., Pepe, M., Lopez, F., & Guani, J. (s.f.). *VoIP en redes Corporativas.* Recuperado el 7 de Enero de 2009, de http://cita2003.fing.edu.uy/articulosvf/53.pdf

Frank, B. (10 de 11 de 2005). Voice Over Wireless LANs.

Guia basica y manual de Funcionamiento del NETSTUMBLER *(windows).* (s.f.). Recuperado el 10 de enero de 2009, de http://hwagm.elhacker.net/htm/NETSTUMBLER.htm

IEEE Wireless Communications- Special Issue Announcement. Voice over Wireless Local Area Network. (s.f.).

Performance Evaluation of IEEE 802.11e. (s.f.). Recuperado el 2 de Enero de 2009, de http://www.brillig.org/~tinton/antoniomagni.com/www/academics/UnB/TopicosDeRedesDeComunicacao/Barenco/performance-evaluation-of-ieee802.11e.pdf

Quiñonez, L. (2005). *La Voz sobre IP una guia practica.* Recuperado el 16 de Septiembre de 2009, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7280.pdf

Salinas, J. (1995). *Las Redes: Ordenadores y Telecomunicaciones en la Enseñanza Secundaria.* Recuperado el 16 de Septiembre de 2009, de http://www.uib.es/depart/gte/redes.html/

Valera, C., & Dominguez, L. (s.f.). *Redes Inalambricas. Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Informatica. Universidad de Valladolid.* Recuperado el 2 de enero de 2009, de http://www.blyx.com/public/wireless/redesInalambricas.pdf

Vaydal, E. (2007). *Curso de redes de Computadores para Ingenieros.* Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

Vinces, F., & Mendoza, J. (2008). *Despliegue y Configuracion de la red Inalambrica (Outdoor e Indoor) en el campus UCAB-Caracas.* Caracas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio de las mejoras a la plataforma WiFi de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán para soportar el servicio de VoWLAN (Apéndices y Anexos)

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Realizado por: Isaura Correia C.I 17024844
Jesús Cárdenas C.I 17300994

Tutor: Ing. Jesús Lugo

Fecha: **Caracas, 19 de Octubre del 2009**

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio de las mejoras a la plataforma WiFi de la Universidad Católica Andrés Bello – Montalbán para soportar el servicio de VoWLAN

(Apéndices y Anexos)

Realizado por: Isaura Correia C.I 17024844
Jesús Cárdenas C.I 17300994

Tutor: Ing. Jesús Lugo

Fecha: **Caracas, 19 de Octubre del 2009**

Índice General

Índice de Imágenes 3

Índice de Tablas 5

APENDICE A 7

TABLAS Y RESULTADOS 7

Tablas y Graficas de Resultados 8

I.- Estadísticas de Usuarios Conectados 8

I.1.- Tablas 8

I.2.- Graficas 14

II.- Tablas de Resultados Detalladas para anchos de bandas. 18

III.- Pruebas de Trafico VoIP 22

III.1.- Mismo *Access Point* 22

II.2.- Mismo *Access Point* con pared de por medio (Atenuación) 26

II.3.- Distintos AP 29

APENDICE B 34

EQUIPOS Y SOFTWARE 34

I.-Equipos y sus Características 35

I.1.- Características de los equipos en Uso: 35

I.1.1.- Antenas: 35

I.1.2.- *Access Point*: 36

I.1.3.- *Router*: 36

I.1.4.- *Swich* 37

I.1.5.- Amplificador 37

II.- Software 38

II.1.- CODECs: 38

II.1.1.- CODECs a Usar: 38

II.1.2.- Características de los CODEC. 38

II.1.3.- Parámetros de un códec: 40

II.2.- NETIQ CHARIOT 41

II.3.- Información Técnica de Equipos y Software 43

Índice de Imágenes

Imagen 1. Usuarios Conectados. Feria 8 AM (Creación Propia) 14
Imagen 2. Usuarios Conectados. Feria 12 M (Creación Propia) 14
Imagen 3. Usuarios Conectados. Feria 6 PM (Creación Propia) 15
Imagen 4. Usuarios Conectados. Loyola 8AM (Creación Propia) 15
Imagen 5. Usuarios Conectados. Loyola 12 M (Creación Propia) 16
Imagen 6. Usuarios Conectados. Loyola 6PM (Creación Propia) 16
Imagen 7. Usuarios Conectados. EC 8AM (Creación Propia) 17
Imagen 8. Usuarios Conectados. EC 12M (Creación Propia) 17
Imagen 9. Usuarios Conectados. EC 6 PM (Creación Propia) 18
Imagen 10. *Throughput* G711.(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 22
Imagen 11. MOS G 711(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 23
Imagen 12. *Delay* G711(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 23
Imagen 13. Perdida de Paquetes G711.(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 23
Imagen 14. *Jitter* G711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 23
Imagen 15. *Throughput* G723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 24
Imagen 16. Perdida de paquetes G. 723. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 24
Imagen 17. *Jitter* G723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 24
Imagen 18. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 24
Imagen 19. MOS G729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 25
Imagen 20. *Delay* G.729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 25
Imagen 21.Perdida de Paquetes G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 25
Imagen 22. *Jitter* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 25
Imagen 23. *Throughput* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 26
Imagen 24. MOS G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 26
Imagen 25. Perdida de Paquetes G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 26
Imagen 26. *Delay* G. 7111. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 26
Imagen 27. *Jitter* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 27
Imagen 28. *Throughput* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 27
Imagen 29. MOS G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 27

Imagen 30. *Delay* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 27
Imagen 31. Perdida de Paquetes G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 28
Imagen 32. *Jitter* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 28
Imagen 33. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 28
Imagen 34. MOS G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 28
Imagen 35. *Delay* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 29
Imagen 36. Perdida de Paquetes G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 29
Imagen 37. *Jitter* G 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 29
Imagen 38. *Throughput* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 29
Imagen 39. MOS G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 30
Imagen 40. *Delay* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 30
Imagen 41. *Jitter* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 30
Imagen 42. Throuhgput G 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 30
Imagen 43. MOS G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 31
Imagen 44. *Delay* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 31
Imagen 45. Perdida de Paquetes G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 31
Imagen 46. *Jitter* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 31
Imagen 47. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 32
Imagen 48. MOS G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot) 32
Imagen 49. *Delay* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 32
Imagen 50. Perdidas de Paquete G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 32
Imagen 51. *Jitter* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)..... 33
Imagen 52. Antena WTS. (WEB)..... 35
Imagen 53. Patrón de Radiación de la Antena WTS. (WEB) 35
Imagen 54. *Access Point* Nortel. (Nortel) 36
Imagen 55. *Router* Buffalo. (Buffalo)..... 36
Imagen 56. *Swich* Nortel. (Nortel)..... 37
Imagen 57. Amplificador Hyperlink. (Hyperlink)..... 37
Imagen 58. Colocación de *Endpoint*s (Ascanio, 2008)..... 42
Imagen 59. Valores del MOS. (Ascanio, 2008) 43

Índice de Tablas

Tabla 1. Estadísticas para Zona de Feria 8 AM y 12 M (Creación Propia) 8
Tabla 2. Estadísticas zona de Feria. 6pm y Promedio (Creación Propia) 9
Tabla 3. Estadísticas Zona de Loyola. 8 AM y 12M (Creacíon Propia) 10
Tabla 4. Estadísticas zona de Loyola. 6Pm y Promedio (Creación Propia) 11
Tabla 5. Estadística Zona de EC. 8 am y 12 M. (Creacion Propia) 12
Tabla 6. Estadísticas Zona de EC. 6pm y Promedio (Creación Propia) 13
Tabla 7. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Auditorio.(Creación Propia)... 18
Tabla 8. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Civil(Creación Propia) 18
Tabla 9. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Termodinámica. (Creación Propia) 19
Tabla 10. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L1210. (Creación Propia)..... 19
Tabla 11. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Informática. (Creación Propia) 19
Tabla 12. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Telecomunicaciones. (Creación Propia) 19
Tabla 13. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Industrial. (Creación Propia) 19
Tabla 14.Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2311. (Creación Propia)..... 20
Tabla 15. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2314. (Creación Propia)..... 20
Tabla 16. Valores afectados por el factor de crecimiento de Población. (Creación Propia) 20
Tabla 17. Anchos de Bandas afectados por el factor de crecimiento de Población. (Creación Propia) 20
Tabla 18. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Auditorio. (Creación Propia) 21
Tabla 19. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Civil. (Creación Propia)21
Tabla 20. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Termodinámica. (Creación Propia) 21
Tabla 21. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L1210. (Creación Propia)..... 21
Tabla 22. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Informática. (Creación Propia) 21

Tabla 23. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Telecomunicaciones. (Creación Propia) 21
Tabla 24. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Industrial. (Creación Propia) 22
Tabla 25. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2311. (Creación Propia)..... 22
Tabla 26. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2314. (Creación Propia)..... 22
Tabla 27. Características de los CODECs..... 40

APENDICE A

TABLAS Y RESULTADOS

Tablas y Graficas de Resultados

I.- Estadísticas de Usuarios Conectados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la toma de muestra diaria y con un promedio mensual de cantidad de Usuarios conectados a la Red.

I.1.- Tablas

- **Área de Feria**

N° usuarios	hora	Fecha	DIA	N° usuarios	hora	fecha	DIA
7	8AM	01/06/2009	LUNES	11	12M	01/06/2009	LUNES
3	8AM	02/06/2009	MARTES	15	12M	02/06/2009	MARTES
8	8AM	03/06/2009	MIERCOLES	19	12M	03/06/2009	MIERCOLES
4	8AM	04/06/2009	JUEVES	11	12M	04/06/2009	JUEVES
9	8AM	05/06/2009	VIERNES	17	12M	05/06/2009	VIERNES
5	8AM	08/06/2009	LUNES	11	12M	08/06/2009	LUNES
9	8AM	09/06/2009	MARTES	10	12M	09/06/2009	MARTES
4	8AM	10/06/2009	MIERCOLES	11	12M	10/06/2009	MIERCOLES
5	8AM	11/06/2009	JUEVES	14	12M	11/06/2009	JUEVES
3	8AM	12/06/2009	VIERNES	14	12M	12/06/2009	VIERNES
19	8AM	15/06/2009	LUNES	21	12M	15/06/2009	LUNES
12	8AM	16/06/2009	MARTES	10	12M	16/06/2009	MARTES
10	8M	17/06/2009	MIERCOLES	10	12M	17/06/2009	MIERCOLES
9	8AM	18/06/2009	JUEVES	15	12M	18/06/2009	JUEVES
20	8AM	19/06/2009	VIERNES	10	12M	19/06/2009	VIERNES
12	8AM	22/06/2009	LUNES	13	12M	22/06/2009	LUNES
3	8AM	23/06/2009	MARTES	4	12M	23/06/2009	MARTES
16	8AM	24/06/2009	MIERCOLES	13	12M	24/06/2009	MIERCOLES
11	8AM	25/06/2009	JUEVES	16	12M	25/06/2009	JUEVES
10	8AM	26/06/2009	VIERNES	14	12M	26/06/2009	VIERNES
10	8AM	29/06/2009	LUNES	18	12M	29/06/2009	LUNES
5	8AM	30/06/2009	MARTES	12	12M	30/06/2009	MARTES

Tabla 1. Estadísticas para Zona de Feria 8 AM y 12 M (Creación Propia)

N° usuarios	Hora	Fecha	Dia
15	6PM	01/06/2009	LUNES
17	6PM	02/06/2009	MARTES
13	6PM	03/06/2009	MIERCOLES
18	6PM	04/06/2009	JUEVES
10	6PM	05/06/2009	VIERNES
21	6PM	08/06/2009	LUNES
12	6PM	09/06/2009	MARTES
14	6PM	10/06/2009	MIERCOLES
18	6PM	11/06/2009	JUEVES
11	6PM	12/06/2009	VIERNES
17	6PM	15/06/2009	LUNES
13	6PM	16/06/2009	MARTES
19	6PM	17/06/2009	MIERCOLES
12	6PM	18/06/2009	JUEVES
17	6PM	19/06/2009	VIERNES
20	6PM	22/06/2009	LUNES
18	6PM	23/06/2009	MARTES
15	6PM	24/06/2009	MIERCOLES
13	6PM	25/06/2009	JUEVES
20	6PM	26/06/2009	VIERNES
8	6PM	29/06/2009	LUNES
15	6M	30/06/2009	MARTES

PROMEDIO	HORA
9	08:00 a.m.
13	12:00 p.m.
15	06:00 p.m.

Tabla 2. Estadísticas zona de Feria. 6pm y Promedio (Creación Propia)

- Área de Loyola

N° usuarios	hora	fecha	DIA	N° usuarios	hora	Fecha	DIA
23	8AM	01/06/2009	LUNES	44	12M	01/06/2009	LUNES
15	8AM	02/06/2009	MARTES	29	12M	02/06/2009	MARTES
24	8AM	03/06/2009	MIERCOLES	26	12M	03/06/2009	MIERCOLES
17	8AM	04/06/2009	JUEVES	55	12M	04/06/2009	JUEVES
31	8AM	05/06/2009	VIERNES	41	12M	05/06/2009	VIERNES
15	8AM	08/06/2009	LUNES	56	12M	08/06/2009	LUNES
12	8AM	09/06/2009	MARTES	44	12M	09/06/2009	MARTES
23	8AM	10/06/2009	MIERCOLES	45	12M	10/06/2009	MIERCOLES
33	8AM	11/06/2009	JUEVES	46	12M	11/06/2009	JUEVES
29	8AM	12/06/2009	VIERNES	53	12M	12/06/2009	VIERNES
28	8AM	15/06/2009	LUNES	31	12M	15/06/2009	LUNES
45	8AM	16/06/2009	MARTES	34	12M	16/06/2009	MARTES
33	8M	17/06/2009	MIERCOLES	40	12M	17/06/2009	MIERCOLES
33	8AM	18/06/2009	JUEVES	28	12M	18/06/2009	JUEVES
18	8AM	19/06/2009	VIERNES	33	12M	19/06/2009	VIERNES
21	8AM	22/06/2009	LUNES	45	12M	22/06/2009	LUNES
27	8AM	23/06/2009	MARTES	19	12M	23/06/2009	MARTES
16	8AM	24/06/2009	MIERCOLES	11	12M	24/06/2009	MIERCOLES
29	8AM	25/06/2009	JUEVES	26	12M	25/06/2009	JUEVES
11	8AM	26/06/2009	VIERNES	40	12M	26/06/2009	VIERNES
24	8AM	29/06/2009	LUNES	45	12M	29/06/2009	LUNES
31	8AM	30/06/2009	MARTES	20	12M	30/06/2009	MARTES

Tabla 3. Estadísticas Zona de Loyola. 8 AM y 12M (Creación Propia)

N° usuarios	hora	fecha	DIA
38	6PM	01/06/2009	LUNES
55	6PM	02/06/2009	MARTES
42	6PM	03/06/2009	MIERCOLES
36	6PM	04/06/2009	JUEVES
20	6PM	05/06/2009	VIERNES
51	6PM	08/06/2009	LUNES
38	6PM	09/06/2009	MARTES
53	6PM	10/06/2009	MIERCOLES
56	6PM	11/06/2009	JUEVES
38	6PM	12/06/2009	VIERNES
51	6PM	15/06/2009	LUNES
47	6PM	16/06/2009	MARTES
60	6PM	17/06/2009	MIERCOLES
55	6PM	18/06/2009	JUEVES
52	6PM	19/06/2009	VIERNES
60	6PM	22/06/2009	LUNES
45	6PM	23/06/2009	MARTES
49	6PM	24/06/2009	MIERCOLES
29	6PM	25/06/2009	JUEVES
38	6PM	26/06/2009	VIERNES
44	6PM	29/06/2009	LUNES
55	6PM	30/06/2009	MARTES

PROMEDIO	HORA
24	08:00 a.m.
37	12:00 p.m.
46	06:00 p.m.

Tabla 4. Estadísticas zona de Loyola. 6Pm y Promedio (Creación Propia)

- Área de EC

N° usuarios	hora	fecha	DIA
31	8AM	01/06/2009	LUNES
16	8AM	02/06/2009	MARTES
11	8AM	03/06/2009	MIERCOLES
25	8AM	04/06/2009	JUEVES
24	8AM	05/06/2009	VIERNES
30	8AM	08/06/2009	LUNES
17	8AM	09/06/2009	MARTES
21	8AM	10/06/2009	MIERCOLES
35	8AM	11/06/2009	JUEVES
25	8AM	12/06/2009	VIERNES
39	8AM	15/06/2009	LUNES
17	8AM	16/06/2009	MARTES
17	8M	17/06/2009	MIERCOLES
27	8AM	18/06/2009	JUEVES
15	8AM	19/06/2009	VIERNES
16	8AM	22/06/2009	LUNES
34	8AM	23/06/2009	MARTES
18	8AM	24/06/2009	MIERCOLES
11	8AM	25/06/2009	JUEVES
15	8AM	26/06/2009	VIERNES
30	8AM	29/06/2009	LUNES
20	8AM	30/06/2009	MARTES

N° usuarios	hora	fecha	DIA
11	12M	01/06/2009	LUNES
32	12M	02/06/2009	MARTES
21	12M	03/06/2009	MIERCOLES
19	12M	04/06/2009	JUEVES
23	12M	05/06/2009	VIERNES
13	12M	08/06/2009	LUNES
16	12M	09/06/2009	MARTES
9	12m	10/06/2009	MIERCOLES
28	12M	11/06/2009	JUEVES
19	12M	12/06/2009	VIERNES
14	12M	15/06/2009	LUNES
21	12M	16/06/2009	MARTES
13	12M	17/06/2009	MIERCOLES
16	12M	18/06/2009	JUEVES
21	12M	19/06/2009	VIERNES
17	12M	22/06/2009	LUNES
19	12M	23/06/2009	MARTES
13	12M	24/06/2009	MIERCOLES
18	12M	25/06/2009	JUEVES
31	12M	26/06/2009	VIERNES
14	12M	29/06/2009	LUNES
15	12M	30/06/2009	MARTES

Tabla 5. Estadística Zona de EC. 8 am y 12 M. (Creacion Propia)

N° usuarios	hora	fecha	DIA
10	6PM	01/06/2009	LUNES
13	6PM	02/06/2009	MARTES
6	6PM	03/06/2009	MIERCOLES
15	6PM	04/06/2009	JUEVES
17	6PM	05/06/2009	VIERNES
11	6PM	08/06/2009	LUNES
10	6PM	09/06/2009	MARTES
19	6PM	10/06/2009	MIERCOLES
11	6PM	11/06/2009	JUEVES
9	6PM	12/06/2009	VIERNES
12	6PM	15/06/2009	LUNES
14	6PM	16/06/2009	MARTES
14	6PM	17/06/2009	MIERCOLES
17	6PM	18/06/2009	JUEVES
8	6PM	19/06/2009	VIERNES
11	6PM	22/06/2009	LUNES
13	6PM	23/06/2009	MARTES
20	6PM	24/06/2009	MIERCOLES
12	6PM	25/06/2009	JUEVES
21	6PM	26/06/2009	VIERNES
13	6PM	29/06/2009	LUNES
18	6PM	30/06/2009	MARTES

PROMEDIO	HORA
22	08:00 a.m.
18	12:00 p.m.
13	06:00 p.m.

Tabla 6. Estadísticas Zona de EC. 6pm y Promedio (Creación Propia)

I.2.- Graficas

- Feria

Imagen 1. Usuarios Conectados. Feria 8 AM (Creación Propia)

Imagen 2. Usuarios Conectados. Feria 12 M (Creación Propia)

Imagen 3. Usuarios Conectados. Feria 6 PM (Creación Propia)

- Loyola

Imagen 4. Usuarios Conectados. Loyola 8AM (Creación Propia)

Imagen 5. Usuarios Conectados. Loyola 12 M (Creación Propia)

Imagen 6. Usuarios Conectados. Loyola 6PM (Creación Propia)

- EC

Imagen 7. Usuarios Conectados. EC 8AM (Creación Propia)

Imagen 8. Usuarios Conectados. EC 12M (Creación Propia)

Imagen 9. Usuarios Conectados. EC 6 PM (Creación Propia)

II.- Tablas de Resultados Detalladas para anchos de bandas.

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	7200	0	12000	19,29
G723.1	6,93	7200	0	12000	19,21
G729	11,7	7200	0	12000	19,21

Tabla 7. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Auditorio.(Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	2100	200	12000	14,37
G723.1	5,2	2100	200	12000	14,31
G729	8,78	2100	200	12000	14,31

Tabla 8. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Civil(Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	3900	0	12000	15,99
G723.1	6,93	3900	0	12000	15,91
G729	11,7	3900	0	12000	15,91

Tabla 9. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Termodinámica. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	6300	0	12000	18,39
G723.1	6,93	6300	0	12000	18,31
G729	11,7	6300	0	12000	18,31

Tabla 10. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L1210. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	140,4	3900	200	12000	16,24
G723.1	10,4	3900	200	12000	16,11
G729	17,55	3900	200	12000	16,12

Tabla 11. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Informática. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	1200	200	12000	13,47
G723.1	5,2	1200	200	12000	13,41
G729	8,78	1200	200	12000	13,41

Tabla 12. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Telecomunicaciones. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	1200	200	12000	13,47
G723.1	5,2	1200	200	12000	13,41
G729	8,78	1200	200	12000	13,41

Tabla 13. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Industrial. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	4800	0	12000	16,87
G723.1	5,2	4800	0	12000	16,81
G729	8,78	4800	0	12000	16,81

Tabla 14.Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2311. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	4800	0	12000	16,87
G723.1	5,2	4800	0	12000	16,81
G729	8,78	4800	0	12000	16,81

Tabla 15. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2314. (Creación Propia)

Access Point	Total Usuarios	Erlang	Canales
Auditorio	36	0,54	4
Civil	12	0,18	3
Termodinámica	18	0,27	3
L1210	30	0,45	4
Informática	20	0,31	3
Telecomunicaciones	8	0,13	3
Industrial	8	0,13	3
L2311	24	0,36	4
L2314	24	0,36	4

Tabla 16. Valores afectados por el factor de crecimiento de Población. (Creación Propia)

Access Point	G.711(Kbps)	G723.1(Kbps)	G729(Kbps)
Auditorio	93,6	6,93	11,7
Civil	70,2	5,2	8,78
Termodinámica	70,2	5,2	8,78
L1210	93,6	6,93	11,7
Informática	70,2	5,2	8,78
Telecomunicaciones	70,2	5,2	8,78
Industrial	70,2	5,2	8,78
L2311	93,6	6,93	11,7
L2314	93,6	6,93	11,7

Tabla 17. Anchos de Bandas afectados por el factor de crecimiento de Población. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	8640	0	14400	23,13
G723.1	6,93	8640	0	14400	23,05
G729	11,7	8640	0	14400	23,05

Tabla 18. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Auditorio. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	2400	200	14400	17,07
G723.1	5,2	2400	200	14400	17,01
G729	8,78	2400	200	14400	17,01

Tabla 19. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Civil. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	4680	0	14400	19,15
G723.1	5,2	4680	0	14400	19,09
G729	8,78	4680	0	14400	19,09

Tabla 20. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Termodinámica. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	7560	0	14400	22,05
G723.1	6,93	7560	0	14400	21,97
G729	11,7	7560	0	14400	21,97

Tabla 21. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L1210. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	4680	200	14400	19,35
G723.1	5,2	4680	200	14400	19,29
G729	8,78	4680	200	14400	19,29

Tabla 22. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Informática. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	1440	200	14400	16,11
G723.1	5,2	1440	200	14400	16,05
G729	8,78	1440	200	14400	16,05

Tabla 23. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Telecomunicaciones. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	70,2	1440	200	14400	16,11
G723.1	5,2	1440	200	14400	16,05
G729	8,78	1440	200	14400	16,05

Tabla 24. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de Esc. Industrial. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	5760	0	14400	20,25
G723.1	6,93	5760	0	14400	20,17
G729	11,7	5760	0	14400	20,17

Tabla 25. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2311. (Creación Propia)

VOZ(Kbps)		DATOS (Kbps)	IMPRESORAS (Kbps)	RESERVADO PARA VIDEO CONF. (Kbps)	TOTAL REQUERIDO(Mbps)
G.711	93,6	5760	0	12000	17,85
G723.1	6,93	5760	0	12000	17,77
G729	11,7	5760	0	12000	17,77

Tabla 26. Ancho de banda requerido por el *Access Point* de L2314. (Creación Propia)

III.- Pruebas de Trafico VoIP

III.1.- Mismo *Access Point*

- **G711**

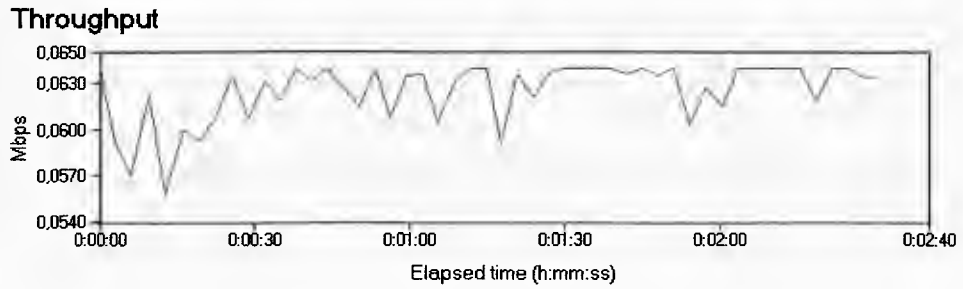


Imagen 10. *Throughput* G711.(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

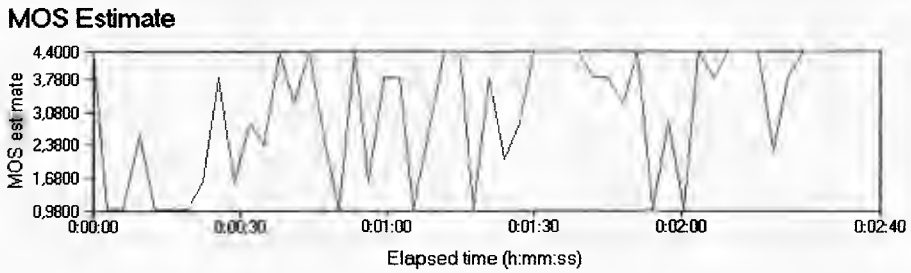


Imagen 11. MOS G 711(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

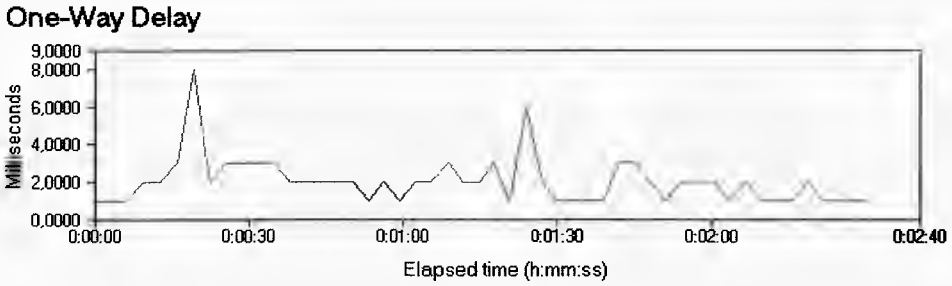


Imagen 12. *Delay* G711(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

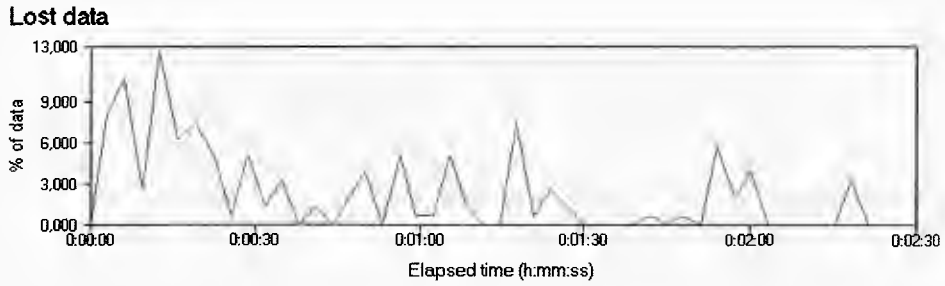


Imagen 13. Perdida de Paquetes G711.(Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

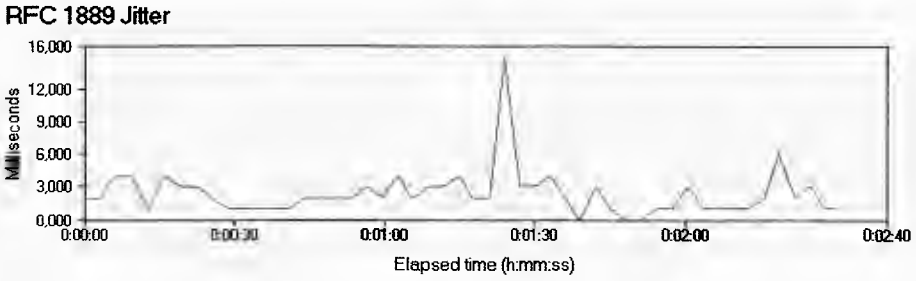


Imagen 14. *Jitter* G711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G723.1**

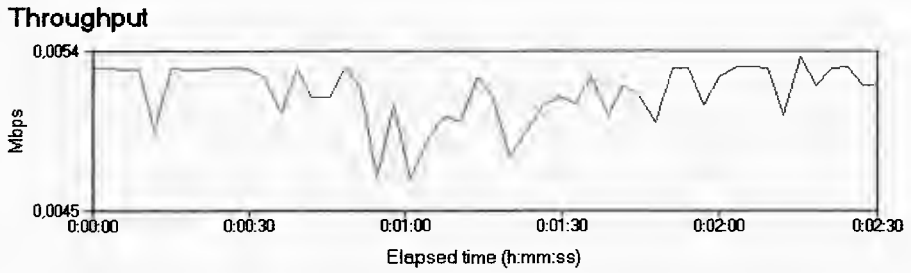


Imagen 15. *Throughput* G723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

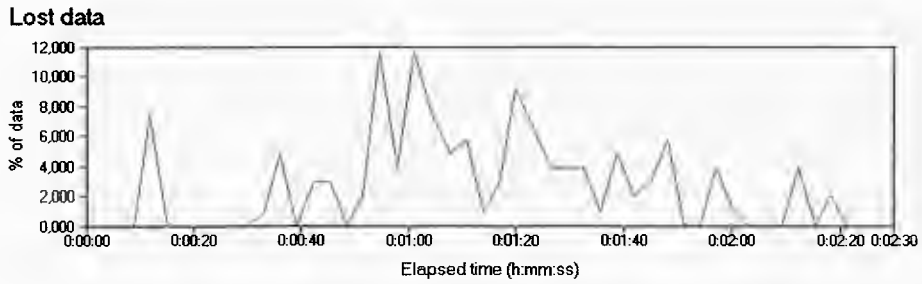


Imagen 16. Perdida de paquetes G. 723. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

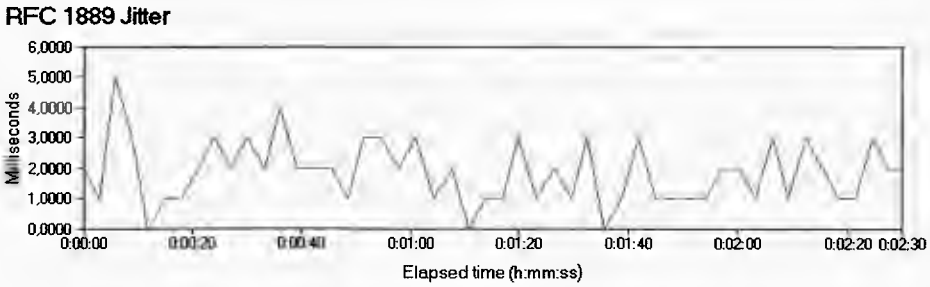


Imagen 17. *Jitter* G723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G729**

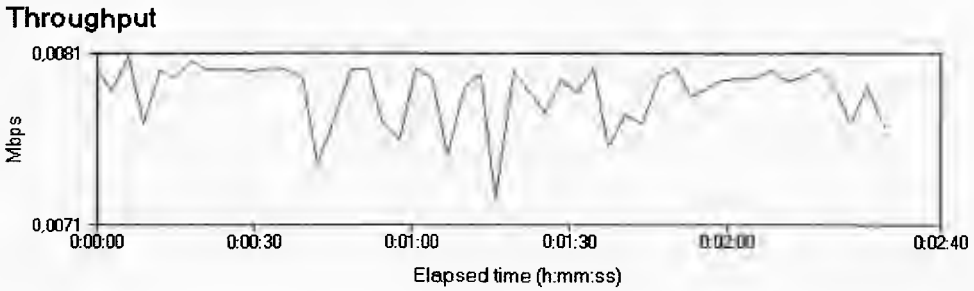


Imagen 18. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

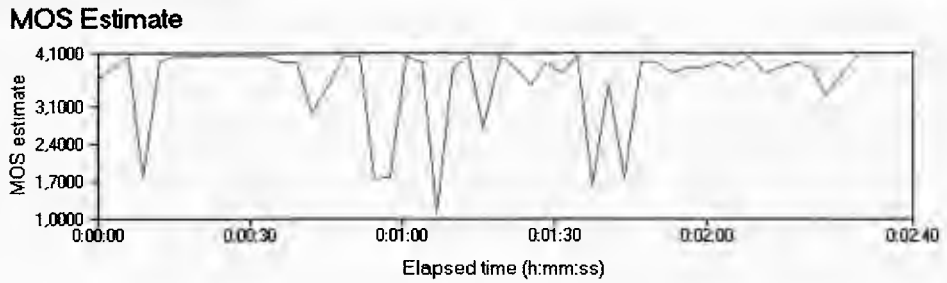


Imagen 19. MOS G729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

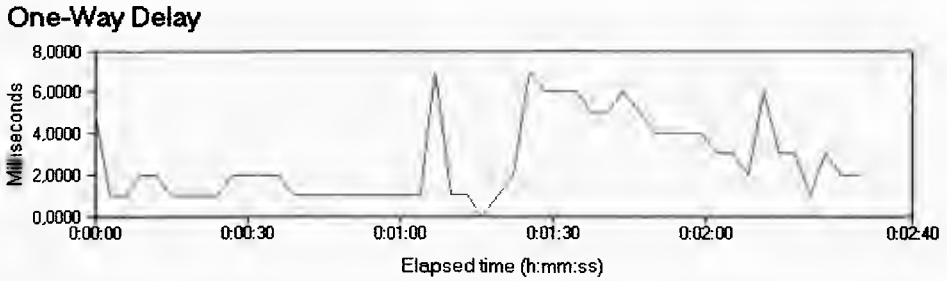


Imagen 20. *Delay* G.729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

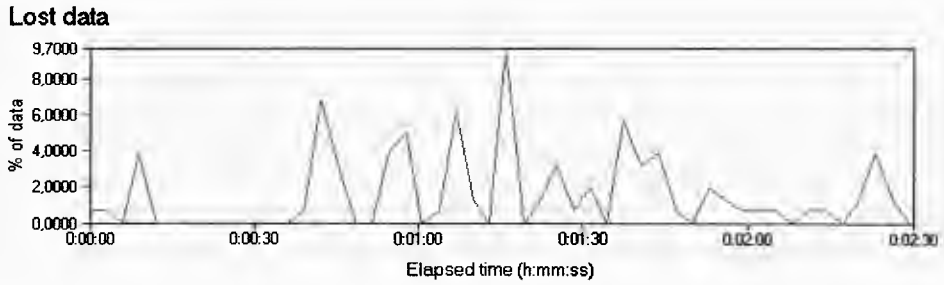


Imagen 21.Perdida de Paquetes G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

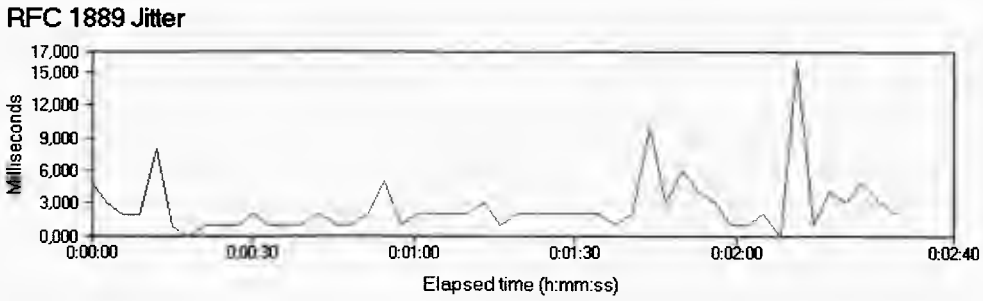


Imagen 22. *Jitter* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

II.2.- Mismo *Access Point* con pared de por medio (Atenuación)

- **G711**

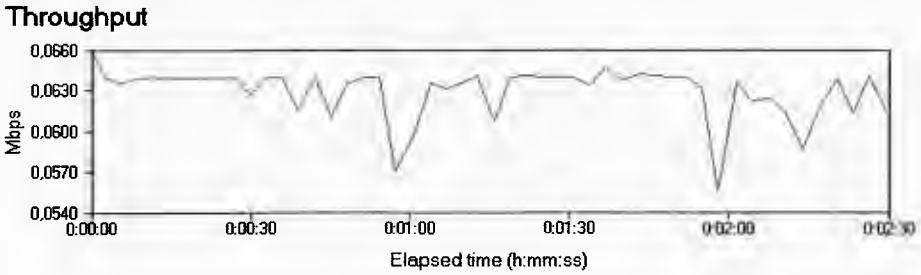


Imagen 23. *Throughput* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

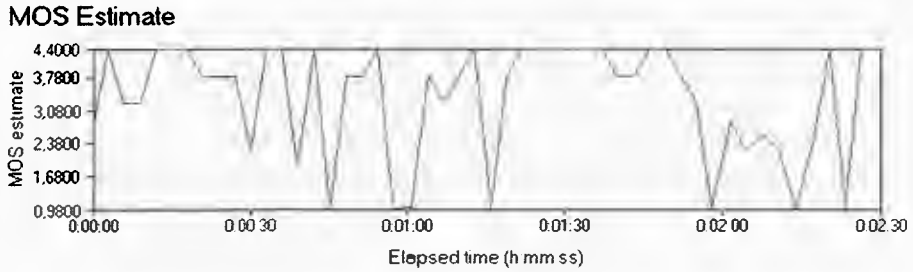


Imagen 24. MOS G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

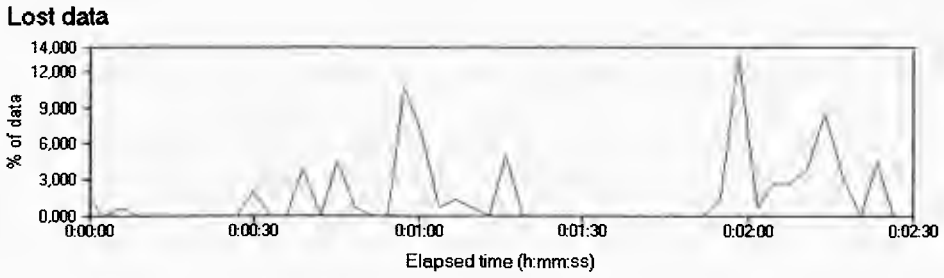


Imagen 25. Perdida de Paquetes G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

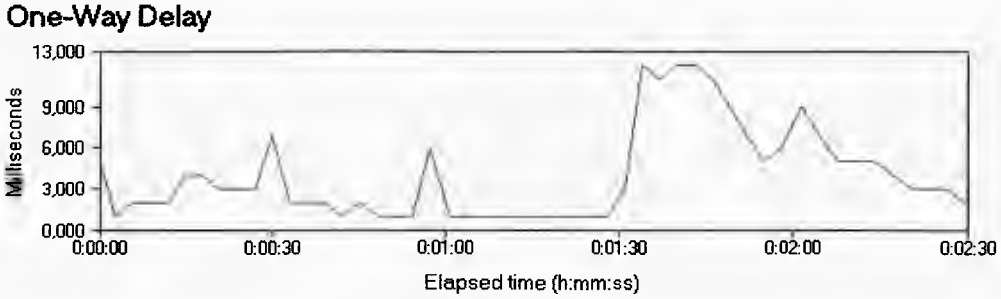


Imagen 26. *Delay* G. 7111. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

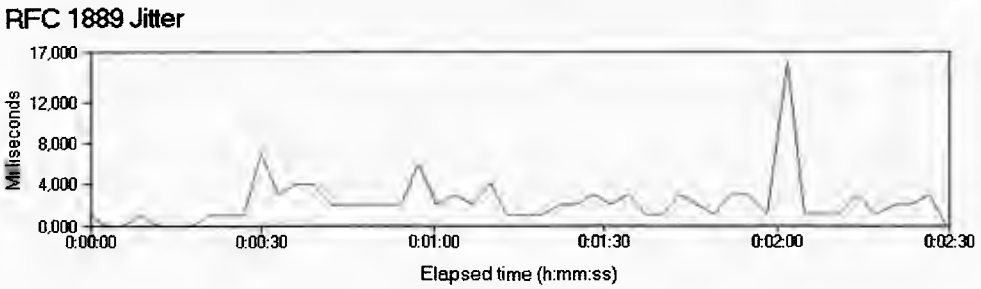


Imagen 27. *Jitter* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G723.1**

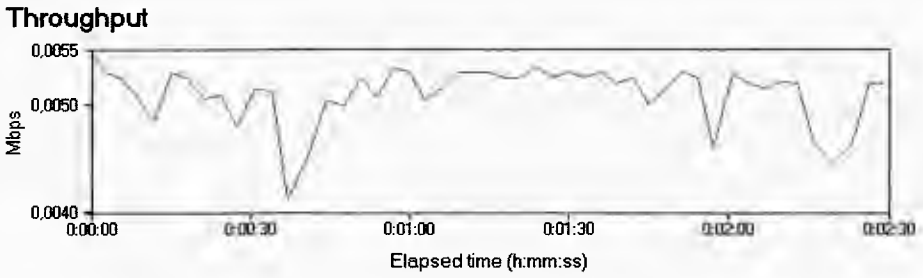


Imagen 28. *Throughput* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

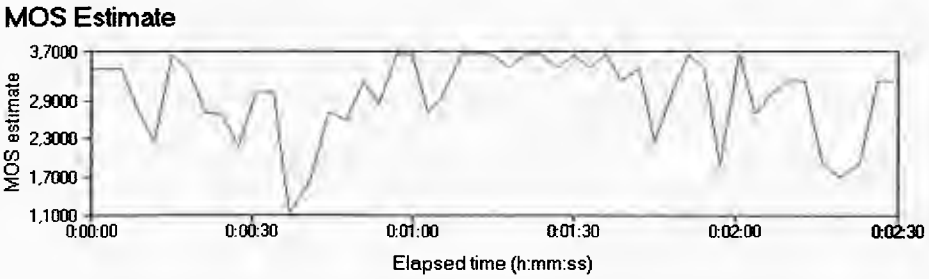


Imagen 29. MOS G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

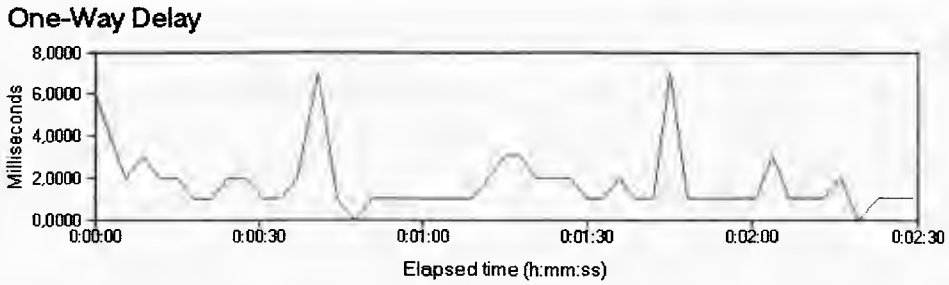


Imagen 30. *Delay* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

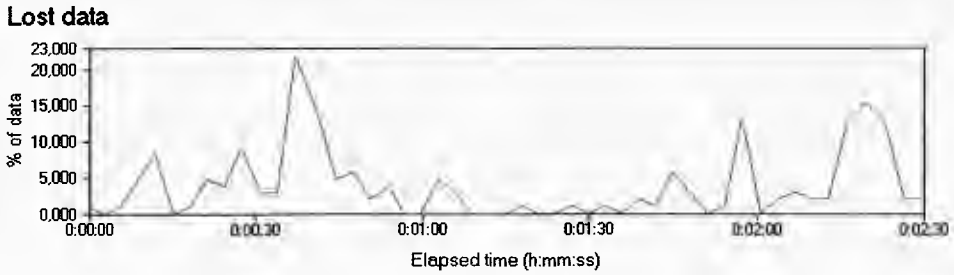


Imagen 31. Perdida de Paquetes G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

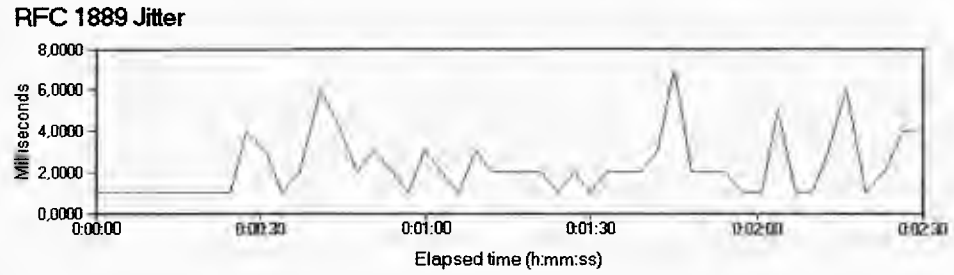


Imagen 32. *Jitter* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G729**

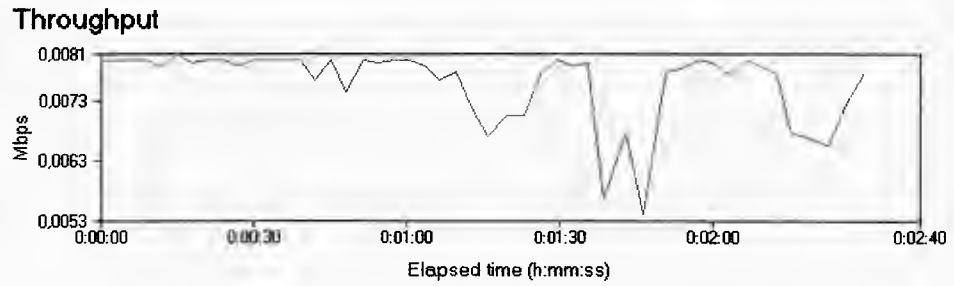


Imagen 33. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

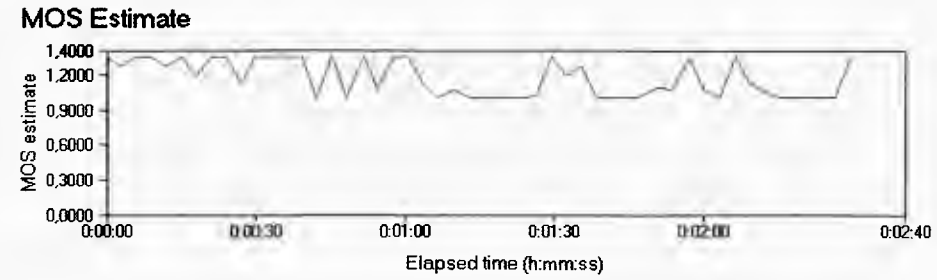


Imagen 34. MOS G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

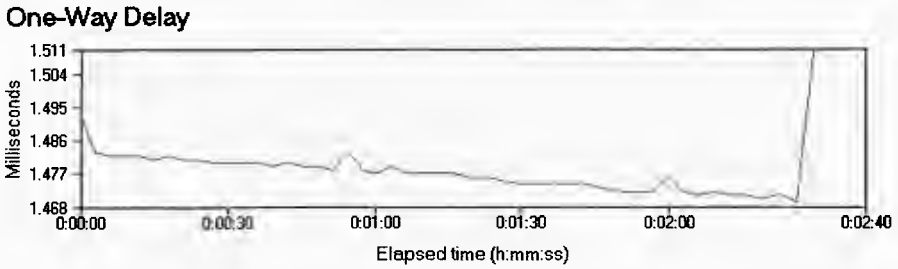


Imagen 35. *Delay* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

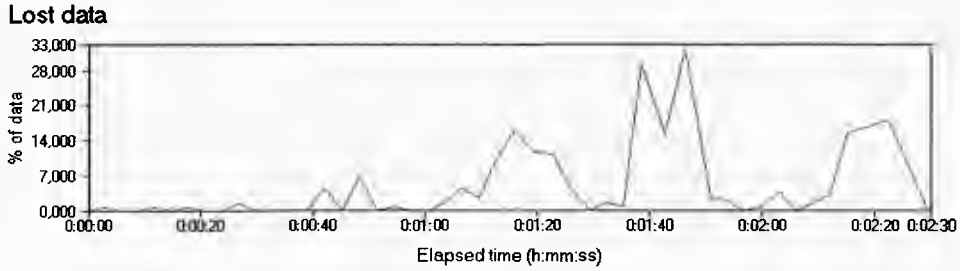


Imagen 36. Perdida de Paquetes G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

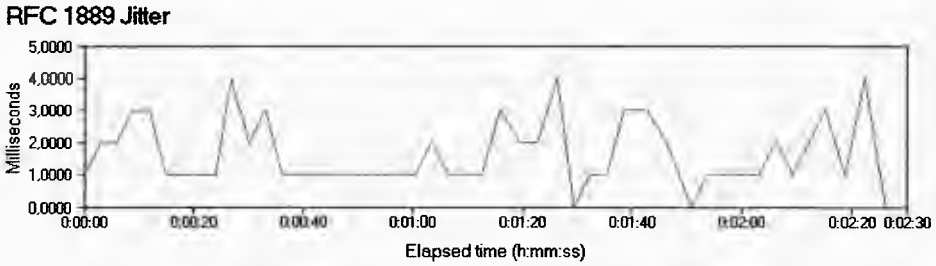


Imagen 37. *Jitter* G 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

II.3.- Distintos AP

- **G711**

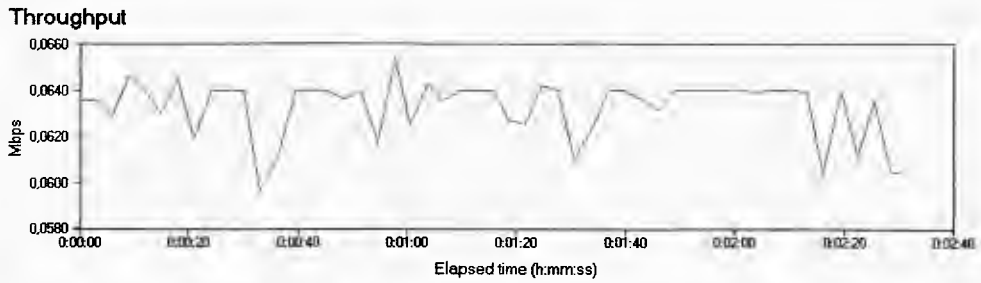


Imagen 38. *Throughput* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

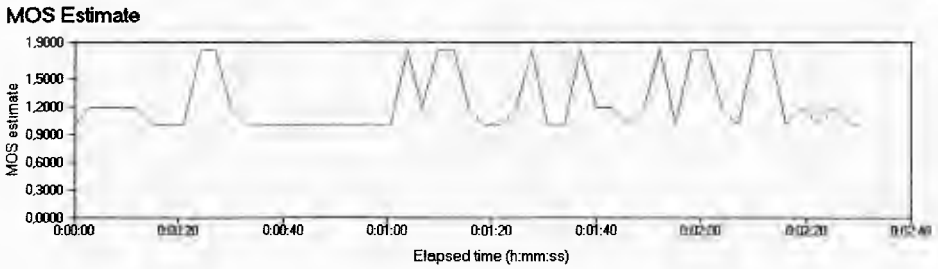


Imagen 39. MOS G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

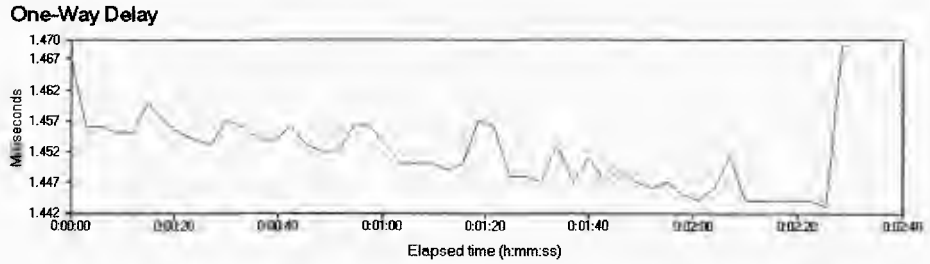


Imagen 40. *Delay* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

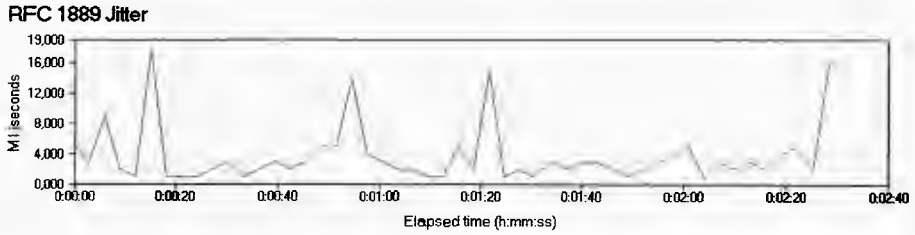


Imagen 41. *Jitter* G. 711. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G723.1**

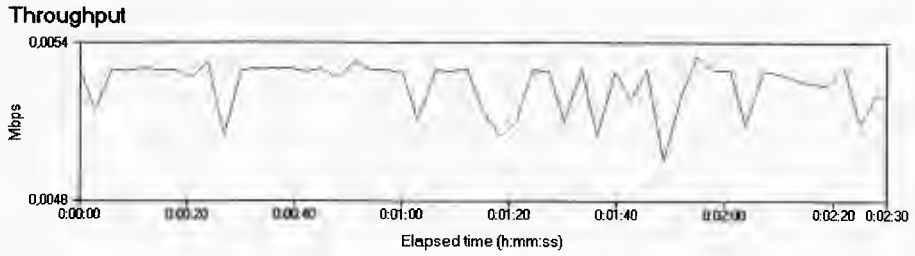


Imagen 42. Throuhgput G 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

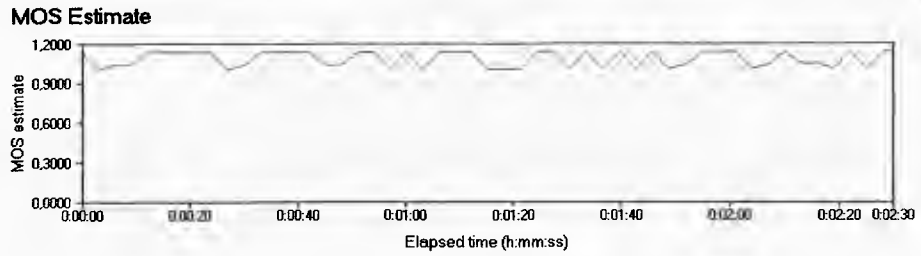


Imagen 43. MOS G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

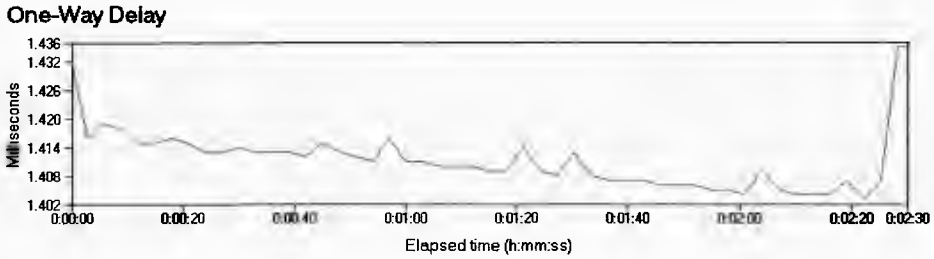


Imagen 44. *Delay* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

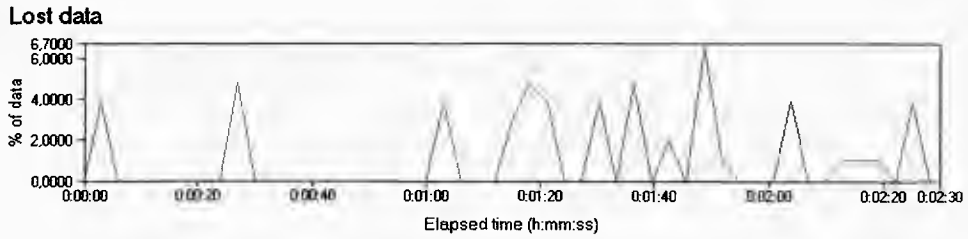


Imagen 45. Perdida de Paquetes G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

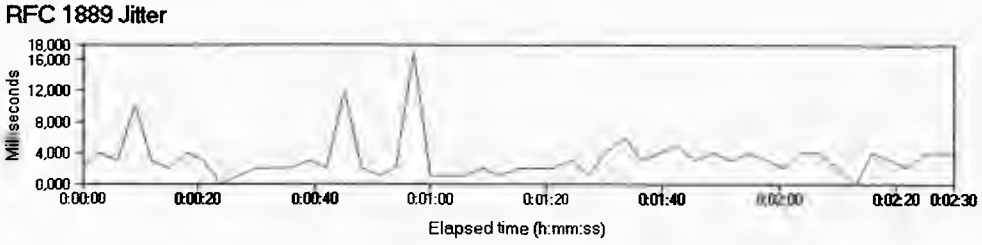


Imagen 46. *Jitter* G. 723.1. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

- **G729**

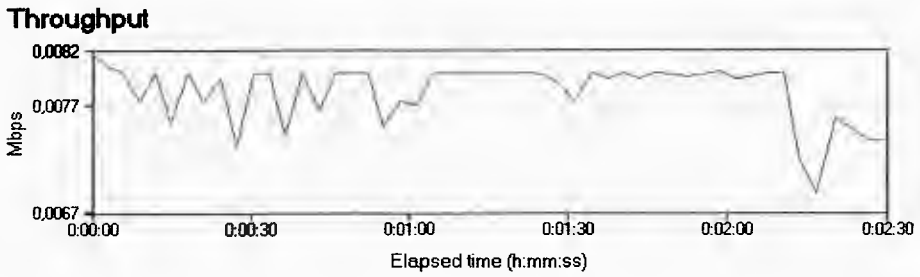


Imagen 47. *Throughput* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

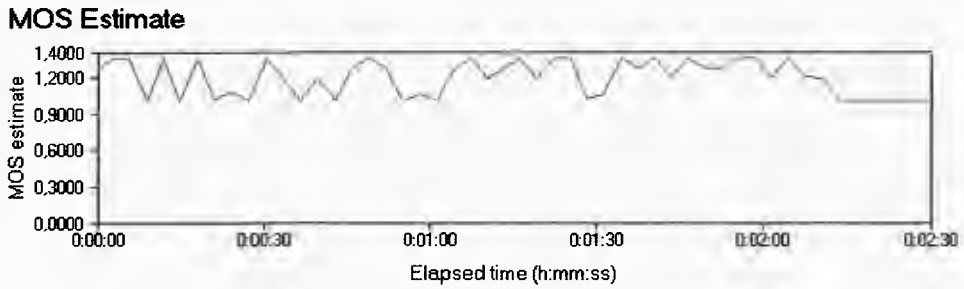


Imagen 48. MOS G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

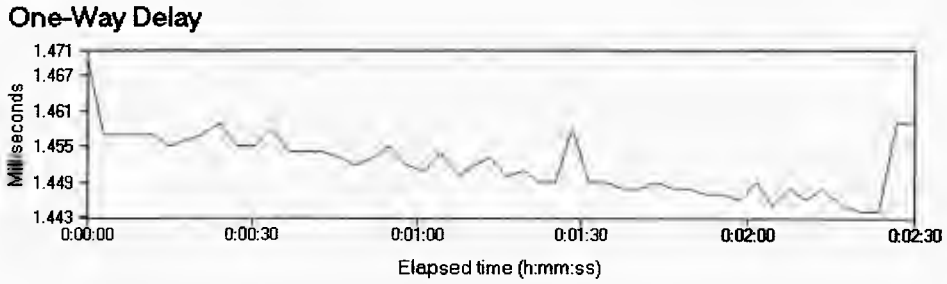


Imagen 49. *Delay* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

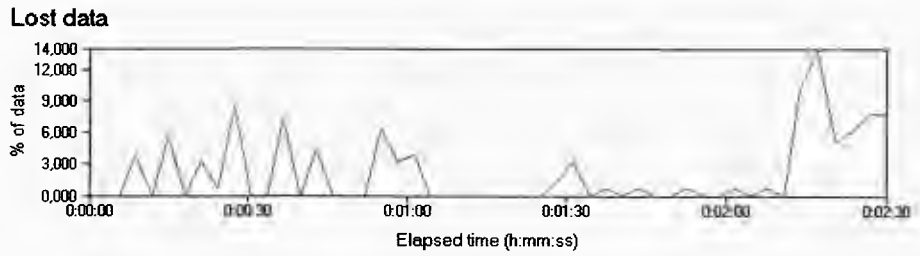


Imagen 50. Perdidas de Paquete G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

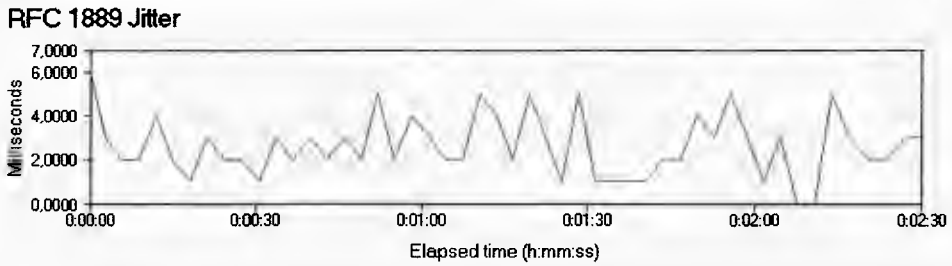


Imagen 51. *Jitter* G. 729. (Obtenido de Simulacion. NetIQ Chariot)

APENDICE B

EQUIPOS Y SOFTWARE

I.-Equipos y sus Características

I.1.- Características de los equipos en Uso:

Los equipos que se encuentran operando en la Red Inalámbrica de la UCAB actualmente, son los siguientes:

I.1.1.- Antenas:

Son antenas omnidireccionales, con una cobertura de 180°, y una ganancia de 17dBi y potencia de 1W, 1.5:1 de VSWR indicando así, menor índice de pérdida de potencia. Su marca es de la empresa WTS (*Wireless Technology Service*). En la Imagen 52 se puede apreciar el equipo y en la imagen 53 se puede observa el patrón de radiación

Imagen 52. Antena WTS. (WEB)

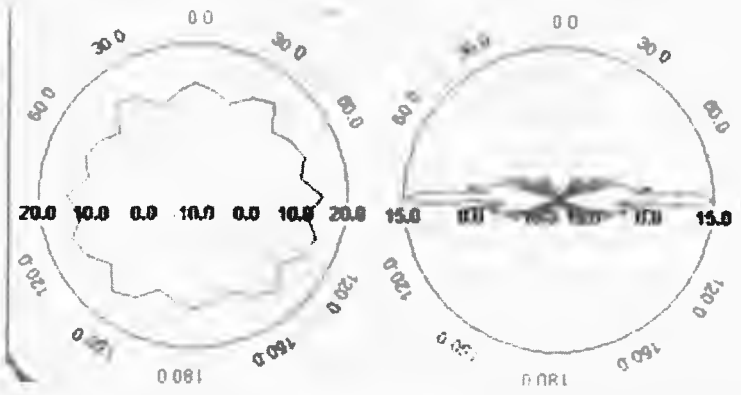


Imagen 53. Patrón de Radiación de la Antena WTS. (WEB)

I.1.2.- *Access Point*:

Access Point marca NORTEL modelo 2330A y 2330B, omnidireccional, con nivel de ganancia de 2 dBi y una Potencia de transmisión de 18dBm, trabaja a frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz y velocidad de transferencia de 54 Mbps, tecnología de conectividad inalámbrica estándar IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g, su fuente de alimentación es por medio del cable UTP con conector RJ-45, velocidad de 10/100 BASE-T y método de autenticación SSID. En la Imagen 54 se muestra el equipo.

Imagen 54. *Access Point* Nortel. (Nortel)

I.1.3.- *Router*:

Router marca BUFFALO, emite potencias de 84mW, trabaja bajo el estándar 802.11g, soporta seguridad de tipo WPA-PSK y WEP. Posee servidor DHCP y *Swicht* de 4 puertos 10/100, extiende los alcances de los dispositivos hasta un 70% y el rendimiento global en un 50%. El equipo se muestra en la Imagen 55.

Imagen 55. *Router* Buffalo. (Buffalo)

I.1.4.- *Swich*

El *Swich* NORTEL modelo 2380 security es un equipo que posee 4 puerto Ethernet 10-BASE-T, Ethernet 100-BASE.TX y Ethernet 1000-BASE-T, trabaja con varios estándares de la IEEE, en especial con el 802.11g. La velocidad de transferencia es de 1 Gbps. Protección de Firewall y cifrado WAP y WAP2. Protocolos de conectividad Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. Se puede apreciar en la Imagen 56.

Imagen 56. *Swich* Nortel. (Nortel)

I.1.5.- Amplificador

Es un equipo de aluminio, marca HYPERLINK, de 1W y para su instalación *Outdoor*, colocado en las antenas para ayudar en la compensación de las pérdidas de potencia por cable, y ajusta automáticamente la ganancia del amplificador para que su salida sea constante. Se puede apreciar el equipo en la Imagen 57.

Imagen 57. Amplificador Hyperlink. (Hyperlink)

II.- Software

II.1.- CODECs:

Códec es una abreviatura de Codificador-Decodificador. Es un software o hardware, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos (*stream*) o una señal. Los CODECs codifican la señal (a menudo para la transmisión, el almacenaje o el cifrado) para luego recuperar o descifrar del mismo modo para la reproducción o la manipulación en un formato más apropiado para estas operaciones. Los códec son usados a menudo en videoconferencias y en trasmisiones de Voz.

II.1.1.- CODECs a Usar:

Luego de un levantamiento de información y de revisar en los documentos de la ITU-T, se encontró que los códec que se recomiendan a usar para su uso en aplicaciones como de Voz sobre IP fueron los siguientes:

- G711
- G723.1
- G729

II.1.2.- Características de los CODEC.

El estándar G.711 (64 Kbps) es utilizado para la compresión de audio, principalmente en telefonía y data del año 1972. Representa señales de audio con frecuencias de la voz humana mediante muestras comprimidas de una señal de voz digital con una frecuencia de muestreo de 8000 muestras por segundo. Para este estándar existen dos algoritmos principales: la ley μ (usado en Norteamérica y Japón) y la ley A (usado en Europa y el resto del mundo).

Cuando no existen pérdidas de paquetes, este CODEC es que el que ofrece mejor calidad, debido a la alta tasa de bits que emplea.

El estándar G.723.1 (6,3 Kbps) fue aprobado en Noviembre de 1995. Se establece que puede ser utilizado para la compresión de la voz o compresión de la componente de audio de servicios multimedia que operan con una baja tasa de bits. Está diseñado para funcionar con una señal digital obtenida del filtrado de la entrada analógica, tomando en cuenta el ancho de banda. El proceso comienza con un muestreo de la señal a 8000 muestras por segundo y continúa haciendo la conversión a PCM lineal de 16 bits para la entrada del codificador. La salida del decodificador se convierte de nuevo a analógica por medios similares. Este CODEC se basa en principios de análisis de predicción lineal y opera con una baja tasa de bits pero sin comprometer la calidad de la voz.

El estándar G.729 (8 Kbps) fue desarrollado con la colaboración de la Universidad de Sherbrooke y aprobado en 1995. Ofrece una calidad muy aceptable de la voz con retardos del orden de 30 ms. obteniendo tramas de 10 ms de longitud. Para la comunicación en ambos sentidos (emisor-receptor) se obtienen retardos del orden de 90 ms. Teniendo en cuenta que el máximo retardo permisible para garantizar una calidad de conversación adecuada se sitúa en torno a los 300 ms.

G.729 ofrece oportunidades que permiten realizar un aumento significativo en la utilización de ancho de banda existente en la telefonía y las aplicaciones inalámbricas.

Todas las especificaciones se muestran en la tabla 7.

Codec Information				Bandwidth Calculations					
Codec & Bit Rate (Kbps)	**Codec Sample Size (Bytes)**	**Codec Sample Interval (ms)**	**Mean Opinion Score (MOS)**	**Voice Payload Size (Bytes)**	**Voice Payload Size (ms)**	**Packets Per Second (PPS)**	**Bandwidth MP or FRF.12 (Kbps)**	**Bandwidth w/cRTP MP or FRF.12 (Kbps)**	**Bandwidth Ethernet (Kbps)**
G.711 (64 Kbps)	80 Bytes	10 ms	4.1	160 Bytes	20 ms	50	82.8 Kbps	67.6 Kbps	87.2 Kbps
G.729 (8 Kbps)	10 Bytes	10 ms	3.92	20 Bytes	20 ms	50	26.8 Kbps	11.6 Kbps	31.2 Kbps
G.723.1 (6.3 Kbps)	24 Bytes	30 ms	3.9	24 Bytes	30 ms	34	18.9 Kbps	8.8 Kbps	21.9 Kbps
G.723.1 (5.3 Kbps)	20 Bytes	30 ms	3.8	20 Bytes	30 ms	34	17.9 Kbps	7.7 Kbps	20.8 Kbps
G.726 (32 Kbps)	20 Bytes	5 ms	3.85	80 Bytes	20 ms	50	50.8 Kbps	35.6 Kbps	55.2 Kbps
G.726 (24 Kbps)	15 Bytes	5 ms		60 Bytes	20 ms	50	42.8 Kbps	27.6 Kbps	47.2 Kbps
G.728 (16 Kbps)	10 Bytes	5 ms	3.61	60 Bytes	30 ms	34	28.5 Kbps	18.4 Kbps	31.5 Kbps

Tabla 27. Características de los CODECs

II.1.3.- Parámetros de un códec:

-Tamaño del *Frames* en Bytes: Fbytes

-Tamaño del *Frames* en Milisegundos: Fms

-Tamaño del *Frames* Comprimido en Bytes: F

-Tasa de Compresión Nativa: 1:M

-Número de *Frames*s Comprimidos enviados por *Payload*: K

-Tamaño del *Payload* en Bytes: Pbytes bytes

-Tamaño del *Payload* en Milisegundos: Pms

-Tamaño Total del paquete: Ttp tp

-Paquetes por Segundo: PPS

-Packet Loss Concealment: Yes / No

-Dualrate / Multirate: Yes / No

-Tasa de Bits en Interface: T (depende de wifi)

-Niveles de Procesamiento: MIPS

-Retardo de Pre-Procesamiento y Retardo Intrínseco

-Escala MOS

-Privativo o un Estándar

-Tasa de Bits Nativa del Algoritmo de Compresión: Tb-nativa

II.2.- NETIQ CHARIOT

Es una herramienta que permite generar tráfico de forma controlada y planificada, con la finalidad de emular aplicaciones sobre redes de datos en tiempo real, sin la necesidad de instalar tales aplicaciones en la plataforma de Red. Permite estudiar, analizar y predecir de manera acertada el comportamiento de ciertas aplicaciones en una infraestructura de red determinada.

Para poder realizar pruebas con este software es necesario tener:

- Una Consola: Es el equipo donde se encuentra el programa principal y donde se establecen todos los paramentaros a modificar, y donde se obtienen los resultados.
- Dos *Endpoint*: Es un servicio que se encuentra activo en cada computador. Preferiblemente dedicado a solo hacer la prueba.

Su manera de hacer uso de los *Endpoint* es de la siguiente manera:

El *Endpoint* 1 es el encargado de recolectar y reportar los resultados de la misma a la consola. Y su colocación es de la manera mostrada en la imagen 58.

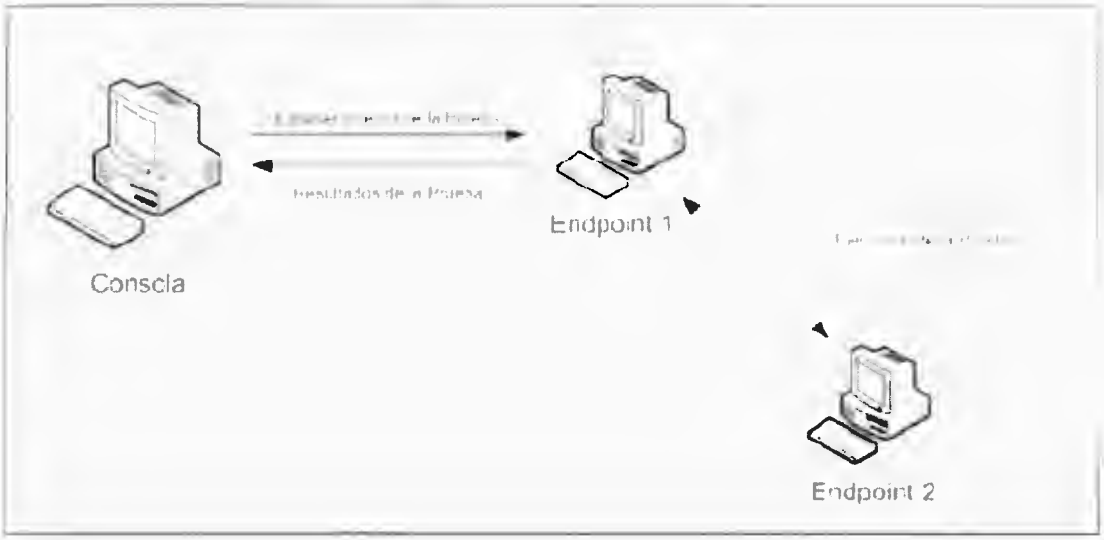


Imagen 58. Colocación de *Endpoints* (Ascanio, 2008)

Una prueba puede incluir un único par o en su defecto miles de ellos, todo depende del tipo de prueba a hacer y de la licencia obtenida.

La consola de CHARIOT viene equipada con una serie de *script* preestablecidos, facilitando así la emulación de ciertas aplicaciones. Los más destacados de ellos son los siguientes:

- *Troughput*
- Response Time
- G. 711A
- G. 711U
- G. 723.1ACELP
- G. 723.1MPMLQ
- G. 726
- G. 729

Específicamente este emulador realiza mediante sus *script*, y estos se agrupan en un modulo llamado *VoIP Test Module.*

Entre uno de los tantos valores que muestra el programa, hay que resaltar el valor **MOS. MOS o *Mean Opinion Store,*** es un estimado de valor y representa un indicador de la calidad relativa que tendrá una llamada. El programa utiliza las ecuaciones establecida por la ITU-T en el estándar P.800. En la imagen 59 podemos apreciar los valores del MOS:

Mean Opinion Score MOS (límite inferior)	Satisfacción del usuario
4.34	Muy satisfecho.
4 03	Satisfecho.
3.60	Algunos usuarios no satisfechos
3.10	Muchos usuarios no satisfechos
2.58	Casi todos los usuarios no satisfechos

Imagen 59. Valores del MOS. (Ascanio, 2008)

Este valor ayudara a escoger el CODEC que cumpla con la mayor satisfacción del usuario, es decir un MOS más elevado.

II.3.- Información Técnica de Equipos y Software

Para cada equipo fue consultada sus especificaciones técnicas., en los siguientes enlaces podrá encontrar esa información:

- *Access Point* Nortel 2330 A y B: http://products.nortel.com/go/product_assoc.jsp?seqId=0&parId=0&catId=-9783&rend_id=3402&contOid=100176668&prod_id=52281&locale=en-US
- *Swich* Nortel 2380

http://www142.nortelnetworks.com/mdfs_app/techdoc/enterprise/WLAN_6_0/pdf/NN47250-101_UG_02.01.pdf

- *Router* Buffalo
  http://www.buffalotech.com/products/wireless/wireless-g-high-power/wireless-g-high-power-*Router*-and-access-point-whr-hp-g54/
- Antenas WTS
  http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-12628764-wts-station-*Router*-wifi-160-clientes-600mw-antena-wts-17dbi-_JM

Para los Software, podrán encontrar información, y links para sus descargas, en los siguientes en laces:

- NetStumbler
  http://www.netstumbler.com/
- NETIQ CHARIOT
  http://www.netiq.com/products/am/default.asp