

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y GUÍAS DE  
LABORATORIO PARA EQUIPOS DE RADIO ENLACE EN LA INSTITUCIÓN  
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**JORGE ANDRÉS ARBOLEDA BETANCUR**

**ANDRÉS FELIPE JIMÉNEZ RÍOS**

**GERMÁN IGNACIO SALAZAR MONTES**

**Proyecto de Grado Para Optar al Título de Tecnólogo en Electrónico**

**Asesor**

**Carlos Alberto Monsalve**

**Ingeniero de Sistemas**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**

**TECNOLOGIA ELECTRÓNICA**

**MEDELLÍN (ANTIOQUIA)**

**2013**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y GUÍAS DE  
LABORATORIO PARA EQUIPOS DE RADIO ENLACE EN LA INSTITUCIÓN  
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**JORGE ANDRÉS ARBOLEDA BETANCUR**

**ANDRÉS FELIPE JIMÉNEZ RÍOS**

**GERMÁN IGNACIO SALAZAR MONTES**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**

**TECNOLOGIA ELECTRÓNICA**

**MEDELLÍN (ANTIOQUIA)**

**2013**

## CONTENIDO

	INTRODUCCION .....	6
1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
2	JUSTIFICACIÓN.....	8
3	OBJETIVOS.....	9
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	9
4	ESBOZO DE REFERENTES TEÓRICOS.....	10
5	METODOLOGIA .....	16
5.1	TIPO DE PROYECTO.....	16
5.2	MÉTODO.....	16
5.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
5.4	TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN .....	17
5.4.1	Fuentes primarias:.....	17
5.4.2	Fuentes secundarias:.....	17
6	RESULTADOS DEL PROYECTO .....	18
7	CONCLUSIONES .....	24
8	RECOMENDACIONES.....	25
	BIBLIOGRAFIA .....	26





ACTA DE APROBACIÓN DE TRABAJO

DE GRADO

El Comité de Trabajo de Grado del Departamento de Electrónica y Asesores del Proyecto de Grado "DISEÑO DE UN MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y GUÍAS DE LABORATORIO PARA EQUIPOS DE RADIO ENLACE EN LA IUPB" de los estudiantes Jorge Andrés Arboleda Betancur carné 2009201201, Andrés Felipe Jiménez Ríos carné 2009201208 y Germán Ignacio Salazar Montes carné 2005201217, como requisito para optar el título de Tecnólogo en Electrónica, nos permitimos conceptuar que ésta cumple con los criterios teóricos y metodológicos exigidos por el Departamento.

Medellín, 31 de Mayo de 2013

WILLIAM VALLEJO QUINTERO  
Jefe de Departamento

CARLOS ALBERTO MONSALVE JARAMILLO  
Asesor Técnico

Gabriela C.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Radio Alcatel 9400LX.....	12
Figura 2: Antena de rejilla de 0.60 mt.....	19
Figura 3: Instalación de antena.....	21
Figura 4: Radio Alcatel 9400LX vista interior .....	22

## **INTRODUCCION**

Actualmente las comunicaciones están cada vez mas ligadas a la vida diaria de todas las personas en el mundo. La conectividad ha crecido rápidamente en las últimas décadas impulsadas por nuevas tecnologías que en el tiempo han ido incrementando el volumen de información a que tenemos acceso.

En función de ir mejorando la vida de las personas se han ido integrando muchos servicios entre sí, y los canales por los que se realizan estas comunicaciones corresponden a redes de diferentes índoles, las que sustentan dicha conectividad.

La importancia de este proyecto es el aporte que se le hace al laboratorio de electrónica con un modulo de comunicaciones y un manual para la guía de práctica.

La implementación de este proyecto facilita al estudiante familiarizarse con los medios de transmisión, el funcionamiento de equipos, las modulaciones, los protocolos, los tipos de redes, la administración de sistemas y la implementación de soluciones por medios no guiados.

## **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los programas con los que cuenta la Institución Universitaria Pascual Bravo es la tecnología electrónica, carrera que a su vez integra en su pensum la materia de comunicaciones; es allí precisamente en esta materia donde de acuerdo a nuestra investigación hemos detectado una deficiencia en las prácticas de laboratorio, ya que a la fecha no se cuenta ni con los equipos, ni con los manuales y guías necesarias para realizar prácticas de radio enlace.

Es allí donde se debe realizar la investigación necesaria y se aplican los conceptos adquiridos para elaborar un manual de funcionamiento y operación de los equipos de radio a instalar, luego de la implementación del manual para diseñar prácticas de laboratorio debidamente documentadas basadas en la modificación de frecuencias, medios de conexión entre las antenas y los equipos y la manipulación de las mismas antenas, lo anterior con el previo análisis matemático de modelación de los sistemas de radio para aplicar en la práctica la teoría vista en clase. Los beneficiados de este proyecto son: los docentes de asignaturas relacionadas quienes pueden complementar los contenidos de las clases con prácticas, los estudiantes quienes además de los conocimientos teóricos pueden prepararse mejor manipulando equipos con características similares a los que hoy se encuentran en el mercado y finalmente el Pascual Bravo ya que esto implicaría una mejora en la metodología de enseñanza y la calidad de educación, ofreciendo a la sociedad profesionales mejor preparados y más competitivos.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Pueden estas guías de laboratorio ayudar al estudiante a afianzar conocimientos teóricos adquiridos?

## **2 JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto tiene como propósito la elaboración de un manual de funcionamiento de equipos de radio enlace, donde se especifiquen sus características técnicas como: modo de configuración y programación, rango de frecuencias de funcionamiento, entre otros. Además de la creación de guías para prácticas de laboratorio con dichos equipos.

Con la ejecución de este proyecto la institución va tener una mejor metodología en la materia de comunicaciones, ya que se afianza conocimientos y conceptos teóricos, con ejercicios prácticos, brindando al estudiante un poco de experiencia en el manejo de estos equipos. También la implementación de este proyecto facilita al estudiante familiarizarse con los medios de transmisión, el funcionamiento de equipos, las modulaciones, los protocolos, los tipos de redes, la administración de sistemas y la implementación de soluciones por medios no guiados.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

El presente proyecto pretende brindar una orientación básica al personal docente y estudiantil del programa, que busca la aplicación de los conceptos teóricos a la realización de prácticas de laboratorio con un enfoque de campo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Donar un manual con las especificaciones técnicas de los equipos de radio en referencia que sirva de guía a los estudiantes para adentrarse en el uso de estos equipos.

Diseñar una guía para prácticas con los equipos de forma que estudiantes o docentes puedan interactuar con estos de forma sencilla sin necesidad de una constante intervención por parte de expertos.

Consultar los temas vistos en la materia de comunicaciones, para así proponer los ejercicios prácticos adecuados.

## 4 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 “lejanía”. 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.

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 y en la actualidad tanto las empresas como las universidades se enfocan en el desarrollo de nuevos servicios, dispositivos, y diferentes avances en el tema.

La importancia de los laboratorios de telecomunicaciones en los estudiantes se evidencia en el momento en que estos se enfrentan a problemas reales diferentes a los vistos en la academia. La manipulación de equipos, cables, conectores, el diseño y administración de redes permite a los estudiantes adquirir una serie de habilidades, las cuales complementan los conocimientos teóricos.

Las habilidades adquiridas en los laboratorios de telecomunicaciones proporcionan conocimientos de diseño de redes, criterios en la administración y construcción de soluciones de medios de comunicación, adquisición y manipulación de equipos de transmisión y recepción.

La evolución de las telecomunicaciones tiende a implementar una comunicación sin hilos o sin cables, y es en este medio, donde la mayoría de las universidades presentan falencias al construir e implementar laboratorios de radiocomunicación debido al costo y a la dificultad de conseguir este tipo de equipos. La consecución de un laboratorio de radiocomunicación aporta a la universidad que lo posee un gran valor agregado en el contexto experimental y de investigación a dicha institución.

El laboratorio de radiocomunicación debe estar formado como mínimo por un equipo emisor, un medio (canal de transmisión) y un equipo receptor, es importante tener claro las definiciones de dichos elementos por lo que se detallan a continuación.

Figura 1: Radio Alcatel 9400LX.



El proceso de comunicación se inicia con el emisor, quién tiene algo que comunicar. Este mensaje o información ha de ser codificada para que sea comprendida tanto por el mismo emisor como por el receptor.

Los componentes fundamentales de un transmisor de radio son un generador de oscilaciones (oscilador) para convertir la corriente eléctrica común en oscilaciones de una determinada frecuencia de radio; los amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones conservando la frecuencia establecida y un transductor para convertir la información a transmitir en un voltaje eléctrico

variable y proporcional a cada valor instantáneo de la intensidad. En el caso de la transmisión de sonido, el transductor es un micrófono; para transmitir imágenes se utiliza como transductor un dispositivo fotoeléctrico.

Otros componentes importantes de un transmisor de radio son el modulador, que aprovecha los voltajes proporcionales para controlar las variaciones en la intensidad de oscilación o la frecuencia instantánea de la portadora, y la antena, que radia una onda portadora igualmente modulada. Cada antena presenta ciertas propiedades direccionales, es decir, radia más energía en unas direcciones que en otras, pero la antena siempre se puede modificar de forma que los patrones de radiación varíen desde un rayo relativamente estrecho hasta una distribución homogénea en todas las direcciones; este último tipo de radiación se usa en la radiodifusión. (Martin, 2005).

La información se transmite a través de un canal que vincula al emisor con el receptor. El mensaje puede ser verbal, visual -no verbal- o escrito y se puede transmitir a través de una carta, un correo electrónico, el teléfono, un telegrama o a través los medios de comunicación. Para lograr una comunicación eficaz es necesario saber seleccionar el canal de transmisión.

El receptor recibe el mensaje y lo decodifica para poder comprenderlo. Tanto el emisor como el receptor deben tener los mismos códigos.

Los componentes fundamentales de un receptor de radio son: 1) una antena para recibir las ondas electromagnéticas y convertirlas en oscilaciones eléctricas; 2) amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones; 3) equipos para la demodulación; 4) un altavoz para convertir los impulsos en ondas sonoras perceptibles por el oído humano (y en televisión, un tubo de imágenes para

convertir la señal en ondas luminosas visibles), y, 5) en la mayoría de los receptores, unos osciladores para generar ondas de radiofrecuencia que puedan mezclarse con las ondas recibidas.

Muchos receptores modernos de radio son de tipo superheterodino, en el que un oscilador genera una onda de radiofrecuencia que se mezcla con la onda entrante, produciendo así una onda de frecuencia menor; esta última se denomina frecuencia intermedia. Para sintonizar el receptor a las distintas frecuencias se modifica la frecuencia de las oscilaciones, pero la intermedia siempre permanece fija, en el caso de los equipos de radio involucrados en el proyecto se maneja una frecuencia intermedia de 70 MHz y una Frecuencia de radio de 164 MHz que facilitan el uso de un sistema con Oscilador Local de gama baja (OL-) para frecuencias mayores a 2375 MHz y otro de gama alta (OL+) para frecuencias menores a 2375 MHz y así facilitar la transmisión y recepción de la comunicación a través del medio expuesto. En todos los receptores hay una o más etapas de amplificación de frecuencia media; además, puede haber una o más etapas de amplificación de radiofrecuencia. En la etapa de frecuencia media se suelen incluir circuitos auxiliares, como el control automático de volumen, que funciona rectificando parte de la salida de un circuito de amplificación y alimentando con ella al elemento de control del mismo circuito o de otro anterior. El detector, denominado a menudo segundo detector (el primero es el mezclador), suele ser un simple diodo que actúa de rectificador y produce una señal de frecuencia audio. Las señales de radio frecuencia se desmodulan o detectan mediante circuitos que reciben el nombre de discriminadores o radio detectores; transforman las variaciones de la frecuencia en diferentes amplitudes de la señal.

Por medio de la investigación llevada a cabo se detecto la importancia y la tendencia de las comunicaciones a ser transmitidas sin “hilos” y a tener una gran capacidad para la movilidad, es por esto que revisando la parte practica de las radiocomunicaciones en la institución, se ha notado una debilidad en este aspecto, ya que no se tiene un laboratorio diseñado especialmente para este tipo de comunicación. Los equipos que se presentan en el proyecto permitirán una interacción más directa, lo que permitirá, presenciar los diferentes procesos en la radiación de información, y cómo se aplican esa cantidad de conceptos adquiridos de forma teórica; además la interacción con la tecnología de radio de una forma tan directa permitirá comprender la importancia de esta en la actualidad.

## **5 METODOLOGIA**

Para lograr reunir suficiente información que permita elaborar el manual de los equipos se debe realizar un proceso de investigación de equipos con desarrollo tecnológico y características similares, igualmente las asesorías por parte de expertos en el tema resulta muy útil cuando se piensa en hacer modificaciones que permitan experimentar con los equipos, todo esto sumado a los conceptos de tecnología adquiridos a lo largo de la nuestra formación profesional dará un complemento valido para argumentar y documentar la investigación en un manual, la información de otros equipos similares se está consiguiendo con empresas del sector que actualmente tienen enlaces operativos y las asesorías técnicas serán brindadas por un Ingeniero Especialistas en Transmisión de la empresa EDATEL S.A E.S.P quien amablemente se ha ofrecido a compartir su experiencia respecto a equipos de radio con nosotros.

### **5.1 TIPO DE PROYECTO**

Este proyecto está dividido en dos partes: una parte de implementación y otra de diseño.

### **5.2 MÉTODO**

El método utilizado en la elaboración de este trabajo es el inductivo ya que se trata del método de investigación más usual y se caracteriza por cuatro etapas básicas: la observación y el registro de todos los hechos, el análisis y la clasificación de los hechos, la derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos, y la constatación de los mismos.

### **5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación que se hace sigue en la elaboración de este proyecto es de tipo aplicada, ya que es la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho de la comunidad estudiantil.

### **5.4 TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN**

**5.4.1 Fuentes primarias:** Observación directa, asesorías con personas expertas, apuntes de investigación.

**5.4.2 Fuentes secundarias:** Libros de texto, artículos de revistas, publicaciones, enciclopedias, tesis, catálogos, internet.

## 6 RESULTADOS DEL PROYECTO

Para el montaje del radio enlace se tuvo en cuenta la colaboración de todos los integrantes del trabajo de grado, quienes nos desplazamos desde diferentes lugares para cumplir con el montaje y la distribución de los equipos y las antenas.

Así mismo, se analizó la proporción de la existencia de visión directa entre las antenas, deben visitarse los emplazamientos donde se tiene previsto instalarlas y realizar una serie de comprobaciones y tareas que se detallan a continuación: determinación de las coordenadas exactas de los extremos del radioenlace (latitud, longitud y altura sobre el terreno) determinación de la orientación del enlace e indicación sobre un mapa de la zona. Esto ayudará a la localización de posibles obstáculos y elementos significativos sobre el mapa.

En el caso de enlaces de corto y medio alcance se puede comprobar la existencia de visión directa con ayuda de unos prismáticos. La localización visual del otro extremo del enlace puede realizarse con ayuda de una brújula o valiéndose de alguna marca o elemento significativo del mapa. Si no se consiguiera identificar visualmente el otro edificio donde se va a situar la antena, puede servir de ayuda una segunda persona situada en dicho edificio y que emita algún tipo de destello de luz, con un espejo por ejemplo, en el caso de un día soleado.

En el caso de falta de visión directa debido a algún tipo de obstáculo, resulta necesario determinar la altura del mástil para evitar la obstrucción. El procedimiento que suele emplearse es similar al anterior, solo que ahora puede utilizarse por ejemplo un globo de helio de color llamativo y sujeto por una cuerda. Una persona situada en el extremo opuesto va elevando el globo hasta que resulte visible a través de los prismáticos.

En el caso de radioenlaces de más de unos 8 km resulta difícil realizar este tipo de comprobaciones visualmente, por lo que se debe acudir a otros métodos. La

solución consiste en conseguir mapas con perfiles de la zona o utilizar aplicaciones informáticas con mapas digitales del terreno. En este caso, las coordenadas exactas de los extremos del enlace resultan de vital importancia.

Para nuestro caso, las antenas estarán distribuidas paralelamente, y esto nos permitirá, realizar un trabajo en óptimas condiciones de acceso y movilidad.

Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de información tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica. En esta parte haremos mención al tipo de antenas que se van a colocar en la Institución Universitaria.

**Figura 2: Antena de rejilla de 0.60 mt.**



Además de la elección de los equipos de radio enlace y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico son la buena situación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias. Sólo con una buena planificación del enlace entre antenas puede conseguirse evitar las interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema. La planificación del enlace radioeléctrico de un sistema de radiocomunicaciones comienza con el cálculo del alcance. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, tasa de error, disponibilidad, etc. Este cálculo del alcance del sistema constituye una primera estimación teórica que deberá verificarse tras la instalación de los equipos. La utilización de aplicaciones informáticas de simulación con cartografías digitales del terreno y de los edificios constituye una potente herramienta de ayuda en la planificación. Valiéndose de las mismas es posible determinar las mejores localizaciones para instalar las antenas y estimar su alcance o cobertura.

Los componentes fundamentales del receptor de radio son: una antena para recibir las ondas electromagnéticas y convertirlas en oscilaciones eléctricas; amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones; equipos para la demodulación; un altavoz para convertir los impulsos en ondas sonoras perceptibles por el oído humano y en la mayoría de los receptores, unos osciladores para generar ondas de radiofrecuencia que puedan mezclarse con las ondas recibidas.

**Figura 3: Instalación de antena**

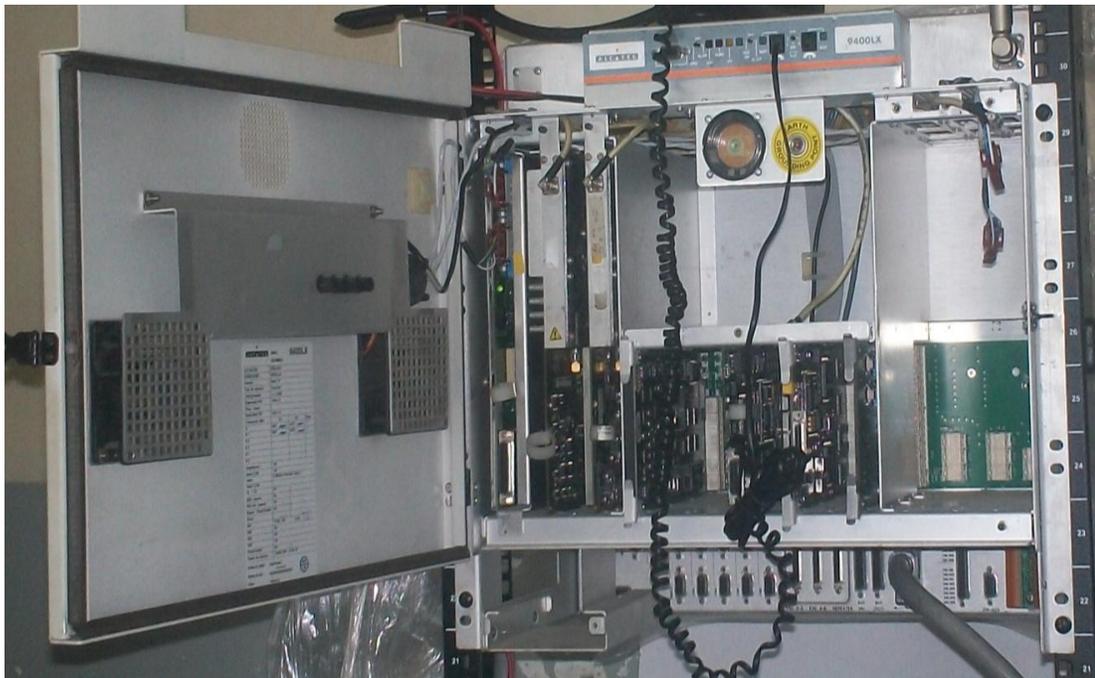


Entonces, un radioenlace involucra una gran variedad de información a tener en cuenta: emplazamiento, selección de equipos, identificación de obstáculos y posibles interferencias, fenómenos de atenuación y desvanecimiento de las señales, etc.

Otros componentes importantes de un transmisor de radio son el modulador, que aprovecha los voltajes proporcionales para controlar las variaciones en la intensidad de oscilación o la frecuencia instantánea de la portadora, y la antena, que radia una onda portadora igualmente modulada.

El laboratorio de radiocomunicación debe estar formado como mínimo por un equipo emisor, un medio (canal de transmisión) y un equipo receptor.

**Figura 4: Radio Alcatel 9400LX vista interior**



Si bien actualmente la existencia de herramientas informáticas de simulación facilita enormemente la tarea, es importante conocer de primera mano todos los aspectos que pueden influir en el funcionamiento del radioenlace. De este modo, durante la fase final de verificación e instalación de los equipos será posible identificar las posibles causas de un mal funcionamiento y revisar los mecanismos adecuados para solucionarlo.

En la etapa de frecuencia media se suelen incluir circuitos auxiliares, como el control automático de volumen, que funciona rectificando parte de la salida de un circuito de amplificación y alimentando con ella al elemento de control del mismo circuito o de otro anterior. El detector, denominado a menudo segundo detector (el primero es el mezclador), suele ser un simple diodo que actúa de rectificador y produce una señal de frecuencia audio. Las señales de radio frecuencia se modulan o detectan mediante circuitos que reciben el nombre de discriminadores o radio detectores; transforman las variaciones de la frecuencia en diferentes amplitudes de la señal.

La transmisión es realizada a través de un canal que vincula al emisor con el receptor, el mensaje puede ser verbal, o escrito y se puede transmitir a través de los medios de comunicación y para lograr una comunicación eficaz es necesario saber seleccionar el canal de transmisión.

## 7 CONCLUSIONES

Se implementó un manual de funcionamiento de equipos de radio enlace, donde se especifican sus características técnicas como: modo de configuración y programación, rango de frecuencias de funcionamiento, entre otros, además de la creación de guías para prácticas de laboratorio.

Con este módulo de prácticas se analiza las señales radiadas que le permiten a los estudiantes profundizar y realizar mejoras al sistemas de transmisión, además de poder interactuar con otros laboratorios de telecomunicaciones, y así simular un envío de datos que viaje por todas los medios de transmisión existentes (red Ethernet, Radio).

En el proceso de diseño de un radio enlace se pretende obtener con la mayor precisión posible el nivel de la señal que ingresa al terminal móvil, para esto se deberá predecir de la forma más adecuada el efecto de los factores enunciados. Por esto se debe realizar un cuidadoso diseño y planificación de los parámetros y características con el fin de optimizar recursos, obteniendo una implementación con la menor inversión posible y que permita brindar a los usuarios una mejor prestación y calidad de servicio.

## 8 RECOMENDACIONES

Tener presente los aspectos relacionados con alarmas, utilización de la radio frecuencia, normas de seguridad, primeros auxilios en caso de descarga eléctrica y normas de seguridad.

Hacer en un futuro una conexión de Internet vía fibra óptica para mejorar la comunicación de los laboratorios de electrónica, conmutación y comunicaciones.

Para mejorar este proyecto se necesita colocar tanto en la entrada y la salida osciloscopio y un analizador de espectro.

Su impacto ambiental se observa en varios aspectos, como la generación de electro smog, y el incremento de los niveles de ruido.

## **ANEXOS**

## **BIBLIOGRAFIA**

ICONTEC. Compendio Tesis y otros trabajos de grado. Quinta actualización.  
Editada 2002-03-19.

Cristian David Bustamante, Daniel Arturo Robledo, Tesis de Grado, "MANUAL RADIO ALCATEL TELETTRA 9424LL" ITM, 2011.

TOMASI Wayne, "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Perentice Hall Hispanoamerica. 1996 México.