

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

MATERIAL PEDAGÓGICO PARA EL USO DE LOS RADIOS ALCATEL TELETRA

Fabio Alberto Castro Echeverri

Tecnología en Telecomunicaciones

Sara María Yepes

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

19 de mayo de 2016

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

RESUMEN

Con este trabajo de grado se pretendió intervenir el radioenlace que utiliza el radio ALCATEL TELETRA ubicado en el patio de antenas, ubicado en el 6to piso de manera que quede operativo a una distancia de 50 metros aproximadamente. Además se pretende documentar las prácticas de laboratorio realizadas con el enlace de microondas, para la asignatura de sistemas inalámbricos.

Para esta tarea, se tuvo en cuenta los manuales de los radios ALCATEL TELETRA que facilito el ITM para poder entender el manejo y funcionamiento de estos, así como la documentación de trabajos de grados anteriores como apoyo. También se adquirieron conocimientos sobre cable HELIAX y sus conectores, y de este modo poder hacer la intervención y prolongar la distancia entre antenas. Todo esto para poder implementar un radioenlace operativo con el fin de compartir recursos de streaming.

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

RECONOCIMIENTOS

Quiero Agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano por darme la oportunidad de realizar y culminar mis estudios, como tecnólogo en Telecomunicaciones y ayudarme a crecer profesional y personalmente. Quiero agradecer a mi familia que me prestaron su apoyo durante todo el proceso de formación como tecnólogo. Agradezco a mi asesora la docente Sara María Yepes por el acompañamiento durante el tiempo que se hizo el trabajo de grados. También quiero agradecer a mis compañeros de estudio por su apoyo moral y especialmente a Brayan Gallego y Daniel Alejandro Cataño por sacar de su tiempo para colaborar en ciertos aspectos del trabajo de grados.

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

ACRÓNIMOS

FM frecuencia modulada

BER tasa de error binario

QAM modulación de amplitud en cuadratura

PIRE Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

OL Oscilador local

PTX Potencia transmisión

TX Transmisor

RX Receptor

dB Decibeles

dBm Decibelios por unidad de mili vatio

PRX Potencia de recepción

IF Frecuencia intermedia

RF Radio frecuencia

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

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN
2.	MARCO TEÓRICO.....
3.	METODOLOGÍA
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO
	REFERENCIAS
	APÉNDICE.....

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

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación.

Las telecomunicaciones son un factor muy importante en cualquier sociedad, ellas permiten que nos comuniquemos de manera instantánea desde la comodidad de nuestros hogares, hoy en día existen infinidad de dispositivos que nos facilita la vida. Estos han evolucionado desde que se crearon los primeros equipos de comunicación a distancia (Teléfono, Telégrafo, etc.). Pero con el surgimiento de las comunicaciones inalámbricas que han permitido bajar costos y son sistemas más flexibles, los sistemas alámbricos han ido quedando en el olvido. Un radio enlace ofrece un servicio eficaz y de calidad.

Con esto se pretende crear 2 guías que faciliten la implementación de un radio enlace en el laboratorio del 6to piso de Fraternidad, donde aprenderán a manejar lo básico de los radios Telettra y caracterizar parámetros. Esto con el fin de profundizar un poco en el área de las radiocomunicaciones.

1.2 Planteamiento del problema.

A pesar de que el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) cuenta con un laboratorio de radio y con equipos de radiocomunicaciones como son los radios Alcatel Telettra ubicados en el 6to piso de fraternidad, no hay una guía dirigida al estudiantado que le indique como se deba trabajar con estos equipos y que aplicaciones se puede hacer con ellos, además de que es necesario intervenir el enlace para que quede operativo a una distancia de 65 metros aproximadamente. Para ello se utilizara un nuevo conector y el cable Heliax de 7/8".

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

1.3 Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Intervenir el radio enlace digital de microondas ubicado en el 6to piso de fraternidad para que quede operativo a una distancia considerable y además presentar elementos pedagógicos dirigidos al estudiantado.

1.3.2. Objetivos específicos.

Asegurar el correcto funcionamiento del radio enlace para diferentes aplicaciones pedagógicas.

Generar 2 guías pedagógicas para una correcta implementación del radio enlace.

1.4. Organización del trabajo.

En primer lugar se debió implementar al radio enlace, ponchando el nuevo conector para poder hacer uso del cable Heliac y aumentar distancias entre las antenas.

El siguiente paso fue hacer pruebas para mirar la funcionalidad del radio enlace a la distancia de 65 metros, para esto se utilizó streaming.

Por último se procedió a la realización de 2 guías que indicaran al estudiantado como implementar el radio enlace y como caracterizarlo.

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

2. MARCO TEÓRICO

El concepto de telecomunicación abarca todas las formas de comunicación a distancia. La palabra incluye el prefijo griego tele, que significa “distancia” o “lejos”. Por lo tanto, la telecomunicación es una técnica que consiste en la transmisión de un mensaje desde un punto hacia otro, usualmente con la característica adicional de ser bidireccional. La telefonía, la radio, la televisión y la transmisión de datos a través de computadoras son parte del sector de las telecomunicaciones.

Dentro del ámbito de las telecomunicaciones es importante que se conozca la importancia de la variedad del material físico que se utiliza en las mismas. De él, de su calidad y de sus prestaciones, depende el éxito del proceso y en este sentido ello conlleva a que sea necesario el estudio de una serie de pautas y criterios para apostar por el material más adecuado. En concreto, los expertos en dicha área tienen que proceder a analizar concienzudamente lo que son los costos, la seguridad, la capacidad que tiene, los errores que puede traer consigo o también la facilidad de uso que tiene.

El físico inglés James Clerk Maxwell fue el responsable de sentar las bases para el desarrollo de la telecomunicación, al introducir el concepto de onda electromagnética para describir mediante las matemáticas la interacción entre electricidad y magnetismo. De esta forma, Maxwell anunció que era posible propagar ondas por el espacio libre al utilizar descargas eléctricas, algo que comprobó Heinrich Hertz en 1887.

La historia de las telecomunicaciones comenzó a desarrollarse en la primera mitad del siglo XIX, con el telégrafo eléctrico (que permitía enviar mensajes con letras y números). Más adelante apareció el teléfono, que agregó la posibilidad de comunicarse utilizando la voz. Con las ondas de radio, la comunicación inalámbrica llegó para completar una verdadera revolución en los hábitos de la humanidad.

Por supuesto, las innovaciones tecnológicas en el campo de la telecomunicación nunca se detuvieron. El módem posibilitó la transmisión de datos entre computadoras y otros

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

dispositivos, en lo que constituyó el punto de inicio para el desarrollo de Internet y otras redes informáticas.

En el ámbito educativo y formativo es importante recalcar el hecho de que, a nivel universitario, existe en España y Colombia el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. Una titulación esta que, a su vez, se compone de dos áreas (Sonido e Imagen, y Sistemas de Telecomunicación) y que permite que los alumnos que la realicen puedan conseguir un empleo como Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

Tal es la importancia que en la sociedad actual tienen las tecnologías de la telecomunicación que esta profesión se ha convertido en una de las que poseen más perspectivas de futuro. Y es que los expertos en la materia podrán encontrar un trabajo tanto en operadoras de redes como en fabricantes de equipos de telecomunicaciones pasando por empresas de radiodifusión e incluso en operadores de televisión. Y todo ello sin olvidar tampoco que otra de las salidas profesionales con más demanda es en el área de la configuración, instalación y mantenimiento de redes de comunicación móviles y ópticas. Hoy en día, las telecomunicaciones conforman un sector industrial que mueve millones de dólares al año en todo el mundo. (Pozar, 2012)

Radioenlace.

Se denomina radioenlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características. Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencia asignada para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

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

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. (Balanis, 2005)

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto. Según el tipo de modulación, pueden clasificarse los radioenlaces en dos amplias categorías, de las cuales se utiliza una tecnología específica. (Moncada Colorado & Gómez Gaviria , 2015)

Radio Alcatel Telettra.

El radios Alcatel Telettra es un equipo es un equipo de transmisión que trabaja en la banda de 2.3 -2.5 GHZ, tiene un rango de alimentación que le permite operar entre -25VDC y -60VDC y un consumo de corriente de 1.8 Amperios. El radio Alcatel Telettra es un sistema de 4*2, tiene capacidad para cuatro tributarios (E1's) por lo que 2048 Kbps *4= 8Mbps. (Moncada Colorado & Gómez Gaviria , 2015)

Modulación.

Modulación engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información de forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias. Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Consiste en modular por desplazamiento en amplitud de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90°. La señal modulada QAM es el resultado

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

de sumar ambas señales. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras al tener tal desfase, se dice que están en cuadratura. Estas dos ondas generalmente son señales sinusoidales en la cual una onda es la portadora y la otra es la señal de datos.

16QAM Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados. Cada flujo de datos se divide en grupos de cuatro bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada bit en 4 estados o niveles de amplitud de las portadoras.(Tomasi, 2003)

Cable coaxial.

El cable coaxial, es un tipo de cable que se utiliza para transmitir señales de electricidad de alta frecuencia. Estos cables cuentan con un par de conductores concéntricos: el conductor vivo o central (dedicado a transportar los datos) y el conductor exterior, blindaje o malla (que actúa como retorno de la corriente y referencia de tierra). Entre ambos se sitúa el dieléctrico, una capa aisladora. Los cables coaxiales fueron desarrollados en la década de 1930 y gozaron de gran popularidad hasta hace poco tiempo. Actualmente, sin embargo, la digitalización de las distintas transmisiones y las frecuencias más altas respecto a las usadas con anterioridad han hecho que estos cables sean reemplazados por los cables de fibra óptica, que tienen un ancho de banda más importante. La estructura del cable coaxial se compone de un núcleo desarrollado con hilo de cobre que está envuelto por un elemento aislador, unas piezas de metal trenzado (para absorber los ruidos y proteger la información) y una cubierta externa hecha de plástico, teflón o goma, que no tiene capacidad de conducción. Entre los diversos tipos de cable coaxial (con distintos diámetros e impedancias), los más frecuentes son los fabricados con policloruro de vinilo (más conocido como PVC) o con plenum (materiales que resisten el fuego).

Las redes de telefonía interurbana, Internet y televisión por cable, la conexión entre la antena y el televisor, y los dispositivos de radioaficionados suelen usar cables coaxiales.

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

El ámbito donde más comúnmente se encuentran cables de tipo coaxial es el audio digital. En este caso, el conector se asemeja a un RCA (el tipo de conexión utilizado para audio y vídeo analógicos, que consta de un enchufe blanco, uno rojo y uno amarillo), aunque la información que transporta es absolutamente diferente. En comparación con un cable de audio normal, es bastante más grueso, ya que utiliza el mismo tipo de maya que se aprecia en los cables de antena de televisión tradicionales.

El coaxial digital transmite una señal eléctrica, la cual recorre el hilo de cobre que se encuentra en su interior, recubierto de papel aluminio para evitar las interferencias. La primera diferencia con respecto a los cables de audio analógico es el precio; dado que la calidad de sonido que ofrecen es muy superior, es necesario pagar casi diez veces más. Esto puede tentar a un usuario inexperto a fabricar una alternativa casera partiendo de un cable RCA tradicional, cometiendo un grave error.

Entre las desventajas de tal decisión se encuentran la ausencia de aislamiento, que causa pérdidas de señal en cables muy largos, y una disminución considerable del ancho de banda. Esto se traduciría en sonido cortado, ya que no se recibiría toda la información digital proveniente del dispositivo de manera constante. Además, se percibiría interferencia de otros aparatos eléctricos.

Si se tiene en cuenta que los cables coaxiales de audio no cuestan mucho dinero y que, asumiendo que se posea el equipo necesario, ofrecen una calidad de audio considerablemente superior, la decisión de no adquirirlos resulta difícil de entender. Es importante entender que, como el tipo de información que transmiten es digital, puede incluir tanto los dos canales del sonido estéreo como los seis del ambiental (generalmente conocido como “surround”). Además, como sucede con el vídeo a través de HDMI o DVI, no se necesita gastar grandes sumas de dinero para buscar los mejores resultados, ya que (aún en productos económicos) los datos digitales son siempre iguales. (Vela, 1999)

Cable de línea dura (Helix).

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

Línea dura que se utiliza en la radiodifusión, así como muchas otras formas de comunicación radio. Es un cable coaxial construido usando redondo de cobre, la plata o el tubo oro o una combinación de metales tales como un escudo. Algunos línea dura de menor calidad puede utilizar blindaje de aluminio, aluminio sin embargo se oxida fácilmente y, a diferencia de plata u óxido de oro, óxido de aluminio pierde drásticamente la conductividad efectiva. Por lo tanto, todas las conexiones deben ser aire y estanco al agua.

El conductor central puede consistir en cobre sólido, o de aluminio chapado en cobre. La mayoría de las variedades de línea dura usada para el chasis externo o cuando se expone a los elementos tienen una funda de PVC; sin embargo, algunas aplicaciones internas pueden omitir la camisa de aislamiento. Línea dura puede ser muy gruesa, por lo general al menos media pulgada o 13 mm y hasta varias veces eso, y tiene bajas pérdidas, incluso a alta potencia. Estas líneas duras a gran escala se utilizan casi siempre en la conexión entre un transmisor en el suelo y la antena o la antena en una torre.

Línea dura también puede ser conocido por los nombres comerciales tales como Heliac (Andrew), o Cablewave (RFS / Cablewave). Variedades más grandes de línea dura puede tener un conductor central que se construye a partir de cualquiera de las tuberías de cobre rígido o corrugado. El dieléctrico en línea dura puede consistir en espuma de polietileno, aire, o un gas presurizado tal como nitrógeno o aire desecado (aire seco). En las líneas de gas-cargada, plásticos duros tales como el nylon se utilizan como espaciadores para separar los conductores interiores y exteriores. La adición de estos gases en el espacio dieléctrico reduce la contaminación por humedad, proporciona una constante dieléctrica estable y ofrece un menor riesgo de formación de arco interno. hardlines llenas de gas se utilizan por lo general en los transmisores de radiofrecuencia de alta potencia, tales como la radiodifusión de televisión o radio, transmisores militares, y las aplicaciones de radioaficionados de alta potencia, pero también se pueden utilizar en algunas aplicaciones de baja potencia críticos como los de las bandas de microondas.

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

Sin embargo, en la región de las microondas, la guía de onda se utiliza más a menudo que la línea dura para el transmisor a la antena, o aplicaciones de la antena y el receptor. Los diversos escudos utilizados en línea dura también difieren; algunas formas utilizan tubos rígidos, o tubería, otros pueden utilizar un tubo corrugado, lo que hace más fácil la flexión, así como reduce la formación de cocas cuando el cable se dobla para conformar. Las variedades más pequeñas de línea dura pueden utilizarse internamente en algunas aplicaciones de alta frecuencia, en particular en el equipo dentro de la gama de microondas, para reducir la interferencia entre las fases del dispositivo. (Wikipedia, 2016) (Andrew, 2014)

3. METODOLOGÍA

Analizar e investigar conocimientos sobre la utilización de los radios Alcatel Telettra.

Para lograr reunir suficiente información que permita la elaboración de las guías, se realizó un proceso de investigación de estos equipos, igualmente los manuales facilitados por la docencia resultaron muy útiles para lo que se deseaba implementar todo esto junto a los conocimientos adquiridos durante toda la carrera

Ampliar el conocimiento técnico sobre radiocomunicaciones. Es importante conocer a fondo los conceptos relacionados, esto con el fin de minimizar errores, esto es posible lograrlo consultando manuales, con esto se evitará algún paso erróneo que pudiera conllevar a un estancamiento de lo que se deseaba realizar.

Adquisición del conector y ponchado. Es necesario adquirir conocimientos sobre ponchado de cable Heliax para la utilización de este y evitar el daño de este conector o el mal ponchado, por lo que se buscó video tutoriales en internet y el conocimiento de algún docente hábil en el tema.

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

Implementación del radio enlace y pruebas posteriores. Teniendo ya los conocimientos claros y definido lo que se quiere hacer y los resultados que se esperan obtener, se lleva a cabo la implementación del enlace bajo la asesoría del docente, bajo estas instancias los equipos ya tiene un manual de como operarlos. En la implementación del enlace se realizaron pruebas de potencia, prueba con el analizador de espectro, pruebas de red (ping) y streaming.

Entrega de 2 guías con el radio enlace operativo. Hecha todas las pruebas se procedió a entregar 2 guías de laboratorio como evidencia del trabajo de grados. Una guía donde se hace streaming con VLC y una segunda guía donde se caracteriza el radioenlace.

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se poncho el conector en el cable Helix 7/8" y se procedió a conectarlo directamente a la antena como se muestra en la figura 1.



Figura 1: Conexión de cable Helix ponchado a antena

El radio enlace quedó funcional a una distancia de 65 metros como se muestra en la figura 2.



Figura 2: Vista de antenas a 65 metros

Se hizo un paso a paso de cómo hacer streaming.

Ya comprobado de que se tiene el enlace funcionando se procede a abrir el VLC en el que va a hacer el computador emisor y se elige la fuente a emitir: Medio->Emitir como se muestra en la figura 3.

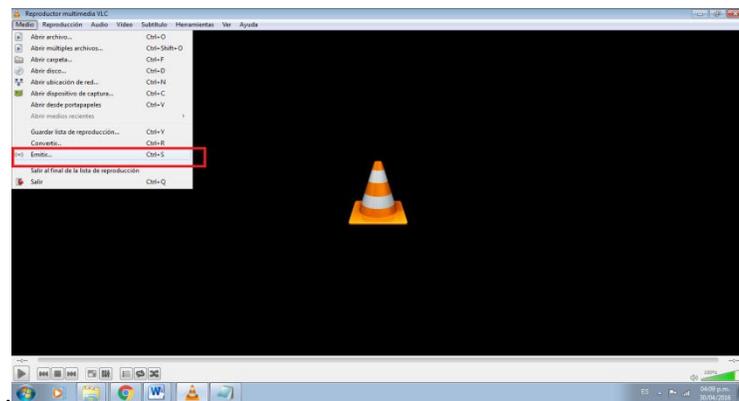


Figura 3: Pantalla inicio VLC

En la pantalla que sale se debe de elegir el medio a emitir, en este caso se elige la pestaña Archivo, y desde ella se selecciona el archivo de vídeo que se quiere emitir en la red. Como se muestra en la figura 4.

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

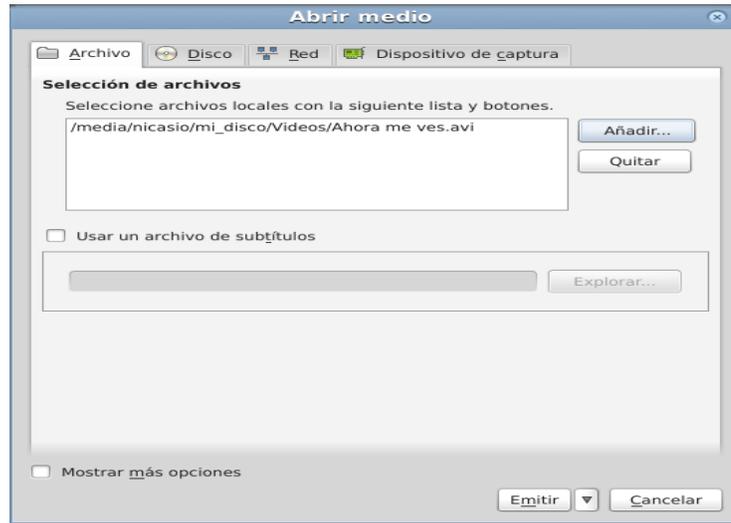


Figura 4: Selección archivo a reproducir

En la siguiente ventana (figura 5) se debe elegir la pestaña Fuente (si no está ya elegida en el paso anterior), y saldrá una ventana como la siguiente.

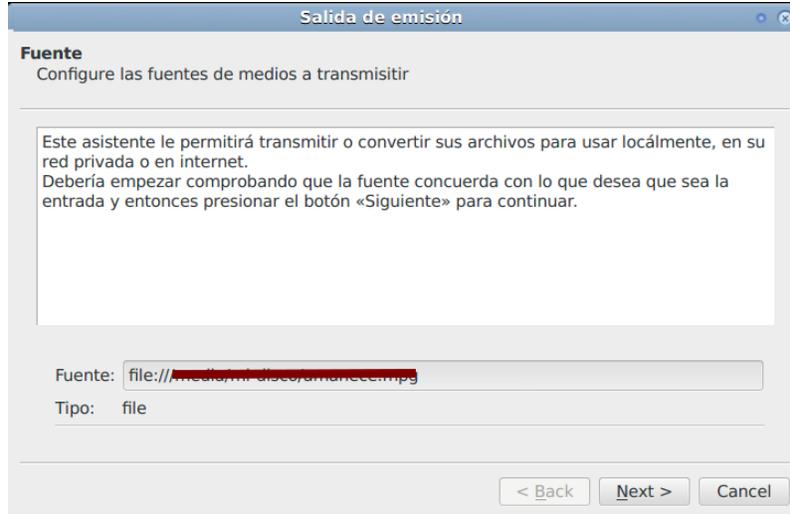


Figura 5: Selección fuente

En la pestaña Configuración de Destino sale la opción de elegir el destino, o sea, por donde se va a emitir y como, para ello en este caso se selecciona el destino rtp/mpeg

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

transport stream selecciona la opción mostrar en local y se le da al botón añadir. Como se muestra en la figura 6.

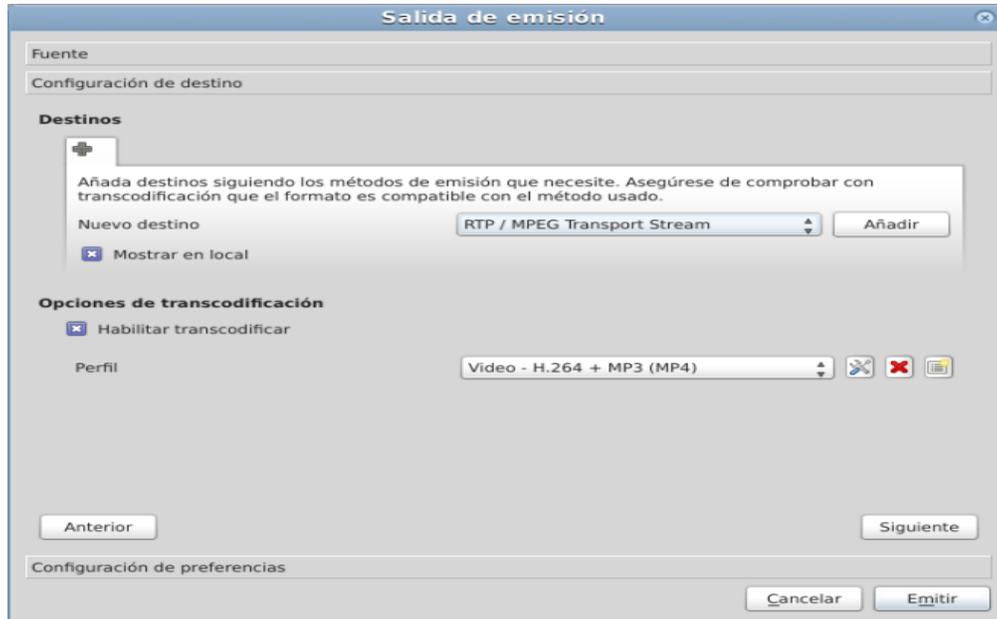


Figura 6: Selección Transcodificar

En esta ventana se configura el rtp/mpeg ,se tiene que confirmar que esta seleccionado el Puerto 5004, y en la ruta se pone la ip del computador receptor. Y para finalizar se selecciona la opción de transcodificar y se elige el perfil de emisión: *(funciona bien con Video H.264+Mp3 (mp4),pero es cuestión de probar).(Para averiguar la dirección ipse obtiene con el comando ifconfig , ejecutado desde la terminal del pc emisor).* Como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Direccion destino

Se da click en emitir para finalizar y el VLC empezara a emitir el video desde el disco duro a la red local.

En el computador receptor, se procede a abrir el VLC>Medio->Abrir volcado de red, ponemos: rtp://@:5004. Se le da al botón Reproducir y ya está, se verá el archivo de vídeo que se ha elegido desde el pc portátil en la pantalla de Videolan del pc fijo. Como se observa en la figura 8.

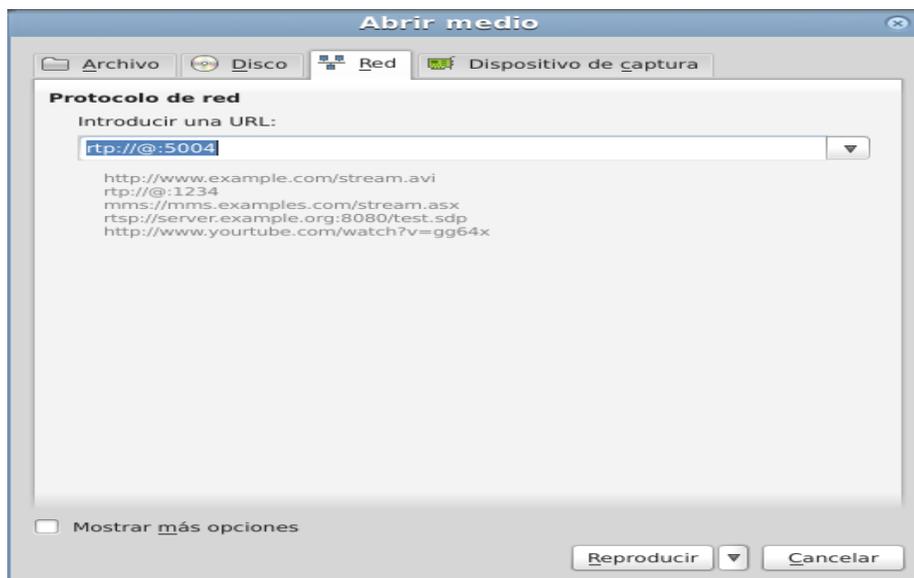


Figura 8: Direccion pc emisor

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

Ya por ultimo en caso de que el paso anterior no sirva se le da >Ver->Lista de Reproducción (o para que se abra se tecléa Ctrl+L), y una vez en la ventana de Lista de Reproducción, en la parte izquierda se abre Red Local->Emisiones de Red (Sap), y en la parte derecha de la ventana aparece el nombre que se le dio, se selecciona y con el botón derecho del ratón se le da click a la opción reproducir. Tras esto se empezara a ver el archivo de vídeo desde el pc emisor en el pc receptor. Como se muestra en la figura 9.

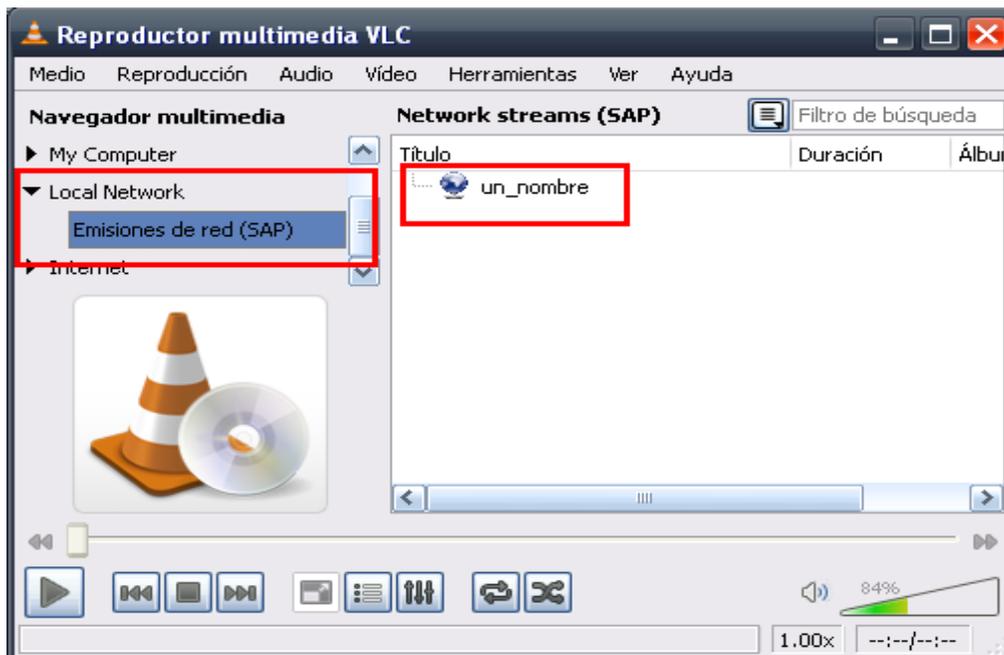


Figura 9: Otra opción para reproducir

Mediciones de potencia de transmisión y recepción en los radios ALCATEL TELETTRA.

Se midió la potencia de salida de un radio Telettra utilizando el atenuador de 20 dB, se obtuvo que la potencia de salida que se obtuvo en el analizador de espectros fue de -2dbm por lo que: $PTX = -2dBm + 18dBm = 18dBm$ como se muestra en la figura 10.

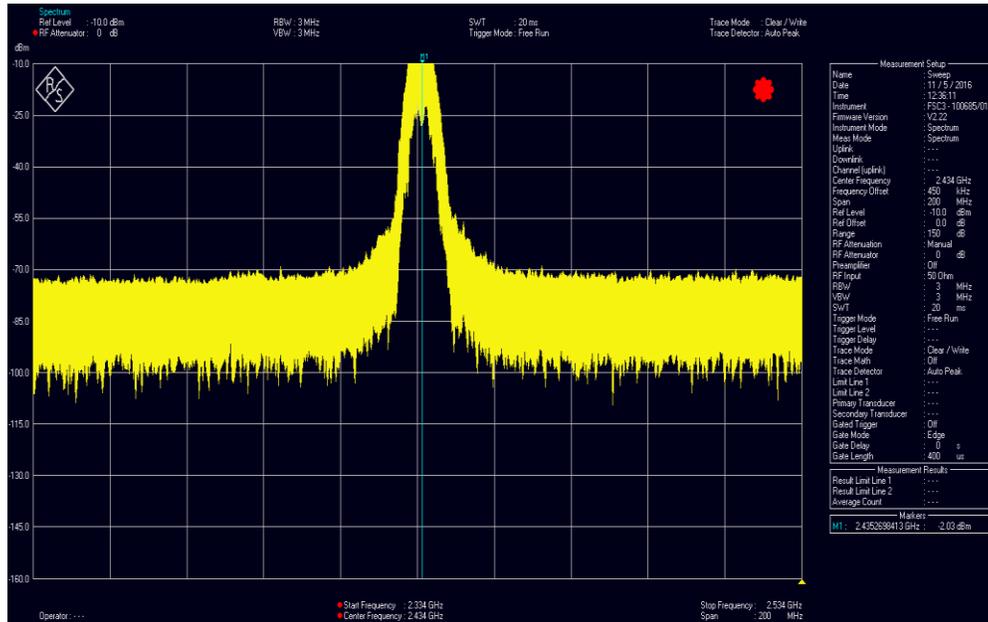


Figura 10: Potencia salida

Se procedió a medir la potencia de recepción de las antenas ya sin utilizar el atenuador, se obtuvo una potencia de recepción de -42 dBm, esto se debe por las pérdidas en el cable y conectores, las perdidas por el espacio libre.

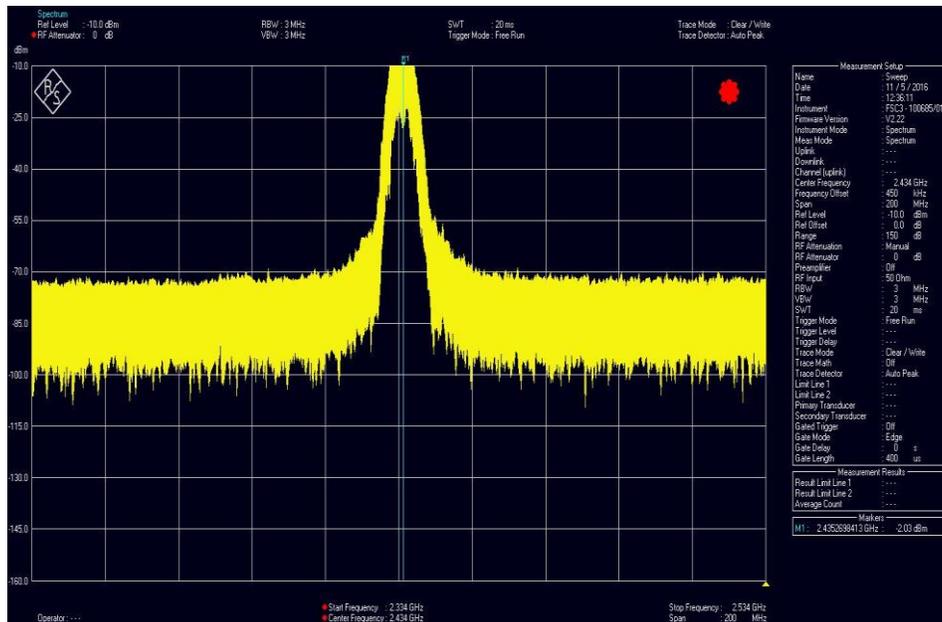


Figura 3: Potencia recepción antena

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

Se anexan dos guías de laboratorio con el nombre: "guía #1 Como montar un radio enlace"
y "guía #2 Caracterización radioenlace"

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

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Hay un correcto y óptimo funcionamiento del radio enlace después de su intervención y utilizando los recursos del ITM se logró crear 2 guías para que los estudiantes se acerquen a estos equipos y los utilicen para la asignatura de sistemas inalámbricos y/o Antenas y radio propagación.

Se ponchó de manera adecuada el cable Heliac y se utilizó este para alargar la distancia entre antenas, por lo que se dejó el radio enlace a una distancia considerable y operativa.

Su funcionalidad fue exitosa al implementar un streaming de un punto a otro, teniendo en cuenta que este radio enlace se puede utilizar para muchas más aplicaciones como lo son Voip, wifi, etc.

Se generó 2 guías de laboratorio donde se profundiza en conocimientos básicos sobre el tema de radioenlaces y se dio las pautas para que los estudiantes utilicen los equipos.

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

REFERENCIAS

-
- Andrew. (2014). *commscope*. Obtenido de commscope: es.commscope.com/
- Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory, Analysis and Design*. Nueva Jersey: Wiley-Interscience.
- Bustamante Valencia, C. D., & Robledo, D. A. (2011). *Manual practicas e implementacion de equipos de radio Alcatel Telettra 9424LL*. Medellin: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Moncada Colorado, A. M., & Gómez Gaviria, A. J. (2015). *Diseño e implementación de un radioenlace digital como estrategia de conectividad de bajo presupuesto para las comunidades de bajos recursos en áreas rurales de Antioquia*. Medellin: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Moncada Colorado, A., & Gómez Gaviria, A. J. (2015). *Diseño e implementación de un radioenlace digital como estrategia de conectividad de bajo presupuesto para las comunidades de bajos recursos en áreas rurales de Antioquia*. Medellin: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Pozar, D. M. (2012). *Micro Wave*. United States: Wiley.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electronicas* (4ta Edicion ed.). Mexico: Pearson Education.
- Vela, R. N. (1999). *Lineas de Transmision*. Mexico D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Wikipedia. (2016). *Wikipedia*.

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

APÉNDICE A – Guía 1 Como montar un radio enlace

Competencias

Diseñar e implementar sistemas inalámbricos aplicando conceptos, técnicas y herramientas de simulación para redes de área personal.

Conocer la fundamentación teórica y práctica de los enlaces de microondas y sus aplicaciones.

1. OBJETIVOS

Conocer la estructura física de los Radios Alcatel Telettra ubicados en el 6to piso de fraternidad.

Implementar un radioenlace, con un streaming utilizando los Radio Alcatel Telettra.

2. RECURSOS REQUERIDOS

- 2 computadores
- 2 Patch cord
- 2 Radio Alcatel Telettra.
- Tener instalado VLC media player en cada computador.

3. MARCO TEORICO

Se denomina radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicaciones efectuada por ondas radioeléctricas. Cuando los terminales son fijos, se habla de radioenlaces del servicio fijo. Si algún terminal es móvil, se engloba al radioenlace dentro del amplio concepto de sistemas o servicios móviles. Si todos los terminales están en la tierra, se califican los radioenlaces como radioenlaces terrenales, reservándose el término de radioenlace espacial o por satélite

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

cuando en el enlace intervienen uno o más repetidores situados a bordo de un satélite. Los radioenlaces establecen circuitos de telecomunicación de tipo dúplex, a 4 hilos equivalentes, por lo que deben transmitirse dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. Una onda portadora es una forma de onda, generalmente sinusoidal, que es modulada por una señal que se quiere transmitir. Ésta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta que la de la señal moduladora (la señal que contiene la información a transmitir). Al modular una señal se desplaza su contenido espectral en frecuencia, ocupando un cierto ancho de banda alrededor de la frecuencia de la onda portadora. Esto permite multiplexor en frecuencia varias señales simplemente utilizando diferentes ondas portadoras y conseguir así un uso más eficiente del espectro de frecuencias. (Moncada Colorado & Gómez Gaviria, 2015)

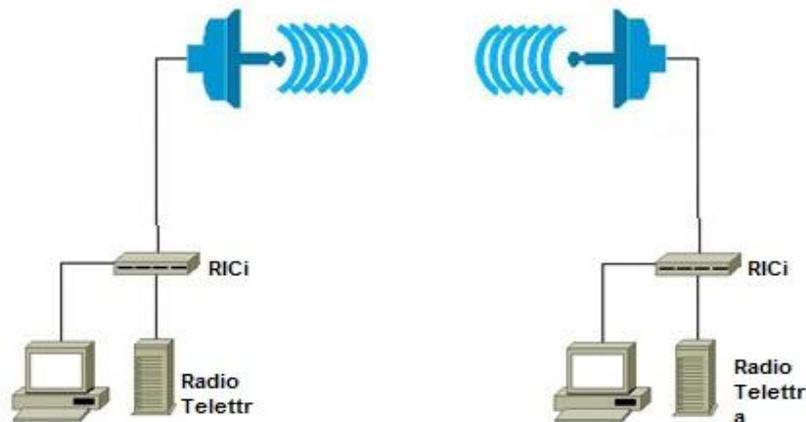


Figura 4: Esquema radioenlace

El radio Alcatel Telettra es un equipo de transmisión que trabaja en la banda de 2.3 - 2.5 GHz, tiene un rango de alimentación que le permite operar entre -25VDC y -60VDC y un consumo de corriente de 1.8 Amperios. El radio Alcatel Telettra es un sistema de 4*2, tiene capacidad para cuatro tributarios (E1's) por lo que 2048 Kbps *4= 8Mbps. (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

Las operaciones de configuración y chequeo de alarmas se pueden efectuar por medio de supervisión local o remota. La supervisión local se por medio de la conexión de un PCD (dispositivo portátil de control). También el radio se puede descartar manualmente haciendo bucle de radio frecuencia y bucle a nivel de frecuencia intermedia.

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

Cada radio está identificado como OL+ y OL- respectivamente donde OL significa oscilador local. La canalización de operación de frecuencias de operación está definida así:

OL+ frecuencias de Tx menores de 2375 MHz

OL- frecuencias de Tx mayores de 2375 MHz

El transmisor, receptor y Oscilador local de un mismo equipo están en la misma banda y vienen marcados físicamente. El punto de referencia para las frecuencias de los osciladores de la frecuencia del transmisor. (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

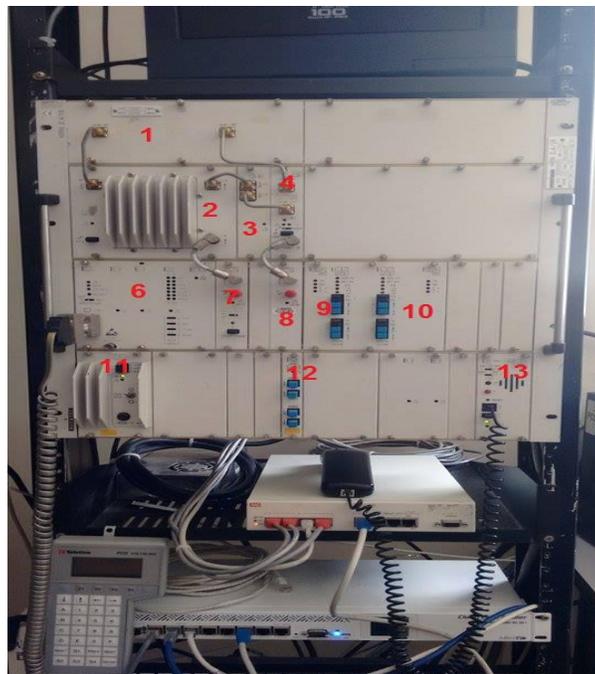


Figura 5: Partes Radio Telettra

Las partes que componen el radio son:

Tabla 1: Partes radio telettra

Tarjeta	Nombre
1	Duplexer
2	Transmisor
3	Oscilador Local
4	Receptor
5	Radioccontroller
6	Lógica 1+1 control conmutación
7	Modulador

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

8	Demodulador
9	Mulden
10	NRZ-HDB3
11	Fuente de alimentación
12	Interfaz e servicios Mix
13	Canal de servicio

Recomendación: En esta guía solo se hará uso de las tarjetas 11, 7, (Fuente de alimentación y Modulador) por lo que mover otros parámetros del radio sin previo conocimiento podríades configurarlo.

Los dispositivos RICI-4E1, RICI-4T1, RICI-8E1 y RICI-8T1 son unidades de terminación de red para la conexión de redes LAN Fast Ethernet o Gigabit Ethernet sobre múltiples enlaces PDH que permiten a los proveedores de servicios extender servicios de alta capacidad basados en Ethernet hasta destinos remotos.

Los dispositivos RICI-4E1 y RICI-4T1 pueden trabajar en modo puente o de flujo. Cuando trabajan en modo de flujo, las prestaciones avanzadas basadas en software permiten el manejo de tráfico con prioridades múltiples para garantizar la latencia y el rendimiento de la entrega de paquetes en función del flujo. Los dispositivos soportan la clasificación del tráfico según criterios definidos por el usuario, incluidos ID VLAN, prioridad VLAN, DSCP/ToS, puerto de abonado, et casi como sus combinaciones. Además, las funciones de medición, control y ajuste ayudan a las operadoras a limitar la velocidad del tráfico de usuario según perfiles predefinidos de velocidad concertada de información y velocidad de información en exceso, para la admisión de paquetes de servicios personalizados que generan ingresos adicionales. (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

E1 es un formato de transmisión digital, El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps * cada uno, de los cuales treinta y uno son canales activos simultáneos para voz o datos en SS7 (Sistema de Señalización Número 7). En R2 el canal 16 se usa para señalización por lo que están disponibles 30 canales para voz o datos. E1 lleva en una tasa de datos algo más alta que el T-1 (que lleva 1,544 millones de bits por

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

segundo) porque, a diferencia del T-1, no hace el bit-robbing y los ocho bits por canal se utilizan para cifrar la señal. E1 y el T-1 se pueden interconectar para uso internacional. El E1 se usa en todo el mundo excepto Canadá, Estados Unidos y Japón (wiki, 2015)

T1T1-DS1 es un estándar de entramado y señalización para transmisión digital de voz y datos basado en PCM ampliamente usado en telecomunicaciones en Norteamérica, Corea del Sur y Japón (E1 es el esquema preferido en lugar de T1 en el resto del mundo). El sistema T-portador es enteramente digital, usando modulación por impulsos codificados y multiplexación por división de tiempo. El sistema utiliza cuatro hilos y proporciona la capacidad a dos vías (dos hilos para recibir y dos para enviar al mismo tiempo). La corriente digital T-1 consiste en 24 canales 64-kbit/s multiplexados (el canal estándar de 64 kbit/s se basa en el ancho de banda necesaria para una conversación de voz.) Los cuatro hilos eran originalmente un par de cables de cobre trenzado, pero ahora pueden también incluir cable coaxial, la fibra óptica, la microonda digital y otros medios. Un número de variaciones en el número y uso de canales es posible. (wiki, 2015)

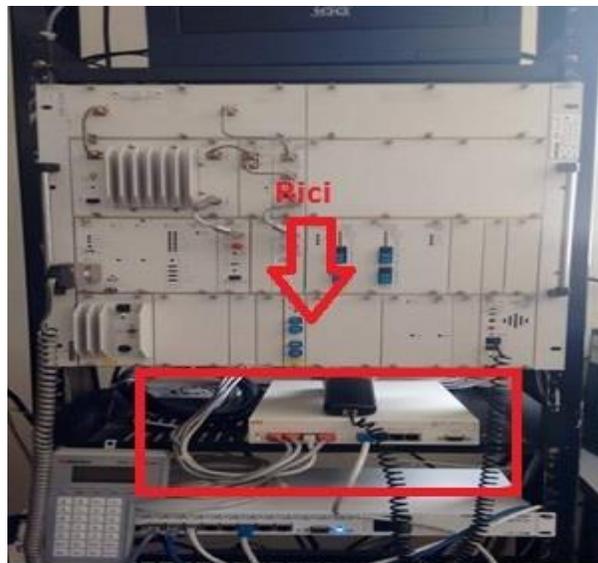


Figura 6 Ubicación RICi

4. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

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

Terminada la introducción sobre los radios Alcatel Telettra y de verificar que estos estén correctamente conectados se procede con lo siguiente:

Se debe validar primero que el switch de codillo del modulador esté hacia la IZQUIERDA, Como se muestra en la figura 3. Verificado esto se procede a energizar los equipos, para esto se hala y se sube el interruptor de encendido ubicado en la fuente de alimentación.

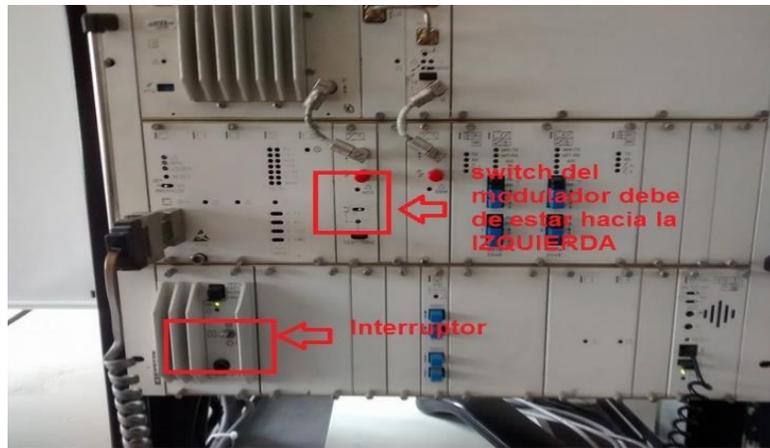


Figura 7: Ubicación Switch

Después de encender el radio se debe asegurar de que no se genere ninguna alarma durante este proceso.

Una vez, no se haya detectado ninguna alarma al encender del equipo, se mueve el switch del modulador hacia la derecha. Hecho esto se asegura que haya un enlace utilizando las bocinas del canal de servicio, hablando por ellas.

Se procede a conectar el computador a cada RICi, utilizando el Patchcard en los puertos E1 del RICi, como se muestra en la figura 4.

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

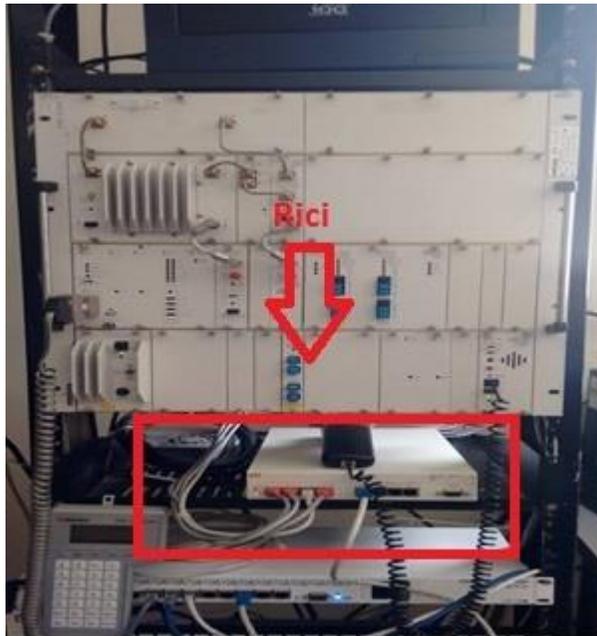


Figura 8: RICI

A continuación se dispone a asignarle IP/s estáticas a cada pc, es importante recordar que deben estar en el mismo segmento de red, para poder comprobar que ambos computadores ya se pueden comunicar se abre la ventana de comandos y hace ping a cada uno. (Si el ping no funciona es importante revisar que los Patch cord estén buenos y que el Firewall en ambos computadores este desactivado).

Ya comprobado de que se tiene el enlace funcionando se procede a abrir el VLC en el que va a hacer el computador emisor y se elige la fuente a emitir: Medio->Emitir como se muestra en la figura 5.

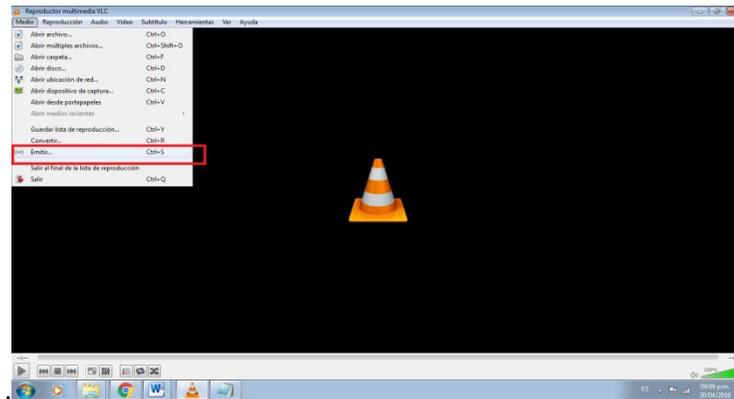


Figura 9: Pantalla inicio VLC

En la pantalla que sale se debe de elegir el medio a emitir, en este caso se elige la pestaña Archivo, y desde ella se selecciona el archivo de vídeo que se quiere emitir en la red. Como se muestra en la figura 6.

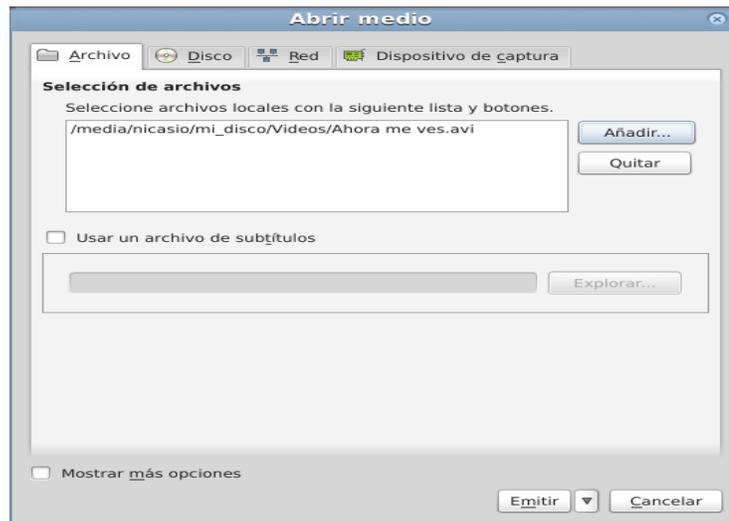


Figura 10: Selección archivo a reproducir

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

En la pestaña Configuración de Destino sale la opción de elegir el destino, o sea, por donde se va a emitir y como, para ello en este caso se selecciona el destino rtp/mpeg transport stream selecciona la opción mostrar en local y se le da al botón añadir. Como se muestra en la figura 8.

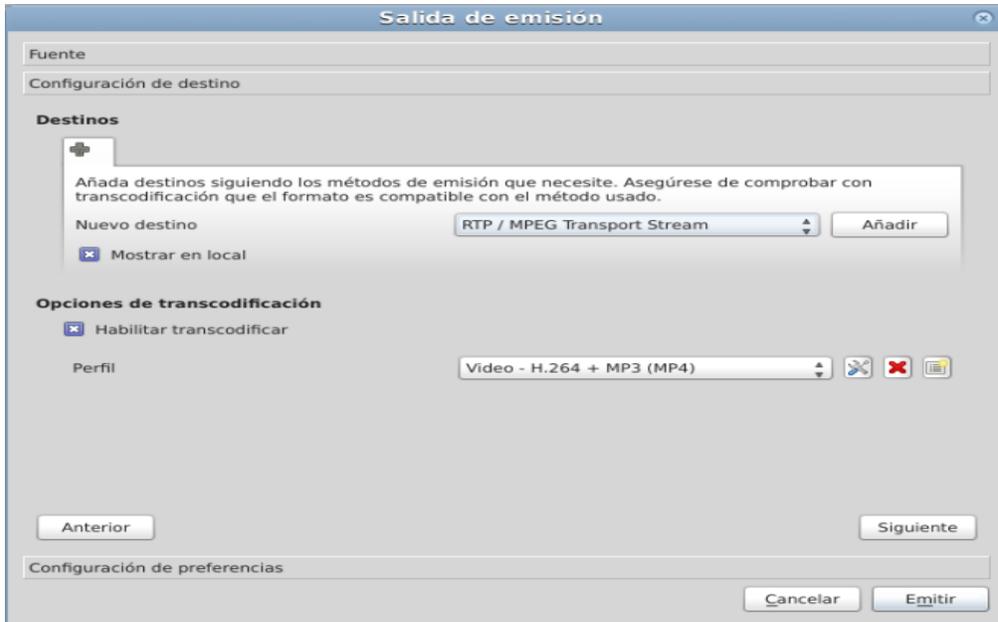


Figura 12: Selección Transcodificar

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

En esta ventana se configura el rtp/mpeg ,se tiene que confirmar que esta seleccionado el Puerto 5004, y en la ruta se pone la ip del computador receptor. Y para finalizar se selecciona la opción de transcodificar y se elige el perfil de emisión: *(funciona bien con Video H.264+Mp3 (mp4),pero es cuestión de probar).*(Para averiguar la dirección ipse obtiene con el comando ifconfig , ejecutado desde la terminal del pc emisor).Como se muestra en la figura 9.



Figura 13: Direccion destino

Se da click en emitir para finalizar y el VLC empezara a emitir el video desde el disco duro a la red local.

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

En el computador receptor, se procede a abrir el VLC>Medio->Abrir volcado de red, ponemos: rtp://@:5004. Se le da al botón Reproducir y ya está, se verá el archivo de vídeo que se ha elegido desde el pc portátil en la pantalla de Videolan del pc fijo. Como se observa en la figura 10.

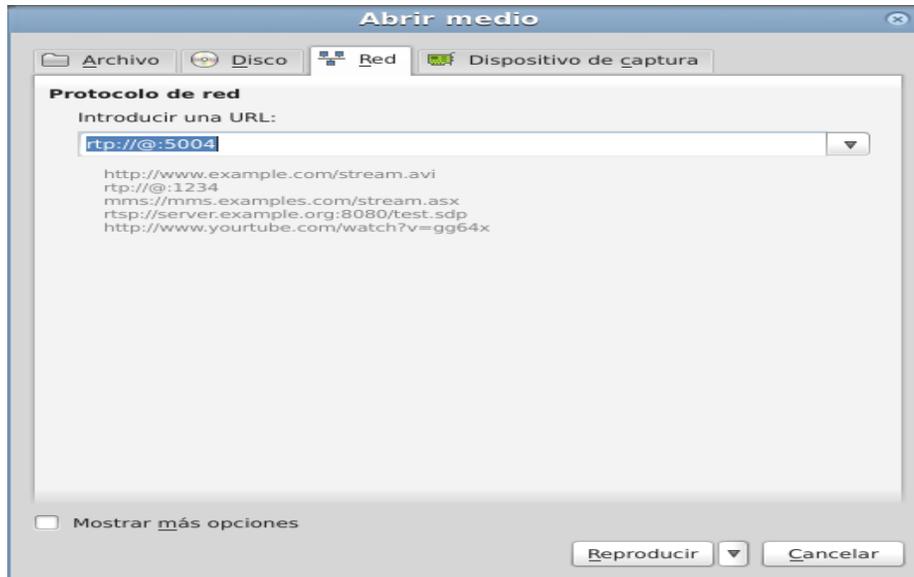


Figura 14: Direccion pc emisor

Ya por ultimo en caso de que el paso anterior no sirva se le da>Ver->Lista de Reproducción (o para que se abra se tecleaCtrl+L), y una vez en la ventana de Lista de Reproducción, en la parte izquierda se abre Red Local->Emisiones de Red (Sap), y en la parte derecha de la ventana aparece el nombre que se le dio, se selecciona y con el botón derecho del ratón se le da click a la opción reproducir. Tras esto se empezara a ver el archivo de vídeo desde el pc emisor en el pc receptor. Como se muestra en la figura 11.

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

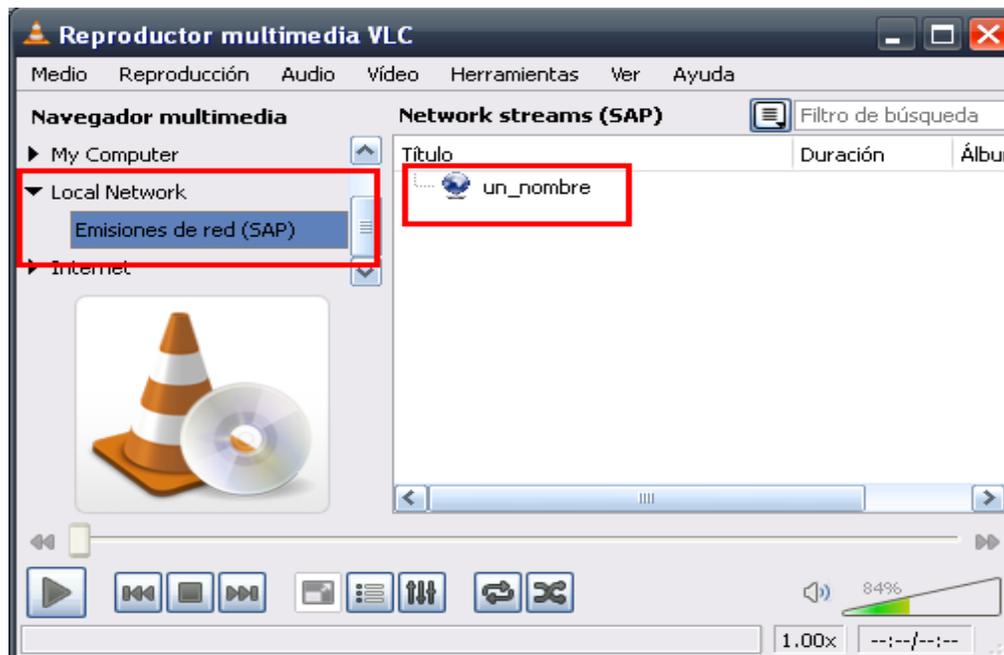


Figura 15. Otra opción para reproducir

5. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- Investigar los parámetros de las antenas tipo parrilla RFS 0.6m que se utilizarán en la práctica.
- Investigar las características de atenuación de los cables alimentadores (cables entre transmisor/receptor y las respectivas antenas).
- Investigar la definición e importancia del BER, la potencia de transmisión y la potencia umbral en el receptor para un enlace vía radio.
- Realizar un informe de lo observado en la puesta en funcionamiento del equipo de radio transmisión (parámetros de funcionamiento, errores presentados, soluciones implementadas, valores obtenidos, etc)
- Realizar una descripción detallada de la práctica utilizando imágenes de lo que se hizo.

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

Bibliografía

Bustamante Valencia, C. D., & Robledo, D. A. (2011). *Manual practicas e implementacion de equipos de radio Alcatel Telettra 9424LL*. Medellin: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Moncada Colorado, A., & Gómez Gaviria, A. J. (2015). *Diseño e implementación de un radioenlace digital como estrategia de conectividad de bajo presupuesto para las comunidades de bajos recursos en áreas rurales de Antioquia*. Medellin: Instituto Tecnológico Metropolitano.

wiki, s. (2015). *seed wiki*. Recuperado el 08 de 2015, de seed wiki:

http://www.seeedstudio.com/wiki/Linkit_ONE#Inserting_SIM_Card_and_SD_Card

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

APÉNDICE B – Guía 2 Caracterización radio enlace

Competencias

Diseñar e implementar sistemas inalámbricos aplicando conceptos, técnicas y herramientas de simulación para redes de largo alcance.

Conocer la fundamentación teórica y práctica de los enlaces de microondas y sus aplicaciones.

Manejar adecuadamente los instrumentos de medida en pruebas de campo.

6. OBJETIVOS

- Identificar diferentes parámetros que están presentes en un radio enlace
- Realizar medidas de potencia de transmisión y recepción.
- Calcular de forma teórica y práctica algunos parámetros de un radio enlace.

7. RECURSOS REQUERIDOS

- Equipo de radio Alcatel Telettra 9424LL.
- Analizador de espectros
- Medidor de potencia
- Atenuador

8. MARCO TEORICO

La medición de potencia es muy importante en un sistema de transmisión, tanto nivel RF como IF, para la medición de potencia se utilizan diversos equipos de medida según sea el interés de

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

interpretación o análisis de los resultados; es así como se puede utilizar el analizador de espectros si se quiere información adicional de la señal. Por ejemplo, las características de ancho de banda o bandas laterales, Si lo que se quiere es tener una medida de la potencia de la señal presente en un punto determinado se utilizara un medidor de potencia de RF que mide el valor RMS de la señal presente en dicho punto (la suma de todas las señales presentes). (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

El analizador de espectros nos permite medir separadamente las potencias de las señales portadora (C) y ruido (N), cuya precisión dependerá de la calidad de los circuitos de procesamiento del equipo de medida.

Es importante que se distinga que cantidad de la potencia medida corresponde a la señal y cuanto al ruido. Por esto es necesario medir además la relación portadora a ruido (C/N). (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

Otro parámetro importante es la frecuencia central de operación de un equipo de transmisor o receptor de telecomunicaciones. Para la medición de frecuencias en RF se utiliza un frecuencímetro de precisión o un analizador de espectros. Cuando es necesario verificar la frecuencia central y su precisión determinada por la pureza espectral, se utiliza el analizador de espectros. El analizador de espectros posibilita la medida de frecuencia y nivel de portadora.

Para evitar que la señal RF sufra distorsiones, es importante comprobar que la frecuencia portadora tenga la frecuencia y nivel adecuado. La estabilidad de la frecuencia de la portadora debe ser alta para evitar distorsiones de la información.

Los valores instantáneos de las intensidades de campo eléctrico y magnético y que son solución a la ecuación de onda, derivada de las ecuaciones de Maxwell para onda plana (campo lejano), se puede expresar de forma general como: (Bustamante Valencia & Robledo, 2011)

$$S = E \times H \left(\frac{W}{m^2} \right) \text{ Densidad de potencia (vector de Poynting)} \quad (1)$$

$$E = \eta \cdot H \text{ (v/m) Intesidad de campo electrico} \quad (2)$$

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

$$H = E/\eta \text{ (v/m) Intensidad de campo magnetico}$$

$$S = \eta \cdot H^2 = \frac{E^2}{\eta} \quad (3)$$

η = Es la impedancia característica del espacio libre

$$\eta = 120\pi \Omega = 377 \Omega$$

La medición de campo eléctrico E a una distancia d de la fuente de emisión, se puede expresar en función de la potencia efectivamente radiada y la distancia, mediante la siguiente formula:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot PIRE}}{d} \text{ (v/m)} \quad (4)$$

PIRE, en sistemas de Radiocomunicación, la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica (es decir, aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas direcciones) para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena. El PIRE tiene en cuenta las pérdidas de la línea de transmisión y en los conectores e incluye la ganancia de la antena. La PIRE se expresa habitualmente en decibelios respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente. El PIRE permite comparar emisores diferentes independientemente de su tipo, tamaño o forma. Conociendo el PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético (Balanis, 2005).

$$PIRE = Pt - Lc + Ga \quad (5)$$

Dónde:

Pt = Potencia del trasmisor (dB)

Lc = Perdidas por cable y conectores (dB)

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

G_a = Ganancia de la antena (dB)

$$E = V_g \left[\frac{120\pi^2}{G_{Rx} \cdot Z_0 \cdot \lambda^2} \right]^{\frac{1}{2}} (v/m) \quad (6)$$

En decibelios y teniendo en cuenta que:

$$\lambda = \frac{C}{F} \text{ (metros)}$$

$$E = [V_g(dB\mu V) + 20\log f(MHz) - G_{rx}(dBi) - 10\log Z_0 - 180.79(dB)] (dB\mu V/m) \quad (7)$$

$$FA = \frac{E}{V_g} = \left[\frac{120\pi^2}{G_{rx} \cdot Z_0 \cdot \lambda^2} \right]^{1/2}$$

FA = Factor de antena.

En decibelios:

$$AF = 20\log \left(\frac{E}{V_g} \right) = E(dB\mu V/m) - V_g(d\mu V)$$

$$AF = 20\log f(MHz) - G_{rx}(dBi) - 10\log Z_0 - 18.79(dB) (dB/m) \quad (8)$$

El factor de antena no depende de la longitud del trayecto.

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

$$P_{RX} = \frac{V_{RX}^2}{Z_0} = \frac{V_g^2}{4Z_0} (w) \quad (9)$$

Remplazando (4) y (9) en (6), se encuentra la fórmula para la potencia de recepción.

$$P_{RX} = \frac{P_{TX} G_{TX} G_{RX} \lambda^2}{(4\pi \cdot d)^2} (w) \quad (10)$$

Dónde:

P_{TX} = Potencia entregada por la antena de transmisión (w)

P_{RX} = Potencia entregada por la antena receptora (w)

G_{TX} = Ganancia de la antena de transmisión

G_{RX} = Ganancia de la antena de recepción

d = Distancia del radio enlace (m)

λ = Longitud de onda

Calculo de un radio enlace real:

$$P_{RX} = \frac{P_{TX} G_{TX} G_{RX}}{L_C \cdot L_{fs}} (w)$$

Dónde:

L_C = Son perdidas por cables y conectores

L_{fs} = Perdidas por espacio libre

P_{RX} = Potencia de entrada al receptor (w)

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

P_{TX} = Potencia de entrada al transmisor (w)

Potencia de ruido.

A partir del ruido térmico captado por la antena.

$$N_e = \frac{T_a KB}{a_g} + KT_0 B \left(1 - \frac{1}{a_g} \right); \quad (\text{Para } T_a = T_0) \quad N_e = KT_0 B$$

Y el producido por los elementos activos de este caracterizados por el factor ruido.

$$N_r = F_n KT_0 B$$

Dónde:

K = Constante de Boltzman $1.38 * 10^{-23}$ j/k (-228 dBW/Hz)

T_a = Temperatura antena

T_0 = 290 k; KT_0 = -204 dBW/Hz = -174 dBm/Hz

B = Ancho de banda (Hz)

a_g = Atenuación de los elementos pasivos (veces)

F_n = Factor de ruido del receptor (veces)

Ruido de intermodulación: Actualmente muy pequeño y despreciable en los radioenlaces digitales por la regeneración realizada.

Relación portadora ruido normalizada.

Depende del tipo de modulación, de las características del receptor y de la presencia de interferencias.

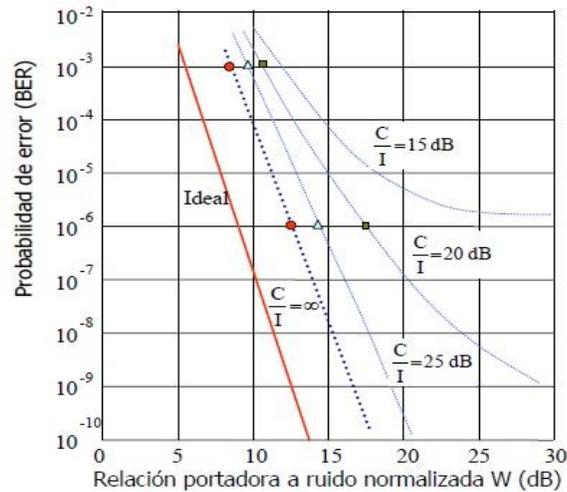


Figura 16: Grafica relación portadora/ruido

A partir de graficas como se muestra en la figura1 (Para una modulación determinada) y en función de la BER deseada y el valor de la C/I obtenemos el valor de la portadora/ruido normalizada necesaria. (Sadiku, 2002)

$$W = \frac{E_b}{N_0} = \frac{P_R}{N_0 R_b} = \frac{P_R}{F_n K T_0 R_b}$$

BER, tasa de errores de bits, se utiliza para cuantificar un canal que transporta datos contando la tasa de errores en una cadena de datos. Se utiliza en las telecomunicaciones, las redes y los sistemas de radio. Tasa de error de Bit, BER es un parámetro clave que se utiliza en la evaluación de los sistemas que transmiten datos digitales de un lugar a otro. Los sistemas para que mordieron tasa de error, BER es aplicable incluyen enlaces de radio de datos, así como los sistemas de datos de fibra óptica, Ethernet, o cualquier sistema que transmite datos a través de una red de alguna forma que el ruido, interferencia y fluctuación de fase puede causar la degradación de lo digital señal. Cabe señalar que cada tipo diferente de modulación tiene su propio valor para la función de error. Esto es porque cada tipo de modulación se realiza de manera diferente en la presencia de ruido. En particular, los esquemas de modulación de orden superior (por ejemplo, 64QAM, etc.) que son capaces de llevar a tasas de datos más altas no son tan robustos en presencia de ruido.

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

Formatos de modulación de orden inferior (por ejemplo, BPSK, QPSK, etc.) ofrecen velocidades de datos más bajas, pero son más robustos. (Balanis, 2005)

Perdidas por espacio libre (L_{fs}). usualmente se define como la pérdida a la que es sometida una onda electromagnética cuando esta se irradia en línea recta por el espacio libre, esta no sufre de algún otro fenómeno como la reflexión o absorción. Esta es una mala definición, está en realidad es la cantidad técnica artificial que se obtiene mediante la manipulación de diferentes ecuaciones en enlaces de comunicaciones, teniendo muy en cuenta la ganancia de la antena transmisora. En esta pérdida de trayectoria por el espacio libre en realidad no se pierde energía alguna, simplemente que esta energía se dispersa alejándose de la fuente principal. Por eso este fenómeno es mejor definirlo como pérdida por dispersión.

La fórmula es así:

$$L_{fs} = 20 \log \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right] (dB)$$

Dónde:

L_{fs} = Perdidas por espacio libre (dB)

D = Distancia (Km)

λ = Longitud de onda (m)

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y Algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado.

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

Generalmente los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos o estadísticos, teóricos o de termináticos o una combinación de estos dos (semi-empíricos).

Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio. Los modelos de propagación predicen la pérdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor móvil o fijo. La ventaja de modelar radiocanales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor (Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos. (Balanis, 2005)

Zona de Fresnel. Se le llama al volumen de espacio entre el emisor de una onda -electromagnética, acústica, etc. un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°. Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180°, adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de 360°, y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores. La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un K=4/3 la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con K=2/3 se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora. (Balanis, 2005)

La fórmula de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

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

Dónde:

r_n = Radio del elipsoide de fresnel en metros (n=1., 2,3.....).

d_1 = Distancia del transmisor al centro del elipsoide (m)

d_2 = Distancia desde el centro del elipsoide al receptor (m)

λ = Longitud de onda (m)

9. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Recomendación: *Es importante tener en cuenta que cada vez que se vaya a desconectar y/o conectar algún Radio este tiene que estar totalmente apagado para su manipulación.*

Medir la potencia de salida y de entrada del transmisor del equipo de Radio Telettra. Para ello es necesario utilizar el atenuador y un cable con dos conectores tipo N en cada extremo. El atenuador se conecta a uno de los extremos del cable.

Se procederá a conectar el cable con el atenuador a la salida del radio un extremo y el otro extremo a la entrada del analizador de espectros. Este procedimiento se hace en ambos radio Telettra para poder medir la potencia de transmisión de cada uno. *(es importante recordar poner el atenuador que se muestra en la figura 1 en la entrada del analizador de espectros).*

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



Figura 17: Atenuador 20 dB

Después de medir la potencia de salida de cada radio se debe obtener unas imágenes similares como la que se muestra en la figura 3.

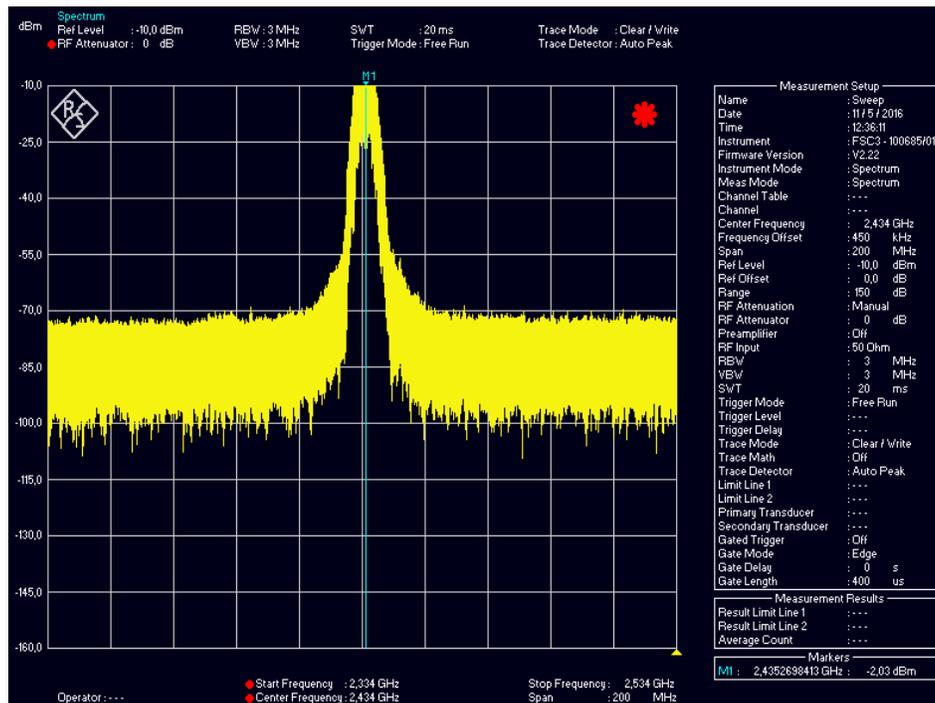


Figura 18: Salida de Radio 1

Medir frecuencia y ancho de banda de la señal.

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

Con el analizador de espectros conectado a la salida del radio se procede medir la frecuencia y el ancho de banda de cada radio Telettra.

Medir la potencia de recepción de la antena 1 y 2.

Para esta parte se procede a desconectar el cable de la salida del radio 1 (este *tiene que estar apagado*) y se conecta a la entrada del analizador de espectros (*Para esta parte ya no será necesario el atenuador*) y se procede a encender el radio 2 de esta manera se mide la potencia de recepción de la antena 1 y se repite el mismo procedimiento para la antena 2. Apagando el radio 2 y el cable de su salida conectarlo al analizador de espectros, y se enciende el radio 1.

Hecho lo anterior se debe obtener imágenes similares a la figura 4.

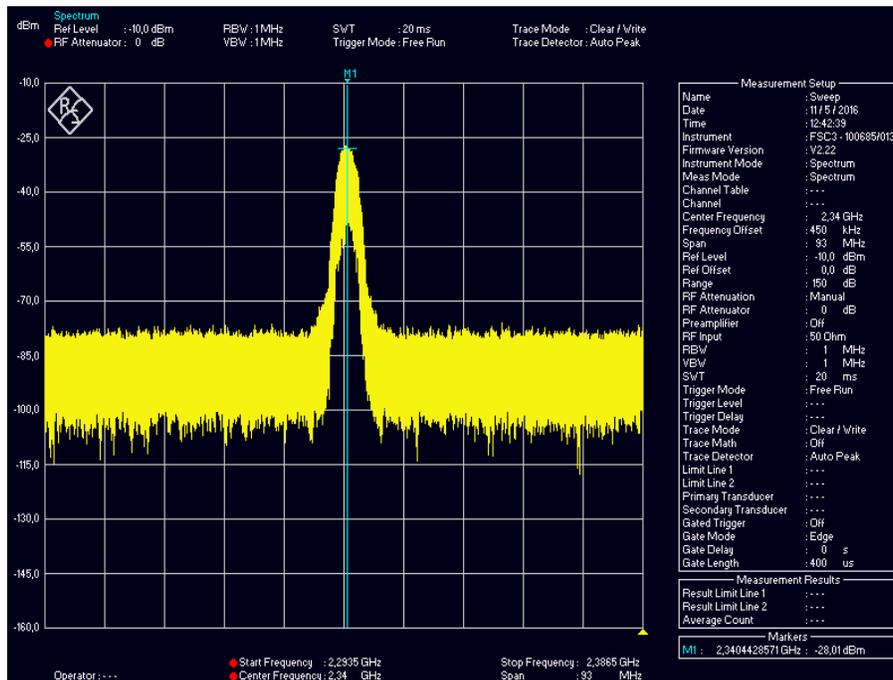


Figura 19: Potencia Recepcion antena 1

Medir las pérdidas de los cables y conectores.

Para ello se procede a medir la longitud del cable a la salida de cada radio y a contar la cantidad de conectores y se consulta que tipo de cable es y los parámetros que entrega el fabricante.

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

10. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- Investigar las características nominales del equipo de radio Telettra 9424LL (potencia de transmisión, Frecuencia, ancho de banda, sensibilidad, BER, Modulación).
- Con las mediciones previas calcule teóricamente:
 - a) Los parámetros de la antena: apertura del haz, ganancia, PIRE, potencia de ruido.
 - b) Atenuación en cada uno de los trayectos del cableado.
 - c) Pérdidas en cada uno de los conectores y acoples.
 - d) Realizar un esquema de todo el sistema de comunicaciones con valores reales.
 - e) Verificar la línea de vista entre las antenas.
- Investigar la importancia del analizador de espectro para llevar a cabo diseños de radio transmisión, que valores muestra y cuáles son los más relevantes.
- Conocida la potencia nominal del transmisor, la ganancia de la antena de transmisión y las pérdidas por el cable y conectores haga un cálculo preliminar del PIRE.
- Calcular el PIRE real.
- ¿Se encuentra alguna diferencia entre las mediciones de potencia realizadas con cálculos matemáticos a los valores medidos en la práctica?
- ¿Qué razón encuentra para tal diferencia?
- Calcular el ancho de banda y comparar con el mostrado por el equipo.
- ¿Qué modelo de propagación se aplica para este caso y por qué?
- Diseñar un radioenlace entre dos puntos en una zona rural con un obstáculo significativo y determinar la potencia de recepción.

Bibliografía

Balanis, C. A. (2005). *Antennas Theory Analysis and Design*. New Jersey: Wiley-Interscience.

Bustamante Valencia, C. D., & Robledo, D. A. (2011). *Manual practicas e implementacion de equipos de radio Alcatel Telettra 9424LL*. Medellin: ITM.

Sadiku, M. N. (2002). *Elementos de electromagnetismo*. México, D.F.: Oxford University Press México.

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

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

FIRMA ESTUDIANTES Fabio Castro

FIRMA ASESOR Sara Maria Lopez

FECHA ENTREGA: 19/05/2016

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: _____

Institución Universitaria		MODALIDAD TRABAJO DE GRADO PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM				Código	FDE 146
Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA		Nombre completo del estudiante:		Firma Laboratorista		Versión	02
Documento de identidad:		Nombre completo del Docente Asesor:		Firma Estudiante		Fecha	2015-09-30
1036636313		Fabio Ricardo Castro Echaverrí		Fabio Castro			
Programa académico ITM:		Tecnologías en Telecomunicaciones		Fabio Castro			
Nombre completo del Docente Asesor:		Sara Yeas		Fabio Castro			
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):		2015/01/19		Fabio Castro			
Nombre Taller o Laboratorio:		Materia pedagógica para Docentes Alcantil Talitero		Fabio Castro			
Ubicación:		Bloque N. 1, Laboratorio 107		Fabio Castro			
Campus:		Proterranza		Fabio Castro			
Fecha		Actividad desempeñada por el estudiante		Hora ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista
A	M	D					
16	02	25	Apoyo Logístico en los laboratorios	6pm	8pm	2	Thompson
16	02	26	Apoyo Logístico en los laboratorios	10am	12pm	2	Luis Albalgo
16	03	2	Apoyo Logístico en los laboratorios	11pm	6pm	2	Thompson
16	03	3	Apoyo Logístico en los laboratorios	6pm	8pm	2	Thompson
16	03	4	Apoyo Logístico en los laboratorios	6am	12pm	2	Luis Albalgo
16	03	9	Apoyo Logístico en los laboratorios	4pm	6pm	2	Thompson
16	03	10	Apoyo Logístico en los laboratorios	6pm	8pm	2	Thompson
16	03	11	Apoyo Logístico en los laboratorios	6pm	8pm	2	Thompson
16	03	20	Apoyo Logístico en los laboratorios	4pm	6pm	2	Thompson
16	03	30	Apoyo Logístico en los laboratorios	6pm	8pm	2	Thompson

160429	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160503	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160504	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160505	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160510	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160511	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160512	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160517	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
160518	Apoyo Logístico en los laboratorios	Uem	Uem	2		Fabio Castro
TOTAL HORAS						64

Firma Estudiante

Nombre y firma Laboratorista

Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios

160331	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	6pm	2		Fabio Castro
16041	Apoyo Logístico en los Laboratorios	6pm	8pm	2		Fabio Castro
16046	Apoyo Logístico en los Laboratorios	4pm	6pm	2		Fabio Castro
16047	Apoyo Logístico en los Laboratorios	6pm	8pm	2		Fabio Castro
160413	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	4pm	2		Fabio Castro
160414	Apoyo Logístico en los Laboratorios	6pm	8pm	2		Fabio Castro
160415	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	4pm	2		Fabio Castro
160419	Apoyo Logístico en los Laboratorios	4pm	6pm	2		Fabio Castro
160420	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	4pm	2		Fabio Castro
160421	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	4pm	2		Fabio Castro
160422	Apoyo Logístico en los Laboratorios	4pm	6pm	2		Fabio Castro
160426	Apoyo Logístico en los Laboratorios	4pm	6pm	2		Fabio Castro
160427	Apoyo Logístico en los Laboratorios	4pm	6pm	2		Fabio Castro
160428	Apoyo Logístico en los Laboratorios	2pm	4pm	2		Fabio Castro
TOTAL HORAS						

Fabio Castro
Firma Estudiante

Nombre y firma Laboratorio

Juan Carlos Gomez

Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios