

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(CREADA POR LEY N° 25265)



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

“RED DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICO CON SERVICIO
DE INTERNET DE BANDA ANCHA PARA LAS INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DE NIVEL PRIMARIO EN LA MICRO RED DEL
DISTRITO DE COLCABAMBA”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
TELECOMUNICACIONES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. DE LA CRUZ HIDALGO, Raúl ✓
Bach. Ing. LEIVA ROJAS, Jhonatan Frank

PAMPAS, OCTUBRE - 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas, a los 16 días del mes de DICIEMBRE del año 2015, a horas 12:00, se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente: M. Sc. Ing. Jorge Amador VARGAS AQUITE
 Secretario: Ing. Marco Aurelio ROSARIO VILLARREAL
 Vocal: Mg. Ing. Javier Alfredo HERRERA MORALES

Ratificados con Resolución N° 336-2015-FIES-UNH; del: proyecto de investigación (Tesis), Titulado: "RED DE TELECOMUNICACION INALAMBRICO CON SERVICIO DE INTERNET DE BANDA ANCHA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL PRIMARIO EN LA MICRO RED DEL DISTRITO DE COLCABAMBA"

Cuyos autores son los graduado (s):

BACHILLER (S): Jhonatan Frank LEIVA ROJAS
Raúl DE LA CRUZ HIDALGO

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invito al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

APROBADO POR Mayoría

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

[Firma]
Presidente

[Firma]
Secretario

[Firma]
Vocal

A nuestras familias por su apoyo incondicional en nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis de investigación, primeramente es agradecido infinitamente a Dios, por bendecirme para poder realizar y lograr uno de mis sueños anhelados y permitirme llegar a este momento tan importante que contribuye y me enriquece en mi vida profesional.

A mi esposa e hijos que día a día son la vitamina que alimenta. Esa esencia que me anima a seguir creciendo, el origen de mis desvelos y preocupaciones que me ayudan a ser mejor persona cada día.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mis padres por su formación con buenos hábitos y valores, demostrándome su cariño incondicional sin importar nuestras diferencias de pensamiento, y que a pesar de la distancia que atravesamos siempre me escuchan y apoyan en todo momento. A mi hermana mayor a quien quiero como una madre por ser participe en cada etapa de inicio a fin, siendo la fuerza, el empuje y retroalimentación para lograr esta meta.

A mi asesor, Ing. Raúl Padilla Sánchez, por su esfuerzo y dedicación, su paciencia motivación y experiencia, con el cual hemos logrado una linda y gran amistad.

Finalmente agradecer a todos los docentes universitarios que aportaron en mi carrera profesional, a mis jefes que todos los días comparten experiencias, técnicas, felicitaciones, logros que se logran con mucho esfuerzo y sacrificio.

Jhonatan Frank LEIVA ROJAS

A Dios, por brindarme la oportunidad de realizarme como persona y como profesional.

A mis padres Tomas De La Cruz Taípe y Norma Delia Hidalgo Torres, quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de este camino lleno de alegrías y dificultades.

Al Ing. Raúl Padilla Sánchez, por habernos dado la asesoría y el apoyo necesario para la presente tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería Electrónica-Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Raúl DE LA CRUZ HIDALGO

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA.....	13
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Formulación del Problema	14
1.2.1. Problema General.....	14
1.2.2. Problemas Específicos.....	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivos Específicos.....	15
1.4. Justificación	15
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes	18
2.2. Bases Teóricas	22
2.2.1. Red inalámbrica	22
2.2.1.1 Clasificación.....	22
2.2.1.2 Estándar IEEE 802.11.....	21
2.2.1.3 Modos de operación	25
2.2.1.4 Tipo de redes.....	27
2.2.2. Propagación de ondas electromagnéticas.....	29
2.2.2.1 Absorción.....	30
2.2.2.2 Atenuación.....	30
2.2.2.3 Reflexión.....	31
2.2.2.4 Difracción.....	32
2.2.2.5 Refracción.....	32
2.2.2.6 Interferencia.....	33
2.2.3. Antenas	34
2.2.3.1 Diagrama de radiación o patrón de radiación	34

2.2.3.2 Ancho de banda.....	35
2.2.3.3 Directividad.....	35
2.2.3.4 Ganancia.....	35
2.2.3.5 Impedancia de entrada.....	36
2.2.3.6 Polarización.....	36
2.2.3.7 Tipos de antenas.....	36
2.2.4. Radioenlaces.....	38
2.2.4.1Presupuesto de enlaces.....	39
2.2.5. Tecnología MIKROTIK.....	47
2.2.5.1 Software routerOS.....	47
2.2.5.2 Hardware RouterBOARD.....	49
2.2.5.3 Características sobresalientes.....	50
2.2.6. Internet y Banda Ancha.....	52
2.2.7. Definiciones de Banda Ancha.....	55
2.2.8. Redes de Telecomunicaciones de Banda Ancha.....	56
2.2.9. Tecnologías que Permiten Brindar Acceso a internet de Banda Ancha.....	62
2.3. Hipótesis.....	66
2.3.1. Hipótesis general.....	66
2.3.2. Hipótesis específicos.....	66
2.4. Variables de Estudio.....	66
CAPITULO III.....	67
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	67
3.1. Ámbito de Estudio.....	67
3.2. Tipo de Investigación.....	67
3.3. Nivel de Investigación.....	67
3.4. Método de Investigación.....	67
3.5. Diseño de Investigación[2].....	68
3.6. Población, Muestra, Muestreo.....	68
3.6.1. Población.....	68
3.6.2. Muestra [3].....	69
3.6.3. Muestreo.....	70

3.7.	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos	70
3.8.	Procedimiento de recolección de datos	71
3.8.1.	Fase de Pre-campo.....	71
3.8.2.	Fase de campo	71
3.8.3.	Fase de Gabinete	71
3.9.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	71
	CAPITULO IV	72
	RESULTADOS	72
4.1	Presentación de resultados.....	72
4.2.	Prueba de hipótesis	74
	CONCLUSIONES.....	98
	RECOMENDACIONES.....	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
	ARTICULO CIENTIFICO	101
	ANEXO	110

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Tabla N° 1.1: Población urbana y rural distrito de Colcabamba	12
Tabla N° 1.2: Colcabamba: Matrícula EBR por tipo de gestión, área geográfica y sexo, según nivel educativo y estrategia o forma de atención, 2011	12
Tabla N° 1.3: Velocidades de acceso en la I.E. N° 30943 en kbps	13
Tabla N° 2.1: Protocolos IEEE 802.11	24
Tabla N° 2.2: Ventajas y desventajas del modo infraestructura	26
Tabla N° 2.3: Potencia de transmisión de los estándares IEEE 802.11 a/b	40
Tabla N° 2.4: Pérdidas en el espacio libre	43
Tabla N° 2.5: Radio (m) para la primera zona de Fresnel	44
Tabla N° 2.6: Diferencias de licencias de RouterOS	47
Tabla N° 2.7: Características de RouterBOARD	48
Tabla N° 2.8: Medios de Transporte – Banda Ancha	59
Tabla N° 2.9: Tecnologías Utilizadas – Banda Ancha	60
Tabla N° 3.1: Instituciones Educativas de Nivel Primario del Distrito de Colcabamba....	67
Tabla N° 3.2: Muestra los valores que toma Z y E	69
Tabla N° 4.1 Parámetros máximos para la instalación de equipos	79
Tabla N° 4.2: Lista de equipos que desempeñaran rol de repetidor y cliente	82
Tabla N° 4.3: Datos registrados por el software Nettraffic	95
Figura N° 2.1: Modo ad-hoc	25
Figura N° 2.2: Modo infraestructura	25
Figura N° 2.3: Propagación de ondas electromagnéticas	29
Figura N° 2.4: Atenuación	30
Figura N° 2.5: Reflexión de ondas electromagnéticas	31
Figura N° 2.6: Interferencia	32
Figura N° 2.7: Diagrama de radiación	33
Figura N° 2.8: Antena dipolo	35
Figura N° 2.9: Antena omnidireccional	36
Figura N° 2.10: Antena panel	36
Figura N° 2.11: Antena de grilla	37
Figura N° 2.12: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor....	39
Figura N° 2.13: Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace	39
Figura N° 2.14: Distancia (m) vs. pérdida (dB)	42

Figura N° 2.15: Zona de Fresnel	43
Figura N° 2.16: RouterOS	48
Figura N° 2.17: Software radio mobile	51
Figura N° 2.18: Estructura de las Redes de Banda Ancha para el Acceso a Internet	58
Figura N° 2.19: Tecnologías DSL y DOCSIS	62
Figura N° 2.20: Arquitectura simplificada de FTTH	62
Figura N° 2.21: Topología simplificada de WiMAX	63
Figura N° 2.22: Arquitectura de referencia HSPA	64
Figura N° 3.1: Diseño de investigación	67
Figura N° 4.1 Prueba de t-Student	74
Figura N° 4.2 Nivel de recepción en radio mobile	77
Figura N° 4.3 Configuración del tamaño de mapa	78
Figura N° 4.4 Configuración para una conexión punto a punto	79
Figura N° 4.5 Sistema Transmisor 1W	80
Figura N° 4.6 Patrón de radiación de la antena	81
Figura N° 4.7: Parámetros del sistema Tx_Muni_1W.	81
Figura N° 4.8: Modelo NanoStation M5	82
Figura N° 4.9: Configuración en el sistema Repetir_con_Operad	83
Figura N° 4.10: Configuración en el sistema Cliente.....	83
Figura N° 4.11 Configuración en el sistema Repetir_sin_Operad	84
Figura N° 4.12: Ubicación de las unidades en el mapa	84
Figura N° 4.13: Diseño de las 04 troncales	85
Figura N° 4.14: Simulación con el software radiomobile	85
Figura N° 4.15: Ubicación de una repetidora	86
Figura N° 4.16: Mapa y la red del sector NE	86
Figura N° 4.17: Parámetros de enlace de radio	87
Figura N° 4.18: Perdida en espacio libre	88
Figura N° 4.19: Enlace de radio	88
Figura N° 4.20: Conexión de enlace de radio	89
Figura N° 4.21: Conexión de la zona NE	89

RESUMEN

El estudio realizado corresponde a una investigación de carácter cuantitativo cuyo problema investigado fue: ¿Cómo realizar una red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba? Su objetivo: Determinar la red de telecomunicaciones inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba e hipótesis: Una red de telecomunicación inalámbrica provee servicio de internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.

El tipo de investigación es aplicada, nivel explicativo y el diseño de investigación es cuasi experimental de un grupo. El método de investigación utilizado fue el experimental. Para la medición de las velocidades de subida y bajada utilizamos el software Nettraffic el cual se contrastó con el aplicativo que está a disposición del público de la empresa de telecomunicaciones Movistar, el estudio tiene una población de 49 instituciones educativas de nivel primario y la recolección de datos se hizo en la I.E. N° 31296 del Centro Poblado de Pilcos en el Distrito de Colcabamba, con una población estudiantil de 56 niños, antes de la investigación la velocidad de bajada del servicio de internet con la tecnología VSAT alcanzó un máximo de 60.7934 kbps y un mínimo de 0.3796 kbps, al implementarse la red con la tecnología WiFi 802.11n y con los equipos de Ubiquiti se alcanzó tasas de transferencia mayor a 256 kbps, con lo que se puede asegurar que el servicio de internet es de banda ancha, tal como lo define la ITU, cuando fija los niveles mínimos de transferencia de datos para bajada en servicios de internet de banda ancha.

Palabras claves:

Banda ancha, Estándar 802.11n, WiFi, tasa de transferencia.

INTRODUCCIÓN

La red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha es un servicio que muchas instituciones educativas necesitan en el territorio nacional, ya que debido a la geografía de la sierra y selva es inviable el tendido de fibra o cable a todos los puntos del país.

La red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha, surge como una alternativa de solución al problema de tener un servicio de internet de banda ancha a nivel nacional, que va junto con la política de inclusión del estado en cuanto a tener internet de alta velocidad.

El Capítulo I, que trata sobre el problema de investigación; en donde se visualiza el planteamiento y formulación del problema, la justificación, los respectivos objetivos de investigación, seguido de la justificación e importancia.

El Capítulo II, del marco teórico conceptual de la investigación; donde se aprecia primero los antecedentes y luego la información teórica relevante sobre las variables de estudio, sustentado en teorías y bibliografía actualizada y finalmente los definición de términos básicos utilizados en la investigación, seguido de la hipótesis y el sistema de variables.

El Capítulo III, del marco metodológico, en el cual se detalla el tipo, nivel método y diseño de investigación, además de las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de información.

El Capítulo IV, de los resultados; donde se detalla los pormenores del análisis y procesamiento de la información tanto del pre test como del post test, seguido de la prueba de hipótesis.

Al final se complementa con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas según el estilo Vancouver, y los respectivos anexos del presente trabajo de investigación.

Los autores.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El distrito de Colcabamba cuenta con una población de 21593 habitantes tal como se muestra en la Tabla N° 1.1, de los cuales solo el 18.94% que representa a 4090 niños y adolescentes acceden a la educación primaria tal como se muestra en la Tabla N° 1.2, los mismos que desconocen o muy poco saben del uso de tecnologías de información debido a que en sus instituciones educativas carecen de los equipos de cómputo y de una conexión a internet.

Tabla N° 1.1: Población urbana y rural distrito de Colcabamba

POBLACIÓN			URBANA			RURAL		
Total	Homb.	Mujeres	Total	Homb.	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
21 593	10 889	10 704	1 671	828	843	19 922	10,170	9 752
100%	50.43%	49.57%	7.74%	49.55%	50.45%	92.26%	51.05%	48.95%

Fuente: INEI censo 2007

Tabla N° 1.2: Colcabamba: Matrícula EBR por tipo de gestión, área geográfica y sexo, según nivel educativo y estrategia o forma de atención, 2011

Nivel educativo y estrategia/característica	Total	Gestión		Área		Sexo	
		Pública	Privada	Urbana	Rural	Masculino	Femenino
Total Básica Regular	7,317	7,220	97	1,608	5,709	3,781	3,536
Inicial ciclo I (0-2 años)	0	0	0	0	0	0	0
Inicial ciclo II (3-5 años)	977	946	31	158	819	485	492
Jardín 3/	977	946	31	158	819	485	492
Cuna-jardín 4/	0	0	0	0	0	0	0
PRONOEI	0	0	0	0	0	0	0
Primaria	4,090	4,024	66	802	3,288	2,090	2,010
Polidocente Completo	1,670	1,670	0	601	1,069	850	820
Polidocente Multigrado	2,156	2,090	66	201	1,955	1,106	1,050
Unidocente Multigrado	264	264	0	0	264	124	140
Secundaria	2,250	2,250	0	649	1,602	1,216	1,034
Presencial	2,192	2,192	0	648	1,544	1,185	1,007
A distancia	58	58	0	0	58	31	27

Fuente: Mejoramiento de los niveles de rendimiento en lectura y matemáticas de los niveles de E.B.R. en el distrito de Colcabamba, Tayacaja-Huancavelica.

Así mismo según el INEI, los hogares con acceso a tecnología de la información y comunicación al 2009 es de solo 0.7%.

En el sector rural del distrito de Colcabamba el acceso a Internet es nulo debido a algunos factores limitantes como ubicación geográfica, infraestructura tecnológica y altos costos con baja rentabilidad que supone proveer el servicio de última milla por parte de las empresas de comunicación.

De acuerdo a datos obtenidos por el programa NetTraffic 1.1.4005 en un día de labores en la I.E. N° 30943, que tiene acceso a internet VSAT, se obtuvo los siguientes datos para las velocidades de acceso en subida y bajada:

Tabla N° 1.3: Velocidades de acceso en la I.E. N° 30943 en kbps

	Máximo	Mínimo
Download (kbps)	60.7934	0.3796
Upload (kbps)	13.4643	5.3286

Fuente: Elaboración propia

Como consecuencia el nivel académico de instituciones educativas rurales es inferior limitando a sus alumnos a la educación tradicional, aumentando de esta manera el índice de deserción del estudio superior ya que encuentran grandes dificultades y prefieren cambiar los estudios por actividades laborales provocando un bajo número de profesionales en el Colcabamba.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo realizar una red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba?

1.2.2. Problemas Especificos

- a) ¿Qué tecnología se utiliza para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba?
- b) ¿Qué equipos se utilizan para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la red de telecomunicaciones inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar la tecnología a utilizar para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba.
- b) Identificar los equipos a utilizar para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba.

1.4. Justificación

El soporte informático permite la incorporación de otras estrategias novedosas para favorecer la comprensión en tanto permite utilizar variadas formas perceptivas, figurativas y no figurativas, textuales y musicales, animaciones, etc., sin perder de vista la estructura del campo de conocimiento de que se trata.

La computadora puede concebirse como un dispositivo amplificador de las facultades del hombre, una extensión de la mente humana. Como en el caso de otras herramientas, los usuarios difieren en el grado de aprovechamiento de sus potencialidades.

La educación blended es una combinación o mezcla de la enseñanza presencial con la tecnología para la enseñanza en modalidad a distancia. Combina el cara a cara con la enseñanza virtual.

Por lo tanto con la incorporación de las TIC's en la educación vemos que hay modalidades educativas como el "blended learning" (blended en inglés significa "mezcla" y learning "aprender").

Un esquema "blended learning" integral suministra un modelo para el aprendizaje que incluye:

- Enseñanza en todos los contextos (sincronías, asincronías, clases tutoriales, clases in situ, estudio a distancia, comunidades de aprendizaje ad hoc);
- Entornos digitales que facilitan a los usuarios la realización de determinados trabajos, brindándoles información y/o conocimiento cuando se detecta esa necesidad.
- Procesos en la gestión de conocimiento: generación, codificación, organización, almacenamiento, acceso y transferencia.

Los recursos para este tipo de educación son variados: texto, sonido, música, imagen fija y en movimiento, videos, etc.

La banda ancha da la capacidad técnica para tener acceso a una amplia gama de recursos, servicios y productos que mejoran nuestra vida en diversas formas. Estos recursos, servicios y productos incluyen en:

- Educación, cultura y entretenimiento
 - ✓ La banda ancha puede superar las barreras geográficas y financieras para dar acceso a una extensa gama de oportunidades y recursos en el área educativa, cultural y recreativa.
- Telesalud y telemedicina
 - ✓ La banda ancha puede facilitar la prestación de servicios médicos a poblaciones que carecen o tienen deficiencia en dichos servicios a través de diagnósticos, tratamiento, vigilancia y consultas con especialistas a distancia.
- Desarrollo económico/Comercio electrónico
 - ✓ La banda ancha puede promover el desarrollo y revitalización económicos a través del comercio electrónico (e-commerce):
 - Creando empleos nuevos y atrayendo nuevas industrias.
 - Proporcionando acceso a los mercados regionales, nacionales y mundiales.
- Gobierno electrónico (E-Government)
 - ✓ El gobierno electrónico puede ayudar a agilizar la interacción de las personas con las agencias gubernamentales y proporcionar información sobre las políticas, procedimientos, beneficios y programas del gobierno.
- Seguridad pública y seguridad nacional

- ✓ La banda ancha puede ayudar a proteger al público al facilitar y promover la información y procedimientos de seguridad pública, incluyendo:
 - Sistemas tempranos de alerta/advertencia al público y programas de preparación para desastres.
 - Vigilancia remota de la seguridad y verificación de antecedentes en tiempo real.
 - Sistemas de respaldo para las redes de comunicación de seguridad pública.
- Servicios de comunicación de banda ancha
 - ✓ La banda ancha permite el acceso a las tecnologías nuevas de telecomunicación tales como Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP, por sus siglas en inglés) permitiendo la comunicación por voz usando el Internet.
- Servicios de comunicación para personas discapacitadas

La banda ancha permite que los usuarios de los Servicios de Retransmisión de Telecomunicaciones (TRS, por sus siglas en inglés) usen los Servicios de Transmisión de Vídeo (VRS, por sus siglas en inglés) para comunicarse más fácil, rápida y expresivamente con los usuarios del teléfono de voz.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Sanaguano D.; Zabala M. Estudio, Análisis e implementación de una red inalámbrica comunitaria orientada al sector educativo rural del Cantón Chambo. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2011

El objetivo de realizar el Estudio, Análisis e Implementación de un Red Inalámbrica Comunitaria es para proveer de conectividad a internet a 6 escuelas del sector rural del cantón Chambo ubicadas en las comunidades de Guallabamba, Lluclud, Pantaño, Catequilla, San Francisco y Santa Rosa. El método de investigación deductivo nos permitió discernir todos los aspectos generales que intervienen y afectan en la ejecución de la red como factores climáticos y geográficos, saturación radioeléctrica y económica, el método inductivo en el cuál observamos parámetros específicos que miden el rendimiento de la red como la latencia, los paquetes perdidos y el throughput finalmente el método analítico nos permitirá analizar los valores con los cuales la red opera. Se realiza el estudio de factibilidad de los enlaces con la herramienta de software Radio Mobile el cual muestra los elementos del presupuesto de enlace, así como la línea de vista, cobertura de las repetidoras y la zona de Fresnel.

Para la implementación se opta por la tecnología Mikrotik ya que son dispositivos diseñados para ambientes externos, soporta los estándares 802.11 a/b/g, además adaptabilidad con una variedad de antenas y tarjetas. En cada repetidora se utiliza un Routerboard 433 AH y distintas antenas de acuerdo a las características de cada enlace, para mayor cobertura antenas tipo panel que tiene una ganancia de 14 dBi y un ángulo de cobertura de 120 grados, las de grilla con ganancia de 24 dBi que son de largo alcance y se utiliza para conexiones punto a punto.

Una vez que la red esta operativa se midió los parámetros de rendimiento obteniendo los siguientes datos: latencia 63.7 ms, 0 % de paquetes perdidos y el throughput de 1502 Kbps de una tasa de transmisión de 2833Kbps con los cuales la red opera, al ser comparados con valores establecidos como recomendados verificamos que la red opera al 70.02 % del rendimiento máximo.¹

Pavié G.; Moya P. Diseño e implementación de una red de acceso inalámbrica WLAN para proveer internet de banda ancha a escuelas rurales de Mancera, Carbonero y San Juan. Chile. Universidad Austral de Chile; 2010

El trabajo de tesis consta de una compilación de la literatura técnica concerniente al tema y una implementación práctica del mismo. De igual manera, la documentación de éste, se estructura en doce capítulos, donde siete de ellos corresponden a fundamentos teóricos y seis capítulos exponen los resultados obtenidos en terreno. A continuación se enuncia una breve reseña de lo abordado en cada uno de ellos.

En el primer capítulo se describen los fundamentos teóricos respecto de la propagación de ondas electromagnéticas, conceptos de interés, necesarios para comprender claramente de lo que se está tratando.

El capítulo II permite comprender de mejor forma los fundamentos de las redes de acceso inalámbricas. Este apartado introduce en las tecnologías de acceso, profundizando precisamente en la que utiliza el aire como medio.

Los capítulos III, IV y V contextualizan el nivel donde opera el protocolo 802.11b en el modelo OSI, exponiendo además su arquitectura de red y diferentes topologías, y el equipamiento que se usa en la implementación de enlaces basados en este estándar.

En los capítulos VI y VII se sientan las bases sobre los parámetros más importantes en la teoría de enlace, entregando las herramientas necesarias para poder prever las variaciones provocadas por las diferentes condicionantes.

El planteamiento de las necesidades existentes y las consideraciones generales se presentan en el capítulo VIII, así como también, se estudian las mejores soluciones. Mientras que el capítulo IX expone la normativa legal que rige el proyecto.

¹ [Fecha de acceso: 02 de junio del 2014]. URL disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1729/1/98T00008.pdf>.

En los capítulos IX y X se exponen las consideraciones sobre la planificación de la red, predicción del enlace a través de simulación por software y sobre el equipamiento elegido y usado en el proyecto.²

Cajahuaringa A. Diseño de un sistema WiMAX para una zona rural. Perú. Universidad Nacional de Ingeniería; 2009

La presente tesis tiene como objetivo diseñar un sistema basado en las tecnologías SDH y WiMAX para la zona rural de la provincia de Huarochirí del departamento de Lima, que permita brindar un servicio triple play: voz (VoIP), data (Internet) y CATV y/o video por demanda (VoD), para permitir a los pobladores de la zona el acceso a las tecnologías de la información.

Considerando que las características de las zonas rurales son la baja densidad poblacional, geografía accidentada y poblaciones separadas entre sí; los sistemas cableados tradicionales (como xDSL) empleadas en zonas urbanas no son adecuadas para los zonas rurales, por lo que se hará uso de la tecnología WiMAX que permite el uso de modernas y eficientes técnicas de modulación digital, como OFDMA, control de la potencia, la Transformada Discreta de Fourier y su inversa, control y formación del ancho de haz de una antena; para implementar un sistema de comunicación en una zona rural que brinde los servicios de triple play de modo eficiente.

Tomando en consideración que en el distrito de Huarochirí es inminente la implementación de un centro de servicios de voz, video y data, se realizará el diseño de una red troncal y una red secundaria de comunicación inalámbrica, que contemplará la mejor ubicación geográfica de las estaciones repetidoras, de las estaciones de la red de acceso secundarias, cálculo de los radio enlaces y una estimación de la capacidad del ancho de banda de la red adecuada para brindar el servicio de triple play.

Para los cálculos de los radioenlaces y las áreas de cobertura se usará software. Para el sistema WiMAX se usará bandas de frecuencias no licenciadas para las conexiones PmP (punto a multipunto) y bandas licenciadas para las conexiones PaP (punto a

² [Fecha de acceso: 02 de junio del 2014]. URL disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmficip338d/doc/bmficip338d.pdf>

punto) y, para el sistema troncal se usa un sistema SDH (Jerarquía Digital Síncrona). Finalmente, se hará una estimación económica de los costos del proyecto.³

Muñoz V.; Soto J. Diseño de una plataforma de telecomunicaciones para un entorno rural. Perú. Universidad Ricardo Palma; 2008

En la Cumbre de Lisboa de Marzo del año 2000, los Jefes de Estado y de Gobiernos de la Unión Europea, determinaron que: “Las empresas y los ciudadanos deben tener acceso a una infraestructura de Telecomunicaciones barata y de calidad, a una amplia gama de servicios”. Además de que “cada ciudadano debe contar con las cualificaciones necesarias para vivir y trabajar en esta nueva sociedad de la información”.

En respuesta a este acuerdo, nosotros en calidad de Profesionales en las Telecomunicaciones, debemos brindar el acceso a las tecnologías de la información a los pobladores de las áreas rurales, debido a que las Telecomunicaciones hoy en día han asumido un papel primordial en la promoción de un desarrollo económicamente sostenible y en la reducción de la pobreza.

El aporte del presente proyecto de Tesis a la Ingeniería es la propuesta del uso de una Plataforma de Telecomunicaciones que brinde conectividad a una determinada población de la serranía Peruana (Apurímac), con los servicios de Voz y Datos. Tras un estudio concienzudo de las posibles soluciones tecnológicas existentes en el mundo de las “TIC’s”. Podemos inferir que la solución más viable para la aplicación de dicha Plataforma de Telecomunicaciones fue evaluada, analizada, valorada y ponderada en el ámbito tecnológico, regulatorio y económico en cada una de las soluciones siendo la solución N ° 2 la más idónea para el escenario elegido.

El mayor beneficio de aplicar esta Plataforma de Telecomunicaciones está en el ámbito socio-cultural, ya que de esta manera las áreas rurales comúnmente apartadas podrán integrarse al desarrollo de la sociedad actual.⁴

³ [Fecha de acceso: 02 de junio del 2014]. URL disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/999/1/cajahuarina_ca.pdf.

⁴ [Fecha de acceso: 02 de junio del 2014]. URL disponible en: http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/59/1/munoz_vh.pdf.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Red inalámbrica

El término red inalámbrica es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física y que se da por medio de ondas electromagnéticas.

2.2.1.1. Clasificación

Dentro de las redes inalámbricas se puede dividir en dos amplias categorías de redes inalámbricas como:

- ✓ **De larga distancia.-** Estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos mejor conocido como redes de área metropolitana; sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 Kbps a diferencia de WIMAX que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros
- ✓ **De corta distancia.-** Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 Kbps hasta los 2 Mbps, teniendo entre estas las WLAN.

Una WLAN es una red que cubre un área equivalente a la red de área local de una empresa. Existen varios tipos de tecnologías, pero la más popular la tecnología WIFI o IEEE 802.11 ofrece una velocidad máxima de 54 Mbps en una distancia de varios cientos de metros.

2.2.1.2. Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

✓ **802.11**

Especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales infrarrojas. El estándar original también define el protocolo CSMA/CA como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas.

✓ **802.11a**

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras OFDM con una velocidad máxima de 54 Mbps, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso, el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias.

Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

✓ **802.11b**

802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido

en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz, debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP. 802.11b es usualmente usada en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP.

✓ **802.11g**

Este utiliza la banda de 2.4 GHz pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, o cerca de 24.7 Mbps de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

✓ 802.11n

En enero de 2004, la IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo

802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 la velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b.

802.11n se construye basándose en las versiones previas del estándar

802.11 añadiendo MIMO. MIMO utiliza múltiples transmisores y antenas receptoras permitiendo incrementar el tráfico de datos.

En el siguiente cuadro se muestra una comparación entre los diferentes protocolos de WLAN.

Tabla N° 2.1: Protocolos IEEE 802.11

Protocolo	Frecuencia de operación	Velocidad de Tx (Mbps)	Velocidad máxima de Tx (Mbps)
802.11	2.4 – 2.5 GHz	1	2
802.11a	5.15 – 5.8 GHz	25	54
802.11b	2.4 – 2.5 GHz	65	11
802.11g	2.4 – 2.5 GHz	25	54
802.11n	2.4 o 5 GHz	200	540

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.3. Modos de operación

El estándar 802.11 ofrece dos posibles modos de operación de las redes wireless:

a) Modo ad-hoc o independiente

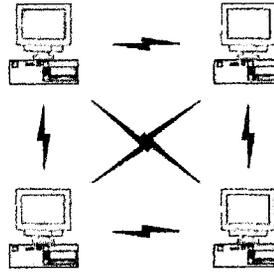


Figura N° 2.1: Modo ad-hoc

Es el modo de operación más simple de una red inalámbrica, actuando como una red punto a punto entre un conjunto de equipos con adaptadores wireless, no existen puntos de acceso ni ningún tipo de equipo que dé soporte a la red en sí.

En este modo de operación, la información viaja directamente entre el emisor y receptor sin pasar por ningún otro equipo.

Este es el modo más fácil, rápido y barato de establecer una red inalámbrica, pero presenta la enorme desventaja de que los equipos deben estar dentro del área de cobertura de los demás para comunicarse con ellos, por lo que sólo es aconsejable para redes con pocos equipos y próximos entre sí.

b) Modo infraestructura

En este modo, cada cliente wireless envía su información a un punto de acceso, que la hace llegar al destino adecuado.

La presencia de los AP eleva el coste de inversión necesario para instalar una red wireless, pero ofrece numerosos beneficios gracias a sus capacidades.

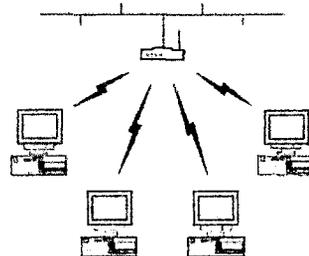


Figura N° 2.2: Modo infraestructura

Los puntos de acceso permiten aumentar la cobertura de la red wireless, dado que los equipos clientes se comunican con él y no directamente entre sí, y por su condición de equipos fijos ubicados en zonas estratégicas y con antenas de más calidad, ofrecen una mayor cobertura y mejor fiabilidad del enlace. Además, existe la posibilidad de instalar varios puntos de acceso que actúen como repetidores para cubrir áreas mayores permitiendo el roaming de usuarios entre ellos.

Los puntos de acceso actúan normalmente como bridge entre la red cableada y la red inalámbrica, lo que permite el acceso de los clientes wireless a los servicios de la red, aunque también pueden ofrecer servicios más avanzados, como servidores DHCP, así como la posibilidad del empleo de herramientas de seguridad y control de acceso a la red wireless.

Entre las ventajas y desventajas podemos destacar:

Tabla N° 2.2: Ventajas y desventajas del modo infraestructura

Ventajas	Desventajas
Movilidad	Menor ancho de banda
Desplazamiento	Seguridad
Flexibilidad	Interferencias
Costo	Incertidumbre tecnológica
Escalabilidad	

Fuente: Elaboración propia

Debido a que estas redes están propensas a interferencias, los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que permita a cada una categoría de uso.

2.2.1.4. Tipo de redes

a) Punto a punto

Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos, en contraposición a las

redes multipunto, en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos.

Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar. Su eficiencia decrece rápidamente a medida que la cantidad de dispositivos en la red aumenta.

Los enlaces que interconectan los nodos de una red punto a punto se pueden clasificar en tres tipos según el sentido de las comunicaciones que transportan:

- **Simplex.** La transacción sólo se efectúa en un solo sentido.
- **Half-dúplex.** La transacción se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa, es decir solo uno puede transmitir en un momento dado, no pudiendo transmitir los dos al mismo tiempo.
- **Full-dúplex.-** La transacción se puede llevar a cabo en ambos sentidos simultáneamente.

b) Multipunto

Se denominan redes multipunto a aquellas en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos. En una red multipunto solo existe una línea de comunicación cuyo uso esta compartido por todas las terminales en la red. La información fluye de forma bidireccional y es discernible para todas las terminales de la red. En este tipo de redes las terminales compiten por el uso del medio de forma que el primero que lo encuentra disponible lo acapara, aunque también puede negociar su uso está más sencilla: esta permite la unión de varios terminales a su computadora compartiendo la única línea de transmisión, la ventaja consiste en el abaratamiento de su costo aunque pierde velocidad y seguridad

- **Árbol**

Esta estructura se utiliza en aplicaciones de televisión por cable, sobre la cual podrían basarse las futuras estructuras de redes que alcancen los hogares. También se ha utilizado en aplicaciones de redes locales analógicas de banda ancha.

- **Malla**

Esta involucra o se efectúa a través de redes WAN, una red malla contiene múltiples caminos, si un camino falla o está congestionado el tráfico, un paquete puede utilizar un camino diferente hacia el destino. Los routers se utilizan para interconectar las redes separadas.

- **Interconexión total**

La solución de redes permite a cada lugar individual encaminar datos en forma directa a un sitio anfitrión (host) secundario o cualquier otro lugar de la red del cliente, en lugar de transmitir por medio de la casa matriz como redes de arquitectura de interconexión radial.

2.2.2. Propagación de ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación en el espacio libre.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como por ejemplo el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas.

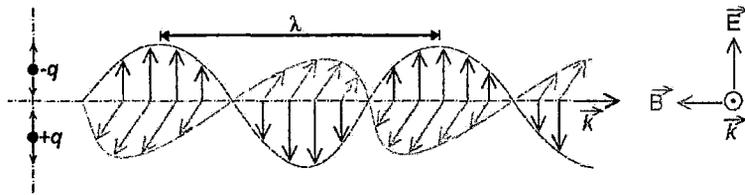


Figura N° 2.3: Propagación de ondas electromagnéticas

2.2.2.1. Absorción

Es la captación de luz, calor u otro tipo de energía radiante por parte de las moléculas. La radiación absorbida se convierte en calor; la radiación que no se absorbe es reflejada, y sus características cambian.

Las ondas de radio, de cualquier clase, son atenuadas o debilitadas mediante la transferencia de energía al medio en el cual viajan cuando éste no es el vacío. En general, se encuentran una fuerte absorción en materiales conductores, sobre todo en metales.

En redes inalámbricas al trabajar en frecuencias del rango de las microondas el mayor problema en absorción es el agua en todas sus formas (lluvia, neblina y la contenida en el cuerpo humano), por lo general se encuentra absorción intermedia en rocas, ladrillos y concreto dependiendo de la composición de los materiales, así como en árboles madera y otros materiales, que absorben energía fundamentalmente determinado por la concentración de agua.

2.2.2.2. Atenuación

La energía de una señal decae con la distancia como se lo puede apreciar en la Figura 2.4. La atenuación es la pérdida de la potencia de una señal. Por ello para que la señal llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores. La atenuación se incrementa con la frecuencia, con la temperatura y con el tiempo.

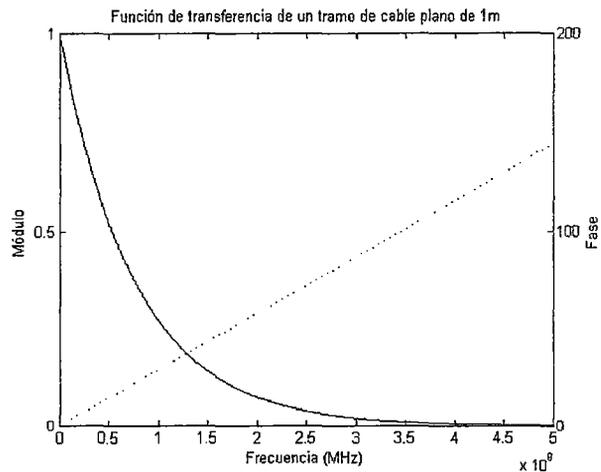


Figura N° 2.4: Atenuación

La atenuación, es expresada en decibelios por la fórmula siguiente:

$$\alpha = 10 * \log \frac{P_1}{P_2}$$

Dónde:

α = Atenuación

P_1 = Potencia de Salida

P_2 = Potencia de Entrada

2.2.2.3. Reflexión

La reflexión es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.

Para la radiofrecuencia, la reflexión ocurre principalmente en el metal, pero también en superficies de agua y otros materiales con propiedades iguales. Los accidentes geográficos, naturales o artificiales tales como cabos, islas, entradas estrechas a bahías, o fenómenos marinos son los obstáculos más comunes que pueden oponerse o interponerse al oleaje, produciendo los fenómenos de reflexión.

Se puede decir que estos son las leyes de la reflexión regular.

- El rayo incidente, el rayo reflejado y la recta normal, deben estar en el mismo plano con respecto a la superficie de reflexión en el punto de incidencia.
- El ángulo formado entre el rayo incidente y la recta normal es igual al ángulo que existe entre el rayo reflejado y la recta normal.

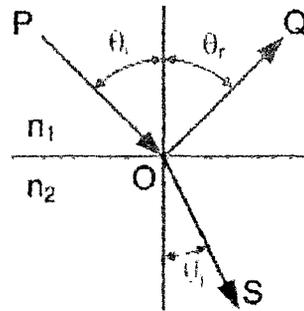


Figura N° 2.5: Reflexión de ondas electromagnéticas

2.2.2.4. Difracción

En física, la difracción es un fenómeno característico de las ondas, éste se basa en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rendija.

La interferencia se produce cuando la longitud de onda es mayor que las dimensiones del objeto, por tanto, los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables a medida que el tamaño del objeto aumenta comparado con la longitud de onda.

La difracción es un fenómeno basado en el hecho de que las ondas no se propagan en una sola dirección. Ocurre cuando las ondas se encuentran un obstáculo en su trayectoria. Para redes inalámbricas debido a que la longitud de onda es pequeña se requiere una línea de vista entre transmisor y receptor.

2.2.2.5. Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y

si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

Cuando un rayo se refracta al pasar de un medio a otro, el ángulo de refracción con el que entra es igual al ángulo en que sale al volver a pasar de ese medio al medio inicial.

2.2.2.6. Interferencia

Las ondas siguen el denominado principio de superposición, que afirma que cuando dos ondas se encuentran en el espacio se combinan en ese punto de encuentro, siguiendo posteriormente cada una de ellas su camino anterior sin producirse ninguna variación ni en su amplitud ni en su frecuencia ni en su fase.

Se ha visto que, si dos ondas coinciden en el espacio, su interacción permanece mientras dura esa coincidencia. Por tanto, si tiene dos ondas superpuestas y viajando en la misma dirección, su interacción será permanente, produciendo lo que se denomina interferencia, y la onda resultante será de la suma de las dos ondas iniciales como se ve en la Figura 2.6.

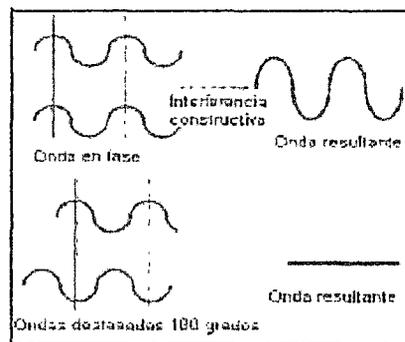


Figura N° 2.6: Interferencia

Si las ondas tienen la misma frecuencia, y están en fase, se dice que su interferencia es constructiva, dando lugar a una onda resultante de la misma frecuencia cuya amplitud es mayor que las amplitudes de las ondas originales. Si las ondas están desfasadas 180 grados, se dice que su interferencia es destructiva, ya que si sus amplitudes son iguales, la amplitud de la onda resultante es cero.

La interferencia tiene un papel importante en la difracción de las ondas.

2.2.3. Antenas

Se define antena como el dispositivo, generalmente metálico, capaz de irradiar y recibir ondas de radio o como la parte del sistema transmisor o receptor específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas. En otras palabras, la antena es un elemento de transición entre un dispositivo de guía de ondas y el espacio libre, en el caso del sistema transmisor o viceversa en el caso del sistema receptor.

Un principio fundamental de las antenas, llamada reciprocidad, denota que toda antena es un dispositivo recíproco porque las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, eficiencia, entre otras.

2.2.3.1. Diagrama de radiación o patrón de radiación

El patrón de radiación de una antena es una representación gráfica de la ganancia de la antena en función del ángulo. Precisamente hablando, esto es un modelo de dos dimensiones, una función tanto de la dirección y los ángulos de elevación y azimut. El lóbulo principal de la antena es donde la ganancia máxima se produce.

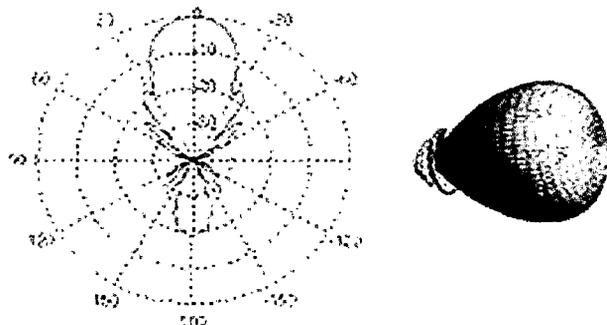


Figura N° 2.7: Diagrama de radiación

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

- a) **Dirección de apuntamiento.**- Es la de máxima radiación. Directividad y Ganancia.

- b) **Lóbulo principal.**- Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.
- c) **Lóbulos secundarios.**- Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- d) **Ancho de haz.**- Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.

2.2.3.2. Ancho de banda

Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros.

2.2.3.3. Directividad

La Directividad (D) de una antena se define como la relación entre la intensidad de radiación de una antena en la dirección del máximo y la intensidad de radiación de una antena isotrópica que radia con la misma potencia total.

La Directividad no tiene unidades y se suele expresar en unidades logarítmicas (dBi) como:

2.2.3.4. Ganancia

Se define como la ganancia de potencia en la dirección de máxima radiación. La Ganancia (G) se produce por el efecto de la directividad al concentrarse la potencia en las zonas indicadas en el diagrama de radiación.

La unidad de Ganancia (G) de una antena es el dBd o dBi, dependiendo si esta se define respecto a un dipolo de media onda o a la isotrópica.

2.2.3.5. Impedancia de entrada

Es la impedancia de la antena en sus terminales. Es la relación entre la tensión y la corriente de entrada.

La impedancia es un número complejo. La parte real de la impedancia se denomina Resistencia de Antena y la parte imaginaria es la Reactancia. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su reactancia de entrada.

2.2.3.6. Polarización

Las antenas crean campos electromagnéticos radiados. Se define la polarización electromagnética en una determinada dirección, como la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica.

2.2.3.7. Tipos de antenas

a) **Dipolos.-** Un dipolo es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia. Estas antenas son las más simples desde el punto de vista teórico.

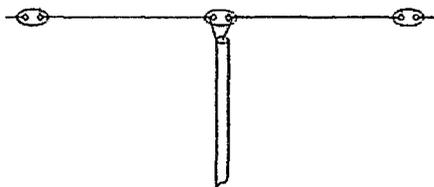


Figura N° 2.8: Antena dipolo

b) **Antenas omnidireccionales:** Se les llama también antenas de fuste vertical. Se utilizan principalmente para emitir la señal en todas las direcciones. En realidad la señal que emite en esa forma de óvalo, y sólo emite en plano.

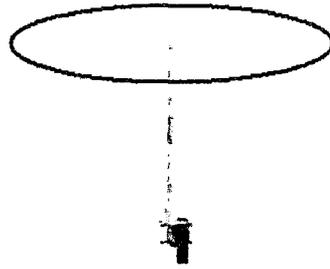


Figura N° 2.9: Antena omnidireccional

Se suelen colocar en espacios abiertos para emisión todas las direcciones. También se usan en espacios cerrados. En caso de colocarlas en el exterior es conveniente colocarle un filtro de saltos de tensión, para evitar problemas con tormentas eléctricas. Son baratas, fáciles de instalar y duraderas. Su ganancia está en torno a los 15 dBi.

- c) **Antena tipo panel:** Al igual que las antenas omnidireccionales, su uso es para conexiones punto a multipunto. Estas sin embargo solo emiten en una dirección. Su radio de cobertura está entre los 60 y los 180 grados.

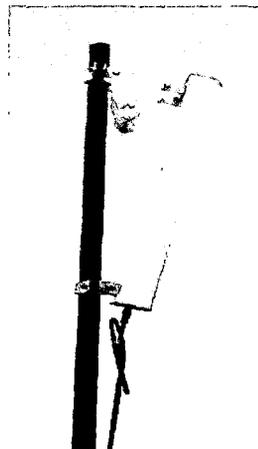


Figura N° 2.10: Antena panel

La ganancia de estas antenas es mejor que las omnidireccionales aproximadamente 22 dBi, y permiten orientarlas hacia la dirección que más interesa.

d) **Antena de grilla o semi parabólicas:** Las antenas semi parabólicas reflectoras de rejilla se han diseñado para operaciones de largo alcance y se pueden configurar para la polarización vertical u horizontal. Estas antenas han sido construidas con material de alta calidad y pueden adquirir alcanzar distancias de hasta varios kilómetros. Cuando el enlace inalámbrico se realiza entre edificios debe existir línea de vista entre los puntos y se hace preciso utilizar antenas direccionales y protectores contra rayos. Son muy utilizadas en enlaces inalámbricos de datos a frecuencias de 900 MHz, 2.4 GHz, y 5.8 GHz.

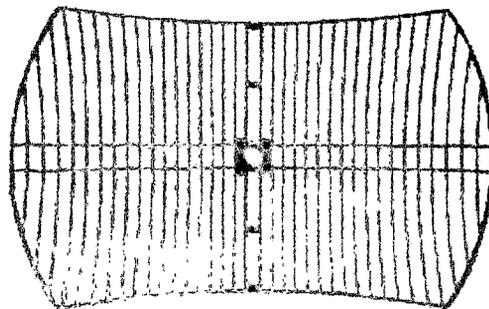


Figura N° 2.11: Antena de grilla

2.2.4. Radioenlaces

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas.

Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz

Los radios enlaces, 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.

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. 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.

2.2.4.1. Presupuesto de enlaces

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor, a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

- **Elementos del presupuesto de enlace**

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

- ✓ El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
- ✓ Pérdidas en la propagación.
- ✓ El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes en el camino de las tres partes principales.

Presupuesto de enlace= Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].

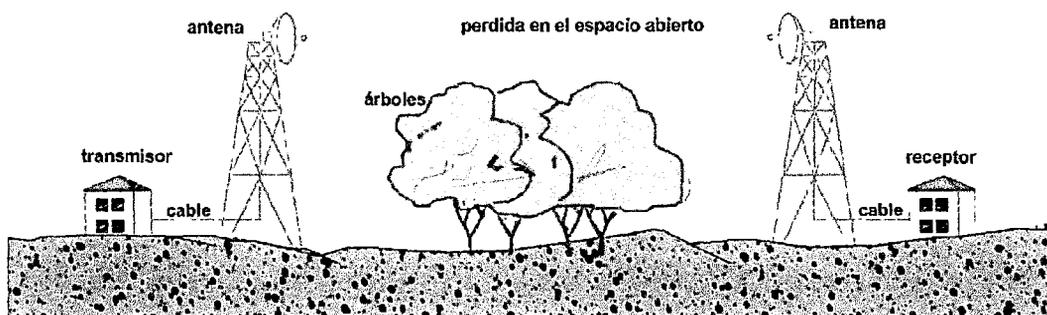


Figura N° 2.12: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

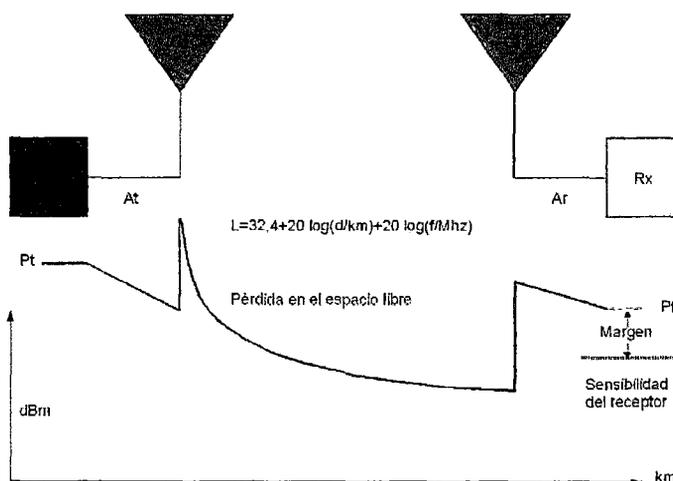


Figura N° 2.13: Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace

- El lado de transmisión

- ✓ Potencia de transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm o 30 – 400 mW.

Tabla N° 2.3: Potencia de transmisión de los estándares IEEE 802.11 a/b

Protocolo	Potencia pico [dBm]	Potencia pico [mW]
IEEE 802.11a	18	65
IEEE 802.11b	20	100

Fuente: Elaboración propia

✓ **Pérdida en el cable**

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, se recomienda mantener el cable de la antena lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia, por eso al calcular la pérdida en el cable, se debe asegurar de usar los valores correctos para el rango de frecuencias usadas.

✓ **Pérdidas en los conectores**

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de Pérdidas en los cables pero para estar seguro, siempre

considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo.

✓ **Amplificadores**

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia, lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

✓ **Ganancia de antena**

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación debido a pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes, entre otros. Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

- **Pérdidas de propagación**

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

- ✓ **Pérdidas en el espacio libre (FSL)**

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. La pérdida en el espacio libre, mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo, la señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

d = distancia [Km]

f = frecuencia [GHz]

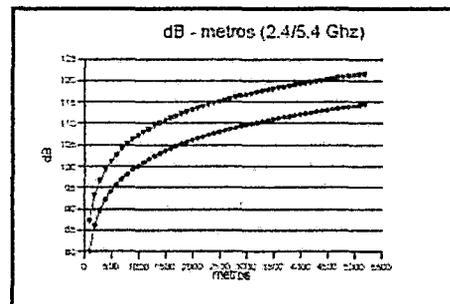


Figura N° 2.14: Distancia (m) vs. pérdida (dB)

El gráfico muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz y 5.4 GHz, se puede ver que después de 1,5km. Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señales reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2 km

tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

Tabla N° 2.4: Pérdidas en el espacio libre

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Fuente: Elaboración propia

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, Hay que tomar en cuenta que las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas.

✓ **Zona de Fresnel**

La zona de Fresnel, es el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor. Basados en esto, podemos calcular cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo en esta zona para contener las pérdidas.

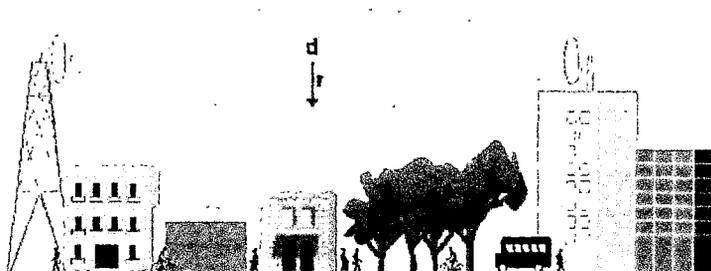


Figura N° 2.15: Zona de Fresnel

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también

para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{d * f}}$$

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

Si el obstáculo está situado en el medio (d1 = d2), la fórmula se simplifica:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

Tabla N° 2.5: Radio (m) para la primera zona de Fresnel

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz	Curvatura terrestre
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

Fuente: Elaboración propia

- **Lado receptor**

Los cálculos son casi idénticos que los del lado transmisor.

- ✓ **Ganancia de antena desde el receptor**

Mismo procedimiento visto desde el receptor.

- ✓ **Amplificadores desde el receptor**

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario.

✓ **Sensibilidad del receptor**

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bits. Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

✓ **Margen y relación S/N**

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido tan altos como -92 dBm. En esos escenarios, se requiere un margen mayor:

$$\text{Relación } S/N [\text{dB}] = 10 \log \frac{(\text{Potencia de la señal } [W])}{\text{Potencia del ruido } [W]}$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm.

2.2.5. Tecnología MIKROTIK

Mikrotik Ltd., conocida internacionalmente como Mikrotik, es una compañía letona vendedora de equipo informático y de redes. Vende principalmente productos de comunicación inalámbrica como routerboards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.

2.2.5.1. Software routerOS

El principal producto de Mikrotik es el sistema operativo conocido como Mikrotik RouterOS basado en Linux. Permite a los usuarios convertir un ordenador personal PC en un router, lo que permite funciones como firewall, VPN Server y Cliente, Gestor de ancho de banda, QoS, punto de acceso inalámbrico y otras características comúnmente utilizado para el enrutamiento y la conexión de redes.

El sistema operativo es licenciada en la escalada de niveles

Aunque RouterOS se puede probar gratis, el software viene con algunas limitaciones. Puede adquirir un nivel 3, 4, 5 y 6. El nivel 1 es la licencia de demostración. La diferencia entre los niveles de licencia se muestra en la Tabla N° 2.6.

Tabla N° 2.6: Diferencias de licencias de RouterOS

Número de nivel	1	3 (WISP)	4 (WISP)	5 (WISP)	6 (Contralor)
Precio	registrarse	volumen sólo	\$ 45	\$ 95	\$ 250
Para actualizable	sin mejoras	ROS V6.x	ROS V6.x	ROS v7.x	ROS v7.x
Inicial de configuración de Apoyo	-	-	15 días	30 días	30 días
Punto de acceso inalámbrico	-	-	sí	sí	sí
Cliente inalámbrico y el puente	-	sí	sí	sí	sí
RIP, OSPF, BGP	-	sí (*)	sí	sí	sí
PPPoE túneles	1	200	200	500	ilimitado
Túneles PPTP	1	200	200	500	ilimitado
Interfaces VLAN	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
HotSpot usuarios activos	1	1	200	500	ilimitado
RADIUS cliente	-	sí	sí	sí	sí
Colas	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Web proxy	-	sí	sí	sí	sí
Interfaces síncronos	-	-	sí	sí	sí
Sesiones de usuario administrador de activos	1	10	20	50	Unlimited

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.2. Hardware RouterBOARD

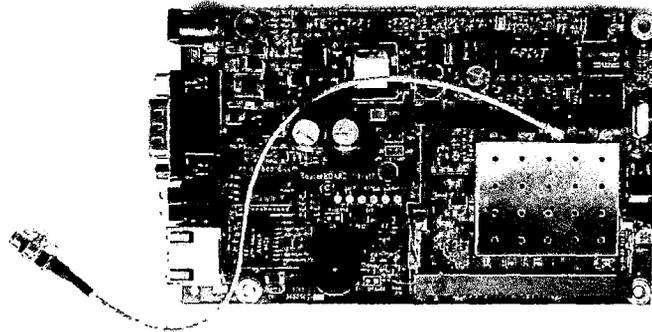


Figura N° 2.16: RouterOS

Es la división de hardware de la marca Mikrotik caracterizado por su Sistema Operativo RouterOS por ser muy potente y fácil de configurar. Estos dispositivos tienen la ventaja de tener una relación beneficio/costo muy alto.

Los modelos generalmente empiezan con la letra RBXXX indicando la plataforma que usa. Se dividen en routers de media/baja gama, routers de alta gama, Interfaces y adaptadores, La venta de RouterOS, combinado con su línea de productos hardware conocida como Mikrotik RouterBOARD, está enfocada a los pequeños y medianos proveedores de acceso a Internet, que normalmente proporcionan acceso de banda ancha inalámbrica en áreas remotas.

Tabla N° 2.7: Características de RouterBOARD

Modelo	Crossroads	RB450	RB411/A/AH	RB493/AH
CPU	MIPS32 4KEc basado 184MHz	Atheros AR7130	AtherosAR7130/ AR7130/AR7161	Atheros AR7130/AR7161
RAM	32 MB	32 MB	32/64/64 MB	64 MB/128 MB
Puertos Ethernet	1 x 10/100	5 x 10/100	1 x 10/100	9 x 10/100

Modelo	Crossroads	RB450	RB411/A/AH	RB493/AH
Expansión	Onboard 802.11b/g wireless	Ninguna	1 miniPCI	3 miniPCI
Almacenamiento	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
PoE	si	Si	Si	Si
Software	RouterOS Level4	RouterOS Level4	RouterOS L3/L4/L4	RouterOS L4/L5

Fuente: Elaboración propia

Con los equipos Mikrotik es posible obtener un gran ancho de banda, el equipamiento ofrece diversas características incluyendo firewalls, NAT, VPN, gestión de ancho de banda, QoS además de soportar ruteo estático y una variedad de protocolos dinámicos como RIP v1 y v2, OSPF v2, BGP v4.en Ipv4 y RIPng, OSPFv3, BGP en Ipv6

2.2.5.3. Características sobresalientes

a) Firewall

El Firewall implementa el filtro de paquetes, a su vez provee funciones de seguridad robusta, utilizadas para manejar el flujo de datos hacia, desde y a través del enrutador. En conjunto con NAT "Network Address Translation" sirve para prevenir acceso no autorizado a redes directamente adjuntas y en el mismo enrutador como un filtro para el tráfico saliente.

b) QoS

El control de ancho de banda es un conjunto de mecanismos para controlar la repartición de tasa de datos, variabilidad de retraso, tiempo de entrega y confiabilidad de entrega. La calidad de servicio (QoS) significa que el enrutador puede priorizar y modelar el tráfico de la red. Algunas características del mecanismo de control de tráfico están listadas a continuación:

- Límite de tasa de datos para ciertas direcciones IP, subredes, protocolos, puertos.
- Límite del tráfico punto a punto "Peer to Peer".
- Prioriza algunos flujos de paquetes sobre otros especificados.
- Utiliza la ráfaga de cola "queuing" para una búsqueda por Web más rápida.
- Comparte el tráfico disponible entre usuarios por igual, o dependiendo de la carga del canal.

c) Software especializado

- **Winbox:** Existe un software llamado Winbox que ofrece una sofisticada interfaz gráfica para el sistema operativo RouterOS. El software también permite conexiones a través de FTP y Telnet, SSH y acceso shell. También hay una API que permite crear aplicaciones personalizadas para la gestión y supervisión.
- **Radio Mobile:** Radio Mobile es un programa de simulación de radio enlaces gratuito que nos sirve para operar dentro del rango de 20 MHz a 20 GHz, basado en el modelo de propagación ITS (Irregular Terrain Model). El programa permite dibujar la elevación en los mapas usando los datos SRTM descargados desde Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission, con la posibilidad de agregar los mapas de rutas y autopistas simultáneamente a los relieves del contorno, obviamente junto a las curvas de nivel.
El rendimiento de cada unidad transmisora o receptora puede ser especificada detallando la potencia, sensibilidad, parámetros de la antena, etc. los enlaces entre las unidades también pueden ser analizados. El

patrón de cobertura puede analizarse individualmente para cada unidad en caso de ser necesario.

No es necesario especificar la característica básica que debe poseer un software para simulación de este estilo, y que por supuesto Radio Mobile posee, a saber: radio de fresnel, curvatura terrestre, horizonte visual, características troposféricas.

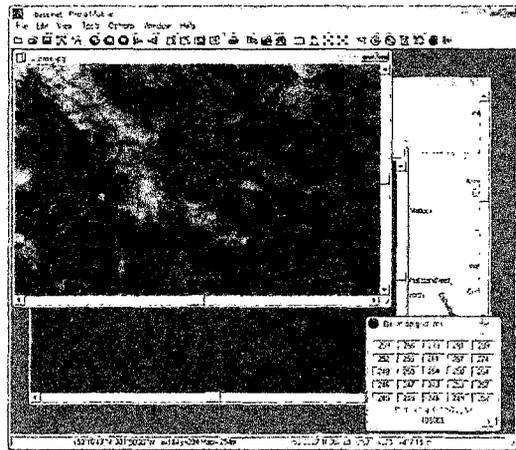


Figura N° 2.17: Software radio mobile

Resumiendo, Radio Mobile es un excelente software de simulación de radio enlaces que debería ser instalado por los estudiantes de Ingeniería Electrónica para corroborar sus cálculos y mediciones hechos en papel.

- **JPERF:** Jperf es una herramienta de prueba de red de uso general que puede crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de una red.

Jperf permite al usuario configurar los distintos parámetros que pueden ser utilizados para realizar pruebas en una red, alternativamente, para optimizar el ajuste o una red. Jperf tiene un cliente y servidor de la funcionalidad, y se puede medir el rendimiento entre los dos extremos, ya sea unidireccional o bidireccionalmente.

Se trata de software de código abierto y funciona en varias plataformas, incluyendo Linux, Unix y Windows. Es apoyada por el Laboratorio Nacional de la Red de Investigación Aplicada.

Jperf es significativo, ya que es una herramienta multiplataforma que puede ejecutarse en cualquier red y las medidas de salida estándar de rendimiento. Por lo tanto, puede ser utilizado para la comparación de equipos de redes cableadas e inalámbricas y tecnologías de una manera imparcial.

- **EDRAW:** Edraw Max es un software de diagrama de todo en uno que hace que sea sencillo para crear diagramas de flujo de aspecto profesional, organigramas, diagramas de red, presentaciones de negocios, planes de construcción, diagramas de ingeniería eléctrica, mapas direccionales, diagramas de bases de datos y mucho más, con más de 4600 símbolos vectoriales incluidos, y una extensa biblioteca de pre-dibujadas ilustraciones, si está familiarizado con el entorno de Microsoft Office, que va a retomar Edraw Max. El uso de plantillas, formas y herramientas de dibujo, es posible construir intuitivamente gráficos y diagramas que transmiten la información con más eficacia que nunca. Usando una técnica de diseño de arrastrar y soltar, junto con la alineación automática y su elección de colores, fuentes y estilos, la construcción de los diagramas en Edraw Max es rápida y fácil.

2.2.6. Internet y Banda Ancha

Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación y computadores, los cuales se encuentran interconectados entre sí mediante un mismo protocolo de comunicación (IP, de la arquitectura TCP/IP), formando

una red internacional de alcance mundial públicamente accesible, a través de la cual se proporcionan servicios de información y comunicación de diversa índole, como son los servicios de contenido, el correo electrónico, la voz sobre IP, las redes sociales, entre otros.

En los inicios del Internet, una de las tecnologías de transmisión de datos predominante fue X.25, cuya velocidad oscilaba entre 1200 bps y 56 Kbps. En el transcurso del tiempo, estas tecnologías fueron evolucionando, siendo que a la fecha, las velocidades que se observan en el núcleo de las redes de los ISP están en el orden de los Gbps.

Con respecto al uso del Internet, dados los altos costos de los enlaces de comunicaciones, su uso inicialmente estaba restringido a redes gubernamentales, académicas, de investigación y del sector empresarial. Es posible señalar que uno de los pilares para la masificación del acceso a Internet, fue la utilización de la tecnología "Dial-Up", la cual permite que a través del uso de modems, los computadores puedan efectuar llamadas telefónicas (utilizando las redes y servicios de telefonía fija) y establecer comunicaciones de datos, siendo que de esta forma es posible conectarse a Internet a bajas velocidades (la máxima velocidad que se puede alcanzar es de 56 Kbps).

A las tecnologías de acceso, con velocidades comparables al "Dial-Up" también se les denomina de Banda Angosta. Posteriormente, se desarrollaron nuevas tecnologías de acceso denominadas de Banda Ancha, las cuales permiten mayores velocidades de transmisión de datos, sin necesidad de utilizar el servicio de telefonía fija.

Las empresas de telecomunicaciones que prestan el servicio de acceso a Internet, son denominadas Proveedores de Servicios de Internet o ISP (por sus siglas en Inglés, Internet Service Providers). Con la finalidad de brindar el acceso a Internet, los ISPs necesitan desplegar sus redes de telecomunicaciones hasta lograr conectividad con los equipos terminales de los usuarios (computadoras personales, portátiles, teléfonos, etc.), para lo cual se diseñan las redes con diversas topologías y tecnologías.

Las conexiones de Banda Ancha, permiten acceder a conocimientos, comunicaciones y servicios de diversa índole como educación, salud, trabajo, entre otros, por lo cual incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país. En esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.⁵

2.2.7. Definiciones de Banda Ancha

La banda ancha puede ser entendida como una conexión a Internet en forma permanente, permitiendo al usuario estar siempre "en línea", a velocidades que le permite obtener y proporcionar información multimedia interactivamente y acceder a diversas aplicaciones y servicios.

En el país no se ha definido expresamente el concepto de banda ancha; sin embargo para las estadísticas con que se cuenta a la fecha, se han considerado como accesos de banda ancha, aquellas conexiones cuyas velocidades de transmisión de datos son superiores a las velocidades que alcanzan las comunicaciones vía dial-up, tanto de forma alámbrica como inalámbrica.

A nivel internacional, no existe consenso en una definición exacta sobre Banda Ancha, así, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se ha referido a este concepto desde diversas perspectivas, conforme se observa a continuación:

- "(...) el término banda ancha no se ha definido con claridad. (...) Si bien ha habido muchos intentos de asociar el término a una velocidad o a un conjunto de servicios en particular, la banda ancha es en realidad un concepto cambiante".
- "(...) se considerará como Banda Ancha aquellos, accesos inalámbricos o no, que en sentido descendente (es decir hacia el cliente) provean velocidades permanentes de datos iguales o mayores a 256 Kbps sin límite de tiempo ni volumen de información transmitida".

⁵ [Fecha de acceso: 5 de junio del 2014]. URL disponible en: https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/Plan%20Banda%20Ancha%20vf.pdf

- “(...) Más allá de estos límites precisos de la velocidad de transmisión de datos, una manera más útil de definir la banda ancha tal vez sea la de examinar qué se puede hacer con esta”.
- “Puesto que las tecnologías de banda ancha cambian continuamente, su definición va evolucionando a la par. Hoy en día el término banda ancha normalmente describe a las conexiones Internet recientes que funcionan entre 5 y 2 000 veces más rápido que las anteriores tecnologías de marcación por Internet. Sin embargo, el término banda ancha no se refiere a una velocidad determinada ni a un servicio específico. El concepto de banda ancha combina la capacidad de conexión (anchura de banda) y la velocidad”.
- “banda ancha: Califica a un servicio o sistema que requiere de canales de transmisión capaces de soportar velocidades superiores a la velocidad primaria”.⁶
- Para efectos de la Ley, entiéndese por Banda Ancha a la conectividad de transmisión de datos principalmente a Internet, en forma permanente y de alta velocidad, que le permite al usuario estar siempre en línea, a velocidades apropiadas para la obtención y emisión interactiva de información multimedia, y para el acceso y utilización adecuada de diversos servicios y aplicaciones de voz, datos y contenidos audiovisuales.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones determina y actualiza periódicamente la velocidad mínima para que una conexión sea considerada como acceso a Internet de Banda Ancha, que será aplicable con independencia de la ubicación geográfica de los usuarios.

La revisión de la velocidad mínima para el acceso a Internet de Banda Ancha se realizará cada dos (2) años; sin perjuicio de lo cual, atendiendo a la evolución tecnológica y de mercado, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones podrá efectuar la actualización en períodos menores al antes indicado.

⁶ [Fecha de acceso: 5 de junio del 2014]. URL disponible en: https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/Plan%20Banda%20Ancha%20vf.pdf

El OSIPTEL determinará y actualizará periódicamente indicadores de calidad que permitan a los Usuarios conocer, evaluar y comparar las condiciones bajo las que se presta el servicio de acceso a internet de Banda Ancha Fija, alámbrica e inalámbrica, y Banda Ancha Móvil.

Asimismo, en el marco de sus competencias, el OSIPTEL podrá establecer en base a dichos indicadores, requisitos mínimos de calidad de obligatorio cumplimiento para los Operadores de Telecomunicaciones y Proveedores de Acceso a Internet.

La presente regulación sobre indicadores de calidad en Banda Ancha, no enerva las atribuciones que ya detenta el referido organismo regulador en materia de calidad del servicio de acceso a Internet.

El OSIPTEL implementará herramientas de medición de velocidad tanto para accesos alámbricos como inalámbricos, compatibles con los equipos terminales fijos y móviles existentes en el mercado, que permitan a cada usuario evaluar bajo parámetros uniformes y de forma inmediata la velocidad efectiva de subida y de bajada de su conexión, y acumular un registro histórico de sus mediciones, entre otras características que defina el OSIPTEL.

Asimismo, el OSIPTEL podrá definir mecanismos para realizar mediciones que puedan ser utilizadas por los usuarios como sustento para eventuales procesos de reclamos en materia de calidad del servicio en función a la disponibilidad de herramientas idóneas para dichos fines.⁷

2.2.8. Redes de Telecomunicaciones de Banda Ancha

Técnicamente es posible dar servicio de Banda Ancha a través de múltiples tecnologías o plataformas. Existen dos grandes categorías, las tecnologías alámbricas —donde existe una conexión física a través de algún tipo de cable desde las instalaciones del operador hasta el inmueble del cliente— y las inalámbricas —donde el acceso al equipo o equipos del cliente se realiza por

⁷ Decreto Supremo N° 014-2013-MTC. Reglamento de la Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica.

medio de ondas electromagnéticas que se propagan usando el espectro radioeléctrico y no implican una conexión física entre el proveedor y el cliente. Entre las tecnologías alámbricas están el Cable-Modem que opera a través del cable de televisión pagada, DSL que opera a través del par de cobre de la telefonía fija, Red Eléctrica (PLC) que opera a través de la red eléctrica y la Fibra óptica (FTTH) que requiere la instalación especial de este cable. Con excepción de esta última tecnología, las otras tres utilizan la red de algún otro servicio (televisión pagada, telefonía fija o suministro eléctrico), requiriendo de inversiones adicionales en equipamientos y/o mejoramiento de redes para otorgar también el servicio de Banda Ancha. En cuanto a las tecnologías inalámbricas existen las que dan acceso vía satélite, los sistemas inalámbricos fijos (WLL y WiMax) y los servicios móviles (2,5G y 3G).

El DSL y el Cable-Modem son las plataformas de mayor penetración, ocupando en conjunto entre el 83% y el 100% del mercado de Banda Ancha. Dentro del resto de las tecnologías, las más relevantes son las de Fibra óptica (FTTH), WLL y Satélite.

El desarrollo desigual entre las tecnologías se explica por diversas razones. En primer lugar, la Banda Ancha por Cable-Modem y DSL se masifican debido a que se ofrecen a través de la infraestructura ya desplegada de los productos básicos de cada red; la televisión pagada y la telefonía fija. En segundo lugar, desde el punto de vista de los costos, las tecnologías alámbricas pueden explotar mejor las economías de densidad respecto a las inalámbricas, siendo estas últimas más competitivas en zonas rurales o de baja densidad habitacional (por ejemplo el Satélite). La evolución más temprana del Cable y DSL asimismo ha permitido que el costo de sus equipamientos específicos de transmisión sea menor al del resto de las tecnologías.

Finalmente existen diferencias desde el punto de vista de la calidad del servicio. Actualmente, las tecnologías inalámbricas no son capaces de replicar las velocidades máximas ofrecidas por las alámbricas. Estas últimas también presentan mayor fidelidad en la transmisión de señales dado que están menos sujetas a interferencias del medio. Algunas de las inalámbricas (4G) poseen la

ventaja de la movilidad y son un factor de diferenciación respecto a las alámbricas.

En definitiva, el grado desigual de evolución y competitividad de las tecnologías implica que actualmente no todas ellas son comercialmente competitivas con las tecnologías mayoritarias (Cable y DSL) en todos los segmentos del mercado donde estas últimas dan servicio. Sin embargo, la tecnología WiMax tendría, según algunos analistas e inversionistas, el potencial de transformarse en una tercera plataforma competitiva para proveer Banda Ancha.⁸

La estructura actual de las redes de telecomunicaciones de Banda Ancha para el acceso a Internet, está conformada en términos generales por los elementos que se observan en la Figura N° 2.18.

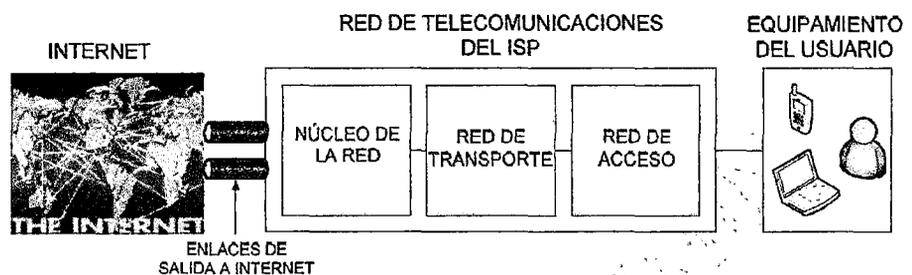


Figura N° 2.18: Estructura de las Redes de Banda Ancha para el Acceso a Internet

Así, estas redes para brindar acceso a Internet a los usuarios, requieren contar con una serie de elementos, entre ellos:

a) Enlaces de Salida a Internet

Son enlaces de comunicaciones de alta velocidad que permiten interconectar la red de telecomunicaciones del ISP con Internet. En términos generales, existen dos tipos de enlaces:

a.1) Enlaces Internacionales

Dichos enlaces unen los países y continentes a través de cables submarinos de fibra óptica.

⁸ [Fecha de acceso: 5 de junio del 2014]. URL disponible en: <http://www.econ.uchile.cl/uploads/publicacion/d5a78bdd-3e1f-4f03-b167-f613876a3f33.pdf>

a.2) Enlaces Locales

Son enlaces de comunicaciones con los puntos de intercambio de tráfico local, también conocidos como puntos de acceso a la red o NAP, por sus siglas en inglés (Network Access Points). Usualmente dichos enlaces son de fibra óptica.

b) Red de telecomunicaciones del ISP

Tiene los siguientes componentes:

b.1) Núcleo de la Red

Está compuesto principalmente por redes y equipos de conmutación de paquetes de alta capacidad y velocidad, que permiten concentrar el tráfico de todos los usuarios de la red y encaminar los datos desde y hacia Internet, a través de los enlaces internacionales.

b.2) Red de Transporte

Consiste en la infraestructura, medios de transmisión y equipos necesarios para transportar las señales de telecomunicaciones. Esta red está constituida por enlaces que unen distintas zonas de una misma ciudad, así como las diversas regiones y provincias del país, y utiliza principalmente tres clases de medios de transporte: fibra óptica, enlaces microondas y enlaces satelitales (ver Tabla N° 2.8).

Tabla N° 2.8: Medios de Transporte – Banda Ancha

Tipo de Medio	Medio de Transporte	Velocidad	Infraestructura necesaria
Alámbrico	Fibra óptica	Alta	Ductos subterráneos, postes, torres eléctricas.
Inalámbrico	Enlaces terrestres	Media	Torres de telecomunicaciones y antenas.
	Enlaces satelitales	Baja	Mínima. Únicamente obras civiles para instalar el Hub satelital

Fuente: Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú

b.3) Red de Acceso

Consiste en la infraestructura, equipos de telecomunicaciones y medios de acceso necesarios para conectar los terminales de los usuarios con la red. Esta red tiene un alcance corto, de pocos kilómetros, generalmente dentro de un distrito, y utiliza principalmente alguna de las siguientes tecnologías: ADSL, DOCSIS, Wimax, UMTS, HSPA, VSAT y líneas dedicadas Tabla N° 2.9.

Tabla N° 2.9: Tecnologías Utilizadas – Banda Ancha

Tipo de Medio	Medio de Acceso	Tecnología más usada	Velocidades típicas en el Perú	Infraestructura necesaria
Alámbrico	Fibra óptica	Líneas dedicadas	1 Gbps	Ductos subterráneos, postes.
	Cable de cobre (par de cobre, cable coaxial, otros)	ADSL, DOCSIS (Cable Módem), Líneas dedicadas	5 Mbps	Ductos subterráneos, postes.
Inalámbrico	Redes terrestres	Líneas dedicadas, WiMax, UMTS, HSPA.	2 Mbps	Torres de telecomunicaciones y antenas
	Redes satelitales	VSAT	512 Kbps	No requiere

Fuente: Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú

Cabe señalar, que actualmente las tecnologías ofrecidas por las empresas operadoras en el país para prestar el servicio de acceso a Internet móvil de banda ancha, son las tecnologías de acceso inalámbricas UMTS y HSPA. También las tecnologías GPRS y EDGE pueden brindar acceso a Internet móvil, aunque con velocidades bastante inferiores.

2.2.9. Tecnologías que permiten brindar acceso a Internet de Banda Ancha

a) Tecnologías alámbricas

- **Tecnología DSL (Digital Subscriber Line-Línea Digital de Abonado)**

Es una familia de tecnologías (siendo ADSL la de mayor implementación) que permite brindar acceso a banda ancha sobre la red de acceso de telefonía convencional (PSTN). Para ello, en el par de cobre, los datos se transmiten en un rango de frecuencia más alto que el utilizado para la voz, evitando la interferencia mutua. La implementación de la tecnología DSL requiere colocar un modem DSL en el hogar del cliente y un equipo (denominado DSLAM) en la central del operador. Una de las principales consideraciones en el despliegue de esta tecnología es la longitud del bucle de abonado, ya que el ancho de banda brindado varía inversamente proporcional a esta longitud. Del mismo modo, las velocidades alcanzadas varían con el tipo de tecnología DSL, por ejemplo ADSL2+ permite ofrecer tasas de hasta 24Mbps sobre distancias menores a 1.2 Km.

- **Tecnología DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)**

La tecnología DOCSIS permite brindar acceso de banda ancha utilizando las redes de cable, las cuales fueron diseñadas originalmente para soportar solamente la transmisión de señales de televisión por radiodifusión. La arquitectura de las redes DOCSIS es conocida como HFC y se soporta en un anillo metropolitano de fibra óptica en el núcleo, y una red de acceso que utiliza fibra entre los nodos de distribución y los nodos ópticos, y entre estos y el tendido de cable coaxial en el tramo hasta el hogar del abonado. En su última versión (DOCSIS 3.0) esta tecnología permite alcanzar velocidades mayores a 160 y 120Mbps, para la bajada y subida respectivamente.

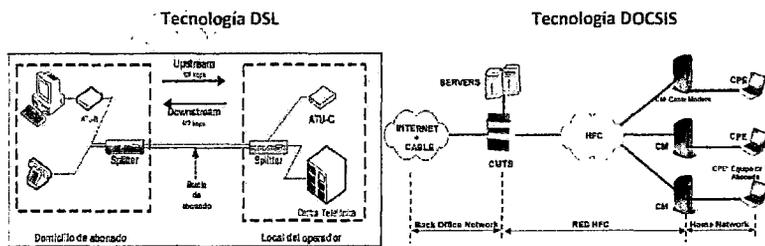


Figura N° 2.19: Tecnologías DSL y DOCSIS

- **Tecnología FTTH (Fiber To The Home)**

FTTH es una arquitectura donde el camino de la comunicación es provisto por fibra óptica, es decir el camino desde el equipo de conmutación del operador hasta el domicilio del abonado.

Al utilizar fibra óptica en la última milla, FTTH brinda grandes capacidades de ancho de banda, sin embargo requiere de mayor inversión en infraestructura, lo cual limita mayormente su despliegue en mercados emergentes. Existen dos tipos de tecnología FTTH: PON (Passive Optical Network) y EPTP (Ethernet Point to Point).

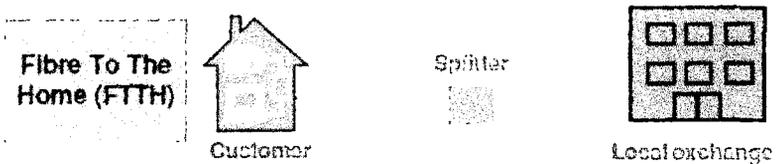


Figura N° 2.20: Arquitectura simplificada de FTTH

b) Tecnologías inalámbricas

- **Tecnología WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)**

Tecnología de banda ancha inalámbrica normada por el estándar IEEE802.16. Actualmente, en el mercado existen dos versiones; WiMAX Fijo (IEEE802.16d) y WiMAX Móvil (IEEE802.16e); sin embargo se espera próximamente la comercialización de la versión 4G de WiMAX (IEEE802.16m). La arquitectura de esta tecnología es similar al de la telefonía móvil, es decir requiere centrales de conmutación, estaciones base y terminales de usuario móvil y fijo.

En la versión fija se logran picos de velocidad de descarga de hasta 6.55Mbps, mientras que en la versión móvil estos picos llegan hasta

46Mbps; por otro lado, la versión 802.16m pretende alcanzar picos de 100Mbps. WiMAX soporta frecuencias en el rango de 2 a 11GHz, sin embargo los principales despliegues de esta tecnología han sido en las bandas de 3.5 y 5.8 GHz para la versión fija, y en las bandas 2.3, 2.5 y 3.5 GHz para la versión móvil.

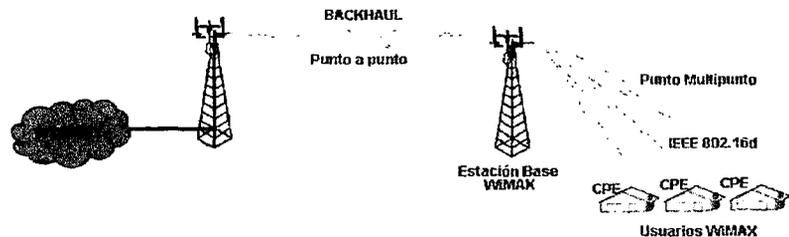


Figura N° 2.21: Topología simplificada de WiMAX

- **Tecnología UMTS/HSPA/LTE**

Se tratan de las tecnologías móviles 3G (UMTS/HSPA) y 4G (LTE) las cuales posibilitan brindar el acceso a banda ancha a través de las redes móviles. Estas tecnologías poseen una gran acogida a nivel mundial, teniendo a septiembre de 2009 4 billones de suscriptores móviles a nivel mundial, de los cuales el 80.11% hace uso de la tecnología GSM (2G) y el 9.35% del total accede mediante tecnología UMTS-HSPA (3G), y cada vez son más los usuarios que utilizan estos servicios de tercera generación.

Los actuales despliegues de HSDPA especifican un pico de descarga teórico de 14.4 Mbps por sector de estación base. La versión 4G de este estándar, denominada LTE, especifica velocidades de 100 Mbps en ambientes de alta movilidad y hasta 1Gbps en baja movilidad.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Una red de telecomunicación inalámbrica provee servicio de internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.

2.3.2. Hipótesis específicos

- a) La tecnología 802.11n provee Internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba a una velocidad mayor a 256 kbps.
- b) Mediante los equipos Ubíquití se provee internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba con un nivel de ganancia mayor a 90 dBm.

2.4. Variables de Estudio

Variables	Operacionalización de las Variables	Indicadores	Unidades
<u>Independiente</u> a) Red de Telecomunicaciones=RT	Conexión de nodos sin necesidad de una conexión física.	a) Torres b) Antenas c) Access Point	a) Se mide en und b) Se mide en und c) Se mide en und
<u>Dependientes</u> a) Internet de Banda Ancha=IBA	Conexión cuya velocidad de transmisión de datos son superiores a las velocidades que alcanzan las comunicaciones vía dial-up (mayor a 56 kbps), tanto de forma alámbrica como inalámbrica.	a) Velocidad de Transmisión	a) Se mide en kbps.

3.5. Diseño de Investigación[2]

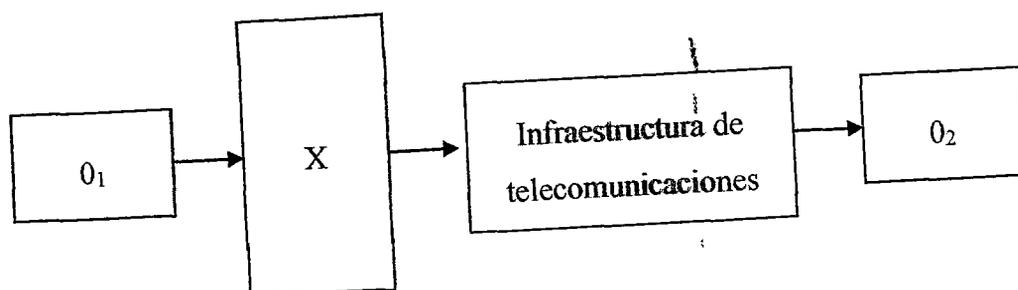


Figura N° 3.1: Diseño de investigación

Es cuasi experimental, en la figura N° 3.1 X representa la microrred de Colcabamba donde se va implementar la infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica, O1 es la observación que se hace a la velocidad de conexión antes de implementarse la red y O2 es la observación de velocidad de bajada cuando se implementa la red de telecomunicaciones, la I.E. N° 31256, se elige esta institución debido a que se ha prestado las facilidades del caso para poder realizar la investigación.

3.6. Población, Muestra, Muestreo

3.6.1. Población

Tabla N° 3.1: Instituciones Educativas de Nivel Primario del Distrito de Colcabamba

N°	Institución Educativa	Centro Poblado	N° de alumnos nómina de matrícula 2019	Altitud	Latitud	Longitud
01	30062	Taracay	26	2709	-12.3515	-74.7125
02	30132	Vista Alegre	59	3833	-12.3808	-74.7375
03	30176	Chauquimarca	51	3247	-12.3863	-74.6983
04	30341	Collpacucho	21	2637	-12.4169	-74.6507
05	30408	M. de Mallma	24	2779	-12.5066	-74.7051
06	30943	Colcabamba	254	3006	-12.4109	-74.6809
07	30944	Colcabamba	226	3006	-12.4109	-74.6809
08	30945	Tocas	269	3032	-12.4434	-74.654
09	30946	Carpapata	82	3833	-12.3949	-74.7522
10	30947	Independencia	113	3331	-12.4226	-74.6944
11	31027	Quintao	96	3246	-12.2619	-74.6727
12	31028	Tocllacuri	65	3549	-12.3451	-74.7951
13	31030	Andaymarca	121	2926	-12.3155	-74.6354
14	31031	Arhuayacu	78	3057	-12.3784	-74.7199
15	31032	Huaranhuay	88	2437	-12.3573	-74.5816
16	31033	Yanacocho	26	3634	-12.3041	-74.5817

N°	Institución Educativa	Centro Poblado	N° de alumnos nómina de matrícula 2013	Altitud	Latitud	Longitud
17	31034	Rundovilca	41	3263	-12.3249	-74.7814
18	31035	Matachocco	34	3755	-12.3623	-74.7804
19	31036	Occoro	56	2742	-12.3492	-74.7298
20	31037	San Cristobal	49	3278	-12.4222	-74.6842
21	31038	Llocce	40	2966	-12.3286	-74.6955
22	31050	S.L. de Estanque	57	3086	-12.3168	-74.7779
23	31201	Quichuas	188	2753	-12.4728	-74.7673
24	31202	Suylocc	75	2976	-12.2879	-74.6505
25	31203	Poccyacc	85	3496	-12.4721	-74.6501
26	31234	Ranra	101	3496	-12.3474	-74.7396
27	31239	Huayllhuaypata	46	3403	-12.4685	-74.7505
28	31276	S.J. de Chuspi	73	3743	-12.4822	-74.6176
29	31277	Union Ccano	38	3666	-12.3595	-74.7978
30	31279	Colca	127	3563	-12.5221	-74.6718
31	31281	San José	110	3585	-12.4756	-74.7108
32	31296	Pilcos	56	2498	-12.3981	-74.6564
33	31315	S.R. de Mallma	110	3377	-12.4931	-74.6891
34	31329	S.C. Rayan	54	3278	-12.4222	-74.6842
35	31330	V. de Accoyanca	106	3591	-12.4589	-74.7616
36	31367	Mutuypata	54	3803	-12.4656	-74.7275
37	31379	S.M. Putaca	23	3841	-12.4489	-74.6831
38	31380	San V. de Yanayacu	80	3588	-12.3711	-74.7636
39	31448	La Florida	140	3637	-12.4778	-74.6968
40	31473	Talhuis	60	3890	-12.4992	-74.6625
41	31480	Ninabamba	61	2911	-12.4305	-74.6505
42	36431	Chachas	86	3439	-12.4273	-74.6196
43	36448	Buenos Aires	28	3638	-12.4281	-74.7727
44	36492	Pichiu	98	2056	-12.3406	-74.6309
45	36531	Los Nogales	48	2805	-12.3986	-74.6829
46	36559	Salviapampa	20	3312	-12.307	-74.6278
47	36748	Sachamarca	32	3510	-12.364	-74.737
48	36765	Miraflores	22	4154	-12.4388	-74.7084
49	36784	Palca Grande	26	2825	-12.3193	-74.6084

Fuente: Elaboración propia.

Está constituido por las 49 instituciones educativas de nivel primario de gestión pública como se muestra en la Tabla N° 3.1.

3.6.2. Muestra [3]

Lo constituyen 43 instituciones educativas de nivel primario del distrito de Colcabamba, y se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P^2 * N}{e^2(N-1) + Z^2 * P^2}$$

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población (49).

Z = Nivel de confianza o coeficiente de confianza (1,96).

E = Error de la muestra o error permitido (0,05).

P= Proporción de unidades que poseen el atributo de interés en la población.

Se conoce de antecedentes de estudios similares o de lo contrario de un estudio piloto (P=0.5).

Tabla N° 3.2: Muestra los valores que toma Z y E.

Los valores Z más utilizados y sus niveles de confianza son:							
Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%
Error (E)	25%	20%	15%	10%	5%	4,5%	1%

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Muestreo

El muestreo será aleatorio simple porque las Instituciones Educativas serán seleccionados de tal manera que cada uno tenga igual probabilidad de ser seleccionada de la población. Específicamente el muestreo aleatorio es sistemático porque las muestras las vamos a tomar de una manera directa y ordenada

3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de datos

- Análisis documental de libros y artículos científicos sobre temas relacionados con redes de telecomunicación inalámbrico con servicio de internet de banda ancha.
- Entrevistas a los directores de las Instituciones Educativas de nivel primario del distrito de Colcabamba.

3.8. Procedimiento de recolección de datos

3.8.1. Fase de Pre-campo

Elaboración de formatos para registro de velocidad de acceso en subida y bajada.

3.8.2. Fase de campo

Observación y registro de velocidad de acceso a Internet.

3.8.3. Fase de Gabinete

Procesamiento de la información de campo, análisis de la información y presentación de resultados.

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para procesar los datos del trabajo de investigación haremos uso de las herramientas tales como; Word, Excel, Visual Basic, EVIEW, SPSS, que permitirá elaborar cuadros estadísticos, regresiones, para probar la hipótesis se hará uso de la prueba t-Student.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

La investigación inicia el 12 de setiembre del 2014 con la toma de datos de las velocidades de subida y bajada utilizando el software Nettraffic, y, finaliza el 10 de julio de 2015. Cabe mencionar que la instalación de los equipos para la lectura de datos se hizo en la I.E. N° 31296, cuyos datos se muestran a continuación:

Ítem	Descripción
Nombre IE	31296
Nivel	Primaria
Dirección	Plaza principal s/n
Centro Poblado	Pilcos
Distrito	Colcabamba
Provincia	Tayacaja
Región	Huancavelica
Ubigeo	090705
Área	Rural
Teléfono	
E-mail	
Web	
Facebook	
Categoría	Escolarizado

Profesores	Polidocente multigrado
Género	Mixto
Turno	Continuo sólo en la mañana
Tipo	Pública de gestión directa
Promotor	Pública - Sector Educación
Ugel	UGEL Tayacaja
Lengua Madre	Quechua
Estado	Activo
Número de Alumnos	56
Número de Docentes	5
Número de Secciones	6
Número de computadoras	10

Debido a que contamos con 49 instituciones educativas de nivel primario en la microrred de educación del distrito de Colcabamba y debido a que presupuestalmente es imposible cubrir las 43 instituciones educativas que pide la fórmula del número de muestras para la prueba de hipótesis, en la parte de recomendaciones se sugiere que se continúe implementando con el resto de las instituciones educativas para probar la hipótesis planteada, los datos obtenidos en el mes de setiembre del año 2014 sirven como datos de pre test, mientras los resultados obtenidos el 10 de julio de 2015, vienen a constituir los datos del pos test; lógicamente que es posterior a la implementación del Sistema de comunicación.

El sistema de comunicación se ha implementado en la primera semana del mes de julio del año 2015, con la finalidad de aumentar la velocidad de conexión y superar la mínima requerida por la UIT que es de 256 kbps para ser considerada una conexión de banda ancha.

4.2. Prueba de hipótesis

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

a) Planteamiento de Hipótesis:

Hipótesis General Nula:

H_0 : Una red de telecomunicación inalámbrica no provee servicio de Internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.

Hipótesis General Alterna:

H_1 : Una red de telecomunicación inalámbrica provee servicio de Internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.

Hipótesis Específicas Nulas:

$H_{0(a)}$: La tecnología 802.11n no provee internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba a una velocidad mayor a 256 kbps.

$H_{0(b)}$: Mediante los equipos Ubiquiti no se provee internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba con un nivel de ganancia mayor a 90 dBm.

Hipótesis Específicas Alternas:

$H_{1(a)}$: La tecnología 802.11n provee Internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba a una velocidad mayor a 256 kbps.

$H_{1(b)}$: Mediante los equipos Ubiquiti se provee Internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba con un nivel de ganancia mayor a 90 dBm.

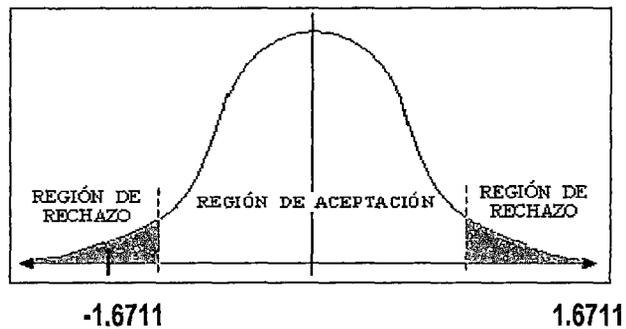
b) Nivel de significancia o riesgo:

$$\alpha=0,05$$

$$gl = n-1; gl = 60-1; gl=59$$

En la tabla de distribución t-Student no podemos encontrar el valor crítico para un valor de probabilidad de 0.95 y 59 grados de libertad por lo que hacemos uso de Excel para obtener este valor a partir de la fórmula $INV.T(0.95,59)$ obtenemos entonces el valor crítico de 1.67109303.

Valor crítico = 1.67109303



Aceptar H_0 si $-1.6711 < t_c < 1.6711$

Rechazar H_0 si $t_c \leq -1.6711$ o $1.6711 \leq t_c$

Figura N° 4.1: Prueba de t-Student

c) Cálculo del estadístico de prueba:

Prueba de la Hipótesis Específica Nula $H_{0(a)}$

Utilizando el software Microsoft Excel realizamos la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, cuyos resultados se muestran a continuación.

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 09:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	29.1085333	258.948663
Varianza	905.179237	6006.56753
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	76	
Estadístico t	-21.414482	
P(T<=t) una cola	3.1469E-34	
Valor crítico de t (una cola)	1.66515135	
P(T<=t) dos colas	6.2939E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	1.99167261	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 10:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	15.8461333	258.76064
Varianza	1065.63768	2570.46426
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	101	
Estadístico t	-31.2040562	
P(T<=t) una cola	5.7152E-54	
Valor crítico de t (una cola)	1.66008063	
P(T<=t) dos colas	1.143E-53	
Valor crítico de t (dos colas)	1.983731	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 10:30 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	1.0996	258.502715
Varianza	8.67951387	5539.39441
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-26.7681467	
P(T<=t) una cola	5.3353E-35	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	1.0671E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 11:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.5996	257.754063
Varianza	0.78474289	5091.74415
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-27.9127702	
P(T<=t) una cola	5.3891E-36	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	1.0778E-35	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 11:30 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.3796	256.216887
Varianza	0.08855957	4086.09088
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-31.0013601	
P(T<=t) una cola	1.6275E-38	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	3.255E-38	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 12:00 m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.6124	256.711333
Varianza	0.56877868	2000.27609
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-44.3482703	
P(T<=t) una cola	2.6036E-47	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	5.2073E-47	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 03:00 p.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	60.7934267	296.947355
Varianza	1936.53645	2689.54596
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	115	
Estadístico t	-26.8945398	
P(T<=t) una cola	9.891E-52	
Valor crítico de t (una cola)	1.65821183	
P(T<=t) dos colas	1.9782E-51	
Valor crítico de t (dos colas)	1.98080754	

En los siete casos se observa que el estadístico t se encuentra fuera de la región de aceptación de la hipótesis nula, por lo que aceptamos como consecuencia la hipótesis alterna.

Prueba de la Hipótesis Específica Nula $H_{0(b)}$

Se puede observar en el radio mobile que los niveles de recepción en las instituciones educativas de la microrred de educación de Colcabamba se encuentra alrededor de -78.8 dBm, por lo que de manera descriptiva se estaría rechazando la hipótesis estadística nula y se aceptaría la hipótesis estadística alternativa.

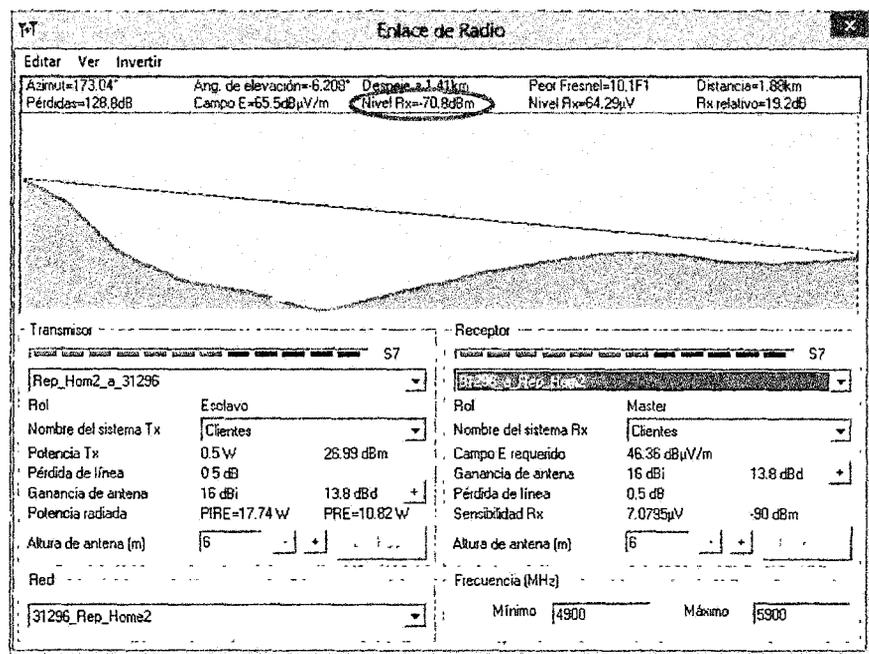


Figura N° 4.2: Nivel de recepción en radio mobile

d) Decisión Estadística:

Como se está rechazando en ambos casos las hipótesis nulas, entonces aceptamos las hipótesis alternas.

e) Conclusión Estadística:

Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que la implementación de la Red de Telecomunicación Inalámbrico provee servicio de internet de banda ancha en las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del Distrito de Colcabamba a una velocidad mayor a 256 kbps en bajada.

DISEÑO DE LA RED DE BANDA ANCHA CON SERVICIO DE INTERNET EN LA MICRO RED DE EDUCACIÓN DEL DISTRITO DE COLCABAMBA

Como primer paso necesitamos conocer el tamaño del mapa donde se va a diseñar la red de telecomunicaciones, por lo que según la tabla N° 3.1, se puede observar que uno de los puntos de referencia más alejados estará en la Institución Educativa N° 31027 de Quintao y corresponde a la coordenada -12.2619 latitud sur y -74.5816 longitud oeste. El otro punto corresponde a la Institución Educativa N° 31279 de Colca y corresponde a la coordenada -12.5221 latitud sur y -74.7978 longitud oeste, en base a estas coordenadas tomamos el punto medio ubicado en las coordenadas -12.392 latitud sur y -74.6897 longitud oeste, se puede observar que el tamaño del mapa estaría alrededor de 30 Km, en base a estos datos configuramos la ventana de propiedades del mapa.

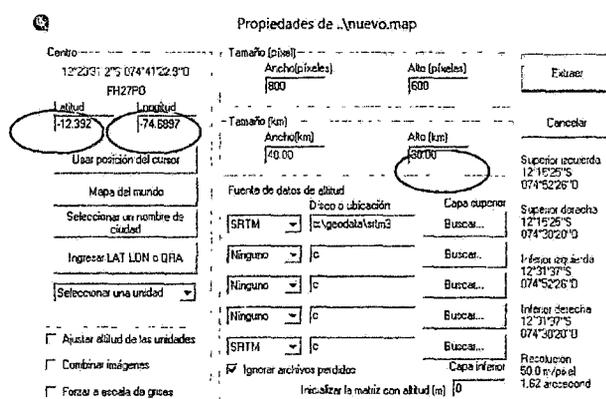
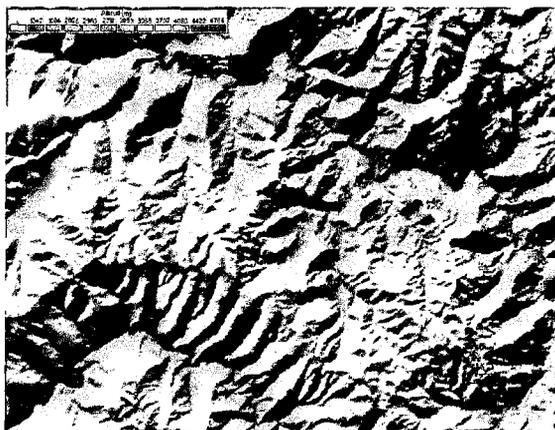


Figura N° 4.3: Configuración del tamaño de mapa

Haciendo click en extraer obtenemos como resultado el mapa que se muestra a continuación.



Seguidamente creamos la red lógica Red_Movi_Muni, con una frecuencia mínima de funcionamiento de 4900 MHz y una máxima de 5900 MHz, ya que el rango de frecuencias para esta frecuencia libre se encuentra entre 4.940 ~ 5.875 GHz, los parámetros deben configurarse para una conexión punto a punto crítico, así seleccionamos en modo estadístico difusión y en el recuadro % de tiempo 99,9, significando esto que estamos asegurando una conexión (no se puede caer), en el recuadro de porcentaje de ubicaciones 70, significando esto que como no es multipunto no queremos que llegue a muchos sitios, y, por último porcentaje de situaciones 90, significando esto las situaciones de inclemencias climatológicas, por lo que quedaría como se muestra a continuación.

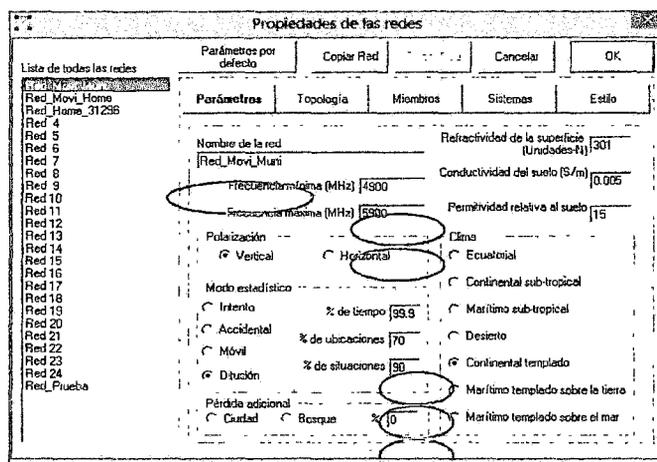


Figura N° 4.4: Configuración para una conexión punto a punto

El uso de forma legal en Perú de las frecuencias dentro de las bandas ISM, queda regulado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones plasmada en la Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC/03, que en la parte de anexos Artículo 3° sobre características técnicas de operación inciso a.1) dice "Para las bandas de 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 36 dBm (4W)". Además en esta misma resolución se muestra los parámetros máximos a tener en cuenta para la instalación de equipos.

Tabla N° 4.1: Parámetros máximos para la instalación de equipos

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de salida del transmisor			Ganancia máxima de la antena (dBi)	PIRE máxima (dBm)
	(W)	(mW)	(dBm)		
902-928	1	1000	30	6	36
2400-2483.5	0.5	500	27	9	36
5725-5850	0.25	250	24	12	36

5250-5350	0.25	250	24	6	30
5470-5725	0.125	125	21	9	30

Fuente: Elaboración propia

El artículo 10 hace referencia al ámbito rural y a lugares de preferente interés social, autorizando el uso de antenas de mayor ganancia que las previamente establecidas y por lo tanto se puede sobrepasar la PIRE de 36 dBm, siempre y cuando se obtenga previamente la autorización correspondiente por parte del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, lo que finalmente nos permite fijar el tipo de sistemas que va a tener la red lógica en este caso tenemos tres sistemas: Sistema Transmisor 1W, Repetidor_Colca y Clientes.

Par el sistema Transmisor 1 W, elegimos el tipo de antena vigilancia con una ganancia de 30 dBi porque es la que se ajusta a las características técnicas de la antena que mostramos a continuación:

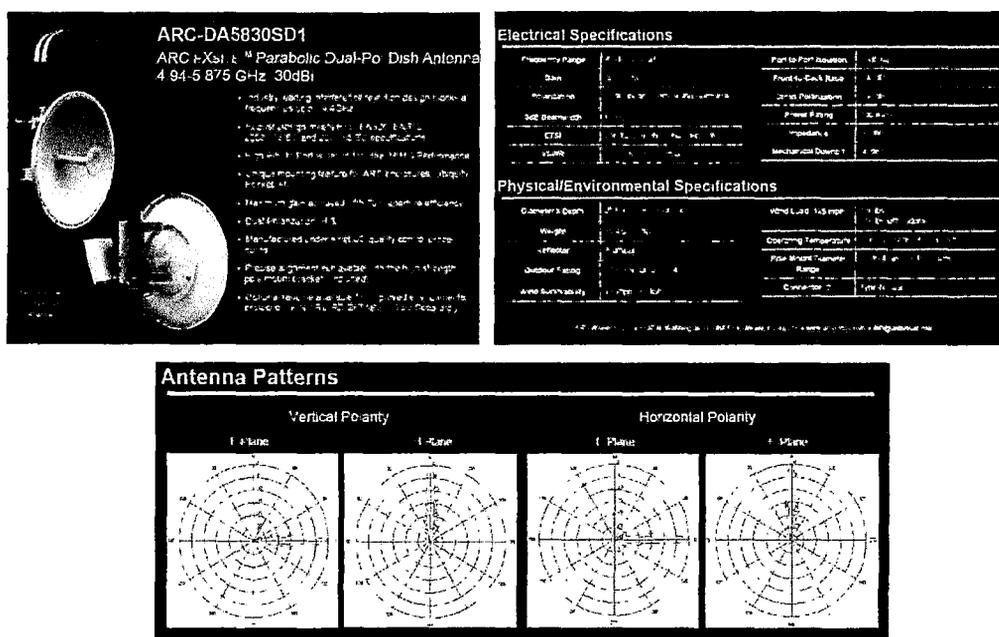


Figura N° 4.5: Sistema Transmisor 1W

Para seleccionar el tipo de antena a utilizarse en este sistema hacemos una comparación de los patrones de radiación y el que se asemeja es el de la antena vigilancia, el que se puede observar la semejanza de los patrones de radiación de ésta y la antena parabólica ARC-DA5830SD1.

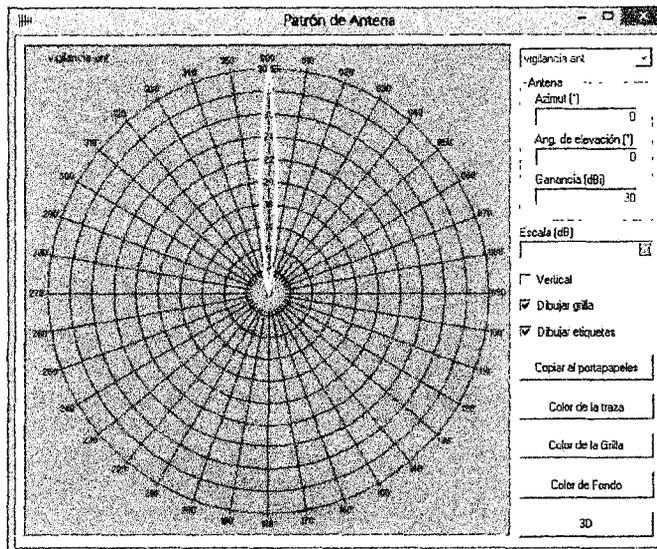


Figura N° 4.6: Patrón de radiación de la antena.

Los parámetros del sistema Tx_Muni_1W se muestran a continuación, los parámetros ingresados son en base a las características que tiene la Municipalidad Distrital de Colcabamba, como su Access Point.

Figura N° 4.7: Parámetros del sistema Tx_Muni_1W.

Para los sistemas Repeti_con_Operad, Clientes y Repeti_sin_Operad, seleccionamos los equipos que desempeñarán el rol de repetidor y clientes, tomamos como criterio de selección la distancia de puntos de obstrucción, frecuencia de trabajo la que debe permitir trabajar en banda ancha, que de acuerdo a la bibliografía revisada el estándar 803.11n se ajusta a las características solicitadas, la que trabaja en la banda de 5GHz, finalmente la fuente de alimentación también es importante por lo que de preferencia se elige un equipo que permita

trabajar con energía DC directa si es posible para casos críticos en donde no se pueda tener acceso a energía AC.

Tabla N° 4.2: Lista de equipos que desempeñaran rol de repetidor y cliente

Model	Operating Frequency	Ethernet Ports
NanoStation M2	2403-2475 MHz	2
NanoStation M5	5170-5875 MHz	2
NanoStation Loco M2	2402-2482 MHz	1
NanoStation Loco M5	5170-5875 MHz	1
NanoStation Loco M900	904-926 MHz	1

Fuente: Elaboración propia

El modelo NanoStation M5, que trabaja en el rango de frecuencias de 5170-5875 MHz con dos puertos Ethernet el mismo que se observa en la figura N° 4.8

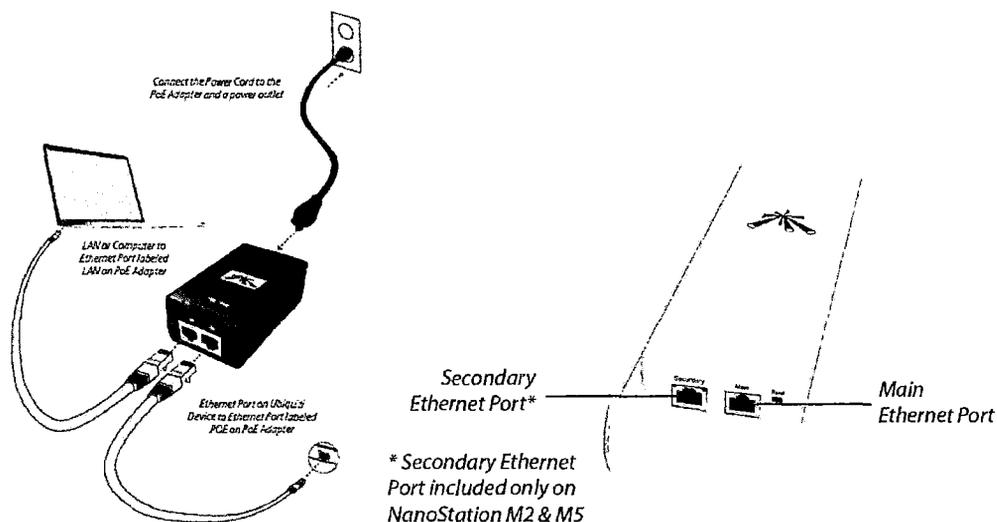


Figura N° 4.8: Modelo NanoStation M5

La estación NS-M5 tiene las siguientes características:

- Frecuencia de Operación: 4.9-5.8 GHz.
- Tasa de transferencia: 300 Mbps.
- Potencia de Transmisión: 500 mW.
- Ganancia de antena: 16 dBi Integrada.
- Alcance: Hasta 12 Km con antena integrada.
- Modos de operación: access point, station y repeater (WDS).
- Señalización propietaria: AirMAX (MIMO TDMA).

- Canal ajustable: 5 a 40 MHz.
- Seguridad: WEP, WPA, WPA2 y MAC ACL.
- Alineación de antenas: visual y audible (software).
- Temperatura: -30 a 75 °C.
- Alimentación: 24 Vcd, 0.5 A (incluye PoE convencional).

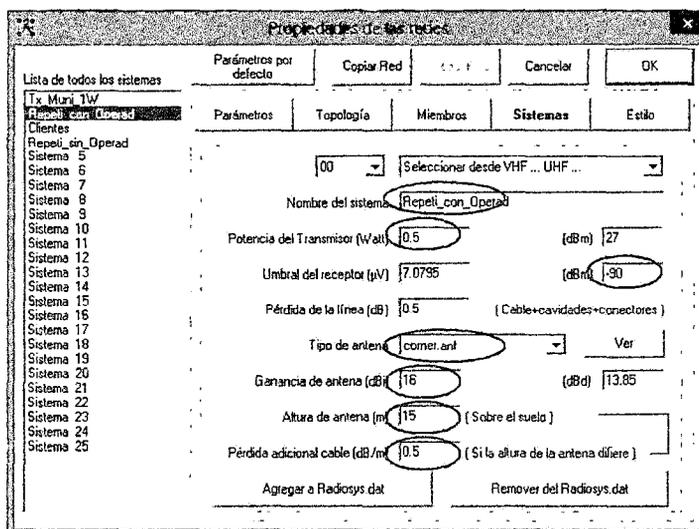


Figura N° 4.9: Configuración en el sistema Repetir_con_Operad

Para el sistema Clientes optamos por elegir los mismos equipos que se van a utilizar en el sistema Repetir_con_Operad, por lo que los parámetros quedan configurados como se muestra a continuación.

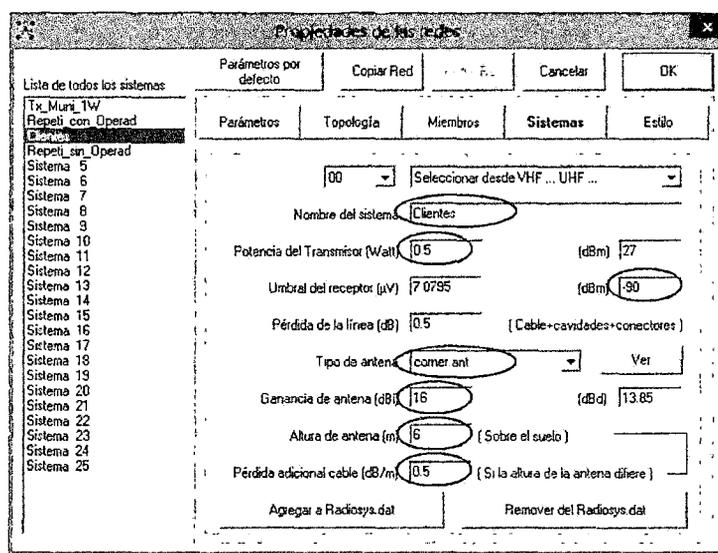


Figura N° 4.10: Configuración en el sistema Cliente

Para el sistema Repeti_sin_Operad optamos también por elegir los mismos equipos que se van a utilizar en el sistema Repetir_con_Operad, por lo que los parámetros quedan configurados como se muestra a continuación.

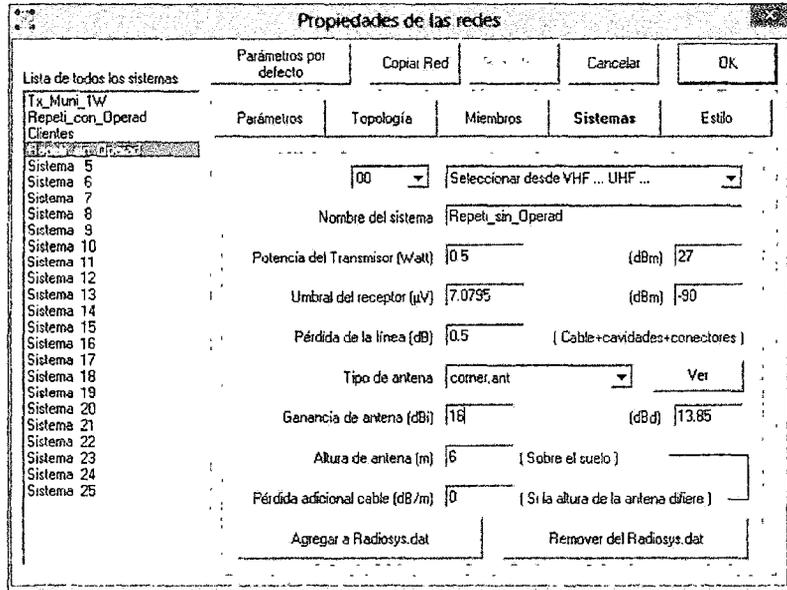


Figura N° 4.11 Configuración en el sistema Repetir_sin_Operad

A continuación ubicamos las unidades de acuerdo a la tabla N° 3.1 en el mapa.

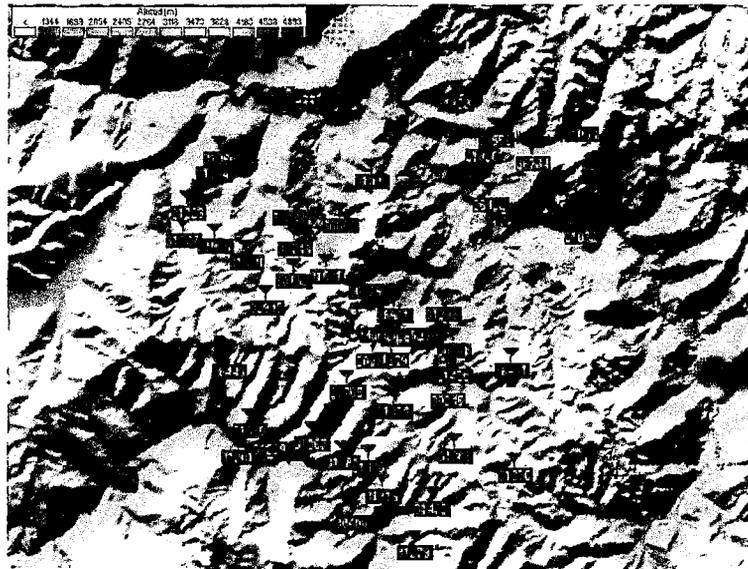


Figura N° 4.12: Ubicación de las unidades en el mapa

Diseñamos las troncales de acuerdo a la distribución de los puntos de red y la mejor opción se muestra en la figura N° 4.13 en la que se puede observar la existencia de 04 troncales a las que llamaremos troncal NE, troncal NO, troncal SE y troncal SO.

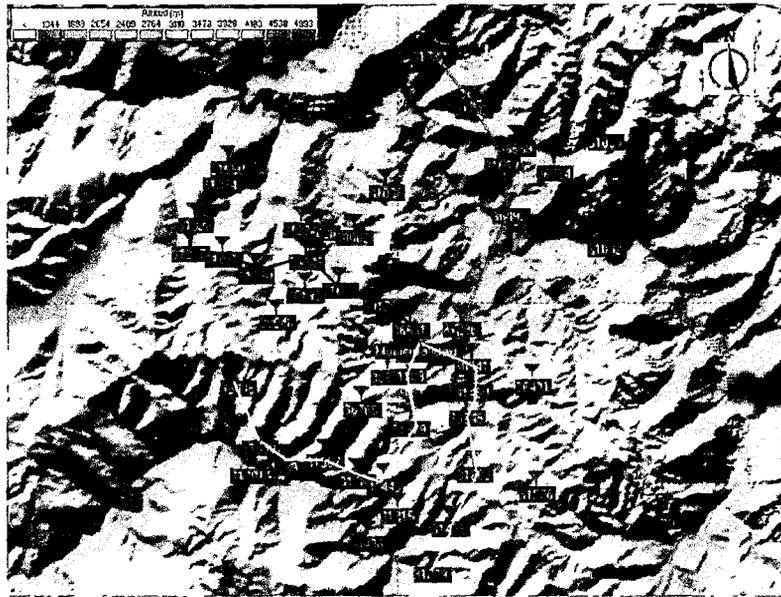


Figura N° 4.13: Diseño de las 04 troncales

Podemos observar que en la troncal NE existe la mayor distancia de separación entre los nodos 31296 y 36492, por lo que este criterio nos servirá para elegir las características de los equipos que se utilizarán en la etapa de implementación, con el software de simulación radiomobile obtenemos la distancia entre los nodos de 6.96 Km.

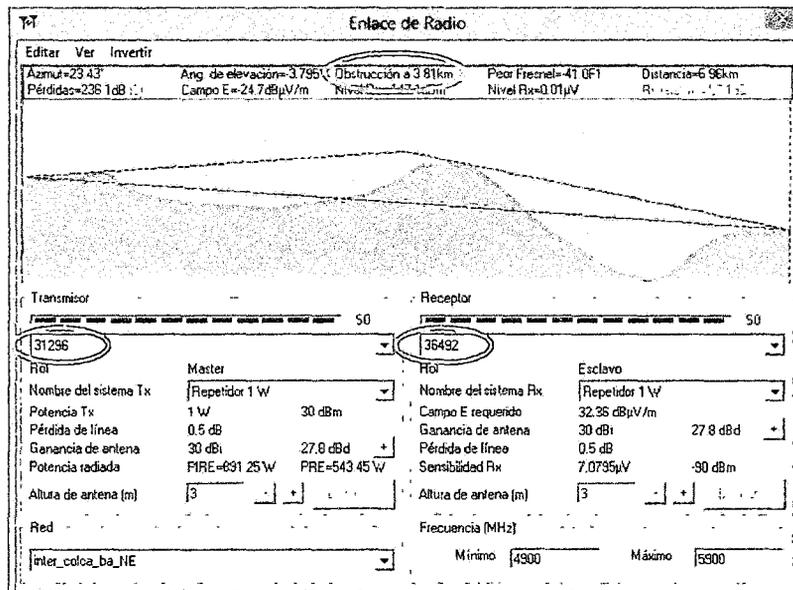


Figura N° 4.14: Simulación con el software radiomobile

Podemos observar que existe un punto de obstrucción a 3.81 Km lo que nos obliga a colocar una repetidora. Para hacer un estudio más detallado del sector NE seleccionamos la parte comprometida tomando como referencias las coordenadas 12°25'45"S y 74°42'12"O y

12°15'27"S y 74°33'15"O, como en el caso anterior para determinar el punto medio calculamos la media de los puntos extremos, dándonos como resultado la coordenada 12°20'36"S y 74°37'43.5"O.

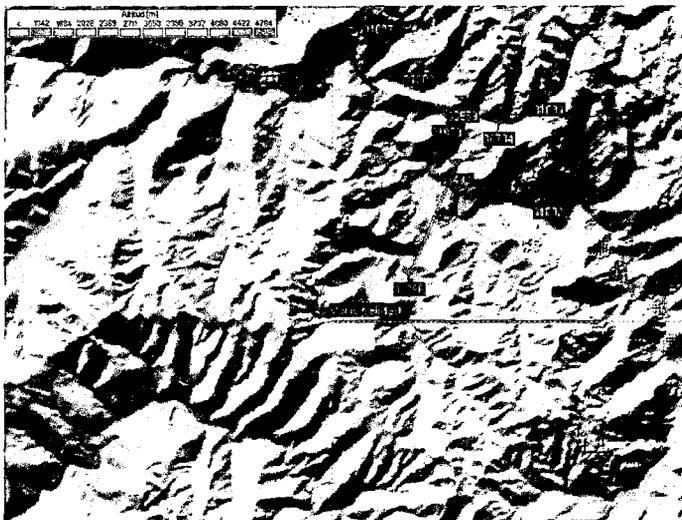


Figura N° 4.15: Ubicación de una repetidora

Para el tamaño tomamos como referencia las distancia en X=15.574 Km y Y=18.430 Km, con el que seleccionamos el alto del mapa como 18 Km, con esta información obtenemos el mapa y la red del sector NE, como se muestra en la figura N° 4.16

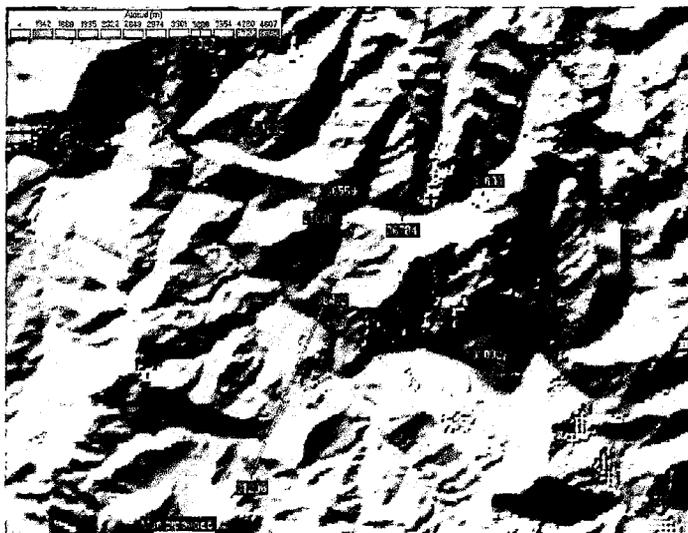


Figura N° 4.16: Mapa y la red del sector NE

Para establecer la comunicación entre la Municipalidad y la I.E. N° 31296 tendremos que hacer uso de una repetidora (Repetidor_Colca) que estará ubicado en uno de los cerros en

el que está instalado una torre autosportada de telefónica, la cual cuenta con energía eléctrica, los parámetros que se ingresaron se muestra en la figura.

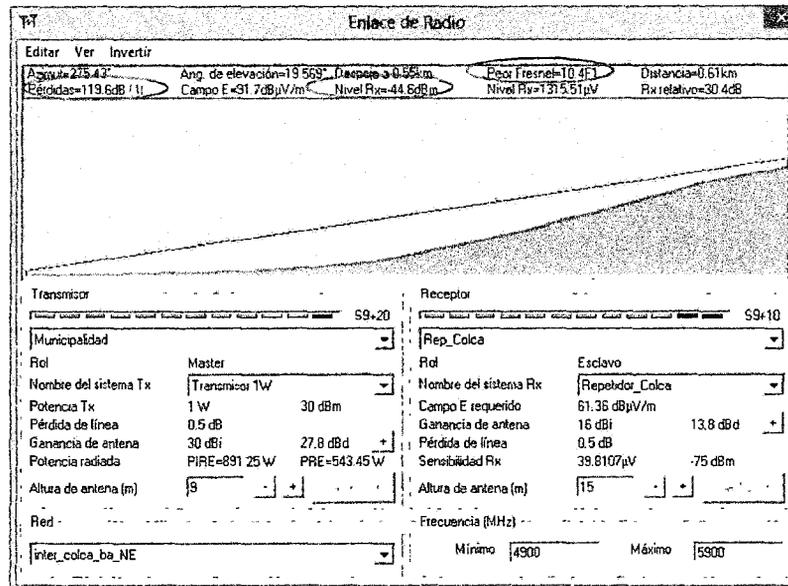


Figura N° 4.17: Parámetros de enlace de radio

Ejecutando la conexión entre los puntos observamos que se establece la conexión con un nivel de recepción de -44.6 dBm, la cual es bastante aceptable ya que el nivel de sensibilización en recepción esta alrededor de -75 dBm, la primera zona de Fresnel de 10.4F1, lo que nos indica que estamos asegurando la comunicación ya que el mínimo debe ser de 0.8F1. El cálculo de pérdida básica de transmisión en espacio libre de acuerdo a la recomendación UIT-R P.525-2 se realiza con la siguiente fórmula:

$$L_{bf}(dB) = 32.4 + 20 \log(f(MHz)) + 20 \log(d(Km))$$

$$L_{bf}(dB) = 32.4 + 20 \log(5745) + 20 \log(0.61)$$

$$L_{bf}(dB) = 103.29$$

La cual coincide con la pérdida en espacio libre estimado por el software Radiomobile, además que se muestra la pérdida de propagación total como se muestra a continuación

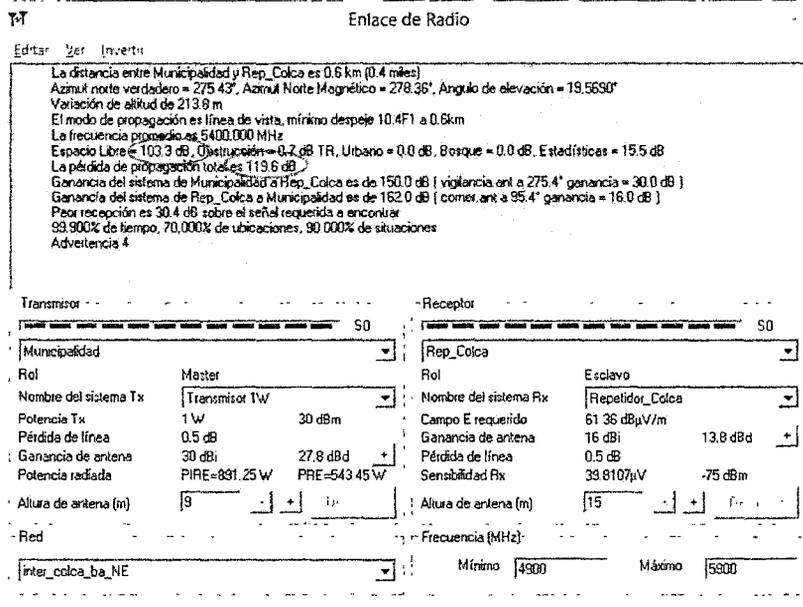


Figura N° 4.18: Perdida en espacio libre

Seguidamente establecemos la comunicación entre Repetidor_Colca y Repetidor_Colca_31296, la ventana de simulación se muestra a continuación.

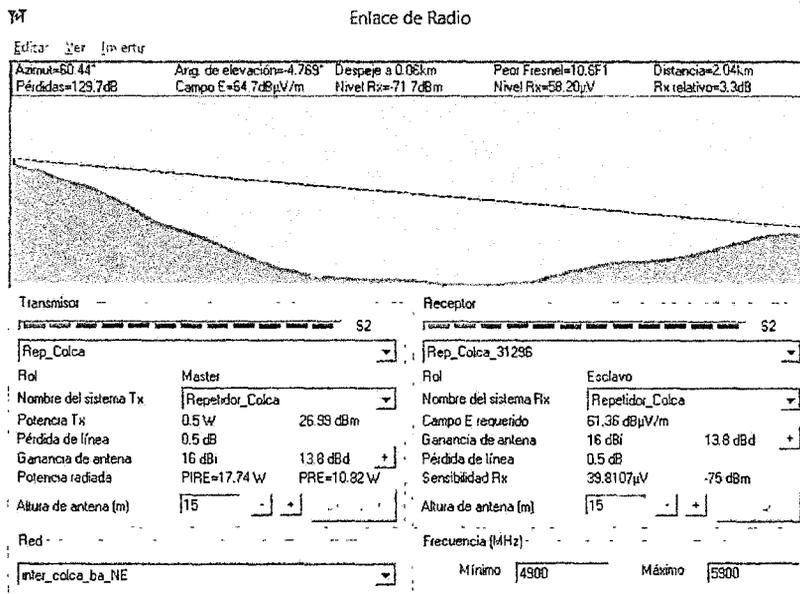


Figura N° 4.19: Enlace de radio

Ahora establecemos la conexión entre Repetidor_Colca_31296 y la I.E.N° 31296, la misma que se muestra a continuación.

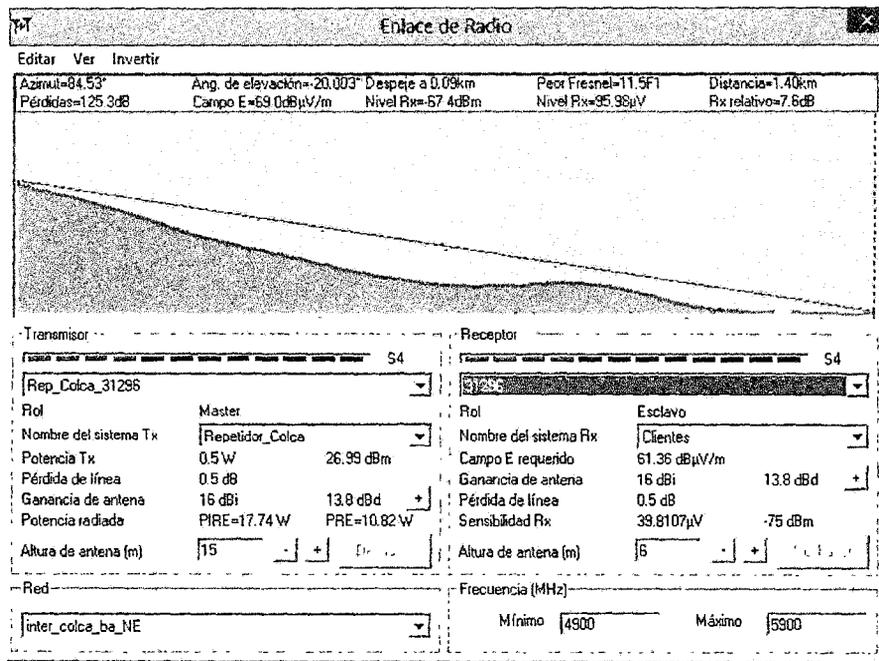


Figura N° 4.20: Conexión de enlace de radio

Al establecer las conexiones en toda la zona NE la red WIFI queda como se muestra a continuación.

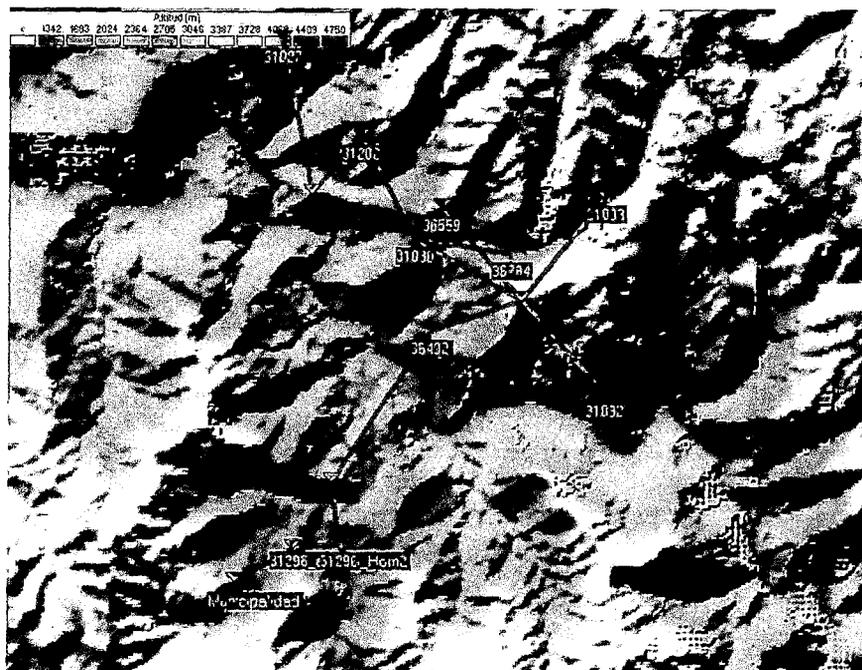
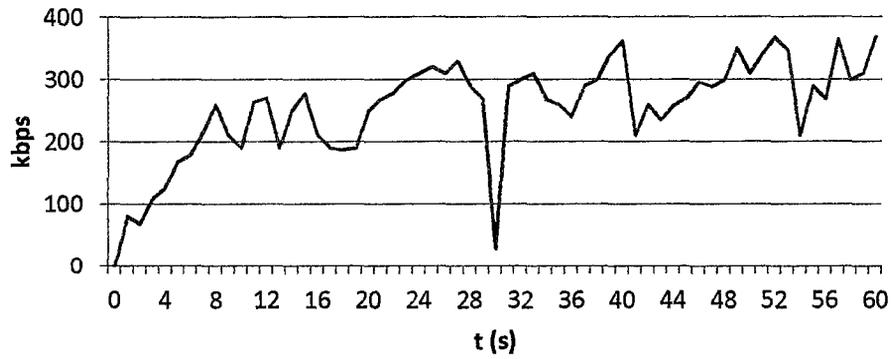
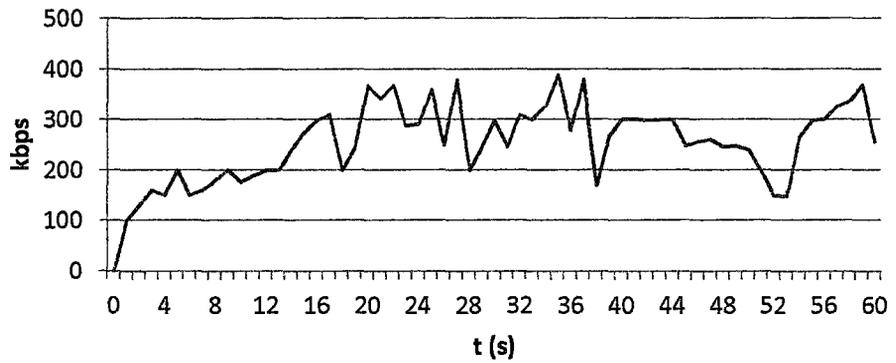


Figura N° 4.21: Conexión de la zona NE

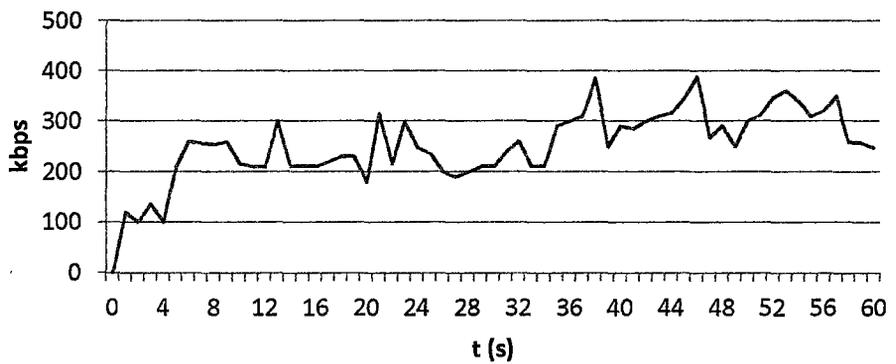
Gráfica de velocidad de bajada
10:30 a.m.



Gráfica de velocidad de bajada
11:00 a.m.



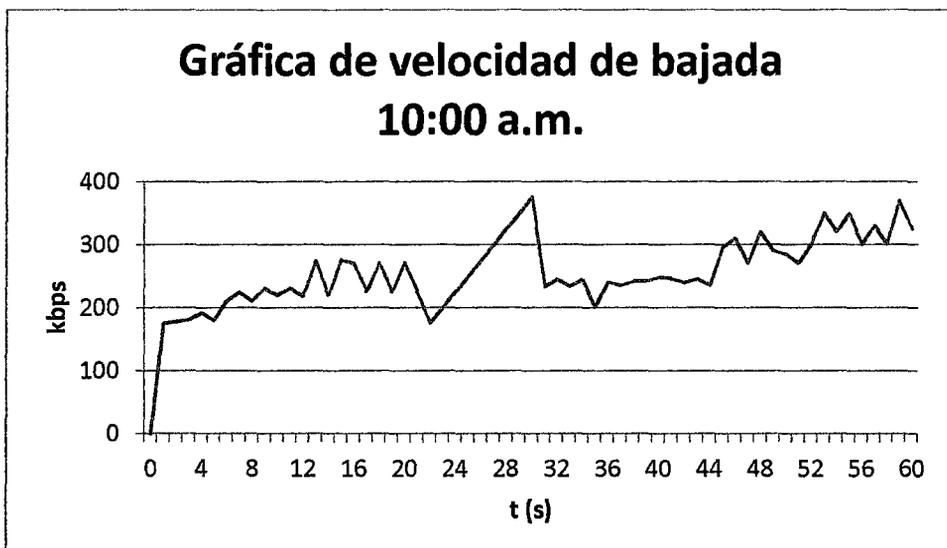
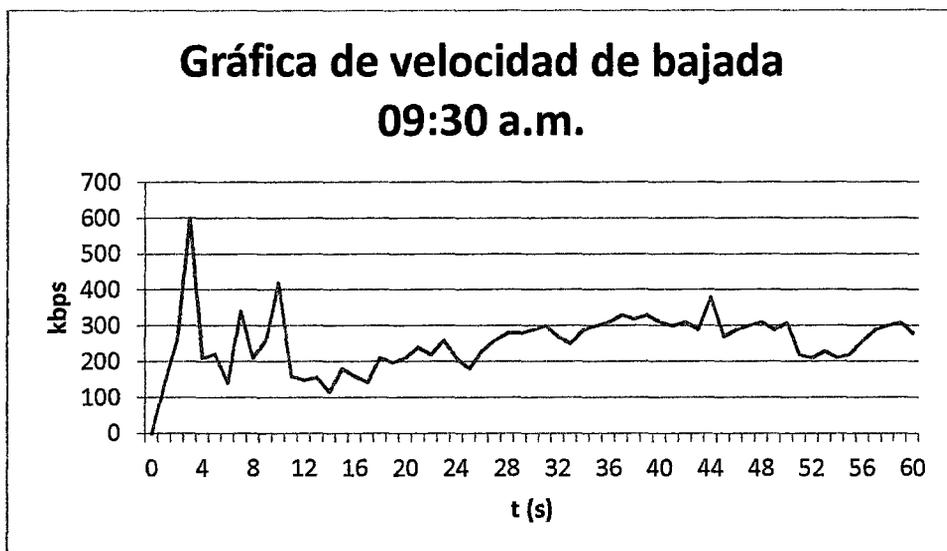
Gráfica de velocidad de bajada
11:30 a.m.

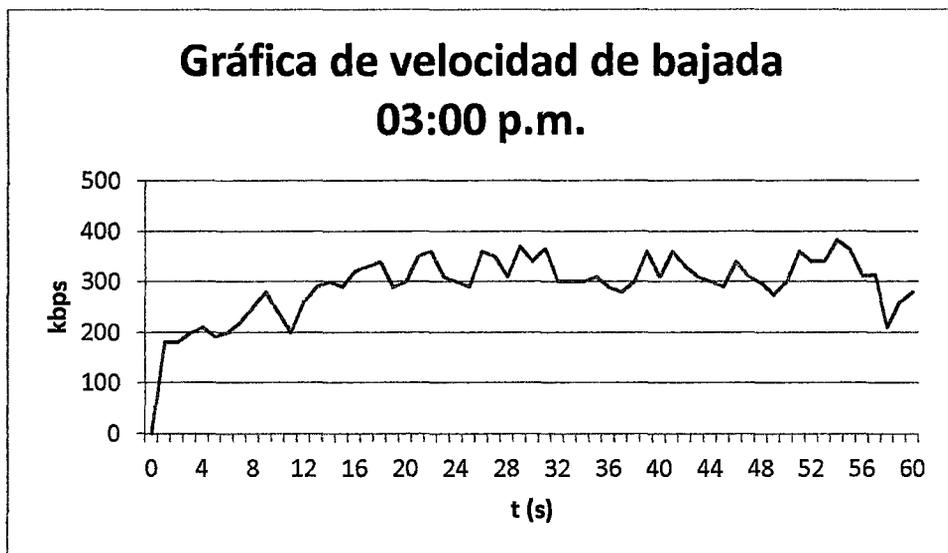
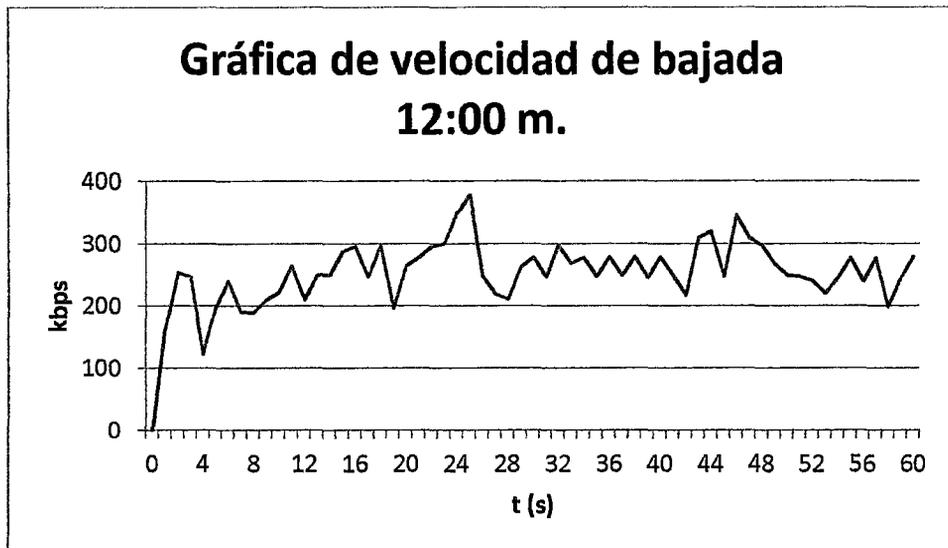


La velocidad por si sola no refleja la calidad de la conexión. De poco sirve que de forma puntual la conexión alcance valores de transferencia muy altos si el resto del tiempo la velocidad es inferior.

Una vez conocida la mejor velocidad que es capaz de alcanzar la conexión, la gráfica de velocidad es un elemento indispensable para entender el rendimiento real de la conexión. Grandes fluctuaciones y saltos reflejan una conexión de mala calidad con una baja velocidad absoluta, mientras que variaciones suaves indican una conexión estable y una velocidad media más cerca a la máxima sostenible.

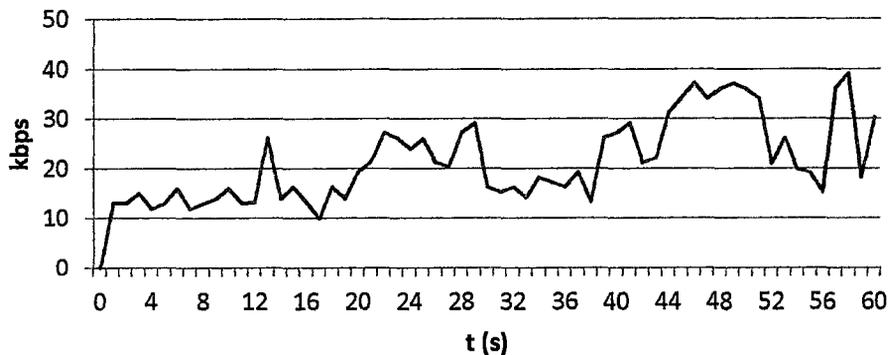
A continuación se muestra las gráficas de velocidad de bajada registradas el día 11 de julio de 2015 a diferentes horas.



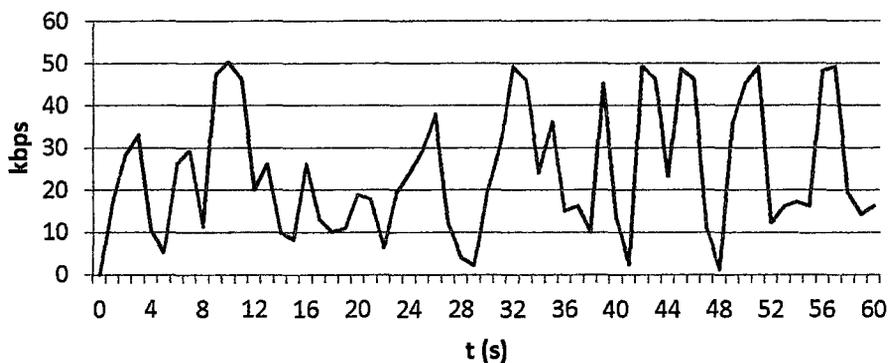


Seguidamente mostramos las gráficas de velocidad de subida el mismo día 11 de julio de 2015 a las mismas horas que se registró la velocidad de subida.

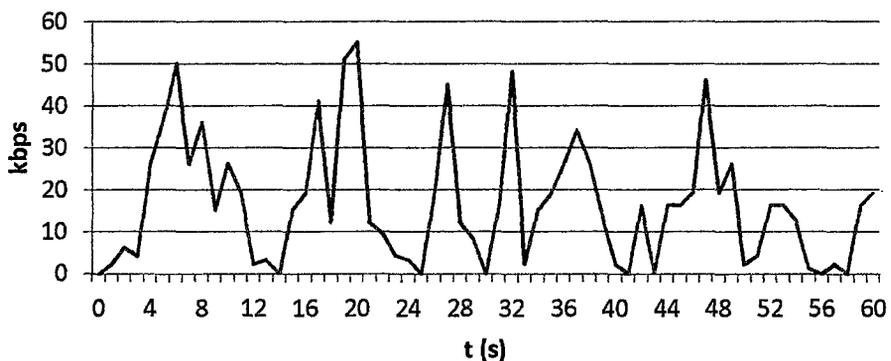
Gráfica de velocidad de subida
09:30 a.m.



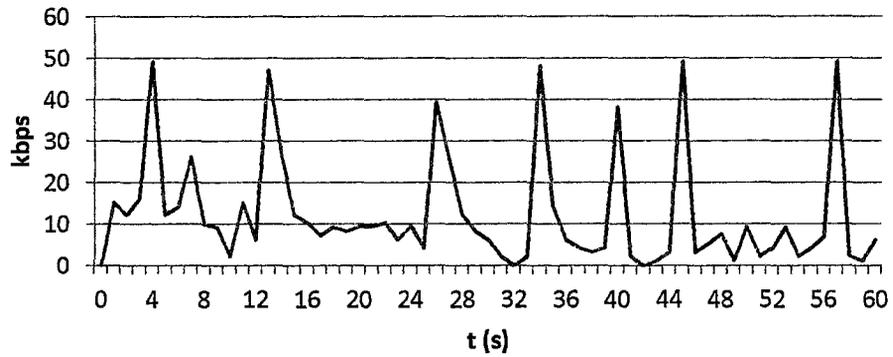
Gráfica de velocidad de subida
10:00 a.m.



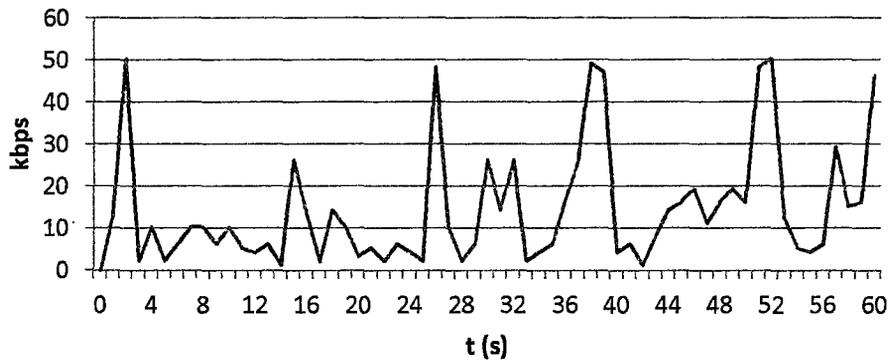
Gráfica de velocidad de subida
10:30 a.m.



Gráfica de velocidad de subida
11:00 a.m.



Gráfica de velocidad de subida
11:30 a.m.



Gráfica de velocidad de subida
12:00 m.

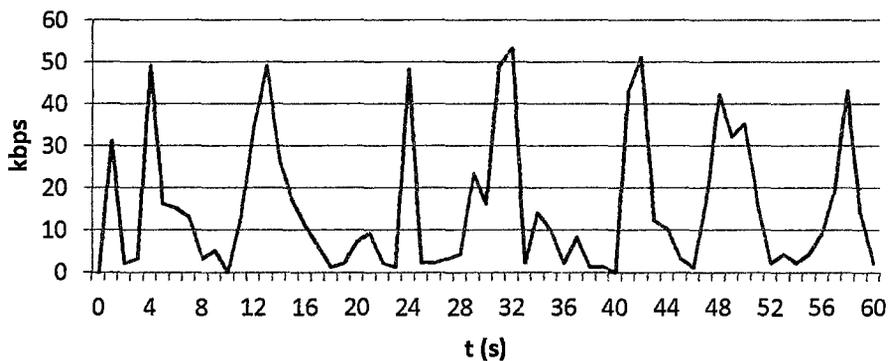


Tabla N° 4.3: Datos registrados por el software Nettraffic

t (s)	09:30 a.m.		10:00 a.m.		10:30 a.m.		11:00 a.m.		11:30 a.m.		12:00 m		03:00 p.m.	
	Down (kbps)	Up (kbps)												
1	140.2560	13.0325	175.4580	17.3265	80.3650	2.3650	100.3250	15.3260	120.3260	13.3250	160.3265	31.2600	180.2659	2.3260
2	260.1400	13.0147	177.7200	28.3265	68.3265	6.3250	130.2540	12.3265	100.2658	50.2650	254.3650	2.3260	180.2540	50.2600
3	600.2510	15.0325	180.7650	33.1255	110.3250	4.2550	160.3250	16.3250	135.3650	2.3260	248.3650	3.3250	198.3650	2.3260
4	210.0000	12.0214	192.4064	10.3650	126.3250	26.3250	150.2600	49.3265	100.2650	10.3600	123.2540	49.2550	210.2658	3.3265
5	220.5100	13.0214	180.5140	5.3265	168.3250	36.3250	200.3650	12.2650	210.3650	2.3260	196.3250	16.2500	192.2658	1.3250
6	140.5240	16.0214	210.6800	26.3254	179.3258	50.2540	150.3260	14.2500	260.3250	6.3254	240.3650	15.2540	200.3650	3.3254
7	340.2560	12.0214	225.0646	29.3250	215.3000	26.3250	160.3250	26.3250	256.2140	10.3250	190.3250	13.2400	220.3658	4.3265
8	210.6100	13.0214	210.9246	11.3260	260.3250	36.2540	180.2500	10.0320	254.5870	10.3250	189.3250	3.3260	250.3659	50.2600
9	260.2100	14.0215	230.8710	47.3265	210.2140	15.3250	200.3200	9.3260	260.3258	6.3250	210.3250	5.3250	280.3260	6.3254
10	420.5100	16.0214	220.7640	50.3600	190.3250	26.3250	176.3250	2.3650	216.3250	10.2470	222.3650	0.0000	240.2500	4.3254
11	160.2540	13.0214	231.0800	46.3250	264.3250	19.3250	189.1480	15.3250	210.3658	5.3260	265.3250	13.2500	200.3620	6.3254
12	148.5100	13.2000	218.8720	20.3250	270.1580	2.3250	199.1470	6.3250	209.6587	4.2514	210.1480	34.3650	260.3250	2.3254
13	156.2540	26.3250	274.4740	26.3250	190.3250	3.3250	200.1460	47.2650	300.2580	6.3250	249.3650	49.3250	290.3250	4.3658
14	116.5240	14.0215	220.4560	10.0325	250.3690	0.0000	240.1680	26.3250	210.3650	1.2500	250.3260	26.2540	300.1570	6.3254
15	180.6580	16.3254	275.9280	8.3260	278.1540	15.3250	275.1480	12.3250	210.2540	26.3250	288.3650	17.2540	290.3650	50.2600
16	159.2400	13.2140	270.5460	26.3250	210.0210	19.3250	298.7590	10.2510	210.6987	13.3250	297.1570	11.0210	320.3650	3.3255
17	142.6580	10.0215	225.7460	13.2500	190.3250	41.2540	310.4870	7.3265	220.4890	2.0214	246.9850	6.2140	330.2140	2.3260
18	210.2540	16.3250	271.2540	10.2360	187.3650	12.3250	199.4760	9.3650	230.9870	14.3260	297.7700	1.3250	340.3620	4.3265
19	198.2730	14.0215	225.6980	11.0320	190.2540	51.3500	245.1570	8.3250	230.4150	10.2500	196.3640	2.3250	290.2540	6.3254
20	210.5418	19.3650	271.6580	19.0214	248.3680	55.3600	368.1540	9.4800	180.6580	3.3260	265.3980	7.3250	300.2690	3.3250
21	240.6580	21.3650	225.9600	18.0365	268.3680	12.3250	341.2680	9.4800	315.2540	5.3480	278.8800	9.3250	350.2610	4.3265
22	220.1400	27.3652	175.9280	6.3254	279.2540	9.6280	368.1250	10.3250	216.2547	2.1547	296.1450	2.3250	360.2540	6.3250

t (s)	09:30 a.m.		10:00 a.m.		10:30 a.m.		11:00 a.m.		11:30 a.m.		12:00 m		03:00 p.m.	
	Down (kbps)	Up (kbps)												
23	260.2410	26.3240	200.2450	19.3254	300.1547	4.3260	287.2500	6.3250	300.5900	6.3250	300.6987	1.3250	310.0250	4.2540
24	210.6584	24.0215	225.6000	24.2650	310.2680	3.3250	291.2540	9.6580	248.3600	4.3250	349.6870	48.3650	300.4870	50.2600
25	180.2540	26.0321	250.7440	29.3650	320.3250	0.0000	359.1540	4.3250	236.5214	2.3260	379.6590	2.3260	290.3658	6.3254
26	230.6980	21.3650	275.4250	38.0214	310.6900	19.2600	248.6580	39.3250	200.1478	48.3652	249.2500	2.3650	360.1540	8.3254
27	260.1470	20.3650	300.0166	12.0325	330.3658	45.3260	379.5400	25.0000	190.6587	10.0320	220.1400	3.3250	350.2545	1.3250
28	280.1490	27.3650	325.8642	4.2365	290.1470	12.3260	199.6580	12.3250	200.5400	2.3650	211.0100	4.3268	310.2650	0.0000
29	280.1400	29.3265	350.7680	2.3265	268.3650	8.3260	246.9860	8.3265	210.2650	6.3265	263.0254	23.3250	370.2650	6.3254
30	290.2410	16.3250	375.7820	19.3260	27.1547	0.0000	298.4850	6.3250	210.2580	26.3250	278.3650	16.3240	340.2640	4.3254
31	300.1470	15.3240	233.8100	30.3240	290.3250	16.3250	246.5980	2.3250	240.3600	14.3260	248.3650	49.3250	365.2140	6.3254
32	270.1500	16.3250	245.6090	49.3265	300.1400	48.3260	310.2540	0.0000	260.9800	26.3250	298.6800	53.3240	300.2140	4.3254
33	250.3680	14.2650	234.5200	46.1470	310.0254	2.3650	300.5960	2.3650	210.5980	2.3250	269.3260	2.3650	300.1570	0.0000
34	290.2540	18.3260	243.9680	24.1580	268.2654	15.3260	326.2140	48.3250	210.6580	4.3260	278.3650	14.2500	300.2600	3.3265
35	300.2140	17.3650	200.4600	36.1480	260.2540	19.2650	389.6580	14.2500	290.6580	6.3250	248.3680	10.0210	310.3260	1.3250
36	310.2541	16.3240	240.6500	15.1400	240.3650	26.3240	278.6590	6.3250	300.1480	16.3254	279.3640	2.3250	290.2140	4.3265
37	330.2680	19.3240	235.4860	16.3250	290.3254	34.3268	379.1540	4.3250	310.5698	26.3254	249.3260	8.3250	280.3369	50.2600
38	320.2000	13.3250	241.8450	10.0210	300.1540	26.3250	168.6598	3.3250	386.1500	49.3265	279.3680	1.3250	300.4870	6.3254
39	330.2140	26.3250	242.6500	45.3025	340.2360	13.3280	266.2680	4.3658	250.3690	47.2640	246.3210	1.4870	360.2540	8.3265
40	310.2540	27.3650	248.5200	13.3250	362.3250	2.3290	300.1480	38.3250	290.6580	4.3265	279.3240	0.0000	310.2547	4.3265
41	300.2550	29.3254	246.2500	2.3650	210.2140	0.0000	301.2650	2.3650	285.3265	6.3260	249.3250	43.3250	360.1480	10.3265
42	310.2541	21.2360	240.5100	49.3658	260.3250	16.3250	298.6590	0.0000	300.2547	1.3254	218.3650	51.3250	330.1470	12.3250
43	290.2410	22.2365	245.8400	46.3250	235.1540	0.3000	299.3690	1.2540	310.3658	8.3265	310.2500	12.3650	310.2658	8.3265
44	380.2540	31.3650	235.6800	23.3254	258.3690	16.3250	300.1480	3.3250	316.2540	14.3658	320.3500	10.3600	300.1470	4.3265
45	270.2541	34.3690	295.6900	48.6590	270.3625	16.3258	248.3650	49.2540	346.2150	16.3254	248.2650	3.3250	290.5980	9.3254
46	290.0254	37.3265	310.5100	46.3250	296.3250	19.3258	256.1470	3.3250	389.6580	19.3254	346.3250	1.2500	340.1570	10.3254
47	300.0000	34.2158	270.5000	11.0214	289.2140	46.3250	260.6580	5.3260	268.6500	11.3254	310.3600	16.2500	310.3600	6.3254

t (s)	09:30 a.m.		10:00 a.m.		10:30 a.m.		11:00 a.m.		11:30 a.m.		12:00 m		03:00 p.m.	
	Down (kbps)	Up (kbps)	Down (kbps)	Up (kbps)										
48	310.2140	36.1780	320.1400	1.3260	300.2148	19.3250	246.3250	7.6500	290.3600	16.3254	298.3250	42.3250	298.4700	4.3265
49	290.2541	37.2160	290.5200	36.2540	350.3250	26.3250	247.6580	1.2550	250.3690	19.3254	268.3210	32.3250	274.3650	6.3254
50	310.0215	36.1580	285.6800	45.3264	310.3254	2.3260	240.3600	9.3250	300.2150	16.3254	249.3299	35.2410	300.1570	4.2540
51	220.1452	34.2540	270.5040	49.3268	341.3650	4.3260	195.3680	2.3650	312.2650	48.3247	248.3200	16.3250	360.1547	2.3654
52	210.2543	21.0355	300.4510	12.3260	368.3260	16.3250	149.3250	4.3250	348.0100	50.3650	241.3260	2.3650	340.1580	50.2600
53	230.2547	26.3250	350.4180	16.3254	348.2540	16.2540	147.3250	9.3250	360.6580	12.3260	220.3250	4.3250	341.3650	3.3260
54	210.5200	20.0214	320.4100	17.3250	210.0325	12.5800	265.3690	2.3200	340.2690	5.3265	246.3260	2.3258	383.1540	4.3650
55	220.6520	19.3254	350.1000	16.3251	290.3250	1.3250	298.6580	4.3250	310.2000	4.3250	278.2540	4.3250	364.2147	6.3240
56	260.2540	15.3254	300.5120	48.3260	269.3250	0.0000	300.1480	7.0250	320.3250	6.3254	240.3650	9.3250	311.2640	1.3254
57	290.2541	36.3254	330.6040	49.3654	365.3250	2.3250	326.5900	49.3250	350.1570	29.3254	278.3250	19.3250	314.3690	3.3265
58	300.2540	39.2480	300.6100	19.3265	300.3650	0.0000	336.5900	2.4000	259.3200	15.3240	199.3260	43.2500	210.3580	4.3254
59	310.0000	18.3254	370.5290	14.3600	310.3650	16.2500	369.3250	1.2500	257.2650	16.3250	245.3600	14.2500	260.3250	6.3254
60	280.4750	30.3254	325.4500	16.3254	369.3240	19.2540	256.1400	6.3250	248.3650	46.3254	279.3265	2.3250	280.2640	2.3254
\bar{x}	258.9487	21.6222	258.7606	24.6572	258.5027	17.0103	257.7541	12.4598	256.2169	14.7258	256.7113	15.5088	296.9474	9.3079

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°4.3 podemos observar que la máxima velocidad de bajada 296.9474 kbps se da a las 03:00 p.m. estando relacionado a que en este horario no se realizan labores académicas en la institución educativa.

Por el contrario la mínima velocidad de subida 256.2169 kbps se da a las 11:30 a.m. dándonos a entender que a esta hora se hace uso de todos los recursos con que cuenta el centro de cómputo de la institución educativa.

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que la implementación de la red de telecomunicación inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba, eleva significativamente la tasa de transferencia de bajada hasta 296.9474 kbps y en subida hasta 24.6572 kbps.
2. El nivel de ganancia en recepción en la red de telecomunicación inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba, es superior a 90 dBm.
3. La polarización vertical es más adecuada para la geografía que presenta el distrito de Colcabamba, por ser esta un poco más inmune a las precipitaciones pluviales que se presentan durante el año.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir implementando la red de telecomunicación inalámbrico, con servicio de Internet de banda ancha para el resto de las instituciones educativas en la provincia de Tayacaja, ya que es una buena alternativa para poder llevar Internet a puntos alejados de nuestra región.
2. Usar este modelo como referencia para alcanzar los objetivos del Estado a través del proyecto de banda ancha y la troncal de fibra óptica, ya que la tecnología 802.11n supera por mucho la velocidad mínima de 256 kbps de una conexión banda ancha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. R. Stevens, TCP/IP Illustrated volume 1: the protocols, Addison-Wesley. Reading, Massachusetts, 2002.
- [2] F. J. Molina, Instalación y mantenimiento de servicios de redes locales, Madrid Ra-Ma, Cop., 2004.
- [3] X. Cadenas Sánchez, A. Zaballos Diego, S. Salas Dumenjo, Guía de sistemas de cableado estructurado, 2009.
- [4] Huidobro, José Manuel. Redes y Servicios de Banda Ancha. España: Mc Graw Hill. 2004.
- [5] Bates, R.J. comunicaciones en redes inalámbricas, NY: McGraw-Hill, 2006.
- [6] Davis P.T. y McGuffin C.R. Redes de Área Local Inalámbricas, NY: McGraw-Hill, 2005.
- [7] Luis Miguel Cabezas Granado y Francisco José González Lozano, Redes Inalámbricas, Editorial Anaya Multimedia, 2010.
- [8] Tanenbaum A. Redes y computadoras. Prentice Hall, 2002.
- [9] J. Case SNMP Research, Inc. K. McCloghrie Hughes LAN Systems M. Rose Dover Beach Consulting, Inc. S. Waldbusser, IETF, RFC 1442.
- [10] Review of Quality of Service Framework for Broadband Access Services, IDA Singapur. Junio 2002.
- [11] Ubiquiti Networks Inc, Administrador de Redes Inalámbricas Empresariales de Ubiquiti-UEWA, 2014.

URL:

- [12] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/210>
- [13] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/219>
- [14] <http://www.redesyseguridad.es/enrutamiento/>.
- [15] http://www.guillesql.es/ARTÍCULOS/Manual_Cisco_CCNA_Aspectos_Basicos_Networking.aspx.
- [16] <http://www.digitalairwireless.com.au/wireless-blog/recent/understanding-mcs-values.html>

ARTÍCULO CIENTÍFICO

“RED DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICO CON SERVICIO DE INTERNET DE BANDA ANCHA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL PRIMARIO EN LA MICRO RED DEL DISTRITO DE COLCABAMBA”

“TELECOMMUNICATIONS NETWORK WIRELESS WITH INTERNET SERVICE OF WIDE BAND FOR THE EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF PRIMARY LEVEL IN THE MICRO NETWORK OF THE DISTRICT OF COLCABAMBA”

Raúl De la Cruz Hidalgo, Jhonatan Frank Leiva Rojas

Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas,
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

RESUMEN

El estudio realizado corresponde a una investigación de carácter cuantitativo teniendo como problema que originó la investigación: ¿Cómo realizar una red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba?, para solucionar el problema se planteó el siguiente objetivo: Determinar la red de telecomunicaciones inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba. La hipótesis planteada como solución al problema fue: Una red de telecomunicación inalámbrica provee servicio de internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba. El tipo de investigación a la que pertenece esta investigación es aplicada, con un nivel explicativo y el diseño de investigación es cuasi experimental de un grupo, el método de investigación utilizado fue el experimental. Para la medición de las velocidades de subida y bajada utilizamos el software Nettraffic, para la prueba de hipótesis se ha considerado el uso de la estadística inferencial de la T de Student de los datos obtenidos con la finalidad de tener mayor rigurosidad en la prueba de la hipótesis. Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5%, el cual se contrastó con el aplicativo que está a disposición del público de la empresa de telecomunicaciones Movistar, el estudio tiene una población de 49 instituciones educativas de nivel primario y la recolección de datos se hizo en la institución educativa 31296 del Centro Poblado de Pilcos en el Distrito de Colcabamba, con una población estudiantil de 56 niños, antes de la investigación la velocidad de bajada del servicio de internet con la tecnología VSAT alcanzó un máximo de 60.7934 kbps y un mínimo de 0.3796 kbps, al implementarse la red con la tecnología WiFi 802.11n y con los equipos de Ubiquiti se alcanzó tasas de transferencia mayor a 256 kbps, con lo que se puede asegurar que el servicio de internet es de banda ancha, tal como lo define la ITU, cuando fija los niveles mínimos de transferencia de datos para bajada en servicios de internet de banda ancha.

Palabras claves:

Banda ancha, Estándar 802.11n, WiFi, tasa de transferencia.

ABSTRACT

The realized study corresponds to an investigation of quantitative character having like problem that caused the investigation: How to realize a wireless telecommunications network with Internet service of wide band for the educational institutions of primary level in the micro network of the district of Colcabamba?, to solve the problem the following target appeared: To determine the telecommunications network wireless with Internet service of wide band for the educational institutions of primary level in the micro network of the district of Colcabamba. The hypothesis raised like solution to the problem was: A wireless telecommunications network provides Internet service of wide band to the educational institutions of primary level in the micro network of the district of Colcabamba. The type of investigation to which this investigation belongs is applied, at an explanatory level and the design of investigation it is quasi experimental of a group, the used investigation method was the experimental one. For the measurement of the speeds of increase and lowered we use the software Nettraffic, for the hypothesis test there has been considered to be the use of the statistics inferencial the T of Student of the information obtained for the purpose of having major rigorousness in the test of the hypothesis. It has been demonstrated at a level of significancia of 5 %, which was confirmed by the aplicativo that is at the disposal of the public of the company of telecommunications Movistar, the study has a population of 49 educational institutions of primary level and the information compilation did to itself in the educational institution 31296 of the Center Filled with Pilcos in the District of Colcabamba, with a student population of 56 children, before the investigation the speed of descent of the Internet service with the technology VSAT reached a maximum of 60.7934 kbps and a minimum of 0.3796 kbps, after the network was implemented with the technology WiFi 802.11n and with the teams of Ubiquiti there were reached valuations of transference bigger than 256 kbps, with what it is possible to assure that the Internet service is of wide band, as the ITU defines it, when it fixes the minimal levels of transference of information for descent in Internet services of wide band.

Keywords:

Wide, Standard band 802.11n, WiFi, valuation of transference.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la investigación, en su etapa de formulación del problema y la demostración de la hipótesis, se ha llegado a demostrar que al implementarse la red con la tecnología WiFi 802.11n y con los equipos de Ubiquiti se alcanzó tasas de transferencia mayor a 256 kbps, con lo que se puede asegurar que el servicio de internet es de banda ancha, tal como lo define la ITU, cuando fija los niveles mínimos de transferencia de datos para bajada en servicios de internet de banda ancha.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo del trabajo se ha utilizado diversos materiales entre los más resaltantes tenemos: los equipos de Ubiquiti, Se empleó el método experimental, para la medición de las velocidades de subida y bajada utilizamos el software Nettraffic.

RESULTADOS

El sistema de comunicación se ha implementado en la primera semana del mes de julio del año 2015, con la finalidad de aumentar la velocidad de conexión y superar la mínima requerida por la UIT que es de 256 kbps para ser considerada una conexión de banda ancha.

Los datos obtenidos en el mes de setiembre de la año 2014 sirven como datos de pre test, mientras los resultados obtenidos el 10 de julio de 2015, vienen a constituir los datos del pos test; lógicamente que es posterior a la implementación del Sistema de comunicación, como se muestra en los siguientes cuadros:

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 09:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	29.1085333	258.948663
Varianza	905.179237	6006.56753
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	76	
Estadístico t	-21.414482	
P(T<=t) una cola	3.1469E-34	
Valor crítico de t (una cola)	1.66515135	
P(T<=t) dos colas	6.2939E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	1.99167261	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 10:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	15.8461333	258.76064
Varianza	1065.63768	2570.46426
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	101	

Estadístico t	-31.2040562	
P(T<=t) una cola	5.7152E-54	
Valor crítico de t (una cola)	1.66008063	
P(T<=t) dos colas	1.143E-53	
Valor crítico de t (dos colas)	1.983731	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 10:30 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	1.0996	258.502715
Varianza	8.67951387	5539.39441
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-26.7681467	
P(T<=t) una cola	5.3353E-35	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	1.0671E-34	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 11:00 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.5996	257.754063
Varianza	0.78474289	5091.74415
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	

Grados de libertad	59	
Estadístico t	-27.9127702	
P(T<=t) una cola	5.3891E-36	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	1.0778E-35	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 11:30 a.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.3796	256.216887
Varianza	0.08855957	4086.09088
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-31.0013601	
P(T<=t) una cola	1.6275E-38	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	3.255E-38	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 12:00 m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	0.6124	256.711333
Varianza	0.56877868	2000.27609
Observaciones	60	60

Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-44.3482703	
P(T<=t) una cola	2.6036E-47	
Valor crítico de t (una cola)	1.67109303	
P(T<=t) dos colas	5.2073E-47	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00099538	

Comparación de medias de velocidades de bajada a horas 03:00 p.m.

	12/09/2014	10/07/2015
Media	60.7934267	296.947355
Varianza	1936.53645	2689.54596
Observaciones	60	60
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	115	
Estadístico t	-26.8945398	
P(T<=t) una cola	9.891E-52	
Valor crítico de t (una cola)	1.65821183	
P(T<=t) dos colas	1.9782E-51	
Valor crítico de t (dos colas)	1.98080754	

CONCLUSIÓN:

- En la presente investigación se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que la implementación de la red de telecomunicación inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba, eleva significativamente la tasa de transferencia de bajada hasta 296.9474 kbps y en subida hasta 24.6572 kbps.
- El nivel de ganancia en recepción en la red de telecomunicación inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba, es superior a 90 dBm.
- La polarización vertical es más adecuada para la geografía que presenta el distrito de Colcabamba, por ser esta un poco más inmune a las precipitaciones pluviales que se presentan durante el año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. R. Stevens, TCP/IP Illustrated volume 1: the protocols, Addison-Wesley. Reading, Massachusetts, 2002.
- [2] F. J. Molina, Instalación y mantenimiento de servicios de redes locales, Madrid Ra-Ma, Cop., 2004.
- [3] X. Cadenas Sánchez, A. Zaballos Diego, S. Salas Dumenjo, Guía de sistemas de cableado estructurado, 2009.
- [4] Huidobro, José Manuel. Redes y Servicios de Banda Ancha. España: Mc Graw Hill. 2004.
- [5] Bates, R.J. comunicaciones en redes inalámbricas, NY: McGraw-Hill, 2006.
- [6] Davis P.T. y McGuffin C.R. Redes de Área Local Inalámbricas, NY: McGraw-Hill, 2005.
- [7] Luis Miguel Cabezas Granado y Francisco José González Lozano, Redes Inalámbricas, Editorial Anaya Multimedia, 2010.
- [8] Tanenbaum A. Redes y computadoras. Prentice Hall, 2002.
- [9] J. Case SNMP Research, Inc. K. McCloghrie Hughes LAN Systems M. Rose Dover Beach Consulting, Inc. S. Waldbusser, IETF, RFC 1442.
- [10] Review of Quality of Service Framework for Broadband Access Services, IDA Singapur. Junio 2002.
- [11] Ubiquiti Networks Inc, Administrador de Redes Inalámbricas Empresariales de Ubiquiti-UEWA, 2014.

URL:

- [12] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/210>
- [13] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/219>
- [14] <http://www.redesyseguridad.es/enrutamiento/>.
- [15] http://www.guillesgl.es/ARTÍCULOS/Manual_Cisco_CCNA_Aspectos_Basicos_Networking.aspx.
- [16] <http://www.digitalairwireless.com.au/wireless-blog/recent/understanding-mcs-values.html>

ANEXO

TITULO: “RED DE TELECOMUNICACIÓN INALÁMBRICO CON SERVICIO DE INTERNET DE BANDA ANCHA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL PRIMARIO EN LA MICRO RED DEL DISTRITO DE COLCABAMBA”

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PG: ¿Cómo realizar una red de telecomunicación inalámbrica con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba?	OG: Determinar la red de telecomunicaciones inalámbrico con servicio de internet de banda ancha para las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.	HG: Una red de telecomunicación inalámbrica provee servicio de internet de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario en la micro red del distrito de Colcabamba.	<u>INDEPENDIENTE</u> Red de Telecomunicaciones=RT	a) Torres b) Antenas c) Access Point
PE: a) ¿Qué tecnología se utiliza para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba? b) ¿Qué equipos se utilizan para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba?	OE: a) Identificar la tecnología a utilizar para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba. b) Identificar los equipos a utilizar para proveer internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba.	HE: a) La tecnología 802.11n provee internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba a una velocidad mayor a 256 kbps. b) Mediante los equipos Ubiquiti se provee internet inalámbrico de banda ancha a las instituciones educativas de nivel primario de educación básica regular en la micro red Colcabamba con un nivel de ganancia mayor a 90 dBm.	<u>DEPENDIENTE</u> Internet de Banda Ancha=IBA	Velocidad de Transmisión



Gráfico N° 01: Registro de longitud y Latitud en las I.E. del distrito de Colcabamba el GPS



Gráfico N° 02: Almacenando localización de las I.E. del distrito de Colcabamba

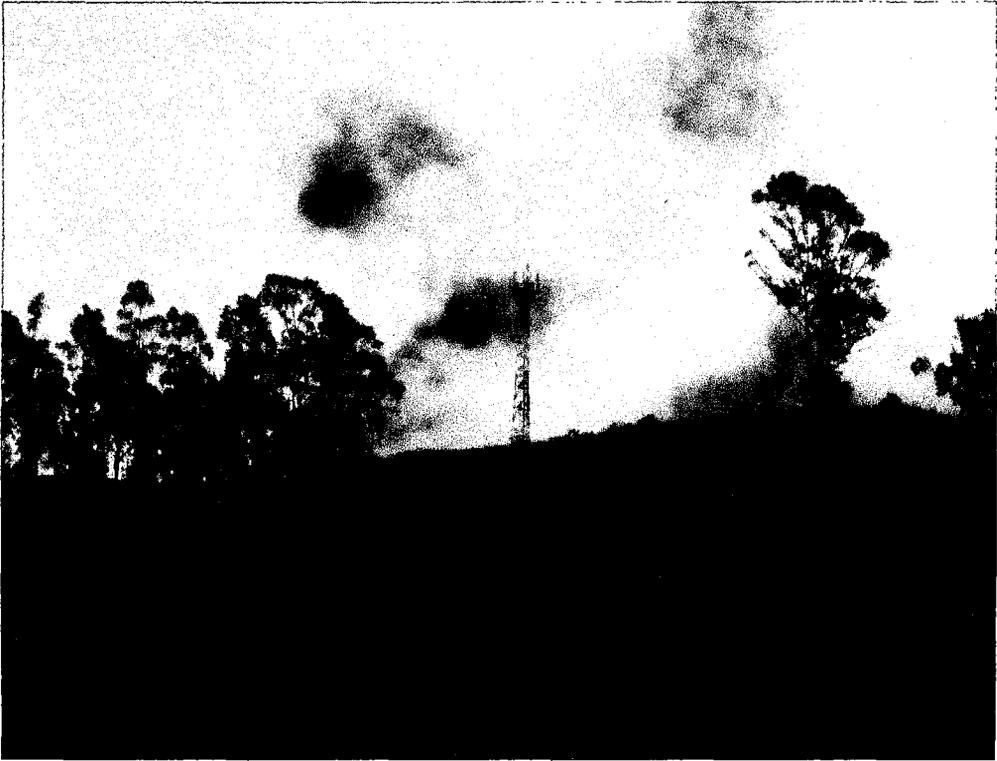


Gráfico N° 03: Torre autoportada de movistar punto de repetición del sector NE



Gráfico N° 04: Antena directica instalada en la Municipalidad Distrital de Colcabamba



Gráfico N° 05: Comprobando la velocidad de conexión de la red implementada.

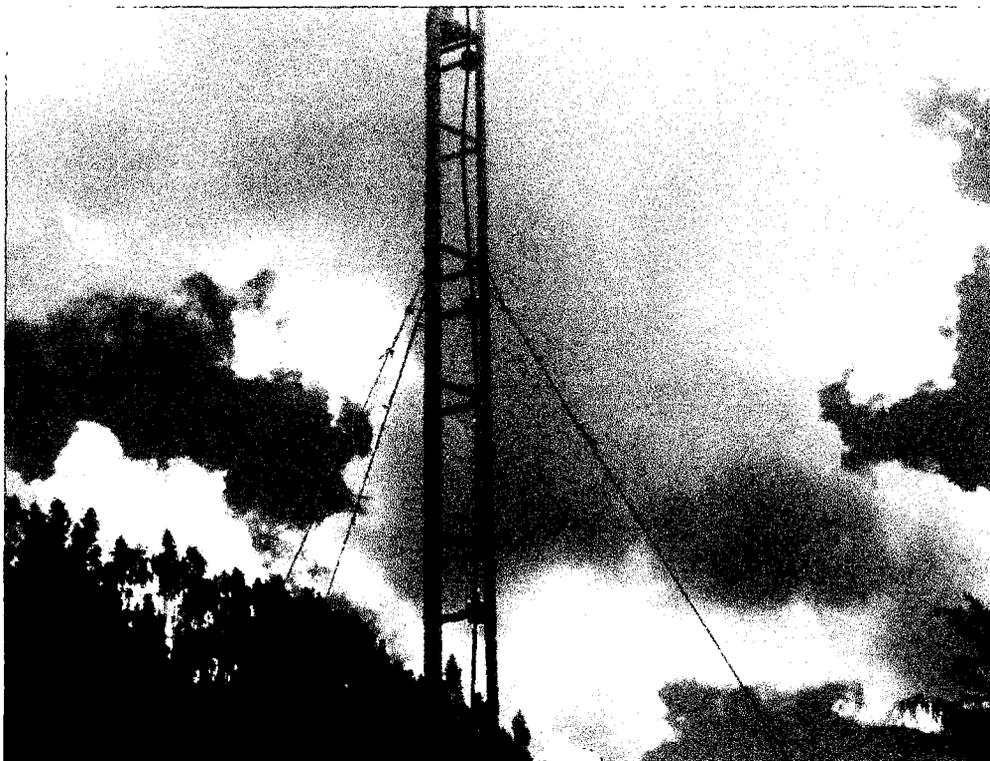


Gráfico N° 06: Torre ventada donde se instaló el equipo de recepción.



Gráfico N° 07: Medición de la resistencia del pozo de tierra en la I.E. 31296 en Pilcos



Gráfico N° 08: Vista de la I.E. N° 31296, asesor y encargados del Centro de cómputo

presentar un informe al Despacho Ministerial, con copia a la Oficina General de Administración del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, describiendo las acciones realizadas y los resultados obtenidos durante el viaje autorizado.

Artículo 4º.- La presente Resolución Ministerial no dará derecho a exoneración o liberación de impuestos o derechos aduaneros, cualquiera fuera su clase o denominación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSÉ JAVIER ORTIZ RIVERA
Ministro de Transportes y Comunicaciones

18681

Autorizan viaje de Inspector de la Dirección General de Aeronáutica Civil a EE.UU., en comisión de servicios

RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 773-2005-MTC/02

Lima, 31 de octubre de 2005

CONSIDERANDO:

Que, la Ley Nº 27619 que regula la autorización de viajes al exterior de servidores y funcionarios públicos, en concordancia con sus normas reglamentarias aprobadas por Decreto Supremo Nº 047-2002-PCM, establece que para el caso de los servidores y funcionarios públicos de los Ministerios, entre otras entidades, la autorización de viaje se otorgará por Resolución Ministerial del respectivo Sector, la que deberá ser publicada en el Diario Oficial El Peruano con anterioridad al viaje, con excepción de las autorizaciones de viajes que no irroguen gastos al Estado;

Que, el Decreto de Urgencia Nº 015-2004 dispone que los viajes al exterior que irroguen gasto al Tesoro Público, de funcionarios, servidores públicos o representantes del Poder Ejecutivo, a que se refieren el primer y segundo párrafo del artículo 1º de la Ley Nº 27619, quedan prohibidos por el ejercicio fiscal 2005, prohibición que no es aplicable a los sectores Relaciones Exteriores y Comercio Exterior y Turismo, así como la Dirección de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; en cuyos casos los viajes serán autorizados a través de resolución del Titular del Pliego respectivo, la misma que deberá ser publicada en el Diario Oficial El Peruano antes del inicio de la comisión de servicios;

Que, la Ley Nº 27261 - Ley de Aeronáutica Civil del Perú, establece que la Autoridad Aeronáutica Civil es ejercida por la Dirección General de Aeronáutica Civil como dependencia especializada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

Que, la Dirección General de Aeronáutica Civil, a fin de cumplir con los estándares aeronáuticos internacionales establecidos en el Convenio de Chicago sobre Aviación Civil y poder mantener la calificación de Categoría - I otorgada al Perú por la Organización de Aviación Civil Internacional, debe mantener un programa anual de vigilancia sobre la seguridad operacional a través de la ejecución de inspecciones técnicas a los explotadores aéreos en el país, basado en las disposiciones establecidas en el citado Convenio y en los estándares de la Organización de Aviación Civil Internacional;

Que, la empresa Wayra Perú S.A.C., con Carta Cert057.05.Ops, del 12 de octubre de 2005, en el marco del Procedimiento Nº 5 de la sección correspondiente a la Dirección General de Aeronáutica Civil (Evaluación de Personal), establecido en el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Decreto Supremo Nº 008-2002-MTC, solicita a la Dirección General de Aeronáutica Civil, efectuar los chequeos técnicos en simulador de vuelo del equipo Fokker 100, en el Centro de Entrenamiento American Airlines de la ciudad de Fort Worth, a su personal aeronáutico

propuesto, durante los días 8, 9 y 10 de noviembre de 2005;

Que, conforme se desprende de los Recibos de Acotación Nº 29109 y 29110, la solicitante ha cumplido con el pago del derecho de tramitación correspondiente al Procedimiento a que se refiere el considerando anterior, ante la Dirección de Tesorería del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

Que, en tal sentido, los costos del respectivo viaje de inspección, están íntegramente cubiertos por la empresa solicitante del servicio, incluyendo el pago de los viáticos y la Tarifa Única de Uso de Aeropuerto;

Que, la Dirección de Seguridad Aérea de la Dirección General de Aeronáutica Civil, ha emitido el Orden de Inspección Nº 2030-2005-MTC/12.04-SDO designando al Inspector Ricardo Rafael Pazos Raygada, para realizar los chequeos técnicos en simulador de vuelo del equipo Fokker 100, en el Centro de Entrenamiento American Airlines, al personal aeronáutico propuesto por la empresa Wayra Perú S.A.C., en la ciudad de Fort Worth, Texas, Estados Unidos de América, durante los días 07 al 10 de noviembre de 2005;

Que, por lo expuesto, resulta necesario autorizar el viaje del referido Inspector de la Dirección General de Aeronáutica Civil para que, en cumplimiento de las funciones que le asigna la Ley Nº 27261 y su Reglamento, pueda realizar los chequeos técnicos a que se contrae la Orden de Inspección Nº 2030-2005-MTC/12.04-SDO;

De conformidad con la Ley Nº 27261, Ley Nº 27619, el Decreto de Urgencia Nº 015-2004 y el Decreto Supremo Nº 047-2002-PCM;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Autorizar el viaje del señor Ricardo Rafael Pazos Raygada, Inspector de la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a la ciudad de Fort Worth, Texas, Estados Unidos de América, durante los días 7 al 10 de noviembre de 2005, para los fines a que se contrae la parte considerativa de la presente Resolución.

Artículo 2º.- El gasto que demande el viaje autorizado precedentemente, ha sido íntegramente cubierto por la empresa Wayra Perú S.A.C. a través de los Recibos de Acotación Nº 29109 y 29110, abonados a la Dirección de Tesorería del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, incluyendo las asignaciones por concepto de viáticos y tarifa por uso de aeropuerto, de acuerdo al siguiente detalle:

Viáticos	US\$. 880.00
Tarifa por Uso de Aeropuerto	US\$ 28.24

Artículo 3º.- Conforme a lo dispuesto por el Artículo 10º del Decreto Supremo Nº 047-2002-PCM, el Inspector mencionado en el Artículo 1º de la presente Resolución Ministerial, dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, deberá presentar un informe al Despacho Ministerial, con copia a la Oficina General de Administración del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, describiendo las acciones realizadas y los resultados obtenidos durante el viaje autorizado.

Artículo 4º.- La presente Resolución Ministerial no dará derecho a exoneración o liberación de impuestos o derechos aduaneros, cualquiera fuera su clase o denominación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSÉ JAVIER ORTIZ RIVERA
Ministro de Transportes y Comunicaciones

18678

Establecen condiciones técnicas de servicios de telecomunicaciones y modifican el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias

RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 777-2005-MTC/03

Lima, 31 de octubre de 2005

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 626-2004-MTC/15.03, de fecha 19 de agosto de 2004, se aprobó las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz;

Que, el artículo 28º del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo Nº 027-2004-MTC, establece que están exceptuados de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten, de contar con concesión, asignación del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia, las telecomunicaciones instaladas dentro de un mismo inmueble que no utilizan espectro radioeléctrico y no tienen conexión con redes exteriores y aquellos servicios cuyos equipos utilizando las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, entre otras bandas, transmiten en una potencia no superior a la señalada en dicho artículo;

Que, asimismo, el citado artículo establece que aquellos que hagan uso de las frecuencias indicadas deberán respetar las normas técnicas emitidas o que emita el Ministerio;

Que, la Nota P23 del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, aprobado mediante Resolución Ministerial Nº 187-2005-MTC/03 establece que las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, están atribuidas a título secundario para los servicios fijo y/o móvil, público y/o privado. Aquellos que hagan uso de las frecuencias antes indicadas deberán sujetarse a la normativa establecida o que establezca el Ministerio;

Que, las Notas P82 y P83 del referido Plan establecen que la banda 5 150 - 5 250 MHz está atribuida a título secundario para servicios fijo y/o móvil públicos y/o privados de telecomunicaciones para su uso en interiores y que la banda 5 250 - 5 350 MHz está atribuida a título secundario para los sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles. Aquellos que hagan uso de las frecuencias antes indicadas deberán sujetarse a la normativa establecida o que establezca el Ministerio;

Que, con fecha 16 de agosto de 2005, se publicó en el Diario Oficial El Peruano, el proyecto de norma que otorga mayor flexibilidad para la operación de los equipos en las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, habiéndose recibido y evaluado los comentarios de los interesados;

Que, el Comité Consultivo del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, mediante el Informe Nº 012-2005-MTC-COPNAF, recomienda modificar la Nota P83 del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y agregarla a los cuadros de atribución de frecuencias de las bandas 5 470 - 5 570 MHz, 5 570 - 5 650 MHz y 5 650 - 5 725 MHz;

Que, con la finalidad de promover el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones y permitir la coexistencia de los servicios en determinadas bandas de frecuencias resulta necesario atribuir la banda 5 470 - 5 725 MHz a título secundario para los sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles, otorgar mayor flexibilidad para la operación de los equipos en las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz y establecer las condiciones técnicas para la operación en las bandas 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz;

Que, en tal sentido resulta necesario emitir las nuevas condiciones técnicas aplicables para los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz y modificar el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley Nº 27791 y los Decretos Supremos Nºs. 013-93-TCC y 027-2004-MTC;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Aprobar las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902 -

928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, de acuerdo al anexo que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2º.- Modificar la Nota P83 del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, aprobado mediante Resolución Ministerial Nº 187-2005-MTC/03, con el siguiente texto:

"Nota P83: Las bandas 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz están atribuidas a título secundario para los sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles. Aquellos que hagan uso de las frecuencias antes indicadas deberán sujetarse a la normativa establecida o que establezca el Ministerio."

Artículo 3º.- Agregar la Nota P83 a los cuadros de atribución de frecuencias de las bandas 5 470 - 5 570 MHz, 5 570 - 5 650 MHz y 5 650 - 5 725 MHz.

Artículo 4º.- Dejar sin efecto la Resolución Ministerial Nº 626-2004-MTC/15.03 que aprobó las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSÉ JAVIER ORTIZ RIVERA
Ministro de Transportes y Comunicaciones

ANEXO

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS SERVICIOS CUYOS EQUIPOS UTILIZAN LAS BANDAS 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz

Artículo 1º.- ALCANCES

La presente norma técnica se aplica a los servicios cuyos equipos utilizan las siguientes bandas de frecuencias para servicios fijos y/o móviles:

- Banda de 902 - 928 MHz.
- Banda de 2 400 - 2 483,5 MHz.
- Banda de 5 150 - 5 250 MHz.
- Banda de 5 250 - 5 350 MHz.
- Banda de 5 470 - 5 725 MHz.
- Banda de 5 725 - 5 850 MHz.

Artículo 2º.- TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN O MODULACIÓN DIGITAL

Los equipos que operen en las bandas mencionadas en el artículo anterior deberán emplear técnicas de transmisión o modulación digital que permitan la mutua coexistencia.

Artículo 3º.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE OPERACIÓN

Los servicios deberán cumplir con las siguientes características, de acuerdo a la banda de operación:

a) La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) máxima deberá sujetarse a las siguientes características:

a.1) Para las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 36 dBm (4 W).

a.2) Para la banda 5 150 - 5 250 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 23 dBm (200 mW) en espacio cerrado¹.

a.3) Para la banda 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 30 dBm (1 W).

b) La potencia pico máxima de salida de un transmisor:

¹ Espacio cerrado.-Espacio físico dentro de una estructura con paredes y techo.

b.1) No debe exceder de 30 dBm (1 W) para las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz.

b.2) No debe exceder de 24 dBm (250 mW) para las bandas 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz.

Parámetros máximos a tener en cuenta para la instalación de equipos:

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de salida del transmisor			Ganancia máxima de la antena (dBi)	PIRE máxima (dBm)
	(W)	(mW)	(dBm)		
902 - 928	1	1000	30	6	36
2 400 - 2 483,5	0,5	500	27	9	36
5 725 - 5 850	0,25	250	24	12	36
5 250 - 5 350	0,25	250	24	6	30
5 470 - 5 725	0,125	125	21	9	30

c) Está prohibido el uso de amplificadores transmisores o cualquier otro dispositivo similar que altere las condiciones de PIRE máxima establecidas en el literal a) del presente artículo.

d) Para las aplicaciones en espacio abierto², el transmisor deberá estar instalado en un ambiente de fácil acceso a fin de facilitar la labor de supervisión por parte del Ministerio.

e) Los equipos que operen en las bandas 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz deberán emplear un mecanismo de control de transmisión de potencia, debiendo tener capacidad para operar al menos a 6 dB por debajo del valor medio de PIRE.

f) Los equipos que operen en las bandas 5 250 - 5 350 MHz y 5 470 - 5 725 MHz deberán emplear un mecanismo de detección de radar de selección dinámica de frecuencia. El umbral de detección para equipos con una PIRE entre 200 mW a 1W es -64 dBm.

g) Para enlaces punto a multipunto, las antenas podrán ser:

- En zonas urbanas (no permitido para el servicio privado en la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao): sectoriales con un ancho de lóbulo de hasta 90°.

- En zonas rurales y en los lugares considerados de preferente interés social no hay restricciones de antenas.

h) Para aplicaciones de espacio cerrado, no hay restricciones de antenas

Artículo 4º.- MODALIDADES DE OPERACIÓN

Las personas naturales o jurídicas podrán utilizar equipos que operen bajo los alcances de la presente norma técnica, en las modalidades punto a punto y punto a multipunto, para servicios públicos y privados de telecomunicaciones, excepto para el caso del servicio privado punto a multipunto que no podrá ser utilizado en las zonas urbanas de la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

Artículo 5º.- CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las personas naturales o jurídicas que utilicen equipos que operen bajo los alcances de la presente norma técnica deben:

a) Aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones industriales, científicas y médicas en las bandas 902-928 MHz, 2 400-2 483,5 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, y en ningún caso podrán causar interferencias a éstas.

b) No causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario, permitido o secundario.

c) Para el caso de los servicios privados, no reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario, permitido o secundario.

d) Aceptar la supervisión técnica del Ministerio, con el fin de verificar la operación de sus sistemas conforme a lo establecido en la presente norma.

e) Adoptar las medidas pertinentes para prevenir, reducir y eliminar cualquier interferencia perjudicial atribuible a su sistema que afecte a otros sistemas o servicios de telecomunicaciones.

Artículo 6º.- INSTALACIÓN

Para la instalación de estaciones radioeléctricas, las personas naturales y jurídicas deberán:

a. Presentar información técnica al Ministerio sobre las estaciones radioeléctricas, en un plazo máximo de un (1) mes a partir de la instalación de los equipos, de acuerdo al formato que forma parte integrante de la presente resolución y que podrá ser modificado por la Dirección General de Gestión de Telecomunicaciones, para efectos de contar con una base de datos sobre la ubicación y características de las mismas. Quedan exceptuados de esta obligación las aplicaciones en espacio cerrado.

b. Observar los límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones aprobadas por Decreto Supremo N° 038-2003-MTC, así como las demás normas complementarias que emita el Ministerio.

c. Cumplir con las normas técnicas de protección para las estaciones de comprobación técnica fijas pertenecientes al Sistema Nacional de Gestión del Espectro Radioeléctrico.

d. Obtener de las municipalidades y demás organismos públicos, las autorizaciones que resulten exigibles para proceder a la instalación y construcciones respectivas.

Artículo 7º.- HOMOLOGACIÓN

Para el internamiento, comercialización y operación, los equipos que operen bajo los alcances de la presente norma técnica, deberán contar con el respectivo Certificado de Homologación.

Para su comercialización, los equipos que utilicen el espectro radioeléctrico y que transmitan en una potencia igual o inferior a 10 milivatios (mW) en antena (potencia efectiva irradiada), no requerirán ser homologados.

Artículo 8º.- INFRACCIONES Y SANCIONES

Serán de aplicación las infracciones y sanciones establecidas en el Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones y en su Reglamento General.

Artículo 9º.- INFORMACIÓN

Las empresas que comercializan equipos y aparatos de telecomunicaciones que se encuentren dentro de los alcances de la presente norma técnica deberán difundirla a sus clientes.

Artículo 10º.- AUTORIZACIÓN

Están exceptuados de contar con concesión, asignación del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia, los servicios cuyos equipos transmiten con una potencia en antena (potencia efectiva irradiada) no superior a la establecida en el Artículo 28º del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

Asimismo, sólo para la prestación y/o instalación de servicios en áreas rurales y en lugares considerados de preferente interés social, y previa obtención de la concesión, autorización, asignación del espectro radioeléctrico, permiso o licencia correspondiente, está permitido operar equipos en las bandas 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 250 - 5 350 MHz, 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz, utilizando antenas de mayor ganancia que permitan superar los respectivos valores de la PIRE señalado en el artículo 3º de la presente norma técnica.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Primera.- PRESENTACIÓN DE FORMATO

Las personas naturales y jurídicas que vienen operando equipos que se encuentren bajo los alcances de la presente norma técnica deberán cumplir con presentar el formato a que se refiere el literal a) del artículo 6º en un plazo máximo de un (1) mes de publicada la presente norma.

² Espacio abierto.- Espacio físico al aire libre, fuera de una estructura con paredes y techo.

ANEXO

INFORMACIÓN TÉCNICA PARA LA OPERACIÓN EN LAS BANDAS
 902 - 928 MHz, 2 400 - 2 483,5 MHz, 5 150 - 5 250 MHz, 5 250 - 5 350 MHz,
 5 470 - 5 725 MHz y 5 725 - 5 850 MHz

DATOS DEL USUARIO/OPERADOR:			
Apellidos y nombres / Razón Social			
Domicilio Legal			
<input type="checkbox"/> D.N.I.	<input type="checkbox"/> R.U.C.	Nº	Teléfono:

DATOS DE LA ESTACIÓN:		
Ubicación (Jr., Calle, Av., etc.)		
Distrito	Provincia	Departamento

BANDA DE OPERACIÓN (MHz):		
<input type="checkbox"/> 902 - 928	<input type="checkbox"/> 2 400 - 2 483,5	<input type="checkbox"/> 5 150 - 5 250
<input type="checkbox"/> 5 250 - 5 350	<input type="checkbox"/> 5 470 - 5 725	<input type="checkbox"/> 5 725 - 5 850

TRANSMISOR:			
Marca	Modelo	Código de Homologación	Potencia de Transmisión (dBm)

SISTEMA RADIANTE (ANTENA):			
Marca	Modelo	Código de Homologación	Ganancia (dBi)

ENLACE:	
Ubicación de la(s) estación(es) a enlazar (Jr., Calle, Av., etc.)	Distancia (Km)
1.	
2.	
3.	

REPRESENTANTE LEGAL:	
Apellidos y Nombres:	
Documento de identidad:	Firma
<input type="checkbox"/> DNI <input type="checkbox"/> C. I. <input type="checkbox"/> Pasaporte <input type="checkbox"/> C. E. Nº	

18669

Reconocen a Radio Integridad S.A.C. como titular de la autorización del servicio de radiodifusión sonora comercial en FM, en el departamento de La Libertad

RESOLUCIÓN VICEMINISTERIAL
Nº 514-2005-MTC/03

Lima, 28 de octubre del 2005

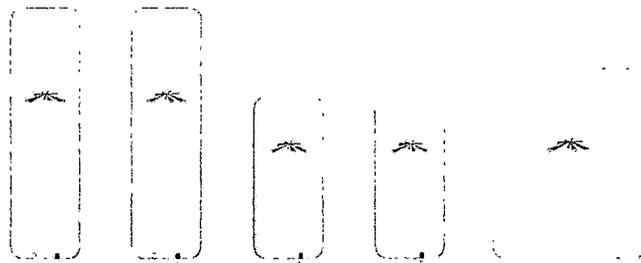
VISTAS, las Solicitudes registros N°s. 2001-000317, 2001-001303, 2001-001817, 2002-001496 y 2002-002716 de la empresa RADIO INTEGRIDAD S.A.C., sobre reconocimiento de titularidad de autorización, renovación y modificación de características técnicas de una estación del servicio de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (FM), en el distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad;

CONSIDERANDO:

Que, con Resolución Ministerial Nº 560-95-MTC/15.17 del 28 de diciembre de 1995 se autorizó a la empresa JESÚS FERNANDO DUENAS IPARRAGUIRRE E.I.R.L., la operación de una estación del servicio de radiodifusión sonora comercial en Frecuencia Modulada (FM), en el distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, por el plazo de diez (10) años, con fecha de vencimiento al 24 de julio de 2001;

Que, mediante Resolución Directoral Nº 029-2000-MTC/15.19 del 8 de marzo de 2000 se autorizó el cambio de ubicación de los Estudios y Planta, y el cambio de tipo de emisión de la estación en Frecuencia Modulada (FM), en el distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, autorizada a la empresa JESÚS FERNANDO DUENAS IPARRAGUIRRE E.I.R.L., por Resolución Ministerial Nº 560-95-MTC/15.17;

Que, por Resolución Viceministerial Nº 268-2001-MTC/15.03, del 16 de abril de 2001, se aprobó la transferencia de la autorización del servicio de



NanoStation *M*

NanoStation loco *M*

Models: NanoStation M2/M5
NanoStation Loco M2/M5/M900

QUICK START GUIDE

Introduction

Thank you for purchasing a Nanostation M series product. This is a point-to-point CPE wireless device. This Quick Start Guide is for use with the following models:

Model	Operating Frequency	Ethernet Ports
NanoStation M2	2403-2475 MHz	2
NanoStation M5	5170-5875 MHz*	2
NanoStation Loco M2	2402-2482 MHz	1
NanoStation Loco M5	5170-5875 MHz*	1
NanoStation Loco M900	904-926 MHz	1

* Only 5745-5850 MHz is supported in the USA and Canada

Package Contents



NanoStation



24v PoE
Adapter



Power Cord



Mounting Ties

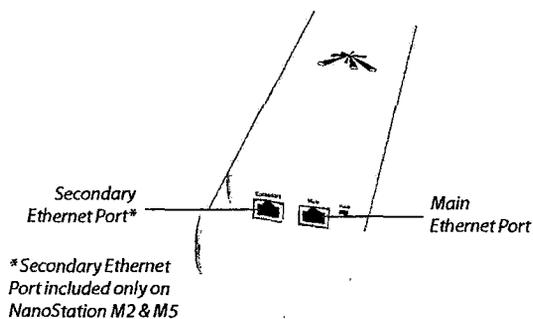
* Products may be different from pictures and are subject to change without notice.

Installation Requirements

- 10 mm wrench
- Shielded Category 5 (or above) cabling should be used for all wired Ethernet connections and should be grounded through the AC ground of the PoE.

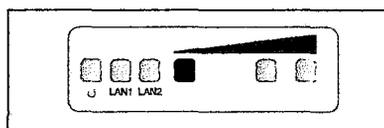
We recommend that you protect your networks from the most brutal environments and devastating ESD attacks with industrial-grade shielded Ethernet cable from Ubiquiti Networks. For more details, visit www.ubnt.com/toughcable

Hardware Overview



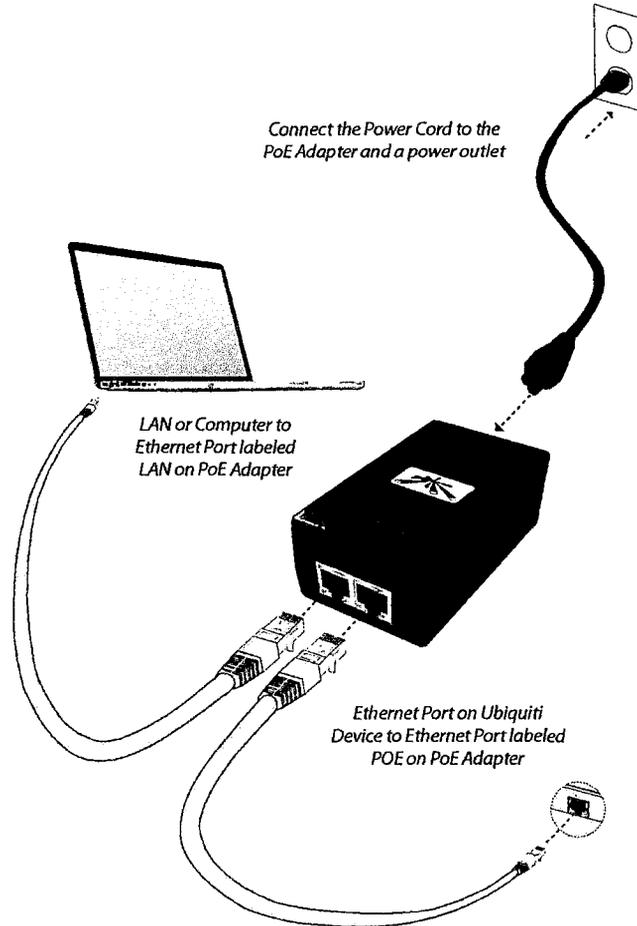
Note: Secondary Ethernet Port is capable of 24V Power over Ethernet output which can provide power to a secondary device. It can be enabled using the AirOS interface.

LEDs



-  **Power** The Power LED will light steady green when properly connected to a power source.
- LAN1** **WAN/Main Ethernet** The LAN1 Ethernet LED will light steady green when an active Ethernet connection is made to the *Primary Ethernet Port* and flash when there is activity.
- LAN2** **LAN/Secondary Ethernet** The LAN2 Ethernet LED (on NanoStation M2/M5 only) will light steady green when an active Ethernet connection is made to the *Secondary Ethernet Port*.
-  **Signal** These LEDs display the signal strength.

Typical Deployment



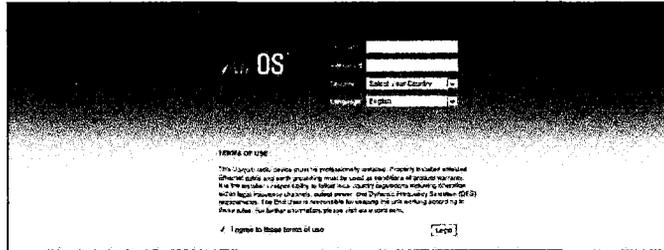
 Note: Shielded Category 5 (or above) cabling should be used for all wired Ethernet connections and should be grounded through the AC ground of the PoE.

Accessing AirOS

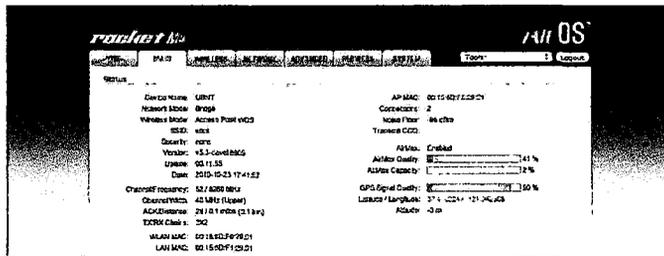
1. Make sure that your host machine is connected via Ethernet to the Ubiquiti Networks device (as shown on previous page).
2. Configure the Ethernet adapter on your host system with a static IP address on the 192.168.1.x subnet (e.g. 192.168.1.100).
3. Launch your Web browser and type **http://192.168.1.20** in the address field and press enter (PC) or return (Mac).



4. Enter **ubnt** in the *Username* and *Password* fields. Select your country from the *Select Your Country* drop-down. To use the product you must agree to the terms of use. To do so, click **I agree to these terms of use**. Click **Login**.

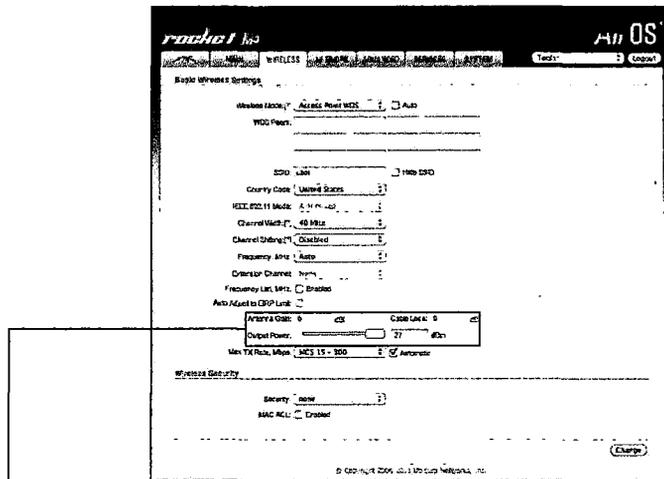
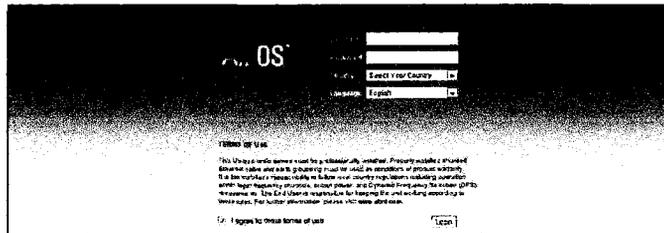


5. The AirOS Interface will appear allowing you to customize your settings as needed.



Installer Compliance Responsibility

Devices must be professionally installed and it is the professional installer's responsibility to make sure the device is operated within local country regulatory requirements.



Since Ubiquiti Networks equipment can be paired with a variety of antennas and cables, the *Antenna Gain*, *Cable Loss*, and *Output Power* fields are provided to the professional installer to assist in meeting regulatory requirements.

 Note: This product is locked to the US Country Code to ensure compliance with FCC regulations.

Specifications

NanoStation M

Enclosure Size	29.4 x 8 x 3 cm
Weight	0.5 kg
Max Power Consumption	8 Watts
Power Supply	24V, 1A PoE Supply Included
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30° to 75° C
Operating Frequency	
M2	2403 MHz - 2475 MHz
M5	5470 MHz - 5825 MHz
Networking Interface	2 10/100BASE-TX Ethernet Ports

NanoStation Loco M

Enclosure Size	163 x 31 x80 mm
Weight	0.18kg
Max Power Consumption	5.5 Watts
Power Supply	24V, 0.5A PoE Supply Included
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30° to 80° C
Operating Frequency	
Loco M900	904 - 926 MHz
Loco M2	2412 MHz - 2462 MHz
Loco M5	5470 MHz - 5825 MHz
Networking Interface	1 10/100BASE-TX Ethernet Ports

Safety Notices

1. Read, follow, and keep these instructions.
2. Heed all warnings.
3. Only use attachments/accessories specified by the manufacturer.



WARNING: Do not use this product in location that can be submerged by water.



WARNING: Avoid using this product during an electrical storm. There may be a remote risk of electric shock from lightning.

Electrical Safety Information

1. Compliance is required with respect to voltage, frequency, and current requirements indicated on the manufacturer's label. Connection to a different power source than those specified may result in improper operation, damage to the equipment or pose a fire hazard if the limitations are not followed.
2. There are no operator serviceable parts inside this equipment. Service should be provided only by a qualified service technician.
3. This equipment is provided with a detachable power cord which has an integral safety ground wire intended for connection to a grounded safety outlet.
 - a. Do not substitute the power cord with one that is not the provided approved type. Never use an adapter plug to connect to a 2-wire outlet as this will defeat the continuity of the grounding wire.
 - b. The equipment requires the use of the ground wire as a part of the safety certification, modification or misuse can provide a shock hazard that can result in serious injury or death.
 - c. Contact a qualified electrician or the manufacturer if there are questions about the installation prior to connecting the equipment.

General Warranty

UBIQUITI NETWORKS, Inc ("UBIQUITI NETWORKS") represents and warrants that the Products furnished hereunder shall be free from defects in material and workmanship for a period of one (1) year from the date of shipment by UBIQUITI NETWORKS under normal use and operation. UBIQUITI NETWORKS sole and exclusive obligation under the foregoing warranty shall be to repair or replace, at its option, any defective Product that fails during the warranty period. The expense of removal and reinstallation of any item is not included in this warranty.

The foregoing warranty is exclusive and in lieu of all other warranties, express or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose and any warranties arising from a course of dealing, usage or trade practice with respect to the products. Repair or replacement in the manner provided herein shall be the sole and exclusive remedy of Buyer for breach of warranty and shall constitute fulfillment of all liabilities of UBIQUITI NETWORKS with respect to the quality and performance of the Products. UBIQUITI NETWORKS reserves the right to inspect all defective Products (which must be returned by Buyer to UBIQUITI NETWORKS factory freight prepaid).

No Products will be accepted for replacement or repair without obtaining a Return Materials Authorization (RMA) number from UBIQUITI NETWORKS. Products returned without an RMA number will not be processed and will be returned to Buyer freight collect. UBIQUITI NETWORKS shall have no obligation to make repairs or replacement necessitated by catastrophe, fault, negligence, misuse, abuse, or accident by Buyer, Buyer's customers or any other parties. The warranty period of any repaired or replaced Product shall not extend beyond its original term.

Warranty Conditions

The foregoing warranty shall apply only if:

- (I) The Product has not been subjected to misuse, neglect or unusual physical, electrical or electromagnetic stress, or some other type of accident.
- (II) No modification, alteration or addition has been made to the Product by persons other than UBIQUITI NETWORKS or UBIQUITI NETWORKS's authorized representatives or otherwise approved by UBIQUITI NETWORKS.
- (III) The Product has been properly installed and used at all times in accordance, and in all material respects, with the applicable Product documentation.
- (IV) All Ethernet cabling runs use CAT5 (or above) shielded cabling.

Disclaimer: UBIQUITI NETWORKS does not warrant that the operation of the products is error-free or that operation will be uninterrupted. In no event shall UBIQUITI NETWORKS be responsible for damages or claims of any nature or description relating to system performance, including coverage, buyer's selection of products for buyer's application and/or failure of products to meet government or regulatory requirements.

Returns

In the unlikely event a defect occurs, please work through the dealer or distributor from which this product was purchased.

Compliance

FCC

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operations of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

For MPE and antenna usage details, please visit our website at www.ubnt.com/compliance

Industry Canada

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada.

To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that permitted for successful communication.

This device complies with Industry Canada licence-exempt RSS standard(s). Operation is subject to the following two conditions:

1. This device may not cause interference, and
2. This device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

En vertu des règlements d'Industrie Canada, cet émetteur radio ne peut fonctionner avec une antenne d'un type et un maximum (ou moins) approuvés pour gagner de l'émetteur par Industrie Canada.

Pour réduire le risque d'interférence aux autres utilisateurs, l'antenne type et son gain doivent être choisies de façon que l'équivalent puissance isotrope rayonnée équivalente (pire) n'est pas plus que cela autorisé pour une communication réussie.

Et Cet appareil est conforme à la norme RSS Industrie Canada exempts de licence norme (s). Son fonctionnement est soumis aux deux conditions suivantes:

1. Cet appareil ne peut pas provoquer d'interférences et
2. Cet appareil doit accepter toute interférence, y compris les interférences susceptibles de provoquer un fonctionnement du dispositif.

RF Exposure Warning

The transceiver described here emits radio frequency energy. Although the power level is low, the concentrated energy from a directional antenna may pose a health hazard. Do not allow people to come closer than 55.53 cm to the antenna when the transmitter is operating.

Additional information on RF exposure is available on the Internet at www.fcc.gov/oet/info/documents/bulletins

L'émetteur-récepteur décrit ici émet de l'énergie de fréquence radio. Bien que le niveau de puissance est faible, l'énergie concentrée à partir d'une antenne directionnelle peut présenter un danger pour la santé. Ne pas permettre aux gens de se rapprocher de 55.53 cm à l'antenne lorsque l'émetteur est en marche.

Des renseignements supplémentaires sur l'exposition aux RF est disponible sur Internet à www.fcc.gov/oet/info/documents/bulletins

CE Marking

CE marking on this product represents the product is in compliance with all directives that are applicable to it.

Alert sign! Follows CE marking

Alert sign must be indicated if a restriction on use applied to the product and it must follow the CE marking.



NB-Identification number (if there is any)

Notified body number is indicated if it is involved in the conformity assessment procedure.

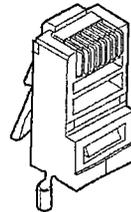


Please check the CE mark on the product label to find out which notified body was involved during assessment.

TOUGH Cable™

English

We recommend that you protect your networks from the most brutal environments and devastating ESD attacks with industrial-grade shielded Ethernet cable from Ubiquiti Networks. For more details, visit www.ubnt.com/toughcable



Deutsch

Schützen Sie Ihre Netzwerke vor extremen Umwelteinflüssen und verheerender elektrostatischer Entladung (ESD), indem Sie abgeschirmte Ethernetkabel in Unternehmensqualität von Ubiquiti Networks verwenden. Weitere Informationen erhalten Sie unter www.ubnt.com/toughcable

Español

Le recomendamos que proteja sus redes de los entornos más hostiles y los devastadores efectos de las descargas electrostáticas utilizando cable Ethernet blindado con calidad-industrial de Ubiquiti Networks. Para obtener más información, visite www.ubnt.com/toughcable

Français

Nous vous recommandons de protéger vos réseaux contre les environnements les plus brutaux et les décharges électrostatiques les plus dévastatrices avec un câble Ethernet Ubiquiti Networks avec blindage renforcé. Pour en savoir plus, rendez-vous sur www.ubnt.com/toughcable

Italiano

Si consiglia di proteggere le reti dagli ambienti e dagli attacchi ESD più invasivi con il cavo Ethernet schermato-di tipo industriale di Ubiquiti Networks. Per ulteriori informazioni, visitare il sito Web www.ubnt.com/toughcable

Ubiquiti Networks Support

Email: support@ubnt.com

Phone (9 a.m. - 5 p.m. PST): **408-942-1153**

Online Resources

Wiki Page: www.ubnt.com/wiki

Support Forum: www.ubnt.com/forum

Knowledge Base: www.ubnt.com/kb

Downloads: www.ubnt.com/support/downloads



© 2013 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved.

Tutorial de Radio Mobile

Grupo de Radiocomunicación
Departamento SSR
ETSIT- UPM
Febrero de 2007

Índice de Contenidos

<u>1</u>	<u>Introducción a Radio Mobile.....</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>Cómo instalar Radio Mobile.....</u>	<u>5</u>
<u>3</u>	<u>Cómo obtener datos de elevación y crear mapas.....</u>	<u>6</u>
	3.1 Configuración.....	6
	3.2 Mapa de elevaciones.....	7
	3.3 Superposición de mapas.....	9
<u>4</u>	<u>Cómo crear una red.....</u>	<u>13</u>
	4.1 Propiedades de la red.....	15
	4.2 Definición de sistemas.....	17
	4.3 Posicionamiento de unidades radio.....	18
	4.4 Asociación de unidades a la red.....	20
	4.5 Apuntamiento de antenas directivas.....	22
	4.6 Guardar el proyecto.....	25
<u>5</u>	<u>Herramientas.....</u>	<u>26</u>
	5.1 Radio Link.....	26
	5.2 Radio Coverage.....	28
<u>6</u>	<u>Enlaces de interés.....</u>	<u>31</u>

1 Introducción a Radio Mobile

Radio Mobile es un programa de simulación de radiopropagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice.

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Misión* (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m).

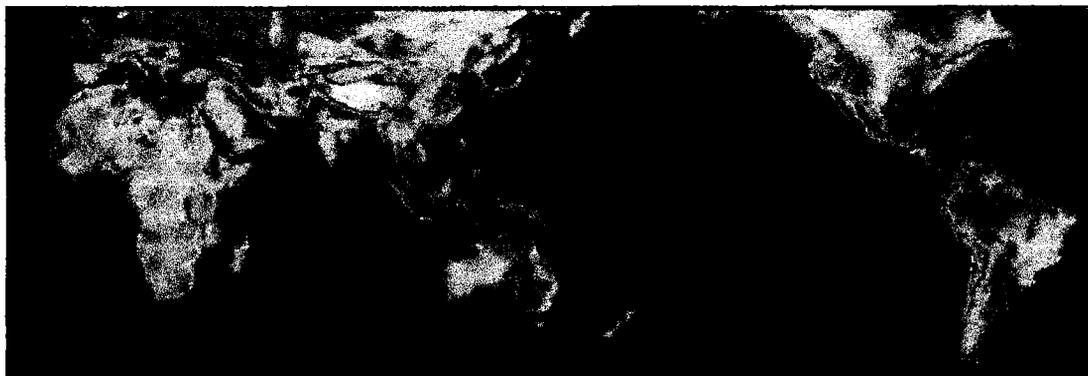


Figura 1. Mapa mundial creado con Radio Mobile utilizando datos de elevación SRTM.
Fuente <http://www.sector14.net/~curt/srtm>



Figura 2. Vista en 3D generada con Radio Mobile.
Fuente <http://www.cplus.org/mw/rme.html>

Los mapas con información de elevaciones pueden ser superpuestos a imágenes con mapas topográficos, mapas de carreteras o imágenes satélite.



Figura 3. Mapa de Madrid y sus alrededores. Superposición de mapa de elevaciones y mapa topográfico.



Figura 4. Mapa de Madrid y alrededores. Superposición de mapa de elevaciones e imagen de Satélite obtenida en Google Maps.

En la página principal de Radio Mobile puede descargar gratuitamente el programa, consultar guías de utilización, acceder al grupo Yahoo de discusión de Radio Mobile y consultar las especificaciones o "data sheet" del programa.

2 Cómo instalar Radio Mobile

Todos los archivos necesarios para la instalación se encuentran en la página de descargas de Radio Mobile <http://www.cplus.org/rmw/download.html>. El software del programa no incluye un instalador. Los siguientes pasos permiten completar la instalación del programa:

1. Instale el paquete Visual Basic Runtime (Service Pack 6) de Microsoft. Para ello descargue el archivo [vbrun60sp6.exe](#) y ejecútelo. Es posible que tenga que reiniciar posteriormente su PC.
2. Cree un directorio en el que instalar el programa:
C:\Archivos de programa\Radio Mobile.
3. Descargue los siguientes archivos comprimidos y descomprímalos en el directorio que ha creado, respetando este orden:
 - [rmw794.zip](#) archivos ejecutables de Radio Mobile.
 - [sup.zip](#) suplementos para Radio Mobile.
 - [net.zip](#) ejemplo de red.
4. Para crear un acceso directo en su escritorio, abra el directorio C:\Archivos de programa\Radio Mobile, seleccione copiar sobre el icono RMWDLX, sitúese sobre el escritorio y seleccione pegar acceso directo.
5. Para habilitar la descarga de mapas desde Internet, por ejemplo de Google Maps, es necesario abrir el archivo Map_Link.txt situado en la carpeta en la que ha instalado Radio Mobile y borrar los apóstrofes de las primeras líneas:
 - `www.expedia.com
 - `virtualearth.net
 - `map.access.mapquest.com
 - `google.com
6. Para obtener funcionalidades extra puede descargar las siguientes librerías (DLL):
 - [freeimage.zip](#) permite guardar imágenes en formatos jpeg, tiff y png. Probablemente ya dispone de estas funciones.
 - [unzip32.zip](#) permite la descarga automática de archivos SRTM comprimidos.

- [geoStarsLib.zip](#) para establecer el Azimut relativo al Norte Magnético.

Es posible encontrar en Internet instaladores para Radio Mobile creados por otros usuarios que incluyen ejemplos de redes. La instalación es más sencilla, pero puede no instalar la última versión de Radio Mobile. Realice el paso 5 en cualquier caso.

- [Documentación](#) e instalador de [Radio Mobile 7.9.4](#). de G3TVU.
- [Documentación](#) e instalador de [Radio Mobile 7.6.3](#) de Greg Burg.

3 Cómo obtener datos de elevación y crear mapas

Los datos de elevaciones se van a descargar de Internet del proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Misión* (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m).

A partir de estos datos Radio Mobile produce mapas de elevaciones que pueden ser superpuestos a imágenes con mapas topográficos, fotografías aéreas o imágenes de satélite que se descargarán de fuentes de Internet como *MapPoint*, *VirtualEarth*, *MapQuest* y *GoogleMap*.

3.1 Configuración

Abra el programa y observará en la pantalla un mapa de elevaciones que corresponde a la red por defecto `..\default.net`.

Es necesario definir el directorio local en el que se van a almacenar los datos de elevaciones descargados y establecer el directorio ftp de Internet desde el que se van a descargar los datos SRTM. Este directorio varía según la región en la que queramos trabajar (Eurasia, África, Australia...).

1. Cree tres directorios locales denominados SRTM, GoogleMap y VirtualEarth en los que se almacenarán los mapas descargados de Internet.
2. Acceda a **Options > Internet**.
Active la opción para descargar los datos de Internet sólo si no se encuentran ya en el directorio local y guardar una copia local de los datos descargados.
Especifique el path del directorio local que ha creado para almacenar los mapas SRTM.

Seleccione el directorio Internet ftp según el área de interés. Pulse OK para guardar los cambios.

Para las pestañas *GoogleMap* y *VirtualEarth* active la opción *Download from Internet if a file is not found on local path and set a local copy* y especifique el path del directorio que ha creado para estos mapas.

3. Acceda a **Options > Elevation data**. Seleccione *Use elevation data in memory generated by Map Properties*.

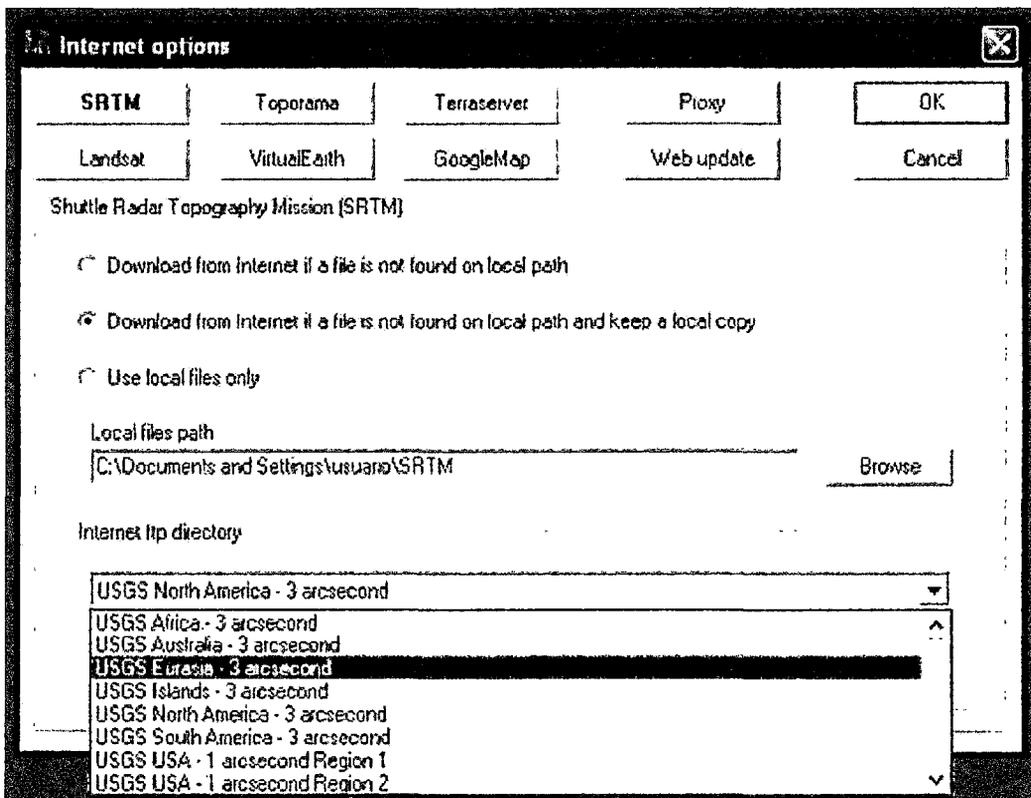


Figura 5. Configuración de las Opciones de Internet para descargar mapas SRTM en la zona de Eurasia.

3.2 Mapa de elevaciones

Acceda a **File > Map properties**.

1. Determine la fuente de datos de elevaciones. En este tutorial utilizaremos los datos SRTM de la NASA. Especifique el path del directorio local que ha creado para almacenar los datos SRTM.
2. Seleccione la longitud y latitud del centro de la región de trabajo. Puede encontrar las coordenadas geográficas de ciudades españolas en:
<http://www.sitiosespana.com/paginas/coordenadas.htm>.

3. Introduzca las dimensiones del mapa: resolución en la pantalla en número de píxeles y longitud de la zona en Km.
4. Seleccione la opción *Ignore missing files* y pulse *Extract*.
5. Acceda a **File > Save map as** y guarde los datos de elevaciones obtenidos en un fichero con extensión `map`. Puede guardar la imagen asociada a este mapa en **File > Save picture as**.

Es importante diferenciar el mapa (datos de elevaciones en fichero .map) y las imágenes que obtiene Radio Mobile representando estos datos (fichero .bmp, .jpg, .gif...).

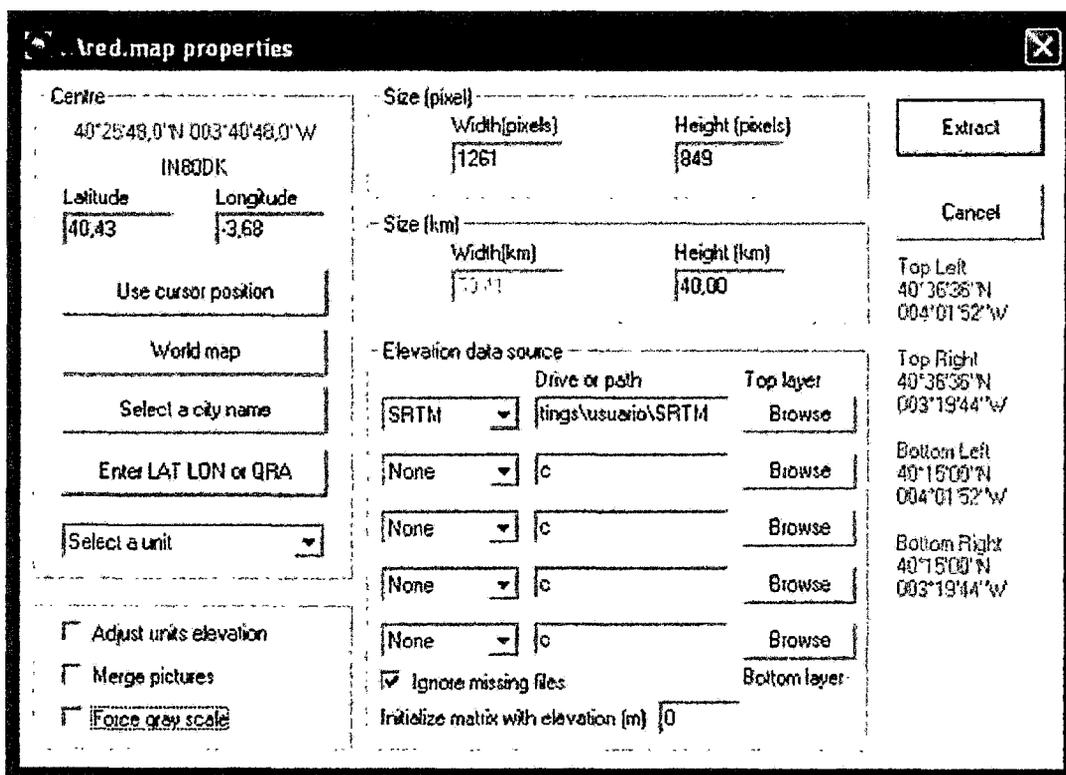


Figura 6. Configuración de las Propiedades del Mapa para extraer datos de elevaciones SRTM en los alrededores de Madrid.



Figura 7. Imagen MadidSur.jpg. Representación de los datos de elevaciones SRTM en los alrededores de Madrid.

3.3 Superposición de mapas

La función *Merge picture* permite superponer a la imagen del mapa de elevaciones mapas topográficos, mapas de carreteras o imágenes de satélite que se pueden descargar de distintas fuentes en Internet. También permite superponer a la imagen activa otra imagen abierta previamente. La imagen que resulta mantendrá los atributos de la matriz de elevaciones.

Para poder descargar las imágenes de fuentes en Internet es necesario haber editado previamente el archivo *Map_Link.txt* (ver apartado 2, paso 5) y configurar las Opciones de Internet (ver apartado 3.1). En este tutorial se trabaja con imágenes descargadas de Internet de las fuentes *Map Point*, *Virtual Earth*, *Map Quest* y *Google Map*.

Las imágenes se pueden superponer mediante cuatro modos de operación:

- **Copy:** produce una versión sin procesar de los datos descargados, es decir, representa únicamente el mapa descargado sin superponerlo. En este modo obtendríamos por ejemplo un mapa de carreteras que no aparecería superpuesto al mapa de elevaciones.
- **Add, Multiply y Bitwise:** procesan los datos descargados con la imagen activa utilizando distintas funciones. Para elegir el modo de operación pruebe a realizar la superposición en los tres modos y escoja la imagen más nítida para su proyecto.

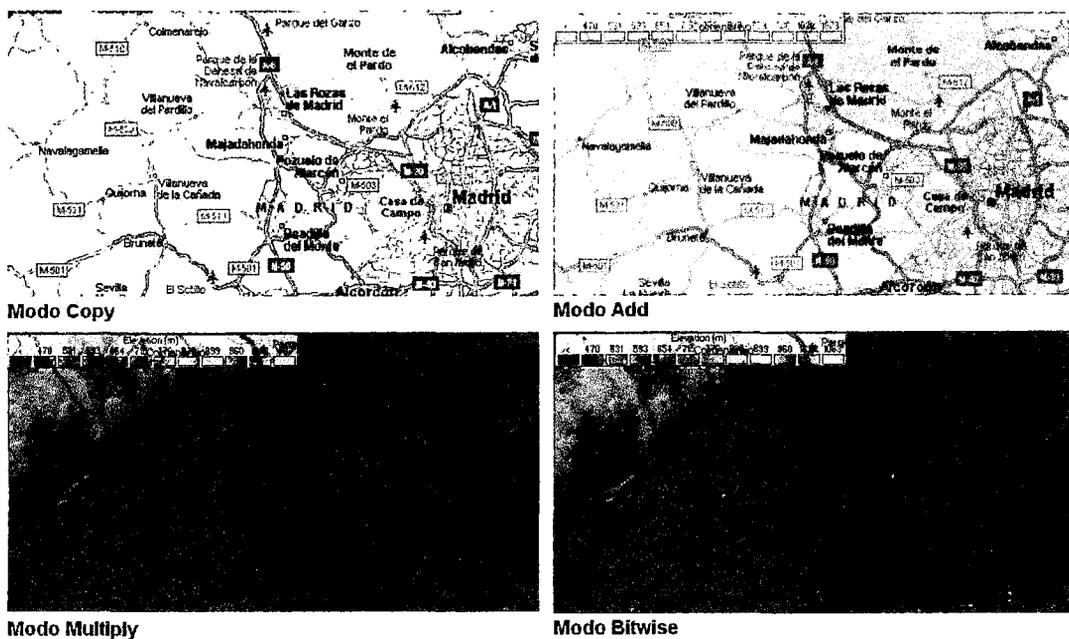


Figura 8. Imágenes obtenidas con la función *Merge Picture* con datos de MapPoint en los distintos modos de operación.

Para obtener imágenes más claras, puede trabajar con el mapa de elevaciones en escala de grises. Para obtenerlo acceda a **File > Map properties** y seleccione la opción *Force grey scale* y extraiga de nuevo el mapa. Utilice esta nueva imagen para realizar la superposición.

Abra **Edit > Merge Pictures**, seleccione la fuente de datos, el modo de operación y haga clic en *Draw*. Una vez descargados los datos visualizará el nuevo dibujo con los mapas superpuestos y el programa le ofrecerá la opción de mantener la superposición en la imagen actual, guardarla en una nueva imagen o descartar la superposición.

Es conveniente guardar las distintas superposiciones que obtenga en **File > Save picture as**.

- Fuente: *Internet Map Point*

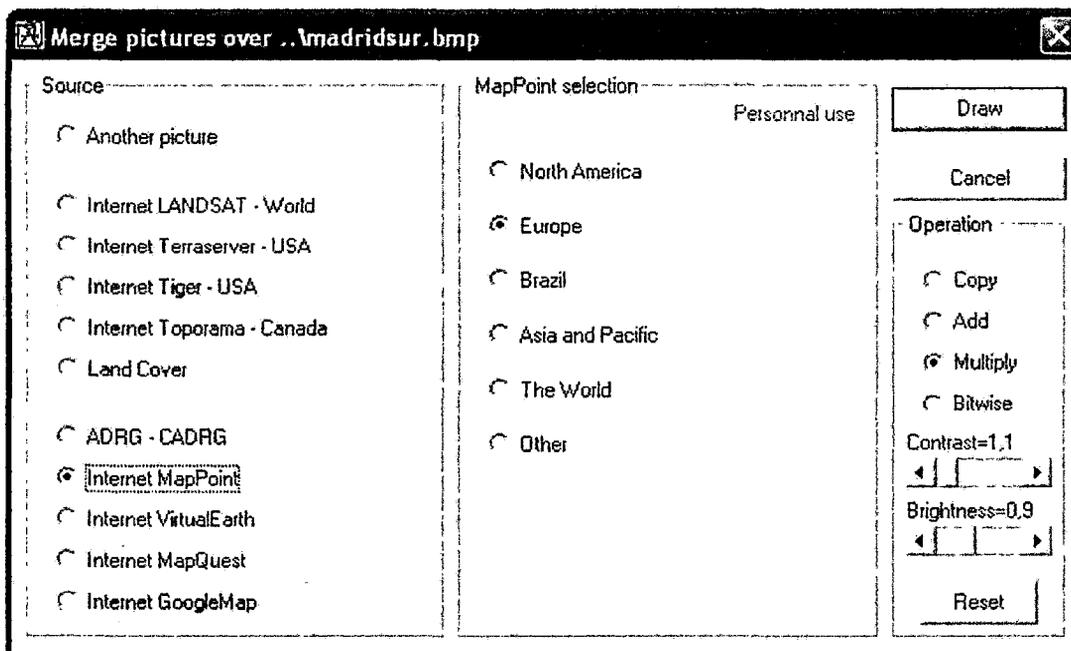


Figura 9. Merge Picture utilizando como fuente *Internet Map Point*.

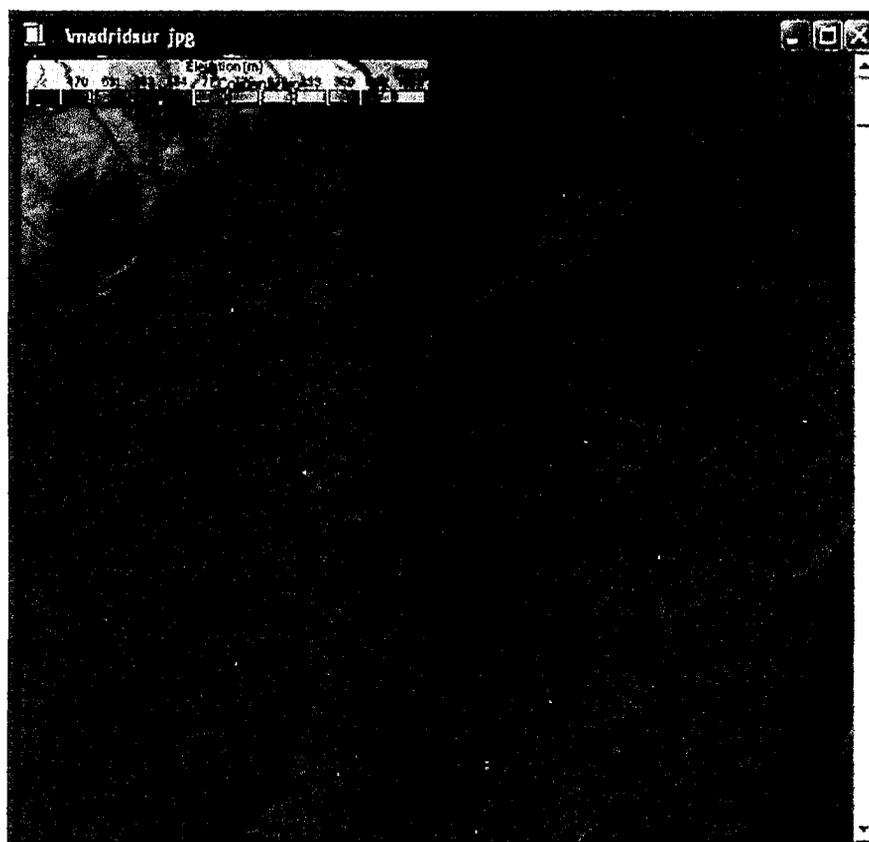


Figura 10. Ejemplo de imagen obtenida utilizando *Merge Picture* en modo *Multiply* con *Internet Map Point* como fuente.

- *Internet Virtual Earth* permite descargar tres tipos de mapas: mapas de carreteras, fotos aéreas y mapas híbridos.
- *Internet Map Quest* produce mapas topográficos y *Google Map* permite descargar imágenes de satélite.
- Si selecciona como fuente *Another picture*, puede superponer a la imagen activa otra imagen abierta en Radio Mobile, cuyo nombre se especifica en el campo *Source picture*.

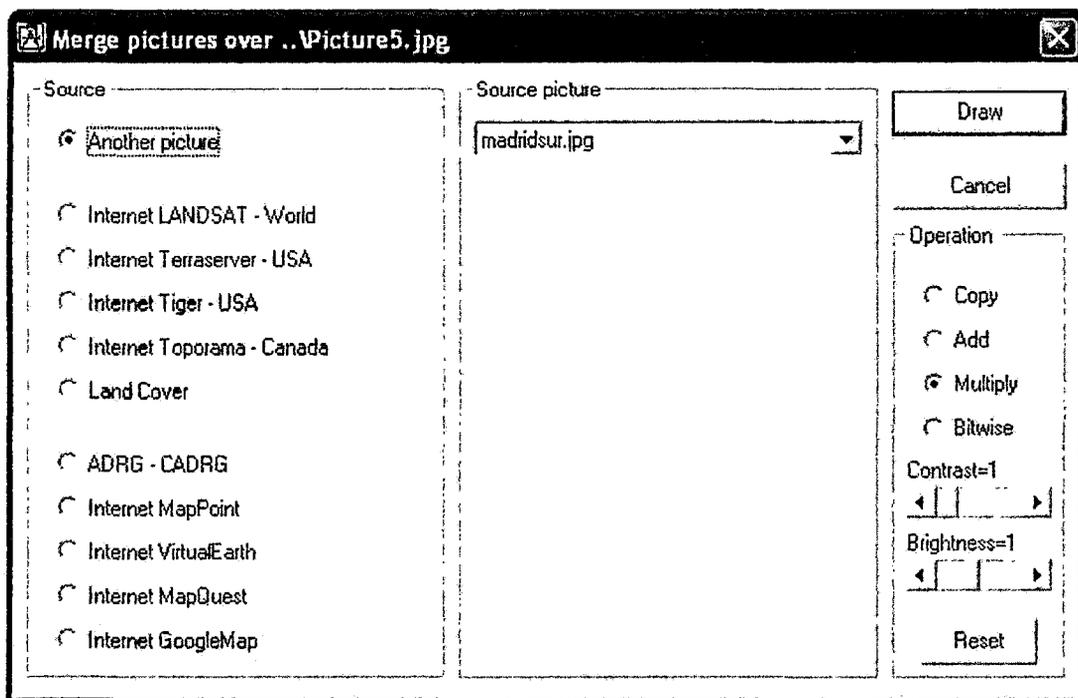


Figura 11. Utilidad *Merge Picture* para superponer una imagen previamente abierta a la imagen activa.

Es posible obtener mapas más detallados seleccionando una cuadrícula en la imagen del mapa de elevaciones con el ratón y pulsando el botón derecho. El programa le permitirá crear una imagen ampliada de la zona. Le aconsejamos que para hacer la ampliación utilice el mapa de elevaciones en escala de grises. A partir de la ampliación del mapa de elevaciones puede utilizar la herramienta *Merge Picture* por ejemplo con *Google Map* como fuente, obteniendo un mapa más detallado de la zona que conserva la matriz de elevaciones.

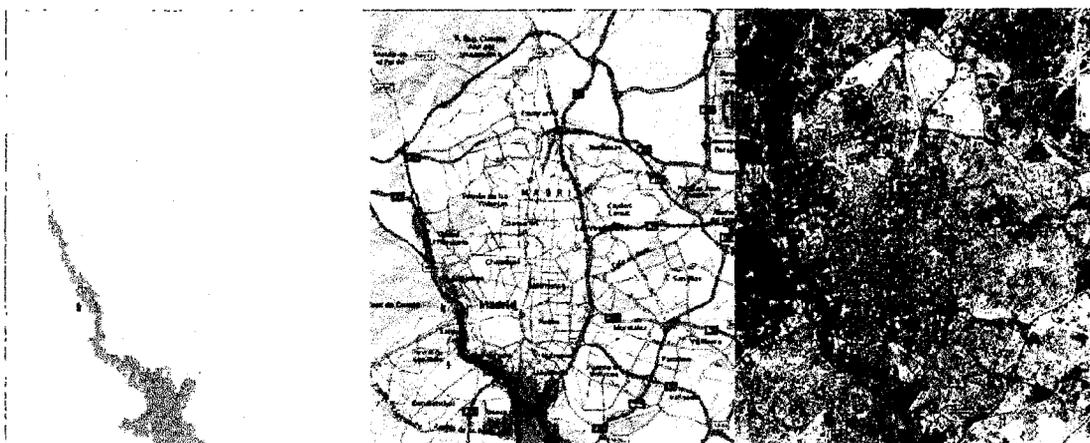


Figura 12. Ejemplo de imagen ampliada del mapa de elevaciones de Madrid en escala de grises y superposiciones con datos de *Map Point* y con imágenes satélite de *Google Maps*.

En el documento de la página web de GT3TVU sobre Radio Mobile encontrará más ejemplos de uso de la herramienta *Merge Pictures*.

4 Cómo crear una red

Para trabajar con Radio Mobile, es necesario entender la terminología utilizada en el programa:

- **Network:** es un grupo de unidades radio (*units*) que operan en el mismo rango de frecuencias bajo las mismas condiciones climatológicas y condiciones de terreno (en términos de porcentaje de suelo urbano o rural).
- **System:** especificación funcional de un sistema que incluye parámetros de antena (potencia de transmisión, umbral de recepción, pérdidas del circuito de antena, diagrama de radiación y ganancia), pérdidas del cable y altura de la antena sobre el suelo. A cada unidad radio física emplazada (*unit*) se le asocia una especificación funcional (*system*) entre las definidas.
- **Unit:** unidad radio física con posición geográfica y especificaciones de un tipo de sistema entre los definidos (*system*).
- **Membership:** definición de qué unidades radio físicas emplazadas pertenecen a una red (*network*), cuáles son sus especificaciones (*system*) y cuál es su rol en la topología de la red.

Para ilustrar el funcionamiento de Radio Mobile se simulará una red de comunicaciones móviles GSM en una zona rural de la Comunidad de Madrid. El objetivo es ofrecer cobertura en los pueblos del Valle del Lozoya. Para ello se emplazará una estación base en los alrededores de Rascafría y se estudiará su área de cobertura con la herramienta *Radio Coverage*. Además

5. Cree y posicione las unidades radio en el mapa; la estación "Base Rascafría" y varios terminales móviles emplazados en la zona ("Móvil 1", "Móvil 2"...). (ver apartado 4.2).
File > Unit properties.
6. Asocie las unidades radio a la red. Asigne a cada unidad un tipo de sistema. (ver apartado 4.3).
File > Networks properties > Membership.
7. Utilice las herramientas de Radio Mobile para realizar simulaciones (ver apartado 5).

4.1 Propiedades de la red

Parámetros de propagación: **File > Networks properties > Parameters.**
En primer lugar seleccione una red libre de la lista de redes y nómbrela.
Los parámetros de propagación a establecer son:

- Frecuencia máxima y mínima. El programa utiliza la frecuencia media como entrada al modelo de propagación.
- Polarización vertical u horizontal (dependiendo de los equipos reales utilizados).
- Refractividad de la superficie, conductividad del suelo y permitividad relativa del suelo. Si no tiene éstos datos, utilice los valores por defecto.
- Modo de variabilidad:
El modo *Accidental* se utiliza para evaluar interferencias. El modo *Broadcast* es para unidades estacionarias y *Mobile* para comunicaciones móviles. En el modo *Spot* el programa hace un único intento para enviar un mensaje en la simulación.
El efecto de los porcentajes de tiempo, localizaciones y situaciones depende del modo elegido.
- Porcentaje de suelo urbano o bosques para calcular las pérdidas adicionales.
- Tipo de clima.

La siguiente ventana muestra los parámetros para la red GSM de Rascafría:

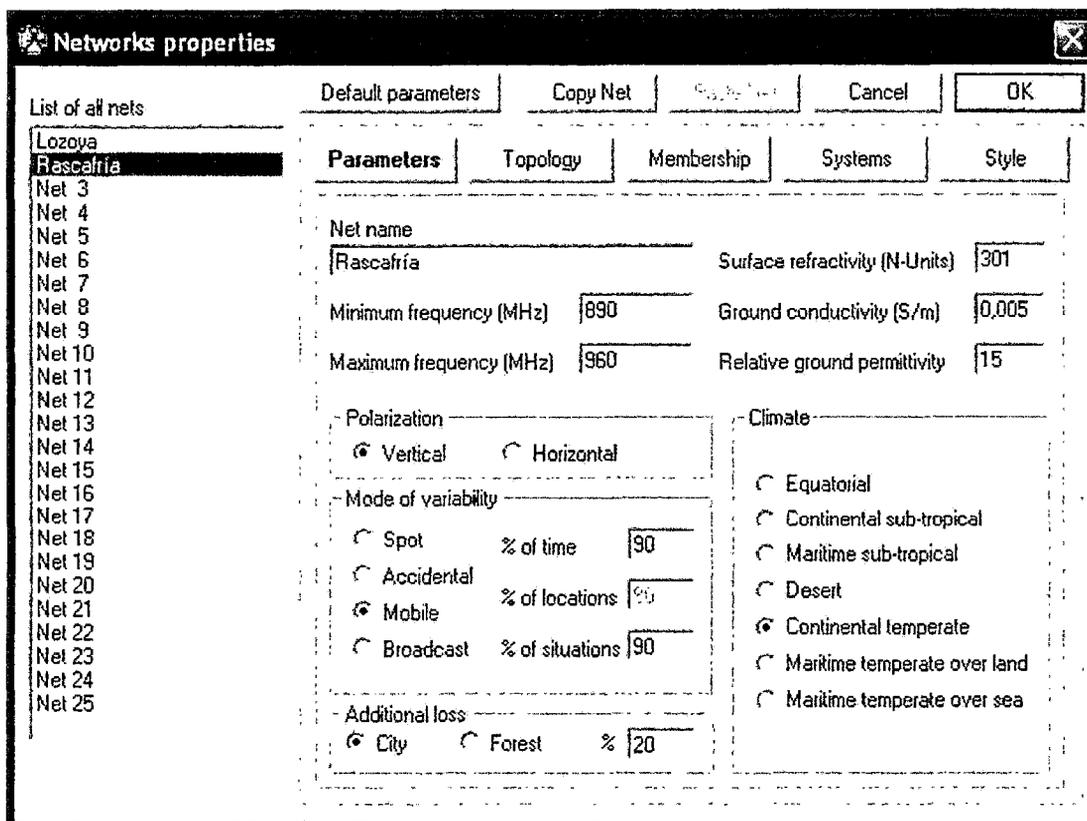


Figura 14. **File > Networks properties > Parameters.** Parámetros de la red GSM de Rascafría.

Topología de red: **File > Networks properties > Topology**

- *Voice net (Command/Subordinate/Redbroadcast).* Utilice esta opción cuando sea necesario comunicar las unidades de mando con las unidades subordinadas pero no las unidades subordinadas entre sí. Se pueden establecer unidades de retransmisión para mejorar la comunicación.
- *Data net, star topology (Master/slave).* Utilice esta opción para redes de datos en las que las unidades "maestro" se comunican con las unidades "esclavo" pero no hay enlaces entre las unidades "esclavo".
- *Data net, cluster.* Utilice esta opción para redes de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas (*rebroadcast*).

La casilla *Visible* se utiliza para mostrar u ocultar la red en el dibujo del mapa.

4.2 Definición de sistemas

El programa puede almacenar hasta 25 especificaciones de sistemas asociados a un archivo *Networks (*.net)*. Estas configuraciones o *systems* se almacenan en el archivo *radiosys.dat* que incluye dos sistemas predefinidos denominados UHF y VHF.

Seleccione **File > Networks properties > Systems** para visualizar la siguiente ventana:

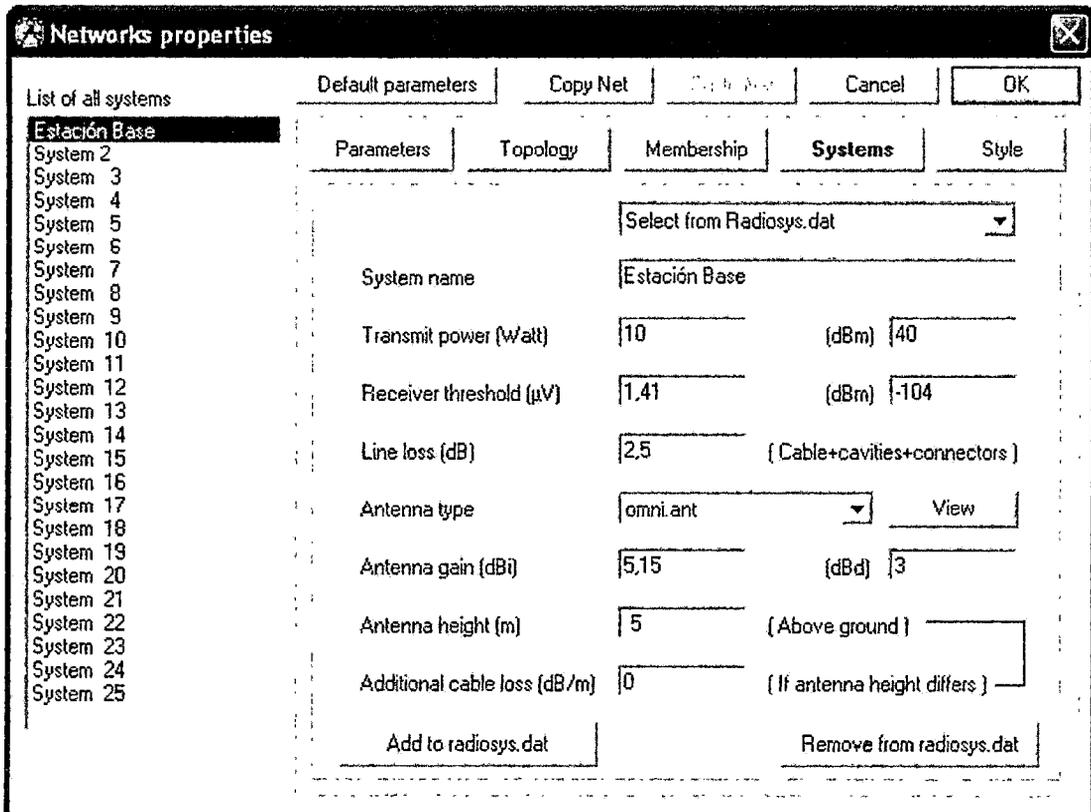


Figura 15. **File > Networks properties > Systems**. Parámetros de la estación base para la red GSM.

A partir de las hojas de especificaciones de los equipos se definen para cada sistema la potencia de transmisión, umbral de recepción, pérdidas del circuito de antena, tipo de antena según su diagrama de radiación y ganancia de antena respecto a la antena isótropa. Además se especifican la altura de la torre de antena y las pérdidas del cable.

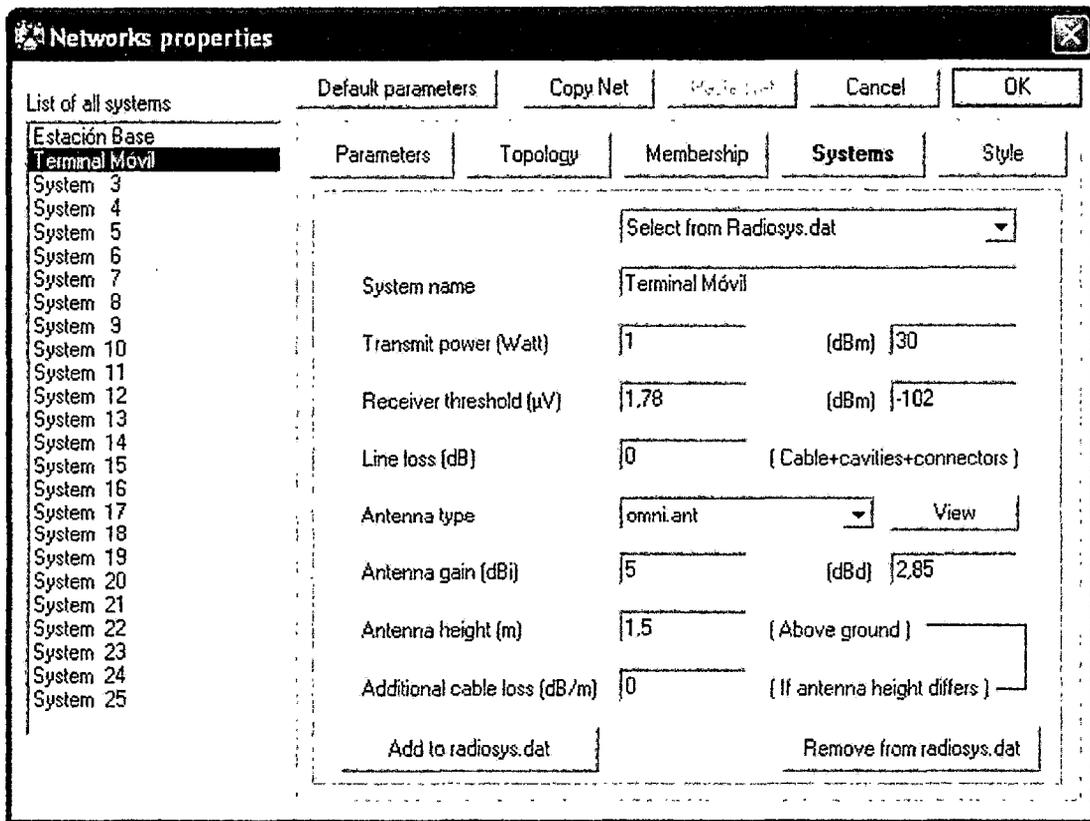


Figura 16. **File > Networks properties > Systems.** Parámetros del terminal móvil para la red GSM.

Si pincha sobre el botón View podrá observar el diagrama de radiación de la antena.

4.3 Posicionamiento de unidades radio

Las unidades radio se van a emplazar a partir de la posición del cursor en el mapa. No obstante, las unidades también se pueden posicionar introduciendo sus coordenadas geográficas.

Resumen de pasos a seguir:

1. Posicione el cursor en el emplazamiento de la unidad.
 - Si desea buscar el punto de mayor elevación de una zona, seleccione dicha zona con el botón izquierdo del ratón y pinche sobre el icono de la barra de herramientas *Find peak elevation* o seleccione **View > Find peak elevation**.
 - Si desea buscar el punto de menor elevación, seleccione **View > Find lowest elevation**.

- Puede utilizar la cuadrícula de elevaciones (*grid elevation*) para seleccionar un punto más o menos elevado en el entorno próximo de la posición del cursor.

Nota importante: si observa que la cuadrícula *Elevation grid* no muestra datos de elevaciones en sus casillas, está utilizando una imagen que no está contenida en el mapa de elevaciones abierto. Abra el mapa de elevaciones adecuado o extráigalo de nuevo.

- Una vez posicionado el cursor, abra **File > Unit properties**, nombre la unidad que va a emplazar y seleccione *Place unit at cursor position*. El programa obtendrá la altitud de la matriz de elevaciones aunque también puede introducir el valor manualmente. Puede elegir el icono y estilo de la etiqueta para representar la unidad en el mapa. La opción *Enabled* determina si la unidad está activa y visible.

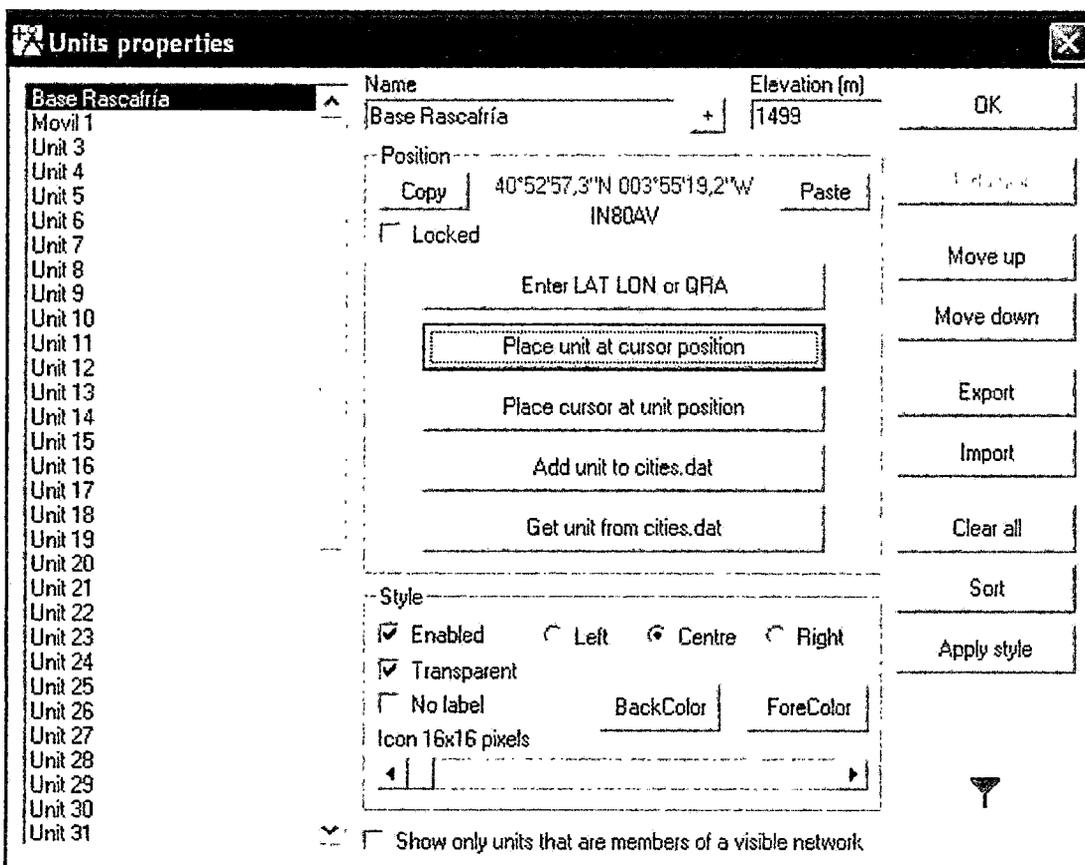


Figura 17. **File > Unit properties**. Posicionamiento de parámetros del terminal móvil para la red GSM.

Para reposicionar una unidad, sitúe el cursor en el nuevo emplazamiento. Pulse con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta de la unidad. El programa le pedirá que confirme si desea moverla.

4.4 Asociación de unidades a la red

Acceda a **File > Networks properties > Membership**

Seleccione la red en la lista de redes. Utilice las casillas de la lista de unidades para activar aquellas que pertenecen a la red entre las definidas. Para cada una de ellas, determine qué tipo de sistema es y cuál es su papel en la red. Si la altura sobre el suelo de la unidad es distinta a la altura especificada para el sistema genérico, puede cambiar este parámetro para la unidad.

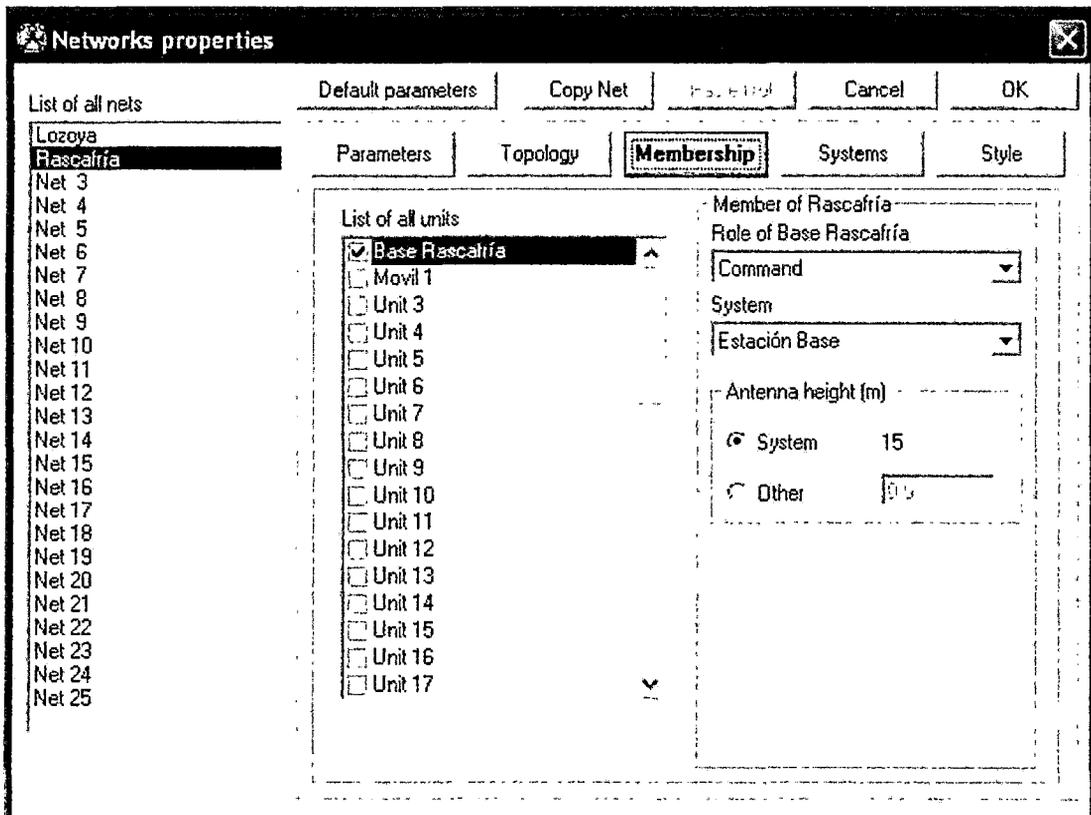


Figura 18. **File > Networks properties > Membership**. Asociación de la unidad Base Rascafría de tipo estación base a la red Rascafría.

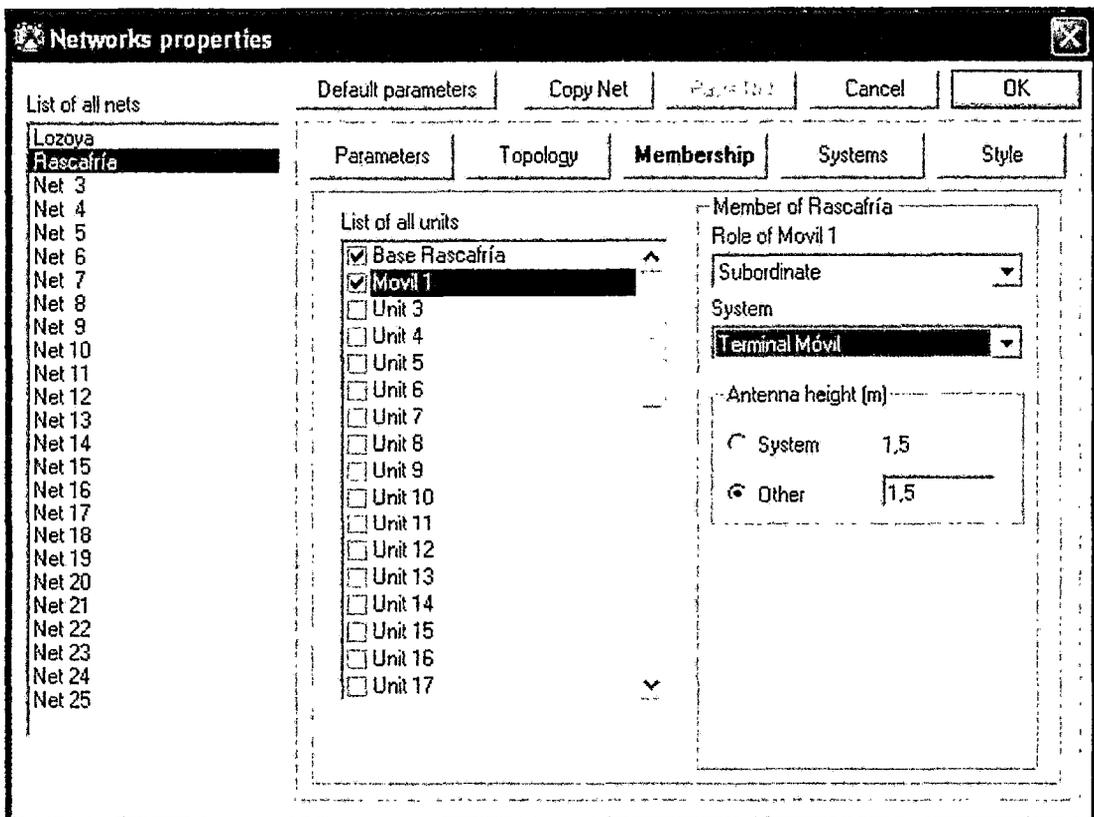


Figura 19: Asociación de la unidad Móvil 1 de tipo terminal móvil a la red Rascafría.

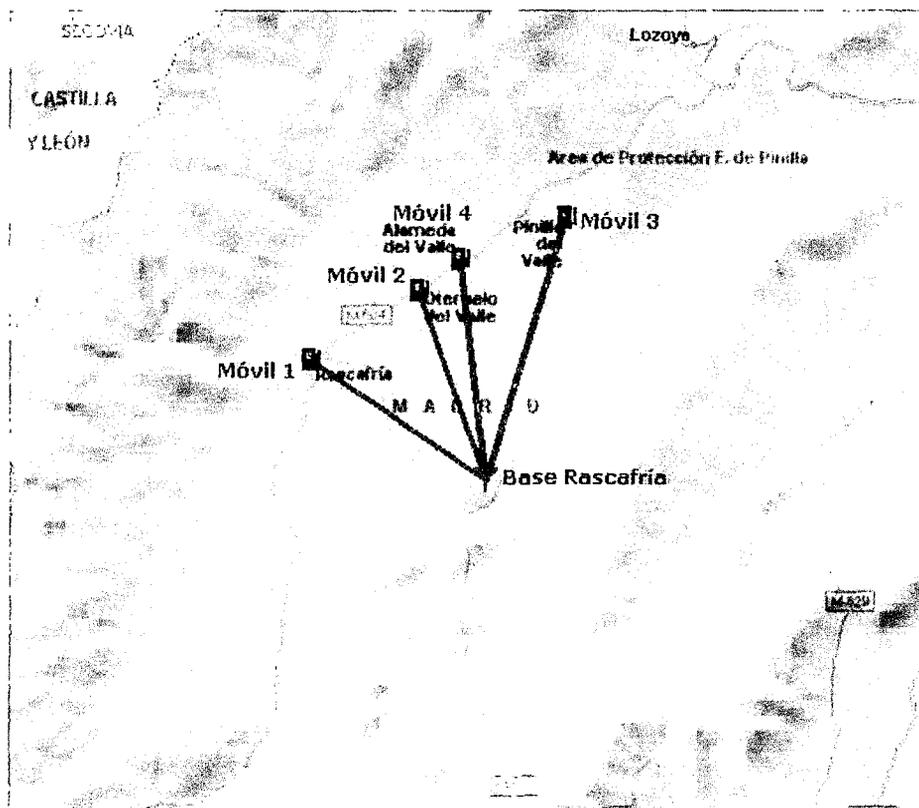


Figura 20. Topología de la red GSM de Rascafría formada por una estación base y varios terminales móviles situados en los pueblos colindantes.

4.5 Apuntamiento de antenas directivas

Si utiliza una antena directiva es posible especificar su ángulo acimutal para controlar la dirección a la que apunta o indicar al programa que la antena apunte a otra unidad radio definida en la red.

En la definición de un sistema (**File > Networks properties > Systems**) puede especificar el tipo de antena y visualizar su diagrama de radiación pulsando *View*.

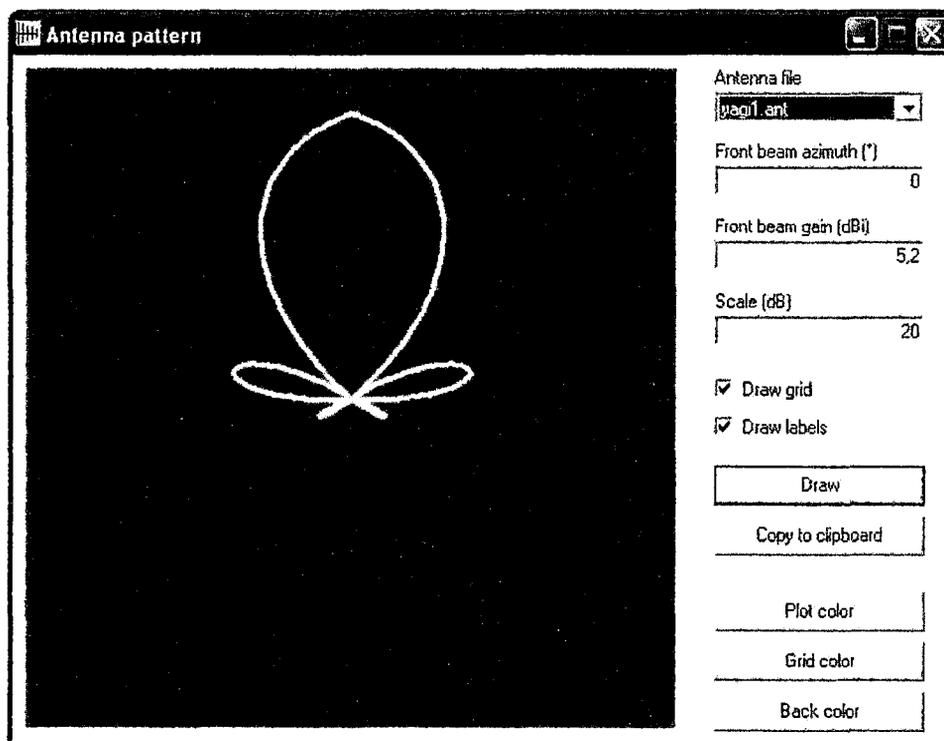


Figura 21. Diagrama de radiación de la antena yagui (yagi1.ant).

Si en el sistema selecciona un tipo de antena directiva como la antena yagui (*yagi1.ant*), cuando asocie unidades de esta clase de sistemas a la red (*File > Networks > Membership*), podrá orientar sus antenas.

La siguiente figura representa los resultados obtenidos con la herramienta *Radio Link* al analizar un radioenlace a 2,4 GHz entre dos antenas de tipo yagui. Como las antenas apuntan por defecto al cielo, el receptor no recibe potencia suficiente y el enlace aparece en rojo.

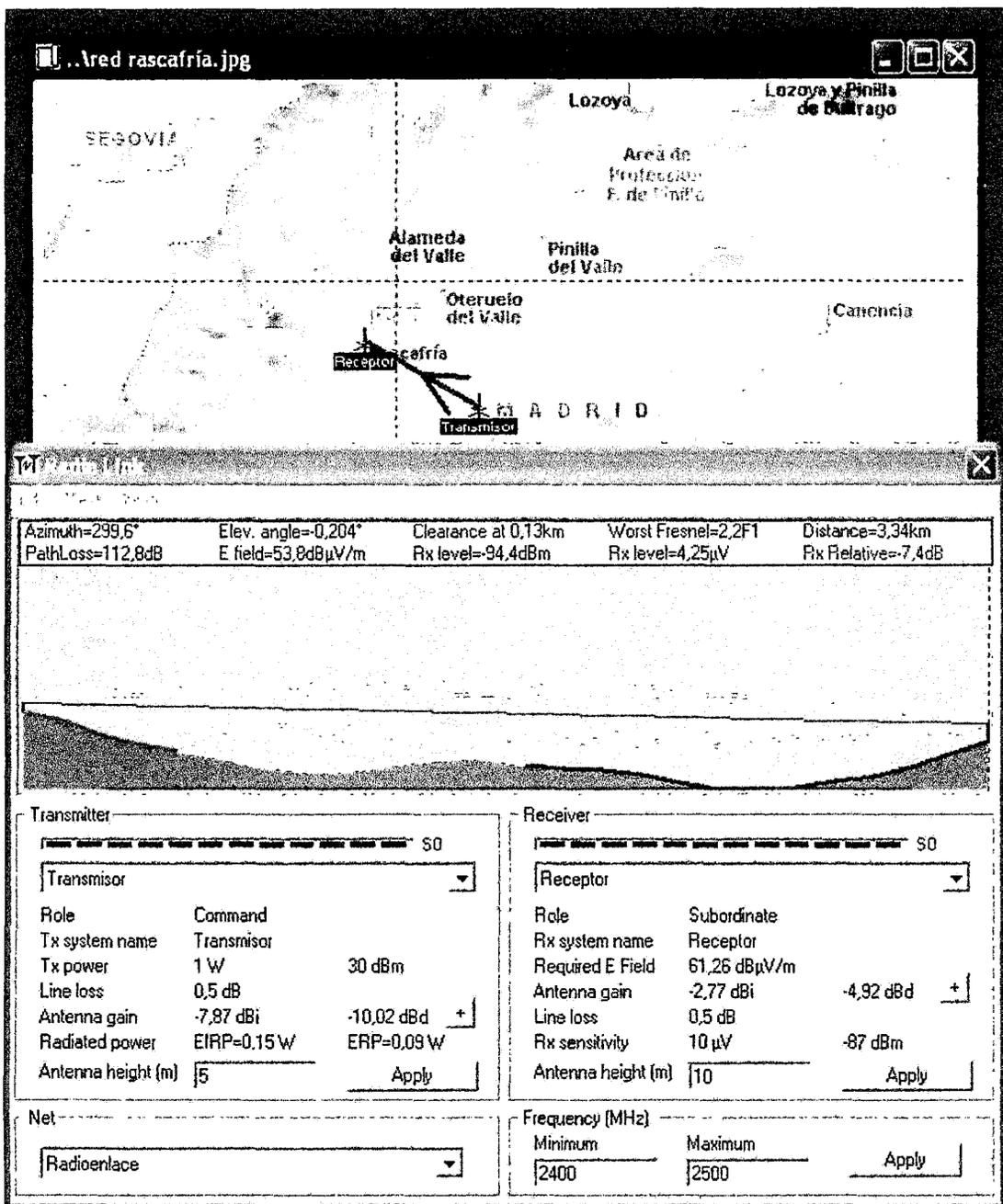


Figura 22. Análisis del radioenlace entre dos antenas yagui desapuntadas.

Para orientar adecuadamente las antenas hay que indicar que la antena de la unidad Transmisor apunte a la unidad Receptor y viceversa. Para ello abra la pestaña **Membership**, seleccione la unidad Transmisor y desactive la casilla *Fixed* que fija el ángulo acimutal de la antena. Aparecerá un menú desplegable en el que podrá elegir a qué unidad debe apuntar la antena.

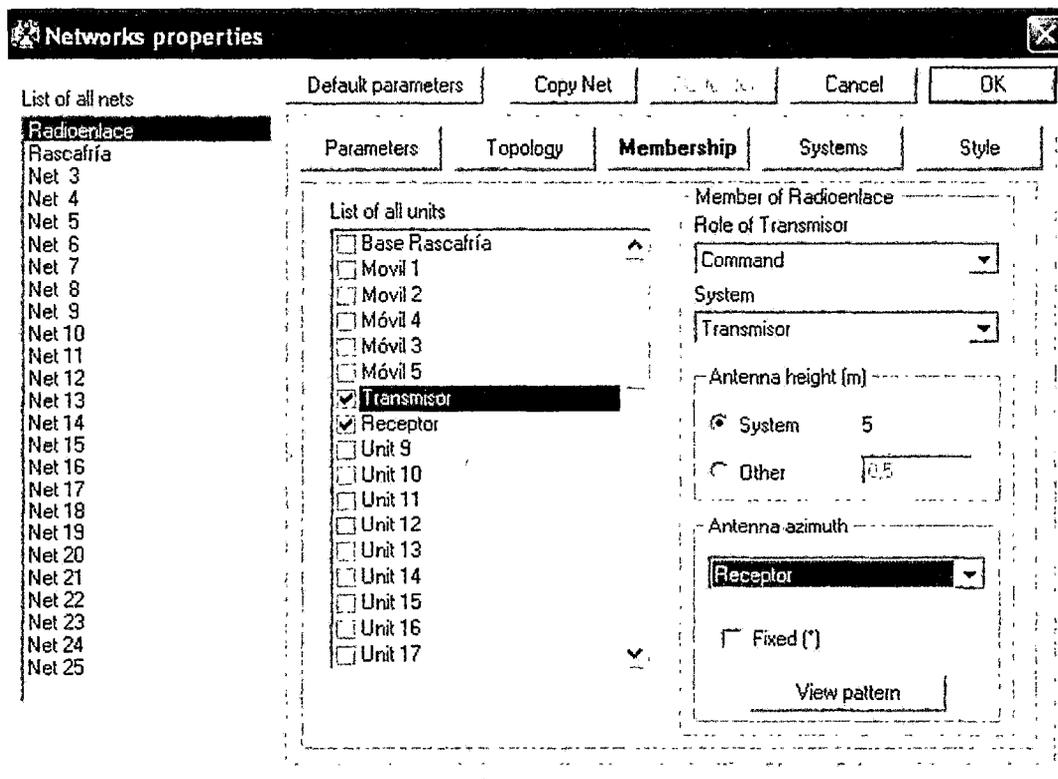


Figura 23. **File > Networks properties > Membership.** Orientación de la antena directiva de una unidad radio para que apunte a otra unidad.

En la siguiente figura puede observar como el enlace es viable tras apuntar correctamente las antenas del transmisor y del receptor.

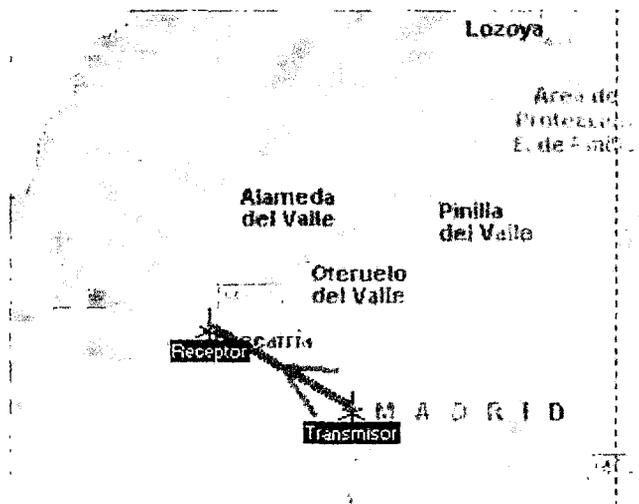


Figura 24. Representación del radioenlace con las antenas apuntadas.

4.6 Guardar el proyecto

Un archivo *Networks* (*.net) incluye:

- ✓ Parámetros de propagación, topología y las unidades que pertenecen a cada una de las 25 redes que puede almacenar en memoria.
- ✓ Datos técnicos para los 25 sistemas que puede almacenar.
- ✓ Propiedades de hasta 50 unidades almacenadas en memoria.
- ✓ Nombres de archivo del mapa (*.map) y las imágenes.
- ✓ Valores de altura de antenas para unidades cuyo valor de altura difiere del definido en el sistema.

Para guardar el proyecto:

1. Guarde la matriz de elevaciones en **File > Save map as**.
2. Guarde cada imagen en **File > Save picture as**.
3. Guarde los datos de redes y unidades en **File > Save networks as**.

Para recuperarlo seleccione **File > New networks** para limpiar la memoria, seleccione **Open networks** y abra el archivo .net anterior y verifique que recupera el mapa, los datos de redes y unidades radio.

5 Herramientas

5.1 Radio Link

Abra la herramienta en **Tools > Radio Link** y observará la siguiente ventana:

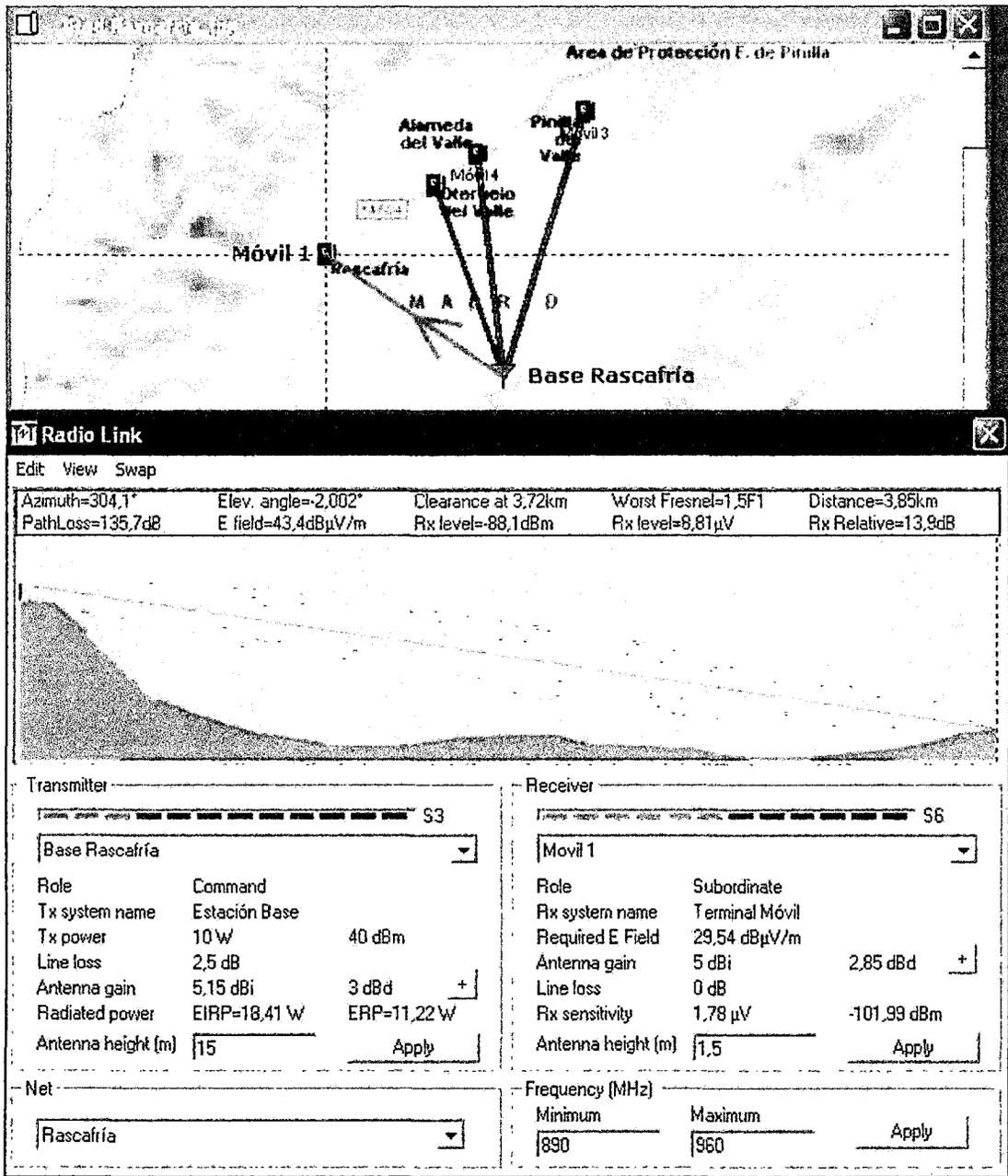


Figura 25. Herramienta Radio Link. Perfil del enlace entre la estación base de Rascafría y el terminal Móvil 1 situado en ésta población.

Esta ventana muestra los parámetros del enlace entre las dos estaciones seleccionadas. La opción *Swap* permite visualizar el enlace en el sentido de transmisión inverso. Es posible modificar las alturas de las antenas para investigar su efecto en el radioenlace. Pinchando con el ratón sobre el perfil aparecerá un cursor azul que permitirá obtener el despejamiento, elevación, nivel de campo, pérdida básica y otros parámetros en ese punto.

Los botones marcados como '+' junto a los valores de ganancia de antena permiten ver el diagrama de radiación de la antena y el ángulo acimutal empleado. Seleccionando **View > Details** obtendrá un resumen del balance del enlace y la opción **View > Distribution** muestra las estadísticas de la señal en el trayecto.

Si abre **View > Observe > 80°** observará una vista de la estación receptora desde el transmisor:

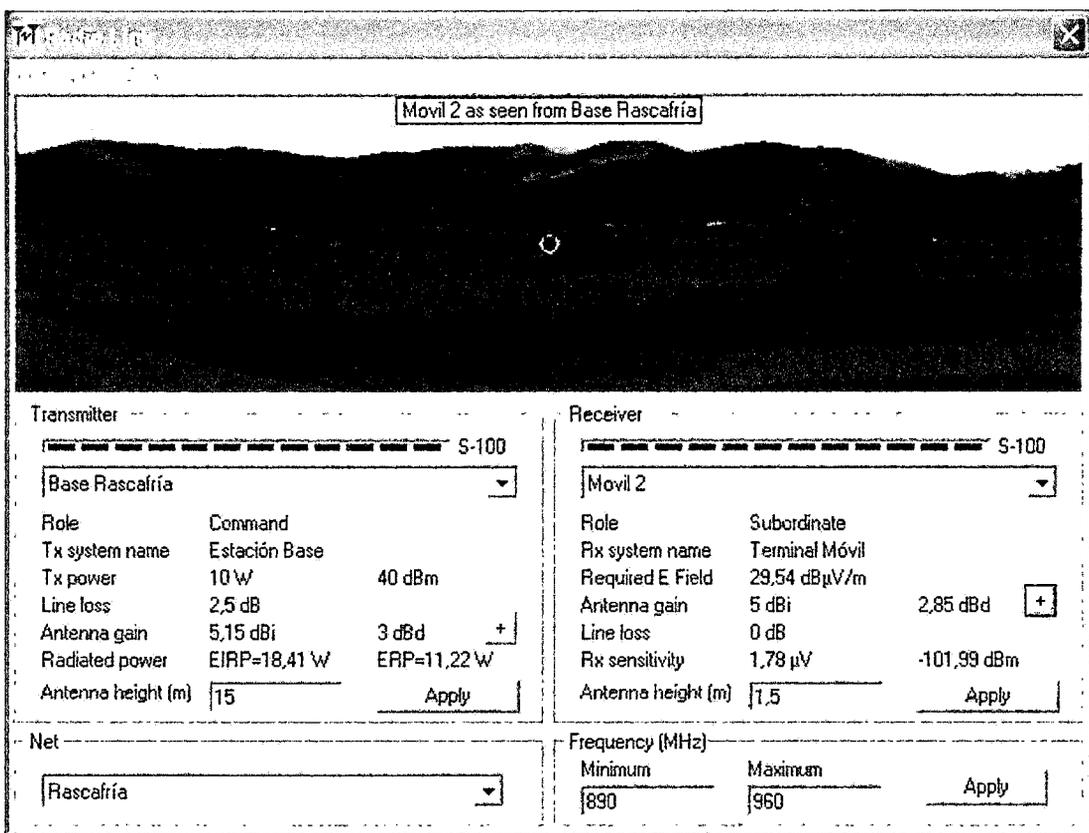


Figura 26. Herramienta Radio Link. Vista del terminal Móvil 2 situado en la población Oteruelo del Valle desde la estación base de Rascafría.

5.2 Radio Coverage

La herramienta *Radio Coverage* permite dibujar el área de cobertura de una unidad radio mediante cuatro tipos de gráficas:

- **Single Polar:** calcula el área de cobertura de una estación transmisora fija para un terminal móvil especificado realizando un barrido radial. Permite especificar los intervalos permitidos para el radio de cobertura y el ángulo acimutal. La gráfica se puede representar en una escala de colores para indicar el nivel de señal recibida en dBm. El área de cobertura se dibujará sobre el mapa de elevaciones principal, no sobre ampliaciones.

Tools > Radio coverage > Single polar.

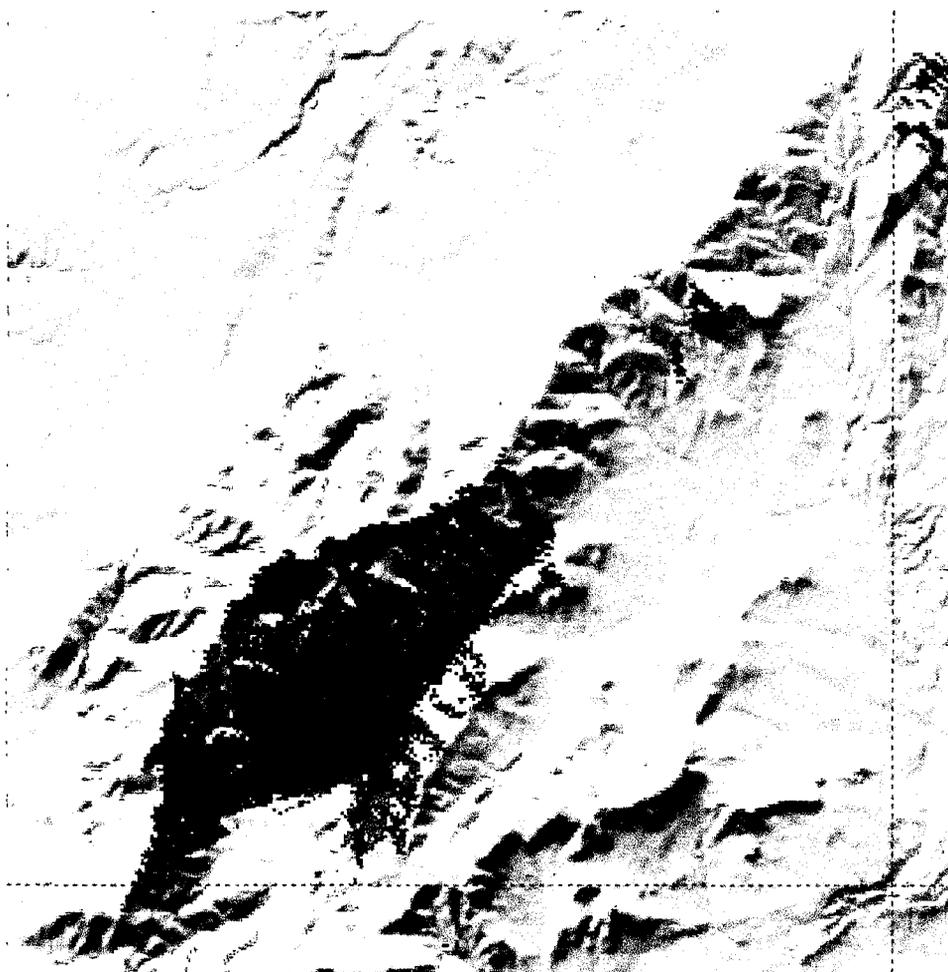


Figura 27. Área de cobertura de la estación base de Rascafría obtenida con la herramienta *Radio Coverage* en modo *Single Polar*.

- **Combined Cartesian:** este modo utiliza una o varias estaciones fijas para calcular el área de cobertura que ofrecen a un terminal móvil especificado, en coordenadas cartesianas. La herramienta permite representar los niveles de señal en una región ampliada del mapa principal.

Tools > Radio coverage > Combined Cartesian

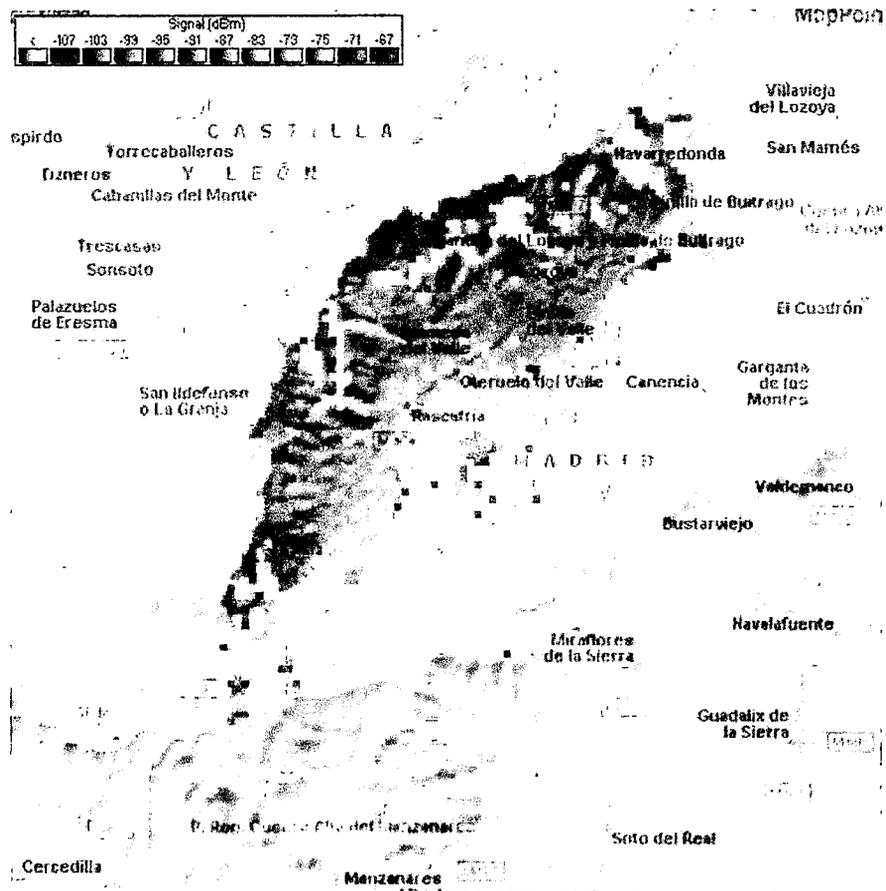


Figura 28. Área de cobertura de la estación base de Rascafría obtenida con la herramienta *Radio Coverage* en modo *Combined Cartesian* sobre una ampliación del mapa de elevaciones.

- **Fresnel:** colorea sobre el mapa de elevaciones las áreas que cumplen el intervalo de despejamiento de la primera zona de Fresnel especificado.
Tools > Radio Coverage > Fresnel.
- **Interference:** a partir de las especificaciones del mínimo nivel de señal requerido y margen de interferencia entre dos estaciones transmisoras, la herramienta representa las regiones con un nivel de interferencia aceptable y aquellas en las que se sobrepasa el margen de interferencia.
Tools > Radio Coverage > Interference.
- **Best Sites:** permite encontrar el mejor emplazamiento para una antena transmisora que debe ofrecer cobertura a un conjunto de terminales receptores. Abra **Tools > Radio Coverage > Find best sites**, seleccione la opción *within a network* y especifique la unidad que desea emplazar como “estación central” de la red.

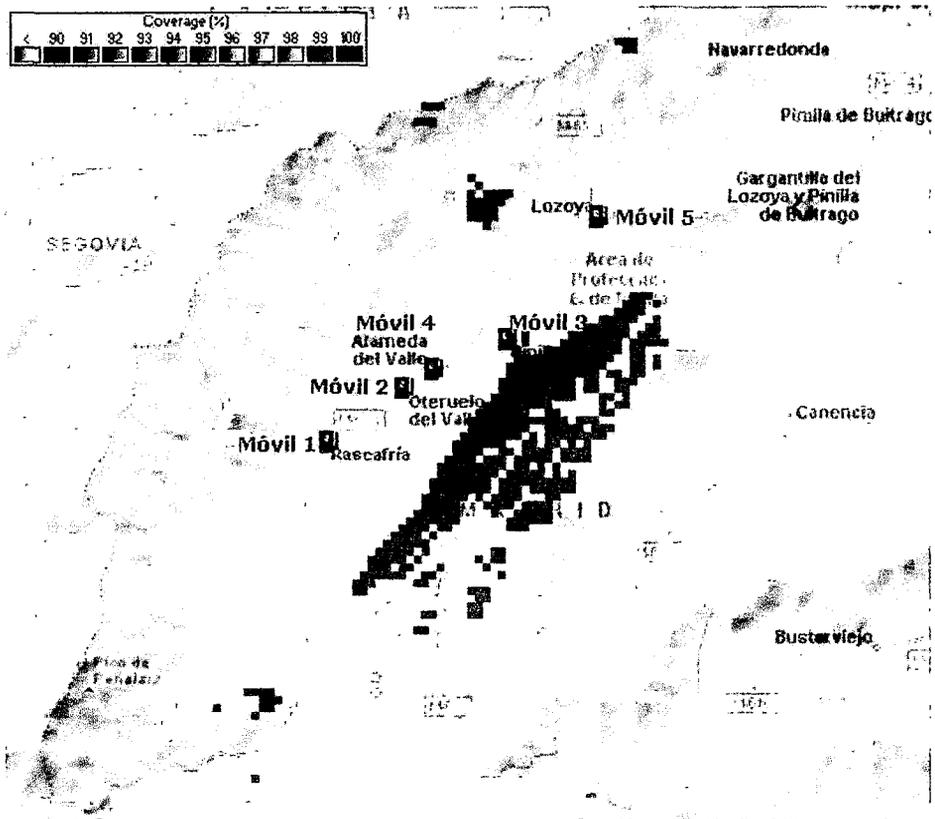
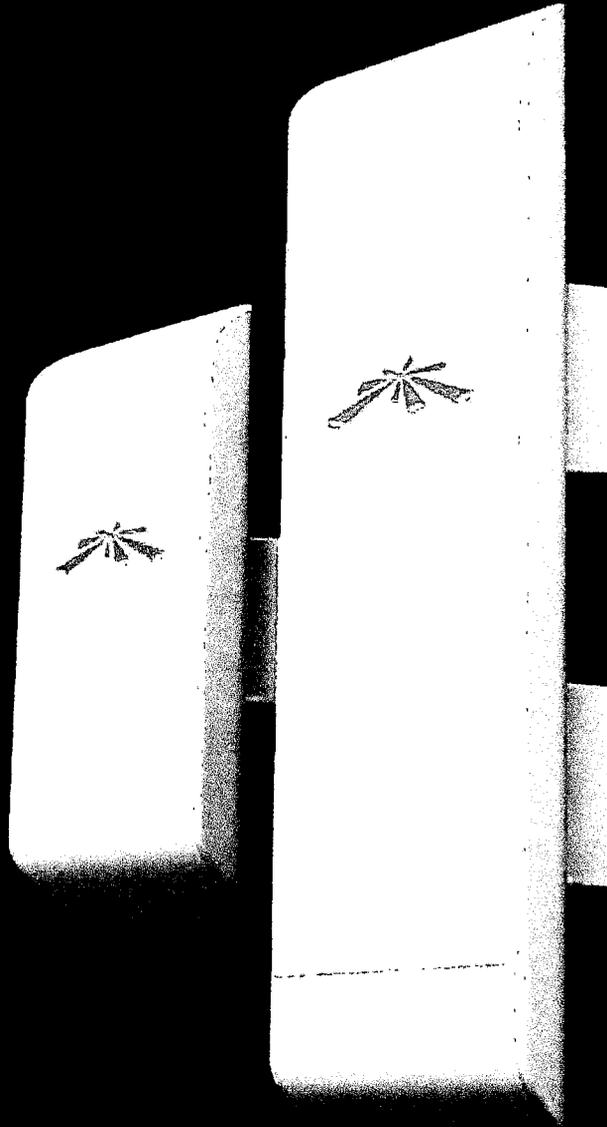


Figura 29. Puntos óptimos para el emplazamiento de la estación base de Rascafría. Imagen obtenida con la herramienta *Find Best Sites* de *Radio Coverage*.

6 Enlaces de interés

- Página oficial de Radio Mobile.
<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- Grupo Yahoo de Radio Mobile:
http://groups.yahoo.com/group/Radio_Mobile_Deluxe
- Fuente de documentación de Greg Bur. Contiene una guía de Radio Mobile y un instalador con la versión 7.6.3 que incluye un ejemplo de red.
<http://www.pizon.org/radio-mobile-tutorial/index.html>
- Página G3TVU. Tutorial de Radio Mobile que explica cómo utilizar las herramientas y un instalador con la versión 7.9.4.
http://www.g3tvu.co.uk/Radio_Mobile.htm
- "Outdoor Radio Simulation. An introduction to Radio Mobile". Manual y diapositivas que explican cómo instalar el programa, descargar datos de elevaciones SRTM, cómo crear una red y utilizar las herramientas Radio Link y Radio Coverage. Autor: Alberto Escudero.
Diapositivas:
http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_en/10_Radio_Simulation/10_en_mmtk_wireless_radio-simulation_slides.pdf

Manual:
http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_en/10_Radio_Simulation/10_en_mmtk_wireless_radio-simulation_handout.pdf
- Guía en PDF que resume especificaciones y funcionalidades de Radio Mobile: www.wilac.net/descargas/documentos/5ri.pdf



NanoStation TM *M*

NanoStation TM loco *M*

Indoor/Outdoor airMAX[™] CPE

Models: NSM2, NSM3, NSM365, NSM5, locoM2, locoM5, locoM9

Cost-Effective, High-Performance

Compact and Versatile Design

Powerful Integrated Antenna

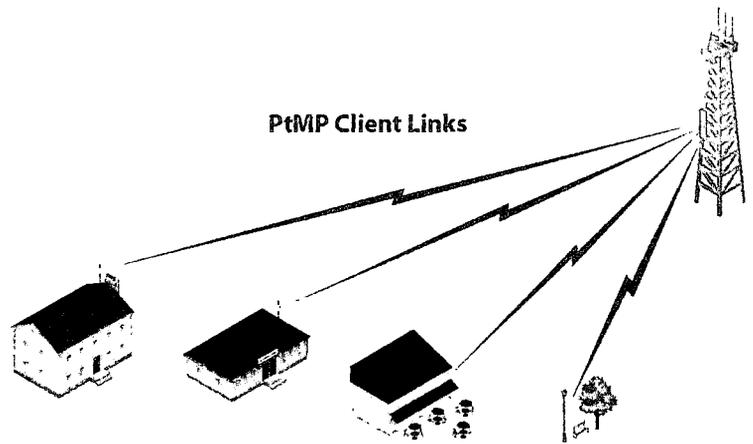


Overview

Leading-Edge Industrial Design

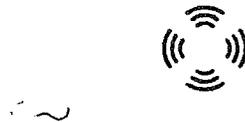
Ubiquiti Networks™ set the bar for the world's first low-cost and efficient broadband Customer Premises Equipment (CPE) with the original NanoStation™. The NanoStationM and NanoStationlocoM take the same concept to the future with sleek and elegant form factors, along with integrated airMAX™ (MIMO TDMA protocol) technology.

The low cost, high performance, and small form factor of NanoStationM and NanoStationlocoM make them extremely versatile and economical to deploy.



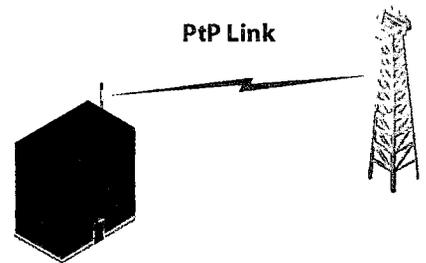
NanoStationM as powerful clients in an airMAX PtMP (Point-to-Multi-Point) network setup.

Wireless Client



NanoStationM as a powerful wireless client.

PtP Link



Use two NanoStationM to create a PtP link.

Utilize airMAX Technology

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

Intelligent QoS Priority is given to voice/video for seamless streaming.

Scalability High capacity and scalability.

Long Distance Capable of high-speed, carrier-class links.

Latency Multiple features dramatically reduce noise.

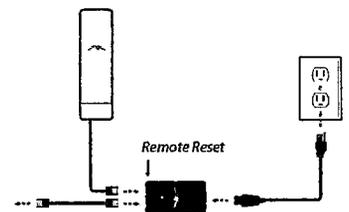
Dual Ethernet Connectivity¹

The NanoStationM provides a secondary Ethernet port with software-enabled PoE output for seamless IP video integration.



Intelligent PoE²

Remote hardware reset circuitry of the NanoStationM allows the device to be remotely reset from the power supply location.

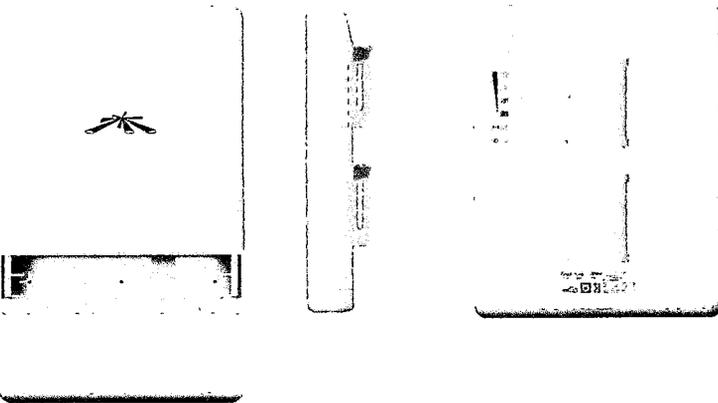
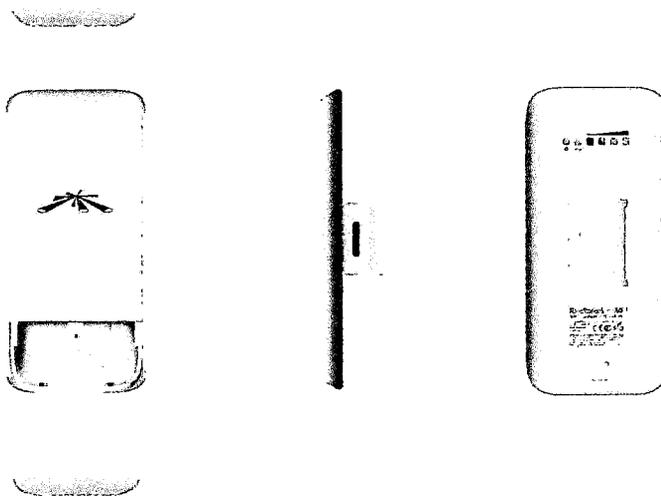
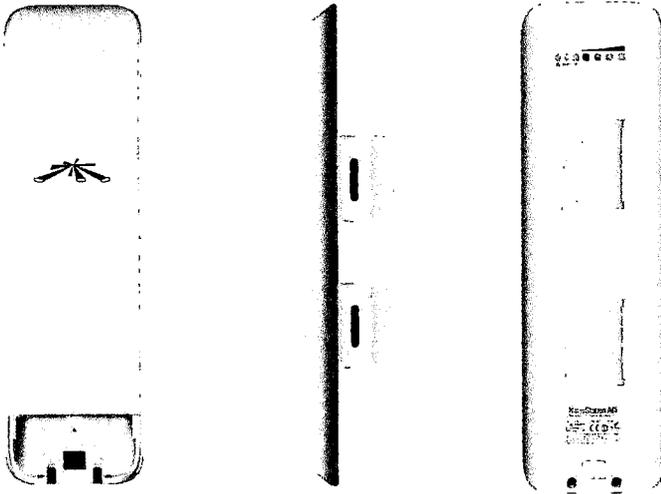


The NanoStationM may also be powered by the Ubiquiti Networks TOUGHSwitch PoE. In addition, any NanoStationM can easily become 48V, 802.3af compliant through use of the Ubiquiti Instant 802.3af Adapter (sold separately).

¹ Only NanoStationM models

² Remote reset is an option that is sold separately as the POE-24. The NanoStationM includes a 24V PoE adapter without remote reset.

Models



NanoStation™ M

Model	Frequency	Gain
NSM2	2.4 GHz	11 dBi
NSM3	3 GHz	13 dBi
NSM365	3.65 GHz	13 dBi
NSM5	5 GHz	16 dBi

NanoStation™ loco M

Model	Frequency	Gain
locoM2	2.4 GHz	8 dBi
locoM5	5 GHz	13 dBi

NanoStation™ loco M

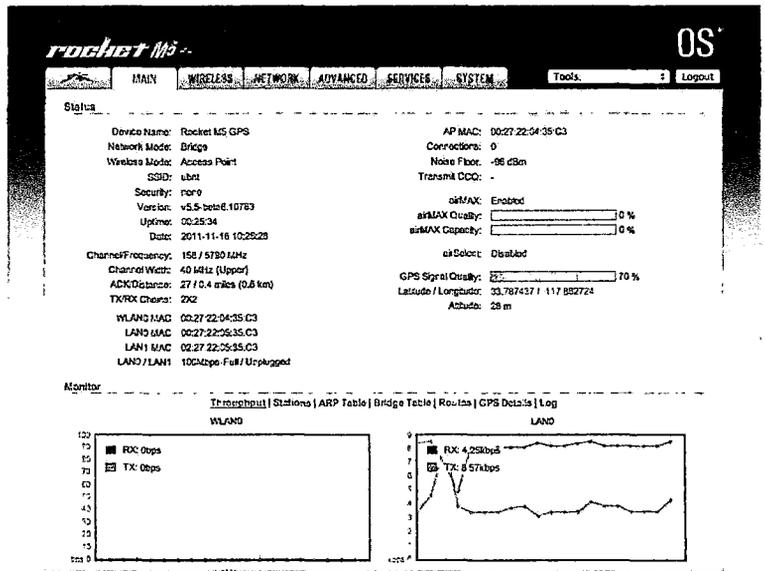
Model	Frequency	Gain
locoM9	900 MHz	8 dBi

Software

airOS™

airOS is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture, which enables high-performance, outdoor multi-point networking.

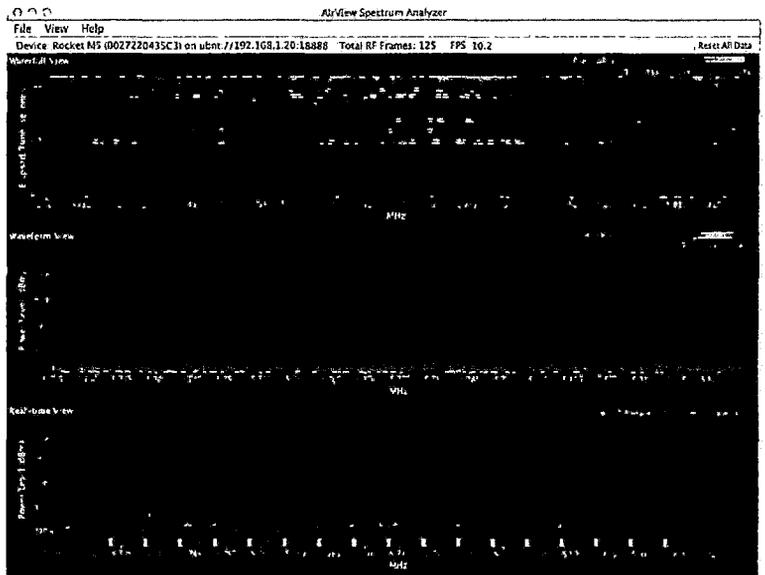
- Protocol Support
- Ubiquiti Channelization
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Timing
- AAP Technology
- Multi-Language Support



airView™

Integrated on all Ubiquiti M products, airView provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

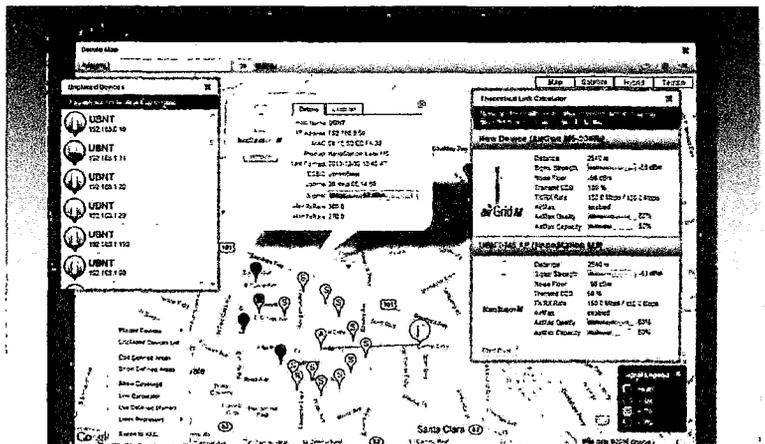
- **Waterfall** Aggregate energy over time for each frequency.
- **Waveform** Aggregate energy collected.
- **Real-time** Energy is shown in real time as a function of frequency.
- **Recording** Automize AirView to record and report results.



airControl™

airControl is a powerful and intuitive, web-based server network management application, which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling



Specifications

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Z	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

NanoStation locoM9 Specifications

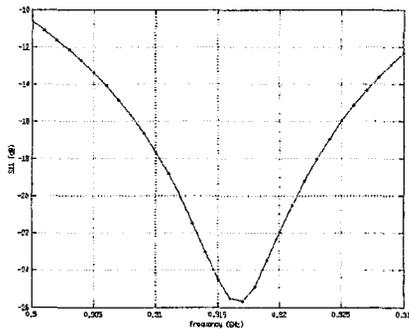
Output Power: 28 dBm

900 MHz TX POWER SPECIFICATIONS				900 MHz RX POWER SPECIFICATIONS			
airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	28 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	28 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

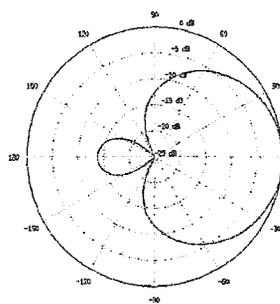
Antenna Information

Gain	7.5 dBi
Cross-pol Isolation	28 dB Minimum
Max. VSWR	1.3:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)

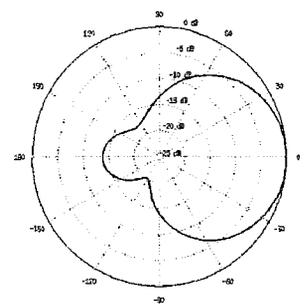
Return Loss



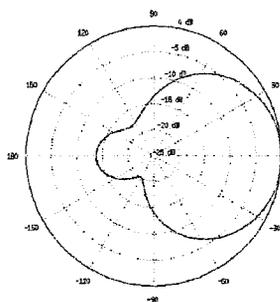
Vertical Azimuth



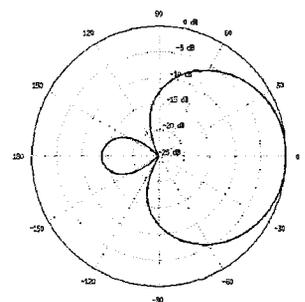
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation

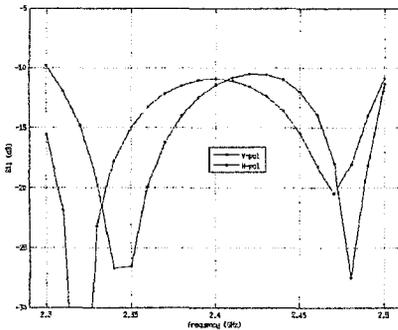


NanoStation locoM2 Specifications

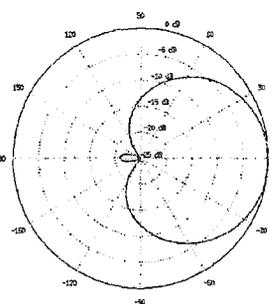
Output Power: 23 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Rate (Mbps)	Power (dBm)	Accuracy (dB)		Rate (Mbps)	Power (dBm)	Accuracy (dB)
11b/g	1-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11b/g	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Antenna Information	
Gain	8.5 dBi
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)

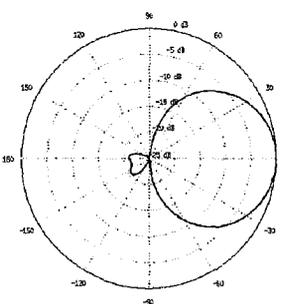
Return Loss



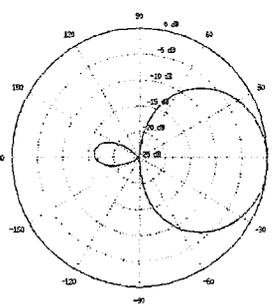
Vertical Azimuth



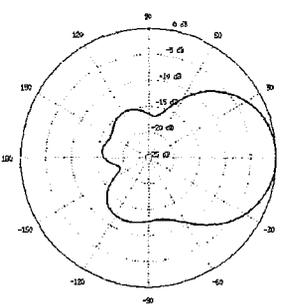
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



NanoStation loco M5 Specifications

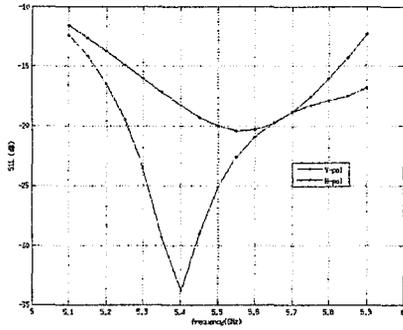
Output Power: 23 dBm

5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
11b/g	6-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11b/g	6-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

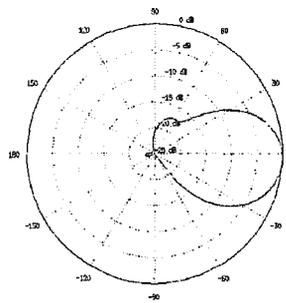
Antenna Information

Gain	13 dBi
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Beamwidth	45° (H-pol) / 45° (V-pol) / 45° (Elevation)

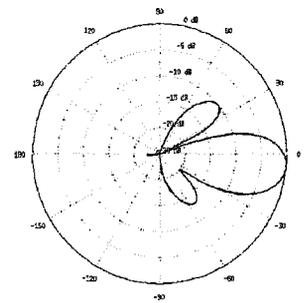
Return Loss



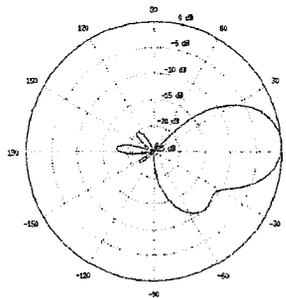
Vertical Azimuth



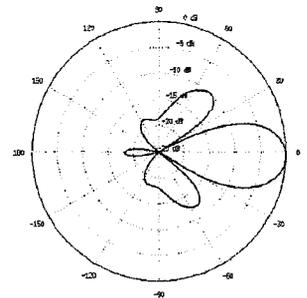
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation

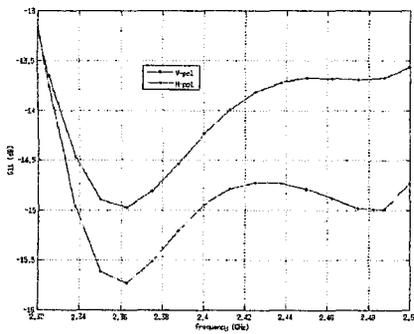


NanoStationM2 Specifications

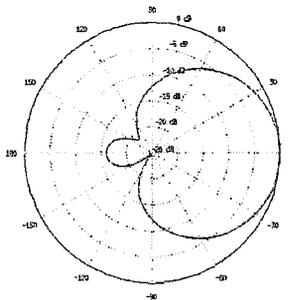
Output Power: 28 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Rate	Power	Accuracy		Rate	Power	Accuracy
11b/g	1-24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	11b/g	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Antenna Information	
Gain	10.4-11.2 dBi
Cross-pol Isolation	23 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 53° (V-pol) / 27° (Elevation)

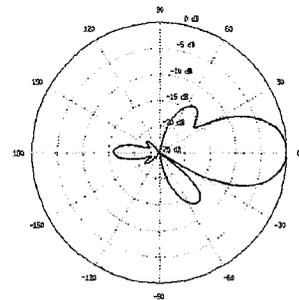
Return Loss



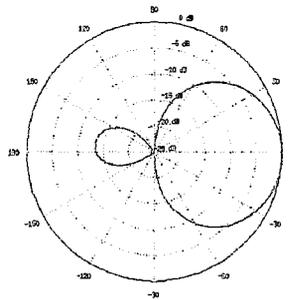
Vertical Azimuth



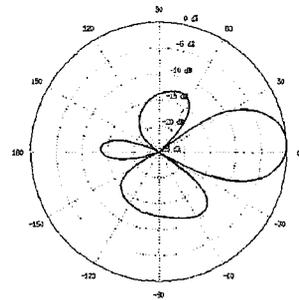
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



NanoStationM5 Specifications

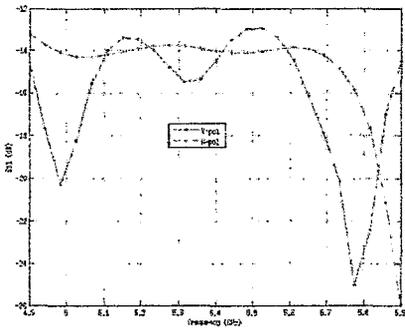
Output Power: 27 dBm

5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
11a	6-24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	11b	6-24 Mbps	-94 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	21 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

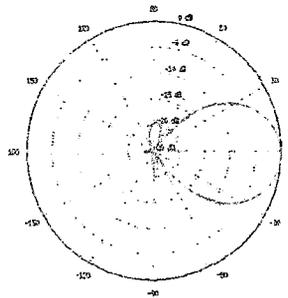
Antenna Information

Gain	14.6 - 16.1 dBi
Cross-pol Isolation	22 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	43° (H-pol) / 41° (V-pol) / 15° (Elevation)

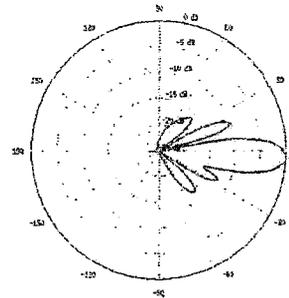
Return Loss



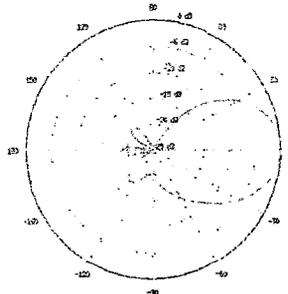
Vertical Azimuth



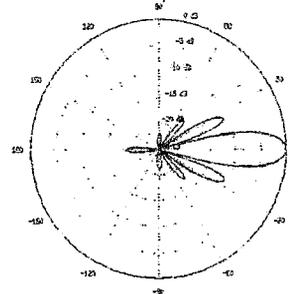
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation



TOUGH Cable™

OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti Networks' industrial-grade, shielded Ethernet cable, TOUGH Cable.

Increase Performance

Dramatically improve your Ethernet link states, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

Extreme Weatherproof

Designed for outdoor use, TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

ESD Damage Protection

Protect your networks from devastating electrostatic discharge (ESD) attacks.

Extended Cable Support

TOUGH Cables have been developed to increase power handling performance for extended cable run lengths.

Bulletproof your networks

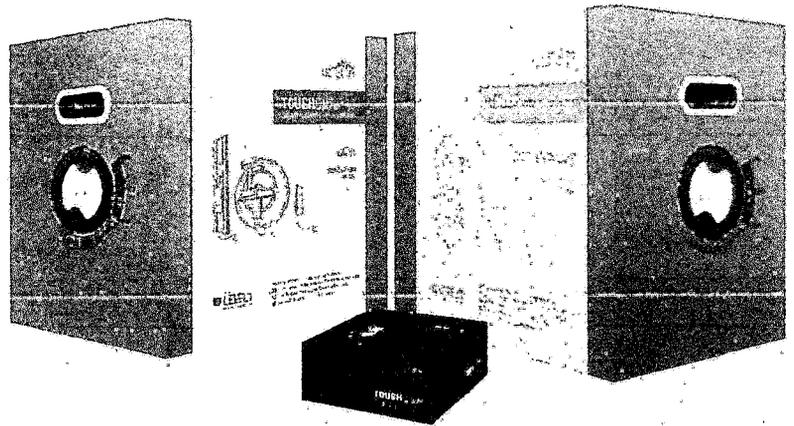
TOUGH Cable is currently available in two versions: PRO Shielding Protection and CARRIER Shielding Protection.

TOUGH Cable PRO is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable with an integrated ESD drain wire.

TOUGH Cable CARRIER is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable that features an integrated ESD drain wire, anti-crosstalk divider, and secondary shielding. It is rated to provide optimal performance on Gigabit Ethernet networks.

Additional Information:

- 24 AWG copper conductor pairs
- 26 AWG integrated ESD drain wire to prevent ESD attacks and damage
- PE outdoor-rated, weatherproof jacket
- Multi-layered shielding
- Available in lengths of 1000 ft (304.8 m)

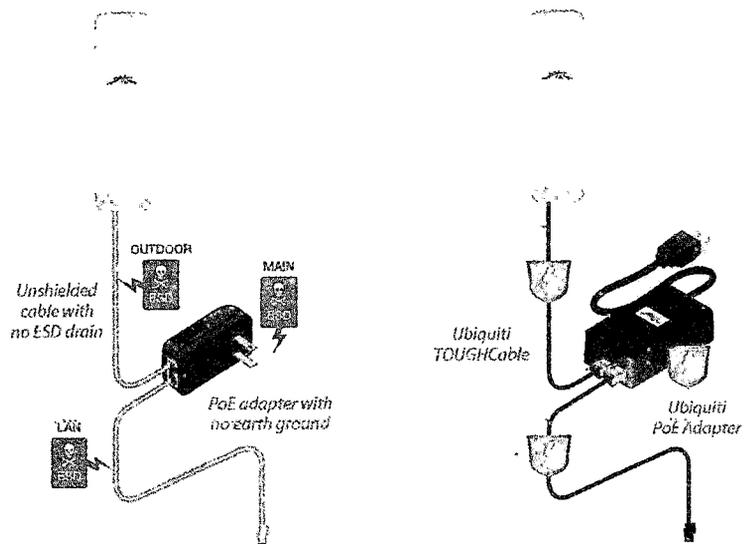


TOUGH Cable Connectors

Specifically designed for use with Ubiquiti TOUGH Cables and available in 100-pc. bags, TOUGH Cable Connectors protect against ESD attacks and Ethernet hardware damage, while allowing rapid field deployment without soldering.

ESD attacks are the leading cause for device failures. The diagram below illustrates the areas vulnerable to ESD attacks in a network.

By using a grounded Ubiquiti Power over Ethernet (PoE) Adapter along with Ubiquiti TOUGH Cable and TOUGH Cable Connectors, you can effectively protect against ESD attacks.



All specifications in this document are subject to change without notice.