

DISEÑO DE UN RADIOENLACE DE BAJO COSTO PARA EL INSTITUTO DE ELECTRÓNICA APLICADA

DESIGN A LOW COST RADIOLINK FOR THE INSTITUTO DE ELECTRÓNICA APLICADA

Valdez Ortega Rodrigo

Instituto de Electrónica Aplicada (IEA), Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia: rodrix32@hotmail.com, ieaumsa@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo, es un estudio del estándar IEEE 802.11, con el objetivo de diseñar un radioenlace de bajo costo para el Instituto de Electrónica Aplicada, que permita la comunicación completa de las dos redes de área local (Oficina-Laboratorio) del Instituto. Al tener comunicación completa, se logrará: buena administración y coordinación de proyectos, compartir los diferentes recursos de red (impresoras, scanner), transferencia de archivos y datos, VoIP, Videoconferencias.

A diferencia de los estándares y tecnologías de alto costo. Las redes IP inalámbricas IEEE 802.11 (Wifi), aplicadas comúnmente en área local tienen una amplia difusión y bajo costo. Aprovechando esta posibilidad es posible realizar modificaciones a las características de estos equipos y aplicarlas a redes de largo alcance. La metodología seguida, consiste primeramente en determinar los requerimientos de la red, luego se determina la ruta adecuada del enlace en base a perfiles de terreno. Posteriormente se realiza el cálculo del enlace, con el fin de evaluar los equipos de red necesarios, la configuración de la red y la factibilidad de la comunicación. Finalmente para comprobar el diseño teórico, se realiza una simulación en Radio Mobile y pruebas preliminares del enlace por tramos. Los resultados del estudio mostraron que la capacidad requerida para transmisión de voz y datos, es de 3079,2 Kbps. En la simulación y prueba preliminar del enlace,

se pudo notar que la capacidad máxima de la red es de 11 Mbps, superando en gran manera a la capacidad requerida y garantizando el correcto funcionamiento de la red.

Palabras Clave: IEEE 802.11; Red; VoIP; videoconferencia; radioenlace; capacidad.

ABSTRACT

The present work is a study of the standard IEEE 802.11, with the aim of designing a low cost radio-link for the for the applied electronics Institute (Instituto de Electrónica Aplicada), to enable the complete communication between two local area networks (Office- Laboratory) of the Institute. By having full disclosure, we will achieve: good project management and coordination, sharing different network resources (scanner, printers), file and data transfer, VoIP, Video Conferences. Unlike the standard high-cost technologies, Nets IP wireless IEEE 802.11 (Wi-Fi), applied commonly in local area have an ample diffusion and low cost. Taking advantage of this option is possible to modify the characteristics of the equipment and implement long-range networks. The methodology consists first determining the network requirements, then determines the appropriate path link profiles based on field. Subsequently we calculate the link to evaluate network equipment required, network configuration and the feasibility of the communication. Finally to verify the theoretical design, a simulation on Mobile Radio and preliminary tests of the link sections. Study results revealed that the capacity required for voice transmission and data it is 3079, 2 Kbps. Finally, to verify the theoretical design, Simulation, and preliminary tests of the link showed the maximum capacity of the net was 11 Mbps guaranteeing by far the correct functioning of the net.

Keywords: IEEE 802.11; Net; VoIP; video conference; radio link; capacity.

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Electrónica Aplicada “IEA”, que forma parte de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Mayor de San Andrés, tiene el objetivo de realizar tareas de investigación aplicada, desarrollo de sistemas electrónicos, cursos de capacitación y postgrado en las áreas de telecomunicaciones, control y sistemas de computación.

Desde el año 2005, el Instituto en su integridad se encontraba ubicado en los predios de Cota Cota de la UMSA. La ubicación y la poca comunicación que existía entre la Carrera de Ingeniería Electrónica con el Instituto, ocasionó un aislamiento; por tanto los objetivos y el progreso del mismo fueron decayendo, hasta el grado de no ser un gran aporte para la Carrera en el área de investigación aplicada.

En la actualidad el Instituto de Electrónica Aplicada, cuenta con una oficina central en el séptimo piso de la Facultad de Ingeniería y un laboratorio de investigación ubicado en los predios de Cota Cota. Para que el Instituto cumpla con sus objetivos de investigación, debe funcionar de manera ordenada, conjunta y con una buena comunicación Instituto-Carrera de Ingeniería Electrónica. Si bien la Universidad cuenta con un sistema de comunicación administrado por UMSATIC, que interconecta las distintas facultades entre sí, existe la necesidad de que la carrera de Ingeniería Electrónica, tenga una mejor comunica-

ción con las diferentes partes de su estructura organizacional.

Para logra éste cometido, se pretende realizar un estudio y diseño de una plataforma de comunicaciones para la interconexión completa del Instituto de Electrónica Aplicada. Tomando en cuenta que la implementación de un radioenlace de largo alcance (Zona Central-Cota Cota), está limitado por el factor económico. En el presente proyecto, se plantea realizar un radioenlace de bajo costo para el Instituto de Electrónica Aplicada, utilizando la tecnología IEEE 802.11b/g (Wifi).

Al ser de bajo costo, este proyecto también servirá como prototipo de futuras redes de largo alcance, que pueden ser aplicadas como redes privadas y mayormente como redes comunitarias rurales, para proveer servicios de telefonía e internet a menor costo de las tecnologías emergentes, que por el momento el costo de diseño y equipamiento es muy elevado (Flickenger, 2008; Hufford et al. 1982).

METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo propuesto, se realizó primeramente un estudio del estándar IEEE 802.11: características y aplicaciones, con el fin de identificar cómo puede resolver el problema propuesto. Posteriormente se analiza el estado actual de las redes del Instituto, para posteriormente realizar el dimensionamiento de la capacidad de la red. Luego se determina

la ruta adecuada del enlace por medio de la elaboración del perfil de terreno y el análisis del radio de Fresnel. Determinada la ruta, se realiza el cálculo del enlace con la ayuda del software Radio Móvil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Definición de la capacidad requerida para la red

Las aplicaciones que se consideraron para el dimensionamiento son: datos y telefonía IP.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de tráfico de voz y de datos, la demanda total de ancho de banda se muestra en la Tabla 1.

En la Tabla 2 se muestra la ubicación de los puntos de red a interconectar, en coordenadas terrestres, con el fin de realizar el relevamiento del perfil de terreno.

En la Figura 1, se muestra la ubicación de los puntos de red en el mapa de elevación digital de Radio Mobile. Se puede observar una línea color verde que une los pun-

Tabla 1: Demanda total de la capacidad del canal para la propuesta de red.

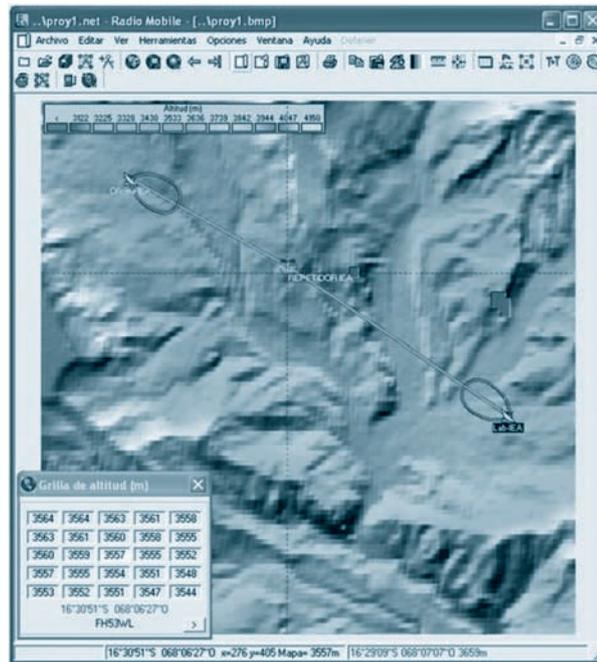
Servicio		Demanda de capacidad (Kbps)
Voz	6 canales	160.8
Datos	12 Usuarios	2918.4
total		3079.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Ubicación en coordenadas de los puntos a enlaza

Lugar	Coordenadas		
	Latitud	Longitud	Elevación
Oficina IEA (Facultad de Ingeniería)	16° 29' 53,85" S	68° 08' 05,95" O	3625 m
Repetidor IEA (Bajo San Isidro)	16° 30' 46,79" S	68° 06' 26,75" O	3575 m
Laboratorio IEA (Cota Cota)	16° 32' 17,43" S	68° 04' 06,88" O	3413 m

Fuente: Elaboración propia utilizando Google Earth.



Fuente: Elaboración propia, utilizando radio Mobile

Figura 1. Ubicación de los puntos de red en un mapa de elevación digital

tos de red, esto nos indica que hay una buena probabilidad de que el enlace sea factible, y que la señal se propague sin problemas.

Para garantizar que entre transmisor-repetidor y repetidor-receptor exista línea de vista se realizaron dos clases de pruebas:

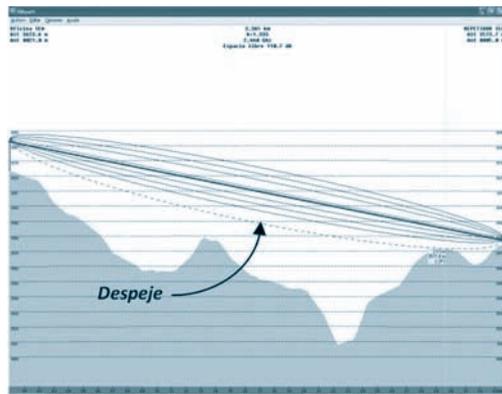
- Prueba de campo para observar la presencia de obstáculos, con la ayuda de un larga vistas, en el cual se pudo comprobar que de un punto a otros se podían los edificios a conectar.

- Relevamiento del perfil de terreno, utilizando Radio Mobile

Perfil de terreno OFICINA IEA – REPETIDOR

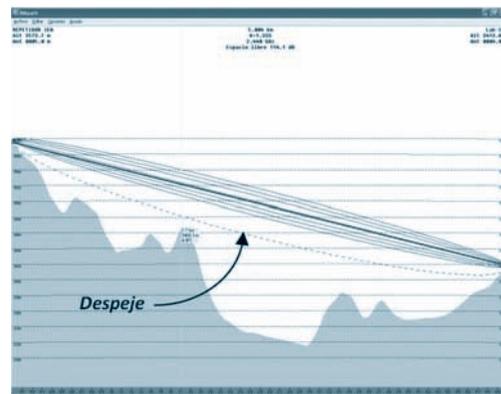
En las Figura 2 y 3 se puede observar los resultados, obtenidos por medio de Radio Mobile.

Como se puede notar, al realizar el enlace en dos tramos, existe línea de vista y un buen despeje, esto permite una buena propagación de la señal, ya que no se tiene un obstáculo en el intermedio.



Fuente: Elaboración propia, utilizando radio Mobile

Figura 2. Perfil Oficina IEA y Repetidor IEA



Fuente: Elaboración propia, utilizando radio Mobile

Figura 3. Perfil Repetidor IEA y Laboratorio IEA

Cálculo del Enlace por medio de Radio Mobile

La Tabla 3 muestra un resumen de los parámetros creados para cada sistema, relacionado a cada tramo, esto con el fin de evaluar el enlace.

En la Tabla 4 se muestra los resultados del cálculo de la orientación de las antenas para cada tramo, teniendo en cuenta el Azimut¹ y su ángulo de elevación. Estos resultados, permitirán realizar una ubicación más precisa de las antenas y de esa manera evitar pérdidas.

Tabla 3: Resumen de datos de cada Nodo

No. Tramo	Nodo (Sistema)	Ganancia Ant. (dBi)	Altura (m)	Potencia (mW)	Sensibilidad (dB)	Pérdida cable+conect (dB)
1	Oficina IEA	21	1	100	-82	1.217
	Repetidor S.I.	21	2	100	-82	1.434
2	Repetidor S.I.	21	2	100	-82	1.434
	Laboratorio IEA	21	3	100	-82	1.651

Fuente: Elaboración propia.

2 **Ángulo de Azimut**, se define como el ángulo horizontal de apuntamiento de una antena

Tabla 4: Orientación de las antenas

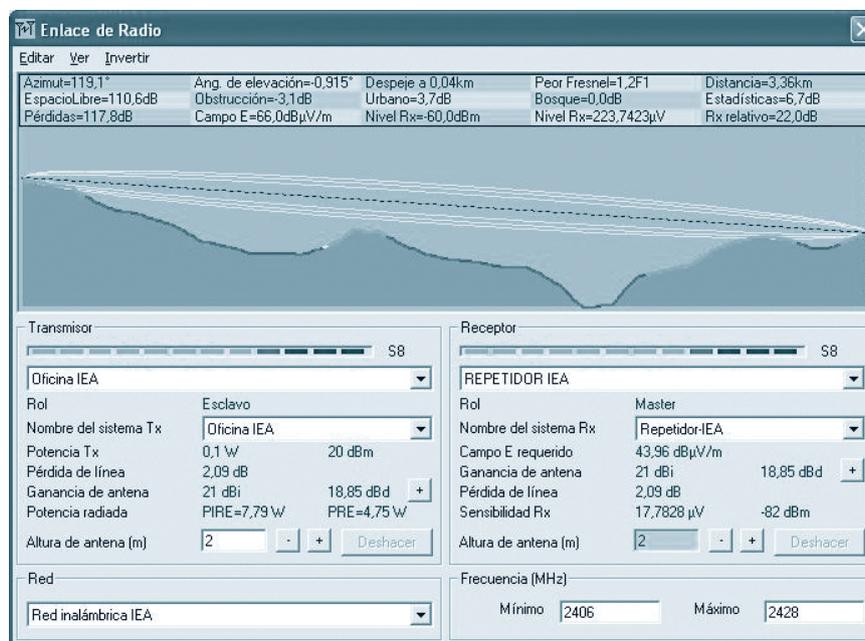
No. Tramo	Nodo (Sistema)	Distancia (Km)	Azimut (*)	Angulo de Elevacion(*)
1	Oficina IEA	3.36	119.1	-1.238452
	Repetidor S.I.		299.1	1.208214
2	Repetidor S.I.	5.00	124.1	-1.899207
	Laboratorio IEA		304	1.854245

Fuente: Radio Mobile

Simulación en Radio Mobile

Los resultados del cálculo del enlace y la simulación en Radio Mobile, se muestran a continuación para los dos tramos.

TRAMO 1 Oficina IEA---REPETIDOR.

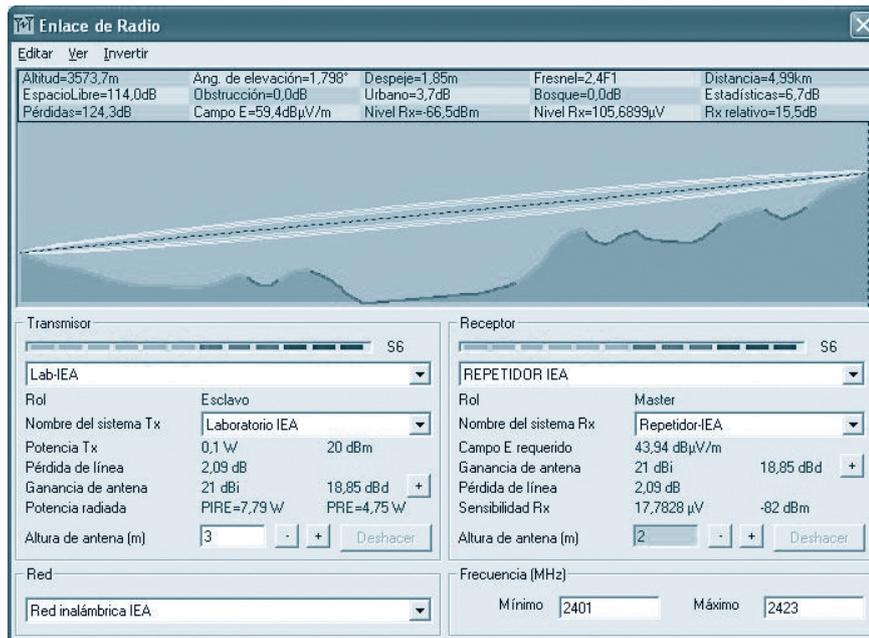


Fuente: Radio Mobile

Figura 4. Resultados de simulación del enlace de radio Oficina IEA-Repetidor

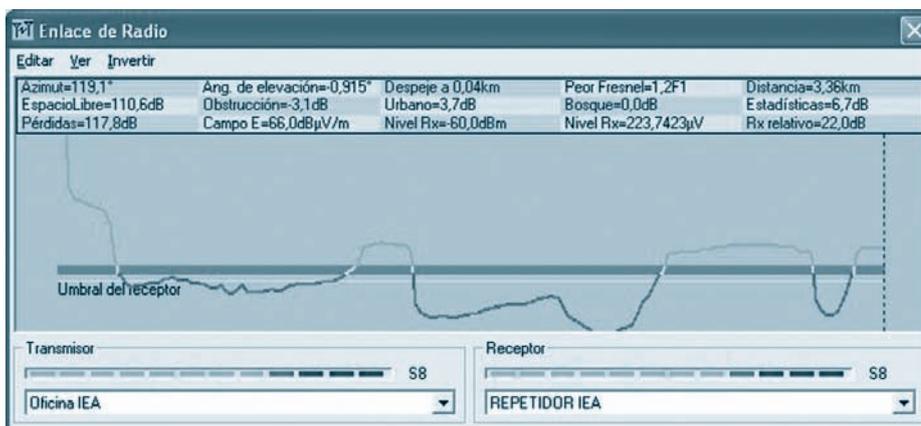
TRAMO 2 Laboratorio IEA ---REPETIDOR.

En las Figuras 6 y 7, se muestra la variación de la señal en el receptor con relación a la distancia y comparado con el umbral del receptor (S_R).



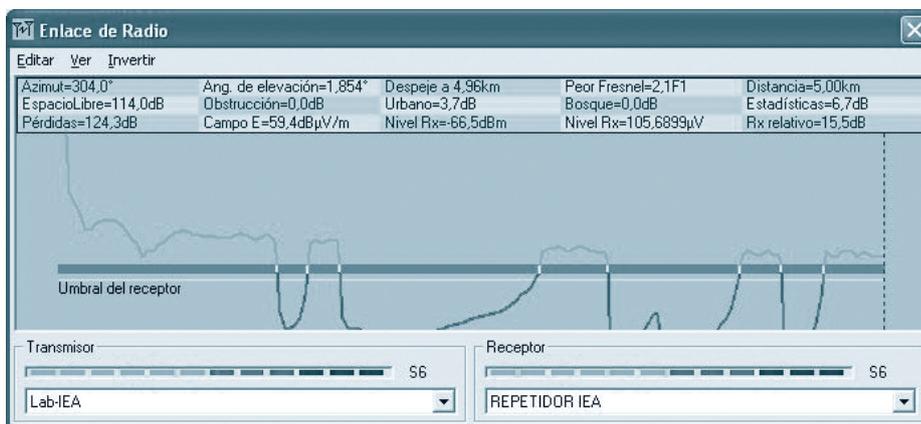
Fuente: Radio Mobile

Figura 5. Resultados de simulación del enlace de radio Laboratorio IEA-Repetidor



Fuente: Radio Mobile

Figura 6. Variación del umbral de recepción del enlace de radio Oficina IEA-Repetidor

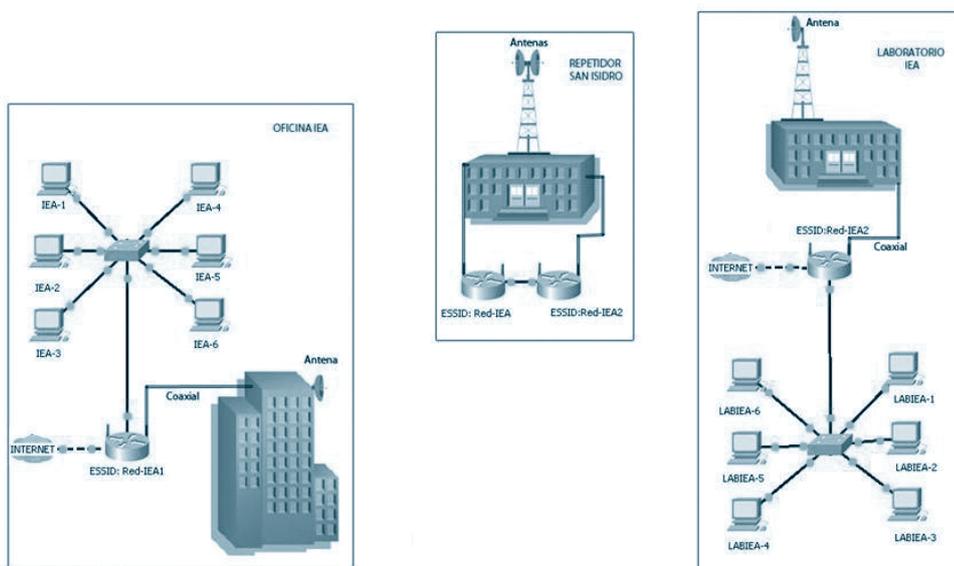


Fuente: Radio Mobile

Figura 7. Variación del umbral de recepción del enlace de radio Laboratorio IEA-Repetidor

Topología de la red completa

La Figura 8 ilustra la configuración de la red completa del Instituto de Electrónica Aplicada, en cada punto de Red.

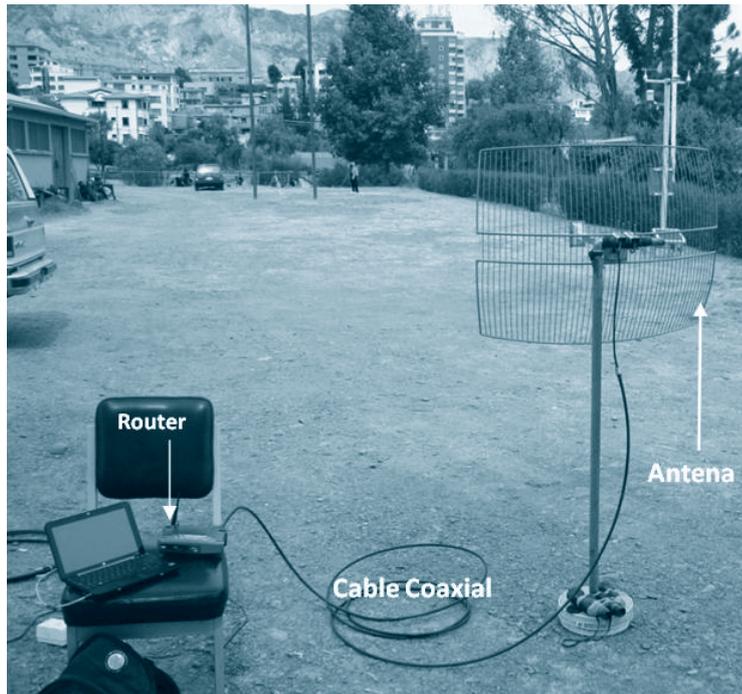


Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Diseño de Red completa para el Instituto de Electrónica Aplicada

Esquema de conexión de equipos

La Figura 9 ilustra la conexión del cable coaxial a la antena y al enrutador inalámbrico.



Fuente: Radio Mobile

Figura 9. Variación del umbral de recepción del enlace de radio Oficina IEA-Repetidor

Montaje de los nodos

Montaje en el Laboratorio de Cota Cota

En el caso del Laboratorio IEA, la antena y el enrutador inalámbrico deben estar instalados en el exterior, y sobre el techo. Del enrutador al Switch de la red LAN se utilizará un cable de red CAT5 ya que éste funciona correctamente hasta con distancias de 80 metros; en nuestro caso la distancia es de 23 metros.

Montaje en Las Oficinas del IEA

(Facultad de Ingeniería)

En éste caso, debido a que el sistema debe encontrarse en un edificio, la ubicación apropiada para montar la antena es la pared. Se debe tomar en cuenta que la estructura debe ser capaz de sostener: el mástil, la antena y soportar las fuerzas inducidas por el viento.

Montaje del Repetidor en San Isidro Bajo
 Por tratarse de una terraza, las antenas deben estar sujetadas por medio de un mástil rígido, los enrutadores inalámbricos se encuentran fijados al mástil, en el inte-

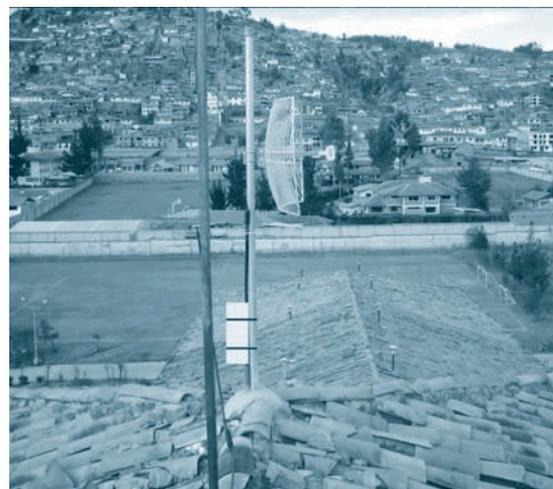
rior de cajas protectoras cerradas.

Las Figura 10, 11 y 12 nos dan una idea del montaje de las antenas y el equipo inalámbrico, en cada punto



Fuente: Redes inalámbricas en los países en desarrollo.

Figura 10. Montaje de la antena en Facultad de Ingeniería



Fuente: Redes inalámbricas en los países en desarrollo.

Figura 11. Montaje de la antena en el Laboratorio IEA

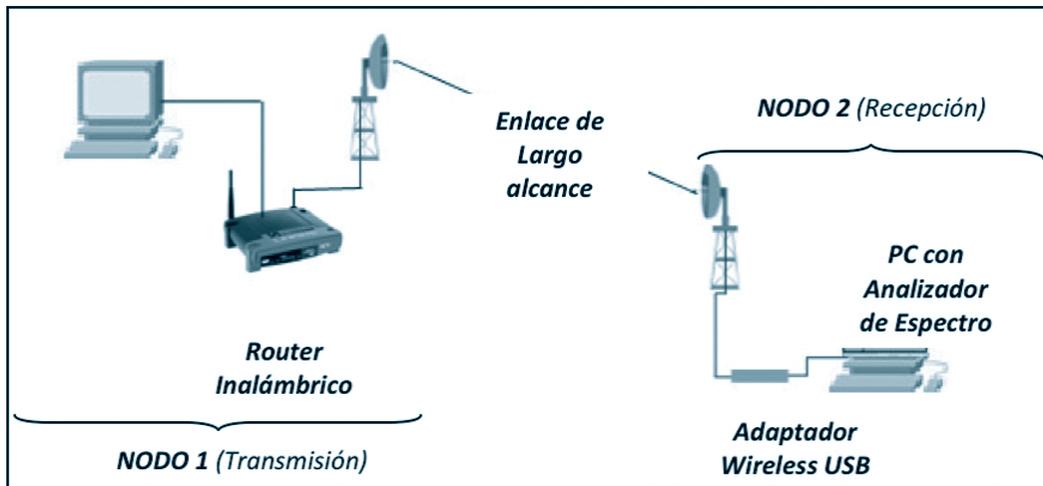


Fuente: Redes inalámbricas en los países en desarrollo.

Figura 12. Montaje de las antenas en el Repetidor

Prueba preliminar del Radioenlace

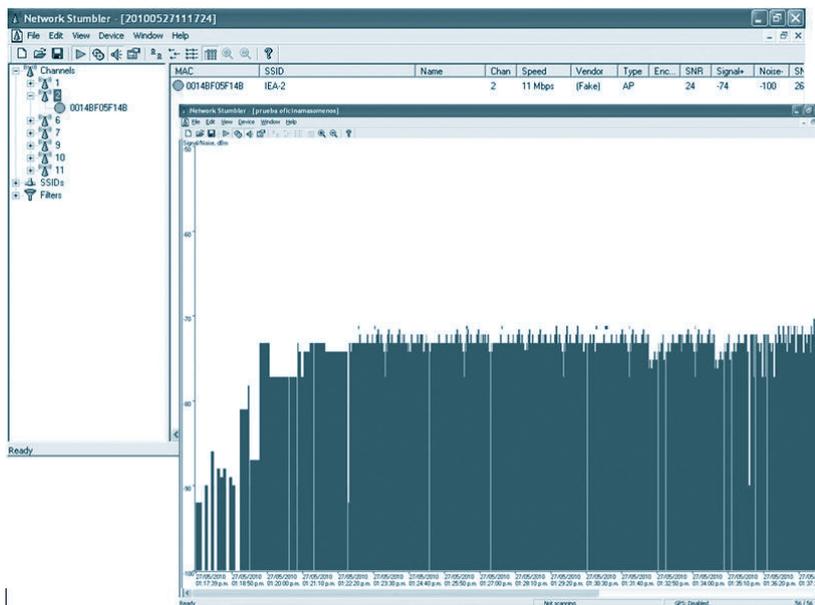
El proceso de medición se realizó por tramos, siguiendo el esquema de la Figura 13.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Esquema de medición utilizado para pruebas de enlace

Los resultados obtenidos para cada tramo, se muestran a continuación por medio de las Figuras 14 y 15 obtenidas de analizador de espectro (Netstumbler).



Fuente: Netstumbler

Figura 14. Análisis del Espectro en el tramo Oficina IEA-Repetidor

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

Una vez realizado el estudio y diseño detallados de un radioenlace de bajo costo para el Instituto de Electrónica Aplicada, se obtuvieron buenos resultados, los cuales permiten presentar el siguiente conjunto de conclusiones.

Se definió la capacidad requerida para transmisión de voz y datos, el resultado del cálculo es de 3079.2 Kbps como mínimo. Con el fin de realizar cálculos de propagación y para garantizar el enlace, se tomó como capacidad esperada 11 Mbps.

Se definió la mejor ruta del enlace para lograr una buena propagación de la señal, realizando el relevamiento del perfil del terreno y el análisis de las Zonas de Fresnel.

Se realizó el diseño funcional y topológico completo de la red que permita la comunicación en ambos extremos, realizando el cálculo del enlace.

Se simuló el diseño planteado para confirmar su funcionamiento, mediante Radio Mobile y una prueba preliminar del enlace por tramos.

El estudio y diseño realizado, si bien puede ser implementado en el Instituto de Electrónica Aplicada, también tiene el propósito de mostrar la factibilidad que tienen los radioenlaces basados en el estándar IEEE 802.11.

Una gran aplicación de los enlaces de bajo costo, puede ser para proveer servicio de internet y telefonía a zonas rurales de nuestro país. Lo cual permitiría que poblaciones que no cuentan con servicios de telecomunicaciones, puedan contar con uno que satisfaga sus necesidades básicas de comunicación a un bajo costo de implementación. Al lograr la comunicación en las regiones rurales del país, se podrá tener un mayor conocimiento de sus necesidades y de los potenciales que tienen, en cuanto a recursos naturales y recursos humanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Electrónica Aplicada (IEA) de nuestra prestigiosa Universidad Mayor de San Andrés, por el gran apoyo e interés mostrado en el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Flickenger, R. (2008). Redes inalámbricas en los países en desarrollo. Tercera Edición. Limehouse Book Sprint Team.

Hufford, G. A., Longley A.G., Kissick W.A. (1982). A guide to the use of the ITS irregular terrain model in the area prediction mode. NTIA Report. Washington.

Artículo recibido en: septiembre de 2010

Manejado por: Rodny Balanza

Artículo aceptado en: diciembre de 2010