

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Diseño de un sistema de comunicación inalámbrico para el canal Telemédellín usando el concepto de convergencia tecnológica para intercomunicar dos puntos distantes usando la tecnología Clear-com.**

**Integrantes**

Elías José Babilonia Pérez

Mauricio Betancur Monsalve

Alexander Ruidiaz

**Programa Académico**

Ingeniería en Telecomunicaciones

**Director(es) del trabajo de grado**

Germán David Goetz Sánchez

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
2018**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

La realización de este trabajo de grado de pregrado en ingeniería en telecomunicaciones, fue posible gracias a la cooperación y ayuda brindada por el docente German David Goez Sánchez, quien nos acompañó en todo momento y nos ofreció su conocimiento a favor de la culminación de dicho trabajo, se le agradece también al canal local Teled Medellín y a su equipo de ingeniería, quienes pusieron su confianza e infraestructura tecnológica a nuestra disposición para lograr un objetivo mutuo y así de la mano poder avanzar hacia un mejor futuro.

Y finalmente gracias a nuestro grupo de trabajo quienes a pesar de las circunstancias y problemas por los que pasamos logramos culminar satisfactoriamente nuestro proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# ACRÓNIMOS

---

ITU-R: Unión internacional de telecomunicaciones seccional de radiocomunicaciones.

ANE: Agencia nacional del espectro. (Entidad colombiana reguladora perteneciente al ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones)

$A_p$ : Ganancia de una antena.

$L_p$ : Pérdida de trayectoria de espacio libre.

PIRE: Potencia isotrópica radiada equivalente.

GHz: Giga Hertz.

MHz: Mega Hertz.

BTS: Base Telecommunication station.

LOS: Line of sight – línea de vista.

TIC: Tecnologías de la información y las comunicaciones.

IP: Internet protocol.

ASI: Asynchronous serial interface.

NGN: Next Generation Networks.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line. (Tecnología de línea de abonado digital)

CLEAR-COM: Sistema profesional de comunicación digital de voz sobre IP.

TDM/IP: Multiplexación por división de tiempo en paquetes IP.

AoIP: Audio sobre IP.

BW: Bandwidth. (Ancho de banda)

PSN: Packet Switched Network.

T1, E1, T3, E3: Tramas sincrónicas de transporte digital.

POE: Power Over Ethernet.

LAN: Red de área local.

VLAN: Red de área local virtual.

NETWORKING: Vincular dos o más dispositivos informáticos con el propósito de compartir datos.

AVIWEST: Sistema de transmisión de video a través de la red de telefonía celular.

HALF-DUPLEX: Sistema de comunicación unidireccional.

FULL-DUPLEX: Sistema de comunicación bidireccional simultánea.

STREAMING Distribución digital de contenido multimedia a través de una red de computadoras.

dB: Decibel.

dBi: Decibeles de ganancia sobre un radiador isotrópico.

dBm: Decibel-milivatio.

# TABLA DE CONTENIDO

1 RESUMEN .....	9
2 INTRODUCCIÓN.....	12
3 MARCO TEÓRICO.....	21
4 METODOLOGÍA .....	39
5 RESULTADOS .....	43
6 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	68
7 REFERENCIAS.....	70

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación Gráfica de los Términos Utilizados en la Noción de Pérdida de Transmisión. ....	25
Figura 2. Segmento del Radio Espectro Colombiano, de 2 a 3 GHz (Comunicaciones., n.d.) .....	31
Figura 3. Segmento del Radio Espectro Colombiano, de 3 a 7 GHz (Comunicaciones., n.d.) .....	31
Figura 4. Trama E1 .....	37
Figura 5. Stand up news with matrix and intercom over IP (Clear-Com, 2016).....	38
Figura 6. FDMA .....	46
Figura 7. TDMA... ..	47
Figura 8. Simulación radio Enlace Padre Amaya – Teledellín a través de Radio Mobile .....	53
Figura 9. Simulación de Parámetros de Radioenlace Padre Amaya – Teledellín... ..	53
Figura 10. Vista Geográfica del Radio Enlace Padre Amaya- Teledellín .....	54
Figura 11. Simulación Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil... ..	54
Figura 12. Simulación Parámetros Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil... ..	55
Figura 13. Simulación Vista Geográfica Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil ...	55
Figura 14. Análisis Espectral de los Radio Enlaces entre Teledellín – Cerro Padre Amaya y la Estación Móvil.....	56
Figura 15. Matriz Intercom.....	57

Figura 16. Switches Core en Cascada .....	57
Figura 17. Servidores de Teledellín .....	57
Figura 18. Consola en Master de transmisión del canal Teledellín.....	57
Figura 19. Panel Clear-com Ubicado en la Consola del Máster de Transmisión .....	57
Figura 20. Ingreso a la Interfaz de Configuración del Panel Clear-com.....	57
Figura 21. Configuración IP del Panel Clear-com .....	58
Figura 22. Configuración del Resto de Parámetros del Dispositivo en la Red del Canal .....	58
Figura 23. Apreciación de Parámetros IP Estáticos en Panel Clear-com del Máster de Transmisión.....	58
Figura 24. Instalación de Antena en Torre Azotea Teledellín.....	59
Figura 25. Apuntamiento hacia Cerro Padre Amaya .....	59
Figura 26. Antena Instalada y Apuntada.....	59
Figura 27. Armado de la Antena de la Estación Móvil.....	59
Figura 28. Ensamble de la Antena de la Estacion Móvil .....	60
Figura 29. Recuadro Rojo ubica el Panel Clear-com en la Estacion Móvil del Canal Teledellín.....	60
Figura 30. Panel Clear-com Instalado en Estacion Móvil de Transmision.....	60
Figura 31. Diagrama Lógico de la Red Implementada... ..	61

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias Asignadas para Servicios por Satélite Fijo y de Radiodifusión. ....	31
Tabla 2. Análisis y caracterización de tecnologías en sistemas de comunicación bidireccional IP.....	44
Tabla 3. Direccionamiento IP de los equipos en la red... ..	62



# 1.RESUMEN

---

En los últimos años, las redes móviles se encuentran en una constante evolución, que va mucho más allá de la telefonía tradicional y los servicios de datos básicos, la televisión no escapa de esta realidad y está evolucionando todos los días. Cada vez hay más equipos y nuevas tecnologías que necesitan converger y dar solución al gran número de problemas con los que cuenta la industria televisiva, por lo que se necesita una infraestructura adecuada que permita el transporte e intercambio de información y datos entre dos puntos distantes de manera confiable y eficiente, razón por la cual, estar a la par de las nuevas tecnologías convergentes es de vital importancia.

Entre dichas tecnologías se encuentra GPRS, la cual es una solución para datos móviles que ofrece eficiencia espectral para servicios de datos. Por tratarse de una tecnología de datos inalámbricos, ofrece velocidades máximas de 115kbps que se transmiten en breves ráfagas sobre una red IP. Además de GPRS, esta UMTS, que es una tecnología inalámbrica de voz y datos a alta velocidad desarrollada a partir de GSM, que es una de las tecnologías inalámbricas más ampliamente utilizadas en el mundo actualmente. Adicionalmente la tecnología TDM también es utilizada como tecnología de transporte de datos, donde las transmisiones para fuentes múltiples ocurren sobre el mismo medio, pero no al mismo tiempo y las transmisiones de varias fuentes se intercalan en el dominio del tiempo. A estas se suma la emergente VoIP, la cual es

sumamente confiable y escalable con posibilidad de integrar otras tecnologías como TDM, teniendo la capacidad de cubrir la demanda de ancho de banda y convergencia de voz, datos y video.

Con la convergencia de estas dos tecnologías, para el caso de este proyecto de grado enfocado en el canal de televisión Telemedellín, resulta viable ofrecer una solución a la problemática que presenta dicho canal, donde actualmente se cuenta con un sistema de comunicación interna que funciona con protocolos bajo VoIP, además de que la transmisión de la unidad móvil hasta su sede principal ubicada en el poblado necesita del uso de una red de banda ancha para la emisión de su señal de voz y video, ya que según datos del departamento técnico, la empresa Telemedellín realiza un 60% de sus producciones televisivas en los barrios del municipio de Medellín y su área metropolitana, generando un gran número de gastos en contrataciones de fibra óptica, ADSL y líneas telefónicas para el uso de redes y comunicación dependiendo de la ubicación de la estación móvil de transmisión.

De allí, la importancia de diseñar e instalar un radio enlace donde se comunique la nueva sede de Telemedellín con sus unidades móviles y por medio de este realizar una comunicación de datos bidireccional que solvente este flujo de tráfico, dando de esta manera un beneficio económico tanto para el canal de televisión como para comunidad circundante al lugar donde se esté realizando la producción, debido a que se les proporcionará un acceso a internet de forma gratuita a las personas de escasos recursos que no tienen acceso a un servicio de internet banda ancha.

Basado en lo descrito anteriormente y al realizar el diseño del sistema de comunicaciones por medio de software de simulación, se obtuvieron resultados favorables para parámetros importantes como las pérdidas en espacio libre, siendo estas de 129.51dB para un tramo del radio enlace, con una señal recibida de -78.05dBm y fiabilidad del 70%.

Con la realización de este proyecto se propuso diseñar y caracterizar un sistema de transmisión de redes multipropósito, usando tecnologías convergentes para intercomunicar dos puntos distantes entre sí, tales como un radio enlace y un intercomunicador de voz sobre IP utilizando la convergencia TDM/VoIP mediante Clear-Com, con el fin de proveer a la empresa de un sistema óptimo de transporte de datos y disminuir costos de producción en el alquiler de líneas telefónicas análogas y servicios de internet.

## 2. INTRODUCCIÓN

Según el foro mundial de políticas de las telecomunicaciones (Telecomunicaciones, 2009), las redes de nueva generación o NGN, están representando un gran cambio en el modo de cómo se prestan los servicios de telecomunicaciones, ya que con las nuevas tecnologías de transporte se pretende especificar y separar los servicios a través de las diferentes plataformas de transporte brindando a los usuarios un acceso a la información de manera rápida eficiente y segura.

Las NGN son vitales para el desarrollo y evolución de las redes actuales, sin embargo, existe una incertidumbre en la forma en la que se deben utilizar, ya que pueden chocar con las políticas o leyes actuales y los entes regulatorios a nivel internacional. Lo que se pretende con el desarrollo de estas redes es mantener compatibilidades entre las nuevas tecnologías y las tecnologías tradicionales sin perder de vista aspectos vitales como la seguridad de los datos y la calidad del servicio. Tener acceso a información de calidad y en tiempo real, gracias al internet, es hoy una herramienta eficiente, que permite abrir una puerta hacia la inclusión social y del conocimiento, por la inmediatez en la difusión y transformación de la información generada por las diferentes disciplinas.

Por lo tanto, la implementación de tecnologías convergentes en el diseño de un sistema de comunicación inalámbrico para intercomunicar dos puntos distantes del canal televisivo Telemedellín mediante la tecnología Clear-Com, representará una visible oportunidad al canal local de transportar la información de manera fiable, rápida

y eficaz, además con éste nuevo diseño se da un paso para poder actualizar la infraestructura obsoleta existente por una infraestructura tecnológica y comercialmente competente con el medio en que se desenvuelve.

Gracias a esto, el presente proyecto proporciona al canal mejoras significativas en cuanto utilización optimizada de infraestructura, lo que representa una gran viabilidad económica, debido a que el mencionado canal disminuirá costos en alquiler de dicha infraestructura, en lo que, según cifras suministradas por el Departamento de Ingeniería del canal, los costos de los alquileres mencionados anteriormente suman una cifra aproximada de \$250.000.000 pesos anuales.

La viabilidad de este proyecto también permite sentar un precedente social, ya que no solo beneficia al canal, sino también a la población aledaña a la estación móvil, ya que ésta emite señal WiFi a través de un router con la cual dicha población se puede conectar de manera gratuita, apoyando el objetivo del Ministerio de Tecnologías de la Información, quien instaura dentro de su misión, dar conectividad (en este caso móvil) a poblaciones de bajos recursos para permitir un impulso al desarrollo de este nicho social.

Este proyecto está estructurado en cinco capítulos, el primero de ellos describe el problema a desarrollar: el diseño y caracterización de una sistema de transmisión de

convergencia tecnológica usando tecnologías de diferentes proveedores, para intercomunicar dos puntos distantes entre sí, tales como un radio enlace y un intercomunicador de voz sobre IP para el canal Teledellín, incluyendo el objetivo general, los objetivos específicos, el planteamiento del problema y la justificación de la problemática antes mencionada. En el segundo capítulo se muestran trabajos previos o antecedentes, los cuales aportan ideas que servirán de apoyo en la realización de este trabajo. En este capítulo también se describe la fundamentación teórica, que sustenta al proyecto. En el Capítulo III se hace referencia a la metodología a usar. Se describe en forma detallada el procedimiento a utilizar en la implementación de la tecnología propuesta. Dicha metodología consta de seis etapas expuestas detalladamente en el capítulo correspondiente. En el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos de los cálculos y simulaciones realizados. En el quinto capítulo se dan a conocer las conclusiones alcanzadas mediante el análisis de resultados y se dan recomendaciones para trabajos futuros.

## JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de comunicaciones están evolucionando todos los días, cada vez hay más equipos tecnológicos que necesitan converger y dar solución al gran sin número de problemas con los que cuenta la industria de las telecomunicaciones, razón por la cual se necesita de una infraestructura adecuada que permita el intercambio de información de datos y multimedia de manera confiable y eficiente.

La televisión es una de las industrias más costosas que hay, además hoy día es una de las empresas que más tecnología maneja, debido a que en ella encontramos todas las ramas de las telecomunicaciones tales como: sistemas embebidos, electrónica analógica y digital, procesamiento de señales, networking, de ahí la importancia de hacer un uso óptimo de la infraestructura que se tiene.

El canal de televisión Telemedellín es uno de los canales locales más importantes del departamento; ya que cuenta con una nueva sede que posee una infraestructura tecnológica acorde a las necesidades de la televisión actual; teniendo en cuenta esto, la subutilización de algunos de sus nuevos dispositivos, impiden desarrollar al máximo todo el potencial tecnológico de éstos, reflejando costos adicionales en las producciones los cuales pueden ser mitigados haciendo uso de la convergencia tecnológica de sus nuevos equipos economizando aproximadamente un total de \$250.000.000 de pesos anuales en alquiler de infraestructura ineficiente e inestable para el gran y diverso volumen de información que se maneja en este medio (Dato obtenido del departamento

de ingeniería del canal.)

El proyecto se ejecutó principalmente con la instalación de un doble enlace de datos que involucró un estudio de las tecnologías subutilizadas en el canal de televisión local Teledellín, donde se realizó una convergencia entre un radio enlace y un equipo de intercomunicación IP que se utilizó para la interacción auditiva entre la(s) unidad(es) móvil(es) de Teledellín y la sede principal del mismo, además de esto, se obtuvo un sistema adicional conectado al router, pero esta vez etiquetado una VLAN (red de área local virtual), ya que este equipo es un sistema de transmisión de audio y video que necesita un ancho de banda fijo, que lleva la señal de la producción de la unidad móvil hasta el canal de televisión para ser emitida a los televidentes, el nombre de este equipo es Aviwest, que pudo usar el radioenlace para recibir internet desde Teledellín y transmitir la información a una dirección IP pública asignada a un receptor ubicado en el mismo canal, o también sacando la señal del equipo pero, esta vez empaquetada en un flujo de datos, para enviarla a Teledellín directamente sin involucrar internet a través del protocolo ASI.

Todo lo anteriormente mencionado ayudó al canal local a la no contratación de servicios de telefonía particular y servicios de internet, ya que según la ubicación geográfica de la estación móvil en la ciudad de Medellín, se tenían que alquilar enlaces de internet dedicados de cobre o fibra para poder transmitir la información y los datos utilizados en el rodaje desde y hacia los diferentes puntos de transmisión y recepción, obteniendo un ahorro económico considerable, el cual también tuvo un impacto social



ya que por este mismo radio enlace se repartió internet gratuitamente a las personas que se acercaron a la unidad móvil en el momento de la producción a través de un Router; cabe recordar que el gran número de programas que Telemedellín realiza en directo, lo hace en los barrios de la ciudad de Medellín y su área metropolitana.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El canal Telemedellín presenta diversos problemas al momento de realizar una transmisión en vivo, tales como, la deficiente comunicación entre diversas estaciones de trabajo, un enlace de comunicaciones degradado y obsoleto, altos costos en alquiler de líneas telefónicas análogas y servicios de internet al momento de realizar cubrimientos en sus diferentes eventos, donde se utiliza una comunicación unidireccional o halfduplex y la falta de acceso a los servidores principales de la sede debido a las diferentes locaciones de los eventos.

De lo anterior, se presentan varios problemas tales como, la alineación de las antenas cuando una o más de ellas son móviles, pérdidas de TX por el medio, pérdida en los conectores por acoplamiento de la línea de TX, problemas en el rango espectral libre, zona de Fresnel, altos tiempos de establecimiento de la comunicación entre los puntos a conectar, pérdida de datos en la TX, altos costos económicos por alquiler de dispositivos de telecomunicaciones, inaccesibilidad a la red interna de la empresa para validar o descargar información vital para el desarrollo de las producciones y una infraestructura deficiente para realizar el montaje del sistema de comunicación.

En este contexto, este proyecto propuso el diseño de una red de convergencia tecnológica usando tecnologías de diferentes proveedores para intercomunicar dos puntos distantes geográficamente entre sí, usando un radioenlace y un equipo de intercomunicación de voz sobre IP o intercomunicadores full dúplex en tiempo real como el Clear-Com, el cual debido a sus características, soporta las tecnologías aquí implementadas, interconectando

además un sistema multimedia vía streaming que ahorró costos en alquiler de un segmento satelital para agilizar el proceso de comunicación y transmisión audiovisual necesarios para ejecutar las actividades programadas de manera rápida y eficaz en un grupo de trabajo, mejorando la calidad y el volumen de los datos en la transmisión usando este sistema. Beneficiando también a la comunidad cercana a la estación móvil ya que proporcionó acceso gratis a internet.

## OBJETIVOS

- Objetivo General

Diseñar y caracterizar un sistema de transmisión de convergencia tecnológica usando tecnologías de diferentes proveedores, para intercomunicar dos puntos distantes entre sí, tales como un radio enlace y un intercomunicador de voz sobre IP para el canal Telemedellín.

- Objetivos Específicos

- Analizar y caracterizar los sistemas de comunicación bidireccional usando tecnologías convergentes para redes multipropósito.
- Diseñar un sistema de comunicación entre dos o más estaciones móviles y una estación base usando un radio enlace y un intercomunicador sobre IP Clear-Com.
- Diseñar un método de validación y comprobación para garantizar la estabilidad del canal, su confiabilidad y la calidad de la información transmitida entre las diferentes estaciones para el canal Telemedellín.

## 3 MARCO TEÒRICO

- Antecedentes

A continuación, se presenta una serie de trabajos relacionados con tecnologías de convergencia tecnológicas, que sirvieron de base para la realización de este proyecto.

En el trabajo de investigación titulado: “Modelo de migración de redes multiplexadas TDM a redes multiservicio basadas en Voz sobre IP”, se expone que: Se pudo verificar que una solución Voz sobre IP sería una estrategia de migración óptima hacia redes multiservicios, en las cuales se tiene la capacidad de acceder a múltiples servicios a través de un único punto de interconexión, y sobre una misma plataforma de red y un mismo protocolo: TCP/IP, el cual asegura la confiabilidad y la transmisión de la información a través de la red (Vargas, 2003, pág. 7).

Respecto a esto, su trabajo se basó en destacar las mejoras que ofrecen las redes multiservicios, en donde se tomó como base una red multiplexada con servicios de voz y datos separados, la cual utilizaba interfaces E1 (2.048 Mbps) en el ámbito de los datos, mientras que a nivel de la central telefónica (servicios de voz) utilizaba interfaces E1 canalizadas por cada una de las centrales que se encontraban en diferentes localidades de la red. Vargas explica que en su proyecto tuvo que tomar en cuenta las tres redes LAN existentes en los diferentes sitios y que cada una de las centrales tuviera la capacidad de converger en

una topología estrella donde se encontraba la oficina principal, lugar donde estaba ubicado el switch de conmutación encargado de administrar cada una de ellas.

La red híbrida TDM/Ethernet/IP/MPLS es definida como: “una combinación de las tecnologías anteriormente nombradas donde a cada escenario o sección particular se aplica la solución más adecuada según sus necesidades, y por este motivo es la alternativa de migración que suele seguirse (Muñoz, 2013, pág. 14). En los últimos años, la filosofía que viene aplicándose a las redes de transporte es la conmutación de paquetes, tanto para migrar la red existente como para un nuevo despliegue. En esta investigación también se trata de cómo pueden coexistir las tecnologías presentes en esta red híbrida como los son los equipos TDM y Ethernet, y estos a su vez aprovechando las bondades ofrecidas por los servicios IP con los cuales cubrir las demandas de ancho de banda a medio y largo plazo. Ante lo expuesto asegura que:

A medio y largo plazo esta migración resultará en grandes oportunidades para las operadoras, que se aseguran al llevarla a cabo una posición de alta competitividad a la vez que dejen sus redes preparadas para la llegada de las tecnologías de cuarta generación como LTE o WiMAX. Además, disponer de una estructura unificada para el transporte de todo tipo de tráfico sobre IP se traduce, por una parte, en un ahorro en costes operativos (OPEX), y por otra, en la posibilidad de llegar a una convergencia entre redes y servicios móviles y fijos (Muñoz, 2013, pág. 14).

Puchaicela (2016) hace mención a la constante evolución de las redes móviles y por lo tanto las tecnologías también deben evolucionar y ser escalables, tal es el caso de la tecnología LTE, de la cual, varios operadores en Suramérica siguen muy de cerca el desarrollo de soluciones y testeos de funcionamiento de una solución extremo a extremo de LTE-Advanced Carrier Aggregation, destinadas a mejorar capacidad de transmisión de datos móviles y cobertura, ejemplo de esto, la operadora Movistar en Argentina para el año 2016 se encontraba haciendo pruebas de agregación de portadora para las bandas de frecuencias AWS 700MHz. Por tal motivo insiste en que:

La necesidad de la integración de las diferentes redes de accesos a una red móvil de banda ancha, permitirá generar nuevos modelos de negocio y obtener mayores rentabilidades de las ya saturadas redes tradicionales. En los operadores de redes móviles, se integran las plataformas para brindar servicios convergentes según el nuevo desafío que enmarca el presente y futuro del negocio de las telecomunicaciones (Puchaicela, 2016, pág.7).

- Terminología General

La radiación puede definirse como un “movimiento de la energía a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas”, según la UIT-R 2007. Este fenómeno puede aprovecharse para la transmisión de una señal radioeléctrica producida por una estación móvil o fija, la cual es una instalación que se encarga de la transmisión y recepción de radio señales, y dependiendo de ser móvil o fija, puede o no, tener un lugar geográfico fijo.

Dichas estaciones utilizan un radioenlace o también conocido como enlace radioeléctrico, como medio de interconexión entre 2 puntos a través de ondas radioeléctricas, estas ondas se agrupan en rangos de frecuencias para su transmisión y/o recepción de una señal, en donde se toma una frecuencia determinada como referencia con el fin de ubicar frecuencias adyacentes y así conocer canales adyacentes, refiriéndose estos a un cumulo de radio canales que presentan frecuencias específicas y que se encuentran ubicados antes o después de un canal dado para evitar interferencias. Esto se logra mediante la separación de canales, definida por la UIT-R 2007 como la “diferencia en radiofrecuencia que hay entre dos canales con frecuencias centrales”.

En referencia a la separación de canales, cabe resaltar que ésta guarda relación con la banda de frecuencias asignada, la cual se refiere a un rango de frecuencia específico que se aprueba para la emisión de una estación determinada, en donde se debe tomar en cuenta factores como la anchura de banda necesaria y la anchura de banda ocupada, siendo estas el intervalo de frecuencia necesario para transmitir una señal de forma óptima, y la porción en



frecuencia del espectro radioeléctrico que ocupa un radio canal para su funcionamiento, respectivamente, logrando de esta manera evitar las interferencias en la señal.

Las interferencias anteriormente nombradas, se pueden presentar en forma de ruido, el cual es una señal no deseada que interfiere con la señal útil. Esto ocasiona pérdidas en el sistema, en donde la potencia recibida es mucho menor a la potencia transmitida, dando lugar a la pérdida total en el radioenlace, la cual, la UIT-R 2007 la define como la relación en decibeles que existe entre la potencia de la antena transmisora y la potencia de la antena receptora, considerando todos los elementos presentes desde la transmisión hasta la recepción, tales como conexiones, empalmes, etc. Esto puede ser visualizado mediante la Figura 1.

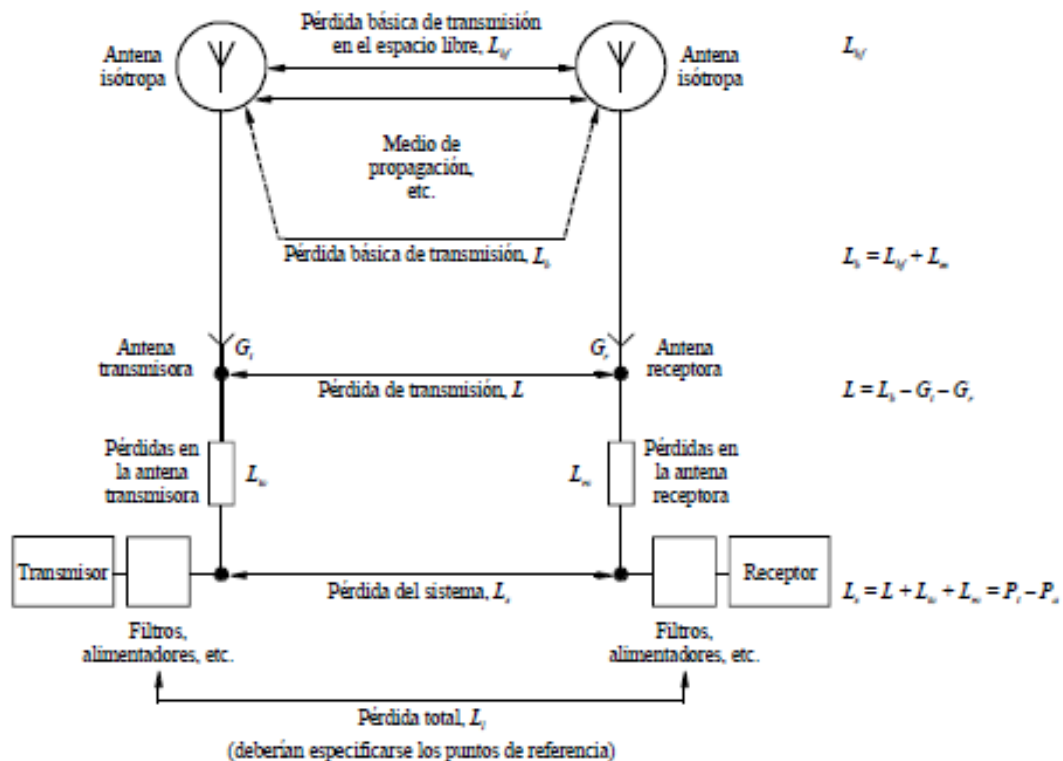


Figura 1: Representación Gráfica de los Términos Utilizados en la Noción de Pérdida de Transmisión. (UIT-R, 2007).

Al referirse a potencia, es de vital importancia hacer mención de la potencia radiada isotrópica efectiva (EIRP o PIRE), en sistemas de comunicaciones electrónicas de Wayne Tomasi (Wayne Tomasi, 2003) se define como “una potencia de transmisión equivalente y se expresa matemáticamente como”:

$$PIRE = P_r A_r \quad (1)$$

Donde

PIRE= Potencia radiada isotrópica efectiva (watts).

$P_r$  = Potencia total radiada de una antena (watts).

$A_r$  = Ganancia de la antena transmisora (relación sin unidades).

Expresado como logaritmo

$$PIRE (dBw) = P_r (dBw) + A_r (dB) \quad (2)$$

Con respecto a la del transmisor,

$$P_r = P_t - L_{bo} - L_{bf} \quad (3)$$

Por lo tanto,

$$PIRE = P_t - L_{bo} - L_{bf} + A_r \quad (4)$$

En donde

$P_t$  = Potencia de salida real del transmisor (dBw).

$L_{bo}$  = Pérdidas por respaldo de HPA (dB).

$L_{bf}$  = Ramificación total y pérdida de alimentador (dB).

$A_r$  = Ganancia transmisora de la antena (dB)

- Elementos de un Radioenlace

Son los factores que intervienen en toda la trayectoria del radioenlace, desde la estación transmisora, hasta la estación receptora. Por esta razón se pueden clasificar en Lado de Transmisión, Lado de propagación y Sistema de Recepción.

#### A) Lado de Transmisión

De este lado del radioenlace, se encuentran elementos sumamente importantes para el mismo, uno de ellos es la potencia de la portadora, que no es más que el promedio de la potencia de transmisión que es irradiada por la antena.

Aunado a esto, otro elemento importante del lado del transmisor es la ganancia, de la cual Ulaby (2007) explica que puede representar la capacidad que presenta una antena particular para captar más energía en una dirección determinada en relación con la que sería captada por una antena isotrópica.

#### B) Lado de Propagación

Es en este espacio donde entra en juego las pérdidas relativas al espacio libre, las cuales, según la ITU-R en la recomendación de vocabulario de términos de

telecomunicaciones, es la diferencia, expresada en decibelios, entre la pérdida básica de transmisión y la pérdida básica de transmisión en el espacio libre. (UIT-R, 2007)

$$L_p = 20 \log \left( \frac{4\pi S}{\lambda} \right)^2 = 20 \log \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \quad (5)$$

En donde (Wayne Tomasi, 2003):

$L_p$  = Pérdida de trayectoria de espacio libre.

$D$  = Distancia.

$f$  = Frecuencia.

$\lambda$  = Longitud de onda.

$c$  = Velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 * 10^8$  m/s)

La pérdida relativa al espacio libre puede descomponerse en diferentes tipos de pérdidas tales como (UIT-R, 2007):

- Pérdida de absorción, por ejemplo por la ionosfera, por gases atmosféricos o por hidrometeoros.
- Pérdida por difracción, como en el caso de ondas de superficie.
- Pérdida efectiva por reflexión o por dispersión, como en el caso de la ionosfera, incluidos los efectos de enfoque o desenfoque debidos a la curvatura de una capa reflectante.

- Pérdida por acoplamiento de polarización, que puede deberse a desacoplamientos de polarización entre las antenas para una trayectoria especificada considerada.
- Pérdida por acoplamiento abertura-medio o degradación por ganancia de antena, que puede ser debida a la presencia de apreciables fenómenos de dispersión en el trayecto.
- Pérdidas debidas a la interferencia de fase entre el rayo directo y otros rayos reflejados por el terreno, o bien otros obstáculos o capas atmosféricas.

En referencia a esto, es necesario hacer mención de las zonas de Fresnel, ya que el análisis de la influencia de los obstáculos en el espacio libre se realiza mediante los elipsoides de Fresnel, en donde se debe considerar que la propagación se efectúa en condiciones de visibilidad o línea de vista directa si no existe ningún obstáculo dentro del primer elipsoide. Debido al carácter oscilatorio del campo, no es necesario que el trayecto pase muy por encima de los obstáculos, de esta manera, se puede trabajar en las cercanías de la primera zona de Fresnel, por lo que según la UIT-R 2009, se suele usar como parámetro de referencia. Ahora bien, cuando la línea de proyección entre los dos puntos a enlazar pasa cerca de un obstáculo o es interceptado por este, experimenta una pérdida debida a la difracción.

Para calcular el radio de la zona  $n$  de Fresnel, es decir  $R_n$  en una superficie perpendicular al camino de propagación, se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_n = \frac{\sqrt{n\lambda d_1 d_2}}{dt} \quad (6)$$

Dónde (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2013) :

N: Número entero de la zona de Fresnel que se desea calcular.

$\lambda$  : Longitud de onda (m).

d1: Distancia del punto 0 al Km donde se quiere conocer la zona de Fresnel (m).

d2: Distancia del punto elevado al final del enlace (m).

dt = Distancia total del enlace (m).

### C) Sistema de Recepción

En el sistema de recepción se encuentran factores los cuales son muy importantes para el buen funcionamiento del radioenlace, y esto tiene que ver en gran manera con la sensibilidad del receptor, la cual se puede definir como el nivel más bajo de potencia de la señal que el receptor puede detectar, de manera tal de proporcionar información confiable. Esto a su vez guarda relación con la relación señal a ruido, debido a que dicha relación es la que establece el margen en el que se garantiza el funcionamiento adecuado del sistema.

#### *Nomenclatura de las Bandas de Frecuencia*

Por medio de la Tabla 1 se muestra un segmento del radio espectro Colombiano en frecuencias de banda C, que va desde 3.7GHz hasta 6.425GHz (Uplink and Downlink).



Figura 3. Segmento del Radio Espectro Colombiano, de 3 a 7GHz. (Comunicaciones., n.d.).

A través de las Figuras 2 y Figura 3 se observan las bandas de frecuencias UHF y SHF del radio espectro colombiano, dichas bandas de frecuencias se encuentran en el rango de los 2-3GHz y 3-7GHz respectivamente.

- Planificación Inicial de un Radioenlace

Para el diseño de un radio enlace, se deben tener en cuenta varios parámetros que garanticen la confiabilidad y estabilidad del sistema, tales como: el buen posicionamiento de la antena, la buena visibilidad entre transmisor y receptor, un buen estudio del espectro radio eléctrico ubicando los canales libres con menos interferencia en el rango de frecuencia a elegir.

Según lo explicado anteriormente, el primer paso para realizar un sistema de comunicaciones inalámbrico, es el cálculo de un enlace, teniendo en cuenta las frecuencias, potencias de transmisión y sensibilidad del receptor en las que los equipos a utilizar trabajan, y tener en cuenta todas las condiciones climáticas del sector; luego de parametrizar el sistema se debe de realizar una simulación con herramientas informáticas con los valor obtenidos teóricamente para disminuir la tasa de error, disponibilidad y tener una referencia de las posibles ubicaciones de las antenas donde tengan mejor alcance y cobertura.



Posteriormente, las visitas a los posibles lugares permiten determinar su aptitud para albergar los equipos de radiocomunicaciones. Los mapas y fotografías son herramientas esenciales al momento de la realización del diseño (Valencia & Ramos, 2007).

- Diseño de un Radioenlace

El diseño de un radioenlace, involucra siete (7) pasos principales, los cuales se describen a continuación:

- Elección del sitio de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil para la antena.
- Cálculo completo del radio enlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

Para la elección del sitio de instalación, se debe tener en cuenta lo siguiente

- Estudio de la zona y modelo de red propuesto
- Selección de los puntos
- Elección de los equipos

- Cálculo de Interferencias

Cuando se planifica un radioenlace es importante identificar posibles interferencias que podrían degradar la calidad del sistema. Éstas pueden provenir de otros sistemas ya instalados, tanto terrenales como espaciales, pero también del propio sistema. Y es aquí donde se debe prestar especial atención durante la fase de diseño (Ramos, 2011).

Las interferencias se clasifican en dos, según su frecuencia y según su polarización. Las primeras se enfatizan en la sobreposición o solape de las frecuencias y las segundas se presentan cuando las polarizaciones se cruzan. Los efectos de estas interferencias se pueden mitigar aplicando filtros y un adecuado uso de los canales.

Cuando se trata de un enlace inalámbrico de larga distancia, se debe validar el tipo de terreno para evitar que la línea de vista del enlace presente posibles obstáculos y se mantenga la operatividad en la zona de Fresnel, de ser posible se pueden utilizar ayudas tales como mapas o cartas topográficas.

- Comprobación de Visión Directa

Como paso previo a la instalación de un radioenlace a frecuencias de microondas o de ondas milimétricas resulta imprescindible la comprobación de la existencia de línea de vista (*Line Of Sight*, LOS) entre las antenas. Para ello, deben visitarse los sitios donde se tiene

previsto instalar las antenas y realizar una serie de comprobaciones y tareas que se detallan a continuación (Ramos, 2014):

1. Determinar las coordenadas polares de la ubicación exacta de ambos extremos del radio enlace.
2. Posicionamiento cartográfico en un mapa evitando obstáculos en la línea de vista.
3. Para enlaces de corto y mediano alcance, se debe de comprobar la línea de vista con binoculares ubicando exactamente el otro extremo del radio enlace, teniendo en cuenta que el haz de la frecuencia emitida no este interferida por otros campos electromagnéticos.
4. Si se presenta ausencia de la línea de vista, se debe utilizar un mástil o torre más altos hasta evitar la obstrucción.
5. Teniendo una línea de vista segura, se debe de comprobar teóricamente que la primera zona de Fresnel no esté obstruida anticipando cualquier posible obstáculo en el futuro.

Cuando se presenta el caso de un sistema punto multipunto, por su complejidad se debe comprobar la línea de vista para cada antena de forma generalizada evitando obstáculos en el haz de luz y debido a su naturaleza se debe de mantener libre la primera zona de Fresnel para que no se presenten fallas y pueda albergar a más posibles usuarios.

- Sistema de intercomunicación de voz sobre IP

Se refiere a un sistema de intercomunicación híbrido TDM/IP. Los pilares de esta solución integrada son la matriz de intercomunicación digital de última generación Eclipse y el motor de conmutación de voz sobre IP propietario IV Core (compañía desarrolladora de clear-com). (SL, 2017).

- Estándares, Protocolos y Trama.

- TDM/IP (elastixtech).

Time Division Multiplexing o multiplexación por división de tiempo es una técnica utilizada en los sistemas de transmisión digitales actuales, este consiste en la división de la frecuencia en ranuras de espacios tiempo o time slot de todo el ancho de banda del canal. Su uso más común se ve representado en la distribución del tráfico cuando la capacidad de transmisión es mayor a la capacidad de dispositivos receptores.

- Trama de Transporte TDM (elastixtech)

Consiste en tomar las tramas TDM y agregar información a las cabeceras de los paquetes IP para que estas puedan ser transportadas sobre una red masiva de conmutación de paquetes.

TDM/IP emula circuitos T1, E1, T3, E3, y enlaces de  $n \times 64\text{Kbps}$  adaptando y encapsulando el tráfico TDM al ingreso de la red. Esta solución transporta los datos de los

canales T1, E1, T3, E3 a través de la red Ethernet o una red IP. La adaptación modifica el paquete IP para obtener una apropiada restauración (señalización y sincronismo) de TDM a la salida de la red de paquetes. La calidad de voz es similar a la existente en las redes de conmutación de circuitos y todas las características de señalización son preservadas.

Una trama T1 consiste en 24 ranuras de tiempo (24 bytes) más un bit de sincronización, así mismo una trama E1 consta de 32 ranuras de tiempo (32 bytes), donde un byte se utiliza para sincronización y un byte para señalización. Las dos tramas se transmiten 8000 veces por segundo.

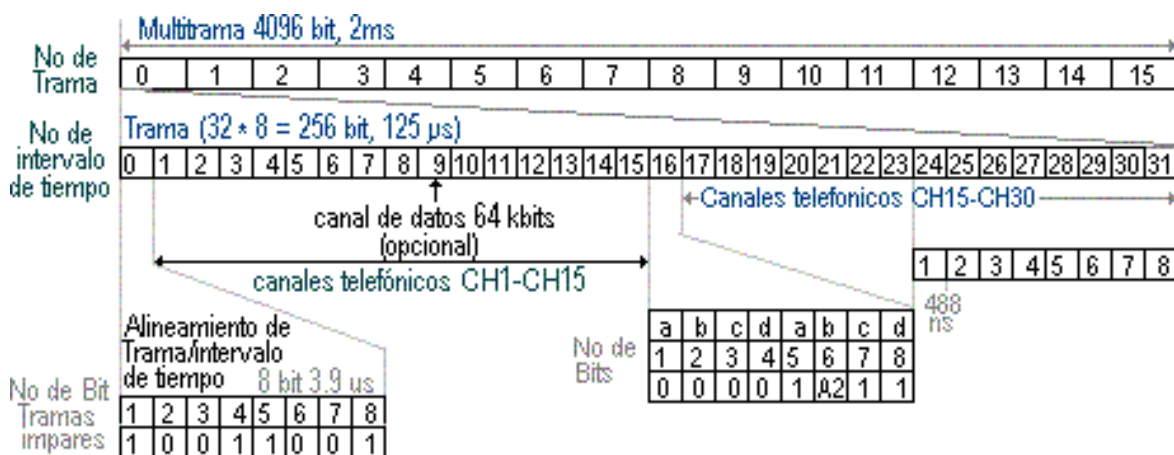


Figura 4. Trama E1 (Fuente: <http://8tv1webex.blogspot.com.co/2011/01/examen-diagnostico-otro-enfoque.html>).

Las puertas de enlaces para TDM/IP reciben en sus tramas, datos sobre sus interfaces T1/E1. A estas tramas se les asigna un encabezado para luego ser cortada en tamaños fijos y enviadas a la red IP del otro extremo.

Luego la puerta de enlace receptora recibe los paquetes, los ordena dependiendo del

encabezado, del sincronismo y luego repara la trama para ser entregada sobre su interfaz T1/E1 TDM sobre IP.

Para el protocolo IP, el transporte de estas tramas TDM es transparente ya que no afecta el funcionamiento interno de la estructura de sus datos. Por tal motivo para las tramas TDM/IP no representa ningún interés si los bits enviados se encuentran o no estructurados ya que solo adiciona a los paquetes IP los bits con la información más importante o necesaria.

### Diagrama ejemplo de un sistema Clear-com para una transmisión en vivo de un canal de televisión.

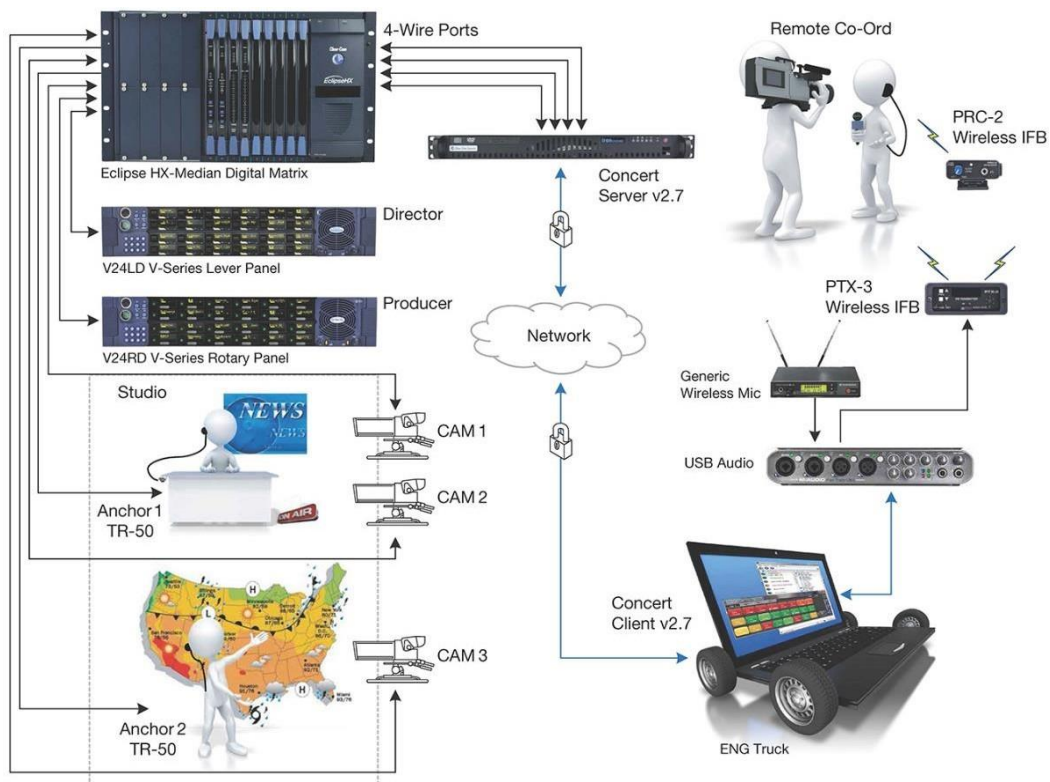


Figura 5. Stand up news with matrix and intercom over IP (Clear-Com, 2016).

## 4 METODOLOGÍA

Para desarrollar los objetivos específicos este proyecto se dividió y se realizó en seis etapas, las cuales son:

La primera etapa consiste en el estado del arte de los sistemas de intercomunicación de voz sobre IP Clear-Com, utilizando convergencia tecnológica con los radioenlaces, la cual es el conjunto de antenas que van a permitir la integración y transporte del sistema en general, verificando el buen estado de los equipos en el canal Telemedellín tanto en la sede central, como en el cerro padre Amaya y la estación móvil de transmisión. Actualmente se utiliza para las transmisiones enlace de fibra óptica y conexiones por cobre para las comunicaciones y envió de señales provenientes de la estación móvil.

En la segunda etapa se analiza el sistema completo, se simulan los radioenlaces propuestos por medio de Radio Mobile a utilizar en el desarrollo e implementación del proyecto para ubicar estratégicamente las diferentes antenas con sus respectivos equipos. También se realiza un estudio del espectro, como son frecuencias de libre funcionamiento, puede que el espectro este saturado, sin el debido estudio podemos caer en la pérdida constante del enlace, para esto debemos tener en cuenta la legislación colombiana, los estándares internacionales y las especificaciones o recomendaciones de la ITU y la y especificaciones de los fabricantes para poder simular el sistema lo más real posible, así como un estimado del ancho para soportar todo el sistema y podamos integrar los equipos deseados. Constará también de los cálculos del enlace de radio, tales como pérdidas de espacio libre

entre otros.

En la tercera etapa se realiza la instalación física de las antenas, en la torre de comunicaciones del canal y en el trípode de la estación móvil al igual que en el cerro padre Amaya, se cablean todos los sistemas a un POE que luego irá a un switch, se efectúa el posicionamiento correspondiente entre las dos antenas de tal forma que se pueda alcanzar la máxima transferencia de potencia entre ambas estaciones. También se hace el montaje físico con el sistema Clear-Com, se establece cual es el lugar más apropiado para la instalación del panel que estará ubicado en la unidad móvil y se colocará también el Aviwest en el lugar más adecuado para su funcionamiento.

En la cuarta etapa se realiza la configuración IP de los equipos anteriormente mencionados en la red LAN del canal, por lo que se instalan switches de datos en el canal Teledellín y en cerro padre Amaya, a los equipos indispensables se les matricula con una dirección IP fija, es el caso de las antenas tanto como lo son el maestro y las que hacen las veces de esclavos de esta manera también se configura el panel de icom clear-com, luego se conectan los radios a su switch respectivo y se procede a realizar la configuración del direccionamiento IP de los dispositivos restantes para que queden en la misma red LAN.

De esta forma se tiene una red entre la unidad móvil y la sede de Teledellín triangulados por los equipos en el cerro Padre Amaya y se agrega un panel de intercomunicación de voz IP Clear-Com al router de datos que se encuentra en la unidad móvil y así se establece la comunicación con un servidor matrix el cual permite las comunicaciones entre diversos paneles que están ubicados en diferentes lugares dentro de la



sede de Teledellín.

En la quinta etapa continuamos con la instalación del Aviwest, éste ya estando ubicado en la Unidad móvil se puede configurar por DHCP o con una dirección IP fija que este en el segmento de la red LAN de Teledellín, luego que el equipo este en red, se procede a conectar las señal de video y audio digital en alta definición (1080/59i), teniendo presente que el Aviwest utiliza la red LAN para su transmisión y tiene una latencia que previamente se configura por medio del equipo la cual puede variar entre 3, 5, 10, o 20 segundos dependiendo de la capacidad del enlace.

Recordemos que, ya teniendo la conexión de toda la red desde la unidad móvil a la sede principal del canal, se garantiza acceso libre a internet para las personas que se encuentren en el área de cobertura de la red WIFI de la unidad móvil, así como también computadores que puedan ingresar a la red de documentos compartidos con toda la empresa y así ser más eficientes al momento de necesitar algún tipo de información bien sea datos o multimedia.

Como sexta y última etapa se procede a realizar pruebas de campo para verificar que todas las configuraciones y parametrizaciones de los equipos se encuentren correctas tales como prueba de latencia, ancho de banda, estabilidad en el enlace de radio, interferencias ocasionadas por elementos externos además de que no se incumpla ninguna ley o norma del Ministerio de tecnologías y comunicaciones. Así como las demostraciones al director técnico de Teledellín para verificar y aprobar los aspectos técnicos y evaluar el buen funcionamiento del sistema.

Nota: Luego de que las pruebas fueron realizadas y revisadas exitosamente por el área de ingeniería del canal Teledellín, éstos aprobaron la compra de dos antenas Force 200 del proveedor Cambium Network para cambiarlas por los radios Canopi, ya que éstas se pueden utilizar en varias bandas de frecuencias y presentan mejores prestaciones que las que se instalaron con anterioridad en la sede principal y en la unidad móvil de transmisión.

# 5 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo.

- *Objetivo 1: Caracterizar los sistemas de comunicación bidireccional usando tecnologías convergentes para redes multipropósito.*

El objetivo uno consistió en caracterizar los sistemas de comunicación bidireccional IP. Para alcanzar este objetivo.

## **Desarrollo**

Tabla 2: Análisis y caracterización de tecnologías en sistemas de comunicación bidireccional IP

Tipo	Definición	Características	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
<b>FDMA</b>	Es un método de transmisión donde se utilizan más de 2 canales por un solo medio, sin interferencias entre sí y usando al máximo el ancho de banda disponible	-Tecnología que cuenta con una alta experiencia en el medio además de una fácil comprensión tecnológica. -Gestión de recursos rígida y poco apta para flujos de tránsito variable. -Necesita multiplexores para una transmisión redundante. -cada canal es asignado de acuerdo al flujo de tráfico.	-Esta tecnología puede tener comportamiento óptimo con un mínimo de señal -el arreglo de antenas garantiza una confiabilidad óptima para el medio de las telecomunicaciones en todo momento -El ruido generado por los sistemas analógicos, tiene menos efectos de interferencia debido a la multiplexación.	-inicialmente es una tecnología de alto costo dependiendo de su uso -es fundamental un buen estudio de frecuencias ya que cada usuario necesita una frecuencia individual	-TDT usa estos sistemas para garantizar que la señal digital llegue a cada uno de los usuarios incluso con el más mínimo nivel de radiofrecuencia
<b>TDMA</b>	Es un sistema que permite 2 espacios de voz o datos por repetidos doblando su capacidad sin el uso de costos adicionales que si necesita FDMA.	-Se utiliza con modulaciones digitales. -Tecnología simple, muy probada e implementada. -Adecuada para la conmutación de paquetes. Requiere una sincronización estricta entre emisor y receptor. - vida de la baterías de sus sistemas	-posee funcione avanzadas para maximizar la capacidad de todo su sistema -puede transmitir tanto datos como voz por el mismo medio o canal -esta tecnología es ideal para maximizar una infra estructura sin un volumen económico adicional	-esta tecnología no tiene una buena interacción con tecnologías similares  -es sensible a interferencias de tipo analógico	- Es muy usada para tecnologías de radio portátil - TDT - sistemas de cable que ofrecen voz y datos por un mismo medio
	. Métodos de multiplicación donde varios transmisores envían información simultáneamente, compartiendo las frecuencias haciendo uso de todo el espectro diferenciándose por una decodificación	-control de acceso sus usuarios. -instalaciones ágiles. -plataformas que generan altas rentabilidades empresariales al ser una tecnología que necesita menos recursos que sus	-al tener señales codificadas tiene una alta capacidad para resistir interferencias. - al poseer un código único en su ancho de banda es mucho más fácil recibir la señal y recuperarla en el receptor.	- al ser una señal codificada la recuperación de esta debido alguna pérdida o interferencia es de mayor dificultad comparada con otras tecnologías	-Comunicaciones móviles.  -Utilizado en el envío y la recepción de voz y tecnologías de seguridad

<b>CDMA</b>	por códigos para cada canal	competidores y tiene una Robustez ligada a la confiabilidad del sistema		- Es una tecnología que limita la cantidad de usuarios finales	
<b>DWDM</b>	Es una tecnología que multiplexa varias señales en una línea de transmisión de fibra óptica usando diferentes longitudes de onda	-al usar altas frecuencias de transmisión este puede transmitir varias señales usando longitudes de onda pequeñas idóneas para una transmisión por fibra óptica  -altas velocidades de transmisión	-Baja latencia  -Largas distancias  -mantiene una alta calidad de transmisión y recepción de la información	- altos costos en mantenimiento y cambio de partes en el sistema  -los amplificadores ópticos son de difícil calibración	-enlaces de datos de alta capacidad y demanda y disponibilidad  -Ideal para transmisiones en tiempo real streaming
<b>IP</b>	Se trata de protocolo que se emplea para la interconexión de paquetes en una red interconectada	-Esta encapsulado en la capa 3 del modelo OSI. - orientado a la no conexión dividir y ordenar los paquetes a de acuerdo a la necesidad de tráfico.	- Soporta múltiples tecnologías.  -convergencia y escalabilidad con las tecnologías actuales	-bajo nivel de seguridad. -Es algo más lento en redes con un volumen de tráfico medio bajo.	-Internet de las cosas - conexión para equipos remotos desde cualquier parte del globo. -

Por medio del cuadro presentado anteriormente, se pueden comparar las diferentes tecnologías existentes para la transmisión de datos, en donde evaluando los pros y contras de cada una de ellas, aunado a las necesidades a las cuales se le quieren dar solución mediante este proyecto, se llega a concluir que la tecnología indicada para tal fin es la TDMA en conjunto con VoIP mediante un equipo Clear-Com, dispositivo que es capaz de soportar

ambas tecnologías y que cumple con las características y brinda las prestaciones necesarias para cubrir el objetivo fijado. Por tal motivo se expone a continuación de manera más detallada sobre esta tecnología.

En palabras sencillas TDMA es un sistema analógico FDMA que presenta elementos en el eje de tiempo el cual comparte componentes dentro del sistema. FDMA relaciona un canal por usuario en componentes de tiempo, y en caso de que el canal por donde pasa el tráfico presente degradación, el sistema se multiplexa automáticamente a otro canal en mejor estado.

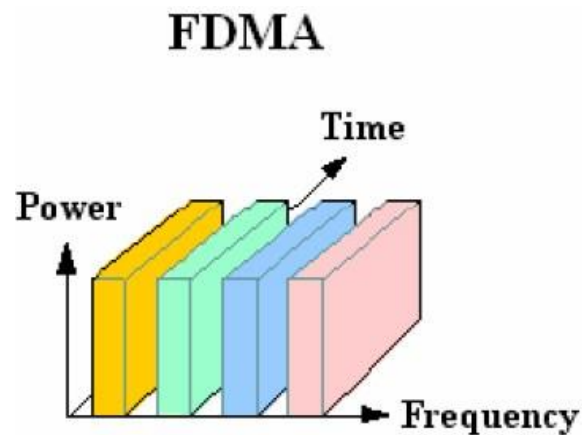


Figura 6. FDMA.

Una de las principales características es que convierte la señal analógica del audio en una señal digital, dividiendo la señal original en una señal muestreada muchas veces en el tiempo en el orden de los milisegundos. El sistema asigna y multiplexa un canal por cada

señal muestreada en componentes de frecuencia por periodos cortos de tiempo por lo que requiere métodos efectivos de sincronía.

Las señales muestreadas mencionadas anteriormente ocupan simultáneamente time slots en componentes de tiempo, lo que se puede apreciar en la siguiente figura

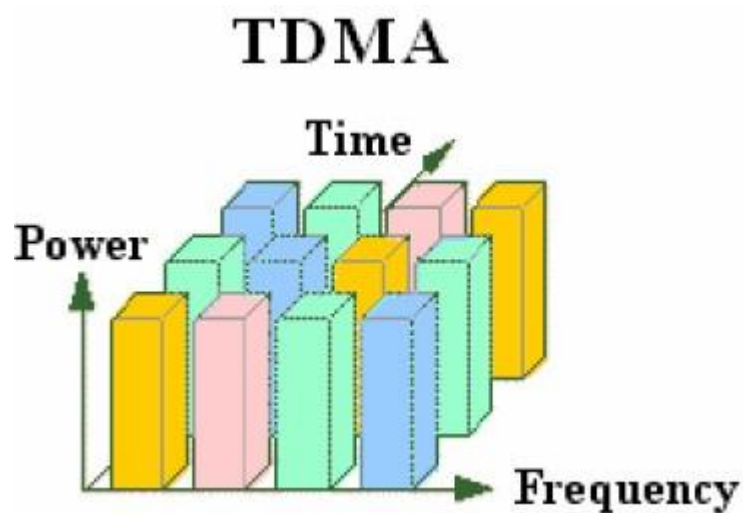


Figura 7. TDMA.

Cuando se habla de TDMA se hace referencia a que la comunicación de un dispositivo únicamente requiere de dos time slots para su tráfico de datos, es decir, enviar y recibir paquetes, por lo que el sistema puede realizar otro tipo de tareas paralelamente en el mismo tiempo.

Actualmente TDMA aplica técnicas avanzadas de compresión de datos digitales permitiendo a varios clientes usar un mismo canal compartido para el tráfico de paquetes aplicando un orden temporal a cada usuario. Al aplicar este tipo de decodificación se disminuyen los tiempos de transmisión y recepción de datos eliminando tiempos muertos en la comunicación de paquetes.

Cuando nos referimos a TDMA, hablamos de tramas, las cuales se definen como la asignación de un espacio en el tiempo en la misma frecuencia dentro de un periodo muestreado.

La diferencia más marcada entre las tecnologías digitales y las tecnologías análogas, es que se necesita de más consumo de corriente durante una transmisión digitalmente hablando, debido a que esta tecnología se basa en amplificaciones lineales, en cuanto a radiofrecuencia se refiere. Para solucionar este problema las transmisiones digitales generan señales segmentadas que obligan a los transmisores a usar menos corriente durante periodos de segmentación permitiendo que se pueda tener una variación en el área de cobertura de la señal transmitida

En referencia a las antenas, se utilizan polarizaciones del tipo vertical, dual y dual simplex, así como dual dual y Quad. Dichas antenas típicamente tienen ganancias entre los 15dBi y los 20dBi, siendo la más común la de 18dBi. Las alturas utilizadas son de aproximadamente de 40m, según las condiciones físicas del emplazamiento donde se



encuentren. Todo esto varía de acuerdo a las necesidades específicas del proveedor del servicio.

Cuando se trata del entorno físico o de la infraestructura utilizada en este tipo de tecnologías, se presenta una disminución económica al realizar mantenimientos ya que se ahorra mucho espacio en la instalación de los equipos y se presenta un incremento en la estructurar escalable de tecnologías en una red en células o celular, disminuyendo también el consumo energético de la red, permitiendo soportar más tráfico y por ende más servicios.

- *Objetivo 2: Diseñar un sistema de comunicación entre dos o más estaciones móviles y una estación base usando un radio enlace y un intercomunicador sobre IP Clear-com.*

*Desarrollo*

**a. Análisis matemático de los radioenlaces**

Cálculo de radioenlace, pérdida en espacio libre.

Perdidas en espacio libre radio enlace Telemedellín-Padre Amaya

$$L_p = 20 \log \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 = 20 \log \left( \frac{4\pi(5725 \times 10^6)(14261\text{m})}{3 \times 10^8} \right) = 130.68028 \text{ dB} \quad (1)$$

Perdidas en espacio libre radio enlace padre Amaya – estación móvil

$$L_p = 20 \log \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 = 20 \log \left( \frac{4\pi(5680 \times 10^6)(12520\text{m})}{3 \times 10^8} \right) = 129.4808 \text{ dB} \quad (2)$$

### b. Presupuesto Radio enlace Teledellín- Cerro Padre Amaya

El P.I.R.E se toma de las especificaciones técnicas de los dispositivos

En las siguientes tablas se muestran los parámetros más resaltantes de los dispositivos.

Datos	Elementos	valores
Distancia: 14.261km Frecuencia: 5725Mhz	Ganancia antena TX	18.0 dBi
	Ganancia antena Rx	18.0 dBi
	Potencia de transmisión	23.0 dBm
	P.I.R.E	12.619 w
	Perdida en espacio libre	130.69 dB
	Perdida en cable y conectores Tx	0.5 dB
	Perdida en cable y conectores Rx	0.5 dB
	Sensibilidad del receptor	-83 dBm

### c. Presupuesto Radio enlace Cerro padre Amaya – Estación móvil

Datos	Elementos	valores
Distancia: 12.520 Km Frecuencia: 5680 Mhz	Ganancia antena TX	18.0 dBi
	Ganancia antena Rx	18.0 dBi
	Potencia de transmisión	23.0 dBm
	P.I.R.E	12.619 w
	Perdida en espacio libre	129.51 dB
	Perdida en cable y conectores Tx	0.5 dB
	Perdida en cable y conectores Rx	0.5 dB
	Sensibilidad del receptor	-83.0 dB

Con estos datos, también se pueden calcular las pérdidas en espacio libre en los enlaces por medio de la siguiente fórmula:

$$L_{fs} = 32.45 + 20\log(f(\text{MHz})) + 20\log(d(\text{Km})) \quad (3)$$

Donde

$$d = 14.261\text{Km}$$

$$f = 5725\text{MHz}$$

Siendo estos los valores para radio enlace Teledellín-padre Amaya.

Sustituyendo en (3)

$$L_{fs} = 32.45 + 20\log(5725) + 20\log(14.261)$$

$$L_{fs} = 130.6885\text{dB} \quad (4)$$

Ahora para el radio enlace Teledellín- Cerro Padre Amaya se tiene:

$$d = 12.520\text{Km}$$

$$f = 5680\text{MHz}$$

Sustituyendo en (3)

$$L_{fs} = 32.45 + 20\log(5680) + 20\log(12.520)$$

$$L_{fs} = 129.4890\text{dB} \quad (5)$$

Para conocer la señal recibida, se procede a calcular la potencia en el receptor para radio enlace Teledellín-Padre Amaya.

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = P_{Tx}(\text{dBm}) - L_{Tx} + G_{Tx} - L_{canal} + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (6)$$

Donde:

$$P_{Tx}(\text{dBm}) = 23\text{dBm}$$

$$L_{Tx} = 0.5 \text{ dB}$$

$$G_{Tx} = 18\text{dBi}$$

$$L_{canal} = 130.6885\text{dB} + 0.40\text{dB} + 1\text{dB} + 6.64\text{dB} = 138.7285\text{dB}$$

$$G_{Rx} = 18\text{dBi}$$

$$L_{Rx} = 0.5\text{dB}$$

Sustituyendo en (6)

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = 23 - 0.5 + 18 - 138.7285 + 18 - 0.5$$

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = -80.7285\text{dBm} \quad (7)$$

Ahora para el radio enlace Teledellín- Cerro Padre Amaya se tiene:

$$P_{Tx}(\text{dBm}) = 23\text{dBm}$$

$$L_{Tx} = 0.5 \text{ dB}$$

$$G_{Tx} = 18\text{dBi}$$

$$L_{\text{canal}} = 129.4890\text{dB} + 0.60\text{dB} + 1\text{dB} + 6.65\text{dB} = 137.739\text{dB}$$

$$G_{Rx} = 18\text{dBi}$$

$$L_{Rx} = 0.5\text{dB}$$

Sustituyendo en (6)

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = 23 - 0.5 + 18 - 137.739 + 18 - 0.5$$

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = -79.739\text{dBm} \quad (8)$$

#### **d. Simulación y Validación de Radio Enlaces con Radio Mobile**

A continuación, se relacionan las simulaciones entre los radioenlaces entre Teledellín y cerro Padre Amaya, cerro Padre Amaya y la estación móvil. Adicional se colocan los parámetros del sistema a través de Radio Mobile.

Se realizó la simulación basándose en las especificaciones de las antenas PMP Force 200 de Cambium Network y de la legislación de la ANE, la cual permite usar la frecuencia 5.725 Mhz para trabajar en este enlace.

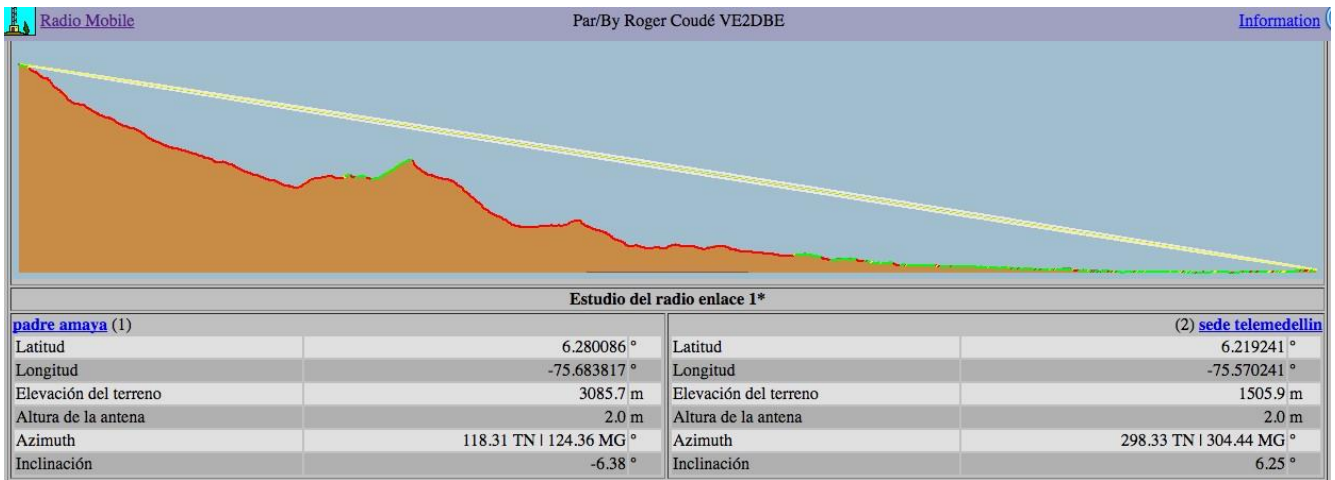


Figura 8. Simulación Radio Enlace Padre Amaya – Teledellín a través de Radio Mobile.

Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	23.01 dBm	Pérdida en espacio libre	130.69 dB
Pérdida en cable TX	0.00 dB	Pérdida por obstrucción	0.40 dB
Ganancia de antena TX	18.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	18.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	6.64 dB
Sensibilidad RX	-83.00 dBm	Pérdida total	138.73 dB
<b>Performance</b>			
Distance			<b>14.261 km</b>
Precisión			10.0 m
Frecuencia			5725.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente			12.619 W
Ganancia del sistema			141.51 dB
Fiabilidad requerida			70.000 %
Señ recibida			-80.22 dBm
Señ recibida			21.84 µV
Márgen de escucha			<b>2.78 dB</b>

Figura 9. Simulación de Parámetros de Radioenlace Padre Amaya – Teledellín.

Para nuestra segunda simulación se realizó con un punto donde está la unidad móvil; se escogió este lugar puesto que es el más común donde se realizan transmisiones y se requiere todos los implementos que vamos a utilizar con estas antenas.

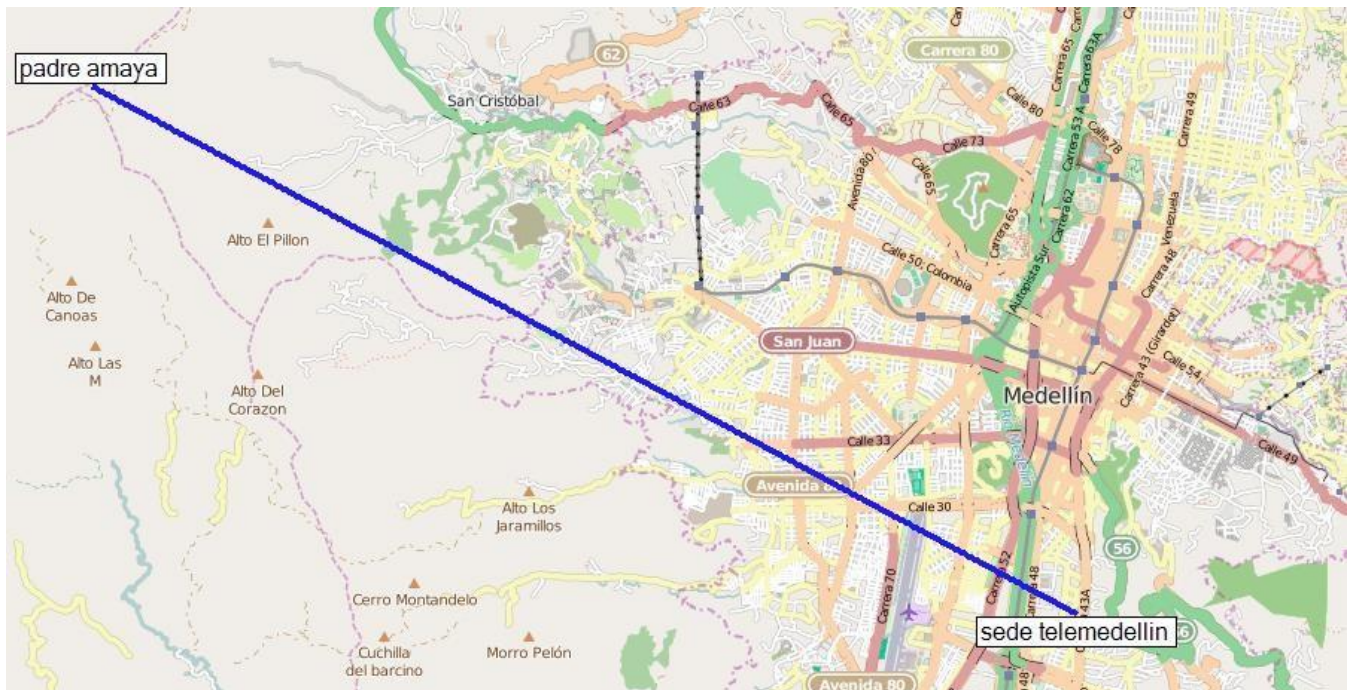


Figura 10. Vista Geográfica del Radio Enlace Padre Amaya- Teled Medellín.

Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	23.01 dBm	Pérdida en espacio libre	129.51 dB
Pérdida en cable TX	0.00 dB	Pérdida por obstrucción	-0.60 dB
Ganancia de antena TX	18.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	18.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	6.65 dB
Sensibilidad RX	-83.00 dBm	Pérdida total	136.56 dB
<b>Performance</b>			
Distance			<b>12.520 km</b>
Precisión			10.0 m
Frecuencia			5680.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente			12.619 W
Ganancia del sistema			141.51 dB
Fiabilidad requerida			70.000 %
Señ recibida			-78.05 dBm
Señ recibida			28.03 µV
Márgen de escucha			<b>4.95 dB</b>

Figura 11. Simulación Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil.



Sistema de radio			Propagation	
Potencia TX	23.01 dBm	Pérdida en espacio libre	129.51 dB	
Pérdida en cable TX	0.00 dB	Pérdida por obstrucción	-0.60 dB	
Ganancia de antena TX	18.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB	
Ganancia de antena RX	18.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB	
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	6.65 dB	
Sensibilidad RX	-83.00 dBm	Pérdida total	136.56 dB	
Performance				
Distance				12.520 km
Precisión				10.0 m
Frecuencia				5680.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente				12.619 W
Ganancia del sistema				141.51 dB
Fiabilidad requerida				70.000 %
Señal recibida				-78.05 dBm
Señal recibida				28.03 µV
Márgen de escucha				4.95 dB

Figura 12. Simulación Parámetros Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil.

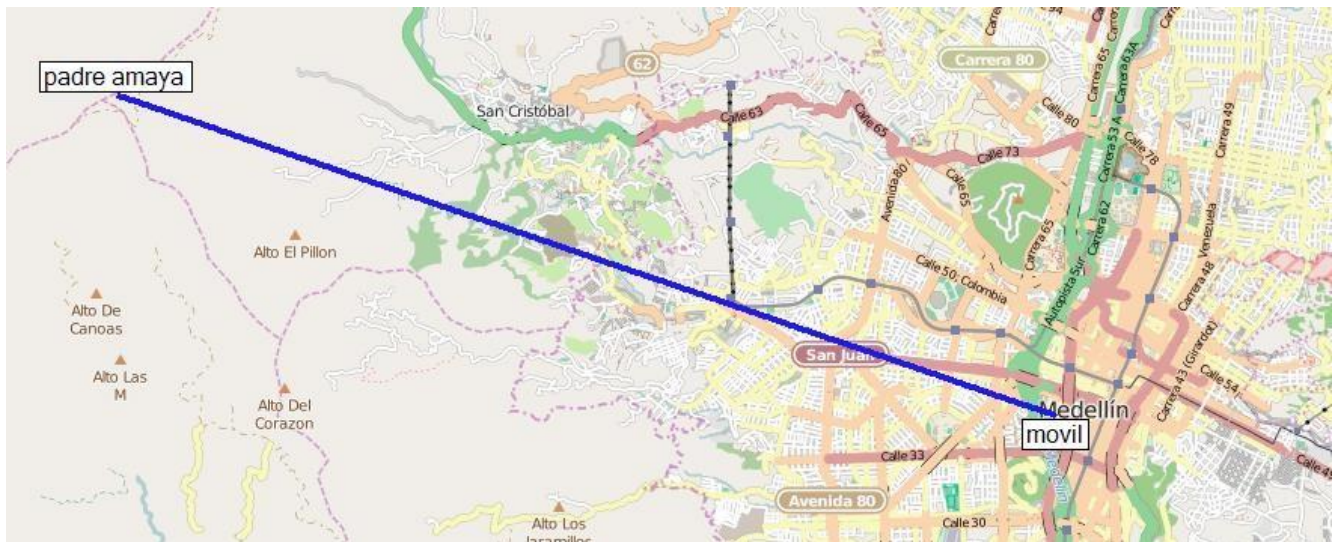


Figura 13: Simulación Vista Geográfica Radio Enlace Padre Amaya – Estación Móvil.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, procedemos a utilizar el analizador de espectro para verificar las frecuencias más óptimas y menos congestionadas para ubicar nuestros enlaces en ella.

### e. Análisis Espectral de Frecuencias en Antenas PMP Force 200 (Cambium Network)

La siguiente imagen se muestra el análisis espectral de frecuencias de las antenas, se toma como referencia una sola imagen ya que es el mismo rango espectral para los dos radio enlaces que se hicieron.

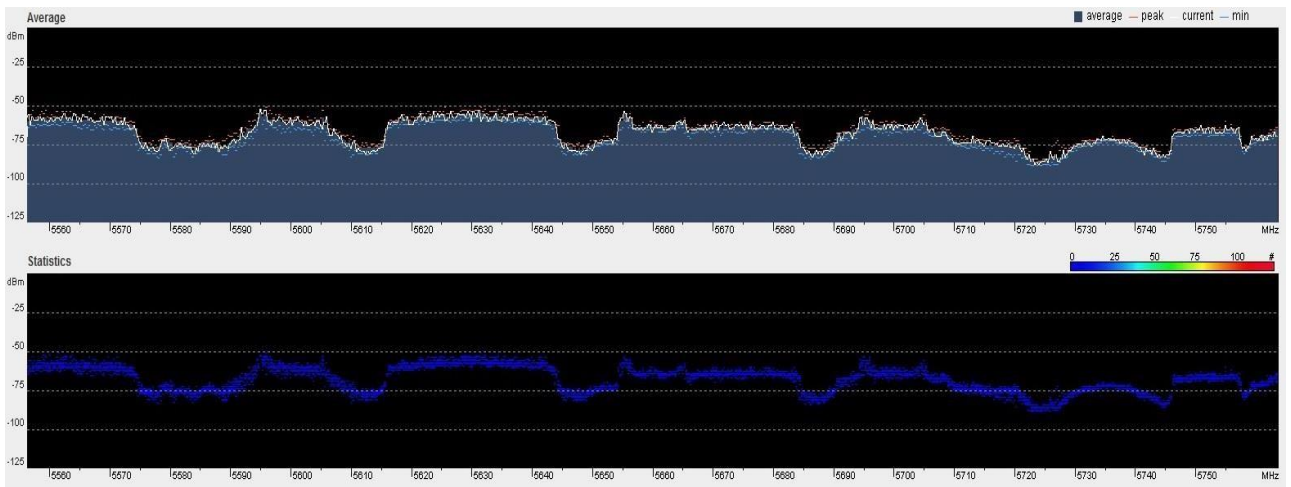


Figura 14: Análisis Espectral de los Radio Enlaces entre Telemedellín – Cerro Padre Amaya y la Estación Móvil.

### f. Montaje Físico y Registro Fotográfico

Para el desarrollo de esta etapa se realiza el montaje físico de:

- Antena en Telemedellín
- Antena en Padre Amaya.
- Antena en la estación móvil.
- Equipos de enrutamiento capa 2 y capa 3 (switches y routers).
- Matriz de comunicaciones Clear-Com.
- Paneles de comunicaciones Clear-Com.



**g. Montaje y ubicación de los servidores, Matrix Intercom de Clear-Com, Switches Core y Paneles Clear-Com**



Figura 15. Matriz Intercom.



Figura 16: Switches Core en Cascada.



Figura 17: Servidores de Telemedellin.



Figura 18: Consola en Máster de Transmisión del Canal Telemedellin.



Figura 19. Panel Clear-Com Ubicado en la Consola del Máster de Transmisión.



Figura 20. Ingreso a la Interfaz de Configuración del Panel Clear-Com.



Figura 21. Configuración IP del Panel Clear-Com.



Figura 22. Configuración del Resto de Parámetros del Dispositivo en la Red del Canal.



Figura 23: Apreciación de Parámetros IP Estáticos en Panel Clear-Com del Máster de Transmisión.

**h. Instalación de antena PMP Force 200 en Teledellín y Estación Móvil.**



Figura 24. Instalación de Antena en Torre Azotea Teledellín.



Figura 25: Apuntamiento hacia Cerro Padre Amaya.



Figura 26. Antena Instalada y Apuntada.



Figura 27: Armado de la Antena de la Estación Móvil.



Figura 28. Ensamble de la Antena de la Estacion Móvil.



Figura 29: Recuadro Rojo ubica el Panel Clear-Com en la Estacion Móvil del Canal Telemedellin.



Figura 30. Panel Clear-Com Instalado en Estacion Móvil de Transmision.



### i. Esquema y Direccionamiento IP del Montaje del Proyecto

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de la red configurada en el montaje del proyecto con su respectivo direccionamiento IP.

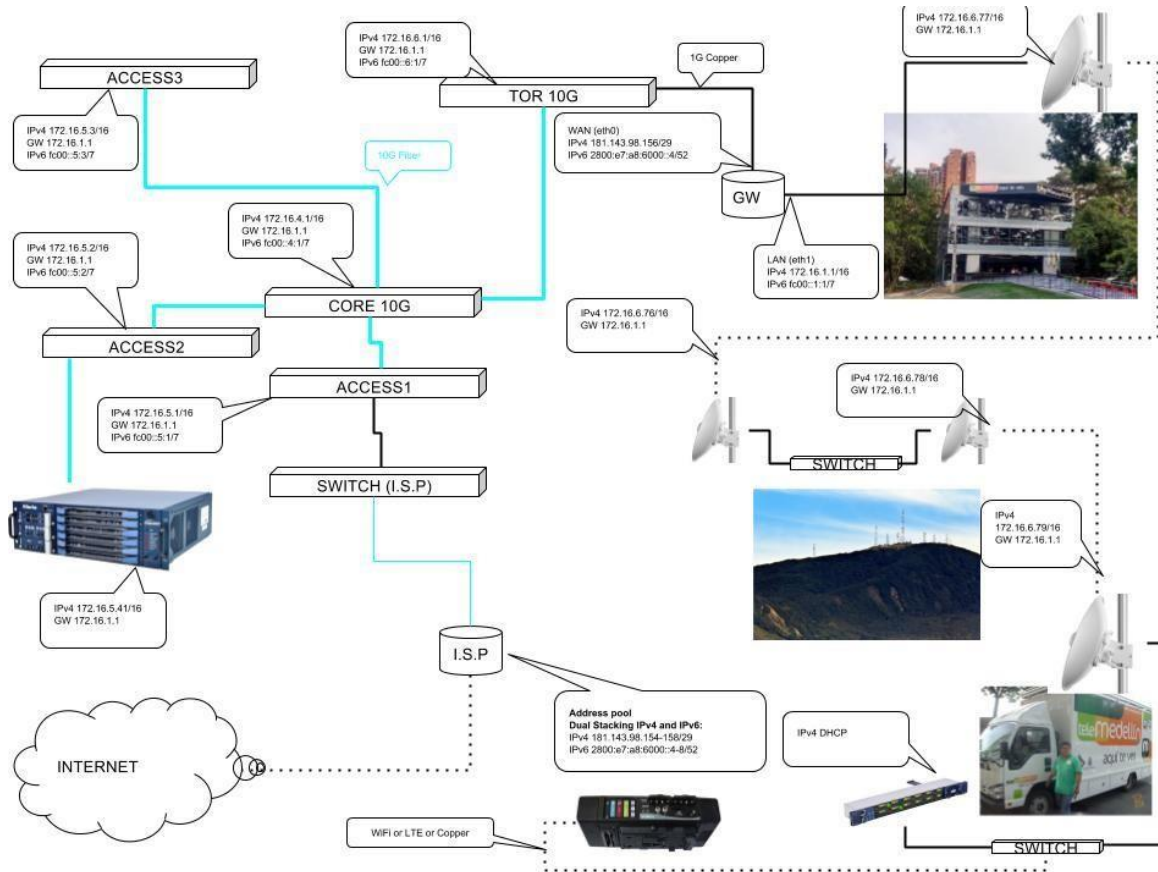


Figura 31. Diagrama Lógico de la Red Implementada.

## j. Direccionamiento IP de los Dispositivos que Intervienen en la Red

### Implementada

Tabla 3: direccionamiento IP de los equipos en la red.

Nombre del dispositivo	Protocolo o estándar	Direccion IPv4/Mascara	Gateway	Direccion IPv6/Mascara
Router I.S.P	Ip	181.143.98.154-158/29		2800:e7:a8:6000::4-8/52
Switch I.S.P	Ip			
Switch Access 1	Ip	172.16.5.1/16	172.16.1.1	Fc00::5:1/7
Switch core 10G	Ip	172.16.4.1/16	172.16.1.1	Fc00::4:1/7
Switch Access 2	Ip	172.16.5.2/16	172.16.1.1	Fc00::5:2/7
Matriz Eclipse	Ip	172.16.5.41/16	172.16.1.1	
Switch Access 3	Ip	172.16.5.3/16	172.16.1.1	Fc00::5:3/7
Switch Tor 10G	Ip	172.16.6.1/16	172.16.1.1	Fc00::6:1/7
Panel Clear Com-máster	Ip	IPv4 DHCP	N/A	N/A
Router GW eth0	Ip	181.143.98.15/29	N/A	2800:e7:a8:6000::4/52
Router GW eth1	Ip	172.16.1.1/16	N/A	Fc00::1:1/7
Antena Teledellín	Ip	172.16.6.77/16	172.16.1.1	N/A
Antena Padre Amaya 1	Ip	172.16.6.76/16	172.16.1.1	N/A
Antena Padre Amaya 2	Ip	172.16.6.78/16	172.16.1.1	N/A
Antena estación móvil	Ip	172.16.6..79/16	172.16.1.1	N/A
Panel Clear Com-estación móvil	Ip	IPv4 DHCP	N/A	N/A
Aviwest	Wifi o LTE o Copper	IPv4 DHCP	N/A	N/A

A continuación, se especificarán los equipos escogidos y utilizados de acuerdo a la experiencia de los canales anteriormente mencionados, según nuestra experiencia en campo y según las necesidades del canal antioqueño.

- *Objetivo 3: Diseñar un método de validación y comprobación para garantizar la estabilidad del canal, su confiabilidad y la calidad de la información transmitida entre las diferentes estaciones para el canal Teledellín*

## Desarrollo

### a. Radio enlace Teledellín-Padre Amaya:

$$L_{fs} = 32.45 + 20\log(5725) + 20\log(14.261)$$

$$L_{fs} = 130.6885\text{dB} \quad (4)$$

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = 23 - 0.5 + 18 - 138.7285 + 18 - 0.5$$

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = -80.7285\text{dBm} \quad (7)$$

Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	23.01 dBm	Pérdida en espacio libre	130.69 dB
Pérdida en cable TX	0.00 dB	Pérdida por obstrucción	0.40 dB
Ganancia de antena TX	18.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	18.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	6.64 dB
Sensibilidad RX	-83.00 dBm	Pérdida total	138.73 dB
<b>Performance</b>			
Distance		14.261 km	
Precisión		10.0 m	
Frecuencia		5725.000 MHz	
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente		12.619 W	
Ganancia del sistema		141.51 dB	
Fiabilidad requerida		70.000 %	
Señ recibida		-80.22 dBm	
Señ recibida		21.84 μV	
Márgen de escucha		2.78 dB	

Por medios de los resultados obtenidos en (4) y (7) se puede corroborar la similitud entre los cálculos teóricos y los simulados.

Radio enlace Padre Amaya – estación móvil:

$$L_{fs} = 32.45 + 20\log(5680) + 20\log(12.520)$$

$$L_{fs} = 129.4890\text{dB} \quad (5)$$

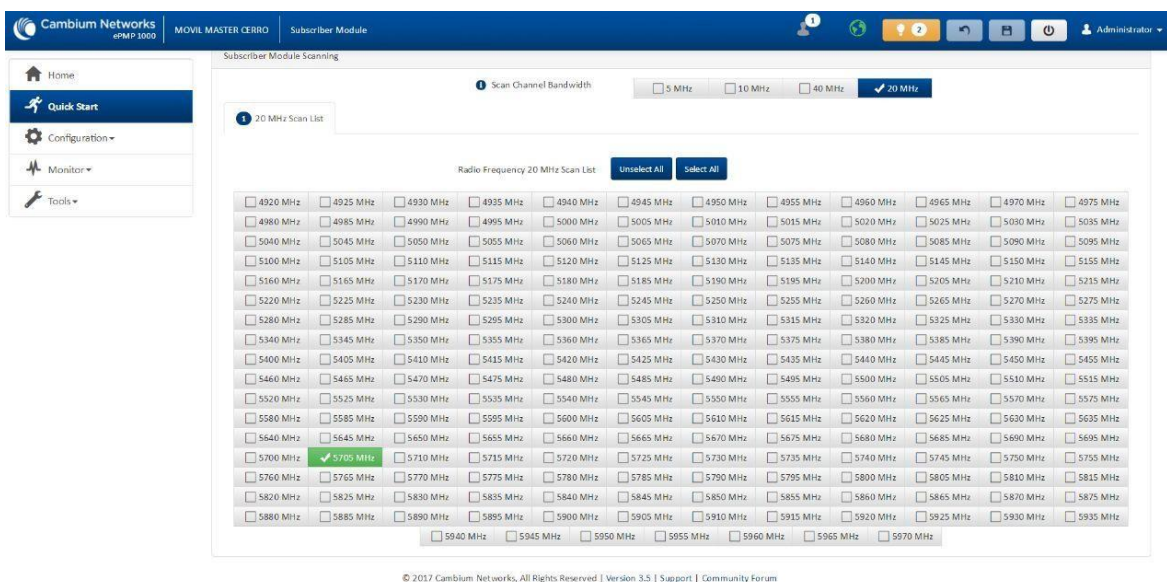
$$P_{Rx}(\text{dBm}) = 23 - 0.5 + 18 - 137.739 + 18 - 0.5$$

$$P_{Rx}(\text{dBm}) = -79.739\text{dBm} \quad (8)$$

Sistema de radio		Propagation	
Potencia TX	23.01 dBm	Pérdida en espacio libre	129.51 dB
Pérdida en cable TX	0.00 dB	Pérdida por obstrucción	-0.60 dB
Ganancia de antena TX	18.00 dBi	Pérdida por bosque	1.00 dB
Ganancia de antena RX	18.00 dBi	Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida en cable RX	0.50 dB	Pérdida estadística	6.65 dB
Sensibilidad RX	-83.00 dBm	Pérdida total	136.56 dB
<b>Performance</b>			
Distance			<b>12.520 km</b>
Precisión			10.0 m
Frecuencia			5680.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente			12.619 W
Ganancia del sistema			141.51 dB
Fiabilidad requerida			70.000 %
Señ recibida			-78.05 dBm
Señ recibida			28.03 µV
Márgen de escucha			<b>4.95 dB</b>

Por medios de los resultados obtenidos en (5) y (8) se puede corroborar la similitud entre los cálculos teóricos y los simulados.

Al hacer pruebas en los equipos reales se obtiene:

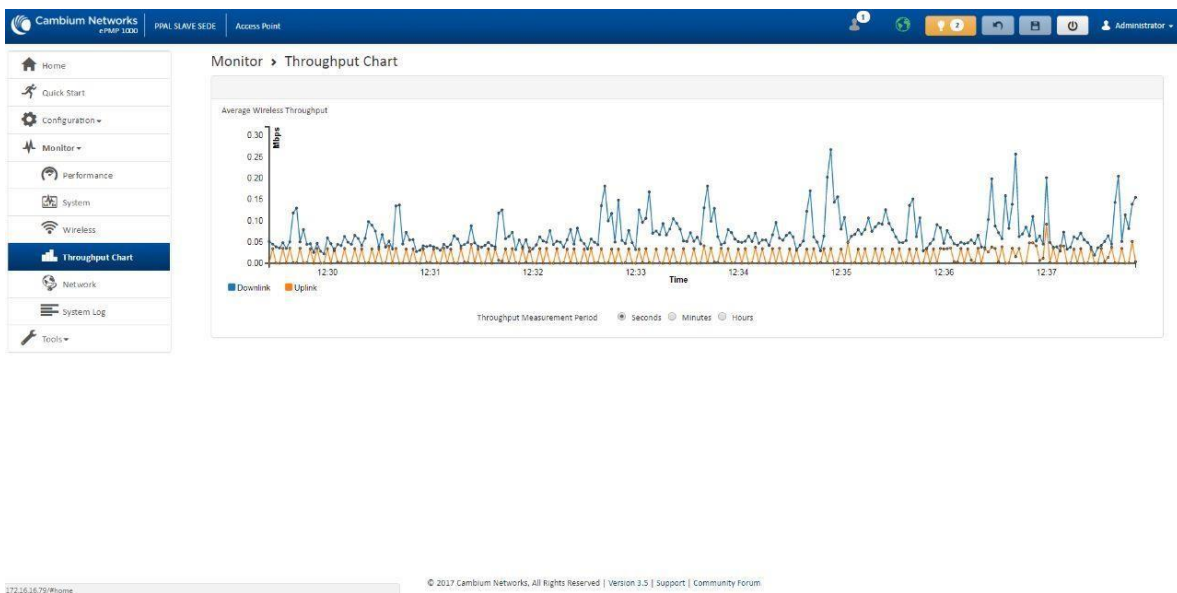




Es aquí donde se selecciona la frecuencia de operación, la cual es 5705MHz.



Una vez seleccionada la frecuencia de operación ( $f = 5705\text{MHz}$ ) se observa la gráfica del nivel RSSI.



Por medio de la figura anterior, se observa la gráfica que muestra el throughput tanto para uplink como para downlink, donde se corrobora que los niveles en downlink son más altos que los niveles de uplink.

The screenshot shows the Home page of the Cambium Networks eNMP 1000 web interface for the device 'MOVIL MASTER CERRO'. The interface is divided into two main sections: a left sidebar with navigation options (Home, Quick Start, Configuration, Monitor, Tools) and a main content area. The main content area is titled 'Home' and contains two tables of system information.

System Information	
Device Name	MOVIL MASTER CERRO
Operating Frequency	5705 MHz
Operating Channel Bandwidth	20 MHz
Transmitter Output Power	30 dBm
Antenna Gain	25 dBi
Country	Other
Subscriber Module Mode	ePTP Slave
Network Mode	Bridge
Downlink RSSI	-66 dBm
Downlink SNR	37 dB
Uplink MCS	MCS 15
Downlink MCS	MCS 15
cnMaestro Remote Management	Enabled
cnMaestro Connection Status	Device Not Claimed
cnMaestro Account ID	--

Network and System Status	
Wireless MAC Address	00:04:56:FA:B1:8F
Ethernet MAC Address	00:04:56:FA:B1:8E
IP Address	172.16.16.78
Date and Time	03 Sep 2015, 20:33:14 GMT
System Uptime	2 days, 20 hours, 33 minutes, 13 seconds
System Description	---
Registered AP SSID	TELEMED
Registered AP MAC Address	00:04:56:FA:04:F3
Device Coordinates	---
Ethernet Status	100 Mbps / Full
Wireless Status	Up

© 2017 Cambium Networks, All Rights Reserved | Version 3.5 | Support | Community Forum

The screenshot shows the Configuration > Network page of the Cambium Networks eNMP 1000 web interface. The page is divided into three main sections: General, Virtual Local Area Network (VLAN), and Ethernet Port.

**General**

- Network Mode:  NAT  Bridge  Router
- IP Assignment:  Static  DHCP
- IP Address: 172.16.16.78
- Subnet Mask: 255.255.0.0
- Gateway: 172.16.1.1
- Preferred DNS Server: 172.16.2.1
- Alternate DNS Server: 172.16.2.2
- Ethernet Port Security:  Disabled  Enabled
- Secure MAC Limit: 5 (min: 1 | max: 254)
- MAC Aging Time: 300 seconds (min: 0 | max: 1440)

**Virtual Local Area Network (VLAN)**

- Management VLAN:  Disabled  Enabled
- Management VLAN ID: [ ] (min: 1 | max: 4094)
- Management VLAN Priority: [ ] (min: 0 | max: 7)
- Data VLAN:  Disabled  Enabled
- Data VLAN ID: [ ] (min: 1 | max: 4094)
- Data VLAN Priority: [ ] (min: 0 | max: 7)
- Membership VLANs: [Add] [Show Details]
- VLAN ID Begin: [ ] VLAN ID End: [ ]
- Table is empty
- VLAN Mapping: [Add] [Show Details]
- C-VLAN: [ ] S-VLAN: [ ]
- Table is empty

**Ethernet Port**

- Ethernet MTU: 1500 bytes (min: 576 | max: 1700)
- Ethernet Port:  Disabled  Enabled
- Port Setting:  Manual  Auto-Negotiate

En esta parte se introduce la dirección ip del dispositivo, a la cual se le asignará una ip estática, esto con la finalidad de que no cambie de ip frecuentemente por el DHCP y para llevar el control de las ip asignadas. La dirección ip asignada es la 172.16.16.78 con máscara de red 255.255.0.0 por lo que también se puede escribir 172.16.16.78/16, lo que quiere decir que la dirección de red es 172.16.0.0 y por tal motivo se asigna como default Gateway la primera dirección ip utilizable que es la 172.16.1.1.

The screenshot displays the Cambium Networks eMP 1000 web interface for configuring a Subscriber Module. The interface is divided into several sections:

- Navigation:** Home, Quick Start (selected), Configuration, Monitor, Tools.
- Quick Start:**
  - General:**
    - Radio Mode:  Access Point,  Subscriber Module,  Spectrum Analyzer
    - Driver Mode:  TDD,  Standard WiFi,  ePTP Slave
    - Country: Follow AP's Country
    - Device Name: MOVIL MASTER CERRO
    - Network Mode:  NAT,  Bridge,  Router
    - IP Assignment:  Static,  DHCP
    - IP Address: 172.16.16.78
    - Subnet Mask: 255.255.0.0
    - Gateway: 172.16.1.1
  - Wireless Security:**
    - WPA2 Pre-shared Key: \*\*\*\*\*
    - EAP-TTLS Username: cambium-station
    - Use Ethernet MAC Address as EAP-TTLS Username:  Off,  Using ':' as Format,  Using '-' as Format
    - EAP-TTLS Password: \*\*\*\*\*
    - Authentication Identity String: anonymous
    - Authentication Identity Realm: cambiumnetworks.com
    - Buttons: Add new AP, Show Details
    - Preferred APs: SSID (TELEMED), Wireless Security (WPA2)
- Subscriber Module Scanning:**
  - Scan Channel Bandwidth:  5 MHz,  10 MHz,  40 MHz,  20 MHz
  - 20 MHz Scan List: (Empty table)
  - Radio Frequency 20 MHz Scan List: Unselect All, Select All

# 6 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

## *CONCLUSIONES*

- La convergencia de tecnologías de transmisión de datos basada en VoIP, resulta sumamente beneficiosa al canal televisivo Telemedellín para la intercomunicación entre su estación base y sus estaciones móviles al proveer de mayor ancho de banda y velocidad de transmisión sin verse afectada por el tráfico en la red, además de proporcionar beneficios económicos al canal.
- Entre las tecnologías usadas en la actualidad, las que presentan mejores resultados en cuanto a sus características y prestaciones son la convergencia entre VoIP y TDMA.
- El Clear-Com resulta un dispositivo muy eficaz al momento de diseñar un sistema de comunicaciones entre dos puntos distantes, basado en VoIP.
- Se logra diseñar un método de validación eficiente para brindar estabilidad, calidad y confiabilidad a los datos transmitidos por el radio enlace entre Telemedellín y sus estaciones móviles.

## *RECOMENDACIONES*

- Se invita a estudiar y analizar otras tecnologías referentes a la transmisión de datos, ya que estas avanzan a pasos agigantados ofreciendo mejores beneficios.
- Estudiar más a fondo el Clear-Com para aprovechar al máximo todas sus prestaciones.

## *TRABAJO FUTURO*

Con la realización de este trabajo se abre la oportunidad de diseñar y caracterizar un sistema de transmisión de datos que cubra un área geográfica más amplia, aprovechando todos los beneficios ofrecidos por el dispositivo Clear-Com, para brindar un mejor desempeño al sistema de comunicación.

## 7 REFERENCIAS

Carrasco, M. M.; Alvarado, L.; Ascanio, S. y López, D. (2005). *Tdma* (Tesis de pregrado). Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

Martínez Hernández, O. (2010). *Tecnologías de transmisión* (Tesis de maestría). Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Muñoz Jiménez, L. (2013). *Evolución de la red de transmisión de acceso móvil desde tdm a all-ip* (Tesis de postgrado). Universidad politécnica de Valencia, España.

Puchaicela Huaca, J. P. (2016). *Convergencia de tecnologías de acceso a redes móviles de banda ancha* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Recuperado de: [https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/786/TELCO-%20TESIS\\_JUAN%20PUCHAICELA\\_SEP09\\_2016.pdf?sequence=1](https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/786/TELCO-%20TESIS_JUAN%20PUCHAICELA_SEP09_2016.pdf?sequence=1)

Vargas R., M. del V. (2003). *Modelo de migración de redes multiplexadas tdm a redes multiservicio basadas en voz sobre ip* (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Velloso Chacín, Venezuela.

FIRMA ESTUDIANTES Elias Babblunperis  
Alexander J.  
[Signature]

FIRMA ASESOR [Signature]

FECHA ENTREGA: 03/03/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_