



REPÚBLICA DEL ECUADOR  
**Escuela Politécnica Nacional**  
" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

*Respeto hacia si mismo y hacia los demás.*

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **REDISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA QUE COMUNICA LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET CON SU DATACENTER**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y REDES DE LA INFORMACIÓN**

**CUEVA PONCE ANDRÉS PATRICIO**

**GARCÍA GUZMÁN JESSICA ALICIA**

**DIRECTOR: ING. MARIO CEVALLOS**

**Quito, Julio 2009**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Andrés Patricio Cueva Ponce y Jessica Alicia García Guzmán, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Andrés Patricio Cueva Ponce

---

Jessica Alicia García Guzmán

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrés Patricio Cueva Ponce y Jessica Alicia García Guzmán, bajo mi supervisión.

---

**ING. MARIO CEVALLOS  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser nuestra fortaleza y fuente de inspiración durante el desarrollo de este proyecto de titulación.

A nuestras familias, por brindarnos un hogar lleno de felicidad y estabilidad, que nos ha permitido cumplir con esta meta profesional.

Al Ing. Mario Cevallos, por su colaboración, apoyo y paciencia en la realización de este proyecto de titulación.

Al Ing. Patricio Ordoñez, Ing. Jeaneth Guerrero y al personal del Proyecto Quito Educ@net, por su colaboración informativa en este proyecto de titulación.

Al Dr. Francisco Vargas, su familia y el personal de Conectividad Global, por confiar en nosotros y por su colaboración moral e informativa en este proyecto de titulación.

A nuestros amigos politécnicos por brindarnos esa amistad sincera y desinteresada en los momentos más difíciles de nuestra carrera profesional.

A los Ingenieros de nuestra carrera que han sabido impartirnos sus conocimientos; permitiéndonos ser unas personas calificadas y con sólidos conocimientos para el desenvolvimiento en el campo laboral.

Andrés Patricio Cueva Ponce

Jessica Alicia García Guzmán

## DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a Dios que bendice y guía cada día de mi vida; a mis padres Alicia y Carlos, a mi hermana Livia, a mi tía Elizabeth, a mi tío Luís, a mis primos Viviana, Javier y Elizabeth, a mi abuelito Julio que son los que me llenan de alegría y son la fuerza que me ayudan a continuar cada día y a mis abuelitos que en paz descansen Bertila y Humberto, que ayudaron a mi formación como persona; a Andrés por ser mi apoyo y quien me ayudado durante estos cinco años de mi vida y a mis amigos de universidad que con sus sonrisas y palabras amigas hicieron que este caminar sea más sencillo y agradable.

Jessica Alicia García Guzmán

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios quien orienta mi vida por el camino de la sabiduría; a mis padres Marcos y Zoila, los mejores padres del mundo, que han hecho de mi, un hombre de bien; a mi ejemplar hermano Christian por su apoyo incondicional y desinteresado; a Jessica, coautora de este logro profesional, que con su amor, dedicación y apoyo moral y espiritual a hecho aflorar lo más bello de mi ser y a todos mis familiares y amig@s, en especial al Dr. Francisco Vargas y al Ing. Dennis Chavéz por su solidaridad, comprensión y sabios consejos.

Andrés Patricio Cueva Ponce (DFCG<sup>†</sup>)

<b>CONTENIDO</b>	I
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b>	III
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	V
<b>RESUMEN</b>	VII
<b>PRESENTACIÓN</b>	IX

## **CAPÍTULO 1: SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET**

1.1	Resumen	1
1.2	Proyecto Quito Educ@net	1
1.3	Reseña histórica de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	3
1.3.1	Situación de la infraestructura inalámbrica en el año 2005	3
1.3.2	Situación de la infraestructura inalámbrica desde noviembre 2006 hasta diciembre de 2008	5
1.4	Tecnología SkyPilot	11
1.4.1	Dispositivos de la familia SkyPilot	12
1.4.2	Estructura Física de los dispositivos SkyPilot	15
1.4.3	Topologías de red	17
1.4.4	Administración y gestión de la red SkyPilot	18
1.4.5	Arquitectura SyncMesh	20
1.5	Descripción de la red inalámbrica actual del Proyecto Quito Educ@net	33
1.5.1	Infraestructura inalámbrica actual	33
1.5.2	Simulación de la cobertura inalámbrica actual de la red SkyPilot del Proyecto Quito Educ@net en el software libre Radio Mobile	41
1.5.3	Aplicaciones de propósito educativo del Proyecto Quito Educ@net	42
1.5.4	Tráfico de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	48
1.5.5	Disponibilidad de la red inalámbrica	52
1.6	Diagnóstico de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	53
1.6.1	Análisis del comportamiento del tráfico actual de la red SkyPilot	53
1.6.2	Operabilidad	53
1.6.3	Ubicación	54
1.6.4	Instalación	54
1.6.5	Configuración	54
1.6.6	Disponibilidad	55
1.6.7	Escalabilidad	56
1.6.8	Confiabilidad	56
1.6.9	Seguridad	57
1.6.10	Administración	57
1.7	Análisis y evaluación de las necesidades actuales	57
1.8	Referencias bibliográficas	59
1.9	Bibliografía	59

## **CAPÍTULO 2: CONCEPTOS GENERALES PARA EL REDISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS**

2.1	Resumen	61
2.2	Principios básicos de sistemas inalámbricos	61

2.2.1	Conceptos básicos de antenas y propagación	61
2.2.2	Zona de Fresnel	66
2.2.3	Modulación Adaptativa	67
2.2.4	OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales)	68
2.2.5	Duplexación	69
2.2.6	Conceptos básicos de comunicaciones de datos	70
2.3	Criterios para el rediseño de una red inalámbrica	61
2.3.1	Evaluación de la situación actual de la red inalámbrica	71
2.3.2	Decisión de rediseño de la red inalámbrica	72
2.3.3	Rediseño de la red inalámbrica	73
2.4	Software de análisis y planificación de sistemas inalámbricos externos fijo o móvil Radio Mobile	78
2.4.1	Modelo Longley Rice	79
2.4.2	Configuraciones de Radio Mobile	86
2.4.3	Herramientas de visualización Radio Mobile	93
2.4.4	Referencias bibliográficas	95
2.4.5	Bibliografía	96

### **CAPÍTULO 3: REDISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET**

3.1	Resumen	99
3.2	Planeación de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	99
3.2.1	Síntesis de la situación actual de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	99
3.2.2	Rediseño de la red inalámbrica	100
3.2.3	Gestión y Seguridad	120
3.2.4	Presupuesto referencial	124
3.2.5	Plan de migración de la red inalámbrica	129
3.3	Referencia bibliográfica	133
3.4	Bibliografía	133

### **CAPÍTULO 4: PLAN PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y LA GESTIÓN DE LA RED INALÁMBRICA**

4.1	Resumen	134
4.2	Detalle general de la red inalámbrica	134
4.4.1	Identificación de activos fijos	135
4.4.2	Identificación de las amenazas	136
4.3	Plan de seguridad y gestión de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net	137
4.4	Bibliografía	166

### **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones	167
5.2	Recomendaciones	169

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

### CAPÍTULO 1

Gráfico 1.1 Esquema general del Proyecto Quito Educ@net	2
Gráfico 1.2 Esquema global de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net en el año 2005	5
Gráfico 1.3 Esquema global de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net en junio 2007	8
Gráfico 1.4 Esquema global de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net en Agosto 2007	10
Gráfico 1.5 Esquema global de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net en Noviembre de 2007	10
Gráfico 1.6 Red Skypilot	11
Gráfico 1.7 SkyGateway	12
Gráfico 1.8 SkyExtenders	13
Gráfico 1.9 SkyConnectors outdoor	14
Gráfico 1.10 SkyConnector indoor	14
Gráfico 1.11 Componentes de un SkyExtender / SkyGateway	15
Gráfico 1.12 Componentes de un SkyConnector	16
Gráfico 1.13 Power inyector (POE)	17
Gráfico 1.14 Topologías de una red SkyPilot	18
Gráfico 1.15 Capas de la Arquitectura SyncMesh SkyPilot	20
Gráfico 1.16 Autenticación de dispositivos SkyPilot	21
Gráfico 1.17 Niveles de modulación de SkyPilot	23
Gráfico 1.18 RSSI vs nivel de modulación SkyPilot	24
Gráfico 1.19 Costos para los enlaces SkyGateway	25
Gráfico 1.20 Costos para los enlaces SkyExtender	26
Gráfico 1.21 Ejemplo de selección de rutas en una red SkyPilot	26
Gráfico 1.22 Valores EtherType	28
Gráfico 1.23 Tipos de protocolos	29
Gráfico 1.24 Puertos y protocolos	29
Gráfico 1.25 VLANs en una red SkyPilot	30
Gráfico 1.26 Control y priorización de paquetes	31
Gráfico 1.27 Esquema de la red inalámbrica	35
Gráfico 1.28 Interfaz de configuración de un equipo SkyPilot	38
Gráfico 1.29 Versión de firmware instalado en los dispositivos SkyPilot	39
Gráfico 1.30 Operabilidad de los equipos SkyPilot	40
Gráfico 1.31 Distribución de equipos SkyConnectors por administraciones zonales	40
Gráfico 1.32 Situación actual del equipamiento de los equipos SkyPilot	41
Gráfico 1.33 Simulación de la red inalámbrica actual del Proyecto Quito Educ@net	42
Gráfico 1.34 Sistema de Gestión Académica (SGA)	43
Gráfico 1.35 Sistema de Gestión Académica virtual (SGAV)	44
Gráfico 1.36 Sitio Web	45
Gráfico 1.37 Correo electrónico	46
Gráfico 1.38 Videoconferencia	47
Gráfico 1.39 VoIP	47

Gráfico 1.40 Plataforma virtual de educación a distancia	48
Gráfico 1.41 Esquema general de monitoreo	49
Gráfico 1.42 Volumen de transferencia de datos (noviembre de 2007 – febrero 2009)	50
Gráfico 1.43 Porcentaje del volumen de transferencia de datos (noviembre de 2007 – febrero 2009)	50
Gráfico 1.44 Intensidad de tráfico de datos (noviembre de 2007 – febrero 2009)	51
Gráfico 1.45 Disponibilidad promedio de nov/07 a abr/08 de la red inalámbrica	52
Gráfico 1.43 Disponibilidad promedio de may/08 a feb/09 de la red inalámbrica	42

## **CAPÍTULO 2**

Gráfico 2.1 Zona de Fresnel	67
Gráfico 2.2 Características de la modulación adaptativa	68
Gráfico 2.3 Software de análisis y planificación de sistemas inalámbricos Radio Mobile	79
Gráfico 2.4 Atenuación de referencia vs. distancia	85
Gráfico 2.5 Estilo	91

## **CAPÍTULO 3**

Gráfico 3.1 Ubicación geográfica de los centros beneficiarios	102
Gráfico 3.2 Porcentaje de uso de aplicaciones (Alumnos)	105
Gráfico 3.3 Porcentaje de uso de aplicaciones (personal administrativo y docente)	105
Gráfico 3.4 Proyección de crecimiento	108
Gráfico 3.5 Ubicación de los equipos del backbone inalámbrico	112
Gráfico 3.6 Mapa digital de quito	113
Gráfico 3.7 Parámetros generales de la red	114
Gráfico 3.8 Topología de la red inalámbrica	114
Gráfico 3.9 Parámetros de los equipos SkyGateway y SkyExtender	115
Gráfico 3.10 Parámetros de los equipos SkyConnector Outdoor	115
Gráfico 3.11 Resultados relativos al enlace entre SkyGateway GW (Conectividad global) y SkyExtender EX3 (Ministerio de Educación y Cultura - MEC)	116
Gráfico 3.12 Área de cobertura de la red inalámbrica	118
Gráfico 3.13 Ubicación de los equipos del backbone inalámbrico en la zona urbana de quito	120
Gráfico 3.14 Esquema General de direccionamiento	121
Gráfico 3.15 Esquema de asignación de capacidad, QoS y distribución de VLANs	123
Gráfico 3.16 Plan de migración de la red inalámbrica	131

## **CAPÍTULO 4**

Gráfico 4.1 División de tareas del personal de administración y gestión de la red inalámbrica	139
Gráfico 4.2 Esquema de gestión y monitorización	145

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

TABLA 1.1 Ubicación de los dispositivos SkyPilot que formaban parte del backhaul, en el año 2005	3
TABLA 1.2 Ubicación y punto de conexión de los dispositivos SkyConnectors, en el año 2005	4
TABLA 1.3 Ubicación de los dispositivos SkyPilot que formaban parte del backhaul, en junio de 2007	6
TABLA 1.4 Ubicación y punto de conexión de los dispositivos SkyConnectors, en junio de 2007	7
TABLA 1.5 Ubicación de los dispositivos SkyPilot que formaban parte del backhaul, en agosto de 2007	8
TABLA 1.6 Ubicación y punto de conexión de los dispositivos skyconnectors Outdoors, en Agosto de 2007	9
TABLA 1.7 Ubicación del SkyGateway y los SkyExtenders	33
TABLA 1.8 Ubicación de los SkyConnectors	34
TABLA 1.9 Especificaciones de la tecnología SkyPilot	36
TABLA 1.10 Especificaciones físicas de los equipos SkyPilot	37
TABLA 1.11 Volumen de transferencia de datos (noviembre 2007 – febrero 2009)	49
TABLA 1.12 Intensidad de tráfico de datos (noviembre 2007 – febrero 2009)	51

### CAPÍTULO 2

TABLA 2.1 Antenas utilizadas comúnmente para la implementación de redes inalámbricas	63
TABLA 2.2 Principales fenómenos que afectan a las ondas electromagnéticas	64
TABLA 2.3 Modelos de propagación en exteriores	65
TABLA 2.4 Tasa de datos y de código según el tipo de modulación, definida por 802.11a	69
TABLA 2.5 Conceptos básicos de comunicaciones de datos	70
TABLA 2.6 Características de tráfico	74
TABLA 2.7 Características de los codecs - VoIP	74
TABLA 2.8 Rango de direcciones IP privadas	77
TABLA 2.9 Modelo Longley-Rice. Valores sugeridos para el parámetro de terreno irregular	81
TABLA 2.10 Modelo Longley-Rice. Constantes eléctricas del terreno	81
TABLA 2.11 Modelo Longley-Rice. Valores sugeridos de $N_s$ en función del clima	82
TABLA 2.12 Modelo Longley-Rice. Modos de Variabilidad	84
TABLA 2.13 Modelo Longley-Rice. Parámetros del sistema	84
TABLA 2.14 Radio mobile. Parámetros involucrados en el presupuesto del enlace	87
TABLA 2.15 Equivalencias unidades-S en dB del margen de desvanecimiento (M)	88
TABLA 2.16 Radio Mobile. Área de cobertura	92

### **CAPÍTULO 3**

TABLA 3.1 Expectativas del Proyecto Quito Educ@net	100
TABLA 3.2 Establecimientos beneficiarios	103
TABLA 3.3 Capacidad requerida por aplicación	106
TABLA 3.4 Equipos operativos SkyPilot periodo 2005 - 2009	107
TABLA 3.5 Capacidad total requerida pro la red inalámbrica	109
TABLA 3.6 Especificaciones técnicas de los equipos SkyPilot	110
TABLA 3.6 Reubicación de los dispositivos SkyPilot que formaban parte del backbone inalámbrico	111
TABLA 3.8 Resumen de los resultados de los enlaces de los equipos del backhaul inalámbrico	119
TABLA 3.9 Esquema general de Direccionamiento IP de la red inalámbrica	120
TABLA 3.10 Esquema de Direccionamiento IP de los equipos conectados a la red inalámbrica	121
TABLA 3.11 Instalación, aprovisionamiento, activación y derechos de concesión	124
TABLA 3.12 Mantenimiento preventivo, monitoreo anual, uso de frecuencias	126
TABLA 3.13 Descripción de costos por unidad	132
TABLA 3.14 Costos de la etapa 1,2 y 3	132
TABLA 3.15 Costos mensual de monitoreo y mantenimiento preventivo de la red inalámbrica	132

### **CAPÍTULO 4**

TABLA 4.1 Capacidad asignada según el número de ordenadores	147
---	-----

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo la evaluación y rediseño de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net, más no su implantación.

El rediseño abarca el perímetro urbano de la ciudad de Quito en donde se encuentran distribuidos algunos de los colegios y escuelas municipales, fiscomisionales y fiscales participantes del proyecto Quito Educ@net.

El desarrollo del proyecto está dividido en cuatro capítulos específicos sobre conceptos y criterios para el rediseño, administración y seguridad de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net, mas un capítulo de conclusiones y recomendaciones.

A continuación se hace una breve descripción sobre el contenido y las finalidades de los capítulos del presente proyecto.

En el capítulo 1 se detalla la situación actual de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net en lo referente a: la estructura física, la instalación, las características de los dispositivos inalámbricos, la estructura lógica, los servicios y las falencias existentes en la red; en base a los antecedentes e inspección de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net.

En el capítulo 2 se presenta un marco teórico referente a los fenómenos que afectan a las ondas electromagnéticas, se exponen los criterios para el rediseño de una red inalámbrica y finalmente se hace una descripción del software de análisis y planificación de sistemas de radiocomunicaciones externos, fijo o móvil Radio Mobile.

En el capítulo 3 se evalúa y rediseña la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net, en base a las expectativas de los usuarios, la aplicación de criterios de diseño tales como: capacidad de la red inalámbrica, planificación de los enlaces inalámbricos, predicción del área de cobertura, etc. y un presupuesto

referencial del costo del equipamiento, la instalación, la administración y el mantenimiento de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net.

En el capítulo 4 se elabora un plan para la administración y la aplicación de medidas de seguridad en la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net basado en el RFC 2196 “Site Security Handbook” y el Modelo de Gestión de Internet.

Finalmente, en el capítulo 5 se enuncian las conclusiones y recomendaciones, en base a las experiencias y resultados obtenidos durante el desarrollo del presente proyecto de titulación.

## PRESENTACIÓN

El Proyecto Quito Educ@net es un proyecto que persigue la incorporación de las tecnologías de la información en escuelas y colegios municipales, fiscomisionales y fiscales del Distrito Metropolitano de Quito con el fin de que se compartan recursos educativos que ayuden al crecimiento intelectual y moral de los estudiantes y a la vez permitan que tanto escuelas como colegios interactúen mediante servicios como: Sistema de Gestión Académica, Correo Electrónico, Chat, Videoconferencia, Voz sobre IP (VoIP) y Páginas Web interactivas que permitan a los estudiantes acceder a información educativa.

Para cumplir con dicho objetivo es indispensable que la comunicación a través de la intranet esté siempre disponible, en condiciones de calidad.

En la situación actual, esto no ha sido posible debido a que parte de su interconexión está basada en enlaces inalámbricos ubicados sin un adecuado estudio, esto se ha evidenciado en los resultados de los constantes monitoreos que se realizan a la red inalámbrica donde se han observado continuas pérdidas de conexión entre los usuarios y el Datacenter, especialmente en días de mal clima, así como también se ha notado que los dispositivos no se encuentran adecuadamente configurados siendo estos los problemas sobresalientes observados; por lo tanto, es indispensable y necesario el estudio y rediseño de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net para asegurar el acceso por parte de los usuarios a los servicios.

Las ventajas que derivan del rediseño de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net justifican plenamente el proyecto de titulación, bajo los puntos de vista de la aplicación tecnológica, actualización, velocidad de transmisión, transferencia de información y facilidad de acceso por parte del usuario. Además, se debe considerar que todo proyecto orientado a la educación es por sí mismo muy importante dentro de una sociedad y se justifica por sí solo.

# CAPÍTULO 1

## SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET

### 1.1 RESUMEN

El capítulo inicia con una breve descripción del Proyecto Quito Educ@net, continúa con una reseña histórica de la infraestructura inalámbrica, luego se describen las características de la tecnología inalámbrica *SkyPilot* que interconecta a los centros educativos beneficiarios del proyecto con el *Datacenter* del Proveedor de Servicios Informáticos; posteriormente, se describe la situación actual de la red inalámbrica en lo referente al aprovisionamiento, el equipamiento y la instalación de los equipos inalámbricos; así como una descripción de los servicios de red de propósito educativo (Web, Transferencia de Archivos (FTP), Correo Electrónico, Telefonía IP (VoIP) y Sistema de Gestión de Académica (SGA), Videoconferencia) y el tráfico TCP/IP que circula por la red inalámbrica; finalmente, se realiza un diagnóstico de la infraestructura inalámbrica, el cual será el punto de partida para el rediseño que propone este proyecto de titulación.

### 1.2 PROYECTO QUITO EDUC@NET<sup>[1]</sup>

Es un proyecto de la Dirección de Educación Metropolitana de Quito que ha incorporado las tecnologías de información y comunicación (TIC) dentro del Distrito Metropolitano de Quito desde el año 2002, a través del uso de una infraestructura computacional y de comunicaciones que ha permitido a los estudiantes y a los maestros aprovechar las aplicaciones y los servicios de red de propósito educativo, con el fin de desarrollar mayores capacidades de acceso y selección de información que promueva y potencie la investigación científica desde la institución educativa; así como una mayor conectividad con el mundo digital; garantizando de esa manera una educación universal y de calidad.

# PROYECTO QUITO EDUC@NET

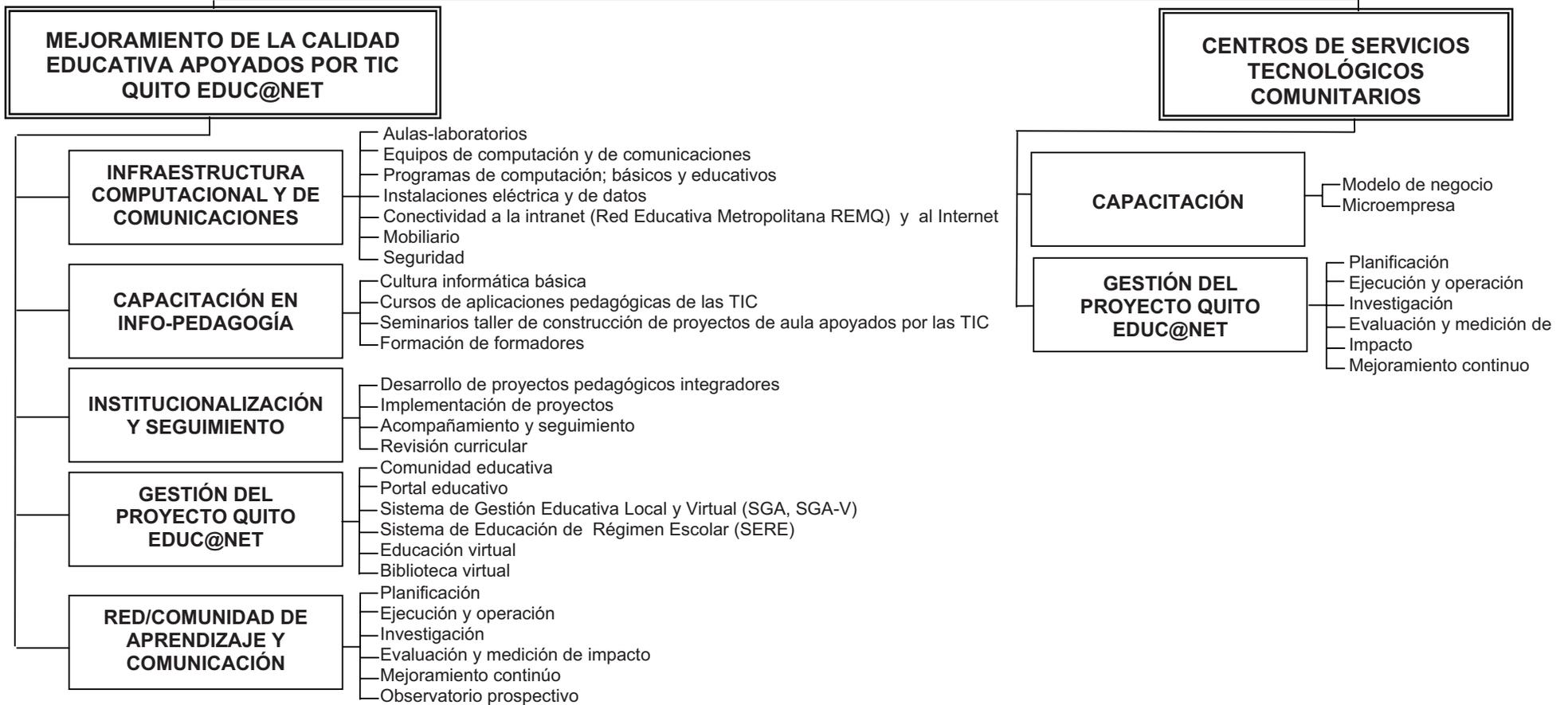


Gráfico 1.1 Esquema general del proyecto<sup>[1]</sup>

### 1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET<sup>[2]</sup>

#### 1.3.1 Situación de la Infraestructura Inalámbrica en el año 2005

En el año 2005, el Proyecto Quito Educ@net adquirió a la empresa SPACELINK S.A. la infraestructura de comunicaciones inalámbrica *SkyPilot* que constaba de: 1 *SkyGateway*, 6 *SkyExtenders* y 41 *SkyConnectors Outdoor*<sup>[2]</sup>, para permitir que los centros participantes del proyecto aprovechen los servicios de red de propósito educativo de la Red Educativa Metropolitana de Quito (REMQ).

En este periodo, el total de equipos inalámbricos (*SkyGateway*, *SkyExtenders* y *SkyConnectors*) operativos era aproximadamente del 68%<sup>[2]</sup> del global de activos adquiridos, es decir, 1 *SkyGateway*, 6 *SkyExtenders* y 26 *SkyConnectors Outdoor* (véase tabla 1.1 y tabla 1.2), “esto a causa de las dificultades presentadas al realizar los trabajos de instalación en los centros beneficiarios debido a su ubicación, remodelación o cambio de edificación”<sup>[2]</sup>.

Tipo <i>SkyPilot</i>	Función	Ubicación
<i>SkyExtenders</i>	Repetidoras	Adolfo Kliger 4030 y Pedro Campaña ( <b>Comité del Pueblo</b> )
		De los Chalanes E13-307 frente al Colegio Heidegger ( <b>El Edén</b> )
		Francisco Olmos y Juan José Guerrero. Reservorio del Agua Potable ( <b>Puengasí</b> )
		Asunción 1006 y Canadá ( <b>SpaceLink</b> )
		Calle Manuel Lupera ( <b>Parque Itchimbía</b> )
		Calle Melchor Aymerich ( <b>Panecillo</b> )
<i>SkyGateway</i>	Punto de Acceso	Amazonas y Azuay. Edf. Copladi ( <b>Aldea Global</b> )

Tabla 1.1 Ubicación de los dispositivos *SkyPilot* que formaban parte del *backhaul*, en el año 2005<sup>[2]</sup>

	<b>Clase</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Punto de Conexión</b>
1	Dirección de Educación	Dirección de Proyectos	Mejía y Guayaquil esq. <b>(Centro de Quito)</b>	Itchimbía
2	Colegio	Sebastián de Benalcázar	Av.6 de Diciembre e Irlanda El Batán <b>(Norte de Quito)</b>	Aldea Global
3	Colegio	Fernández Madrid	Rocafuerte 916 y Pasaje Liceo <b>(La Loma)</b>	Itchimbía
4	Escuela	Eugenio Espejo	Río de Janeiro <b>(Santa Prisca)</b>	El Edén
5	Escuela	Manuel Cabeza de Vaca	Alangasí. Parque central <b>(Alangasí)</b>	Puengasí
6	Cibernarium	Zona Administración Norte	Amazonas 4532 y Pereira <b>(Norte de Quito)</b>	Panecillo
7	Cibernarium	Centro Cultural Conocoto	Simón Bolívar y Sucre <b>(Conocoto)</b>	Puengasí
8	Cibernarium	Calderón	Av. Capitán Giovanni. Vía a Marianitas <b>(Calderón)</b>	Comité del Pueblo
9	Cibernarium	Centro Cultural Metropolitano	García Moreno y Sucre <b>(Centro de Quito)</b>	Panecillo
10	CEMEI	Andalucía	Jorge Piedra y General Gallo <b>(La Florida)</b>	El Edén
11	CEMEI	Caminitos de Luz	Mercado de Chiriyacu <b>(Sur de Quito)</b>	Panecillo
12	CEMEI	Unión y Justicia	Calle los Encuentros y calle F <b>(Unión y Justicia)</b>	Panecillo
13	CEMEI	Lucia Burneo	Puna y Pérez 59-18 <b>(Ferroviaria)</b>	Panecillo
14	CEMEI	La Magdalena	Cacha y Huaynacalpón <b>(La Magdalena)</b>	Panecillo
15	CEMEI	Ipiales	Mejía y Mires Centro Comercial Mires <b>(El Tejar)</b>	Itchimbía
16	CEMEI	San Roque	Loja y Av. 24 de Mayo <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
17	CEMEI	Colibrí	Segundo Piso Mercado Central <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
18	CEMEI	Santa Clara	Calle Versalles, Mercado Santa Clara <b>(Iñaquito)</b>	SpaceLink
19	CEMEI	Empleados Municipales	Espejo y Montúfar esq. <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
20	CEMEPP	Ricardo Chiriboga	Cuenca y Manabí <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
21	CEMEPP	Dora Isella Russel	Javier Gutiérrez N359 y Junín <b>(San Marcos)</b>	Panecillo
22	CEMEPP	9 de Octubre	Lizarzo N24-2410 y Núñez de Bonilla <b>(La Gasca)</b>	El Edén
23	CEMEPP	Juan Wisneth	Raimundo Santander y Casaquilla <b>(Guamaní)</b>	Panecillo
24	Unidad Educativa	Quitumbe	Morán Valverde y Rumichaca <b>(Las Cuadras)</b>	Itchimbía
25	Unidad Educativa	Experimental Sucre	Sucre y Montúfar <b>(La Loma)</b>	Panecillo
26	Unidad Educativa	Julio Moreno Peñaherrera	Guamaní Patricio Romero B. S55-161 <b>(Quitumbe)</b>	Itchimbía

Tabla 1.2 Ubicación y punto de conexión de los dispositivos *SkyConnectors Outdoor* en el año 2005<sup>[2]</sup>

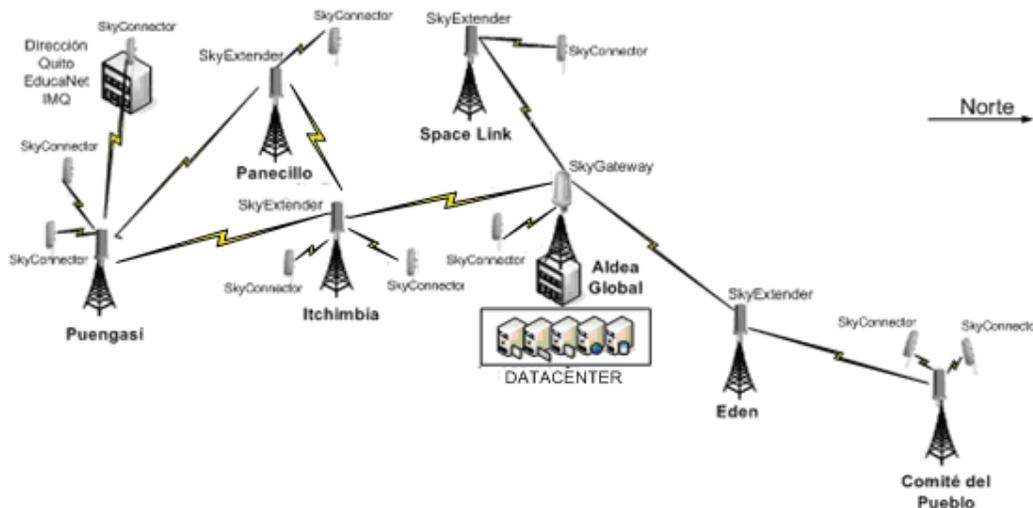


Gráfico 1.2 Esquema global de la red inalámbrica en el año 2005<sup>[2]</sup>

La red de comunicación inalámbrica fue instalada, aprovisionada, equipada y administrada en un inicio por la empresa SPACELINK S.A., mientras los servicios de red de propósito educativo de la Red Educativa Metropolitana de Quito estaban alojados en las instalaciones de la empresa Aldea Global, razón por la cual el punto de acceso (*SkyGateway*) se encontraba en sus instalaciones.

### 1.3.2 Situación de la infraestructura inalámbrica desde noviembre de 2006 hasta diciembre de 2008

En noviembre de 2006, la empresa Aldea Global se hace cargo de la administración de la red inalámbrica *SkyPilot* del Proyecto Quito Educ@net.

En junio de 2007, Aldea Global retira las repetidoras localizadas en el Sector del Comité del Pueblo y el Edén, debido a averías en el hardware de los equipos; supuestamente a consecuencia de una inadecuada conexión del sistema de protección a tierra; adicionalmente, se ve obligada a retirar la repetidora localizada en la empresa SPACELINK S.A, porque el Proyecto Quito Educ@net no llegó a un acuerdo con mencionada empresa para que la repetidora permanezca en sus instalaciones.

En vista de estos sucesos, la empresa Aldea Global, que para ese entonces se encontraba ubicada en las calles Yugoslavia e Inglaterra, traslada la repetidora ubicada en las instalaciones de la empresa SpaceLink a la torre de comunicaciones de propiedad de la empresa Conecel S.A. (Porta), ubicada en el Sector de Quito Tennis y traslada el dispositivo *SkyGateway* hacia las instalaciones del Colegio Martim Cereré, al norte de la ciudad de Quito, donde adicionalmente coloca un enlace punto a punto para que los centros beneficiarios de red inalámbrica *SkyPilot* puedan acceder a los servicios de red de propósito educativo de la Red Educativa Metropolitana de Quito alojados en las instalaciones de la empresa Aldea Global.

Tipo <i>SkyPilot</i>	Función	Ubicación
<i>SkyExtenders</i>	Repetidoras	Francisco Olmos y Juan José Guerrero. Reservorio del Agua Potable ( <b>Puengasí</b> )
		Calle Manuel Lupera ( <b>Parque Itchimbia</b> )
		Calle Melchor Aymerich ( <b>Panecillo</b> )
		Av. Brasil frente al Quito Tennis Club ( <b>Canal 4</b> )
<i>SkyGateway</i>	Punto de Acceso	De los Guayacanes. Col. Martim Cereré ( <b>Los Álamos</b> )

**Tabla 1.3 Ubicación de los dispositivos *SkyPilot* que formaban parte del *backhaul*, en junio de 2007<sup>[2]</sup>**

	<b>Clase</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Punto de Conexión</b>
1	Dirección de Educación	Dirección de Proyectos	Mejía y Guayaquil esq. <b>(Centro de Quito)</b>	Itchimbía
2	Colegio	Sebastián de Benalcázar	Av.6 de Diciembre e Irlanda El Batán <b>(Norte de Quito)</b>	Canal 4
3	Colegio	Fernández Madrid	Rocafuerte 916 y Pasaje Liceo <b>(La Loma)</b>	Itchimbía
4	Escuela	Eugenio Espejo	Río de Janeiro <b>(Santa Prisca)</b>	Canal 4
5	Escuela	Manuel Cabeza de Vaca	Alangasí Parque central <b>(Alangasí)</b>	Puengasí
6	Escuela	Oswaldo Lombeyda	Calle F y Calle G <b>(Guamani)</b>	Panecillo
7	Cibernarium	Zona Administración Norte	Amazonas 4532 y Pereira <b>(Norte de Quito)</b>	Panecillo
8	Cibernarium	Centro Cultural Conocoto	Simón Bolívar y Sucre <b>(Conocoto)</b>	Puengasí
9	Cibernarium	Centro Cultural Metropolitano	García Moreno y Sucre <b>(Centro de Quito)</b>	Panecillo
10	CEMEI	Andalucía	Jorge Piedra y General Gallo <b>(La Florida)</b>	Canal 4
11	CEMEI	Caminitos de Luz	Mercado de Chiriyacu <b>(Sur de Quito)</b>	Panecillo
12	CEMEI	Unión y Justicia	Calle los Encuentros y calle F <b>(Unión y Justicia)</b>	Panecillo
13	CEMEI	Lucía Burneo	Puna y Pérez 59-18 <b>(Ferroviaria)</b>	Panecillo
14	CEMEI	La Magdalena	Cacha y Huaynacalpon <b>(La Magdalena)</b>	Panecillo
15	CEMEI	Ipiales	Mejía y Mires Centro Comercial Mires <b>(El Tejar)</b>	Itchimbía
16	CEMEI	San Roque	Loja y Av. 24 de Mayo <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
17	CEMEI	Colibrí	Segundo Piso Mercado Central <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
18	CEMEI	Santa Clara	Calle Versalles, Mercado Santa Clara <b>(Iñaquito)</b>	Canal 4
19	CEMEI	Empleados Municipales	Espejo y Montúfar esq. <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
20	CEMEPP	Ricardo Chiriboga	Cuenca y Manabí <b>(San Roque)</b>	Itchimbía
21	CEMEPP	Dora Isella Russel	Javier Gutiérrez N359 y Junín <b>(San Marcos)</b>	Panecillo
22	CEMEPP	9 de Octubre	Lizarzo N24-2410 y Núñez de Bonilla <b>(La Gasca)</b>	Canal 4
23	CEMEPP	Juan Wisneth	Raimundo Santander y Casaquilla <b>(Guamani)</b>	Panecillo
24	Unidad Educativa	Quitumbe	Morán Valverde y Rumichaca <b>(Las Cuadras)</b>	Itchimbía
25	Unidad Educativa	Experimental Sucre	Sucre y Montúfar <b>(La Loma)</b>	Panecillo
26	Unidad Educativa	Julio Moreno Peñaherrera	Guamani Patricio Romero B. S55-161 <b>(Quitumbe)</b>	Itchimbía
27	Centro de Recuperación	Emilio Uscátegui	Av. 24 de Mayo y Chimborazo <b>(24 de Mayo)</b>	Itchimbía

Tabla 1.4 Ubicación y de conexión de los dispositivos *SkyConnectors Outdoor* en junio de 2007<sup>[2]</sup>

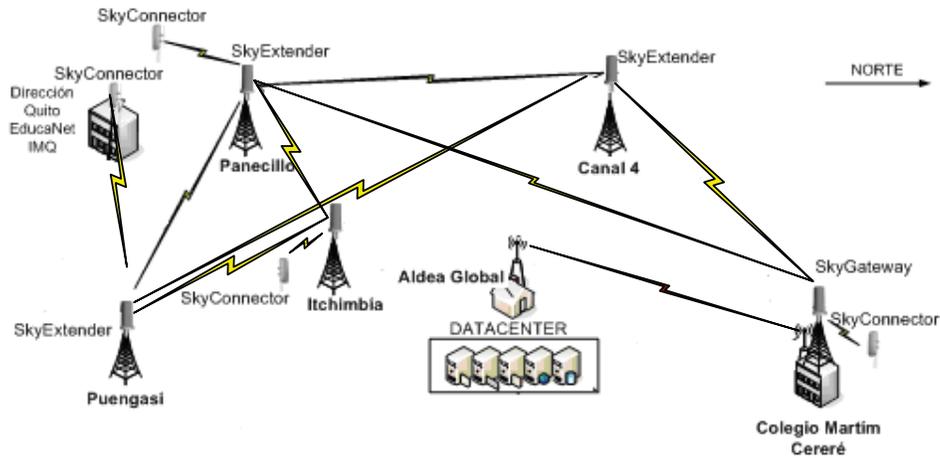


Gráfico 1.3 Esquema global de la red inalámbrica en junio de 2007<sup>2</sup>

En agosto de 2007, Aldea Global reporta daños en el hardware de las repetidoras ubicadas en el Parque Itchimbia y en el Sector de la Quito Tennis; supuestamente debido a la inadecuada instalación del sistema de protección a tierra.

Aldea Global, en vista de los problemas de hardware que presentaban las repetidoras (*SkyExtenders*), envía los dispositivos inalámbricos para su reparación a la empresa *SkyPilot*.

Tipo <i>SkyPilot</i>	Función	Ubicación
<i>SkyExtenders</i>	Repetidora	Francisco Olmos y Juan José Guerrero. Reservoirio del Agua Potable ( <b>Puengasi</b> )
		Calle Melchor Aymerich ( <b>Panecillo</b> )
<i>SkyGateway</i>	Punto de Acceso	De los Guayacanes. Col. Martim Cereré ( <b>Los Álamos</b> )

Tabla 1.5 Ubicación de los dispositivos *SkyPilot* que forman parte del *backhaul* inalámbrico, en agosto de 2007<sup>[2]</sup>

	<b>Clase</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Punto de Conexión</b>
1	Dirección de Educación	Dirección de Proyectos	Mejía y Guayaquil esq. ( <b>Centro de Quito</b> )	Puengasí
2	Colegio	Fernández Madrid	Rocafuerte 916 y Pasaje Liceo ( <b>La Loma</b> )	Panecillo
3	Escuela	Manuel Cabeza de Vaca	Alangasí Parque central ( <b>Alangasí</b> )	Puengasí
4	Escuela	Oswaldo Lombeyda	Calle F y Calle G ( <b>Guamaní</b> )	Panecillo
5	Cibernarium	Zona Administración Norte	Amazonas 4532 y Pereira ( <b>Norte de Quito</b> )	Panecillo
6	Cibernarium	Centro Cultural Conocoto	Simón Bolívar y Sucre ( <b>Conocoto</b> )	Puengasí
7	Cibernarium	Centro Cultural Metropolitano	García Moreno y Sucre ( <b>Centro de Quito</b> )	Panecillo
8	CEMEI	Caminitos de Luz	Mercado de Chiriyacu ( <b>Sur de Quito</b> )	Panecillo
9	CEMEI	Unión y Justicia	Calle los Encuentros y calle F ( <b>Unión y Justicia</b> )	Panecillo
10	CEMEI	Lucía Burneo	Puna y Pérez 59-18 ( <b>Ferrovial</b> )	Panecillo
11	CEMEI	La Magdalena	Cacha y Huaynacalpon ( <b>La Magdalena</b> )	Panecillo
12	CEMEPP	Dora Isella Russel	Javier Gutiérrez N359 y Junín ( <b>San Marcos</b> )	Panecillo
13	Unidad Educativa	Quitumbe	Morán Valverde y Rumichaca ( <b>Las Cuadras</b> )	Panecillo
14	Unidad Educativa	Experimental Sucre	Sucre y Montúfar ( <b>La Loma</b> )	Panecillo
15	Centro de Recuperación	Emilio Uscátegui	Av. 24 de Mayo y Chimborazo ( <b>24 de Mayo</b> )	Panecillo

Tabla 1.6 Ubicación y punto de conexión de los dispositivos *SkyConnectors Outdoor* en Agosto de 2007<sup>[2]</sup>

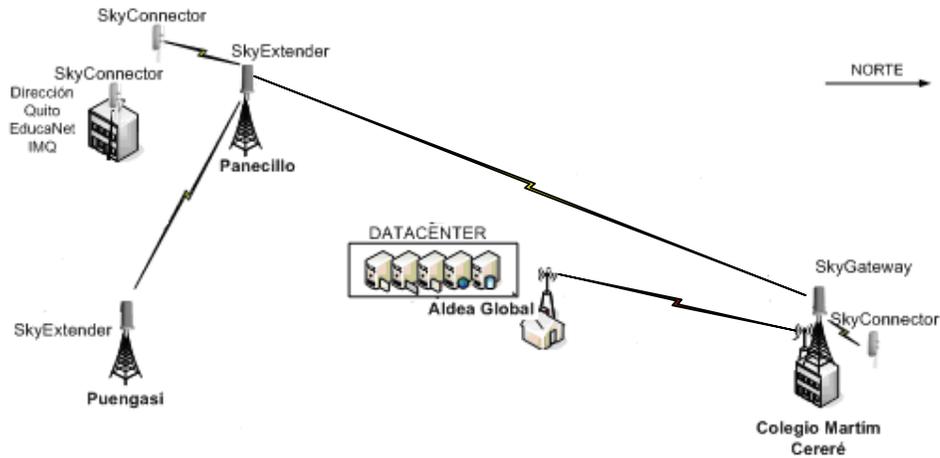


Gráfico 1.4 Esquema global de la red inalámbrica en agosto de 2007<sup>[2]</sup>

En noviembre de 2007, la empresa Conectividad Global, ubicada en las calles José Félix Barreiro E10-221 y Av. Eloy Alfaro, se hace cargo de la administración de la red inalámbrica *SkyPilot* y de los servicios de red de propósito educativo de la Red Educativa Metropolitana de Quito, por lo que traslada el punto de acceso (*SkyGateway*) a sus oficinas y coloca una repetidora en las instalaciones del Colegio Martim Cereré.

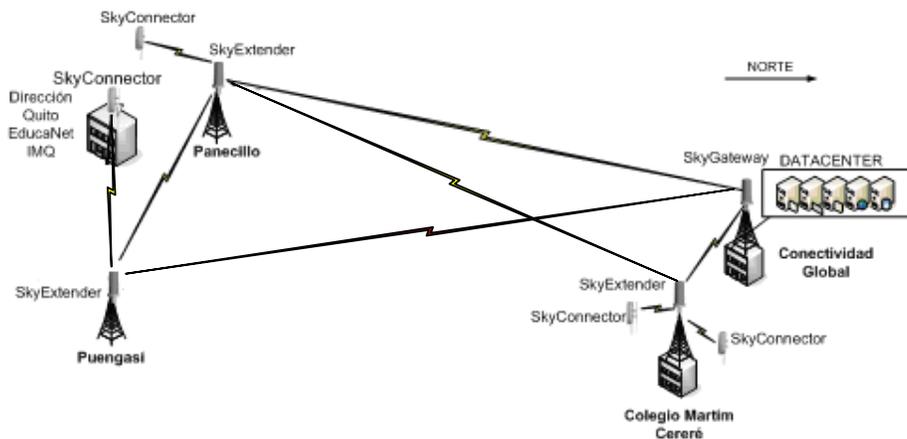


Gráfico 1.5 Esquema global de la red inalámbrica en noviembre de 2007<sup>[2]</sup>

En diciembre de 2008, Conectividad Global retira el *SkyExtender* ubicado en el Colegio Martim Cereré, por una petición técnica-administrativa del Proyecto Quito Educ@net.

## 1.4 TECNOLOGÍA SKYPILOT<sup>[3],[4],[5],[6]</sup>

Es una tecnología propietaria inalámbrica mallada de banda ancha, fabricada por la empresa estadounidense *SkyPilot Networks Inc.* (Santa Clara, California), que permite desarrollar de manera rápida y eficiente redes inalámbricas capaces de soportar servicios tales como: acceso de banda ancha de última milla, telefonía IP (VoIP), vídeo vigilancia, comunicaciones móviles, etc.

La tecnología *SkyPilot* posee características técnicas que permiten hacer frente a los problemas comunes que se presentan en la implementación de soluciones de radiofrecuencia (RF) tales como: interferencia, eficiencia espectral, rango de frecuencias, escalabilidad, capacidad, redundancia y tolerancia a fallos.

“A diferencia de otros sistemas de banda ancha inalámbrica, la red mesh de banda ancha de *SkyPilot* es altamente flexible. Puede soportar concurrentemente datos, voz y aplicaciones de video; diferentes usos de las redes y múltiples niveles de servicios. Basado en protocolos sincronizados y en una avanzada conmutación de arreglo de antenas, las soluciones *SkyPilot* proporcionan una gran escalabilidad y rendimiento para todas las aplicaciones de banda ancha inalámbrica.”<sup>[3]</sup>

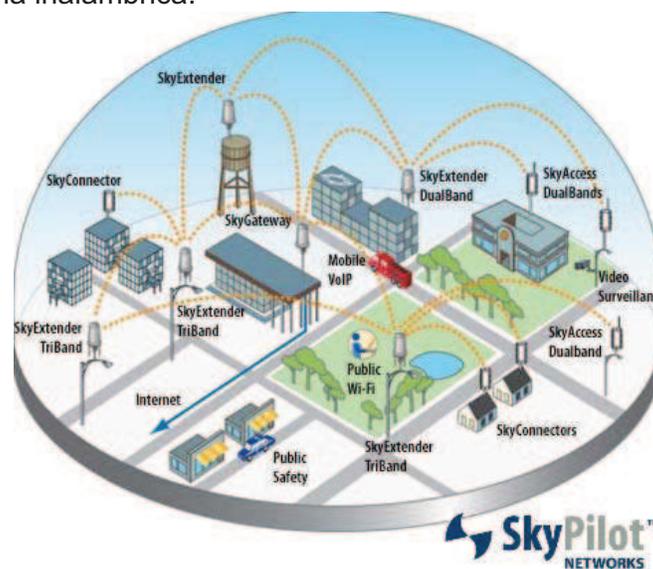


Gráfico 1.6 Red SkyPilot<sup>[3]</sup>

## 1.4.1 Dispositivos de la familia *SkyPilot*

### 1.4.1.1 *SkyGateway*

Provee una interfaz entre la red cableada y la red inalámbrica. Habitualmente se encuentra ubicado en el *POP* (Punto de Presencia) o en un *Datacenter*, donde puede acceder fácilmente a la red cableada. Incluye un arreglo avanzado de ocho antenas que provee una cobertura omnidireccional. Puede alcanzar niveles de potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) de hasta 28W (44,5 dbm), lo que permite lograr distancias de hasta 16Km. entre los nodos de la red mallada.

La red inalámbrica *SkyPilot* requiere al menos de un *SkyGateway* para su normal funcionamiento, se puede adicionar varios *SkyGateways* para aumentar la capacidad de la red o proveer redundancia.

*SkyPilot Networks* ofrece, además del *SkyGateway* Clásico, los modelos *SkyGateway DualBand* y *SkyGateway TriBand*, que se diferencian por ofrecer cobertura Wi-Fi (2.4GHz) y cobertura en banda de seguridad pública (4.9GHz).



Gráfico 1.7 SkyGateway <sup>[3]</sup>

#### 1.4.1.2 SkyExtender

Funciona como un repetidor que extiende el área de cobertura de un *SkyGateway*. Incluye un avanzado arreglo de ocho antenas que provee una cobertura omnidireccional. Aumenta la robustez y flexibilidad de una red mallada, mejorando la disponibilidad de una red inalámbrica *SkyPilot*.

Para obtener un rendimiento óptimo los dispositivos *SkyExtender* deben ubicarse en lugares accesibles y elevados tales como: edificios, torres, postes de iluminación pública, vallas y torres de agua.

*SkyPilot Networks* ofrece, además del *SkyExtender* Clásico, los modelos *SkyExtender DualBand* y *SkyExtender TriBand*, que se diferencian por ofrecer cobertura Wi-Fi (2.4GHz) y cobertura en banda de seguridad pública (4.9GHz).



Gráfico 1.8 SkyExtenders<sup>[3]</sup>

#### 1.4.1.3 SkyConnectors

Provee una interfaz entre la red *Ethernet* del usuario final y la red inalámbrica. Incluye una antena tipo panel con una ganancia de alrededor de 16.5 dBi y un ancho del haz de 28° en el plano horizontal y 9° en el plano vertical.

El enlace inalámbrico puede ser directamente a un *SkyGateway* o indirectamente a través de un *SkyExtender*. Existen dos tipos de *SkyConnectors*:

**Outdoors:** diseñado para instalaciones en exteriores. Deben ser colocados en la parte externa de la edificación o estructura tales como: techos, terrazas. Provee una mejor cobertura que el modelo para interiores. Existen tres tipos de *SkyConnector Outdoors*: Clásico, Profesional (Pro) y Mini; las diferencias más notables son en lo referente a costos y características técnicas tales como: ganancia de la antena, potencia de transmisión y rangos de frecuencias de operación.



Gráfico 1.9 SkyConnectors Outdoor<sup>[3]</sup>

**Indoors:** es un dispositivo *plug and play* que el usuario final puede instalar sin asistencia técnica. Debe ser colocado en lugares en donde se pueda tener línea de vista con el *SkyGateway* o el *SkyExtender*, como en el marco de una ventana (gráfico 1.10).



Cuando la luz Act empieza a parpadear, esto significa que esta recibiendo una señal desde la red y buscará la mejor conexión posible. Si la luz del ACT no parpadea después de 30 segundos, se debe tratar de cambiar la orientación del SkyConnector o cambiar del lugar al equipo y repetir el proceso.

Gráfico 1.10 SkyConnector Indoor<sup>[3]</sup>

#### 1.4.2 Estructura Física de los dispositivos *SkyPilot*

En el gráfico 1.11 se indican la estructura de los dispositivos *SkyGateway* y *SkyExtender*.

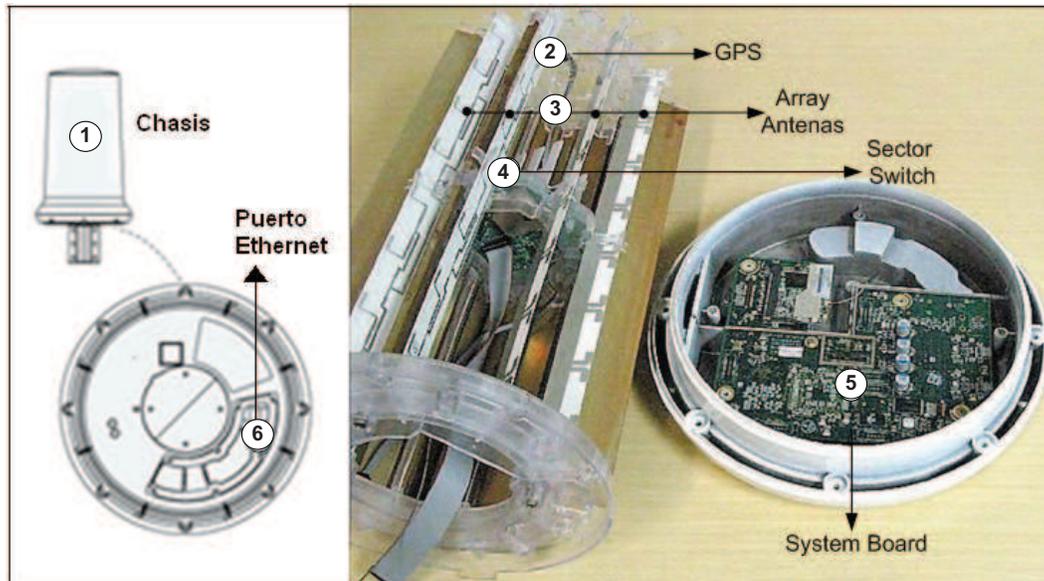


Gráfico 1.11 Componentes de un SkyExtender / SkyGateway<sup>[5]</sup>

**Chasis:** ligero con forma cilíndrica basado en el estándar NEMA-4X, que permite una fácil instalación en las estructuras existentes tales como torres, edificios, postes de iluminación pública, vallas y torres de agua.

**Receptor GPS:** componente integrado que permite la sincronización exacta de los relojes de todos los elementos de la red mallada.

**Arreglo de Antenas:** avanzado arreglo de ocho antenas sectorizadas con una separación de  $45^\circ$  en el plano horizontal x  $6^\circ$  en el plano vertical; una ganancia de 18 dBi, proporcionando una cobertura de  $360^\circ$ . Son capaces de soportar hasta 28 W PIRE, lo que permite ampliar la cobertura inalámbrica en alrededor de 16Km entre los nodos de la red mallada.

**Sector Switch:** coordina y optimiza la actividad de cada sector del arreglo de antenas de los equipos *SkyPilot*.

**System Board:** provee un mecanismo para la administración avanzada de enlaces, conectividad al Internet (*SkyGateway*), funcionalidad con los *SkyConnectors* (*SkyExtender*) y un software de enrutamiento.

**Puerto Ethernet RJ45:** proporciona la energía de alimentación (a través del *Power Injector*) así como la conectividad.

En los gráficos 1.12 se indica la estructura de los dispositivos *SkyConnectors*

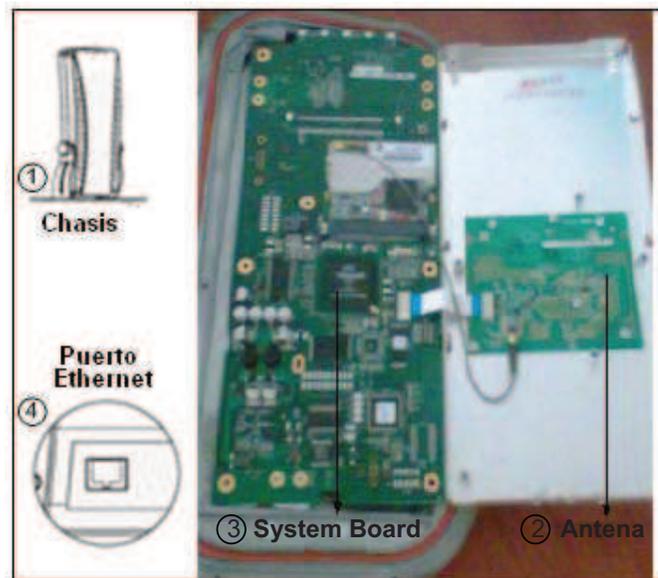


Gráfico 1.12 Componentes de un *SkyConnector*<sup>[5]</sup>

**Chasis:** *SkyConnector Outdoor* tiene un chasis ligero basado en el estándar NEMA-4X y es típicamente instalado en paredes, cornisas, o en los techos de los edificios o casas, mientras que el *SkyConnector Indoor* se puede colocarse en una mesa o instalarse en una ventana.

**Antena:** es de tipo panel con un ancho de haz de 28° en el plano horizontal x 9° en el plano vertical y una ganancia de 16.5 dbi. Proporciona una alta ganancia y mejora la penetración, lo que permite alcanzar distancias en alrededor de los 12km.

**System Board:** proporciona mecanismos para la autenticación de los usuarios finales y acceso a la red mallada.

**Puerto Ethernet RJ45:** proporciona la energía de alimentación (a través del Power Inyector) así como la conectividad.

Tanto los equipos *SkyGateways* como los *SkyExtenders* y los *SkyConnectors* poseen un *Power Inyector* (POE) (gráfico 1.13) que suministra de corriente eléctrica a los dispositivos *SkyPilot* a través de *Ethernet* y a su vez permite la transmisión de datos desde el dispositivo *SkyPilot* hacia un computador o la red interna.

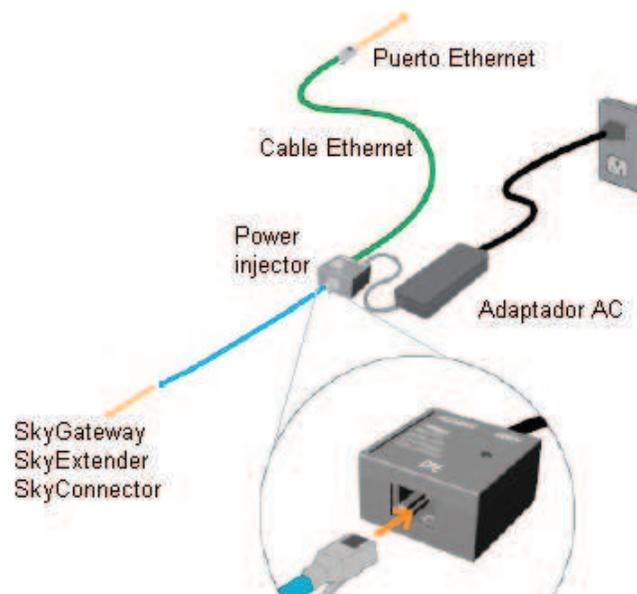


Gráfico 1.13 Power Inyector (POE)<sup>[3]</sup>

### 1.4.3 Topologías de red

En el gráfico 1.14 se indican las topologías soportadas por la tecnología *SkyPilot*, las mismas que se describen a continuación:

- **Punto a punto**
- **Punto a multipunto:** donde el *SkyGateway* es instalado en un lugar central; todos los *SkyConnectors* son colocados alrededor del

*SkyGateway* estableciendo redes compactas, pequeñas fáciles de instalar y mantener.

- **Malla:** mediante la utilización de los *SkyExtenders* la red puede ofrecer varias ventajas en comparación con las otras topologías, como incremento de la cobertura, la capacidad, redundancia y eficiencia del espectro.

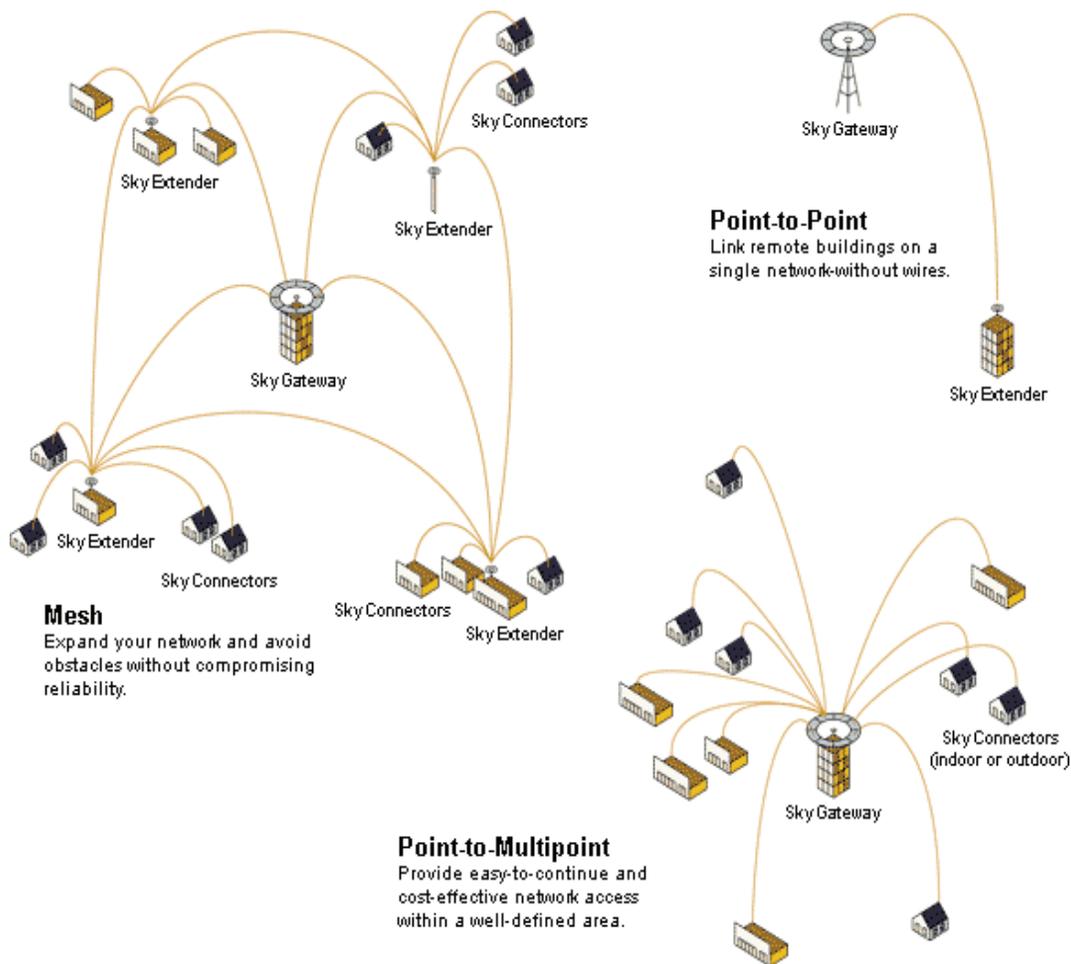


Gráfico 1.14 Topologías de una red SkyPilot<sup>[3]</sup>

#### 1.4.4 Administración y gestión de la red *SkyPilot*

La administración de todos los nodos de la red *SkyPilot* puede ser realizada a través de la Interfaz de Línea de Comandos (CLI) y/o a través de los sistemas de administración (EMS "*Element Management System*") *SkyProvision* y

*SkyControl*. Se debe aclarar que el *SkyProvision* EMS soporta todos los parámetros de configuración, mientras el CLI soporta un subconjunto. Se recomienda el uso del *SkyProvision* y *SkyControl* para utilizar todo el potencial del sistema *SkyPilot*.

Cada nodo *SkyPilot* tiene un Agente SNMP. Este Agente permite a un administrador consultar la configuración del sistema, y monitorizar el estado y obtener estadísticas. SNMP proporciona una interfaz predominante solo de lectura con solo atributos para recargar o para resetear. La recarga causa que el archivo de configuración pueda ser descargado y que cualquier cambio en los parámetros de configuración sea completado. El reseteo causa que el nodo que se reinicia pueda reconectarse a la red. Los nodos *SkyPilot* soportan el estándar MIB-II, MIBs EtherLike y Bridge, en conjunto con la MIB *SkyPilot*.

**Interfaz de Línea de Comandos (CLI):** Es una aplicación interactiva en base a texto existente en cada equipo *SkyPilot*, la misma que permite configurar manualmente el dispositivo, observar información y estado del equipo. Se puede acceder a través de la conexión *Ethernet* RJ-45 por medio de *telnet* o por la conexión serial RS-232. La Interfaz de Línea de Comandos permite al operador administrar y monitorear un nodo *SkyPilot* localmente o remotamente. El CLI soporta un subconjunto de los parámetros de administración habilitados a través de un archivo de configuración.

**Interfaz Web:** Es una aplicación Web que existente en cada dispositivo *SkyPilot* a partir de la versión del *firmware* 1.3, que provee las mismas funciones de la interfaz de línea de comandos pero con una interfaz gráfica de fácil uso.

**SkyProvision:** Es un elemento de administración que permite configurar a los dispositivos *SkyPilot* de la red mallada de forma remota a través de los enlaces inalámbricos. Proporciona una gestión centralizada de la configuración de los dispositivos inalámbricos de la red mallada. Permite la actualización del *firmware* de los dispositivos *SkyPilot* a través del medio inalámbrico, así como programar el tiempo en que los dispositivos inalámbricos cambien de un

*firmware* a otro. Establece "perfiles de servicio" en lo concerniente a parámetros de red, seguridad, y calidad de servicio (QoS). Permite respaldar y restaurar la configuración de los dispositivos *SkyPilot* de la red mallada.

**SkyControl:** Es una aplicación EMS desarrollado por *SkyPilot* para la administración, gestión, monitoreo y control. Integra el servicio de mapas de *Google Earth* que provee una visualización dinámica de la red, que ayuda de manera efectiva a la preparación y actualización de los diagramas de red, en base a los datos coordinados de GPS disponibles en los equipos de *SkyPilot*.

### 1.4.5 Arquitectura SyncMesh

La arquitectura *SyncMesh* especifica la conectividad y operación de la red mallada inalámbrica de la tecnología *SkyPilot* por medio de seis capas distintas, descrita en el gráfico 1.15. Las tres capas inferiores optimizan la topología de la red mallada, mientras que, las tres capas superiores optimizan el flujo de tráfico a través de la red mallada.



Gráfico 1.15 Capas de la arquitectura *SyncMesh SkyPilot*<sup>[31]</sup>

A continuación se realiza una descripción de las capas de la arquitectura SyncMesh:

1.4.5.1 Creación y Descubrimiento automático del enlace

El motor de Descubrimiento Continuo de Enlace (*Continuos Link Discovery Engine*, gráfico 1.15) usa las funcionalidades del arreglo de ocho antenas para localizar a todos sus nodos vecinos.

Cuando un nodo de la red entra en funcionamiento por primera vez, éste busca dinámicamente a través de una lista de frecuencias permitidas usando un algoritmo, llamado *Frequency Hunt*, el canal más eficiente para inicializar la comunicación. El algoritmo está coordinado a través de mensajes “Hello”; los cuales son emitidos constantemente por los dispositivos del backhaul a cualquier nodo de la red mallada.

Cuando un nodo vecino dentro del rango de cobertura recibe un mensaje “Hello” y responde a éste, entonces se procede a realizar la autenticación del nodo para verificar su legitimidad, mediante una negociación *handshake*. El nodo que comienza la negociación es el que tiene la MAC address más pequeña, para el caso del gráfico 1.16 será el Nodo A, el cual envía un mensaje “Hello” que contiene su certificado de identificación (todos los nodos SkyPilot tienen instalado un certificado de identificación único, instalado durante su fabricación, éste certificado es parte de una cadena de certificados que han firmados por la entidad certificadora *SkyPilot*, adicionalmente en cada dispositivo esta instalada la llave pública de la entidad certificadora) al nodo B.

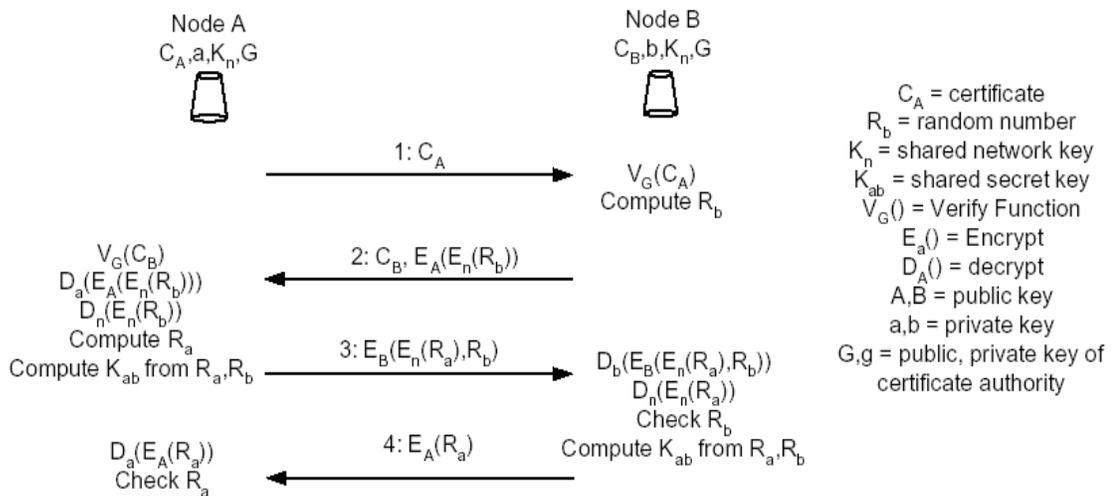


Gráfico 1.16 Autenticación de dispositivos *SkyPilot*<sup>[3]</sup>

Una vez que el nodo B recibe el mensaje “*Hello*” éste verifica el certificado de identificación ( $C_a$ ) del nodo A por medio de la llave pública de la entidad certificadora G y genera un número randómico ( $R_b$ ), al cual se le aplica una doble encriptación, la primera con la llave compartida de red “*Network Key*” ( $K_n$ ) (es una clave estática configurada por el operador de la red) y la segunda con la llave pública de A (A); se envía un mensaje “*Challenge*” con el número randómico encriptado ( $R_b$ ) y el certificado de identificación ( $C_b$ ) del nodo B. El propósito de la doble encriptación es verificar que el nodo A comparta la misma llave de red ( $K_n$ ) que el nodo B, y asegurarse que solo el nodo A pueda descryptar este mensaje.

El nodo A verifica el certificado de identificación ( $C_b$ ) del nodo B por medio de la llave pública de la entidad certificadora (G), descrypta con la llave privada (a) de del nodo A y con la llave de compartida de red ( $K_n$ ), calcula un número randómico ( $R_a$ ) y calcula una llave compartida de sesión ( $K_{ab}$ ) a partir de ( $R_a$ ), ( $R_b$ ), encripta ( $R_a$ ) con la llave compartida de red ( $K_n$ ), esto es encriptado conjuntamente con ( $R_b$ ) con la llave pública del nodo B (B); se envía un mensaje “*Response Challenge*” al nodo B con lo encriptado.

El nodo B quien realiza la descryptación, chequea el  $R_b$  y calcula una llave compartida de sesión ( $K_{ab}$ ) a partir de ( $R_a$ ), ( $R_b$ ), encripta ( $R_a$ ) con la llave pública de A (A); y envía un mensaje “*Response*” al nodo A.

El nodo A descrypta el mensaje “*Response*” usando la llave privada del nodo A (a) y chequea el ( $R_a$ ). Si en cualquier paso el protocolo de autenticación falla, el enlace pasará a un estado de autorización fallida y los datos no podrán ser intercambiados.

Una vez que el proceso de autenticación (*Link Authentication* gráfico 1.15) se ha completado exitosamente; todos los paquetes que pasan a través de estos nodos son encriptados (*Link Encryption* gráfico 1.15) usando llaves de sesión AES (Advance Encryption Estándar) de 128-bits para proteger la confidencialidad de la información; concluidos estos procesos, el enlace es

establecido entre los nodos y permite el paso de los datos (*Link Creation* gráfico 1.15).

#### 1.4.5.2 Optimización del enlace

En esta capa de la arquitectura SyncMesh es donde a través del *Continuous Link Optimization Engine*, gráfico 1.15, realmente, se aprovechan las funcionalidades de las antenas direccionales.

Los procesos continuos y automáticos de monitoreo del enlace (*Link Monitoring*) y mantenimiento del enlace (*Link Maintenance*) mejoran el rendimiento de cada enlace basándose en la tasa de error lo que progresivamente permite un mejor throughput. Además, mediante un algoritmo “*re-try*” se asegura altas tasas de paquetes recibidos con éxito, independiente de cualquier protocolo IP, sin generar excesivas latencias.

Por tanto, la red puede operar a diferentes niveles de modulación, gráfico 1.17, permitiendo que cada enlace sea capaz de ajustarse a condiciones variables, tales como: el ruido intermitente, la atenuación de la señal, etc., mientras se mantiene una tasa baja de error y se maximiza el *throughput* de la red; a éste proceso se lo denomina modulación adaptativa (*Adaptive Modulation*).

**Per-link Data Rates for Different Modulation Types**

Raw Data Rate (Mbps)	Modulation Type	Coding Rate	Coded bits per Subcarrier	Coded bits per OFDM Symbol	Data bits per OFDM Symbol
6	BPSK	½	1	48	24
9	BPSK	¾	1	48	36
12	QPSK	½	2	96	48
18	QPSK	¾	2	96	72
24	16QAM	½	4	192	96
36	16QAM	¾	4	192	144
48	64QAM	½	6	288	192
54	64QAM	¾	6	288	216

**Gráfico 1.17 Niveles de modulaciones de SkyPilot<sup>[3]</sup>**

El nivel de modulación de un enlace generalmente esta directamente relacionado con el Indicador de fuerza de señal de recepción, RSSI (*Received*

*Signal Strength Indicator*), parámetro que indica el nivel de la señal recibida. SkyPilot realizó la transmisión de 10.000 paquetes por cada combinación de modulación y nivel RSSI, en un laboratorio (no se consideró la interferencia ni las reflexiones multicaminos), para enlaces *SkyGateway/SkyExtender* y *SkyExtender/ SkyExtender*. Se obtuvo 90% de paquetes recibidos con éxito. El algoritmo de optimización del enlace suele requerir el 95% de paquetes recibidos con éxito para seleccionar el nivel de modulación; considerando estos aspectos se muestran en el gráfico 1.18 los niveles de RSSI.

RSSI	Modulation Level (Mbps)
7	6
8	9
9-11	12
12-13	18
14-18	24
19-30	36
31+	48

**Gráfico 1.18 RSSI vs Nivel de modulación SkyPilot<sup>[3]</sup>**

#### 1.4.5.3 Optimización de la Ruta

El motor de cálculo de ruta (*Route Calculation Engine*, gráfico 1.15), usa un algoritmo distribuido que asigna el costo a cada enlace considerando la modulación del enlace y el costo que conlleva ir hacia el nodo destino. La ruta óptima seleccionada es aquella que conlleva el costo más bajo, la cual es elegida como la ruta primaria, el resto de rutas son designadas como rutas alternativas (rutas de respaldo).

Con la optimización del enlace, los costos del enlace pueden cambiar en el tiempo, esto generalmente ocurre debido a posibles cambios de las condiciones de radio frecuencia. *SkyPilot* usa re-enrutamiento dinámico para seleccionar automáticamente la ruta óptima cuando los costos del enlace cambian. Si un enlace primario experimenta una degradación del *throughput* o una falla, el proceso de elección de ruta se activaría inmediatamente, el enlace de respaldo de más bajo costo se convierte en enlace primario; éste proceso se lleva a cabo sin descartar ningún paquete.

Cada *SkyGateway* es el encargado de identificar, asociar el costo y de generar periódicamente mensajes de ruteo con el costo; todos los *SkyExtenders* y *SkyConnectors* enlazados reciben estos mensajes y utilizan los datos del costo para seleccionar el enlace de costo más bajo por el cual se puede enviar la información.

### Costo de Enrutamiento

El Costo de enrutamiento es calculado de la siguiente manera:

Un *SkyGateway* genera un mensaje de ruteo con el costo en base al gráfico 1.19.

Raw Mod Rate	6Mbps	9Mbps	12Mbps	18Mbps	24Mbps	36Mbps	48Mbps	54Mbps
Downstream	85	56	41	27	20	13	9	8
Upstream	43	28	21	14	10	7	5	4

**Gráfico 1.19 Costos para los enlaces de los *SkyGateway*<sup>[3]</sup>**

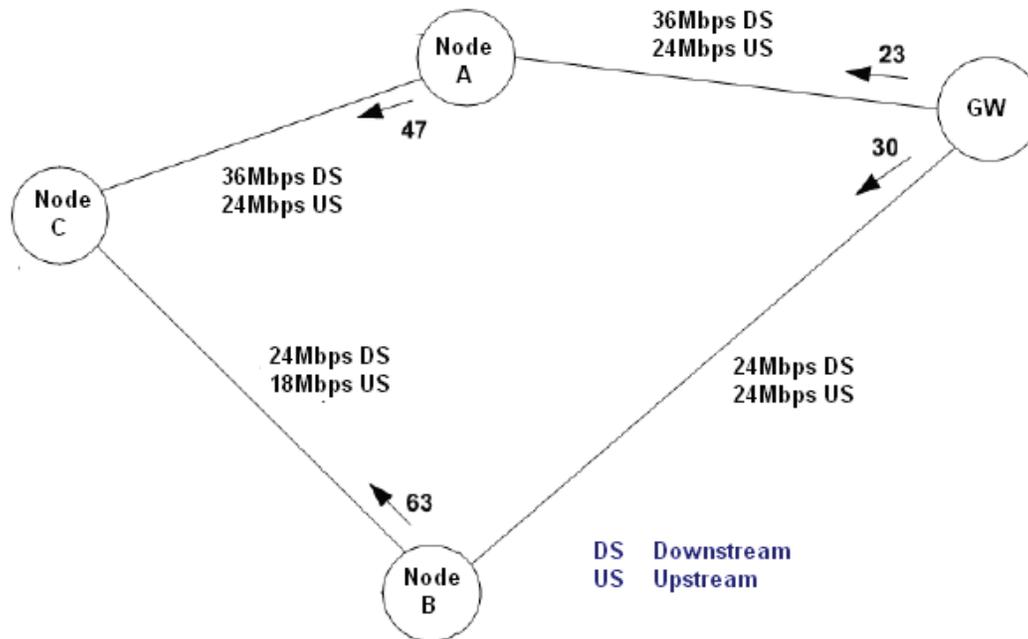
Por ejemplo, para determinar el costo total de un enlace para un *SkyGateway*, se considera un enlace con modulación *downstream* de 36 Mbps cuyo costo es 13 y un enlace de modulación *upstream* de 18 Mbps cuyo costo es 14, por lo tanto el costo total para el enlace es 27, otro ejemplo de cálculo del costo total de un enlace para un *SkyGateway* tomaremos un enlace con modulación *downstream* de 24 Mbps cuyo costo es 10 y modulación *upstream* de 24 Mbps cuyo costo es 10, por lo que el costo total de este enlace es 30. Comparando los dos ejemplos anteriores el enlace cuyo costo total es 27 es el primero que será seleccionado.

Un *SkyExtender* selecciona el costo más bajo dado por el *SkyGateway*. El costo del enlace de un *SkyExtender* es calculado usando la ecuación 1.1 y en base al gráfico 1.20. El costo total del enlace es la suma del costo más bajo del enlace entrante incrementado en un 10% más el costo del enlace saliente determinado por sus velocidades de *downstream* y *upstream*. El algoritmo es el siguiente:

$$\text{Costo\_Total\_Enlace} = (\text{costo\_m\u00e1s\_bajo\_entrada} \times 1.1) + \text{costo\_enlace\_saliente} \quad (1.1)$$

Raw Mod Rate	6Mbps	9Mbps	12Mbps	18Mbps	24Mbps	36Mbps	48Mbps	54Mbps
Downstream	72	48	36	24	18	12	9	8
Upstream	36	24	18	12	9	6	5	4

Gr\u00e1fico 1.20 Costos para enlaces de los SkyExtenders<sup>[3]</sup>



Gr\u00e1fico 1.21 Ejemplo de selecci\u00f3n de rutas en una red SkyPilot<sup>[3]</sup>

El gr\u00e1fico 1.21 ilustra un ejemplo de selecci\u00f3n de rutas en una red de tres SkyExtenders y un SkyGateway.

- Primeramente el SkyGateway genera y env\u00eda mensajes de costo de 23 y 30 hacia los nodos A y B con enlaces con niveles de modulaci\u00f3n 36/24 Mbps y 24/24 Mbps respectivamente.
- El nodo C, recibe dos costos de mensaje, uno desde el nodo A que indica un costo de  $(23 \times 1.1) + 21 = 47$  y desde el nodo B que indica un costo de  $(30 \times 1.1) + 30 = 63$ . \u00c9ste nodo selecciona la ruta hacia el nodo A, ya que es la de menor costo y almacena la ruta hacia el nodo B como respaldo.

## Re-enrutamiento

Hay cuatro escenarios por los cuales se realiza una operación de re-enrutamiento:

- Una falla en un enlace o en un nodo (*SkyGateway/SkyExtender*) de la ruta primaria seleccionada.
- Una falla en un enlace o en un nodo (*SkyGateway/SkyExtender*) en la ruta activa hacia el *SkyGateway*.
- El rendimiento de uno o más enlaces de la ruta activa se han degradado ocasionando reducción de la capacidad y, por lo tanto, incremento en el costo de ruteo.
- Aparecimiento de una ruta de más bajo costo, típicamente esto sucede cuando se inserta un nuevo nodo (*SkyExtender/ SkyGateway*) a la red. Un *SkyExtender* cambiará una ruta de bajo costo solo cuando el costo es al menos 15 unidades más bajo que la ruta primaria.

Una falla en un enlace o en un nodo es detectado con la recepción de 3 mensajes “*keep-alive*” consecutivos de falla. Este tipo de mensajes son transmitidos cada 1.5 segundos. Por lo tanto, se considera un enlace fallido después de 4.5 segundos como máximo.

Un *SkyExtender* que detecta una falla en un enlace busca la ruta alternativa disponible más cercana y de más bajo costo. Esta activación toma aproximadamente 1 segundo. Una vez que la activación es completada satisfactoriamente, el *SkyExtender* transmite el costo asociado con esta nueva ruta.

Si el *SkyExtender* detecta una falla en un enlace y no tiene rutas alternativas o la activación del enlace asociado falla, entonces éste transmite un mensaje de

costo “infinite” y comienza una búsqueda de frecuencia para encontrar otra ruta.

#### 1.4.5.4 Administración del tráfico

El motor de análisis de paquetes (*Packet Analysis Engine*, gráfico 1.15) emplea un conjunto de reglas (*Packet Classification*) que le permiten al administrador de la red aplicar control de tráfico (*Traffic Shaping*) y filtrado de tráfico (*Traffic Filtering*). El *Packet Classification*, también permite la creación de Redes Virtuales (VLAN).

A través del **control de tráfico** es posible controlar la velocidad de intercambio de paquetes, ya sea simétricamente, donde las velocidades de *upstream* y *downstream* son iguales, o asimétricamente, donde las velocidades de *upstream* y *downstream* son diferentes, con lo cual se garantiza una eficiente utilización de la capacidad de la red, en un ambiente compartido y de multiusuarios.

El **filtrado del tráfico** permite a un operador controlar el acceso de los abonados, mejorar la seguridad del sistema y gestionar las direcciones IP. A cada paquete de datos recibido de un *SkyConnector* o *SkyExtender* se le examina y aplica uno o múltiples filtros simultáneamente. Se soportan los siguientes filtros:

**EtherType:** Limita el tráfico de datos según un tipo de protocolo. Los valores de *EtherType* se encuentran especificados por la IEEE en el siguiente URL: <http://standards.ieee.org/regauth/ethertype/eth.txt>. Por ejemplo en el gráfico 1.22 se muestran dos tipos de *EtherType*.

EtherType	Protocolo
0x0800	IPv4
0x86dd	IPv6

Gráfico 1.22 Valores EtherType<sup>[3]</sup>

**Dirección IP:** Limita el tráfico a través de un nodo especificando la IP de origen y/o la IP de destino.

**Protocolo IP:** Limita el tráfico según el tipo de protocolo, especificados por la IANA en el URL: <http://www.iana.org/assignments/protocol-numbers/>; por ejemplo el gráfico 1.23 muestra algunos tipos de protocolo IP.

Tipo	Protocolo
0x01	ICMP
0x02	IGMP
0x06	TCP
0x17	UDP

**Gráfico 1.23 Tipos de protocolos<sup>[3]</sup>**

**Puerto:** Limita el tráfico al especificar el número de puerto, el cual se asocia a un tipo de protocolo, especificados por la IANA en el URL: <http://www.iana.org/assignments/port-numbers/>. El gráfico 1.24 muestra un ejemplo de puertos y sus respectivos protocolos.

# Puerto	Protocolo
137-139	NetBIOS
161-162	SNMP
67	DHCP Client
68	DHCP Server

**Gráfico 1.24 Puertos y protocolos<sup>[3]</sup>**

Las **Redes Virtuales de Área Local VLANs** ayudan a limitar el alcance del tráfico *broadcast* y *multicast* y facilitan la segmentación del tráfico en el *backbone* de la red. En el modo de VLAN, cualquier paquete recibido por el *SkyConnector* o *SkyExtender* chequea el VLAN ID, estos paquetes son reenviados al *SkyGateway*, si el ID no es encontrado, el paquete es descartado. Las VLANs proporcionan una seguridad adicional; es decir que dividen el tráfico en diferentes grupos de usuarios, como se observa en el gráfico 1.25.

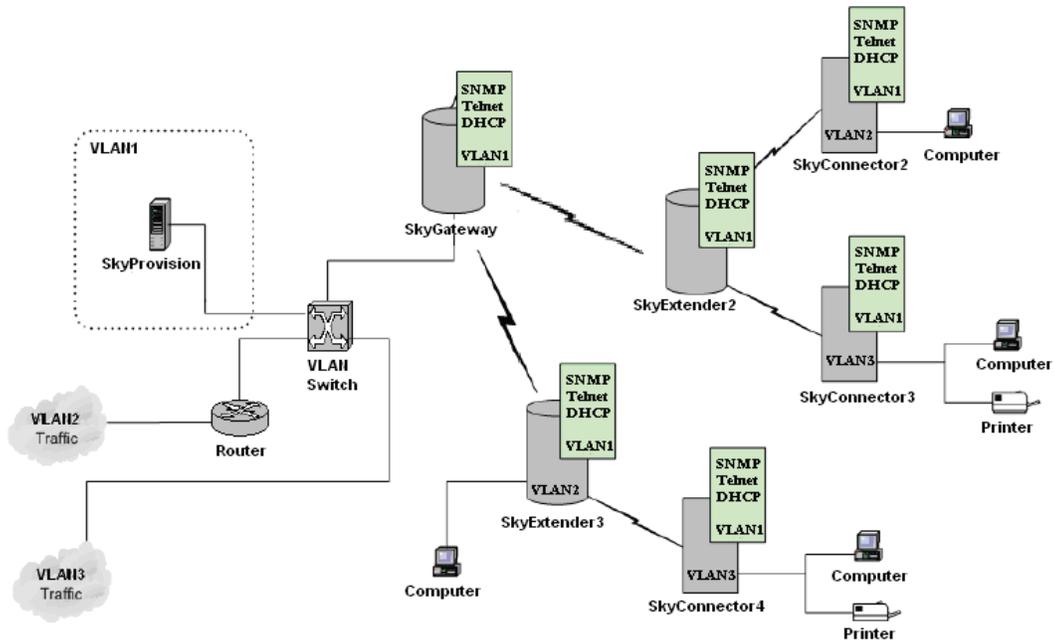


Gráfico 1.25 VLANs en una red SkyPilot<sup>[3]</sup>

#### 1.4.5.5 Coordinación de la Capacidad

El motor de coordinación de capacidad (*Bandwidth Scheduling Engine*, gráfico 1.15) aplica un conjunto de reglas para la priorización del tráfico en la red inalámbrica con el objetivo de robustecer la QoS, maximizar el *throughput*, minimizar la pérdida de paquetes, la latencia y el jitter especialmente en tráfico de VoIP. Los equipos *SkyPilot* prioriza y controla los datos recibidos en su interfaz *Ethernet* basándose en un algoritmo *token bucket*.

Los equipos *SkyPilot* clasifican todos los paquetes recibidos en concordancia con el perfil de QoS especificado por el administrador de red para cada abonado. El administrador puede designar paquetes que tengan mayor prioridad usando uno de los siguientes criterios:

**Dirección IP Origen/Destino:** puede ser mediante: una sola dirección IP, varias direcciones IP, un rango de direcciones IP o varios rangos de direcciones IP. Esta clasificación puede ser usada para priorizar los paquetes intercambiados entre los abonados y un *gateway* de voz.

**ToS (Tipo de Servicio):** es un campo de la cabecera IP. Se usa para especificar el tratamiento del paquete durante su transmisión a través de la red.

**Tipo de protocolo IP:** es un campo de la cabecera IP. Se usa para indicar el tipo de protocolo, especificados por la IANA en el URL: <http://www.iana.org/assignments/protocol-numbers/>.

**IEEE 802.1p:** es un estándar que proporciona priorización de tráfico a nivel de MAC, que se usa CoS “Clase de Servicio” para enmarcar la prioridad de tramas *Ethernet*. Existen ocho clases de servicio expresados en tres bits (Véase Anexo 4).

Al recibir un paquete, el equipo *SkyPilot* primero clasifica el paquete, posteriormente si hay *tokens* disponibles para el número de *bytes* que se desea transmitir, asigna un paquete a la cola de alta o baja prioridad según corresponda, si no hay los *tokens* suficientes para la transmisión los paquetes son descartados, este proceso se cumple tanto en *downstream* y *upstream*, este proceso se muestra en el gráfico 1.26.

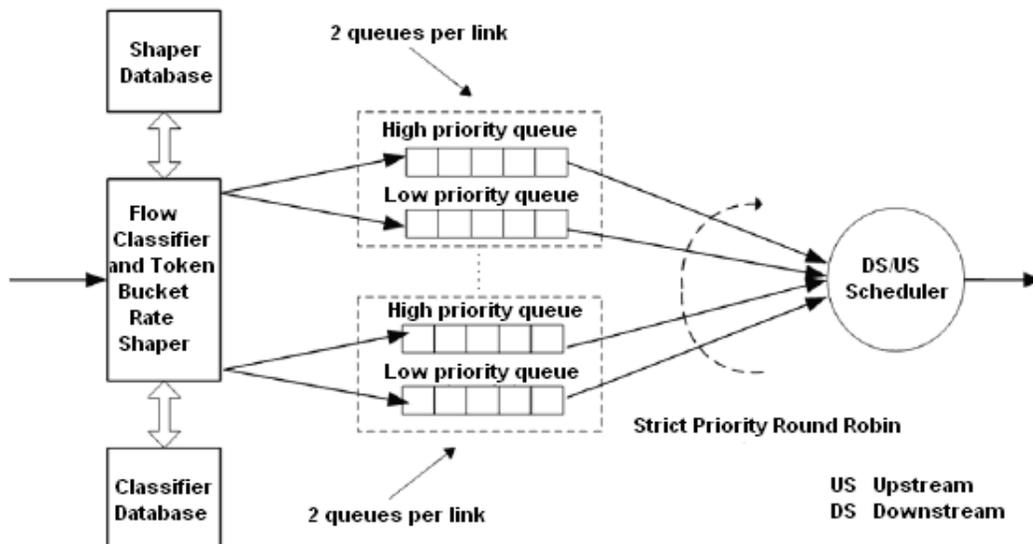


Gráfico 1.26 Control y priorización de paquetes<sup>[3]</sup>

#### 1.4.5.6 Coordinación de la transmisión

La tecnología *SkyPilot* implementa una variante sincrónica del estándar IEEE 802.11, que se basa en las características de banda base de 802.11a, incluyendo todos los niveles de modulación OFDM, pero se diferencia de 802.11a por ventajas como: baja latencia, escalabilidad, control de la QoS y eficiencia espectral.

El motor de coordinación de transmisión (*Transmission Coordination*, gráfico 1.15) emplea una variante de TDD (*Time-Division Duplex*), que es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente y del enlace ascendente usan la misma frecuencia portadora pero cada sentido ocupa el canal durante un intervalo de tiempo distinto, esto permite sincronizar todas las transmisiones.

La sincronización satisfactoria de los equipos requiere de una fuente común de tiempo, por lo que los relojes de los equipos *SkyGateway* y *SkyExtender* se sincronizan mediante dispositivos GPS (Sistema de Posicionamiento Global) colocados dentro de sus infraestructuras, de manera que se pueden manejar múltiples conversaciones en el mismo instante de tiempo y a la misma frecuencia. El receptor GPS provee una alta precisión de alrededor de un pulso por segundo (PPS) para la sincronización. Los *SkyConnectors* se sincronizan a través del intercambio de mensajes con el *SkyGateway* y *SkyExtender* cuando se conectan. Cada ranura de tiempo de 1s está dividida en 10 mini-slots, cada uno con una duración de 100  $\mu$ s; estos incrementos de tiempo tan pequeños permiten una baja latencia y un bajo jitter.

El **Sector Switch** proporciona la alineación de cada antena sectorial del arreglo de ocho antenas y permite que solo un sector del arreglo de antenas de un nodo (*SkyGateway/SkyExtender*) esté activo durante un intervalo de tiempo. La conmutación de los sectores se lleva a cabo cada 100  $\mu$ s.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA ACTUAL DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET<sup>[2],[7]</sup>

La descripción de la situación actual de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net se considera a partir de diciembre de 2008 hasta febrero 2009 y está basada en inspecciones realizadas, conjuntamente con el personal técnico del Proyecto Quito Educ@net, a los establecimientos municipales usufructuarios de un equipo *SkyConnector*, y a las localidades donde se encuentran instalados los *SkyExtenders* y el *SkyGateway*. También comprende la simulación de la cobertura inalámbrica actual de la red *SkyPilot* en el software "Radio Mobile"; la descripción de los servicios de red de propósito educativo; las estadísticas de tráficos TCP/IP y la disponibilidad de la red inalámbrica *SkyPilot*, obtenidos de las herramientas *open source* *OpenManager*, *Multi Router Traffic Grapher* (MRTG) y *Network TOP* (NTOPI) utilizados por la empresa Conectividad Global para la administración de la red inalámbrica.

### 1.5.1 Infraestructura Inalámbrica Actual

#### 1.5.1.1 Esquema de Red y Direccionamiento IP

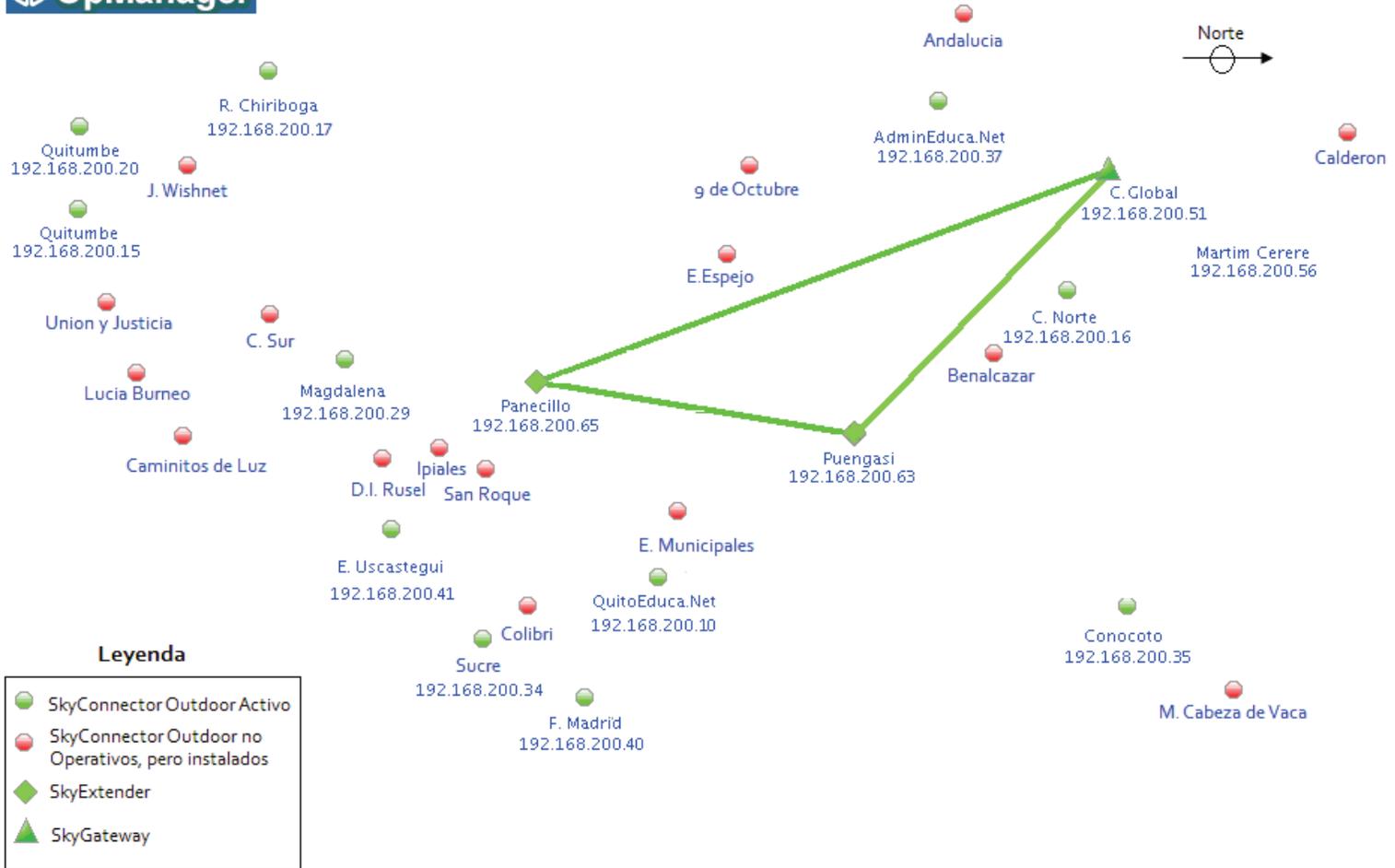
En base al esquema de monitoreo de la red inalámbrica obtenido de la herramienta de administración *OpenManager* (gráfico 1.27) se representa simbólicamente la localización física de los dispositivos *SkyPilot*, así como el direccionamiento IP de aquellos equipos que se encuentran operativos.

Tipo	Institución	Dirección	Ubicación Geográfica	
			Latitud	Longitud
SkyGateway	Conectividad Global	José Félix Barreiro E10-221 y Av. Eloy Alfaro	0°8'28.8"S	78°28'10.74" O
SkyExtenders	Panecillo	Calle General Melchor Aymerich	0°13'47.82"S	78°13' 3.54" O
	Puengasí	Francisco Olmos y Juan José Guerrero	0°14'14.64"S	78°29'49.2" O
	Martim Cereré	De los Guayacanes sector E13 N5101 y los Álamos	0°08'32.58"S	78°27'58.14" O

Tabla 1.7 Ubicación del SkyGateway y los SkyExtenders<sup>[2]</sup>

Zona	Institución	Dirección	Ubicación Geográfica	
			Latitud	Longitud
Norte	CEMEI Andalucía	Jorge Piedra y General Gallo <b>(La Florida)</b>	0°8'25.96"S	78°30'02.56"O
	Colegio Sebastián de Benálcazar	Av.6 de Diciembre e Irlanda El Batán <b>(Norte de Quito)</b>	0°11'1.46"S	78°28'46.31"O
	Escuela Eugenio Espejo	Río de Janeiro <b>(Santa Prisca)</b>	0°12'32.67"S	78°30'8.35"O
	Zona Administración Norte	Amazonas 4532 y Pereira <b>(Norte de Quito)</b>	0°10'19.98"S	78°29'5.13"O
Chillos	CEMEEP Manuel Cabeza de Vaca	Alangasí. Parque central <b>(Alangasi)</b>	0°18'28.06"S	78°24'51.93"O
	Centro Cultural Conocoto	Simón Bolívar y Sucre <b>(Conocoto)</b>	0°17'32.25"S	78°28'34.89"O
Calderón	Cibernarium Calderón	Av. Capitán Giovanni. Vía a Marianitas <b>(Calderón)</b>	0°6'13"S	78°27'16.46"O
Sur	Centro de Capacitación Sur	Pedro de Alfaro y Juan de Padilla <b>(Villaflora)</b>	0°14'41.52"S	78°31'20.42"O
	CEMEI Caminitos de Luz	Mercado de Chiriyacu <b>(Sur de Quito)</b>	0°14'58.14"S	78°31'04.09"O
	CEMEI Unión y Justicia	Calle los Encuentros y calle F <b>(Unión y Justicia)</b>	0°15'29.51"S	78°32'12.04"O
	CEMEI Lucia Burneo	Puna y Pérez 59-18 <b>(Ferroviaria)</b>	0°15'27.71"S	78°30'54.08"O
	CEMEI La Magdalena	Cacha y Huaynacalpon <b>(La Magdalena)</b>	0°14'30.65"S	78°31'49.20"O
	CEMEP José Ricardo Chiriboga	Cuenca y Manabí <b>(San Roque)</b>	0°14'32.21"S	78°30'34.54"O
Centro	Centro Recup. Emilio Uscátegui	Av. 24 de Mayo y Chimborazo <b>(24 de Mayo)</b>	0°13'14.45"S	78°31'09.06"O
	CEMEI Ipiales	Mejía y Mires Centro Comercial Mires <b>(El Tejar)</b>	0°13'0.71"S	78°30'52.99"O
	CEMEI San Roque	Loja y Av. 24 de Mayo <b>(San Roque)</b>	0°13'13.34"S	78°31'19.91"O
	CEMEI Colibrí	Segundo Piso Mercado Central <b>(San Roque)</b>	0°13'09.98"S	78°30'25.40"O
	CEMEI Empleados Municipales	Espejo y Montúfar esq. <b>(San Roque)</b>	0°13'20.08"S	78°30'35.55"O
	CEMEPP Dora Isella Rusel	Javier Gutiérrez N359 y Junín <b>(San Marcos)</b>	0°13'28.51"S	78°30'30.01"O
	Liceo Fernández Madrid	Rocafuerte 916 y Pasaje Liceo <b>(La Loma)</b>	0°13'31.47"S	78°30'37.05"O
	Unidad Educativa Sucre	Sucre y Montúfar <b>(La Loma)</b>	0°13'24.85"S	78°30'38.75"O
	Dirección Metropolitana de Educación	Mejía y Guayaquil esq. <b>(Centro de Quito)</b>	0°13'11.37"S	78°30'35.69"O
	CEMEPP 9 de Octubre	Lizarzo N24-2410 y Núñez de Bonilla <b>(La Gasca)</b>	0°11'34"S	78°30'32.98"O
Quitumbe	CEMEP Juan Wisneth	Raimundo Santander y Casaquilla <b>(Guamani)</b>	0°19'48.80"S	78°32'46.98"O
	Unidad Educativa Quitumbe	Morán Valverde y Rumichaca <b>(Las Cuadras)</b>	0°16'50.93"S	78°32'55.11"O
	Unidad Educativa Quitumbe	Morán Valverde y Rumichaca <b>(Las Cuadras)</b>	0°16'50.93"S	78°32'55.11"O

Tabla 1.8 Ubicación de los Skyconnectors<sup>2</sup>



**Gráfico 1.27 Esquema de la red inalámbrica<sup>[12]</sup>**

### 1.5.1.2 Especificaciones técnicas de los equipos SkyPilot

<b>Radio &amp; Antena</b>
<i>Medio Físico:</i> 802.11a
<i>Técnica de Modulación:</i> OFDM
<i>Arquitectura:</i> SyncMesh SkyPilot
<i>Medio de Acceso:</i> SkyPilot Synchronous Protocol
<i>Banda de Frecuencia:</i> 5.725 - 5.825 GHz U-NII Upper
<i>Espaciamiento entre canales:</i> 20 MHz
<i>Incremento de búsqueda de frecuencia (Frequency Hunt):</i> 5 MHz
<i>Canales:</i> 5 (5745, 5765, 5785, 5805, 5825 MHz)
<i>Sensibilidad del Receptor:</i> -92 dBm a un nivel de modulación de 6 Mbps
<i>PIRE:</i> 44.5 dBm (SkyGateway/SkyExtender); 42.5 dBm (SkyConnector)
<b>Interfaz</b>
<i>LAN/Power:</i> RJ-45 (Power over Ethernet)
<b>Seguridad</b>
<i>Autenticación:</i> Certificados digitales
<i>Integridad:</i> Funciones Hash MD5
<i>Encriptación:</i> AES 128 bits
<i>Filtrado:</i> Basado en Ethertype, tipo de protocolo, puertos y direcciones IP
<b>Calidad de Servicio (QoS)</b>
<i>Priorización de Tráfico:</i> mecanismo basado en tipo de protocolo, direcciones IP, estándar IEEE 802.1p y ToS.
<i>Control de Tráfico:</i> asignación de capacidad/usuario en enlaces <i>upstream</i> y <i>downstream</i>
<b>Atributos de la Red</b>
<i>Arquitectura:</i> Capa 2
<i>Interfaz:</i> Bridge transparente
802.1q VLANs
<b>Topología</b>
Malla, punto-multipunto, punto-a-punto
<b>Administración de Red y Monitoreo</b>
<i>NMS Integrado:</i> basado en SNMP v2c; XML
<i>GUI EMS:</i> SkyControl software
<i>Direccionamiento IP:</i> DHCP o estático
<i>Firmware:</i> múltiples versiones almacenadas en memoria no volátil; actualizables vía FTP
<i>Archivo de Configuración:</i> XML sobre http
<i>Soporta:</i> MIB-II (RFC 1213); EtherLike (RFC 2665); Bridge (RFC 1493); SkyPilot private MIB
<i>Control Remoto Logs:</i> syslog
<i>Administración Remota:</i> CLI, Telnet, SNMP v2c
<i>Administración Local(SkyGateway y SkyExtender):</i> consola puerto serial RS-232

Tabla 1.9 Especificaciones de la Tecnología SkyPilot<sup>[8]</sup>

Equipo SkyPilot	SkyGateway	SkyExtender	SkyConnector Outdoor
Montaje	Torre, postes de iluminación pública, edificios o otras infraestructuras		Techos, chimeneas o otras infraestructuras
Malla	Sí		No
Antena	Arreglo de 8 antenas sectorizadas 45° horizontal x 6° vertical, 18 dBi		28° horizontal x 9° vertical panel, 17 dBi
Alcances (LOS)	hasta 16 Km.		hasta 12 Km.
Alcance (NLOS)	hasta 6.4km		hasta 3.2km
Memoria Volátil	16 MB SDRAM, 16 MB flash		
LEDs	Wireles activity, Wireles link		Power, Wireless activity, Wireless link, Ethernet activity, Ethernet link
Dimensiones	45.7 cm. altura x 31.0 cm. diámetro		32 cm. altura x 16.8 cm. ancho
Peso	6.3 kg		1.7 kg
Temperatura de Operación	-40° - 55° C		
Ambientes Ventosos	hasta 161 km/h		
Chasis	NEMA-4X		
Alimentación de Energía	110 VAC, 50-60 Hz input; 10W		110 VAC, 50-60 Hz input; 8 W
Certificaciones	FCC Part 15, FCC 47 CFR Part 15, Class B USA; compliance with UL safety standards		
EMI y Suceptibilidades	FCC Part 15.107 y 15.109		

Tabla 1.10 Especificaciones físicas de los equipos SkyPilot<sup>[8]</sup>

### 1.5.1.3 Configuración de los equipos SkyPilot

Accediendo remotamente a través de la línea de comandos por medio del protocolo de red *telnet* se obtuvo la configuración de un dispositivo *SkyPilot* donde se puede observar los parámetros básicos de configuración tales como: el dominio, la frecuencia de operación, el rango de frecuencias permitidas, las direcciones IP y la MAC address del equipo, los parámetros de *Ethernet*, seguridad, administración entre otros, tal y como lo muestra en el gráfico 1.28.

```

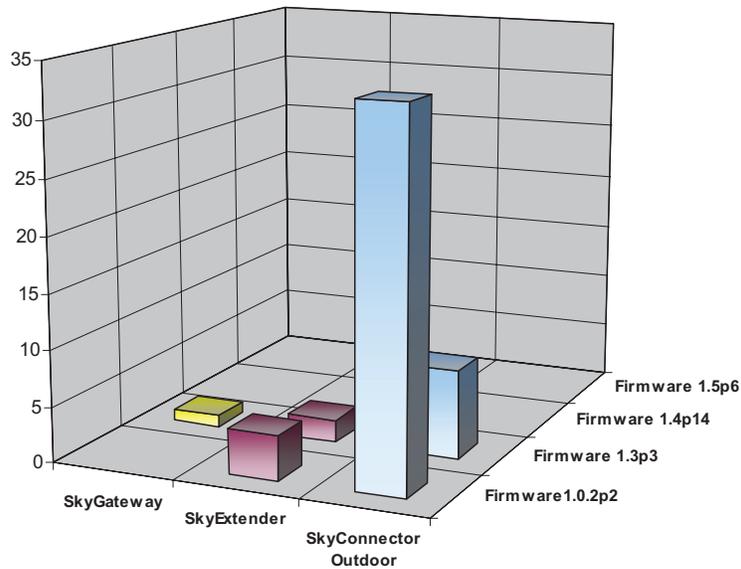
C:\ Telnet 192.168.200.22
> show prov
=====
Node Parameters
-----
Provisioning state      : manual
Domain                  : 35
=====
Ethernet
-----
State                   : up
Auto-negotiate         : yes
Speed (bT)             : 100
Duplexity               : full
=====
IP Settings
-----
IP address              : 192.168.200.22
Subnet mask             : 255.255.255.0
Default gateway        : 192.168.200.22
=====
Frequency
-----
Primary                 : 5835
Allowed                 : 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785
                       : 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830
                       : 5835
=====
ULAN
-----
Enable                  : no
Data ULAN               : 0
=====
Snmp
-----
Mode                   : disabled
Read-write community strings : 0
Read-only community strings  : 0
Trap destinations      : 0
=====
Timezone
-----
Enable                  : no
NTP server IP address   : 0.0.0.0
Offset                  : 0.00

```

Gráfico 1.28 Interfaz de configuración de un equipo *SkyPilot*<sup>[7]</sup>

#### 1.5.1.4 Condición actual de los dispositivos inalámbricos

Los dispositivos *SkyPilot* inicialmente se configuraron con el *firmware* 1.0.2p2; posteriormente parte de los equipos inalámbricos fueron actualizados al *firmware* 1.3p3, como se indica en el gráfico 1.29.



**Gráfico 1.29 Versión de *firmware* instalado en los dispositivos *SkyPilot*<sup>[2]</sup>**

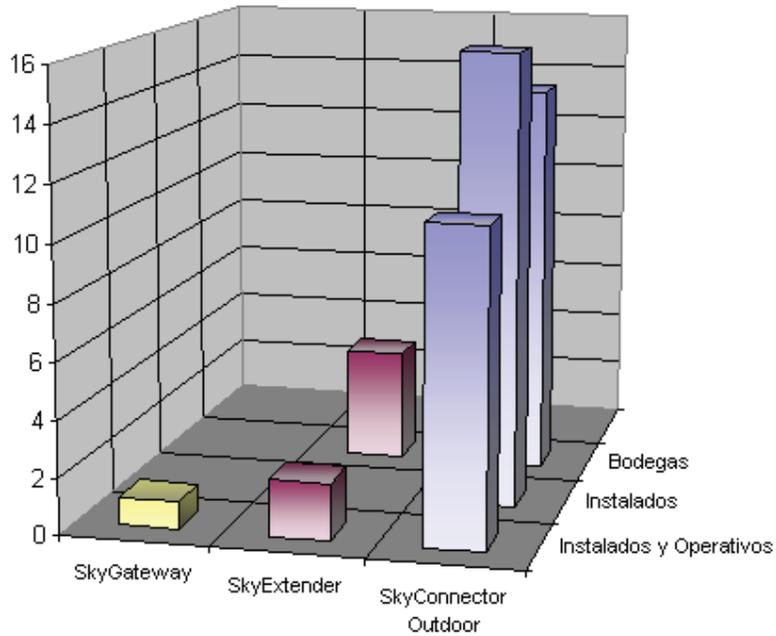
Mediante el gráfico 1.30 se representa la operabilidad actual de los dispositivos *SkyPilot*, entendiéndose como operativo a la activación y aprovisionamiento del equipo para su instalación en sitio.

Donde:

El **aprovisionamiento** es el proceso de configurar el dispositivo inalámbrico, CPE dejándolo “operativo”. Incluye la parametrización (configuración de seguridades, accesos, filtros, etc.) y actualización de *firmware*.

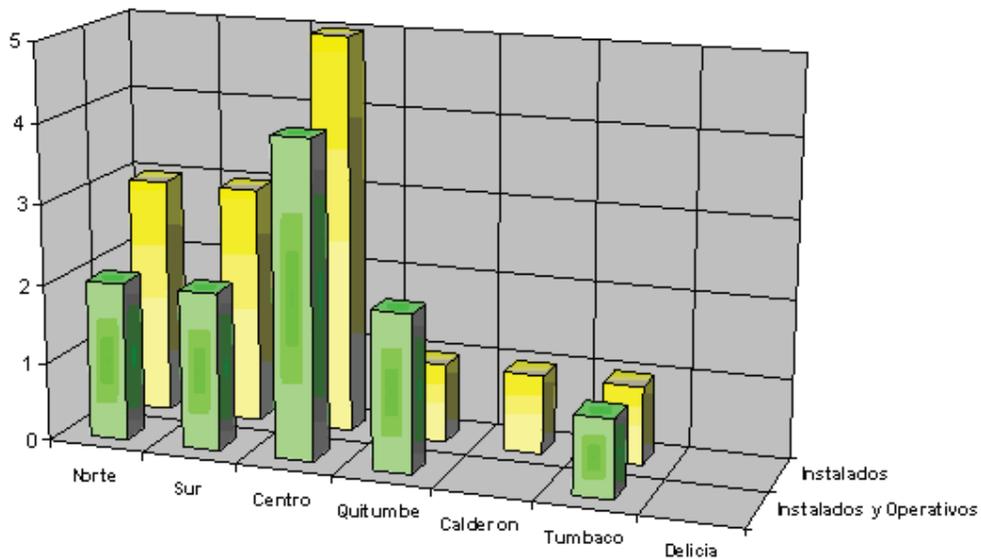
La **activación** es el proceso de establecer contacto con el servicio de transmisión de la red inalámbrica. Permite el reconocimiento del equipo dentro de la red. El equipo puede estar funcionando pero si no está activo no va a poder formar parte de la red.

La **instalación** es el proceso en el cual se realiza la implementación física del equipo en el establecimiento beneficiario, la que contempla la protección eléctrica (tierra) y cableado UTP.



**Gráfico 1.30 Operabilidad de los equipos *SkyPilot*<sup>[2]</sup>**

Los *SkyConnectors Outdoor* han sido instalados en varios establecimientos municipales orientados a la educación, los cuales para una mejor administración se han agrupado según las administraciones zonales de la ciudad de Quito como se muestra en el gráfico 1.31.



**Gráfico 1.31 Distribución de equipos *SkyConnectors* por administraciones zonales<sup>[2]</sup>**

Para determinar las condiciones en las que se encuentran los dispositivos *SkyPilot* instalados en los establecimientos municipales se consideró la existencia de aspectos tales como: cable UTP, aterrizaje, protección de cable UTP y consola, POE (*Power over Ethernet*), entre otros ítems que se detallan en el gráfico 1.32.

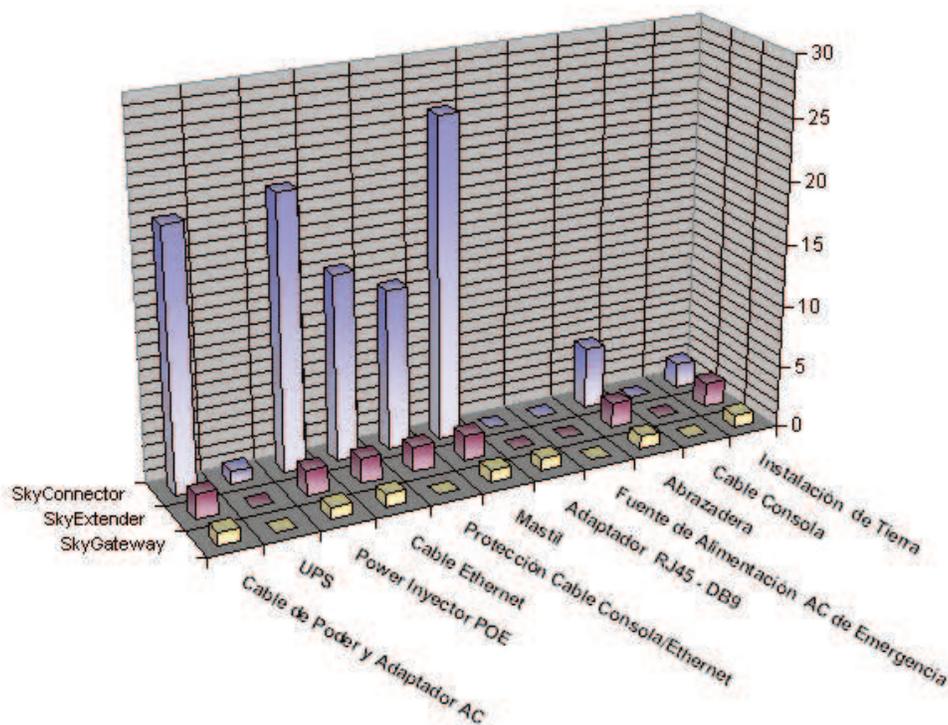


Gráfico 1.32 situación actual del equipamiento de los equipos *SkyPilot*<sup>[2]</sup>

### 1.5.2 Simulación de la cobertura inalámbrica actual de la red en el software Radio Mobile

En base al modelo digital de elevación SRTM30 de la ciudad de Quito obtenido del proyecto Misión Topográfica Shuttle Radar<sup>9</sup>, se caracterizó la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net a través del software Radio Mobile tomando en consideración la ubicación geográfica de los dispositivos según la aplicación *Google Earth*<sup>10</sup> y parámetros aproximados de red según las especificaciones técnicas de los dispositivos *SkyPilot* dentro de los rangos permitidos por el programa Radio Mobile.

El resultado de la simulación (gráfico 1.33) muestra los enlaces entre los equipos *SkyPilot* que forman el *backhaul* inalámbrico, así como la cobertura

inalámbrica que alcanza el SkyGateway por medio de los SkyExtenders localizados en Panecillo, Puengasí y Martim Cereré; representada en un código de colores según el nivel de señal respecto a la sensibilidad del receptor.

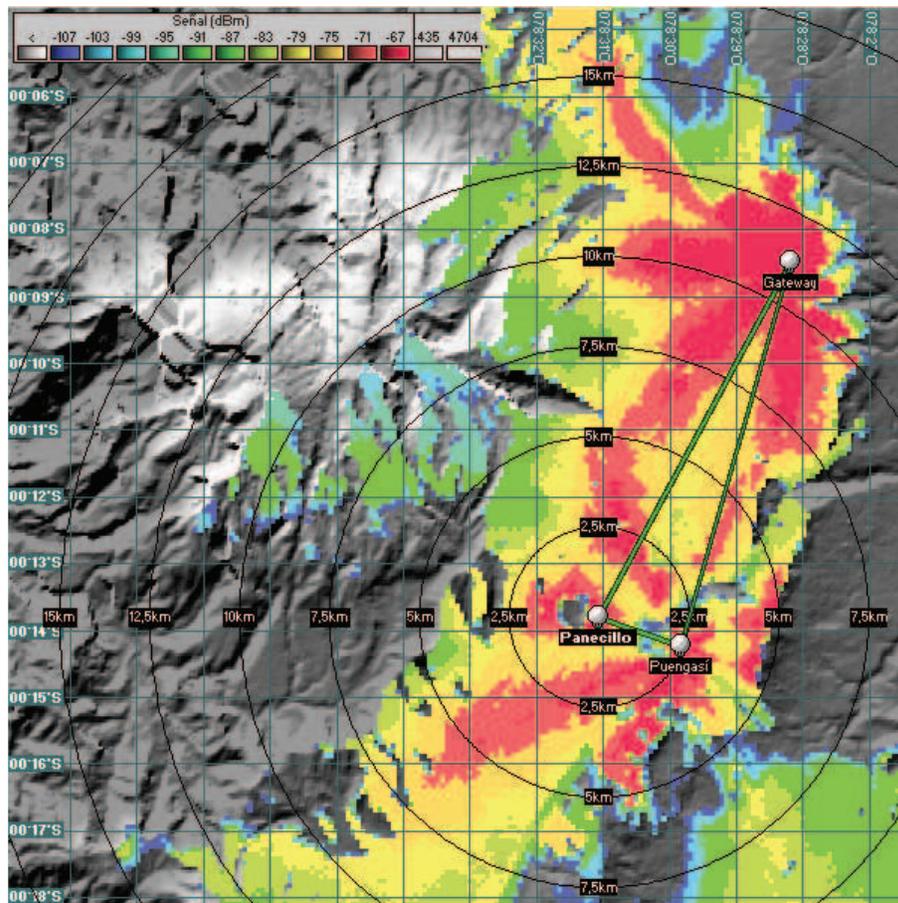


Gráfico 1.33 Simulación de la red inalámbrica actual

### 1.5.3 Aplicaciones de propósito educativo del Proyecto Quito Educ@net

Actualmente existen varias aplicaciones de propósito educativo que forman parte del Proyecto Quito Educ@Net tales como: correo electrónico, transferencia de archivos, Web, DNS, Voz sobre IP (VoIP), Video Conferencia y Red Educativa Metropolitana de Quito (Sistema de Gestión Académica (SGA) y Sistema de Gestión Académica Virtual (SGAV)).

#### 1.5.3.1 Red Educativa Metropolitana de Quito (REMQ)

Es una aplicación educativa, considerada como un servicio de Internet con valor agregado; es una herramienta que permite la interacción entre todos los

factores que influyen en la formación de los estudiantes. REMQ pone en línea y en contacto directo a las entidades educativas, los padres de familia, los profesores y los alumnos; es un conjunto de soluciones que buscan crear una red informática educativa dentro de una intranet local con los beneficios de velocidad, de accesos y disponibilidad de información en servidores locales ubicados en un *Datacenter* en la ciudad de Quito, que permiten la verdadera interacción entre todos los partícipes de la misma. REMQ está compuesto por dos módulos básicos:

#### 1.5.3.1.1 Sistema de Gestión Académica (SGA)

A través de este módulo, que reside en el servidor de cada colegio, se definen los parámetros operativos y se registra la información específica de cada entidad educativa. En este módulo se ingresan los datos de los alumnos, representantes y profesores, los niveles y claves de acceso, se definen el pensum y los horarios de clases, etc. El sistema es parametrizable de manera que se puede adaptar a las necesidades de cada institución y a diferentes sistemas de evaluación. Este sistema incluye una biblioteca virtual que permite la distribución en la red de todo tipo de información pertinente a los requisitos educativos de la institución, mensajería interna que permite comunicar y mantener informados a los alumnos, padres de familia, profesores, etc.

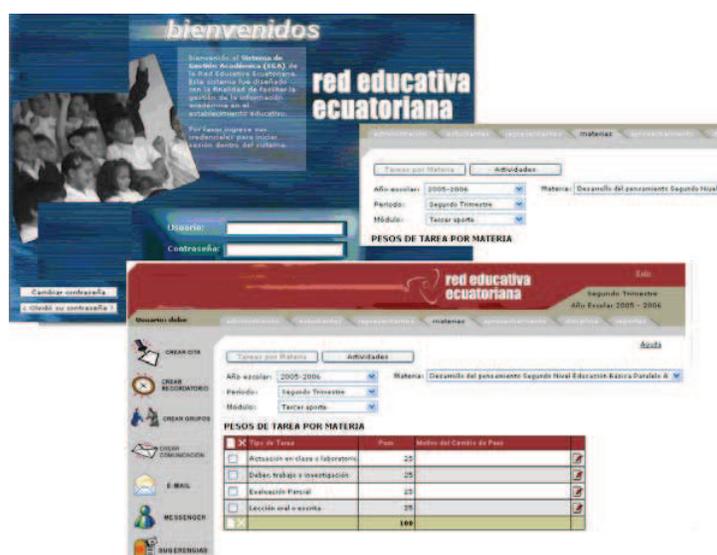


Gráfico 1.34 Sistema de Gestión Académica (SGA) [2]

### 1.5.3.1.2 Sistema de Gestión Académica Virtual (SGAV)

Reside en un servidor seguro accesible a través del Internet, este servidor se encuentra en el *Datacenter*, su función es acceder a cada SGA de los colegios, obtener la información de las bases de datos de los mismos y publicarlos en Internet; este proceso podrá ser realizado a través de Internet o través de los enlaces inalámbricos del proyecto según las condiciones de cada colegio. A través de este sistema (gráfico 1.35) los padres de familia, estudiantes y profesores pueden realizar el seguimiento de los aciertos y/o falencias del proceso académico involucrándose más directamente con la Institución Educativa.

**Actividades desde el Lunes, 05 de Febrero de 2007**

ACTIVIDADES	CALIFICACION
Lunes, 05 de Febrero de 2007	
• Word.- Cuidando al medio ambiente	20
• TABLAS DE MULTIPLICAR DEL 3	20
Martes, 06 de Febrero de 2007	
• Ejercicios de diferencias	19
• ¿Cómo digo? Pág. 52	18
• ANIMALES CARNIVOROS Y HERBIVOROS	20
• TABLA DE MULTIPLICAR DEL 4	20
Miércoles, 07 de Febrero de 2007	

**Curso: Tercer Nivel Educación Básica Paralelo A**

ASIGNATURA	PRIMER TRIMESTRE					Promedio	Primer aporte
	Primer aporte	Segundo aporte	Tercer aporte	Ex-ler T	Ex-ler T		
Computación	20,00	19,63	19,75	19,50		20,00	19,92
Cultura Estética	18,25	18,00	17,75	16,00		18,00	18,25
Cultura Física	19,18	16,44	17,83	16,00		17,00	17,38
Entorno Natural y Social	17,70	19,10	19,88	18,70		19,00	19,44
Idioma extranjero	18,78	14,18	19,56	18,00		18,00	-
Lenguaje y Comunicación	20,00	17,78	19,44	20,00		19,00	17,46
Matemáticas	19,69	19,70	18,93	18,50		19,00	19,60
Asociación de clases	\$	\$	\$	\$		\$	\$
Activación del pensamiento	\$	\$	\$	\$		\$	\$
DISCIPLINA	19,00	19,00	19,00	19,00		19,00	17,00
DISCIPLINA (AFI)							

Gráfico 1.35 Sistema de Gestión Académica Virtual (SGAV) [2]

### 1.5.3.2 Sitio Web

Es un sistema de información distribuido que proporciona una interfaz común a los distintos tipos de información gracias al hipertexto/hipermedia, técnicamente reflejado en el lenguaje HTML, es así que los usuarios del Proyecto Quito Educ@net pueden acceder al sitio Web [www.remq.edu.ec](http://www.remq.edu.ec) (gráfico 1.36), el mismo que permite extraer documentos, ofrece entretenimiento, cursos en

línea, acceso a la biblioteca virtual, observar información multimedia, y otros servicios que se encuentran disponibles en el sitio Web.



Gráfico 1.36 Sitio web<sup>[11]</sup>

### 1.5.3.3 Servicio de correo electrónico

Trabaja con una arquitectura cliente/servidor, este servicio permite la transferencia de mensajes electrónicos entre usuarios de una misma o distinta red; para el transporte de correo son necesarios los siguientes protocolos: para transporte de correo usa *SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo)*, su función es transmitir correo entre servidores de correo; éste protocolo no requiere autenticación, ésta es una causa para el correo basura o spam; para acceso a correo puede usar dos protocolos *POP (Post Office Protocol)*, donde los mensajes de correo descargados son borrados automáticamente del servidor de correo e *IMAP (Internet Message Access Protocol)*, donde los mensajes de correo se mantienen en el servidor permitiendo a los usuarios leerlos o borrarlos, estos protocolos requieren autenticación de los clientes. Este servicio (gráfico 1.37) permite que tanto maestros, estudiantes y padres de familia de las diferentes unidades educativas puedan enviar y recibir correos electrónicos ya sea a nivel de la Intranet o desde el exterior.



Gráfico 1.37 Correo electrónico<sup>[11]</sup>

#### 1.5.3.4 Servicio de Transferencia de Archivos

Usa el protocolo FTP; su función es transferir archivos desde el Datacenter hacia las instituciones educativas, utiliza una arquitectura cliente/servidor, trabaja con el protocolo de red TCP, para su conexión usa los puertos 21 y 22 y utiliza un nombre de usuario y una clave para autenticación con el servidor FTP.

#### 1.5.3.5 Servicio de DNS (Domain Name System)

Es una base de datos distribuida en distintos servidores alrededor del mundo cuya función es asociar un nombre de dominio (FQDN “Fully Qualified Domain Name”) a una dirección IP, facilitando de esta la visualización del sitio Web relacionado con ese dominio en el navegador Web. Es usado por los beneficiarios para ingresar a los servicios de propósito educativo del Proyecto Quito Educ@net.

#### 1.5.3.6 Videoconferencia

La videoconferencia (gráfico 1.38) es un servicio mediante el cual los usuarios no deben trasladarse a un punto específico para ser partícipes de reuniones,

conferencias, capacitaciones, etc., por lo tanto, con este servicio Quito Educ@net busca optimizar el tiempo de los usuarios estableciendo comunicaciones simultáneas a tiempo real, en la que los usuarios puedan enviar y receptor audio, video e información.

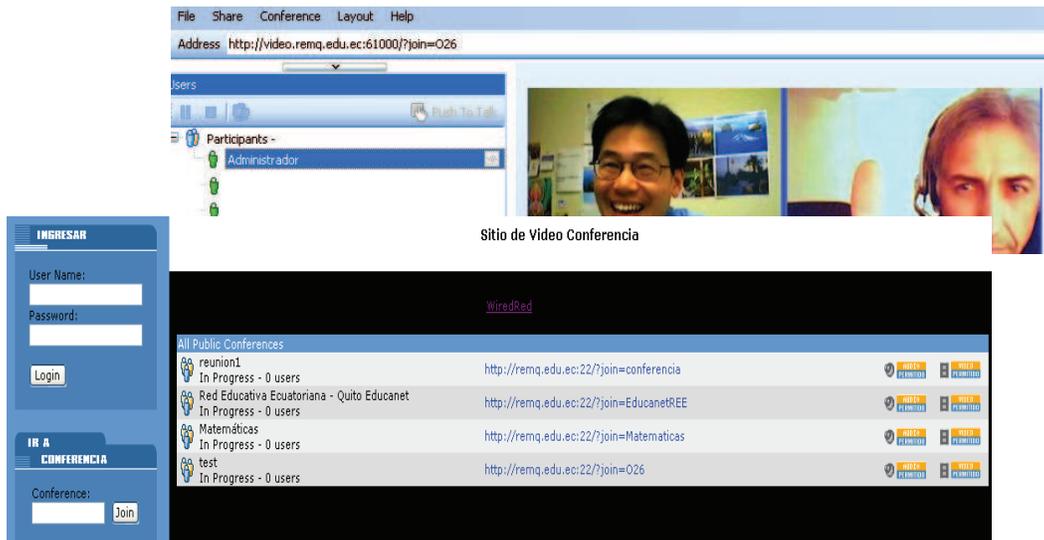


Gráfico 1.38 Videoconferencia <sup>[11]</sup>

### 1.5.3.7 VoIP

El servicio de voz sobre IP (gráfico 1.39) trabaja mediante un protocolo que permite que la señal viaje digitalmente sobre el protocolo IP; es administrado a través de una central Trixbox basado en Asterisk que tiene como objeto intercomunicar internamente a los participantes del Proyecto Quito Educ@net a través de extensiones SIP configuradas en *softphones*.



Gráfico 1.39 Voip <sup>[11]</sup>

### 1.5.3.8 E-LEARNING

A través de este servicio configurado en la plataforma Moodle (gráfico 1.40); el Proyecto Quito Educ@net ofrece una educación a distancia, mediante cursos virtuales orientados a la capacitación y aprendizaje del sector educativo tanto para maestros como para alumnos.

The screenshot shows the Moodle user interface. At the top right, it says 'Usted no se ha autenticado. (Entrar)' and 'Español - Internacional (es)'. The main header features the title 'Red Educativa a Distancia de Quito' over a blue abstract background. Below the header, there is a 'Menú principal' on the left with options like 'Novedades', 'Usuarios en línea', 'Invitado', and 'Entrar'. The 'Entrar' section includes fields for 'Nombre de usuario' and 'Contraseña', and an 'Entrar' button. In the center, there is a 'Categorías' table and a search box labeled 'Buscar cursos:'. The 'Categorías' table lists the following items:

Categoría	Cantidad
Miscelánea	1
Aulas Virtuales Grupo 1	28
Windows	
Aulas Virtuales Grupo 2	3

Below the search box, there is a text block: 'Docentes de varios centros educativos de la Capital, se encuentran capacitándose dentro del Programa de experto en procesos E-learning, con FATIA, Fundación para la Actualización de Latinoamérica. Coordinador: Ing. Patricio Ordoñez.' At the bottom right, there is a 'Calendario' button.

Gráfico 1.40 Plataforma virtual de educación a distancia<sup>[11]</sup>

### 1.5.4 Tráfico de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net

Por medio de las herramientas de administración *open source* NTOP (*Network TOP*) y MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*) utilizados por la empresa Conectividad Global para el monitoreo del tráfico de datos de la red inalámbrica; se ha caracterizado el tráfico de datos generado por los usuarios de los establecimientos municipales conectados a la red *SkyPilot*, desde mes de noviembre de 2007 hasta febrero de 2009.

Las estadísticas de tráfico (Véase Anexo 6) se obtuvieron en la interfaz del router que actúa como punto intermedio entre los servicios alojados en el *Datacenter* y la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net.

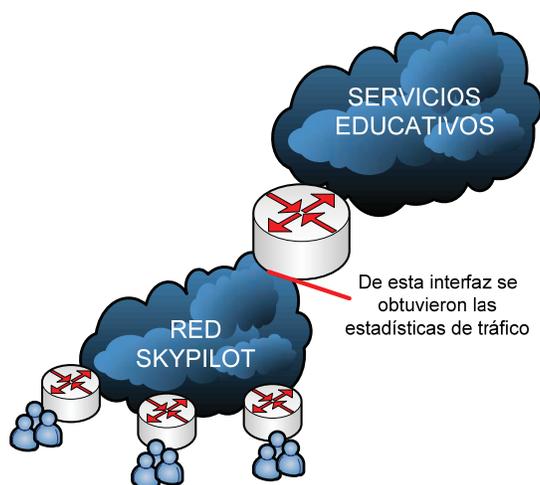


Gráfico 1.41 Esquema general de monitoreo <sup>[7]</sup>

En la tabla 1.11 se indica el volumen de transferencia de datos mensual generado por los usuarios de los establecimientos municipales conectados a la red SkyPilot.

MESES	PROTOCOLOS TCP/UDP				TOTAL (GB)
	HTTP (GB)	MAIL (GB)	DNS (GB)	OTROS (GB)	
Noviembre_2007	13,0	8,0	1,8	1,3	24,1
Diciembre_2007	10,5	7,7	1,9	0,5	20,6
Enero_2008	14,4	11,9	6,2	8,9	41,4
Febrero_2008	10,4	4,7	3,0	0,5	18,6
Marzo_2008	12,3	2,8	2,5	0,5	18,1
Abril_2008	13,5	10,5	4,8	3,1	31,9
Mayo_2008	12,1	10,4	2,2	1,1	25,8
Junio_2008	15,5	12,6	6,4	1,4	35,9
Julio_2008	10,0	4,0	3,1	0,8	17,9
Agosto_2008	9,6	3,6	1,7	1,1	16,0
Septiembre_2008	15,5	9,7	1,9	1,0	28,1
Octubre_2008	12,9	7,3	1,7	1,5	23,4
Noviembre_2008	10,9	6,5	2,9	0,9	21,2
Diciembre_2008	8,3	6,0	1,6	1,3	17,2
Enero_2009	13,0	9,3	13,2	2,7	38,2
Febrero_2009	14,6	9,8	2,9	1,0	28,3
<b>TOTAL (GB)</b>	<b>196,5</b>	<b>124,8</b>	<b>57,8</b>	<b>27,5</b>	<b>406,6</b>

Tabla 1.11 Volumen de transferencia de datos (noviembre 2007-febrero 2009) <sup>[12]</sup>

En el gráfico 1.42 se indica la curva del volumen de transferencia de datos mensual y una media móvil a partir del mes de diciembre de 2007 que representa el volumen promedio de la transferencia de datos mensual generado por los usuarios.

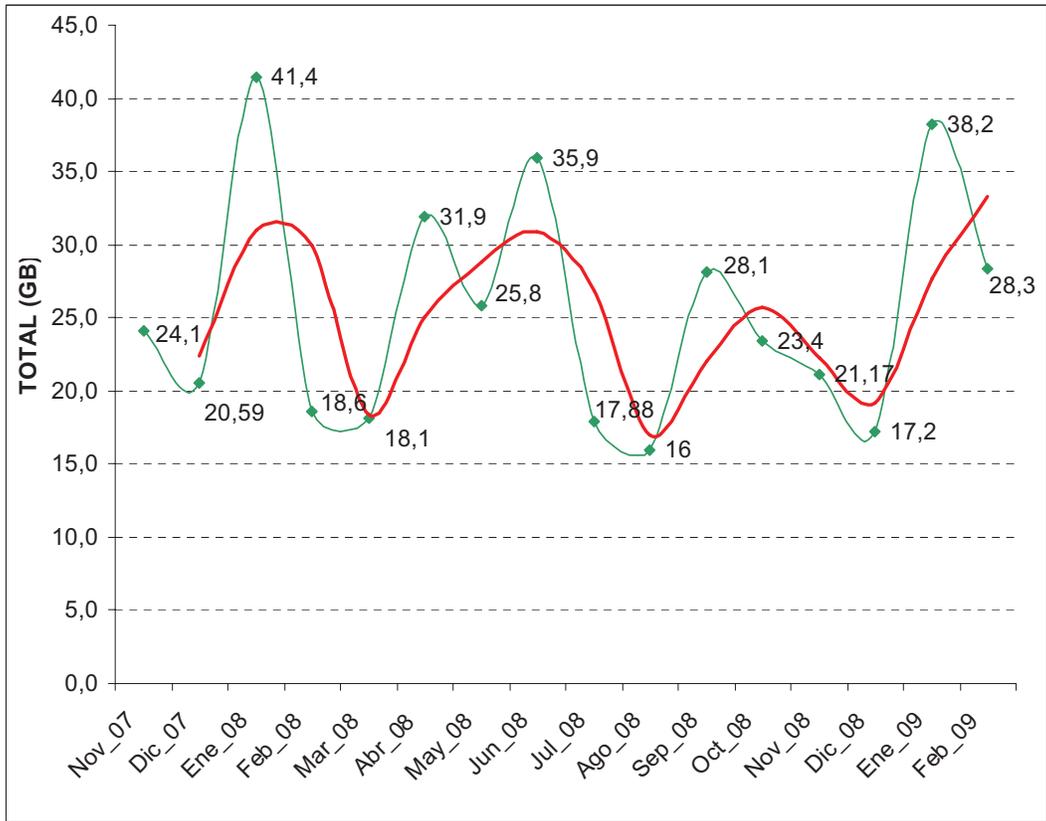


Gráfico 1.42 Volumen de transferencia de datos (noviembre 2007- febrero 2009)<sup>[12]</sup>

En el gráfico 1.43 se indica el porcentaje de volumen total de transferencia de datos considerado desde noviembre de 2007 hasta febrero de 2009 por aplicación.

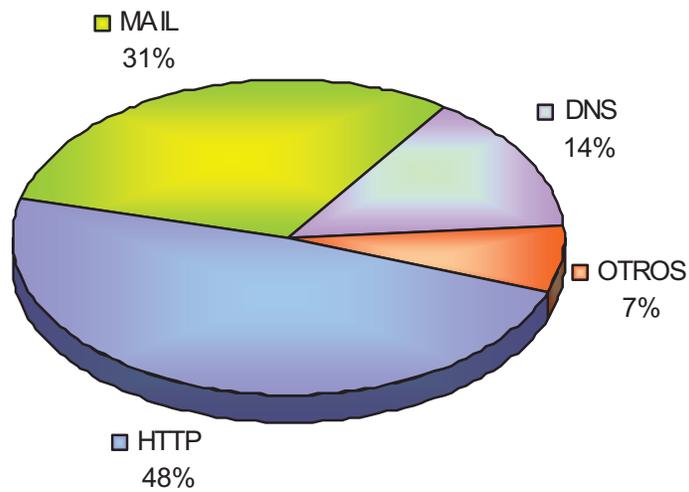


Gráfico 1.43 Porcentaje del volumen de transferencia de datos (noviembre 2007- febrero 2009)<sup>[12]</sup>

En la tabla 1.12 se indica la intensidad máxima de tráfico de datos alcanzada en cada mes.

MESES	INTENSIDAD DE TRÁFICO DE DATOS	
	ENTRADA (KB/s)	SALIDA (KB/s)
Noviembre_2007	8,8	15,5
Diciembre_2007	7,8	12,4
Enero_2008	16,5	23,2
Febrero_2008	7,8	11,7
Marzo_2008	9,7	10,5
Abril_2008	15,7	18
Mayo_2008	11,5	13,8
Junio_2008	17,5	21
Julio_2008	10,8	13,6
Agosto_2008	10,9	11,5
Septiembre_2008	17,9	18,5
Octubre_2008	11,2	14,4
Noviembre_2008	9,6	12,5
Diciembre_2008	10,5	11,2
Enero_2009	13,2	18,8
Febrero_2009	13,2	17,8

Tabla 1.12 Intensidad de tráfico de datos (noviembre 2007-febrero 2009) <sup>[12]</sup>

En el gráfico 1.44 se indica las curvas de la intensidad de tráfico mensual de entrada y de salida generado por los usuarios.

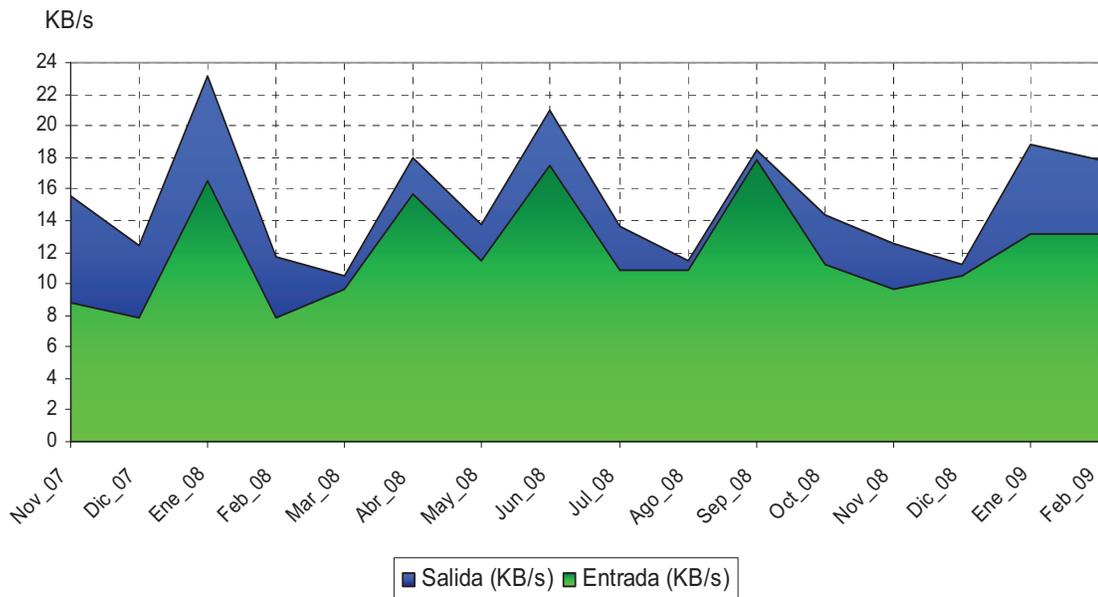


Gráfico 1.44 Intensidad de tráfico de datos (noviembre 2007-febrero 2009) <sup>[12]</sup>

### 1.5.5 Disponibilidad de la red inalámbrica

En el gráfico 1.45, se ha considerado el reporte de los meses de noviembre de 2007 hasta febrero de 2009, extraídos de la herramienta de administración “Open Manager” utilizada para monitorear la disponibilidad de los dispositivos de la red inalámbrica, se ha estimado un promedio de la disponibilidad de los equipos *SkyConnectors* y dispositivos que establecen el *backhaul* inalámbrico.

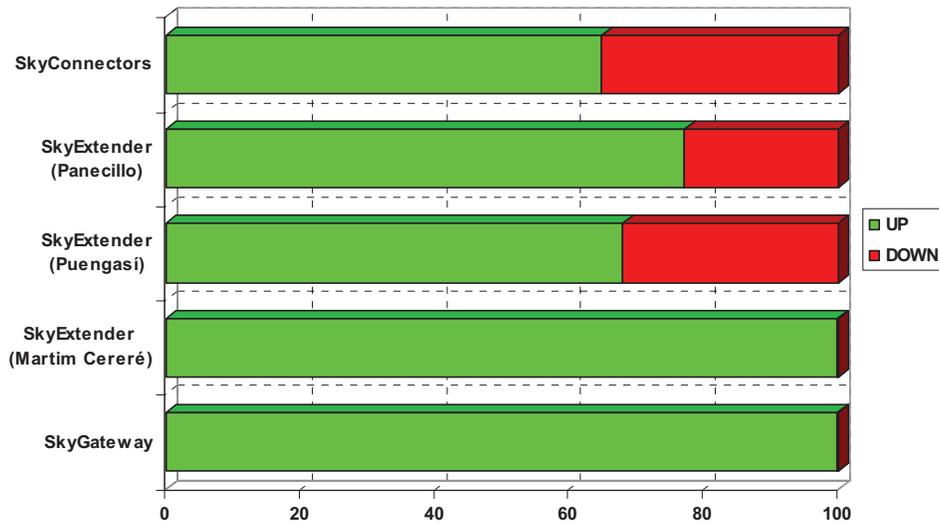


Gráfico 1.45 Disponibilidad promedio de nov/07 a abr/08 de la red inalámbrica <sup>[12]</sup>

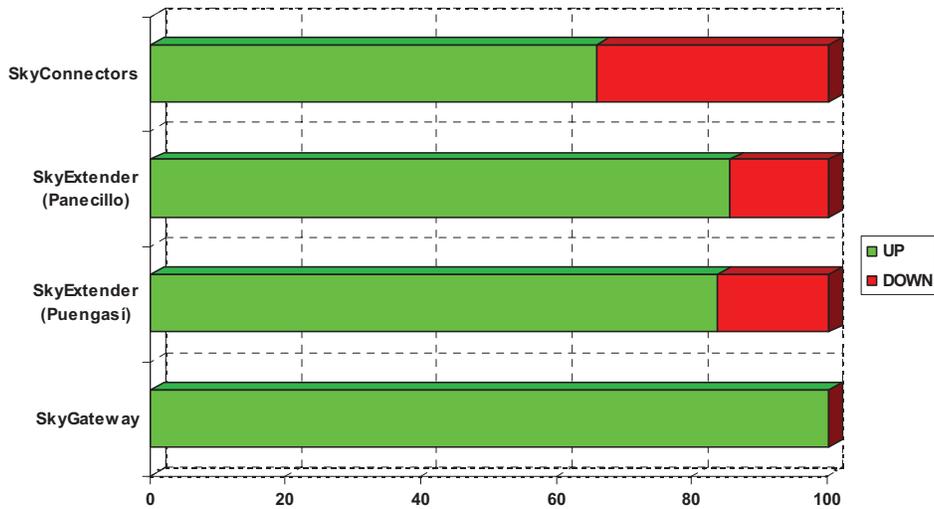


Gráfico 1.46 Disponibilidad promedio de may/08 a feb/09 de la red inalámbrica <sup>[12]</sup>

## **1.6 DIAGNÓSTICO DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUCANET**

### **1.6.1 Análisis del comportamiento del tráfico actual de la red**

El gráfico 1.42 y la tabla 1.11 muestran el volumen de tráfico mensual proveniente de los usuarios conectados a la red inalámbrica *SkyPilot* desde noviembre de 2007 hasta febrero de 2009, donde se observa que el pico máximo del volumen de tráfico de este periodo monitoreado es de 41,4 GBytes, y el pico mínimo de volumen de tráfico es de 16 GBytes. En el gráfico 1.43 se observa que el mayor porcentaje de volumen de tráfico es proveniente del protocolo http (48%), esto se debe a que la mayor parte de aplicaciones alojadas en el *Datacenter* hacen uso de este protocolo para su acceso.

La tabla 1.12 y el gráfico 1.44 muestran datos estadísticos correspondientes a la intensidad de tráfico de datos de entrada y de salida generados por las peticiones de los usuarios de la red, de lo cual se observa que el pico más alto de intensidad de tráfico alcanzado es de 23,2 KBps (185,6 Kbps) para el tráfico de salida y 17,9 KBps (143,2 Kbps) para el tráfico de entrada; el pico mínimo de intensidad de tráfico es de 10,5 KBps (84 Kbps) para el tráfico de salida y 7,8 KBps (62,4 Kbps) para el tráfico de entrada.

Cabe aclarar que en los resultados obtenidos no se observa tráfico de tiempo real, esto se debe a que el proyecto no ha hecho uso de los servicios de VoIP y videoconferencia, debido a los problemas constantes de conectividad que ha sufrido la red, por lo tanto será muy importante estimar el tráfico de estas aplicaciones para el rediseño de la red inalámbrica.

### **1.6.2 Operabilidad**

Según la información del gráfico 1.30, se observa que se encuentra la red operativa en tan solo un 29%, un 33% corresponden a los equipos inalámbricos

que se han instalado pero no están operativos y un 38% son los equipos que se encuentran en bodega.

### **1.6.3 Ubicación**

Según el detalle del gráfico 1.31, se visualiza que el 36% de *SkyConnectors* instalados (operativos y no operativos) están en la zona Centro, es decir, que la mayor cantidad de usuarios de la red se localizan en la mencionada zona. Existe un 20% de equipos instalados en la zona Sur y en la zona Norte, un 12% en la zona de Quitumbe, un 8% en la zona de Tumbaco y un 4% en la zona de Calderón.

### **1.6.4 Instalación**

El Proyecto QuitoEduca.Net no posee una memoria técnica de la red inalámbrica implementada, por lo cual no se puede determinar en que condiciones quedaron instalados los dispositivos inalámbricos.

De la inspección realizada se determinó que solamente el 17% de equipos inalámbricos cuenta con una instalación a tierra, es decir que el resto de equipos de la red tienen el riesgo de sufrir algún tipo de averías causadas por descargas eléctricas; el 52% de las instalaciones cuentan con una protección para cable UTP; el 38% de dispositivos instalados no cuentan con cable UTP para su conexión y alimentación de energía; el 4% dispone de un UPS y ningún equipo instalado cuenta con una fuente de alimentación de respaldo, como se muestra en el gráfico 1.32 indica.

### **1.6.5 Configuración**

En el gráfico 1.28 se observa que la mayor parte de los dispositivos inalámbricos no se encuentran adecuadamente configurados, por ejemplo: la dirección IP del *default gateway* es la misma dirección IP del equipo, cuando esta debería corresponder a la dirección IP del router que divide la red inalámbrica de la red de los servicios que están alojados en el *Datacenter*. Adicionalmente, la mayor parte de dispositivos inalámbricos tienen

configurados la clave de acceso y el *network key* por defecto, lo que podría provocar problemas severos de seguridad.

Actualmente, los equipos no están configurados para ser administrados a través del protocolo SNMP, dificultando las tareas de administración y control de la red.

También se observa que el 23% de los dispositivos *SkyPilot* se encuentran actualizados con el *firmware* 1.3.p3, mientras que el resto se mantiene con el *firmware* 1.0.2p2 y ningún equipo de la red ha sido actualizado a una nueva versión de *firmware* que está disponible en la página del fabricante; esto ha provocado que se pierdan algunas funcionalidades adicionales, que podrían ser configuradas para mejorar el servicio hacia el usuario final.

#### **1.6.6 Disponibilidad**

El gráfico 1.45 indica que existe aproximadamente un 86,243% de disponibilidad del *backhaul* inalámbrico, desde noviembre de 2007 hasta abril de 2008; mientras que en el gráfico 1.46 se indica una disponibilidad del 89,664% considerada desde mayo de 2008 hasta febrero de 2009, la disponibilidad más baja para el caso del gráfico 1.45 es del 67,941% que corresponde al *SkyExtender* de Puengasí, mientras que para el gráfico 1.46 es del 83,564% también correspondiente al *SkyExtender* de Puengasí, éstas disponibilidades se deben a que este equipo no ha sido actualizado su *firmware* y tampoco ha sido aprovisionado con los parámetros actuales de la red, por lo que presenta muchos problemas de conexión, adicionalmente, para su enlace con la red, depende directamente del *SkyExtender* del Panecillo. El *SkyExtender* del Panecillo presenta una disponibilidad del 77,225% en el gráfico 1.45 y de 85,456% en el gráfico 1.46 esto se debe en su mayor parte a que su enlace con el *SkyGateway* no es lo suficientemente robusto y se ve muy afectado por las condiciones climáticas.

La disponibilidad de los *SkyConnectors* es aproximadamente del 64,794% (gráfico 1.45) y del 65,764% (gráfico 1.46), lo que demuestra que la red no presta los servicios para lo cual fue montada.

Entre las causas para la deficiente disponibilidad de los *SkyConnectors Outdoor* son: que algunas de los establecimientos municipales tienen apagadas los *SkyConnectors*, pues desconocen el objetivo de su funcionamiento; los *SkyConnectors* se han averiado y no han sido reparados; y en otros casos no cuentan con UPS o fuentes de alimentación de respaldo AC, por lo tanto, cuando hay cortes de energía los dispositivos dejan de funcionar.

La mejora de la disponibilidad a partir del mayo de 2008 se debe al retiro del *SkyExtender* del Martim Cereré ya que debido a su cercanía al *SkyGateway* éste podría haber estado generando problemas a la conectividad del resto de equipos del *backhaul* inalámbrico.

#### **1.6.7 Escalabilidad**

Está limitada por la parte económica más no por la tecnológica, ya que si es necesario aumentar la capacidad y *throughput* de la red se pueden aumentar bien sea dispositivos *SkyGateway* o *SkyExtender*, dependiendo de las necesidades de la red. Adicionalmente, la tecnología *SkyPilot* está orientada al futuro debido a sus características de redes en malla y convergencia con otras redes.

#### **1.6.8 Confiabilidad**

Es uno de los problemas más notables de la red del Proyecto Quito Educ@net, ya que luego de un evento de interrupción (corte de la alimentación eléctrica, condiciones climáticas adversas, problemas de conectividad, falla de hardware o software del equipo, etc.) la conectividad no se recupera rápidamente, razón por la cual los centros beneficiarios dejan de utilizar los servicios que proporciona esta red.

### **1.6.9 Seguridad**

La gran parte de los equipos se encuentran con las claves de acceso y *network key* por defecto; es decir, que cualquier persona ajena a la administración de la red inalámbrica podría acceder al equipo y alterar la configuración del mismo. También se ha constatado que no existe ningún plan de seguridad para la red actual inalámbrica, convirtiéndose en una red vulnerable a ataques externos.

### **1.6.10 Administración**

Desde la implementación inicial de la red inalámbrica *SkyPilot* del Proyecto Quito Educ@net no se ha realizado un seguimiento de su funcionamiento, hay poca documentación, no se ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo, como tampoco se ha realizado un plan de contingencia ante desastres, por que es indispensable realizar un plan de administración y gestión de la red que permita disminuir los problemas frecuentes en la comunicación.

## **1.7 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES ACTUALES**

Una vez evaluada la situación actual de la red inalámbrica *SkyPilot* del Proyecto Quito Educ@net, se puntualizan las siguientes necesidades para reactivar la red inalámbrica:

- Estudio y rediseño de la red inalámbrica, considerando la situación actual, las actuales instituciones realmente a beneficiarse, el crecimiento futuro de la red, las aplicaciones, calidad de servicio, asignación de la capacidad por centro beneficiario y las afectaciones de propagación.
- Regularización de la operación de la red inalámbrica según los requisitos exigidos por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).
- Reinstalación de las antenas, es decir que el Proyecto debería implementar instalaciones a tierra en los lugares en los que no existen,

protecciones para los cables, UPS o fuentes alternativas que soporten en el caso de cortes de energía eléctrica.

- Actualización de firmware y reconfiguración de las antenas.
- Generación de un plan de seguridad y administración que garanticen que el sistema inalámbrico funcione.

El presente proyecto de titulación tiene como objeto la evaluación y rediseño de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net más no su implantación. Entre los aspectos que este proyecto considerará es el rediseño de la red inalámbrica SkyPilot del Proyecto Quito Educ@net que abarcará el perímetro urbano de la ciudad de Quito en donde se encuentran distribuidos algunos de los colegios y escuelas municipales, fiscomisionales y fiscales participantes del proyecto.

También se elaborará un plan para la aplicación de medidas de seguridad en la red inalámbrica basado en el RFC 2196 "*Site Security Handbook*", así como también se elaborará un plan para la administración y gestión de la red inalámbrica, basado en el Modelo de Gestión de Internet.

Por último se elaborará un presupuesto referencial que permita estimar los costos que conllevará el equipamiento, la instalación, la administración y el mantenimiento de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net.

## 1.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Proyecto Quito Educ@net. MDMQ. Abril 2007.
- [2] Proyecto Quito Educ@net.
- [3] SkyPilot Networks. [www.skypilot.com](http://www.skypilot.com)
- [4] Pascual A. y Pérez M. (2007). Diseño e implantación de una red Wi-Fi mesh en un entorno campus, Universidad de Deusto.  
[www.ctmd.deusto.es/images/ProyectosFC/2007\\_Memoria\\_WiFi\\_Mesh\\_Campus.pdf](http://www.ctmd.deusto.es/images/ProyectosFC/2007_Memoria_WiFi_Mesh_Campus.pdf)
- [5] M9 Systems Business Wireless Service. <http://www.m9wireless.com/technology.html>
- [6] Wireless BroadBand Network, Tecnología Wimax y 3G.  
<http://infowimax.blogspot.com/2008/05/skypilot-certificado-para-54-ghz.html>
- [7] Empresa Conectividad Global.
- [8] David Stephenson Communications, [www.dst.com.sg](http://www.dst.com.sg).
- [9] The Shuttle Radar Topography Mission. SRTM V2 released.  
<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov>.
- [10] Google Earth. **earth.google.es**
- [11] Red Educativa Metropolitana de Quito, [www.remq.edu.ec](http://www.remq.edu.ec).
- [12] Empresa Conectividad Global, sistemas de administración opensource MRTG, NTOP y OpenManager.

## 1.9 BIBLIOGRAFÍA

- Benitez V. (2006). Diseño de laboratorios inalámbricos utilizando las tecnologías UWB, Wi-Fi y Bluetooth para la transmisión de datos e integración mediante el diseño de una red inalámbrica con tecnología Wimax, para una institución educativa. Quito.

- Carrasco M. y Parra E. (2007) Reingeniería de una red de datos corporativa para la universidad de la Américas, sede Quito: análisis, lineamientos y aplicación. Tomo I. Quito.
- Castillo A. (2002). Protocolos de comunicación. Escuela Técnica Superior de Tecnología Informática.  
<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/Indice.html>
- David Stephenson Communications. (2006). The Skypilot System. David Stephenson Communications. <http://www.dst.com.sg>.
- Dueñas J. (2008). Cómo configurar un servidor de nombres de dominio. Linuxparatodos. www.linuxparatodos.net.
- Postel J. (1980). Protocolo de Datagramas. RFC 768  
<http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0768-es.txt>.
- Quito Educ@net. (2007). Proyecto Educativo Quito Educ@net. Ecuador.
- RIV UAEH. Acerca de videoconferencia. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://virtual.uaeh.edu.mx/riv/videoconferencia.php>
- Rosales D. y Yanez P. (2002). Diseño e implementación del sistema de comunicaciones para el grupo Invades. Quito.
- Sanchez C. Córdova. Protocolo TCP/IP. Univ. Tecnológica Nacional. [www.profesores.frc.utn.edu.ar/sistemas/ingsanchez/Redes/Archivos/Protocolo\\_ICMP.pdf](http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/sistemas/ingsanchez/Redes/Archivos/Protocolo_ICMP.pdf)
- SkyPilot. (2006). Documentation  
<http://www.skypilot.com/support/productdoc.php>
- Valdez R. y Witte D. (2001). Propuesta de rediseño de la red de campus de la EPN, Tomo I. Quito.
- WIKI. Voz sobre IP. <http://es.wikipedia.org/wiki/VoIP>.

## CAPÍTULO 2

# CONCEPTOS GENERALES PARA EL REDISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS

### 2.1 RESUMEN

El presente capítulo empieza con una breve introducción sobre sistemas inalámbricos en lo referente a: conceptos básicos de antenas y propagación, zona de Fresnel, OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales), modulación adaptativa y duplexación; posteriormente, se exponen los criterios para el rediseño de una red inalámbrica y finalmente se hace una descripción del software de análisis y planificación del sistema de radiocomunicaciones externos fijo o móvil Radio Mobile.

### 2.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE SISTEMAS INALÁMBRICOS

#### 2.2.1 Conceptos básicos de antenas y propagación

##### 2.2.1.1 Antenas

Es un dispositivo generalmente metálico utilizado para recibir o emitir energía electromagnética. En el proceso de comunicación las antenas transforman la energía eléctrica en ondas electromagnéticas y viceversa.

##### 2.2.1.1.1 Parámetros de una antena

###### a) Diagrama de radiación

Es una representación de la potencia de la señal transmitida en función del ángulo espacial. Aquellas antenas que tienen la capacidad de irradiar ondas electromagnéticas con la misma capacidad y magnitud en todas las direcciones en un solo plano se las conoce como antenas omnidireccionales; aquellas

antenas que irradian la onda electromagnética en una sola dirección se las denomina antenas directivas.

b) *Ganancia*

Es la intensidad de radiación que produce una antena en una dirección determinada, con respecto a la intensidad de radiación que produce una antena de referencia o ideal denominada antena isotrópica (que irradia o recibe energía uniforme en todas las direcciones, sirve como referencia para las propiedades direccionales de las antenas reales), en el mismo punto y bajo las mismas condiciones. Se mide en dBi o dBd (0 dBd es igual a 2,14 dBi).

c) *Polarización:*

La polarización de la antena se refiere a la orientación del campo eléctrico emitido por la antena. Normalmente, dos antenas que forman un enlace entre sí deben fijarse a la misma polarización.

Una antena puede polarizarse en forma lineal (horizontal o vertical), en forma elíptica, o en forma circular. Si el campo eléctrico permanece en la dirección vertical durante toda la trayectoria de una onda electromagnética, la antena está polarizada verticalmente; si la antena irradia una onda electromagnética en donde el campo eléctrico permanece en dirección horizontal, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico gira en un patrón elíptico, se dice que la antena está polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, se dice que la antena está polarizada circularmente.

d) *EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)*

Equivalente a PIRE (Potencia Isotrópica Irradiada Efectiva). Es la máxima potencia irradiada, esto equivale a la suma de la potencia transmitida y la ganancia de la antena menos la pérdida de cables y acoplamiento.

2.2.1.1.2 Tipos de antenas comúnmente utilizadas para la implementación de redes inalámbricas

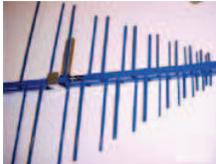
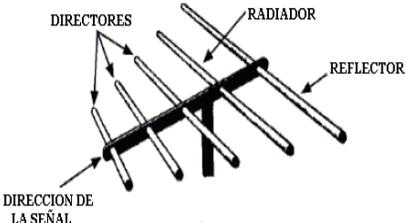
TIPO DE ANTENA	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
<b>Dipolo de media longitud de onda</b>	Formada por 2 conductores, cada uno de un cuarto de longitud de onda, su patrón de radiación es de 360 grados en el plano vertical y de 75 grados en el plano horizontal, asumiendo que la antena está colocada de forma horizontal.	
<b>Monopolo o Antena Marconi</b>	Es un solo conductor de un cuarto de longitud de onda, muy usado en radiodifusión AM.	
<b>Log-Periódica (LDPA)</b>	Es una antena donde la impedancia de entrada varía en forma repetitiva cuando se gráfica en función de la frecuencia. Es unidireccional o bidireccionales y tiene un gran ancho de banda.	
<b>Sectorial</b>	Normalmente están polarizadas verticalmente, son muy usadas para aislar áreas con altos niveles de ruido de RF, y para alcanzar largas distancias cubriendo un área extensa.	
<b>Yagi-UDA</b>	Formada por elementos pasivos (directores) que se añade al dipolo de media onda y un reflector.	
<b>Reflector Parabólico</b>	Se asemejan a un plato o fuente y proporcionan ganancias muy altas y son muy directivas; se utiliza especialmente para la transmisión y recepción vía satélite.	

Tabla 2.1 Antenas utilizadas comúnmente para la implementación de redes inalámbricas

<p><b>Patch o Plana</b></p>	<p>Formada por dos placas de metal paralelas con un aislante en la mitad.</p>	
<p><b>Antena array o Arreglo de Antenas</b></p>	<p>Es un conjunto de antenas alimentadas con amplitudes y fases variadas intencionalmente con el objetivo de que las interferencias de los campos radiados por las antenas del conjunto permitan alterar el diagrama de radiación.</p>	

**Tabla 2.1 Continuación**

*2.2.1.2 Propagación*

*2.2.1.2.1 Principales fenómenos que afectan a las ondas electromagnéticas*

<p><b>Desvanecimiento (fading)</b></p>	<p>Se refiere a las variaciones de la intensidad de la señal recibida, provocadas por cambios en el medio (cambios atmosféricos como lluvia) o por las diferentes trayectorias tomadas por las señales (multicaminos) que causan interferencia. El receptor recibirá varias señales con diferentes fases que pueden sumarse, restarse o anularse, estos cambios provocarán que la amplitud de la señal se incremente o se desvanezca.</p>
<p><b>Absorción</b></p>	<p>Cuando las ondas electromagnéticas atraviesan algún material durante su trayectoria, se produce una pérdida en la potencia de las mismas, ésta decrece de manera exponencial. Los materiales más absorbentes son el metal y el agua (lluvia, niebla, vapor y nubes bajas).</p>
<p><b>Reflexión</b></p>	<p>Una onda de radio es reflejada cuando entra en materiales de superficie reflectora, como son el metal y el agua, en el caso de la reflexión el ángulo con el cual una onda incide en una superficie será igual al ángulo con el cual es desviado (ángulo de reflexión).</p> <p>Como consecuencia de la reflexión se produce la multitrayectoria, ésta se genera cuando una onda electromagnética incide en los obstáculos y se generan múltiples copias de la señal viajando en diferentes direcciones y con retardos variables.</p>

**Tabla 2.2 Principales fenómenos que afectan a las ondas electromagnéticas**

<b>Difracción</b>	Es el comportamiento de una onda cuando choca contra los bordes de un obstáculo y dan la impresión de doblarse; esto se explica ya que cada punto de un obstáculo genera un nuevo frente de ondas, el nuevo frente puede rodear un obstáculo. Es proporcional a la longitud de onda, las ondas más largas se difractan más, dando la impresión de voltear la esquina.
<b>Refracción</b>	Cuando una onda electromagnética pasa de un medio con una densidad a otro de densidad diferente, cambia de velocidad y en consecuencia de dirección, en el límite de los dos medios.
<b>Interferencia</b>	Existen varios tipos de interferencia. La interferencia constructiva se da cuando los dos crestas de dos ondas coinciden, por lo tanto se suman. La interferencia destructiva se da cuando una cresta de una onda coincide con un valle de otra onda y se anulan entre si. En redes inalámbricas la interferencia es considerada como alteraciones provocadas por otras redes o fuentes de microondas. Las técnicas de modulación y el uso de canales múltiples ayudan a disminuir la interferencia.
<b>Dispersión (Scattering)</b>	“Fenómeno en el cual la dirección, frecuencia o polarización de onda es cambiada cuando la onda encuentra discontinuidades en el medio, o interactúa con el material a nivel atómico o molecular” <sup>[13]</sup>

**Tabla 2.2 Continuación**

#### 2.2.1.2.2 Modelos de propagación en exteriores

El objetivo de estos modelos es predecir las pérdidas que una onda electromagnética afrontará durante su viaje desde el transmisor hasta el receptor. Estos modelos han sido construidos en función de pruebas que se han realizado en diferentes circunstancias y lugares; es decir, consideran el viaje de las ondas a través de zonas urbanas, zonas rurales, forestales, montañosas, en espacios libres, etc. Los modelos generalmente se basan en métodos probabilísticos.

**Tabla 2.3 Modelos de propagación en exteriores**

<b>Modelo de Friis</b>	Se deduce de las ecuaciones de Maxwell, calcula la potencia recibida en función de la distancia, trabaja en condiciones ideales, no considera obstáculos.
<b>Modelo de dos Rayos</b>	Reflexión terrestre, se basa en óptica geométrica, considera la altura del transmisor y la del receptor, es el más adecuado en distancias de varios kilómetros.
<b>Modelo Okumura</b>	Usado en entornos urbanos en el rango de frecuencias de 150 MHz a 1920 MHz (VHF y UHF), distancias de 1 Km a 100 Km.
<b>Modelo Okumura-Hata</b>	Se basa en Okumura, considera el rango de frecuencias de 150 MHz a 1500 MHz (VHF y UHF), su modelo fue propuesto para entornos suburbanos y rurales, considero terrenos ligeramente montañosos.

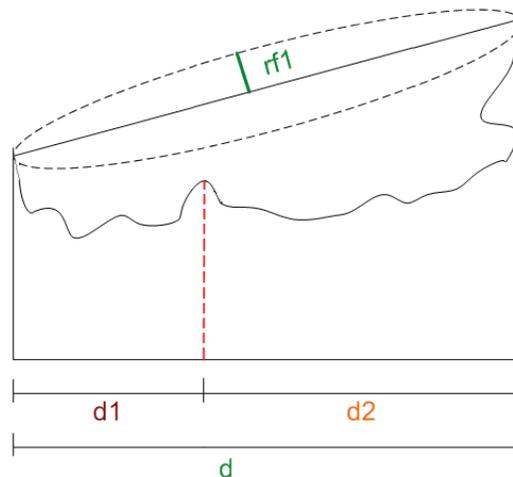
<b>Modelo Walfish-Bertoni</b>	Usa modelos de difracción, calcula la potencia media de la señal al nivel del pavimento, considera techos y alturas de edificios.
<b>Modelo Walfisch-Ikegami</b>	Este modelo es usado en entornos urbanos, corresponde a frecuencias del rango de 800 - 2000 MHz, considera la difracción descendente hasta el nivel de las calles y parámetros como densidad de edificios, altura promedio de edificios, altura de las antenas, ancho de las calles, etc.
<b>Modelo de Propagación en el Espacio Libre</b>	Predice la potencia de la señal, debe existir línea de vista entre transmisor y receptor, muy usado en enlaces microondas y satelitales.
<b>Modelo Cost 231</b>	Es una extensión del modelo de <i>Hata</i> , cubre hasta el rango de los 2 GHz.
<b>Modelo de Longley-Rice</b>	Modelo usado para sistemas de punto a punto con un rango de frecuencias de 40 MHz a 100 GHz, considera diferentes tipos de terrenos.
<b>Modelo de Durkin</b>	Predice el campo sobre terrenos irregulares, trabaja inicialmente en función de una base de datos topográfica para obtener datos del perfil topográfico, asume que la señal está libre de multipropagación, posteriormente calcula las pérdidas de la señal, su desventaja es que no predice pérdidas debido a edificios, árboles, no considera el efecto multitrayectoria.
<b>Modelo Dual-Slope</b>	Basado en el modelo de Dos Rayos, usado en entornos en los que existe línea de vista, la pérdida está en función de la distancia que existe entre transmisor y receptor.

**Tabla 2.3 Continuación**

### 2.2.2 Zona de Fresnel

Para determinar las Zonas de Fresnel primeramente se debe determinar la línea de vista comúnmente llamada LOS (*Line of Sight*), que representa la línea visual entre el receptor y transmisor, se debe verificar que la línea de vista no esté bloqueada por ningún tipo de obstáculo, posteriormente se debe determinar las zonas de Fresnel que son las zonas alrededor del rayo directo en forma de elipse; pero la que más interesa es la primera zona de Fresnel, se debe garantizar un 60% de su despeje, caso contrario si esta zona es obstruida por algún tipo de obstáculo (árbol, edificios, montañas, etc.), la señal es atenuada.

El gráfico 2.1 indica los parámetros que se deben considerar para el cálculo de la primera zona de Fresnel, donde el cálculo del radio de la zona de Fresnel  $r_{f1}$  está en función de la distancia y la frecuencia.



**Gráfico 2.1 Zona de Fresnel**

Ecuación para calcular de la primera zona de Fresnel:

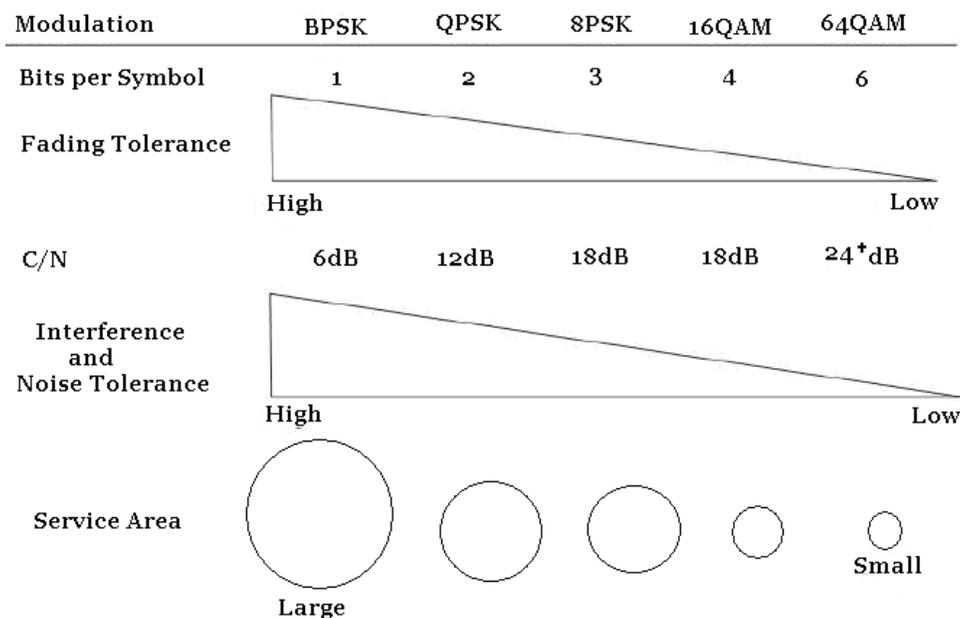
$$rf1 = 17,31 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}} \quad [15] \quad (2.1)$$

Donde:

- **rf1** es el radio de la primera zona en kilómetros.
- **d1** y **d2** son las distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace en kilómetros.
- **d** es la distancia total del enlace en metros, es d1 + d2.
- **f** es la frecuencia en MHz.

### 2.2.3 Modulación Adaptativa

Permite adaptar el sistema de modulación del canal, dependiendo de la condición de la relación señal a ruido (SNR) del enlace, es decir que si el enlace sufre un desvanecimiento de la señal el esquema de modulación será menor con el fin de mantener estable la conexión. En el gráfico 2.2 se puede observar que modulaciones más complejas implican que el área de cobertura sea menor, que la zona presente menores niveles de interferencia, ruido y poco desvanecimiento.



**Gráfico 2.2 Características de la modulación adaptativa<sup>[14]</sup>**

#### 2.2.4 OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales)<sup>[16]</sup>

OFDM es un esquema de modulación que permite trabajar en ambientes NLOS, superar los problemas de ISI (interferencia intersímbolos), tener una alta eficiencia espectral y baja susceptibilidad al retardo sufrido por multitrayectorias.

La señal OFDM está compuesta por múltiples subportadoras ortogonales solapadas. Las frecuencias de las subportadoras son precisas, garantizando que no exista interferencia entre ellas debido a los solapes; cada canal esta formado por 52 subportadoras ortogonales, 48 para la transmisión de datos y 4 para control. Las subportadoras son moduladas utilizando BPSK (modulación por desplazamiento de fase binaria) para 6 y 9 Mbps, en este nivel se codifica 1 bit por subportadora o 48 bits por símbolo OFDM. Las tasas de transmisión de datos de 6 Mbps se logra utilizando codificación convolucional de 1/2, la de 9 Mbps se obtiene con una tasa de código de 3/4. La codificación convolucional significa que ya sea la mitad o 1/4 de los bits, serán bits de redundancia utilizados para la corrección de errores, así que solamente se tendrán 24 o 36 bits de datos por símbolo OFDM; QPSK (modulación por desplazamiento de fase cuaternaria) para 12 y 18 Mbps, codifica 2 bits por subcanal para un total

de 96 bits por símbolo OFDM. Después de sustraer los bits introducidos por el codificador convolucional, el receptor recibe 48 o 72 bits de datos por símbolo OFDM; 16-QAM (modulación de amplitud en cuadratura de 16 niveles) para 24 y 36 Mbps, codifica 4 bits por subcanal utilizando tasas de codificación de 1/2 y 3/4 o 64 QAM (modulación de amplitud en cuadratura de 64 niveles) para 48 y 54 Mbps, codifica 6 bits por subcanal utilizando tasas de codificación de 2/3 y 3/4, esto se resume en la tabla 2.4

<i>Tasa de datos (Mbps)</i>	<i>Modulación</i>	<i>Tasa de código (r)</i>	<i>Bits codificados por subportadora (<math>N_{BPSC}</math>)</i>	<i>Bits codificados por símbolo OFDM (<math>N_{CBPS}</math>)</i>	<i>Bits de datos por símbolo OFDM (<math>N_{DBPS}</math>)</i>
<b>6</b>	<b>BPSK</b>	1/2	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
9	BPSK	3/4	1	48	36
<b>12</b>	<b>QPSK</b>	1/2	<b>2</b>	<b>96</b>	<b>48</b>
18	QPSK	3/4	2	96	72
<b>24</b>	<b>16-QAM</b>	1/2	<b>4</b>	<b>192</b>	<b>96</b>
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

**Tabla 2.4 Tasa de datos y de código según el tipo de modulación, definidas por 802.11a<sup>[16]</sup>**

### 2.2.5 Duplexación

Duplexación se refiere al proceso de crear canales bi-direccionales para transmisión de datos *uplink* (enlace de subida) y *downlink* (enlace de bajada). Los dos métodos comunes de duplicidad que se emplean en varios sistemas inalámbricos son la Duplexación por División de Frecuencia (*Frequency Division Duplexing*, FDD) y la Duplexación por División de Tiempo (*Time-Division Duplexing*, TDD).

Un sistema basado en Duplexación por División de Frecuencia (FDD) requiere dos canales que son separados para minimizar la interferencia, uno para transmisión y otro para recepción. La mayoría de las bandas FDD son asignadas a voz porque la arquitectura bi-direccional de FDD permite manejar

la voz con demoras mínimas, FDD está diseñada para tráfico simétrico y no requiere de tiempo de guarda. Sin embargo, FDD tiene componentes adicionales al sistema y esto eleva los costos.

Un sistema basado en Duplexación por División de Tiempo (TDD), ofrece un único canal que soporta el tráfico de los enlaces directo e inverso, con un breve intervalo de tiempo usado para separar las transmisiones en cada dirección, esto significa que no puede transmitir y recibir al mismo tiempo. Un sistema TDD puede asignar dinámicamente ancho de banda al *uplink* y *downlink*, según su tráfico. La transferencia asimétrica es apropiada para el tráfico de Internet en el que hay grandes volúmenes de datos en *downlink*.

### 2.2.6 Conceptos básicos de comunicaciones de datos

<b>Ancho de Banda</b>	Es el rango de frecuencias que permite pasar un canal de transmisión, por lo tanto el ancho de banda determina la capacidad del canal, es decir que entre mayor sea el ancho de banda habrá mayor capacidad. Se lo mide en Hz.
<b>Latencia</b>	Retardo que se produce entre el tiempo en el que un bit comienza a dejar el dispositivo de origen y el tiempo en que el último bit llega a su destino. Es un factor muy importante que se debe considerar en un diseño, aplicaciones de tiempo real requieren retardos mínimos.
<b>Throughput</b>	Es la cantidad de información que se transmite a través de un medio de transmisión en una unidad de tiempo. Es la transferencia real de datos desde un nodo a otro.
<b>Capacidad</b>	Es la velocidad máxima a la que se puede transmitir la información a través de un medio de manera confiable y bajo ciertas restricciones. Se mide en bits/segundo.
<b>Jitter</b>	Es un fenómeno que se origina a causa de la fluctuación de la fase (ensanchamiento y alargamiento de la anchura de un pulso). Es la variación del retardo.
<b>Calidad de Servicio (QoS)</b>	La calidad de servicio es aquella que garantiza el <i>throughput</i> de las aplicaciones, considera parámetros como el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Dentro de los objetivos de la calidad de servicio está asignar el ancho de banda de forma diferenciada, administrar la congestión de la red, permitir el manejo de prioridades según el tipo de tráfico y modelar el tráfico de la red.
<b>Relación Señal/Ruido S/N</b>	La relación señal/ruido (S/N) se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la degrada. Este margen es medido en decibelios.

**Tabla 2.5 Conceptos básicos de comunicaciones de datos**

<b>Relación Portadora/Ruido C/N</b>	La relación C/N se define como la relación del nivel de potencia de la portadora de la señal con respecto al nivel de ruido del sistema, se expresa en decibelios.
<b>Tipos de Red</b>	<p><b>Punto a Punto:</b> Es usado para intercomunicar localidades bastante lejanas, trabajan con antenas altamente directivas y los enlaces tienen una capacidad de Mbps y Gbps generalmente usado en redes fijas.</p> <p><b>Redes punto a multipunto:</b> En este tipo de redes existe un nodo central que se conecta con dos o más puntos remotos, este tipo de redes ofrecen gran capacidad de conexión.</p> <p><b>Redes Mesh o de malla:</b> Las redes malladas (<i>mesh</i>) inalámbricas son una topología en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos de la red, formando comunicaciones redundantes de múltiples saltos que permiten que la transmisión de datos pueda realizarse por diferentes caminos y, adicionalmente, extienden la cobertura de la red inalámbrica. Cuantos más nodos, mejor será la cobertura y la red, es así que si la red es una malla completa, se garantiza que no exista interrupción en las comunicaciones.</p>

**Tabla 2.5 Continuación**

## 2.3 CRITERIOS PARA EL REDISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA

El rediseño de una red inalámbrica implica abandonar el esquema actual de funcionamiento para lograr cambios significativos en el rendimiento de la red (disponibilidad, operabilidad, calidad de servicio, tiempos de respuesta, costos, entre otros).

El proceso a seguir para la ejecución de un rediseño de una red inalámbrica es:

### 2.3.1 Evaluación de la situación actual de la red inalámbrica

Implica en realizar una evaluación de las condiciones actuales de la red inalámbrica, en lo referente a: aplicaciones y servicios que soporta la red, los dispositivos inalámbricos instalados, estructura física (equipamiento físico de los dispositivos inalámbricos, instalaciones y protecciones eléctricas, etc.) y lógica (direccionamiento IP, etc.), disponibilidad, operabilidad y seguridades; con el fin de determinar las falencias existentes en la red.

### **2.3.2 Decisión de rediseño de la red inalámbrica**

Implica la toma de decisión de rediseño de la red inalámbrica en base al diagnóstico de la situación actual.

En el caso de que el diagnóstico de la situación actual de la red inalámbrica sea desfavorable, sin duda se debe realizar un rediseño total de la red inalámbrica, pues no está cumpliendo con el propósito para la cual fue implementada; caso contrario se deben aplicar medidas correctivas para su mejoramiento y sostenimiento en el tiempo en base a las sugerencias propuestas en el diagnóstico de la red.

### **2.3.3 Rediseño de la red inalámbrica**

#### *2.3.3.1 Expectativas de los usuarios de la red inalámbrica*

Implica la recolección de los requerimientos que la red inalámbrica debe cumplir para satisfacer las demandas propuestas por los usuarios actuales de la red.

Los requerimientos a considerarse son: área de cobertura, localización geográfica de los usuarios a conectarse a la red, disponibilidad del servicio, operabilidad de la infraestructura física inalámbrica, tiempos de respuesta, seguridad (fiabilidad, confidencialidad, integridad) y costo/beneficio de la tecnología inalámbrica a implementarse.

#### *2.3.3.2 Dimensionamiento de la red inalámbrica*

Implica realizar el dimensionamiento de la red inalámbrica en base a las expectativas de los usuarios a beneficiarse de la red inalámbrica.

##### **a) Capacidad de la red inalámbrica**

Uno de los datos importantes a la hora de dimensionar la red inalámbrica es determinar la capacidad que requiere la red para soportar las aplicaciones de voz, video y datos (Web, Correo Electrónico, FTP, VoIP etc.), en base al patrón

de uso de las aplicaciones, el número de usuarios simultáneos y la característica de las aplicaciones.

### ***Característica de las aplicaciones de voz, video y datos***

En el diseño de la red inalámbrica es importante determinar el tipo de aplicaciones que debe soportar la red y la capacidad que éstas necesitan, especialmente las aplicaciones de tiempo real, que son aquellas aplicaciones que requieren que los retardos y la variación del retardo (*jitter*) sean mínimos durante la transmisión.

La videoconferencia sobre IP tolera latencias menores a 400 ms y una pérdida de paquetes menores al 1%. La capacidad que requiere una videoconferencia está entre 128 Kbps y 768 Kbps, esto depende del *codec* de audio (Tabla 2.7) y video (H.261, H.263) definido en el estándar H.323, del formato y la resolución del video: el formato CIF (*Common Interchange Format*) cuya resolución es de 352 x 288, el formato QCIF (*Quarter CIF*) cuya resolución es de 176 x 144, el formato SCIF (*Super CIF*) cuya resolución es de 704 x 576, el formato 4CIF de 702x576 o 720x576 de resolución, el formato 16CIF 4:3 de 1408x1152 o 1440x1152 o el formato 16CIF 16:9 de resolución 1920x1152 y del número de imágenes por segundo (15 a 30 cuadros por segundo).<sup>[17]</sup>

La Voz sobre IP (VoIP) se refiere al transporte de tráfico de voz sobre el protocolo IP, acepta una pérdida de paquetes menores al 1% y tolera latencias menores a 250 ms, generalmente para una buena calidad de voz se debe asegurar retrasos menores a 40 ms. La capacidad requerida está entre los 20 a 256 Kbps, depende del *codec* de audio (Tabla 2.7) que se este utilizando por la transmisión y si hay o no supresión de silencios.<sup>[17],[18],[19]</sup>

En la tabla 2.6 se indica una comparación de las aplicaciones más comunes, sus características y la capacidad que éstas necesitan. La tabla 2.7 muestra los *codecs* que se usan en aplicaciones de VoIP.

Aplicación	Tipo	Latencia	Capacidad
Videoconferencia	Tiempo Real	Baja	128 a 768 Kbps
VoIP	Tiempo Real	Baja	20 a 256 Kbps
Web	Tiempo no Real	Alta	64 a 1,5 Mbps
Correo Electrónico	Tiempo no Real	Alta	4 a 20 Kbps
Transferencia de archivos	Tiempo no Real	Alta	10 a 600 Mbps

**Tabla 2.6 Características de tráfico** <sup>[20],[18],[17]</sup>

Codec	Método de compresión		Capacidad	MOS
G.711	PCM Pulse	Codec Modulation	64 Kbps	4.4
G.723.1	CELP	Code Excited Linear Prediction	5.3 Kbps	3.98 a 3.5
G.723.1	MP-MPLQ	Law bit rate vocoder for Multimedia	6.4 Kbps	3.98 a 3.5
G.726	ADPCM	Adaptative Differential PCM	32 Kbps	4.2
G.728	LD-CELP	Law Delay CELP	16 Kbps	4.2
G.729a	CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic CELP	8 Kbps	4.2

**Tabla 2.7 Características de los codecs - VoIP** <sup>[19],[21]</sup>

#### ***Número de usuarios simultáneos en la red***

Para estimar el número de usuarios simultáneos primeramente se debe conocer el número de usuarios que se conectarán a la red; luego se debe estimar un factor de simultaneidad según el tipo de usuarios de la red y finalmente se debe estimar el patrón de uso de las aplicaciones por parte de los usuarios de la red.

Con los datos obtenidos anteriormente, el número de usuarios simultáneos es:

$$\text{Usuarios simultáneos} = \# \text{usuarios totales} \times \% \text{ simultaneidad} \times \% \text{ uso de las aplicaciones} \quad (2.2)$$

#### ***b) Estimación de la capacidad futura de la red***

Otro factor importante a considerar una vez estimada la capacidad que requiere la red inalámbrica es la estimación de la capacidad futura, con el fin de determinar el crecimiento de la red inalámbrica considerando el número de usuarios y poder estimar el hardware necesario para cubrir sus necesidades.

Para estimar la capacidad futura se debe considerar las características de tráfico que la red a presentado, las mismas que se obtienen de los software de administración y el crecimiento de los usuarios, estos datos nos ayudan a formar una línea de tendencia, puede ser exponencial, lineal, logarítmica, polinómica y potencial, que nos permita realizar la proyección de estimación de

la capacidad futura de la red, para ello se hace uso de paquetes computacionales como Microsoft Excel.

#### *2.3.3.3 Selección de la tecnología inalámbrica*

En base a las expectativas de los usuarios y la capacidad que requiere la red inalámbrica se debe realizar un análisis comparativo de tecnologías existentes en el mercado con la tecnología que se está usando, con el fin de determinar si se debe mantener la tecnología actual o es necesario cambiarla.

Los parámetros a considerarse en la comparación de la tecnología actual con otras tecnologías existentes en el mercado son:

- Frecuencia de operación
- Capacidad de la red
- Costo de los equipos por unidad
- Número máximo de saltos
- Número máximo de nodos
- Latencia
- Cobertura
- *Throughput*

#### *2.3.3.4 Planificación de enlaces inalámbricos*

##### ***Selección de los sitios donde se colocarán los equipos del backhaul inalámbrico***

Para realizar la selección de los sitios en donde se colocarán los equipos del *backhaul* inalámbrico se debe hacer un exhaustivo estudio de mapas y prospección en sitio, que permita determinar el lugar idóneo para la colocación de los equipos del *backhaul* inalámbrico.

1. En los sitios:
  - Ubicación geográfica real (altitud, latitud y longitud)
  - Naturaleza del terreno (clima, características eléctricas, etc.)
  - Clima de terreno
  - Datos informativos del dueño del terreno

- Restricciones de montaje del equipo inalámbrico debido a regulaciones estatales
2. Medios de acceso
    - Caminos de acceso existentes al terreno
  3. Suministro de energía
    - Disponibilidad del suministro de energía (eléctrica, eólica, solar)
    - Voltajes y frecuencias de la energía de alimentación
    - Disposición de sistemas de puestas a tierra
    - Información sobre regulación del voltaje y las fallas de alimentación
  4. Torres y mástiles
    - Cimentación de la torre o mástil
    - Resistencia mecánica de la torre o mástil y capacidad para el montaje de las antenas
  5. Propagación de radio
    - Confirmación de visibilidad directa
    - Confirmación de despeje de la primera zona de Fresnel.
    - Confirmación de fuentes que afecten a la propagación de ondas electromagnéticas (interferencias, atenuaciones, etc.)

#### ***Simulación del sistema inalámbrico***

Si bien dimensionar manualmente un sistema inalámbrico es factible, hoy en día es mejor utilizar herramientas que ayuden a la automatización del proceso. Estas herramientas toman en cuenta factores relevantes tales como: fenómenos que afectan a la propagación de ondas electromagnéticas (absorción, interferencia, reflexión, refracción, etc.), características del terreno (clima, características eléctricas, velocidad del viento, topografía, etc.), características de los equipos inalámbricos, etc.

De entre las herramientas existentes en el mercado, el software hoy en día utilizado por un buen número de profesionales del sector de las telecomunicaciones es el conocido programa Radio Mobile, programa que en un inicio fue concebido para sistemas de radio aficionados tradicionales

(comunicaciones de voz y datos en UHF y VHF), pero por su versatilidad se ha utilizado en estos últimos tiempos para todo tipo de sistemas inalámbricos que operen en el rango de frecuencias de 20MHz a 20GHz.

En la sección 2.4 se describe más ampliamente las características de este software gratuito de análisis y planificación de sistemas inalámbricos.

### 2.3.3.5 Gestión de la red y medidas de seguridad

#### **Gestión de Redes**

Se deben considerar procedimientos administrativos para llevar un control y monitorización del desenvolvimiento de la red inalámbrica, así como también es importante establecer niveles de calidad de servicio que permitan garantizar el *throughput* de las aplicaciones, considerando los retardos, la variación de retardos y las pérdidas de paquetes.

#### **Direccionamiento lógico de redes**

Implica organización y distribución direcciones lógicas de red (direcciones IP) a cada nodo de la red inalámbrica para llevar un control de cuantos elementos están conectándose a la red. El direccionamiento está íntimamente ligado al número de equipos a implementarse en la red inalámbrica y debe considerarse el rango de direcciones IP privadas designados por IANA (Tabla 2.8).

Nombre	rango de direcciones IP	número de IPs	descripción de la clase	mayor bloque de CIDR
bloque de 8 bits	10.0.0.0 – 10.255.255.255	16.777.216	clase A simple	10.0.0.0/8
bloque de 12 bits	172.16.0.0 – 172.31.255.255	1.048.576	16 clases B continuas	172.16.0.0/12
bloque de 16 bits	192.168.0.0 – 192.168.255.255	65.536	256 clases C continuas	192.168.0.0/16

**Tabla 2.8 Rango de direcciones IP privadas<sup>[22]</sup>**

#### **Seguridad**

Se deben establecer políticas y procedimientos para mantener la seguridad en la red inalámbrica.

En lo referente a procedimientos para la protección de la red inalámbrica es importante considerar medidas para el control de acceso de usuarios y equipos que estén autorizados a conectarse a la red inalámbrica. Entre los procedimientos que se pueden utilizar están: Gestión de Redes Locales Virtuales (VLAN), Redes Virtuales Privadas (VPN), métodos de autenticación o cualquier otro mecanismo que disponga la tecnología inalámbrica a implementarse en la red inalámbrica.

Todos los procedimientos y políticas para la protección de la red inalámbrica deben estar documentados y reglamentados en un plan de seguridad de la red inalámbrica.

#### *2.3.3.6 Presupuesto Referencial*

El éxito de un diseño no está determinado únicamente por su viabilidad técnica. Además, debe ser rentable económicamente hablando.

Resulta muy complejo establecer un método exacto para realizar un presupuesto, es por ello que se debe optar por una aproximación más conservadora basada en un presupuesto referencial que permita tomar decisiones ejecutivas en base al costo/beneficio de la implementación de la infraestructura inalámbrica.

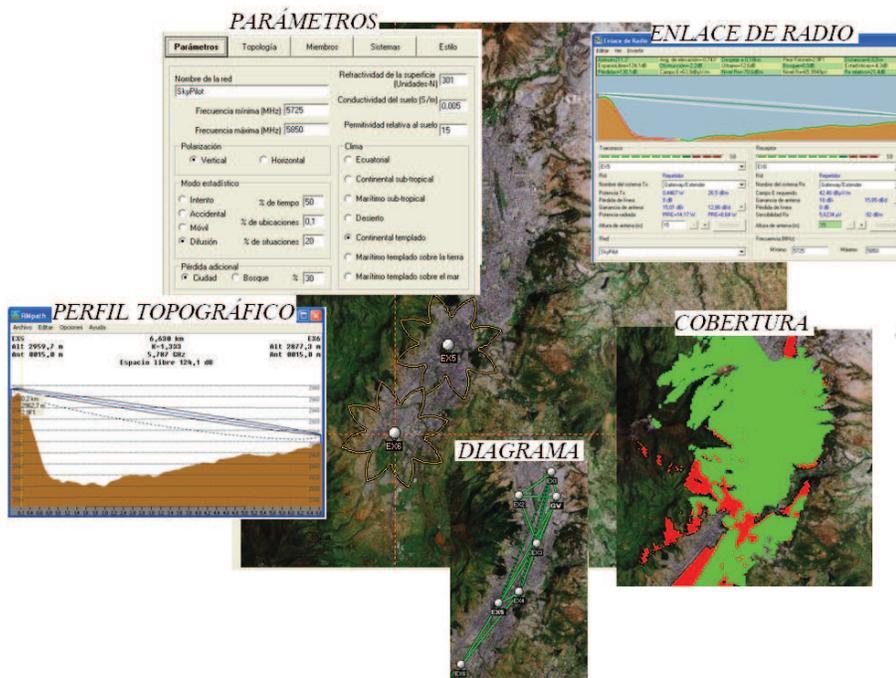
## **2.4 SOFTWARE DE ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS INALÁMBRICOS EXTERNOS FIJO O MÓVIL “RADIO MOBILE”**

Radio Mobile es un software gratuito que está basado en el modelo Longley-Rice también conocido como “Irregular Terrain Model” o ITM. El funcionamiento de Radio Mobile es a través de mapas topográficos de las diferentes zonas del mundo que incluyen datos digitales de elevación del terreno, estos mapas son incluidos en el programa generando mapas virtuales, sobre los cuales se efectúan los diferentes análisis que permiten determinar parámetros (Gráfico 2.3) como la cobertura, los posibles niveles de señal en los diferentes partes de

la trayectoria, si existe o no línea de vista entre el transmisor y el receptor, también permite observar en vistas en 3D; en conclusión esta herramienta es muy útil para planificar sistemas inalámbricos.

Radio Mobile predice el comportamiento de un radioenlace entre dos sitios dados, para ello realiza la simulación del enlace tomando en cuenta:

- Las características de los equipos de radio
- La naturaleza del terreno
- La teoría de propagación de ondas de radio usando el modelo Longley-Rice



**Gráfico 2.3 Software de análisis y planificación de sistemas inalámbricos Radio Mobile**

#### 2.4.1 Modelo Longley-Rice

El Modelo Longley-Rice también conocido como “Irregular Terrain Model” o ITM, es un modelo basado en teoría electromagnética y análisis estadísticos de las características de diferentes tipos de terrenos y mediciones de radio, que se aplica en modo punto a punto y modo de predicción de área, fue diseñado para

esquemas de comunicación que trabajen en el rango de frecuencias de 20 MHz a los 20 GHz y longitudes de trayecto entre 1 km a 2000 km.

#### 2.4.1.1 Parámetros de entrada<sup>[23]</sup>

Hacen referencia a las características del grupo de equipos de radio involucrados en el estudio de propagación.

- *Frecuencia*: La frecuencia portadora de la señal transmitida. El modelo de Longley-Rice es relativamente insensible a la frecuencia, frecuentemente un valor definido puede cubrir un amplio ancho de banda.
- *Distancia*: La distancia angular entre dos terminales.
- *Altura de antenas*: Hace referencia a la altura del equipo por sobre la elevación del terreno.
- *Polarización*: La polarización de las antenas puede ser vertical u horizontal. El modelo asume que ambas antenas usan la misma polarización.

#### 2.4.1.2 Parámetros del entorno<sup>[23]</sup>

Son parámetros independientes del sistema de radio que describen de forma estadística las particularidades del sitio donde operará el sistema,

**Variable de terreno irregular  $\Delta h$** : Las irregularidades del terreno que se encuentran entre dos terminales se tratan como una función aleatoria de la distancia entre los terminales. Para caracterizar esta función, el modelo ITM utiliza un único valor de  $\Delta h$  para representar de forma simplificada la altura promedio de las irregularidades en el terreno. Algunos valores sugeridos se indican en la Tabla 2.9.

Formas del terreno	$\Delta h$ (m)
Plano o superficie del agua	0
Llanura	30
Colinas	90
Montañas	200
Montañas escabrosas	500
Para un nivel promedio usar $\Delta h = 90$ m	

**Tabla 2.9 Modelo Longley-Rice. Valores sugeridos para el parámetro de terreno irregular<sup>[23]</sup>**

**Constantes eléctricas del terreno:** considera la permitividad relativa y la conductividad del suelo.

**Conductividad del suelo  $\sigma$ (S/m):** es una propiedad física del suelo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él. Varía con la temperatura y es expresada en Siemens por metro. A mayor conductividad es mayor el riesgo de tener atenuaciones o fluctuaciones en la señal de radio (Tabla 2.10).

**Permitividad relativa al suelo:** es determinada por la habilidad de un suelo de polarizarse en respuesta a un campo eléctrico aplicado y, de esa forma, cancelar parcialmente el campo dentro de él. Depende del tipo de terreno y de la frecuencia de trabajo (Tabla 2.10).

Características Del terreno	Permitividad Relativa al suelo	Conductividad del suelo (S/m)
Tierra media	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra rica	25	0.02
Agua dulce	81	0.01
Agua mar	81	5

**Tabla 2.10 Modelo Longley-Rice. Constantes eléctricas del terreno<sup>[23]</sup>**

**Refractividad de la superficie (Unidades-N):** la refractividad de la superficie se basa en la refractividad atmosférica cercana al suelo. Se representa como valor único  $N_s$  (N-unidades) que decrece con la altura, comenzando con su valor máximo en el nivel del mar. Para el modelo Longley-Rice se puede

introducir el valor de refractividad de superficie directamente, típicamente en el rango de 250 a 400 de N-unidades (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1.232 a 1.767). Una curvatura efectiva de la tierra de  $K=4/3$  corresponde a una refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 N-unidades. Longley-Rice recomiendan este último valor para condiciones atmosféricas promedio (Tabla 2.11). La refractividad se define por la expresión 2.5:

$$N_s = 179.3 \cdot \ln \left[ \frac{1}{0.0466665} \left( 1 - \frac{1}{K} \right) \right]^{[24]} \quad (2.5)$$

Donde:

- **Ns** es la refractividad de la superficie
- **K** curvatura de la tierra

**Clima:** este parámetro es utilizado para caracterizar a la atmósfera y su variabilidad en el tiempo. Hay 7 modelos de clima caracterizados en el modelo Longley-Rice:

Clima	Ns (N-Unidades)
Ecuatorial (Congo)	360
Continental Subtropical (Sudan y Centro América)	320
Marítimo Subtropical (Oeste de las costas de África)	370
Desierto (Sahara)	280
Continental Templado	301
Marítimo Templado, sobre la tierra (Reino Unido y Continentes de la costa Oeste)	320
Marítimo Templado, sobre el mar	250
Para condiciones promedio usar el clima continental templado y Ns=301 N-unidades	

**Tabla 2.11 Modelos Longley-Rice. Valores sugeridos de N<sub>s</sub> en función del clima<sup>[23]</sup>**

De acuerdo con el modelo, el clima continental templado es común en la mayor parte de grandes superficies de la zona templada. Se caracteriza por extremos en la temperatura y cambios diurnos y de estaciones pronunciadas en la propagación. En latitudes medias, en zonas costeras, donde los vientos

predominantes llevan el aire húmedo marítimo hacia el interior, prevalece un clima marítimo templado; situación típica del Reino Unido y de las costas occidentales de los Estados Unidos y Europa. El resto de los climas pueden asociarse de la misma forma a otras regiones del mundo.

#### 2.4.1.3 Parámetros estadísticos<sup>[23]</sup>

Estos parámetros de variabilidad describen las condiciones estadísticas del escenario, estos parámetros pueden variar en función de las características del terreno y las especificaciones del equipo.

**% de tiempo:** permite especificar cómo se desea tratar la variabilidad de tiempo en respecto a los cambios atmosféricos y otros efectos. Expresado como un porcentaje entre 0,1% y el 99,9%; tomar un porcentaje mayor en este valor, reduce la variabilidad en el nivel de la señal.

**% de ubicaciones:** se expresa como un porcentaje de 0.1% a 99.9%. Sucede lo mismo en los resultados que para el caso % de tiempo, pero en respecto al mayor número de localizaciones en las que se pueda mantener el nivel de la señal.

**% de situaciones:** esta variabilidad tiene en cuenta otro tipo de variables que pueden denominarse “variables ocultas”. Este tipo de variables representan efectos que no pueden explicarse o que simplemente se ha decidido no controlar. Sirven para diferenciar casos con iguales equipos y condiciones de entorno similares. Puede ser expresado como un porcentaje entre 0.1 % y el 99.9 % para controlar lo mucho o poco que se quiere que afecten.

### **Modo estadístico**

Llamado también modo de variabilidad. El modelo de Longley-Rice define cuatro modos de variabilidad (Tabla 2.12): modo de mensaje simple (modo intento), modo individual (accidental), modo móvil, modo *broadcast* (difusión).

El modo seleccionado determina el significado de la fiabilidad de los valores usados en el modelo. El modo estadístico puede ser considerado como la especificación para determinar la fiabilidad de los cálculos.

Modos de Variabilidad	Descripción
Intento	Transmisiones <i>unicast</i> entre estaciones fijas
Accidental	Usado para evaluación de interferencias
Móvil	Propagación en entorno móvil
Difusión	Transmisiones <i>broadcast</i> entre estaciones fijas

**Tabla 2.12 Modelo Longley-Rice. Modos de variabilidad<sup>[25]</sup>**

#### 2.4.1.4 Operación del modelo Longley-Rice<sup>[23]</sup>

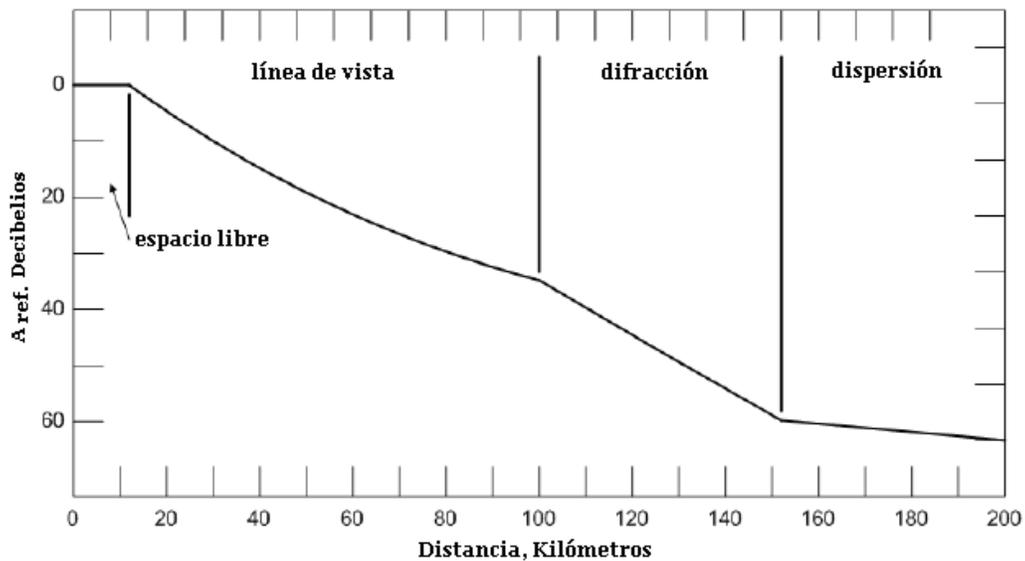
Una vez definidos los valores para los parámetros de entrada, entorno y estadísticos (Tabla 2.13).

Parámetros de Entrada	
Frecuencia:	20 MHz a 20 GHz
Altura de antenas:	0.5 m a 3000 m
Distancia:	1 Km a 2000 Km
Polarización:	Horizontal o Vertical
Parámetros del Entorno	
Variable de terreno irregular $\Delta h$ :	Rugosidad promedio
Constantes eléctricas del terreno:	Permitividad y Conductividad
Refractividad de la superficie:	250 a 400 N-unidades
Clima:	Ecuatorial, Continental Subtropical, Marítimo Subtropical, Desierto, Continental Templado, Marítimo Templado sobre la tierra y Marítimo Templado sobre el mar.
Parámetros estadísticos	
Fiabilidad respecto a variabilidad de tiempo, locación y situación	0.1% al 99.9%

**Tabla 2.13 Modelo Longley-Rice. Parámetros del sistema<sup>[23]</sup>**

El modelo de terreno irregular realiza estimaciones geométricas sobre el camino de propagación, luego el modelo determina una atenuación de referencia la cual es un valor medio de atenuación, relativo al espacio libre. La atenuación de referencia es tratada por el modelo como una función continua de la distancia como lo indica en el gráfico 2.4.

En el gráfico 2.4 se identifican tres regiones denominadas línea vista, difracción y dispersión. La región de línea de vista es aquella en donde la curvatura de la tierra no interrumpe la línea directa de propagación de ondas pero si pueden existir obstrucciones tales como colinas, bosques, etc. La atenuación de referencia en la región de línea de vista se determina como una función combinada lineal y logarítmica de la distancia; en la región de difracción hay un gran incremento lineal y a continuación en la región de dispersión hay un bajo incremento lineal.



**Gráfico 2.4 Atenuación de referencia vs. Distancia<sup>[26]</sup>**

En muchos casos, es necesario obtener una media de la atenuación referida a las condiciones climáticas de un lugar durante el transcurso de un año. Para ello, el modelo determina un promedio estadístico de atenuación de referencia para cada uno de los tipos de clima especificados. Para estos cálculos el modelo utiliza tratamientos teóricos de reflexión sobre terreno accidentado, refracción a través de una atmósfera estándar, difracción alrededor de la tierra y sobre obstáculos agudos, y dispersión troposférica. Esta combinación de teoría elemental y datos experimentales por una parte, dan origen a un modelo semi-empírico acorde a la realidad física y a ciertos valores de referencia de los parámetros y por otra cumple con las leyes físicas lo suficientemente bien como para extrapolar éstos a partir de los valores de referencia con un buen grado de fiabilidad.<sup>[23],[26]</sup>

#### *2.4.1.5 Modos de operación Longley-Rice*

El método Longley-Rice trabaja en dos modos: uno es cuando se dispone de información detallada del trayecto de propagación a partir de los datos proporcionados por el equipo y por el entorno, facilitando la obtención de los parámetros y pérdidas de propagación sobre un determinado trayecto, a esto se le conoce como modo de predicción punto a punto. El otro es cuando no se conoce particularidades del camino de propagación, por lo tanto genera una proyección del área de cobertura de un equipo, considerando sus características y los distintos tipos de terreno y tipos de clima, a este modo se le conoce como predicción de área.

#### **2.4.2 Configuraciones de Radio Mobile**

La mayor parte de parámetros que pueden ser configurados en Radio Mobile son parte del modelo de propagación Longley-Rice. Radio Mobile usa el modo PTP (Punto a Punto) de ITM, ya que es fácil acceder a los datos SRTM en el Internet.

##### *2.4.2.1 Sistemas de Coordenadas*

Radio Mobile permite operar en 4 diferentes sistemas de coordenadas:

- Latitud y Longitud (Lat. y Long.), la tierra es dividida en líneas circulares horizontales paralelas al Ecuador llamadas paralelos, representan la latitud, en el Ecuador es 0°. La tierra es dividida círculos verticales que pasan por los polos llamados meridianos, esto se lo conoce como longitud. El meridiano de 0° pasa a través de Greenwich.
- Sistema Localizador Maidenhead o QRA, localiza las estaciones de radio en cuadrículas en la tierra utilizando un número mínimo de caracteres. El formato que usa es XY45xy, alternando los caracteres X,4,x combinados representan la longitud y Y,5,y combinados representan la latitud.

- El Sistema Grilla de Referencia Militar (MGRS “Military Grid Reference System”). Es un sistema cuadrícula utilizado por los militares de EEUU, se basa en la cuadrícula UTM, divide cada zona UTM en 8° y les asigna letras.
- Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM, su proyección es tangente a un meridiano, se expresa en metros únicamente al nivel del mar. La tierra es dividida en 60 zonas de 6° de longitud alrededor de la línea ecuatorial, la región se representa entre los paralelos 84°N y 80°S. El Norte es la distancia desde el Ecuador (m) mientras que el Este es la distancia (m) desde la longitud central de la zona, con una adición de 500.000.

#### 2.4.2.2 Presupuesto del Enlace

La tabla 2.14 especifica los parámetros que Radio Mobile utiliza para realizar el presupuesto del enlace.

<b>Tx</b>	Potencia del transmisor en dBm $10\log(\text{potencia transmitida en Watts}) + 30$
<b>L1</b>	Pérdida de la línea del transmisor en dB
<b>A1</b>	Ganancia de la antena de transmisión relativa a la antena isotrópica (dBi)
<b>P</b>	Pérdida de propagación considerada en el modelo Longley-Rice en dB
<b>A2</b>	Ganancia de la antena del receptor relativa a la antena isotrópica (dBi)
<b>L2</b>	Pérdida de la línea del receptor en dB
<b>R</b>	Sensibilidad de recepción en dBm $20\log(\text{Umbral de recepción en microvoltios}) - 107$
<b>M</b>	Margen de Desvanecimiento. Señal recibida en dBm – R

**Tabla 2.14 Radio Mobile. Parámetros involucrados en el presupuesto del enlace<sup>[27]</sup>**

##### 2.4.2.2.1 Margen de desvanecimiento

El margen de desvanecimiento se expresa en dB como un valor sobre la sensibilidad de recepción del receptor, su equivalencia en Unidades–S (medidas Radio Mobile) se puede ver en la tabla 2.15.

$$M = (Tx - L1 + A1 - P + A2 - L2) - R^{[26]} \quad (2.6)$$

Para la mayoría de los sistemas móviles, un margen de desvanecimiento de 6 a 10 dB es aceptable. Sistemas críticos tales como policía, bomberos y ambulancia deben tener más fiabilidad y un mayor margen de desvanecimiento durante el diseño del sistema.

Frecuencias $\geq 30$ MHz
S0 ( $M \leq -1.5\text{dB}$ )
S1 ( $M > -1.5\text{dB}$ y $M < 1.5\text{dB}$ )
S2 ( $M \geq 1.5\text{dB}$ y $M \leq 4.5\text{dB}$ )
S3 ( $M > 4.5\text{dB}$ y $M < 7.5\text{dB}$ )
S4 ( $M \geq 7.5\text{dB}$ y $M \leq 10.5\text{dB}$ )
S5 ( $M > 10.5\text{dB}$ y $M < 13.5\text{dB}$ )
S6 ( $M \geq 13.5\text{dB}$ y $M \leq 16.5\text{dB}$ )
S7 ( $M > 16.5\text{dB}$ y $M < 19.5\text{dB}$ )
S8 ( $M \geq 19.5\text{dB}$ y $M \leq 22.5\text{dB}$ )
S9 ( $M > 22.5\text{dB}$ y $M < 27\text{dB}$ )
S9 + 10 ( $M \geq 27\text{dB}$ y $M < 39\text{dB}$ )
S9 + 20 ( $M \geq 39\text{dB}$ y $M < 49\text{dB}$ )
S9 + 30 ( $M \geq 49\text{dB}$ y $M < 59\text{dB}$ )

**Tabla 2.15** Equivalencias Unidades-S en dB del margen de desvanecimiento (M)<sup>[27]</sup>

#### 2.4.2.3 Parámetros de Radio Mobile

##### 2.4.2.3.1 Parámetros Generales

Se definen en la sección parámetros de propiedades de red de Radio Mobile las características del sistema inalámbrico en base a la tabla 2.13. Adicionalmente, se debe introducir la *Pérdida Adicional (Ciudad/Bosque)* que sirve para identificar el porcentaje aproximado de territorio de tipo boscoso o urbano dentro del perfil geográfico de estudio.

##### 2.4.2.3.2 Topología

Se define en la sección topología de propiedades de red de Radio Mobile el tipo de topología del sistema inalámbrico.

#### 2.4.2.3.2.1 Tipos de Topología

*Red de voz (Controlador/Subordinado/Repetidor).* Es la red que comunica las unidades de mando (controlador) con las unidades subordinadas pero no las unidades subordinadas entre sí. Se pueden establecer unidades de retransmisión (repetidor) para mejorar la comunicación.

*Red de datos, Topología Estrella (Maestro/Esclavo).* Son redes de datos en las que las unidades “maestro” se comunican con las unidades “esclavo” pero no hay enlaces entre las unidades “esclavo”.

*Red de datos, cluster (Nodo/Terminal).* Son redes de datos con nodos que pueden retransmitir datagramas. Si se escoge esta opción se debe introducir el número máximo de retransmisiones permitidas, si se configura a 0, este parámetro evitará el uso de reemisiones. Para otros casos, deberá configurarse un valor igual a TTL (Time To Live) – 1.

#### 2.4.2.3.3 Parámetros de los Equipos

Se definen en la sección sistemas de propiedades de red en Radio Mobile los parámetros técnicos de la tecnología inalámbrica.

**Potencia de Transmisor (Watt o dBm):** potencia de transmisión en vatios (Watt) o en decibelios mili-watt (dBm). 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. Hay que tener en cuenta que las especificaciones técnicas dan valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

Solamente es necesario rellenar uno de los dos campos, ya que el programa calcula automáticamente el otro.

**Umbral del Receptor ( $\mu\text{V}$  o  $\text{dBm}$ ):** también conocida como sensibilidad del receptor, se expresa en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ) o en decibelios mili-watt ( $\text{dBm}$ ). El Umbral del Receptor depende de la tasa de transmisión, como regla general, la tasa más baja (1 Mbps) tiene la mayor sensibilidad. El mínimo va depender del equipo y la tecnología.

Solamente es necesario rellenar uno de los dos campos, ya que el programa calcula automáticamente el otro.

**Pérdidas de la línea ( $\text{dB}$ ) (Cable+cavidades+conectores):** pérdidas en la línea de transmisión, se debe tomar en cuenta las pérdidas debido al cable coaxial que conecta la placa madre con la antena, la inserción de las cavidades (filtros, osciladores) y los conectores. Independientemente de lo bueno que sea el cable, los conectores y las cavidades, siempre introducen pérdidas.

En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. Las pérdidas en los cables crecen directamente proporcional a la frecuencia. La pérdida típica en los cables coaxial está entre 0,1  $\text{dB/m}$  y 1  $\text{dB/m}$ .

En lo que respecta a los conectores considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5  $\text{dB}$  por conector como regla general.

En conclusión, la pérdida de línea, considerando cables coaxiales cortos, conectores y cavidades, está aproximadamente entre el rango de 2-3  $\text{dB}$ .

**Ganancia de la antena ( $\text{dBi/dBd}$ ):** ganancia de la antena referida a la de la antena isotrópica ( $\text{dBi}$ ) o a la de la del dipolo de media longitud de onda de trabajo ( $\text{dBd}$ ). La ganancia de una antena varía entre 2  $\text{dBi}$  (antena integrada simple), 5-12  $\text{dBi}$  (omnidireccional), 12-15  $\text{dBi}$  (sectorial) y 21-30  $\text{dBi}$

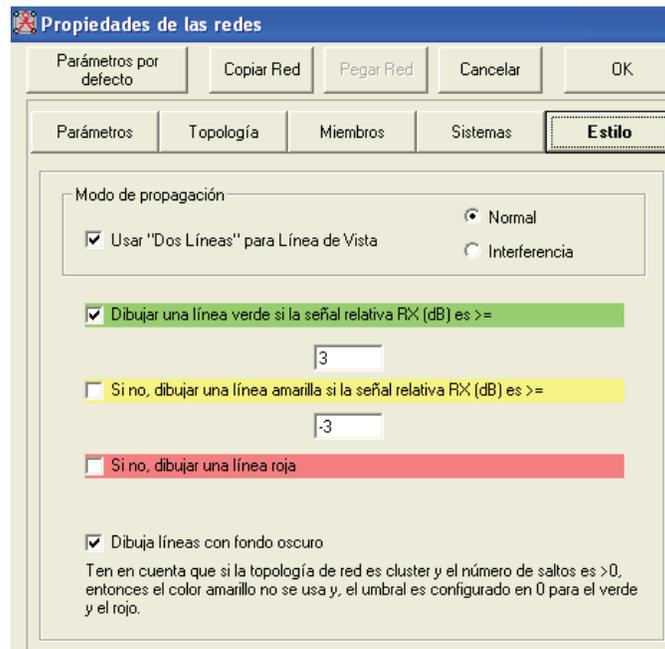
(parabólica). Solamente es necesario rellenar uno de los dos campos, ya que el programa calcula automáticamente el otro.

**Altura de antena (m):** altura de la antena sobre la línea natural del terreno, medido en metros, en base a la tabla 2.13.

**Pérdida adicional cable (dB/m):** Atenuación por unidad de longitud de la línea de transmisión que transcurre desde la base de la torre o mástil de la antena hasta el conector de la misma. Esta atenuación no se incluye en el apartado Pérdida de la línea, porque Radio Mobile permite variar dinámicamente la altura a la que se encuentra la antena. El valor aproximado que se puede considerar es de 1 dB/m.

#### 2.4.2.3.4 Modo de propagación

Se define en la sección estilo de las “propiedades de redes” de Radio Mobile.



**Gráfico 2.5 Estilo**

Para determinar el modo de propagación se debe utilizar las opciones “Usar dos líneas para línea de Vista”, adicionalmente se puede considerar condiciones de propagación con interferencia o normal. Respecto al análisis de

la propagación en condiciones de interferencia, el modelo que utiliza Radio Mobile es optimista.

#### 2.4.2.3.5 Rol de las unidades inalámbricas en la red.

Se define en la sección Miembros de propiedades de red de Radio Mobile los emplazamientos pertenecientes a la red, sus sistemas y el papel de las unidades dentro de la red según la topología.

#### 2.4.2.4 Área de Cobertura<sup>[28]</sup>

En Radio Mobile la estimación de la cobertura de radio está basada en teoría de probabilidad. La cobertura del radio para una localidad específica a una distancia del transmisor puede ser especificada para un 50%, 90% o mayor de comunicación exitosa. La cobertura de radio no puede garantizar el 100% todo el tiempo, debido a que es afectada por las condiciones climáticas y atmosféricas.

Debido a estas variables, las redes de radio se basan en un parámetro llamado "Margen de desvanecimiento". El Margen de desvanecimiento es el factor de seguridad utilizado para determinar el nivel de probabilidad de éxito de comunicación de radio. El margen de desvanecimiento es la señal adicional, por encima de un umbral de receptor, que no es necesario para la comunicación, sin embargo, es necesario para la fiabilidad de predicción.

En la tabla 2.16 se indica aproximadamente los márgenes de desvanecimiento comunes y la probabilidad de cobertura dentro y en el borde de la celda.

Margen sobre el mínimo nivel Rx (dB)	Probabilidad de cobertura en el borde de la celda (%)	Probabilidad de cobertura dentro de la celda (%)
0	50	77
5	75	90
7	84	96
9	90	97
12	95	99

**Tabla 2.16 Radio Mobile. Área de cobertura<sup>[28]</sup>**

De la tabla 2.16 se concluye entonces, que cuanto mayor sea el margen de desvanecimiento, mayor será la probabilidad de que una señal de comunicación sea recibida, pero con áreas de cobertura reducidas.

### 2.4.3 Herramientas de visualización Radio Mobile

#### 2.4.3.1 Enlace de Radio

Permite gráficamente determinar las características del radio enlace inalámbrico entre el transmisor y receptor. Radio Mobile proporciona características del enlaces tales como:

**Azimut:** calcula el azimut de la antena desde el transmisor hasta el receptor. El cálculo está basado en la latitud y longitud de los dos sitios, especificados en las propiedades de la unidad. El ángulo es calculado relativamente hacia el norte.

**Pérdidas en la trayectoria:** es el total de pérdidas en la trayectoria entre transmisor y receptor, estas pérdidas están en dB.

**Ángulo de Elevación:** es el ángulo con el que la señal sale de la antena de transmisión. Este valor es usado para cálculos de la interferencia posteriormente.

**Campo Eléctrico:** calcula el nivel de la señal en dB $\mu$ V/m. Este valor de campo eléctrico es usado para cálculos de emisiones de radio y cobertura.

**Obstrucción:** identifica la primera obstrucción que la señal encuentra. La primera obstrucción usualmente tiene un alto efecto, reduciendo el nivel de la señal en un enlace de radio.

**Nivel de Recepción (dBm):** calcula la señal recibida en dBm.

**La peor zona de Fresnel:** el despeje de la Zona de Fresnel más baja se calcula con el número de la Zona de Fresnel.

#### 2.4.3.2 Cobertura Visual

Permite gráficamente determinar el área de cobertura de una unidad de radio. Radio Mobile proporciona cuatro opciones gráficas:

**Polar Simple:** Calcula el área de cobertura de acuerdo a las coordenadas polares alrededor de la estación base seleccionada. Pueden ser ajustados el intervalo del rango del radio y del azimut, y el incremento del azimut. La gráfica se puede representar en una escala de colores para indicar el nivel de señal recibida en dBm.

**Cartesiano Combinado:** Calcula la cobertura en base a pequeños cuadrados de tamaño de píxel variable, que pueden usarse para analizar la cobertura y el nivel de señal en un determinado punto. Muchos sitios pueden ser usados para producir una cobertura combinada con la mejor señal disponible en cada posición sobre el mapa. La resolución es la misma sobre todo el mapa, sin embargo, el proceso de cálculo toma un tiempo significativo.

**Interferencia:** La cobertura es calculada de acuerdo a pequeños cuadrados de tamaño de píxel variable. Mediante este tipo de cálculo considerando el mínimo nivel de señal requerido y el margen de interferencia causada por otras estaciones transmisoras, la herramienta muestra las regiones; una región identificada con un determinado color indicará niveles de interferencia aceptables, el color de la otra región representa que el nivel de interferencia sobrepasa el mínimo establecido.

**Fresnel:** esta herramienta muestra las regiones, sobre el mapa de elevaciones, donde el despejamiento de la primera zona de Fresnel está entre los límites configurados.

## 2.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [13] Bernal Iván. (2008). Revisión de conceptos básicos de antenas y propagación. EPN. <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/>
- [14] Enrique V. Diseño de Redes Wimax. USFQ. <http://profesores.usfq.edu.ec/vinioc>
- [15] WNDW Project. (2006). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. <http://wndw.net/>
- [16] Simulación de la eficiencia MAC considerando escenario con multitrayectorias. [http://usuario.cicese.mx/luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)
- [17] Redes multimedia. PUC de Chile. [http://www2.ing.puc.cl/~iee3542/amplif\\_3.ppt](http://www2.ing.puc.cl/~iee3542/amplif_3.ppt)
- [18] Wilzer. Telefonía VoIP. Perú. <http://wilzer-rocha-campos.blogspot.com/2008/11>
- [19] Vimos Y. y Pérez T. (2001). Dimensionamiento del canal de datos para la interconexión entre PBX IP para una empresa a nivel nacional. EPN.
- [20] Charro F., y Erazo P. (2006). Estudio y diseño de una red LAN híbrida, utilizando las tecnologías WIMAX y WI-FI, para brindar servicios de video sobre IP e Internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos, en la Universidad Central del Ecuador. EPN.
- [21] Acurio Y. y Ramos T. (2006). Diseño de una red de comunicaciones para el Honorable Consejo Provincial de Cotopaxi. EPN.
- [22] Wikipedia. Red Privada. [http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n\\_IP\\_privada](http://es.wikipedia.org/wiki/Direcci%C3%B3n_IP_privada)
- [23] Durney H., Castro C., y Ortiz R. Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile. UHTU. [www.haps.cl/documentos/04.pdf](http://www.haps.cl/documentos/04.pdf)
- [24] SoftWright LLC. (2000). Notes on Longley-Rice Propagation. USA. [http://www.softwright.com/faq/engineering/prop\\_longley\\_rice.html](http://www.softwright.com/faq/engineering/prop_longley_rice.html)

[25] Red Radio de Emergencia – REMER. Manual de cálculo de coberturas con Radio Mobile. [http://www.telefonica.net/web2/ismael/REMER/RMDL/RMDL0\\_Indice.htm](http://www.telefonica.net/web2/ismael/REMER/RMDL/RMDL0_Indice.htm)

[26] Hufford G., Longley A. y Kissick W. (1982). A Guide to the use of ITS Irregular Terrain Model in the area prediction mode. EEUU.  
<http://www.its.bldrdoc.gov/pub/ntia-rpt/82-100/82-100.pdf>

[27] Ayuda – RadioMobile

[28] Radio Mobile. Radio coverage probability.  
[http://radiomobile.pe1mew.nl/?Calculations:Propagation\\_calculation:Radio\\_coverage\\_probability](http://radiomobile.pe1mew.nl/?Calculations:Propagation_calculation:Radio_coverage_probability)

## 2.6 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña D., y Roncallo R. (2007). Redes Inalámbricas enmalladas Metropolitanas. Universidad Tecnológica de Bolívar.  
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/redes-inalambricas-enmalladas-metropolitanas/redes-inalambricas-enmalladas-metropolitanas.shtml>
- Álvarez J. (2004). Fundamentos de las Antenas. Unitec.  
<http://members.fortunecity.es/unitec/antenas/antenas1.htm>
- Bernal Iván. (2008). Revisión de conceptos básicos de antenas y propagación. EPN. <http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/>
- Bicubik. (2006). 802.11s Wi-Mesh. <http://www.bicubik.net/2006/02/02/80211s-wi-mesh/>
- CONATEL. (2008). Servicios de Redes Privadas. <http://www.conatel.gov.ec>
- De La Nuez V. (2007). Zona de Fresnel.  
[http://www.wificanarias.com/web/index.php?option=com\\_content&view=category&id=7&Itemid=25](http://www.wificanarias.com/web/index.php?option=com_content&view=category&id=7&Itemid=25)
- Del Molino G. (2006). La Ganancia de las Antenas. Camyna.  
<http://camyna.com/2006/06/21/la-ganancia-de-las-antenas/>

- Empresas Públicas de Medellín. (2005). Normas de Montajes Complementarios. [http://www.eppm.com/epm/documentos/institucional/pdf/n\\_aerea\\_193.pdf](http://www.eppm.com/epm/documentos/institucional/pdf/n_aerea_193.pdf)
- Escudero A. (2007). Redes Inalámbricas. WILAC. <http://eslared.org.ve/tricalcar/>
- Herradón R. (2007). Radio Mobile. Universidad Politécnica de Madrid. <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidades/RadioMobile/leeme>
- IEEE 802 Plenary. (2006). IEEE 802.11s Tutorial Overview of the Amendment for Wireless Local Area Mesh Networking. [http://www.ieee802.org/802\\_tutorials/nov06/802.11s\\_Tutorial\\_r5.pdf](http://www.ieee802.org/802_tutorials/nov06/802.11s_Tutorial_r5.pdf)
- IGNIS. Redes Malladas. [www.ignis.es](http://www.ignis.es).
- Magnoli D. (2006). Radio Mobile, ayudas para la configuración y uso. <http://www.lw1drj.com.ar/users/docs/RADIO%20MOBILE.pdf>.
- Matinez M. (2006). Diseño de Arreglos de Antenas con Aplicación en Sistemas de antenas Inteligentes. <http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/UDGDiseñoArreglosAntenas.pdfT>
- Morocho M., y Ludeña P. Planificación de Radio Enlaces con base en Topografía Digital. UTPL. <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/sig/radioenlace.PDF>.
- Pascual A., y Pérez M. (2007). Diseño e implantación de una red Wi-Fi mesh en un entorno campus. Universidad de Deusto. <http://www.biblioteca.deusto.es>.
- Plettac Electronics. Redes Inalámbricas Malladas. <http://www.plettac-electronics.es/productos/catalogos/CAT01ES.00.PDF>
- Sierra J. (2007). Estandar IEEE 802.16, Planeación y Diseño de Redes Wimax. Universidad Pontificia Bolivariana. [http://www.unitecnologica.edu.co/ieee\\_utb/IJET/Planeacion\\_redes\\_Wimax\\_2007.pdf](http://www.unitecnologica.edu.co/ieee_utb/IJET/Planeacion_redes_Wimax_2007.pdf)

- Sinche S. (2006). Redes Inalámbricas de Área Local. EPN-Quito.
- SoftWright LLC. (2000). Notes on Longley-Rice Propagation. USA.  
[http://www.softwright.com/faq/engineering/prop\\_longley\\_rice.html](http://www.softwright.com/faq/engineering/prop_longley_rice.html)
- Tejedor J, y López E. (2002). Protección contra Descargas Atmosféricas. Universidad de Valladolid.  
[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos\\_02\\_03/Proteccion\\_contra\\_descargas\\_atmosfericas/Index.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_02_03/Proteccion_contra_descargas_atmosfericas/Index.html)
- Triviño J. (2008). Radio Mobile software para análisis de redes y sistemas inalámbricos.  
<http://www.sincompromisos.com/Documentos/Radiocomunicacion/Radio-Mobile-Software.pdf>
- WNDW Project. (2006). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo.  
<http://wndw.net/>

## CAPÍTULO 3

### REDISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET

#### 3.1 RESUMEN

En este capítulo se realiza el rediseño de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net en base a la situación actual de la infraestructura inalámbrica (Capítulo 1), los criterios de diseño (Capítulo 2) y los requerimientos de comunicación necesarios para habilitar y/o mejorar la transmisión de voz, video y datos de los establecimientos educativos, beneficiados por el proyecto Quito Educ@net, que están localizados en el perímetro urbano del Distrito Metropolitano de Quito.

#### 3.2 PLANEACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET

##### 3.2.1 Síntesis de la situación actual de la red inalámbrica

El total de equipos inalámbricos que dispone el Proyecto Quito Educ@net son: 1 *SkyGateway*, 6 *SkyExtenders*, y 41 *SkyConnectors Outdoors*, de los cuales están instalados 1 *SkyGateway*, 2 *SkyExtenders* y 26 *SkyConnectors Outdoors*. De los 26 *SkyConnector Outdoors* se encuentran operativos apenas 11 *SkyConnectors*. Por lo tanto, el 29,16% de equipos de la red inalámbrica están operativos.

El volumen de tráfico mensual proveniente de los usuarios conectados a la red inalámbrica desde noviembre de 2007 hasta febrero de 2009, varía entre un pico mínimo de 16 GBytes y un pico máximo de 41,4 GBytes. El mayor porcentaje de volumen de tráfico es proveniente de la aplicación Web.

La disponibilidad promedio del *backhaul* inalámbrico (*SkyGateway* y *SkyExtenders*) entre noviembre de 2007 hasta abril de 2008 fue del 86,243%; para los *SkyConnectors* de 64,794%, mientras que, de mayo de 2008 hasta febrero de 2009 para el *backhaul* inalámbrico fue de 89,664% y para los *SkyConnectors* de 65,764%.

En general, la red inalámbrica no presta el servicio para el cual fue implementada, es decir, está subutilizada. Debido principalmente al inadecuado equipamiento físico (aterrizaje a tierra, cable ethernet, *power inyector* (POE), etc.), aprovisionamiento (parámetros de configuración) e instalación de los equipos *SkyPilot* de la red inalámbrica y a la falta de procedimientos para la administración y la aplicación de medidas de seguridad.

### 3.2.2 Rediseño de la red inalámbrica

#### 3.2.2.1 Expectativas del Proyecto Quito Educ@net

La tabla 3.1 indica las expectativas que tiene el Proyecto Quito Educ@net respecto a las mejoras que se esperan obtener de la red inalámbrica.

<p><b>Disponibilidad:</b></p> <p>La disponibilidad de la red inalámbrica que comunica los centros beneficiarios con el Datacenter debe ser de al menos un 95%.</p>
<p><b>Operabilidad:</b></p> <p>La operabilidad de la red inalámbrica debe ser de al menos un 95% de la infraestructura total disponible.</p>
<p><b>Tiempos de Respuesta:</b></p> <p>La red inalámbrica debe garantizar tiempos de respuesta inferiores a 40ms.</p>
<p><b>Seguridad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Confiabilidad:</b></li> </ul> <p>La red inalámbrica debe garantizar que la comunicación desde los establecimientos beneficiarios al Datacenter pueda recuperarse rápida y completamente ante eventos de interrupción.</p>

**Tabla 3.1 Expectativas del proyecto Quito Educ@net<sup>[2]</sup>**

- **Confidencialidad:**

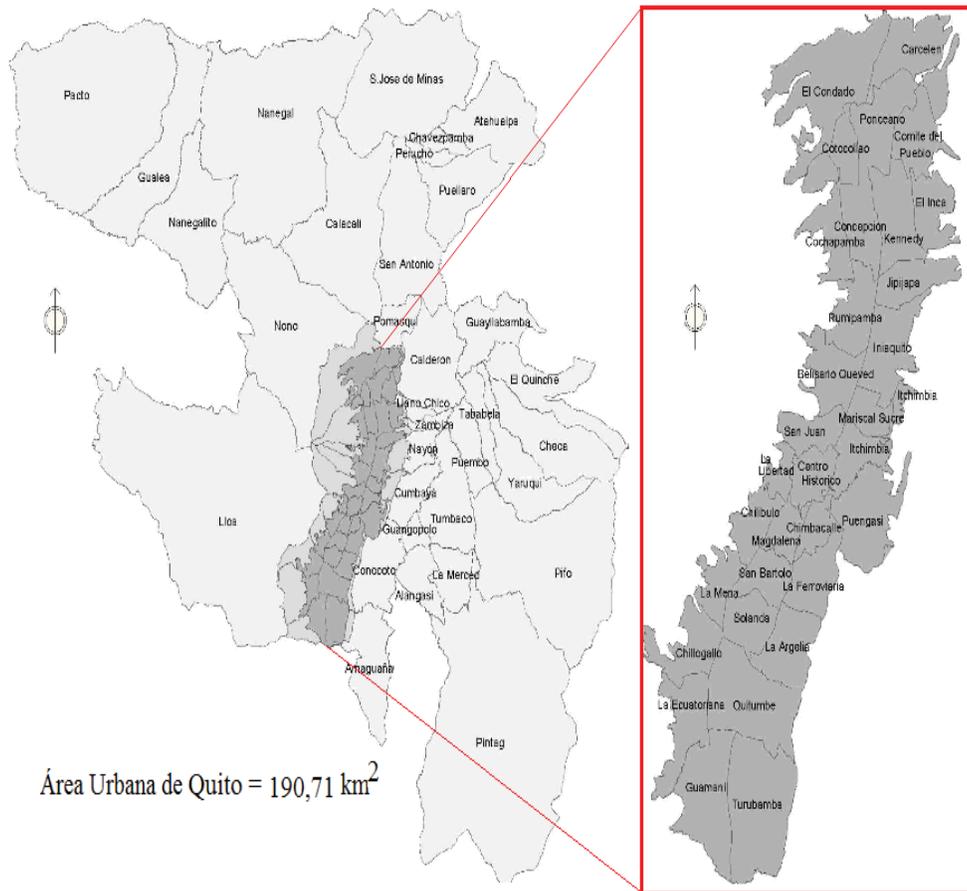
La red inalámbrica debe garantizar la privacidad de la información transmitida desde los establecimientos beneficiarios al Datacenter.

- **Integridad:**

La red inalámbrica debe garantizar la exactitud de los datos transferidos desde los establecimientos municipales al Datacenter.

**Área de Cobertura:**

La red inalámbrica debe cubrir la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito<sup>[28]</sup>.



**Costo/Beneficio:**

La tecnología inalámbrica *SkyPilot* debe satisfacer las necesidades requeridas en la red a muy bajo costo.

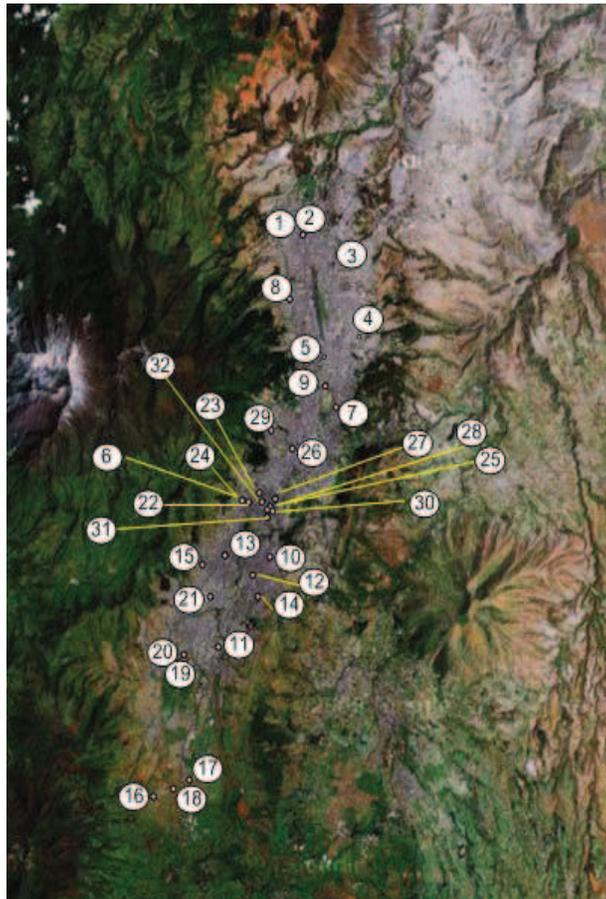
**TABLA 3.1 Continuación**

a) **Establecimientos Beneficiarios de la red inalámbrica**

Inicialmente, los 32 establecimientos municipales de orden educativo ubicados en el perímetro urbano de la ciudad de Quito especificados en tabla 3.2 serán los centros que se conectarán a la red inalámbrica.

Esta elección se realizó en base a la expectativa del Proyecto Quito Educ@net de que la red inalámbrica preste servicios a la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito.

En la tabla 3.2 se indica la ubicación geográfica (latitud y longitud), número de ordenadores y dirección de cada establecimiento beneficiario y en el gráfico 3.1 se muestra la distribución de los establecimientos en el área urbana de Quito, según la tabla 3.2.



**Gráfico 3.1 Ubicación geográfica de los centros beneficiarios**

	Establecimiento Beneficiario	Dirección	Ubicación Geográfica		#PC
			Latitud	Longitud	
1	CEMEI Cotocollao	Bellavista y Diego de Vásquez	0°6'56.11"S	78°29'26.25"O	5
2	CEMEPP Cotocallao	Las Lagunas y Agua Clara	0°6'58.37"S	78°29'09.27"O	12
3	Cibernarium Comité del Pueblo	Adolfo Klinger y Enrique Garcés	0°7'16,6"S	78°28'1,5"O	12
4	CEMEPP Humberto Mata Martínez	Av. El Inca E13-238 y Nogales	0°9'12.12"S	78°28'10.13" O	10
5	CEMEI Carolina	Alfonso Pereira y Jorge Drom	0°9'58.69"S	78°29'4.73"O	5
6	Dirección de Proyectos Quito Educ@net	Mejía y Guayaquil	0°13'11.37"S	78°30'35.69"O	20
7	Colegio Sebastián de Benalcázar	Av.6 de Diciembre e Irlanda.	0°11'1.46"S	78°28'46.31"O	50
8	CEMEI Andalucía	Jorge Piedra y General Gallo	0°8'25.96"S	78°30'02.56"O	5
9	Cibernarium Zona Administración Norte	Amazonas 4532 y Pereira.	0°10'19.98"S	78°29'5.13"O	30
10	Colegio José Ricardo Chiriboga	Bobonaza y Pedro de Cerero.	0°14'32.21"S	78°30'34.54"O	20
11	CEMEPP Vicente Anda Aguirre	Casa Parroquial San Bartolo	0°16'40.51"S	78°31'59.47"O	20
12	CEMEI Caminitos de Luz	Gualberto Pérez y San Pablo	0°14'58.14"S	78°31'04.09"O	5
13	CEMEI La Magdalena	Cacha y Aushyris	0°14'30.65"S	78°31'49.20"O	5
14	CEMEI Lucia Burneo	Adrián Navarro y Puna	0°15'27.71"S	78°30'54.08"O	5
15	CEMEPP Luis Telmo Paz y Miño	Luis F. López	0°14'43.56"S	78°32'24.70"O	10
16	Unidad Educativa Oswaldo Lombeyda	Calle V. Calle F y Calle G.	0°20'12,3"S	78°33'44,6"O	25
17	CEMEPP Juan Wisneth	Raimundo Santacruz y Casaquilla	0°19'48.80"S	78°32'46.98"O	10
18	Unidad Educativa Julio E. Moreno	Patricio Romero y Calle 1	0°20'00.69"S	78°33'12.97"O	47
19	Unidad Educativa Quitumbe	Av. Morán Valverde y Rumichaca	0°16'50.93"S	78°32'55.11"O	33
20	Colegio Quitumbe	Av. Morán Valverde y Rumichaca	0°16'50.93"S	78°32'55.11"O	60
21	CEMEI Unión y Justicia	Calle Los Encuentros y Calle S-14	0°15'29.51"S	78°32'12.04"O	5
22	Centro Cultural Metropolitano	García Moreno entre Espejo y Sucre	0°13'14.87"S	78°30'47.81"O	30
23	CEMEI Ipiates	Mejía y Mires	0°13'00.71"S	78°30'52.99"O	7
24	CEMEI San Roque	Cumandá y Loja	0°13'13.34"S	78°31'19.91"O	5
25	CEMEI Colibrí	Av. Pichincha y Esmeraldas	0°13'09.98"S	78°30'25.40"O	5
26	CEMEI Santa Clara	Versalles y Gil Ramírez Dávila	0°11'58.39"S	78°29'58.26"O	5
27	CEMEI Empleados Municipales	Espejo y Montúfar	0°13'20.08"S	78°30'35.55"O	5
28	CEMEPP Dora Isella Russel	Junín y Gutiérrez	0°13'28.51"S	78°30'30.01"O	10
29	CEMEPP 9 de Octubre	Lizarazu Francisco J. y Núñez de Bonilla	0°11'34"S	78°30'32.98"O	10
30	Colegio Fernández Madrid	Rocafuerte y Pasaje Liceo.	0°13'35.63"S	78°30'39.91"O	60
31	Centro de Recuperación Emilio Uscátegui	Av. 24 de Mayo y Chimborazo.	0°13'14.45"S	78°31'09.06"O	10
32	Unidad Educativa Experimental Sucre	Montúfar y Silva.	0°13'24.85"S	78°30'38.75"O	25
<b>Total de Ordenadores</b>					<b>566</b>

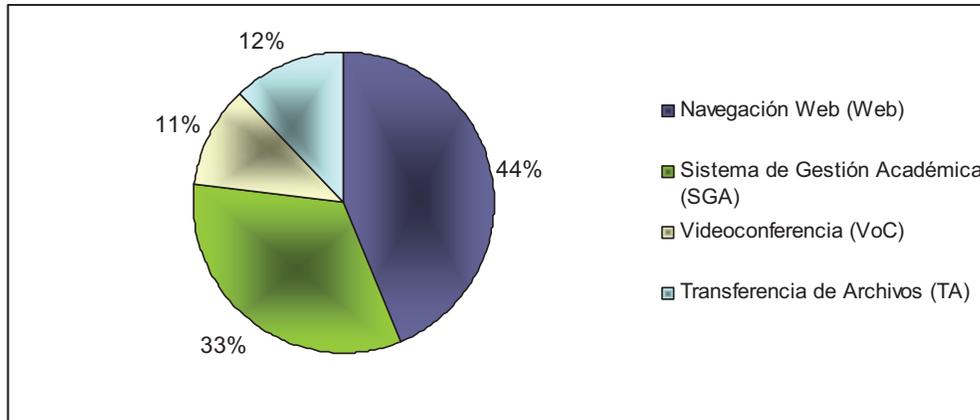
**Tabla 3.2 Establecimientos beneficiarios<sup>[2]</sup>**

### 3.2.2.2 Dimensionamiento de la red inalámbrica

#### a) **Análisis de la Capacidad**

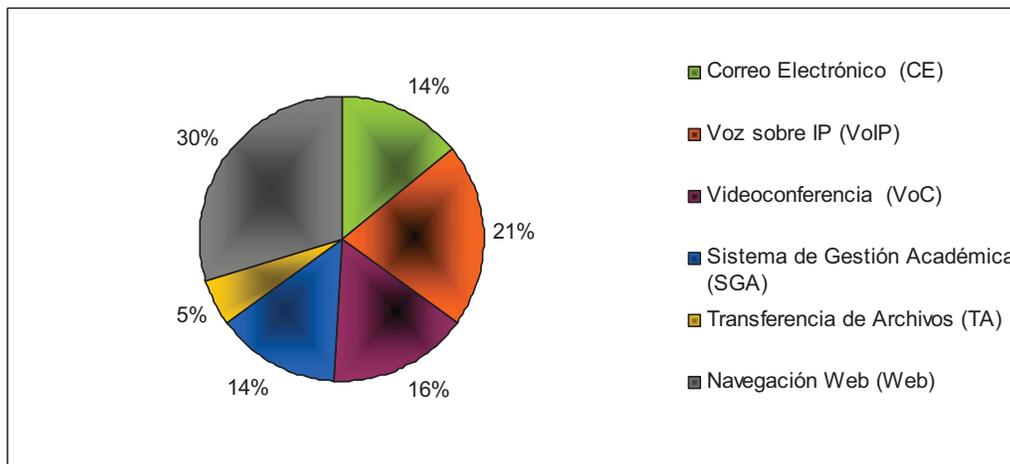
Para estimar la capacidad mínima que debe soportar la red inalámbrica se ha considerado que:

- El 20% del total de ordenadores de los establecimientos beneficiarios de la tabla 3.2, son de uso del personal administrativo y docente, mientras que el 80% restante son asignados a los laboratorios informáticos para uso del alumnado<sup>[2]</sup>.
- Los servicios de red que debe soportar la red inalámbrica son: navegación Web (Web), correo electrónico (CE), Sistema de Gestión Académica (SGA), transferencia de archivos (FTP), voz sobre IP (VoIP) y videoconferencia (VoC).
- Para ajuste del cálculo de la capacidad se estima que el 50% de los ordenadores del personal docente y administrativo y el 20% de ordenadores de los alumnos estarán conectados simultáneamente en un instante de tiempo. La estimación del personal docente y administrativo se basa, en que los docentes en sus horas libres hacen uso de los ordenadores con fines personales, académicos e investigativos y en el mayor tiempo de la jornada laboral el personal administrativo hace uso de las aplicaciones para la gestión académica y administrativa de cada institución; la estimación de los alumnos se basa en el hecho de que la malla curricular de los centros educativos están orientadas tanto al aprendizaje de herramientas ofimáticas como al uso de las aplicaciones de propósito educativo y el aprendizaje a través Internet.
- En los laboratorios informáticos el patrón de uso de las aplicaciones por parte de los alumnos es como se muestra en el gráfico 3.2.



**Gráfico 3.2 Porcentaje de uso de las aplicaciones (Alumnos)**

- El patrón de uso de las aplicaciones por parte del personal administrativo y docente es como se muestra en el gráfico 3.3.



**Gráfico 3.3 Porcentaje de uso de las aplicaciones (personal administrativo y docente)**

La capacidad básica que se requiere para cada aplicación de propósito educativo alojada en el *Datacenter*, es cómo se indica en la tabla 3.3. Estas capacidades han sido estimadas en base a los valores indicados en la tabla 2.6 y tabla 2.7, para el caso de VoIP se considera el uso del Codec G.711 y para la videoconferencia se hace uso del formato CIF cuya resolución de 352x288 a 15 cuadros por segundo.

Aplicación	Capacidad (Kbps)
Correo Electrónico (CE)	50
Voz sobre IP (VoIP), Codec G.711	64
Videoconferencia (VoC), 15 fps, CIF 352x288	192
Sistema de Gestión Académica (SGA)	20
Transferencia de Archivos (TA)	20
Navegación Web (Web)	60

**Tabla 3.3 Capacidad requerida por aplicación**

Partiendo de las consideraciones descritas anteriormente y considerando la ecuación 2.2, se estima el número de conexiones simultáneas y la capacidad requerida por la red inalámbrica.

Como ejemplo se estima el número de ordenadores de alumnos conectados simultáneamente en sesiones de videoconferencia y la capacidad que requiere la red para soportar estas sesiones simultáneas.

Considerando que el 80% del total de ordenadores corresponden a los alumnos, se determina que:

***Número Total de Ordenadores= 566 (Tabla 3.2)***

***Ordenadores alumnos = número total de ordenadores x % ordenadores de los alumnos***

***Ordenadores alumnos 566 x 80% = 453***

Y en base al patrón de uso de las aplicaciones del gráfico 3.1 y que solo el 20% del total de ordenadores de los alumnos están conectados simultáneamente a la red se determina que:

***Conexiones simultáneas (Alumnos)(VoC) = Ordenadores alumnos x % de simultaneidad x % uso de la aplicación.***

***Conexiones simultáneas (Alumnos)(VoC) = 453 x 20% x 11% = 10***

Finalmente, la capacidad requerida por esa aplicación en particular estará en función del número de conexiones simultáneas y la capacidad de la aplicación (tabla 3.3). Entonces del cálculo anterior la capacidad requerida es:

***Capacidad requerida (Alumnos)(VoC) = Conexiones simultáneas x Capacidad de la aplicación.***

***Capacidad requerida (Alumnos)(VoC) = 10 x 192 = 1920 (Kbps)***

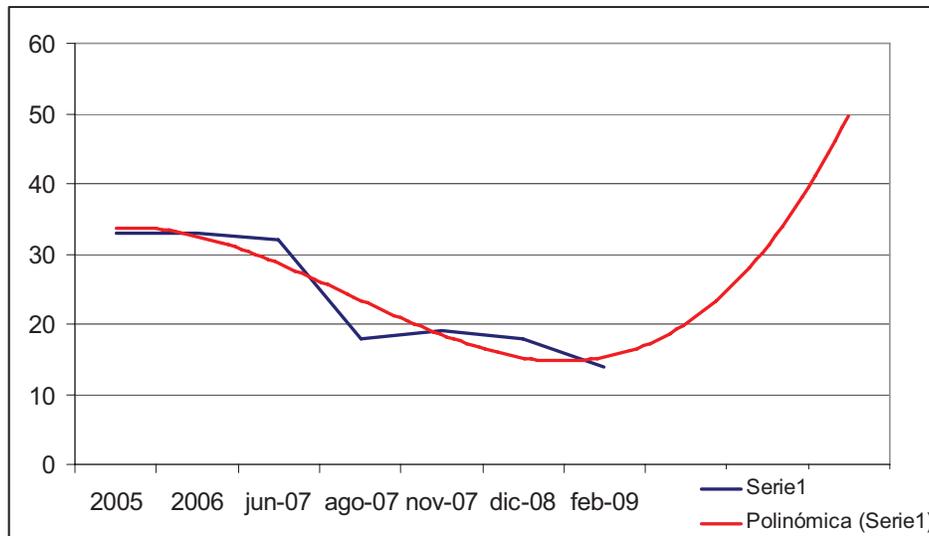
En la tabla 3.4 se especifica los valores de capacidad requerida por cada aplicación para alumnos y el personal administrativo y docente, y la capacidad total que requiere la red inalámbrica para garantizar la comunicación de voz, video y datos entre los establecimientos beneficiarios y desde los establecimientos beneficiarios hasta el Datacenter.

***b) Estimación de la capacidad futura***

Para determinar la capacidad de la red inalámbrica previamente se debe realizar el análisis de la proyección de crecimiento de la red inalámbrica, en base a los dispositivos inalámbricos operativos detallados en la reseña histórica del Proyecto Quito Educ@net del capítulo 1, resumidos en la tabla 3.4; con lo cual se ha elaborado una tendencia de crecimiento polinomial (gráfico 3.4 curva roja), eligiéndose esta tendencia ya que sus variables (periodos, equipos operativos *SkyPilot*) tienen una mayor correlación y permite pronosticar el crecimiento en los siguientes años como se muestra en el gráfico 3.4.

<b>Periodos</b>	<b>Equipos operativos <i>SkyPilot</i></b>
2005	33
2006	33
jun-07	32
ago-07	18
nov-07	19
dic-08	18
feb-09	14

**Tabla 3.4 Equipos operativos *SkyPilot* periodo 2005 -2009**



**Gráfico 3.4 Proyección de crecimiento**

La proyección de crecimiento, está determinada por la ecuación 3.1, obtenida mediante la herramienta de cálculo de Microsoft Excel:

$$y = 0,25x^3 - 2,881^2 + 5,7262x + 30,571 \quad (3.1)$$

Donde:

- y Es el número de equipos operativos *SkyPilot*
- x Número de periodos

Para la estimación de la capacidad futura se ha considerado un periodo de 3 años a partir de febrero de 2009, estimando que a los tres años alcanzaría un total de cincuenta equipos operativos.

La capacidad para satisfacer los equipos operativos futuros es de alrededor 2,6 Mbps, considerando que para los treinta y nueve equipos iniciales a ponerse en funcionamiento es necesario 9,276 Mbps (Tabla 3.5), por lo que no hay la necesidad de incrementar equipos en el *backhaul* inalámbrico.

Aplicación	VoC	VoIP	SGA	Web	CE	TA
Capacidad (Kbps)	192	64	20	60	50	20

	PC's	% simultaneidad	% uso de las aplicaciones						Conexiones simultáneas (PC's x % uso de las aplicaciones x % simultaneidad)						Capacidad requerida/aplicación (Kbps) (conexiones simultaneas x capacidad)						Capacidad Total (kbps)
			VoC	VoIP	SGA	Web	CE	TA	VoC	VoIP	SGA	Web	CE	TA	VoC	VoIP	SGA	Web	CE	TA	
Alumnos	453	20	11	0	33	44	0	12	10	0	30	40	0	11	1920	0	600	2400	0	220	5140
Personal Administrativo y Docente	113	50	16	21	14	30	14	5	9	12	8	17	8	3	1728	768	160	1020	400	60	4136
<b>Capacidad total requerida por la red inalámbrica (Kbps)</b>																					<b>9276</b>

**Tabla 3.5 Capacidad total requerida por la red inalámbrica**

### 3.2.2.3 Selección de la tecnología inalámbrica

Considerando los parámetros técnicos de la tabla 3.6 y las mejoras que se esperan obtener de la red inalámbrica, se concluye que la tecnología cumple con las expectativas propuestas por el Proyecto Quito Educ@net.

Fabricante	SkyPilot		
Equipos	<i>SkyGateway Classic</i>	<i>SkyExtender Classic</i>	<i>SkyConnector</i>
<b>Mesh</b>	Si		No
<b>Interfaces de Radio</b>	5,8 GHz		
<b>Técnica de modulación</b>	OFDM		
<b>Capacidad</b>	20 Mbps UDP 12 Mbps TCP		
<b>Nivel de Capa OSI</b>	2		
<b># máx. saltos</b>	4 a 5		
<b># máx. nodos</b>	11/Km <sup>2</sup>	----	
<b>Latencia</b>	10-12 ms	8-10 ms	
<b>Alcance LOS</b>	16 Km	12 Km	
<b>Alcance NLOS</b>	6,4 Km	3,2 Km	
<b>Mecanismo de Seguridad</b>	Si		
<b>QoS</b>	Si		
<b>Precio por unidad</b>	\$5499	\$3499	\$599

**Tabla 3.6 Especificaciones técnicas de los equipos SkyPilot<sup>[3],[7]</sup>**

### 3.2.2.4 Planificación de enlaces inalámbricos

- a) Selección de los sitios donde se colocarán los equipos del backhaul inalámbrico

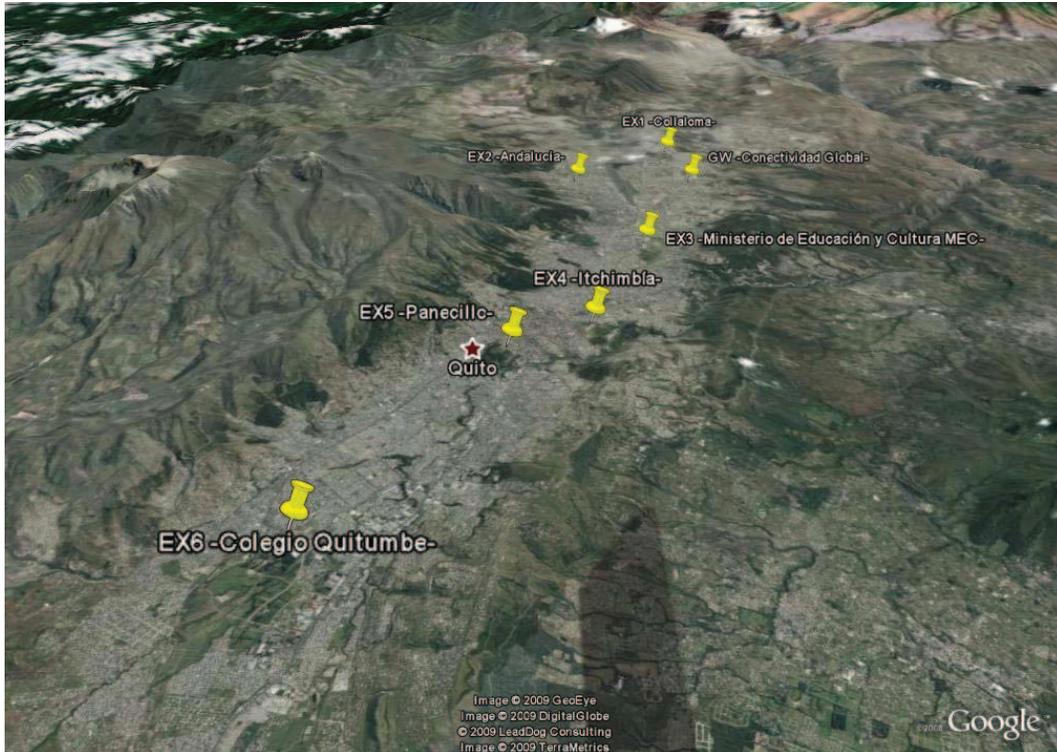
El Proyecto Quito Educ@net, por el hecho de ser un proyecto del municipio, tiene la posibilidad de colocar las repetidoras en cualquier edificación municipal.

En la tabla 3.7 se muestran los posibles lugares para la colocación de los equipos del *backbone* inalámbrico, considerando los centros beneficiarios y las zonas a cubrirse. Los lugares descritos en la tabla 3.7 cumplen con las características adecuadas para el funcionamiento de los equipos.

Tipo SkyPilot	Ubicación	Posición Geográfica
SkyGateway	Jose Felix Barreiro y Eloy Alfaro. ( <b>Conectividad Global</b> )	Latitud 0° 8' 28.8" S Longitud 78° 28' 10.74" O Altitud 2856 m
SkyExtenders	Francisco Olmos y Juan José Guerrero. Reservorio del Agua Potable ( <b>Puengasí</b> )	Latitud 0° 14' 14.64" S Longitud 78° 29' 49.2" O Altitud 3015 m
	Calle Melchor Aymerich ( <b>Panecillo</b> )	Latitud 0° 13' 47.82" S Longitud 78° 31' 3.54" O Altitud 2960 m
	Morán Valverde y Rumichaca ( <b>Quitumbe</b> )	Latitud 0°16'50.93"S Longitud 78°32'55.11"O Altitud 2877 m
	Calle Manuel Lupera ( <b>Parque Itchimbía</b> )	Latitud 0° 13' 13.02" S Longitud 78° 30' 3.72" O Altitud 2896 m
	Parque Metropolitano	Latitud 0° 10' 39.59" S Longitud 78° 27' 56.34" O Altitud 2928 m
	Jorge Piedra y General Gallo ( <b>CEMEI_Andalucía</b> )	Latitud 0°8'25.96"S Longitud 78°30'2.56"O Altitud 2869 m
	Av. Amazonas N34-451 entre Av. Atahualpa y Juan Pablo Sanz ( <b>Ministerio de Educación y Cultura MEC</b> )	Latitud 0° 10' 49.86" S Longitud 78° 29' 10.26" O Altitud 2782 m
	Echeverría y Pasaje 2 ( <b>Estación Collaloma - EMAAP</b> )	Latitud 0° 7' 14,4" S Longitud 78° 28' 25,4" O Altitud 2965 m

**Tabla 3.7 Reubicación de los dispositivos que formaban parte del *backbone* inalámbrico**

De los lugares de la tabla 3.7, los sitios mostrados en el gráfico 3.5: C. Global (GW), Collaloma (EX1), Andalucía (EX2), MEC (EX3), Ichimbía (EX4), Panecillo (EX5), Colegio Quitumbe (EX6), son los sitios más adecuados para cubrir la zona urbana de Quito.

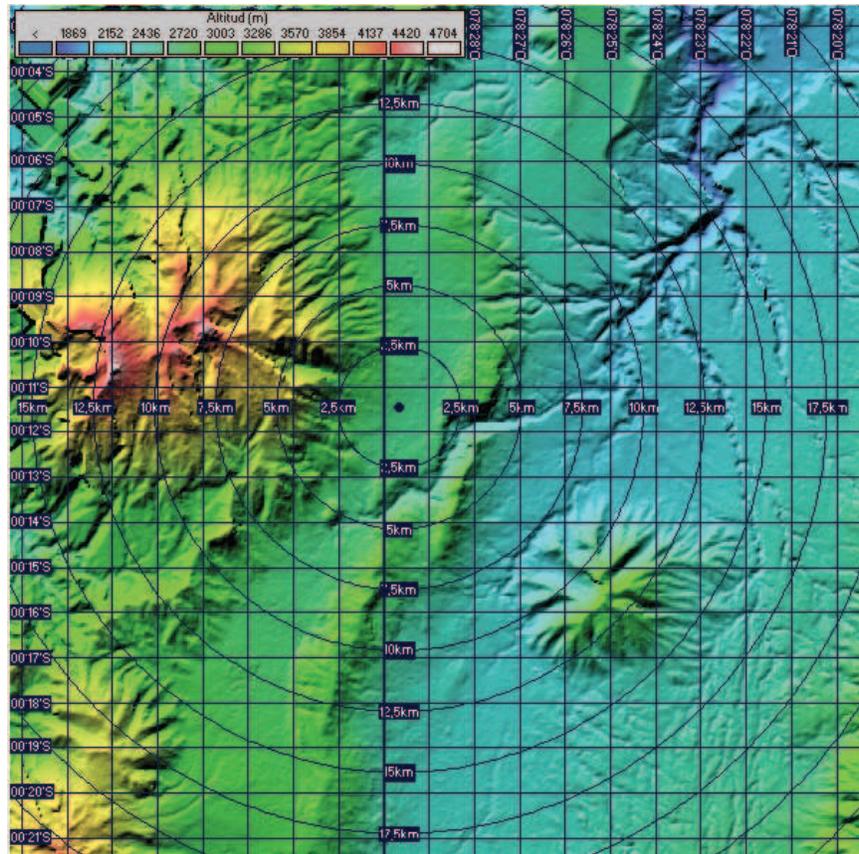


**Gráfico 3.5 Ubicación de los equipos del backbone inalámbrico**

*b) Simulación del Sistema Inalámbrico*

Para analizar y planificar la red inalámbrica se simuló el sistema inalámbrico en el software “Radio Mobile” utilizando mapas de elevaciones digitales SRTMv2 (*Shuttle Radar Topography Mission*); esta cartografía contiene muestras de datos de alturas obtenidas por radar.

En el gráfico 3.6 se muestra el mapa digital de la ciudad de Quito con una resolución de 3 segundos de arco (aproximadamente 90 metros), centrado en 0°12'00” S y 78°28'48” O y con un radio de visualización de 35 Km.



**Gráfico 3.6 Mapa digital de Quito**

En el gráfico 3.7 se muestran los parámetros generales utilizados en la simulación del sistema inalámbrico donde las frecuencias mínima y máxima, así como la polarización se han parametrizado según las especificaciones técnicas propuestas por *SkyPilot* (Anexo 2); se ha elegido el modo estadístico de difusión, porque es una red inalámbrica con estaciones fijas; se ha seleccionado un porcentaje de tiempo del 50%, porque el clima y la temperatura de la ciudad de Quito es variante, un porcentaje de ubicaciones del 0,1% por ser una red con estaciones fijas y un porcentaje de situaciones del 20%, porque la red está expuesta constantemente a influencias externas de radiofrecuencia; se han configurado los valores de conductividad del suelo, permitividad relativa al suelo, clima y refractividad de la superficie por defecto, debido a que son valores sugeridos por el modelo Longley-Rice y se ha considerado una pérdida adicional (Ciudad) del 30%, debido a que los equipos del *backhaul* inalámbrico están ubicados en zonas altas de la ciudad de Quito,

lo cual disminuye la probabilidad de obstrucciones a causa de altas edificaciones.

Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
Nombre de la red SkyPilot				
Frecuencia mínima (MHz) 5725				
Frecuencia máxima (MHz) 5850				
Polarización <input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Horizontal				
Modo estadístico <input type="radio"/> Intento % de tiempo 50 <input type="radio"/> Accidental % de ubicaciones 0,1 <input type="radio"/> Móvil % de situaciones 20 <input checked="" type="radio"/> Difusión				
Pérdida adicional <input checked="" type="radio"/> Ciudad <input type="radio"/> Bosque % 30				
			Refractividad de la superficie (Unidades-N) 301	
			Conductividad del suelo (S/m) 0,005	
			Permitividad relativa al suelo 15	
			Clima <input type="radio"/> Ecuatorial <input type="radio"/> Continental sub-tropical <input type="radio"/> Marítimo sub-tropical <input type="radio"/> Desierto <input checked="" type="radio"/> Continental templado <input type="radio"/> Marítimo templado sobre la tierra <input type="radio"/> Marítimo templado sobre el mar	

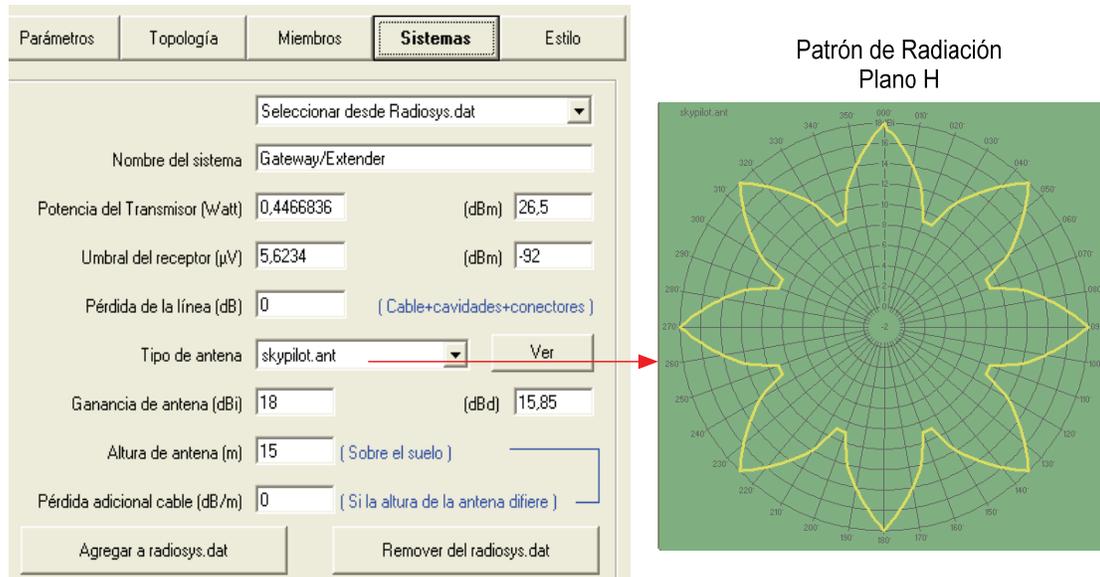
**Gráfico 3.7 Parámetros generales de la red**

En el gráfico 3.8 se muestra la topología Red de Voz (Controlador/Subordinado/Repetidor) seleccionada para la simulación de la red inalámbrica, debido a que esta topología se ajusta al esquema de funcionamiento de una red *SkyPilot*.

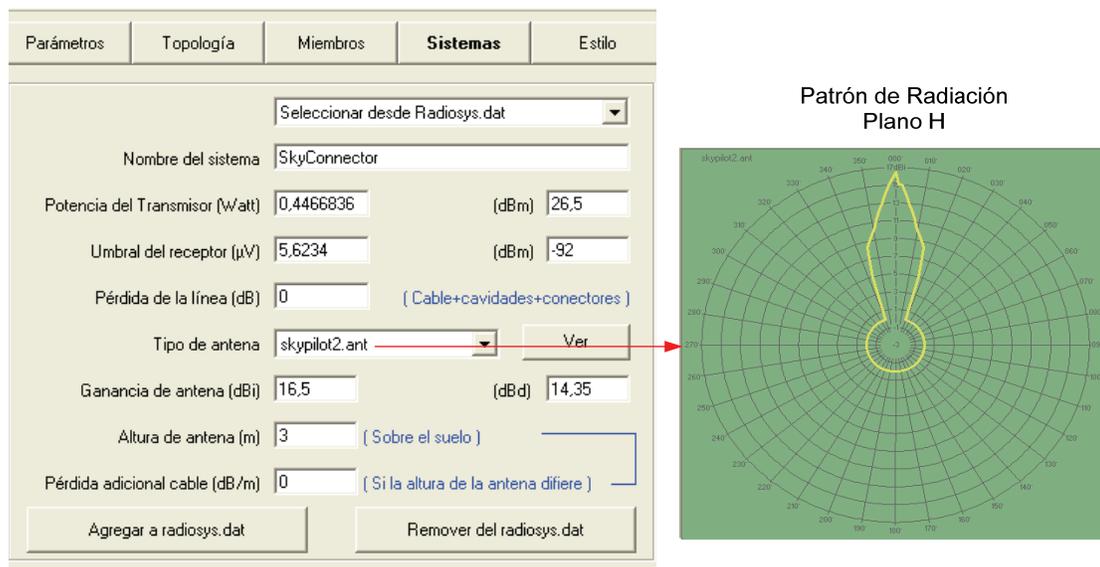
Parámetros	Topología	Miembros	Sistemas	Estilo
<input checked="" type="checkbox"/> Visible				
<input checked="" type="radio"/> Red de voz (Controlador/Subordinado/Repetidor)				
<input type="radio"/> Red de datos, Topología estrella (Master/Esclavo)				
<input type="radio"/> Red de datos, cluster (Nodo/Terminal)				

**Gráfico 3.8 Topología de la red inalámbrica**

En el gráfico 3.9 y 3.10 se muestra la parametrización de los dispositivos *SkyGateway/SkyExtender* y *SkyConnector Outdoor*, respectivamente, según las especificaciones técnicas de los equipos *SkyPilot* (Anexo 2).



**Gráfico 3.9** Parámetros de los equipos *SkyGateway* y *SkyExtender*

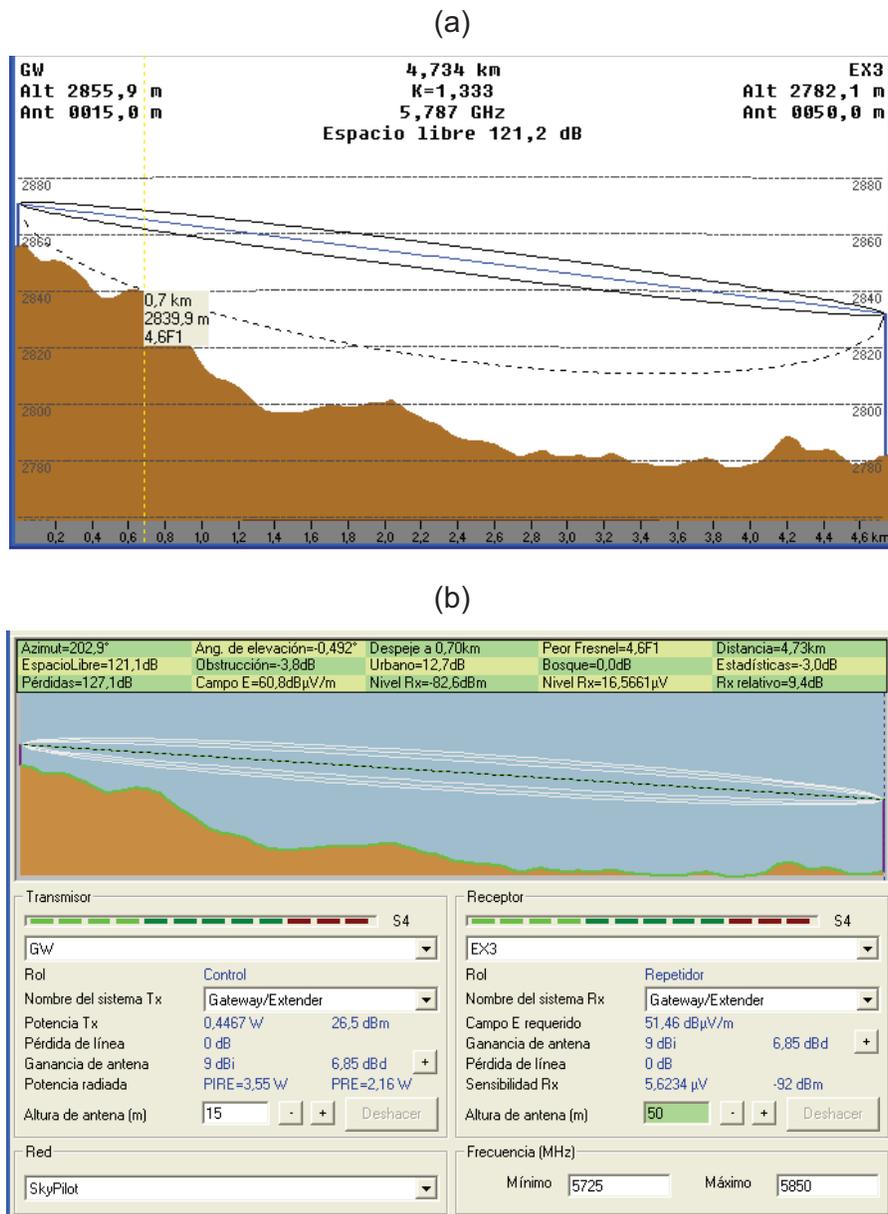


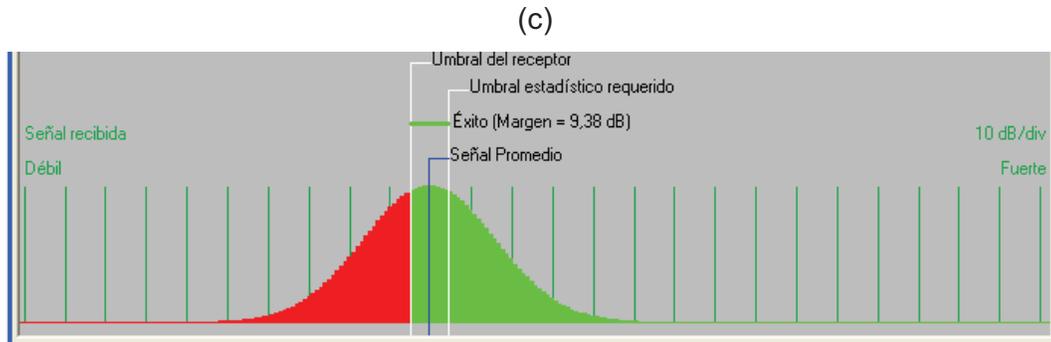
**Gráfico 3.10** Parámetros de los equipos *SkyConnector Outdoor*

c) Resultados de la simulación

A modo de ejemplo, se analizan los resultados de propagación del enlace entre el *SkyGateway GW* (Conectividad Global) y el *SkyExtender EX3* (Ministerio de Educación y Cultura) que se muestran en el gráfico 3.11. Los otros resultados de propagación de los equipos *SkyPilot* del *backhaul* inalámbrico se presentan en el Anexo 3, y un resumen en la tabla 3.8.

**Gráfico 3.11 Resultados del enlace entre *SkyGateway GW* (Conectividad Global) y *SkyExtender EX3* (MEC)**





Interpretando los resultados del gráfico 3.11 se concluye que:

- La distancia entre el *SkyGateway* (GW) y *SkyExtender* (EX3) es de 4,7Km. (grafico 3.11 a).
- La calidad del enlace GW – EX3 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel (0,6F1) (gráfico 3.11 a).
- La variación de la altitud del trayecto GW – EX3 es de 82.9m (gráfico 3.11a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 127,1dB. (gráfico 3.11b).
- La ganancia total del sistema es de 136,5dB. (gráfico 3.11b).
- La peor recepción es de 9,4dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -82,6dBm (S4), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (gráfico 3.11c).

#### 3.2.2.5 Área de cobertura

Los equipos del *backhaul* inalámbrico han sido ubicados dentro del área urbana de Quito como se muestra en el gráfico 3.13, la ubicación de los equipos

permiten mantener enlaces redundantes y garantizan la cobertura necesaria para la conexión de los centros beneficiarios a la red inalámbrica.

Para la representación de la cobertura se escogió la opción cartesiana del programa “Radio Mobile” ya que ésta permite simular la cobertura generada por cada punto del *backhaul* inalámbrico, mostrando finalmente la cobertura total que generan los dispositivos, tal y como se observa en el gráfico 3.12. Los colores del área de cobertura de la zona urbana de Quito son los umbrales de recepción, éstos colores varían en 11 tonalidades, la tonalidad rojo indica que en dicho punto el dispositivo es capaz de recibir la señal del transmisor, a medida que las tonalidades cambian de color, la sensibilidad de recepción varía, por lo tanto los puntos que estén cubiertos por la totalidad azul tienen una gran probabilidad de recibir niveles de señal con alto ruido.

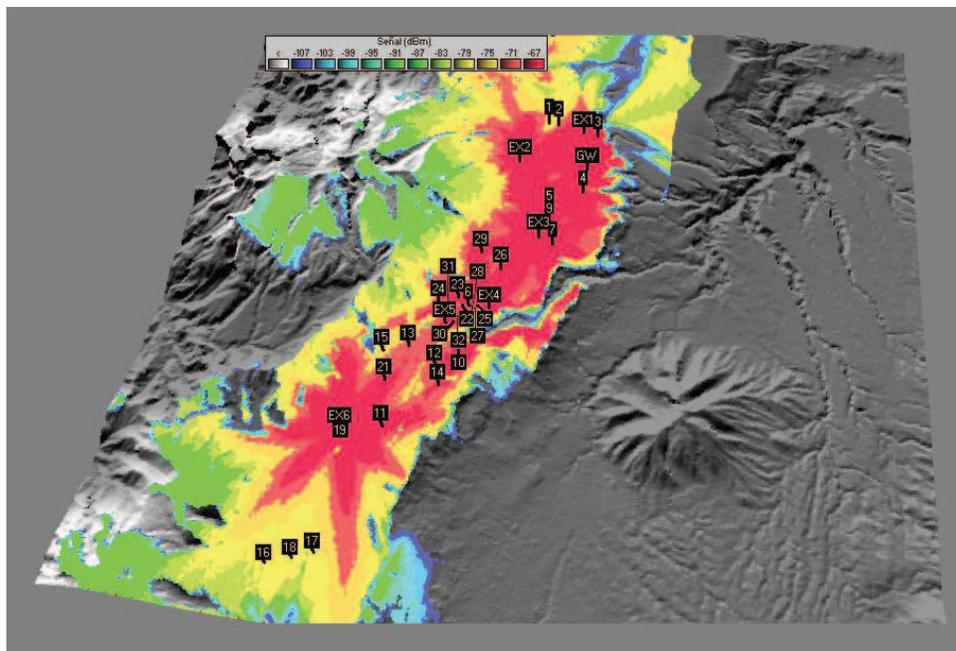


Gráfico 3.12 Área de cobertura de la red inalámbrica

Enlace Tx-Rx	Altura Tx (m)	Altura Rx (m)	Ángulo de azimut (°)	Ángulo de elevación (°)	PIRE (W)	Distancia (Km)	Visibilidad Zona de Fresnel	Variación de la latitud (m)	Pérdidas de propagación total (dB)	Ganancia del sistema(dB)	El Peor nivel de recepción (dB)	Umbral estadístico requerido (dBm)
<b>GW-EX3</b>	2860,4	2782,4	202,9	0,492	3,55	4,7	4,6F1	82,9	127,1	136,5	9,4	-82,6
<b>GW-EX1</b>	2860,4	2966,3	348,9	2,574	3,05	2,3	2,3F1	105,9	121,5	144,8	23,3	-68,7
<b>GW-EX2</b>	2860,4	2869,0	271,5	0,127	25,7	3,5	5,5F1	64,4	125,3	154,1	28,8	-63,2
<b>GW-EX4</b>	2860,4	2896,3	201,7	0,204	3,55	9,4	6,5F1	131,5	133	145,5	12,5	-79,5
<b>GW-EX5</b>	2860,4	2959,7	208,4	0,455	5,37	11,2	7,5F1	174,7	134,6	147,3	12,7	-79,3
<b>EX1-EX2</b>	2966,3	2869,0	233,6	1,51	3,55	13,09	6,8F1	164,6	125,2	139,2	13,9	-78,1
<b>EX1-EX3</b>	2966,3	2782,4	191,8	1,284	2,4	6,8	7,9F1	190,3	131	137,6	6,6	-85,4
<b>EX1-EX4</b>	2966,3	2896,3	195,3	0,376	1,86	11,5	9,2F1	185,1	135	138,5	3,5	-88,5
<b>EX1-EX5</b>	2966,3	2959,7	201,9	0,089	4,18	13,09	5,8F1	189,7	136,4	141,6	5,2	-86,8
<b>EX2-EX3</b>	2869,0	2782,4	160	0,646	2,4	4,7	1,3F1	86,9	128	143	15	-77
<b>EX3-EX4</b>	2782,4	2896,3	200,5	0,994	15,52	4,7	8,6F1	114,9	127,1	149,7	22,6	-69,4
<b>EX3-EX5</b>	2782,4	2959,7	215,5	1,219	5	6,5	8,8F1	172,9	129,9	143,6	13,7	-78,3
<b>EX4-EX5</b>	2896,3	2959,7	239,8	1,552	9,84	2,1	9,1F1	167,9	120,9	142,6	21,7	-70,3
<b>EX4-EX6</b>	2896,3	2877,3	218,2	0,2	5,37	8,6	4,8F1	137,3	132,8	142,7	10	-82
<b>EX5-EX6</b>	2959,7	2877,3	211,3	0,743	14,17	6,6	2,9F1	166,4	130,1	151,5	21,4	-70,6

**Tabla 3.8 Resumen de los resultados de los enlaces de los equipos del *backhaul* inalámbrico**

GW -- SkyGateway

EX1 -- SkyExtender Collaloma

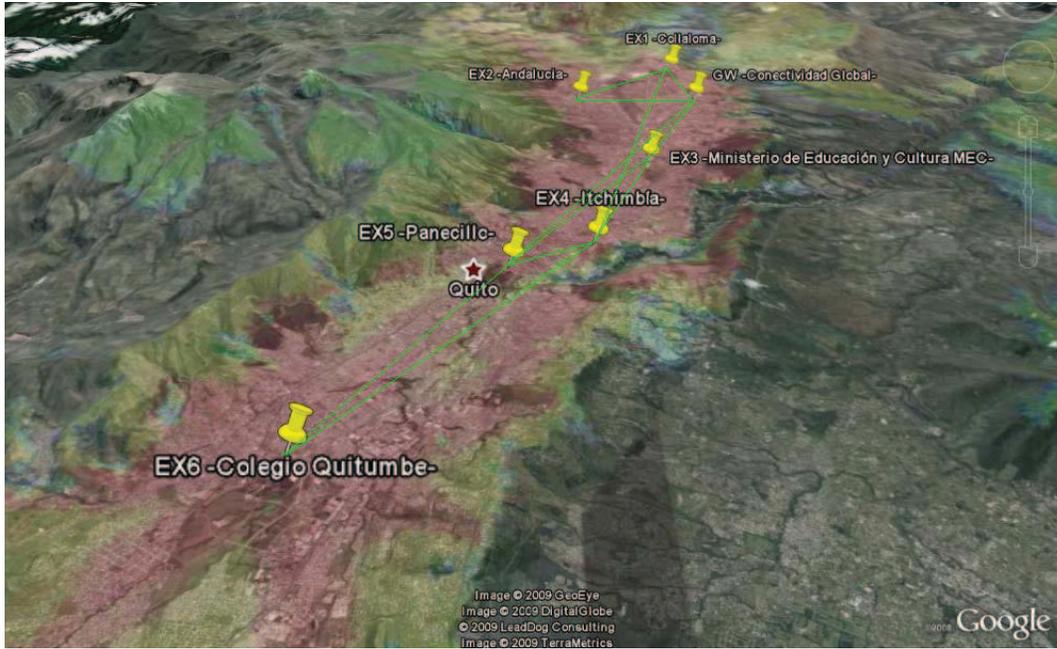
EX2 -- SkyExtender Andalucía

EX3 -- SkyExtender MEC

EX4 -- SkyExtender Itchimbia

EX5 -- SkyExtender Panecillo

EX6 -- SkyExtender Quitumbe



**Gráfico 3.13 Ubicación de los equipos del backbone inalámbrico en la zona urbana de Quito**

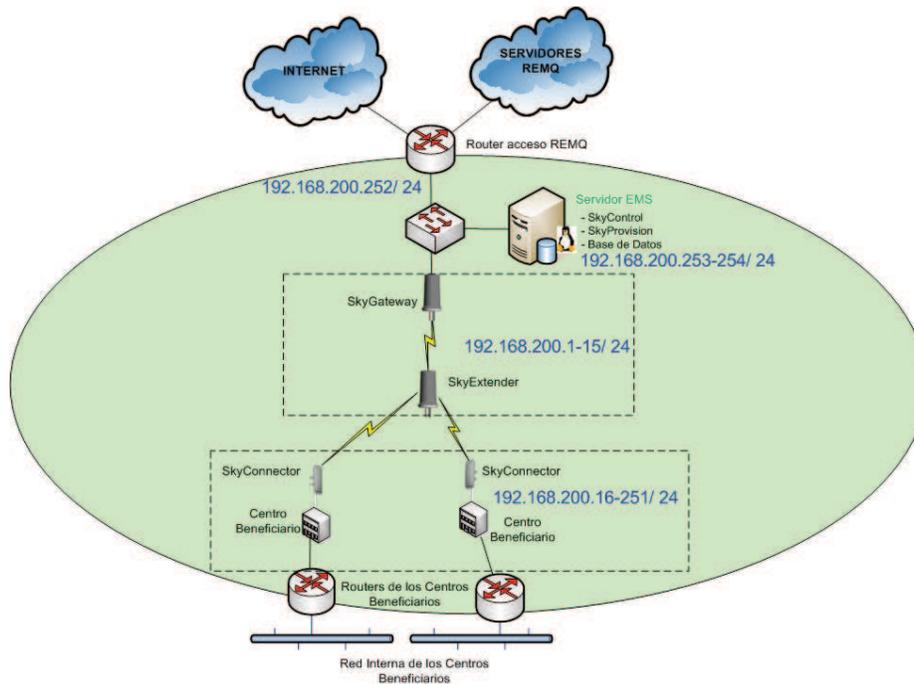
### 3.2.3 Gestión y Seguridad

#### 3.2.3.1 Direccionamiento de la red inalámbrica

El direccionamiento de la red inalámbrica se lo realizará con redes privadas tipo C (Tabla 3.9, Gráfico 3.14).

Equipos	Direccionamiento IP	Máscara de Red	Gateway de la Red
SkyGateways y SkyExtenders	192.168.200.1 - 192.168.200.15	255.255.255.0	192.168.200.252
SkyConnectors y Routers Centros Beneficiarios	192.168.200.16 - 192.168.200.251		
Servidores EMS	192.168.200.253 y 192.168.200.254		192.168.200.252
Router acceso REMQ	192.168.200.252	255.255.255.0	

**Tabla 3.9 Esquema general de direccionamiento IP de la red inalámbrica**



**Gráfico 3.14 Esquema general de direccionamiento**

	Equipos	Dirección IP
SkyExtender	1 SkyGateway	192.168.200.1
	1 SkyExtender 1	192.168.200.2
	2 SkyExtender 2	192.168.200.3
	3 SkyExtender 3	192.168.200.4
	4 SkyExtender 4	192.168.200.5
	5 SkyExtender 5	192.168.200.6
SkyConnector	6 SkyExtender 6	192.168.200.7
	1 CEMEI Cotocollao	192.168.200.16 – 17
	2 CEMEPP Cotocallao	192.168.200.18 – 19
	3 CEMEPP Humberto Mata Martínez	192.168.200.20 – 21
	4 CEMEI Carolina	192.168.200.22 – 23
	5 Dirección de Proyectos	192.168.200.24 – 25
	6 Colegio Sebastián de Benálcazar	192.168.200.26 – 27
	7 Zona Administración Norte	192.168.200.28 – 29
	8 Colegio José Ricardo Chiriboga	192.168.200.29 – 30
	9 CEMEPP Vicente Anda Aguirre	192.168.200.30 – 31
	10 CEMEI Caminitos de Luz	192.168.200.32 – 33
	11 CEMEI La Magdalena	192.168.200.34 – 35
	12 CEMEI Lucía Burneo	192.168.200.36 – 37
	13 CEMEPP Luis Telmo Paz y Miño	192.168.200.38 – 39
14 Escuela Oswaldo Lombeyda	192.168.200.40 – 41	
15 CEMEPP Juan Wisneth	192.168.200.42 – 43	
16 Unidad Educativa Quitumbe	192.168.200.44 – 45	
17 Unidad Educativa Julio Moreno Peñaherrera	192.168.200.46 – 47	
18 CEMEI Unión y Justicia	192.168.200.48 – 49	
19 Centro Cultural Metropolitano	192.168.200.50 – 51	
20 CEMEI Ipiales	192.168.200.52 – 53	

**Tabla 3.10 Esquema de direccionamiento IP de los equipos conectados a la red inalámbrica**

SkyConnector	21	CEMEI San Roque	192.168.200.54 – 55
	22	CEMEI Colibrí	192.168.200.56 – 57
	23	CEMEI Santa Clara	192.168.200.58 – 59
	24	CEMEI Empleados Municipales	192.168.200.60 – 61
	25	CEMEPP Dora Isella Russel	192.168.200.62 – 63
	26	CEMEPP 9 de Octubre	192.168.200.64 – 65
	27	Colegio Fernández Madrid	192.168.200.66 – 67
	28	Centro de Recuperación Emilio Uscátegui	192.168.200.68 – 69
	29	Unidad Educativa Experimental Sucre	192.168.200.69 – 70
	30	Cibernarium Comité del Pueblo	192.168.200.71 – 72

**Tabla 3.10 Continuación**

### 3.2.3.2 Asignación de capacidades

Se divide a los establecimientos beneficiarios en diferentes niveles (Tabla 4.1), cada nivel representa a los establecimientos que poseen un determinado número de ordenadores, esta división se presenta en el gráfico 3.15; se ha realizado con el fin de asignar una capacidad que cubra adecuadamente las necesidades del centro beneficiario.

### 3.2.3.3 VLANS

En el gráfico 3.15 se muestra el esquema de distribución de VLANs para separar el tráfico de las aplicaciones de propósito educativo del tráfico de la administración de la red inalámbrica, donde:

La **VLAN Datos** está formada por el equipo de la red local de cada centro beneficiario que permite el acceso a las aplicaciones educativas e Internet a través del *SkyConnector* y los servicios de Internet e Intranet de la Red Educativa Metropolitana de Quito (REMQ).

La **VLAN Administrativa** está integrada por los equipos del backhaul inalámbrico (*SkyGateway* y *SkyExtenders*), los *SkyConnectors* y los servidores de monitorización (*SkyControl*) y aprovisionamiento (*SkyProvision*). Esta VLAN tiene como propósito permitir solo funciones de administración y configuración (SNMP, telnet).

La administración y la seguridad de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net serán tratadas en el Capítulo 4.

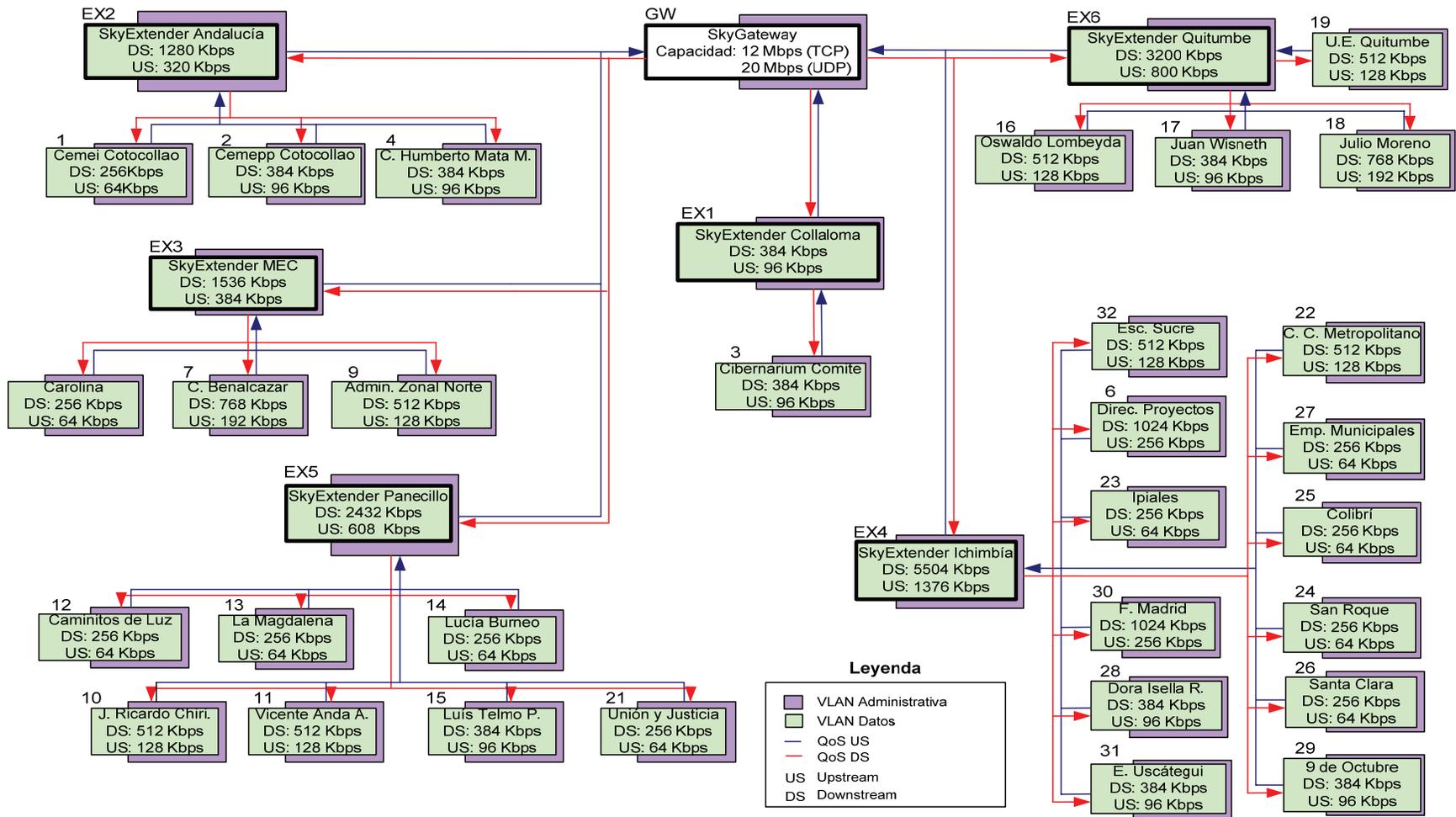


Gráfico 3.15 Esquema de asignación de capacidad, QoS y distribución de VLANs

### 3.2.4 Presupuesto referencial

*Instalación, aprovisionamiento, activación y optimización*

En la tabla 3.11 se detallan los costos referenciales de instalación, aprovisionamiento y activación de los equipos de la red inalámbrica *SkyPilot*.

<b>Descripción</b>			
<b>Instalación, aprovisionamiento y activación de SkyConnector Outdoor</b>	<b>Unid.</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Inspección en sitio (análisis de espectro y definición de un plan de frecuencias)	30	\$ 60,00	\$ 1.800,00
Instalación de varilla <i>copperweld</i> 2m y cable sólido AWG 10	30	\$ 40,00	\$ 1.200,00
Instalación de cable UTP Cat. 5e tipo CN	30	\$ 35,00	\$ 1.050,00
Instalación de manguera anillada metálica ½"	30	\$ 35,00	\$ 1.050,00
Instalación de mástil galvanizado 1"x 2m	30	\$ 80,00	\$ 2.400,00
Montaje de <i>SkyConnector Outdoor</i>	30	\$ 30,00	\$ 900,00
Material Menudo (pernos de expansión ½", amarras plásticas para exteriores, bornes para cable sólido AWG 10, conectores RJ45 y caja de paso 10x10cm)	1	\$ 480,00	\$ 480,00
Aprovisionamiento y activación del equipo	30	\$ 25,00	\$ 750,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 9.630,00</b>
<b>Instalación, aprovisionamiento y activación de SkyExtender/SkyGateway</b>			
Inspección en sitio (análisis de espectro y definición de un plan de frecuencias)	7	\$ 60,00	\$ 420,00
Instalación de malla de tierra ( 4 varillas <i>copperweld</i> 2m y cable sólido AWG 10)	7	\$ 150,00	\$ 1.050,00
Instalación de cable UTP Cat 5e. tipo CN	7	\$ 75,00	\$ 525,00
Instalación de manguera anillada metálica ½"	7	\$ 75,00	\$ 525,00
Montaje <i>SkyExtender/SkyGateway</i>	7	\$ 80,00	\$ 560,00
Material Menudo (pernos de expansión ½", amarras plásticas para exteriores, bornes para cable sólido AWG 10, conectores RJ45)	1	\$ 105,00	\$ 105,00
Parrarrayos (2 SkyExtenders (Quitumbe, Andalucía))	2	\$ 1.900,00	\$ 3.800,00
UPS CDP SMART-1508 1500VA	7	\$ 200,00	\$ 1.400,00
Aprovisionamiento y activación del equipo	7	\$ 50,00	\$ 350,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 8.735,00</b>
<b>Derechos de Concesión de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha</b>			
Red <i>SkyPilot</i> . Banda 5725MHz-5850 MHz	1	\$ 1.000,56	\$ 1.000,56
		<b>Total</b>	<b>\$ 1.000,56</b>
<b>Costo total de instalación, aprovisionamiento, activación y derechos de concesión de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net</b>			<b>\$ 19.365,56</b>

**Tabla 3.11 Instalación, aprovisionamiento, activación y derechos de concesión<sup>[7]</sup>**

La **instalación** es el proceso en el cual se realiza la implementación física del equipo en el centro beneficiario, la que contempla la protección eléctrica (tierra) y cableado UTP.

El **aprovisionamiento** es el proceso de configurar el dispositivo inalámbrico, CPE dejándolo “operativo”. Incluye la parametrización (configuración de seguridades, accesos, filtros, etc) y actualización del *firmware*.

La **activación** es el proceso de establecer contacto con el servicio de transmisión de la red inalámbrica. Permite el reconocimiento del equipo dentro de la red. El equipo puede estar operativo pero si no está activo no se comunicará con el resto de la red.

Los **derechos de concesión** se refieren al valor a pagar por derechos para operar la red inalámbrica *SkyPilot* por un intervalo de tiempo. Este rubro se paga una sola vez por el tiempo de duración de la concesión. Para determinar el costo que conlleva esta concesión se aplica la ecuación (3.2)

$$D_c = T(US\$) * T_c * F_{cf} \quad (3.2)$$

Donde :

- $D_c$ : Derecho de concesión.
- $T(US\$)$ : Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al Servicio y al Sistema en consideración. Se tomar el valor que resulte de la suma de los resultados de las ecuaciones (3.3) y (3.4).
- $T_c$  Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema. Se toma el valor de 36 meses (3 años).
- $F_{cf}$  Factor de concesión de frecuencias. Se toma el valor de 0.47714 para enlaces Fijo (Enlaces punto-multipunto) (Multiacceso).

En la tabla 3.12 se detallan los costos anuales referenciales de monitoreo y mantenimiento preventivo de la red inalámbrica.

<b>Descripción</b>			
<b>Monitoreo anual de la red SkyPilot</b>	<b>Unid.</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Supervisión y control de la red SkyPilot 24x7	37	\$ 200,00	\$ 7.400,00
Asistencia técnica remota 24x7	37	\$ 340,00	\$ 12.580,00
Informe mensual de monitoreo y desempeño de la red SkyPilot	1	\$ 120,00	\$ 120,00
<b>Total</b>			<b>\$ 20.100,00</b>
<b>Mantenimiento anual preventivo de la red SkyPilot</b>			
Verificación del equipamiento de SkyConnector Outdoor (cable UTP, sistema de puesta a tierra y accesorios )	30	\$ 30,00	\$ 900,00
Verificación del equipamiento de SkyGateway/SkyExtender (cable UTP, malla de tierra y accesorios )	7	\$ 40,00	\$ 280,00
Mantenimiento preventivo de SkyGateway/SkyExtender	7	\$ 120,00	\$ 840,00
Mantenimiento preventivo de SkyConnector	30	\$ 70,00	\$ 2.100,00
Actualizaciones, reajustes de configuración y pruebas de funcionamiento de equipos SkyPilot	37	\$ 50,00	\$ 1.850,00
<b>Total</b>			<b>\$ 5.970,00</b>
<b>Uso anual de frecuencia de equipos SkyPilot</b>			
Tarifa anual por uso de frecuencias por Estación de Base o Estación Central Fija	7	\$ 15,00	\$ 105,00
Tarifa anual por uso de frecuencias por Estación de Abonado Fijos	41	\$ 12,00	\$ 492,00
<b>Total</b>			<b>\$ 597,00</b>
<b>Costo total anual de monitoreo, mantenimiento preventivo y uso de frecuencia de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net</b>			<b>\$ 26.667,00</b>

**Tabla 3.12 Mantenimiento preventivo, monitoreo anual, uso de frecuencia<sup>[7]</sup>**

El **monitoreo** reporta la información en tiempo real del estado de los dispositivos *SkyPilot*, ayudando a detectar pérdida de recursos (caídas de equipo, pérdida de conexión), identificando puntos de falla y eliminando amenazas a la disponibilidad de datos; esto se logra mediante la definición de umbrales de alerta (niveles de tolerancia) y el control y supervisión de la red; con el fin de garantizar la más alta disponibilidad.

El **mantenimiento anual preventivo** está enfocado a prolongar el tiempo de vida útil de los equipos inalámbricos *SkyPilot* para garantizar un desempeño, operabilidad, confiabilidad y disponibilidad óptimos de la red inalámbrica instalada. El proceso involucra inspección en sitio con verificación de conectividad, actualizaciones y configuraciones.

El **uso anual de frecuencia** se refiere a la tarifa anual para la operación de los enlaces, considerando que Sistemas de Radiocomunicaciones con fines de carácter social o humanitario pagarán una tarifa por uso de frecuencias igual al 10% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones (3.3) y (3.4) y proporcional al tiempo de duración del contrato.

Para el caso de los equipos *SkyPilot*, en la banda de frecuencia 5725MHz – 5850 MHz, que conforman el *backhaul* inalámbrico se debe aplicar la ecuación (3.3).

$$T(US\$) = K_a * \alpha_4 * \beta_4 * A * (D)^2 \quad (3.3)$$

Donde:

- T (US\$): Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.
- $K_a$ : Factor de ajuste por inflación. Inicialmente se toma el valor de 1.
- $\alpha_4$ : Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso). Se toma el valor de 0,0015625 para Enlaces Fijo (Punto – Multipunto) MBDA para la banda 2690 MHz – 6 GHz.
- $\beta_4$ : Coeficiente de corrección para la tarifa por Estación de Base o Estación Central Fija. Inicialmente se toma el valor de 1.
- A: Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción. Para equipos *SkyPilot* en la banda de frecuencia 5725MHz – 5850 MHz el valor es de 125MHz
- D: Radio de cobertura de la Estación de Base o Estación Central Fija, en Km. Se toma el valor de 8Km.

Para el caso de los equipos abonados se aplica la ecuación (3.4).

$$T(US\$) = K_a * \alpha_5 * F_d \quad (3.4)$$

Donde:

- T (US\$): Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.
- $K_a$ : Factor de ajuste por inflación. Inicialmente se toma el valor de 1.

F<sub>d</sub>: Factor de capacidad aplicable a cada servicio en función del número de estaciones radioeléctricas de abonado móviles y fijas habilitadas en el sistema. Se toma el valor de 10 que corresponde al número de estaciones  $20 < N \leq 30$ .

Para el Servicio Fijo, en la modalidad enlaces punto-multipunto (Multiacceso), todas las frecuencias de enlace entre las distintas estaciones deben ser las mismas y podrán llegar a un máximo de dos frecuencias. Para el pago, se considera todas las Estaciones Fijas, inclusive la Estación Central Fija y todos los enlaces punto-multipunto (Multiacceso) como enlaces punto-punto individuales.

#### *Análisis del presupuesto referencial*

Es necesario realizar la evaluación del presupuesto referencial, para así determinar su viabilidad; considerando varios aspectos que permitan determinar el costo/beneficio para el Proyecto Quito Educ@net y los centros beneficiarios de la red inalámbrica.

El costo total para el reestructuración de la red inalámbrica, concesión de frecuencia y un año de monitoreo, mantenimiento preventivo y uso de la banda de frecuencia 5725 MHz – 5850 MHz alcanza los 38.979,31 (Tabla 3.14) dólares de los Estados Unidos de América, sin considerar el impuesto al valor agregado (IVA).

El costo mensual que el Proyecto Quito Educ@net debe asumir mensualmente una vez que la red esté operativa se encuentran descritos en la tabla 3.15.

El costo total puede resultar elevado, pero comparado con las ventajas que conllevaría reestructurar la red inalámbrica justificaría plenamente su aplicación, bajo los puntos de vista de tecnología de punta, actualización, velocidad de información, transferencia de información y facilidad de acceso por parte de los usuarios de los centros beneficiarios a las aplicaciones de

propósito educativo e Internet. Además, se debe considerar que todo proyecto orientado a la educación es por si mismo muy importante dentro de una sociedad y se justifica por si solo.

### **3.2.5 Plan de migración de la red inalámbrica**

El plan de migración para reestructurar la red inalámbrica tiene como objetivo principal el lograr una actualización y crecimiento sostenible, sin interferir en la marcha normal del funcionamiento actual de la red inalámbrica.

En el gráfico 3.16 se indica las etapas para la reestructuración y administración de la red inalámbrica, especificando el grado de prioridad, donde los cuadros de color rojo indican una mayor prioridad, los de color morado una prioridad media y los de color azul una prioridad baja, las actividades a realizarse y el tiempo que tomará en ejecutarse en cada etapa.

La solución está compuesta de 3 etapas con las cuales se pretende que los centros beneficiarios del proyecto QuitoEducaNet posean un sistema de comunicaciones que les permita aprovechar de los servicios que tiene actualmente el proyecto tales como: Sistema de Gestión Académica, Correo Electrónico, VideoConferencia, VoIP, Web y FTP.

Las etapas 1 y 2 están contempladas dentro del proceso de rediseño de la red inalámbrica de este proyecto, mismas que serán realizadas de forma paralela en un periodo de 7 meses.

El servicio de monitoreo será prestado desde la fase inicial y se prolongará una durante la duración del contrato.

#### *3.2.5.1 ETAPA 1: Auditoría de Red*

En esta etapa se debe realizar la inspección a cada sitio donde se encuentran actualmente instalados los equipos *SkyPilot* y a los sitios donde se ubicarán los nuevos equipos.

Mientras se realiza la inspección en sitio, se continúa con el monitoreo de los dispositivos que actualmente están funcionando.

#### *3.2.5.2 ETAPA 2: Red operativa*

En esta etapa la actividad prioritaria es regularizar la red inalámbrica, según los requisitos solicitados por el CONATEL para la explotación de una red privada de interés social, mientras se lleva este proceso se instalarán, aprovisionarán y activarán los equipos SkyConnectors, SkyExtenders y SkyGateway sin interferir en el funcionamiento normal de la red inalámbrica. En esta etapa se continúa con las actividades de monitoreo incluyendo los nuevos equipos instalados.

#### *3.2.5.3 ETAPA 3: CONTROL Y MANTENIMIENTO*

Una vez que la infraestructura se encuentre funcionando adecuadamente se realizará un control del desempeño de la red y mantenimiento de sus equipos, para el caso de este plan esta etapa tendrá inicio en el octavo mes, las actividades pertenecientes a esta etapa relacionadas con la inspección, reparación y mantenimiento se las realizará anualmente, mientras que las actividades de monitoreo y pago por el uso de la frecuencia se lo realizará mensualmente.

Estas etapas deben ser cumplidas oportuna y eficientemente, para lo cual se requiere indispensablemente de personal calificado con experiencia en cada una de las áreas involucradas en el proyecto.

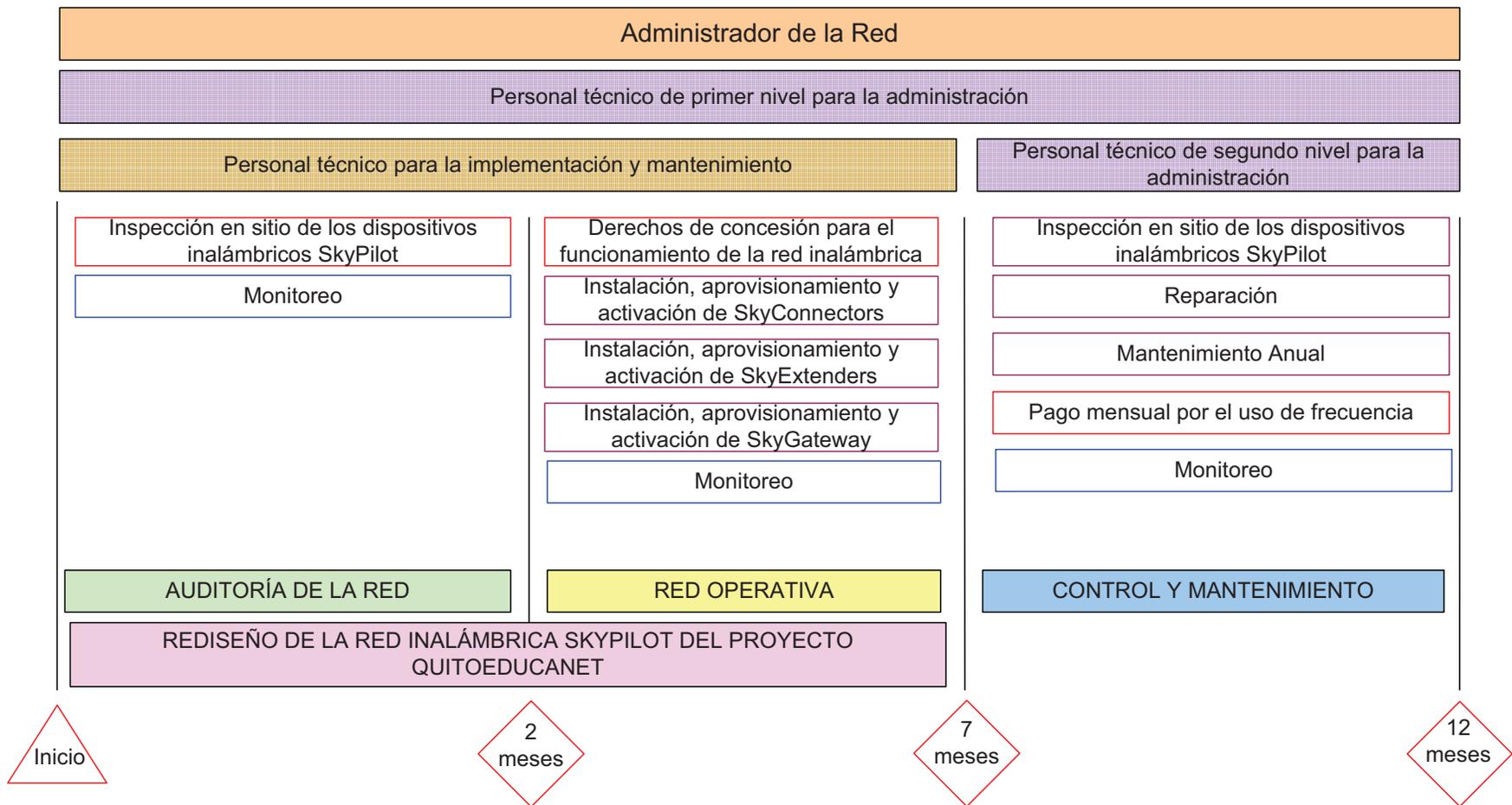


Gráfico 3.16 Plan de migración de la red inalámbrica

DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor unit
Inspección en sitio	Punto	\$ 60,00
Instalación y aprovisionamiento de SkyConnectors	Punto	\$ 261,00
Instalación y aprovisionamiento de SkyGateway/SkyExtenders	Punto	\$ 645,00
Instalación de pararrayo	Punto	\$ 1.900,00
Concesión operación de la red	Total	\$ 1.000,56
Monitoreo	Punto	\$ 45,00
Informe mensual de monitoreo	Total	\$ 10,00
Mantenimiento anual SkyConnector	Punto	\$ 150,00
Mantenimiento anual SkyGateway/SkyExtender	Punto	\$ 210,00
Tarifa mensual uso del espectro estación fija	Punto	\$ 1,25
Tarifa mensual uso del espectro abonado	Punto	\$ 1,00

Tabla 3.13 Descripción de costos por unidad

DESCRIPCIÓN	ETAPA 1			ETAPA 2						ETAPA 3					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Inspección en sitio	18 \$ 1.080,00	19 \$ 1.140,00	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -			
Instalación y aprovisionamiento de SkyConnectors	0 \$ -	0 \$ -	3 \$ 783,00	4 \$ 1.044,00	8 \$ 2.088,00	8 \$ 2.088,00	7 \$ 1.827,00	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -			
Instalación y aprovisionamiento de SkyGateway/SkyExtenders	0 \$ -	0 \$ -	4 \$ 2.580,00	3 \$ 1.935,00	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -			
Instalación de pararrayos	0 \$ -	0 \$ -	1 \$ 1.900,00	1 \$ 1.900,00											
Concesión para la operación de la red			1 \$ 1.000,56												
Monitoreo	11 \$ 495,00	11 \$ 495,00	11 \$ 495,00	11 \$ 495,00	22 \$ 990,00	30 \$ 1.350,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00			
Informe mensual de monitoreo	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00			
Mantenimiento anual de SkyConnector	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	30 \$ 4.500,00			
Mantenimiento anual de SkyGateway/SkyExtender	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	7 \$ 1.470,00			
Tarifa mensual uso del espectro de la estación fija	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75			
Tarifa mensual uso del espectro del equipo abonado	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00			
<b>\$</b>	<b>38.979,31</b>	<b>\$ 1.585,00</b>	<b>\$ 1.645,00</b>	<b>\$ 6.768,56</b>	<b>\$ 5.384,00</b>	<b>\$ 2.728,00</b>	<b>\$ 3.088,00</b>	<b>\$ 3.187,00</b>	<b>\$ 1.724,75</b>	<b>\$ 1.724,75</b>	<b>\$ 1.724,75</b>	<b>\$ 1.724,75</b>	<b>\$ 7.694,75</b>		

Tabla 3.14 Costos de la etapa 1, 2 y 3

DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inspección en sitio	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -
Instalación y aprovisionamiento de SkyConnectors	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -
Instalación y aprovisionamiento de SkyGateway/SkyExtenders	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -
Instalación de pararrayo	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -								
Concesión operación de la red			0 \$ -									
Monitoreo	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00	37 \$ 1.665,00
Informe mensual de monitoreo	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00	1 \$ 10,00
Mantenimiento Anual	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	0 \$ -	30 \$ 4.500,00
Mantenimiento anual SkyGateway/SkyExtender												7 \$ 1.470,00
Tarifa mensual uso del espectro estación fija	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75	7 \$ 8,75
Tarifa mensual uso del espectro abonado	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00	41 \$ 41,00
<b>\$</b>	<b>26.667,00</b>	<b>\$ 1.724,75</b>	<b>\$ 7.694,75</b>									

Tabla 3.15 Costo mensual de monitoreo y mantenimiento preventivo de la red inalámbrica

### 3.3 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

<sup>[7]</sup> Empresa Conectividad Global.

<sup>[2]</sup> Proyecto Quito Educ@net.

<sup>[28]</sup> Dirección Metropolitana de Planificación Territorial de Quito.

[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_1\\_cartografia\\_basica/mapas/mapa\\_1\\_1\\_1.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_1_cartografia_basica/mapas/mapa_1_1_1.jpg).

### 3.4 BIBLIOGRAFÍA

- ACT. Consideraciones para implementación de videoconferencia vía IP  
[www.grupoact.com](http://www.grupoact.com).
- Pedreira J., Fernández P., Del Molino P., y Pareja J. (2006). Red Inalámbrica Municipal de Banda Ancha WiMax del Ayuntamiento de Mijas. Tecnimap-Sevilla.  
[http://www.csae.map.es/csi/tecnimap/tecnimap\\_2006/04T\\_PDF/red%20inalambrica%20municipal.pdf](http://www.csae.map.es/csi/tecnimap/tecnimap_2006/04T_PDF/red%20inalambrica%20municipal.pdf)
- Segrelles J., Momo M., Corral P., y Ibáñez J. Diseño e implementación de una red inalámbrica basada en el estándar 802.11 de arrea extensa en la población de Montaverner. Universidad Miguel Hernández. España  
[http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos\\_gandia\\_2005/articulos/NC2/260.pdf](http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos_gandia_2005/articulos/NC2/260.pdf)

## CAPÍTULO 4

# PLAN PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y LA GESTIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

### 4.1 RESUMEN

Este capítulo expone un plan de seguridad y gestión para la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net, basado en el RFC 2196 “Manual de Seguridad del Sitio (*Site Security Handbook*)” y el Modelo de Gestión de Internet.

El plan describe los procedimientos para la gestión y seguridad de la red inalámbrica para garantizar que los centros beneficiarios de la red reciban un nivel de servicio de calidad en cuanto a confiabilidad, integridad, disponibilidad de servicio y seguridad.

### 4.2 DETALLE GENERAL DE LA RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net está detallada de la siguiente manera:

**Los servicios a ser ofertados por la red:** correo electrónico, Web, Sistema de Gestión Académica (SGA y SGAV), FTP, DNS videoconferencia, VoIP y *e-learning*.

**Acceso a los servicios:** Los usuarios de los centros beneficiarios que accederán a los servicios ofertados por el *Datacenter* a través de la red inalámbrica, y los usuarios externos que accederán desde el Internet a la información del SGA a través del SGAV. El personal de administración de la red quien tiene acceso a los dispositivos inalámbricos y a su configuración.

#### 4.4.1 Identificación de activos fijos

El personal de administración debe determinar los activos que forman parte de la red inalámbrica a proteger y gestionar, para ello se debe realizar un inventario real de la red inalámbrica. A través del inventario, el personal de administración puede conocer cuantos equipos existen y en que condiciones se encuentran.

En el inventario se deben considerar aspectos como:

1. **Hardware e instalaciones:**
  - *SkyGateway*: Punto de acceso a los servicios del *Datacenter*
  - *SkyExtenders*: Repetidores
  - *SkyConnectors*: Equipos instalados en los centros beneficiarios
  - Enlaces de conectividad
  - Instalaciones físicas del equipo
  - Servidor EMS: Servidor de monitoreo y aprovisionamiento
  
2. **Software:**
  - Herramientas de administración y control de la red inalámbrica
  - *Firmware*
  
3. **Documentación:**
  - Manuales de instalación y configuración de los equipos inalámbricos
  - Información sobre la ubicación y cambios de la red inalámbrica
  - Esquema gráfico de la red inalámbrica
  - Archivos de configuración de cada uno de los equipos inalámbricos

#### 4.4.2 Identificación de las amenazas

Los miembros de la organización conjuntamente con el personal de administración de la red deben determinar mediante un análisis cuales son las amenazas y vulnerabilidades que podrían atentar con la seguridad de la red inalámbrica.

Entre las amenazas y vulnerabilidades que se han encontrado en función de la información obtenida del análisis de la situación actual del Proyecto Quito Educ@net se tienen:

**Instalación de equipos *SkyPilot*:** los dispositivos inalámbricos se encuentran ubicados, en su mayoría, en los techos o terrazas de las instituciones, no se encuentran aterrizados, no cuentan con un pararrayos, y varios de ellos no tienen protección para el cable UTP; también se ha observado que los equipos no se han instalado de acuerdo con los requerimientos básicos para su funcionamiento propuestos por su fabricante.

**Funcionamiento de los equipos *SkyPilot*:** los centros beneficiarios no cuentan con sistemas de respaldo en caso de cortes del suministro eléctrico.

**Procedimiento de Incidentes:** el Proyecto Quito Educ@net no cuenta con un plan de manejo de incidentes en caso de que un equipo inalámbrico presente problemas o fallas en su funcionamiento, ni tampoco cuenta con un seguro aplicable en el caso de robo de los equipos.

**Aprovisionamiento de equipos *SkyPilot*:** los dispositivos inalámbricos no se encuentran configurados, actualizados e instalados adecuadamente, debido a que personal sin conocimiento apropiado de la tecnología ha manipulado la configuración de los dispositivos inalámbricos.

**Control de acceso:** el Proyecto Quito Educ@net no cuenta con políticas de acceso para el control de quienes tienen acceso a los equipos y sus

conexiones. Esto se ha evidenciado en la mayoría de establecimientos beneficiados.

### **4.3 PLAN DE SEGURIDAD Y GESTIÓN DE LA RED INALÁMBRICA DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET**

La red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net, implementada con tecnología *SkyPilot*, permite a los centros beneficiarios acceder a los servicios de propósito educativo alojados en el *Datacenter*, por lo cual es importante definir medidas de seguridad que proporcionen seguridad a la red y que mediante una gestión controle cada uno de sus elementos.

Este plan tiene por objetivo definir un conjunto de procedimientos de seguridad y gestión aplicables a la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net que permitan mantener la red integra, operativa, documentada, disponible, fiable y constantemente controlada con el fin de optimizar el uso de los recursos tecnológicos de la red inalámbrica.

Las propuestas planteadas para las medidas de seguridad se han desarrollado en base al RFC 2196; mientras que la administración de la red se hace en base al modelo de gestión de Internet basado en el protocolo SNMP.

Este plan se debe considerar como una guía que deberá ser conocida por todos los usuarios y administradores de la red inalámbrica. Este plan debe estar sujeto a un mejoramiento continuo, es decir, debe ser modificado y adecuado según las nuevas necesidades y circunstancias que se presenten en la red inalámbrica, por lo tanto, será responsabilidad de los miembros que conforman el Proyecto Quito Educ@net reajustar este plan en los aspectos que los ameriten.

El plan de administración y gestión contempla los siguientes puntos:

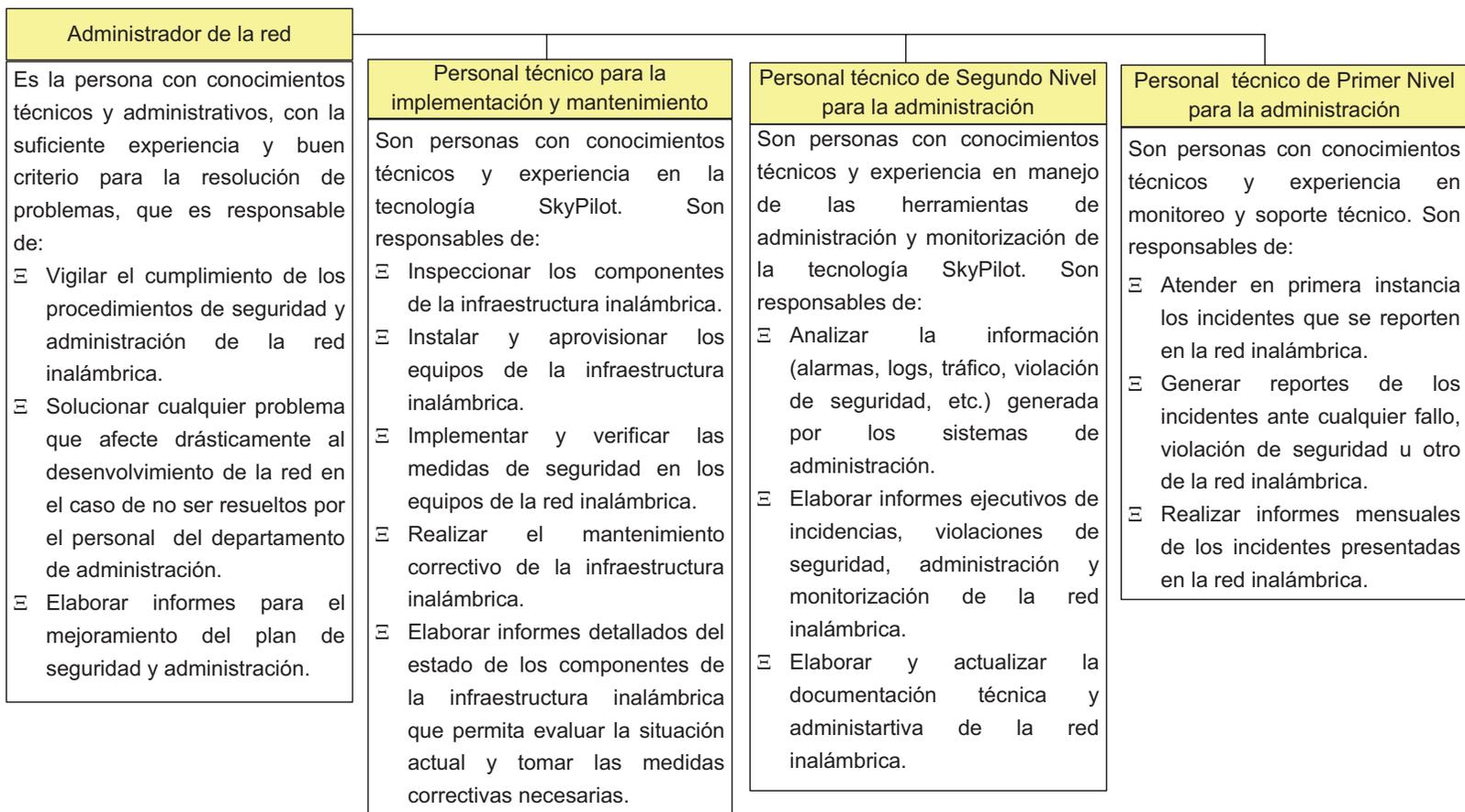
1. Responsables de la seguridad, administración y gestión de la red inalámbrica
2. Seguridad
3. Procedimientos
4. Documentación y Respaldos
5. Herramientas de Administración de la red *SkyPilot*
6. Mejoramiento continuo

**1. Responsables de la seguridad, administración y gestión de la red inalámbrica**

- Es responsabilidad del departamento de administración asegurar, controlar y monitorear los equipos y recursos de la infraestructura de la red inalámbrica.
- El departamento de administración debe proveer asistencia y recomendaciones a los usuarios sobre los equipos inalámbricos.
- Debe llevar una documentación completa sobre la red inalámbrica que le permita mantener un control de la red y solucionar incidentes.
- Informar a los usuarios de la red sobre las condiciones de uso de la red inalámbrica.

Para cumplir con estas tareas se requiere: un administrador de la red, un técnico de segundo nivel, un técnico de primer nivel y dos técnicos para implementación y mantenimiento, cuyas tareas se especifican en el gráfico 4.1.

## Nivel de Escalamiento



**Gráfico 4.1 División de tareas del personal de administración y gestión de la red inalámbrica**

## 2. Seguridad

### 2.1 Protección de la Infraestructura

El departamento de administración debe verificar que cada equipo inalámbrico *SkyPilot* para su funcionamiento cumpla con las siguientes condiciones:

- Los dispositivos inalámbricos deben ser ubicados dentro del rango de cobertura que la red permite.
- Se deben colocar las tapas protectoras que cada dispositivo trae en su kit de instalación.
- Se debe revisar que los equipos operen en el rango de temperatura de -40°C a 55°C.
- Se debe verificar que tanto el cable de conexión al dispositivo inalámbrico como el cable de conexión a la red interna del centro beneficiario sea por lo menos un cable *Ethernet* UTP CAT-5e.
- Se debe revisar que el adaptador de fuente de alimentación sea de 24 VDC.
- El lugar donde está instalado el equipo inalámbrico debe contar con un sistema a tierra para poder aterrizar el dispositivo inalámbrico.
- El cable que se utilice para conectarse al sistema de tierra debe ser por lo menos un cable de cobre tipo AWG #10.
- Se debe considerar la instalación de un pararrayos en zonas propensas a descargas eléctricas.
- Se debe considerar el uso de sistemas de respaldo (UPS, banco de baterías u otras fuentes de suministro de energía eléctrica) para mantener el servicio disponible en casos de cortes del suministro eléctrico.
- Se debe verificar que los cables de conexión en exteriores tenga las debidas protecciones.

## 2.2 Protección de la red

El departamento de administración debe proteger la información que se transfiere por la red inalámbrica con el objetivo de evitar que personas no autorizadas tengan acceso a mencionada información, para ello puede hacer uso de las siguientes opciones:

- Usar Redes Privadas Virtuales (VPN)
- Usar Cortafuegos
- Usar Proxy
- Usar listas de control de acceso
- Usar Redes Virtuales (VLAN)
- Usar filtros tales como:
  - Filtro por tipo de *Ethernet*
  - Filtro por Protocolo IP
  - Filtro por Dirección IP
  - Filtro por Puerto
- El proyecto Quito Educ@net debe contratar y renovar un seguro contra robo y daños para los recursos de la red inalámbrica.

## 2.3 Seguridad de los servicios y procedimientos

### 2.3.1 Autenticación

El departamento de administración debe considerar en respecto a la autenticación los siguientes puntos:

- Cambiar la clave de acceso para administración y *netkey* por defecto de los equipos inalámbricos SkyPilot por contraseñas alfanuméricas de mínimo 6 caracteres.
- Las claves de acceso para la administración y *netkey* deben ser conocidas y documentadas solamente por el departamento de administración.

### 2.3.2 Autorización

El departamento de administración debe considerar con respecto a la autorización los siguientes puntos:

- Notificar y autorizar la compra, implementación o desinstalación de un recurso de la infraestructura inalámbrica *SkyPilot*.
- Registrar en el **Registro de Equipos de la Red Inalámbrica**, nuevos equipos *SkyPilot* adquiridos.
- Realizar y documentar un inventario anual de los equipos de la red inalámbrica *SkyPilot* en base al **Registro de Equipos de la Red Inalámbrica**.

### 2.3.3 Acceso

Los miembros del departamento de administración son los únicos que deben tener acceso a la administración de la red inalámbrica, mientras que los equipos *SkyPilot* autenticados pueden tener acceso a los servicios ofertados por la red, para ello el departamento de administración debe considerar en respecto al acceso los siguientes puntos:

- El acceso a la configuración de los equipos inalámbricos *SkyPilot* se debe realizar a través de la herramienta *SkyProvision*. En el caso de fallar la herramienta *SkyProvision* se puede acceder a través de la Interfaz Web de administración o por accesos ssh.
- Bloquear el acceso de los usuarios de la red a la Interfaz Web de administración y ssh de los dispositivos inalámbricos *SkyPilot*.
- Los miembros del departamento de administración deben identificarse antes de realizar labores de mantenimiento o administración en sitio de un recurso de la red inalámbrica *SkyPilot*.

### 2.3.4 Condiciones de uso

Los usuarios de la red inalámbrica deben aceptar y cumplir con las condiciones de uso que se proponen a continuación:

- La conexión es de uso exclusivo del centro beneficiario.
- Los usuarios no pueden acceder a los recursos de la red inalámbrica *SkyPilot* si no cuentan con la debida autorización.
- El centro beneficiario es responsable del equipo inalámbrico *SkyPilot* instalado, y no debe modificar o mover el equipo *SkyPilot*.
- El centro beneficiario debe ser responsable de la utilización que hagan sus estudiantes y personal de los recursos de la red inalámbrica *SkyPilot*. En el caso de que un centro beneficiario haga un mal uso de los recursos de la red inalámbrica *SkyPilot*, se le sancionará mediante el **Procedimiento para equipos de uso indebido**.
- Esta prohibido el monitoreo no autorizado de datos o del tráfico de la red inalámbrica, así como también la búsqueda de vulnerabilidades de los equipos de la red o de las redes de otros usuarios.
- Ningún centro beneficiario esta autorizado para acceder a la red, información o sistemas de otro centro beneficiario.
- Los servicios a los cuales se acceden a través de la red inalámbrica son exclusivamente de uso educativo.

## 3. Procedimientos

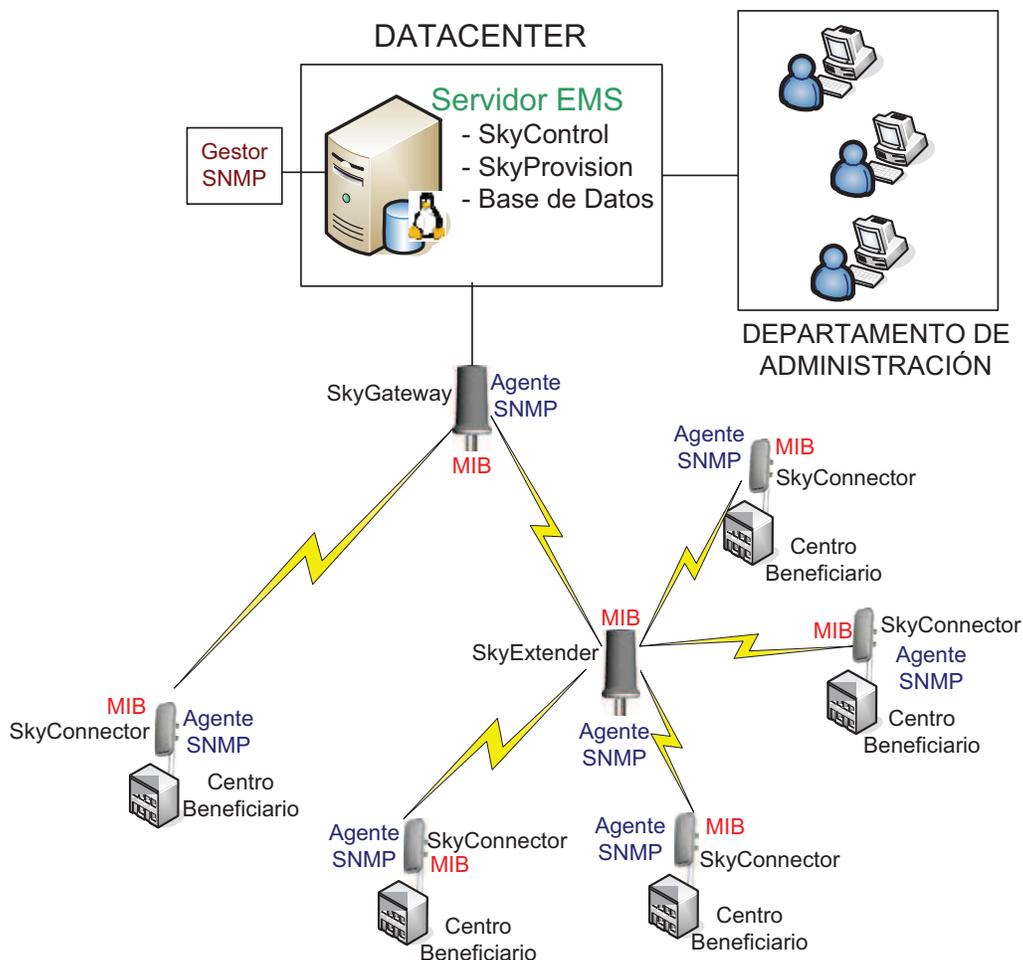
### 3.1 Procedimiento para equipos de uso indebido

Este procedimiento pretende definir los pasos que Quito Educ@net debe seguir en caso de que un equipo se comporte anómalamente; para ello se debe tomar muy en cuenta que todo equipo inalámbrico que no utilice la red para los fines propuestos por el Proyecto debe ser desconectado de la red inmediatamente.

- El departamento de administración de la red inalámbrica debe desconectar el equipo de la red y enviar una notificación al Proyecto Quito Educ@net.
- Los centros beneficiarios serán penalizados según la gravedad y afectación que se ha provocado a la red inalámbrica:
  - **Gravedad menor:** se consideran acciones que no afecten gravemente al desenvolvimiento de la red, no provoquen daños en la red inalámbrica o en la red de algún centro beneficiario; bajo estas circunstancias, el departamento de administración enviará una notificación al responsable del centro beneficiario, con el fin de que se revise y presente un informe indicando la razón por la que se presentó el problema.
  - **Gravedad severa:** son aquellas acciones que han afectado drásticamente a la red, entre esto se considera el monitoreo no autorizado, acceso a información, redes, claves o cualquier otro recurso no autorizado, etc.; incluye repetición de acciones de gravedad menor en varias ocasiones, estos centros beneficiarios pueden perder el privilegio de acceso a la red inalámbrica y a posibles sanciones que deberán ser estipulados por el proyecto Quito Educ@net.
- Equipos SkyPilot inalámbricos conectados y no autorizados, deben ser bloqueados y desconectados de la red.

### 3.2 Procedimiento de Control y Gestión

Para la aplicación del modelo de gestión de Internet, se establece el siguiente esquema de gestión y monitoreo; ver el gráfico 4.2 para control de la red inalámbrica:



**Gráfico 4.2 Esquema de gestión y monitoreo**

Para monitorear, gestionar y controlar la red inalámbrica, el departamento de administración debe activar y configurar los agentes SNMP en cada dispositivo SkyPilot (*SkyGateway*, *SkyExtenders* y *SkyConnectors*) y el gestor SNMP en la estación de gestión, para que el protocolo SNMP pueda ser entendido por toda la red. El departamento de administración debe conocer el tipo de MIBs que soporta la tecnología *SkyPilot* (MIB-II, MIBs *EtherLike* y *Bridge*).

El departamento debe instalar y configurar un servidor EMS (*SkyControl*, *SkyProvision*, Base de Datos); éste servidor tiene como función registrar los sucesos que se generen en la red, las notificaciones generadas por los dispositivos de la red inalámbrica, entre otros.

El departamento de administración de la red debe monitorear los equipos inalámbricos continuamente para analizar y verificar el comportamiento del tráfico en la red, la seguridad de la red para prevenir accesos no autorizados y la caracterización del tráfico (http, ftp, dns, etc.); de esta forma se determina si el tráfico circulante es el permitido o no.

El departamento de administración tiene que controlar la utilización de los enlaces, con el fin de evaluar si es necesario incrementar nuevos equipos inalámbricos para mejorar el rendimiento, capacidad, disponibilidad, seguridad y confiabilidad de la red.

El departamento de administración es responsable de la instalación y configuración de equipos SkyPilot nuevos, este proceso debe ser realizado según el **Procedimientos para la instalación y configuración de equipos**.

El proyecto Quito Educ@net debe homologar los equipos para su funcionamiento legal en el país.

### **3.3 Procedimientos para la instalación y configuración de equipos**

Previo a la instalación, configuración o actualización de un equipo, el departamento de administración de la red debe notificar al Proyecto Quito Educ@net sobre el suceso.

El departamento de administración debe dirigirse al centro beneficiario para realizar el montaje del equipo inalámbrico.

El departamento de administración debe proporcionar la “**plantilla de registro de equipos de la red inalámbrica**” para que se tomen los datos después de la instalación.

Cuando se realice una nueva instalación, el departamento de administración debe constatar que el montaje del equipo cumpla con los procedimientos y condiciones adecuadas propuestas en “**Protección de la Infraestructura**”.

Una vez que el equipo ha sido instalado a la red, debe ser configurado para que pueda estar operativo y hacer uso de la red, para ello el departamento de administración, a través de la herramienta de aprovisionamiento *SkyProvision*, debe realizar la configuración del equipo inalámbrico; en caso de fallar el sistema de aprovisionamiento se realizará provisionalmente este procedimiento de configuración de forma manual vía línea de comandos.

Cuando se realice una configuración nueva de un equipo inalámbrico, el departamento de administración debe constatar que la configuración esté de acuerdo a la **“Plantilla de configuración de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net”** y a las condiciones propuestas en **“Protección de la red”**.

### 3.4 Procedimiento para la asignación de la capacidad

El departamento de administración para realizar la asignación de capacidad a los centros beneficiarios, debe regirse por la tabla 4.1.

Clasificación	# Ordenadores	Capacidad Downstream (Kbps)	Capacidad Upstream (Kbps)
Nivel 1	1 – 9	256	64
Nivel 2	10 – 19	384	96
Nivel 3	20 – 39	512	128
Nivel 4	40 – 59	768	192
Nivel 5	60 – 79	1024	256
Nivel 6	80 – 100	2048	512

**Tabla 4.1 Capacidad asignada según el número de ordenadores**

En casos en que un centro beneficiario requiera de una asignación distinta a la que le corresponde, el departamento de administración previa autorización del coordinador del Proyecto Quito Educ@net procederá a realizar el cambio.

### 3.5 Manejo de incidentes

En este punto se establecerán los pasos que se debe seguir ante incidentes causados por fallos o daño total del equipo inalámbrico, problemas de conexión a la red o cualquier otra eventualidad que se presente.

### 3.4.1 Prevención

- El Proyecto Quito Educ@net debe mantener en stock: 3 *SkyConnectors* y 1 *SkyExtender*, para reemplazo en el caso de que un equipo se averíe o no funcione correctamente.
- El Proyecto Quito Educ@net debe tener un registro del contacto del proveedor de los equipos y conocimiento de los procedimientos para enviar a reparar los equipos dañados si no se encuentra una solución en el país.

### 3.4.2 Notificación

1. El centro beneficiario debe generar un reporte en el que explique el problema o inquietud.  
Se debe aclarar que las notificaciones que se realicen deben ser exclusivamente sobre el equipo inalámbrico o problemas con la conectividad a la red inalámbrica.
2. Las notificaciones son recibidas por el departamento de administración, quienes deberán determinar el origen de la falla y solucionarlo.

### 3.4.3 Identificación de un Incidente

Los incidentes que presente la red pueden deberse a las siguientes razones:

- **Físico:** El daño parcial o completo del dispositivo inalámbrico o alguno de sus elementos que permiten su funcionamiento (cables, PoE, Adaptador, etc.). En caso de que alguno de los equipos presente fallas en el hardware, y sea necesario su reparación, el Proyecto Quito Educ@net debe gestionar el envío al fabricante.
- **Software:** Problemas que presente el *firmware* del equipo que provoque que éste no funcione correctamente.

- **Manipulación:** La Institución por equivocación puede desconectar el equipo o manipular su conexión causando de esta forma su mal funcionamiento.
- **Robo del equipo inalámbrico**

El departamento de administración puede hacer uso de las siguientes utilidades básicas para identificar cierto tipo de incidentes:

- **ping:** Utilidad de capa 3
- **nodetest:** Es una prueba al nodo a nivel de capa 2
- **reboot:** Reinicio del equipo
- **traceroute:** Traza el camino desde el nodo local a través de la red mallada hasta el *SkyGateway*

### 3.4.4 Solución de el incidente

Una vez detectado el incidente, se pueden aplicar las siguientes medidas para la corrección y solución de incidentes:

#### 3.4.4.1 Problemas de alimentación de energía

#### 3.4.4.2

<b>1</b>	<b><i>Chequear si el dispositivo está conectado a la alimentación:</i></b>	
<b>a</b>	Verificar que el dispositivo esté conectado a la fuente de alimentación AC.	Si está conectado dirigirse al paso b. Si no está conectado, conecte y reinicie.
<b>b</b>	Probar la alimentación de energía con un medidor de voltaje.	Si el voltaje de la fuente de alimentación es correcto, dirigirse al paso 2. Si el voltaje de la fuente de alimentación no es correcto, reemplace la fuente de alimentación y reinicie.
<b>2</b>	<b><i>Chequear si el power inyector está bien:</i></b>	
	Chequear si la luz roja está encendida en el <i>power inyector</i> , es decir que el led del PoE esté iluminado.	Si la luz roja está iluminada, dirigirse al paso 3. Si la luz roja no está iluminada, reemplace el <i>power inyector</i> y reinicie.

<b>3</b>	<b>Chequear si el dispositivo está correctamente cableado:</b>	
	Verificar que el dispositivo esté conectado al <i>power inyector</i> con un cable director.	Si el cable correcto es usado, dirigirse al paso 4. Si el cable no es el correcto, reemplace el cable y reinicie.
<b>4</b>	<b>Chequear si el cable está defectuoso:</b>	
	Use un probador de cables para chequear el cable.	Si el cable no está defectuoso, dirigirse al paso 5. Si el cable es defectuoso, reemplace y reinicie.
<b>5</b>	<b>Chequear si el cable está conectado en el puerto correcto:</b>	
	En un <i>SkyGateway</i> o <i>SkyExtender</i> , se debe confirmar que el cable esté conectado en la interfaz <i>Ethernet</i> horizontal y en el puerto serial.	Si el cable está conectado en el puerto serial, coloque en la interfaz <i>Ethernet</i> y reinicie. Si el cable está conectado en el puerto correcto en el <i>SkyGateway</i> o <i>SkyExtender</i> , o si el dispositivo es un <i>SkyConnector</i> , contacte al soporte de <i>SkyPilot</i> .

### 3.4.4.3 Problemas de conectividad de *Ethernet*

<b>1</b>	<b>Chequear si el dispositivo está conectado con el cable apropiado:</b>	
	<p>Verificar que los dispositivos estén usando cables par trenzados UTP CAT5e:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable directo entre el <i>power inyector</i> y el dispositivo.</li> <li>• Para los <i>SkyExtenders</i> y <i>SkyGateways</i>: el cable directo entre el <i>power inyector</i> y el <i>switch Ethernet</i>.</li> <li>• Para <i>SkyExtenders</i> y <i>SkyGateways</i>: cable cruzado entre el <i>power inyector</i> y el computador.</li> </ul>	Si el cable es el correcto, dirigirse al paso 2. Si el cable es el incorrecto, reemplace y reinicie.
<b>2</b>	<b>Chequear si el cable está defectuoso:</b>	
	Use un probador de cables para chequear el cable.	Si el cable no está defectuoso, dirigirse al paso 3. Si el cable está defectuoso, remplace y reinicie.
<b>3</b>	<b>Chequear si la interfaz <i>Ethernet</i> está habilitada en todos los dispositivos de red conectados al dispositivo <i>SkyPilot</i>:</b>	
	Verificar que la interfaz <i>Ethernet</i> está	Si la interfaz <i>Ethernet</i> está habilitada en todos

	habilitada en todos los dispositivos conectados al equipo <i>SkyPilot</i> .	los dispositivos, dirigirse al paso 4.
<b>4</b>	<b>Chequear si todos los dispositivos son capaces de autonegociar una conexión Ethernet:</b>	
<b>a</b>	Confirmar que cada dispositivo de la red es capaz de autonegociar una conexión <i>Ethernet</i> .	Si la interfaz <i>Ethernet</i> está habilitada y la configuración es correcta dirigirse al paso b. Si la configuración para cualquier dispositivo es incorrecta, modifique la configuración y reinicie el dispositivo.
<b>b</b>	Para chequear el dispositivo <i>SkyPilot</i> , use el comando <b>show eth</b> para revisar las configuraciones.	Si las configuraciones para el dispositivo son incorrectas, use el comando <b>set eth</b> para modificar la configuración <i>Ethernet</i> , y reinicie el dispositivo. Si la configuración del dispositivo está correcta y el problema persiste, contacte al soporte técnico de <i>SkyPilot</i> .

#### 3.4.4.4 Problemas de conectividad IP

La primera causa de problemas de conectividad IP en los dispositivos *SkyPilot* se debe a fallas en la señal GPS (en el caso del *SkyGateway* o *SkyExtender*), la localización del dispositivo en una subred incorrecta, y conflictos con soluciones de administración de VLAN.

<b>1</b>	<b>Chequear si el SkyGateway es capaz de adquirir la señal del GPS:</b>	
	Autenticarse en el <i>SkyGateway</i> mediante el puerto serial y observar la pantalla de inicio para verificar la adquisición de la señal GPS.	Si la salida confirma que el <i>SkyGateway</i> está recibiendo la señal del GPS, dirigirse al paso 2. Si el <i>SkyGateway</i> falla en la adquisición de la señal, moverse a otro lugar y reinicie.
<b>2</b>	<b>Chequear si el SkyGateway está en la subred correcta:</b>	
	Use el comando <b>show prov</b> para verificar que el <i>SkyGateway</i> esté configurado con la IP deseada.	Si el comando muestra la IP correcta, dirigirse al paso 3. Si muestra una IP incorrecta, usar el comando <b>set ip</b> para asignar la IP correcta, y reinicie el <i>SkyGateway</i> .
<b>3</b>	<b>Chequear si las configuraciones de la VLAN están impidiendo el acceso al SkyGateway:</b>	
	Use el comando <b>show vlan</b> para	Si el <i>SkyGateway</i> ha sido incorrectamente

	chequear si una VLAN está configurada en el <i>SkyGateway</i> .	configurada en una VLAN, modifique con el comando <b>set vlan</b> y reinicie.
--	---	---

### 3.4.4.4 Problemas de transmisión con el *SkyGateway*

#### a) Problemas de transmisión si el modo de aprovisionamiento es manual

<b>1</b>	<b>Chequear si el <i>SkyGateway</i> está en modo de aprovisionamiento manual:</b>	
	Autenticarse en el <i>SkyGateway</i> mediante el puerto serial y usar el comando <b>show prov</b> para confirmar el modo de aprovisionamiento.	<p>Si no se encuentra en modo de aprovisionamiento manual, use el comando <b>set prov manual</b> para configurar el modo, y reinicie el <i>SkyGateway</i>.</p> <p>Si el <i>SkyGateway</i> está aprovisionado en modo manual y no es posible transmitir señales, contacte al soporte técnico de <i>Skypilot</i>.</p>

#### b) Problemas de transmisión si el modo de aprovisionamiento es automático

<b>1</b>	<b>Chequear si el <i>SkyGateway</i> está adquiriendo su configuración IP desde DHCP:</b>	
	Autenticarse en el <i>SkyGateway</i> mediante el puerto serial y usar el comando <b>show dhcp</b> para confirmar que el <i>SkyGateway</i> está recibiendo la correcta configuración IP, que incluye dirección IP, máscara de subred, gateway por defecto, servidor http ( <i>SkyProvision</i> ), y servidor ftp ( <i>SkyProvision</i> ).	<p>Si el comando muestra que el dispositivo recibe la configuración IP correcta, dirigirse al paso 2.</p> <p>Si el dispositivo no recibe las configuraciones correctas desde el DHCP, modificar la configuración con el servidor DHCP y reiniciar.</p>
<b>2</b>	<b>Chequear si el <i>SkyGateway</i> ha recibido el archivo de configuración con los parámetros correctos:</b>	
	<p>Un <i>SkyGateway</i> recibe un aprovisionamiento automático desde el servidor <i>SkyProvision</i>.</p> <p>Use el comando <b>show config</b> para confirmar que el dispositivo ha recibido la información correcta,</p>	Si el comando indica que el <i>SkyGateway</i> no obtiene la configuración desde el <i>SkyProvision</i> o recibe configuraciones incorrectas, primero confirme que el servidor <i>SkyProvision</i> está funcionando. Si está, modificar la configuración y reiniciar.

	<p>incluyendo la frecuencia deseada y el dominio. Si las configuraciones no están presentes, el <i>SkyGateway</i> no recibe el archivo de configuración.</p> <p>Se puede revisar el contenido del archivo <b><i>/var/log/messages</i></b> en el servidor <i>SkyProvision</i> para verificar que el <i>SkyGateway</i> está respondiendo a la configuración y que el <i>SkyProvision</i> también lo hace.</p>	<p>Si la salida indica que el <i>SkyGateway</i> está configurado correctamente desde el servidor <i>SkyProvision</i>, contacte al soporte técnico de <i>SkyPilot</i>.</p>
--	---	---

### 3.4.4.5 Problemas con el estado de los enlaces

1	<b><i>Chequear si el dispositivo está escuchando la frecuencia deseada:</i></b>	
a	<p>Inicialmente, un dispositivo <i>SkyPilot</i> escanea frecuencias que están en su lista de frecuencia primaria o frecuencias permitidas.</p> <p>Use el comando <b><i>show prov freq</i></b> en el dispositivo para verificar que la frecuencia deseada esté en la lista.</p>	<p>Si el comando indica que la frecuencia deseada está en la lista, dirigirse al paso b.</p> <p>Si la frecuencia deseada no está en la lista, use el comando <b><i>set freq</i></b> para especificarla.</p>
b	<p>Use los comandos <b><i>set log hello 3</i></b> y (solo Telnet) <b><i>debug on</i></b> para observar las frecuencias buscadas en tiempo real.</p>	<p>Si el log confirma que el dispositivo está en la frecuencia deseada, dirigirse al paso 2.</p> <p>Si el log muestra que el dispositivo no está en la frecuencia deseada, use el comando <b><i>set freq</i></b> para especificar la frecuencia deseada como la frecuencia primaria, y reiniciar.</p>
2	<b><i>Chequear si el dispositivo está detectando señales desde otros dispositivos:</i></b>	
a	<p>Use el comando <b><i>show link</i></b> para encontrar si el dispositivo recibe paquetes hello desde un <i>SkyGateway</i> o <i>SkyExtender</i>.</p> <p>Use el comando <b><i>set log hello 3</i></b> y (solo Telnet) <b><i>debug on</i></b> para observar la frecuencia buscada en tiempo real.</p> <p>El log informa si el dispositivo está recibiendo paquetes <i>hello</i> desde otro</p>	<p>Si el comando indica que el dispositivo no recibe paquetes <i>hello</i>, se debe mover el equipo a otra localidad.</p> <p>Si se confirma la recepción de paquetes <i>hello</i>, dirigirse al paso 3.</p>

	dispositivo cuando se conecta en la frecuencia deseada.	
<b>3</b>	<b>Chequear si el dispositivo está fallando al empezar la optimización:</b>	
<b>c</b>	Usar el comando <b>show link</b> para verificar el estado del enlace, si esté ha cambiado de <b>inactive</b> a <b>non-opt</b> indica que tiene problemas en la optimización. Adicionalmente se debe revisar el valor del RSSI, si éste es menor a 10 indica que la señal está débil, debe ser de preferencia mayor a 20.	<p>Si las tablas indican valores menores a 10 en el RSSI y se mantiene en el mismo estado, se debe incrementar un nuevo <i>SkyExtender</i> para mejorar la cobertura y la señal.</p> <p>Si el RSSI es correcto pero el dispositivo mantiene su estado es probable que éste recibiendo interferencia, se debe monitorear el área para corregir el problema.</p>
<b>4</b>	<b>Chequear si el dispositivo está fallando para completar el link de optimización:</b>	
	Usar el comando <b>show link</b> para verificar que el estado del enlace es <b>pre-auth</b> ; ésto indica que el dispositivo ha pasado de <b>non-opt</b> a la fase de preautorización.	Si el enlace no presenta el cambio de estado, se debe verificar los valores del RSSI y el número de paquetes hello (el dispositivo no completará la optimización de un enlace hasta los 5 paquetes escuchados); si los valores del RSSI son correctos el problema se debe a ruido que está interfiriendo, esta interferencia provoca la reducción del número de paquetes recibidos. Si los problemas continúan se debe ajustar el montaje del dispositivo o trasladarlo a otro lugar.
<b>5</b>	<b>Chequear si el dispositivo está en la autenticación de enlace:</b>	
<b>a</b>	Verificar si el equipo se encuentra en el estado <b>standby</b> , lo que indica que el enlace ha sido autorizado. Si la autenticación falla retornará al estado <b>auth-fail</b> e <b>inactive</b> . Use el comando <b>verifykey</b> para confirmar la presencia de un par de llaves <i>SkyPilot</i> publica/privada para el dispositivo.	<p>Si el par de llaves existe, dirigirse al paso b.</p> <p>Si el par de llaves no existe se debe contactar a SkyPilot para solicitarlas.</p>
<b>b</b>	Use el comando <b>show netkey</b> , para confirmar que el <i>netkey</i> es idéntico al valor de todos los otros dispositivos conectados.	<p>Si el <i>netkey</i> no es correcto use el comando <b>set netkey</b> para modificarlo, y reinicie.</p> <p>Si todo es correcto y continúan los problemas, contacte al soporte técnico de <i>SkyPilot</i>.</p>

### 3.4.5 Reporte del fallo

Una vez solucionado el problema, el departamento de administración debe generar un **Reporte de Incidencia**.

### 3.6 Mantenimiento

El Proyecto Quito Educ@net a través del departamento de administración debe elaborar un plan anual de mantenimiento que permita revisar la instalación física y realice reajustes a sus configuraciones si es necesario, para prevenir cualquier desperfecto con el hardware o funcionamiento del equipo inalámbrico; el plan debe contemplar por lo menos un mantenimiento semestral a los equipos de la red, en donde se recomienda incluir lo siguiente:

- El departamento de administración de la red inalámbrica debe elaborar una planificación que especifique que días del año se efectuará el mantenimiento de la red, cuanto tiempo se ocupará y cuanto tiempo el servicio no estará disponible.
- El departamento de administración debe enviar una notificación con una semana de anticipación al mantenimiento de la red al proyecto Quito Educ@net y a los usuarios de la red.
- Durante el mantenimiento el departamento de administración debe verificar si no existe ninguna avería o degradación en los cables de conexión o cualquier otro elemento de la estructura de montaje.
- El departamento de administración debe revisar en la página de *SkyPilot* ([www.skypilot.com](http://www.skypilot.com)) nuevas versiones de firmware. Si existen nuevas versiones de firmware se debe realizar una planificación y notificación a los usuarios de la red que indique los días de actualización y el tiempo que ésta tomará.

- Una vez terminado el proceso de mantenimiento de la red inalámbrica, el departamento de administración debe actualizar la información de la red inalámbrica y elaborar un informe acerca de su trabajo, los problemas encontrados y cambios realizados.

#### **4. Documentación y Respaldo**

El departamento de administración debe realizar una documentación de la red inalámbrica que le permita registrar los elementos y recursos de la infraestructura inalámbrica. Los puntos que el departamento de administración debe considerar para documentar la red son:

##### **4.1 Esquema General de la Red Inalámbrica**

El departamento de administración debe realizar el esquema general de la red inalámbrica considerando los siguientes puntos:

- Datos Informativos del equipo SkyPilot (Nombre del Centro Beneficiario, Tipo de SkyPilot, Dirección Física (MAC Address), Dirección Lógica (Dirección IP), y Ubicación Geográfica (Latitud y Longitud).
- Representación gráfica de la topología de la red inalámbrica.
- Representación gráfica de los enlaces de conectividad.

##### **4.2 Registro de Equipos de la Red Inalámbrica.**

El departamento de administración debe elaborar un inventario de los equipos inalámbricos SkyPilot que actualmente forman parte de la red inalámbrica, así como los equipos SkyPilot nuevos, según la siguiente plantilla:

Plantilla descriptiva de un equipo		
IDENTIFICACIÓN		
Fecha de Instalación:		
Código de identificación:	Equipo:	Lugar Instalado:
MAC Address:	No de serie:	Dirección IP:
Responsable del equipo:	Teléfono de contacto:	Correo Electrónico:
INSTALACIÓN		
Altura del equipo:	Posición Geográfica:	Verificación de conexiones:
		<input type="checkbox"/> Tierra
Tipo de estructura:	Soportes adicionales:	<input type="checkbox"/> Cable de conexión
		<input type="checkbox"/> Fuente de alimentación

### 4.3 Configuración de los equipos de la red inalámbrica

El departamento de administración debe documentar los parámetros que se encuentran configurados y activados para el funcionamiento de la red inalámbrica, considerando lo siguiente:

Plantilla de configuración de la red inalámbrica del proyecto Quito Educ@net		
IDENTIFICACIÓN		
Versión de firmware:		
Modo de aprovisionamiento:		
Velocidad de transmisión:		
Dirección lógica de la red:		Máscara de red:
Gateway de la red:		
Dominio:		
Frecuencia de Trabajo:		Potencia de transmisión:
Ethernet:		
Netkey:		Password:
SNMP:		Filtros:
Configuración del Servidor Web:		
Configuraciones adicionales:		

#### 4.4 Reporte de Incidencia

El departamento de administración debe documentar los reportes de incidencia considerando la siguiente plantilla:

Plantilla para el reporte de incidencias	
Número de caso:	Fecha y hora:
Equipo con problema:	
Nombre de la persona que genera el reporte:	
Descripción del problema:	
Técnico asignado:	
Proceso de solución:	
Recomendaciones:	

#### 4.5 Respaldos

- Una vez que el equipo (*SkyConnector*, *SkyGateway* y *SkyExtender*) esté operativo, el personal de administración de la red deberá realizar un respaldo al archivo de configuración, esto servirá en el caso de que alguno de estos equipos tenga algún problema con su configuración, o sean reseteados.
- El departamento de administración debe respaldar el firmware, los logs de los dispositivos inalámbricos *SkyPilot*, la información de monitoreo y gestión contenida en el servidor EMS.
- El departamento de administración debe respaldar la documentación que involucra información sobre los cambios de la red, el registro de cada uno de los equipos, el diseño de la red inalámbrica, las especificaciones técnicas y manuales de funcionamiento de los equipos, licencias.
- Es responsabilidad del Proyecto Quito Educ@net almacenar los respaldos generados por el departamento de administración en un lugar externo seguro.

## 5. Herramientas de Administración de la red

La administración de la red inalámbrica puede ser realizada a través de:

### 5.1 Interfaz de Línea de Comandos (CLI)

SkyPilot proporciona una herramienta para el aprovisionamiento manual de los dispositivos; esto permite la interacción con el equipo a través de comandos.

Se puede acceder a la interfaz de línea de comandos conectando una PC o una portátil a la interfaz Ethernet del dispositivo y usando Telnet para establecer la sesión de comunicación. El *SkyGateway* y *SkyExtender* incluyen un puerto serie para la conexión vía consola a través del cable serial.

### 5.2 Interfaz Web

La interfaz Web provee dos niveles de acceso:

- **Nivel solo de lectura:** Proporciona acceso a una página Web que despliega el estado de operación del dispositivo.
- **Nivel de administración:** Proporciona una clave de protección al acceso a múltiples páginas de contenido y un mecanismo para modificar la configuración del dispositivo monitoreado.

### 5.3 *SkyProvision* EMS

*SkyProvision* es una aplicación desarrollada por *SkyPilot*; permite configurar automáticamente los parámetros de aprovisionamiento de los dispositivos inalámbricos y de la red en general; funciones de administración para la red *SkyPilot*, estos procedimientos se realizan a través del cliente Java *SkyPilot* EMS.

SkyProvision facilita la configuración de un gran número de capacidades, incluyendo las características necesarias para una administración robusta del tráfico, éste posibilita a los administradores una forma fácil de control de tráfico, esta funcionalidad incluye:

- **Administración de tráfico por suscriptor:** Los administradores de red pueden crear varios niveles únicos de velocidades tanto de subida como de bajada; permitiendo que los administradores tengan un control sobre la velocidad del suscriptor.
- **Filtro de Tráfico:** Posibilita a los administradores de red remover cierto tipo de tráfico de la red ya sea entrante o saliente, esto ayuda a maximizar el rendimiento de la red y limitar posibles ataques a la misma.
- **VLANs:** Permite la segmentación de la red para priorizar el tráfico.
- **Priorización de tráfico:** Mediante la priorización los administradores pueden ofrecer calidad de servicio para aplicaciones sensibles a los retardos.

Una vez que el modelo de configuración se haya realizado en el *SkyProvision* será posible que todos los nodos de la red adquieran esta configuración, simplificando notablemente el proceso de aprovisionamiento de los equipos.

*SkyProvision* proporciona capacidades de coordinación que permite a los administradores descargarse automáticamente nuevo software para los dispositivos. *SkyProvision* incluye:

- Base de datos MySQL para almacenar la configuración y datos de aprovisionamiento.
- Servidor FTP que facilita que los dispositivos de la red descarguen los archivos de configuración para las actualizaciones.
- Servidor DHCP para la asignación automática de direcciones IP.

## **5.4 SkyControl**

Es un elemento del sistema de administración que implementa el FCAPS (Fallas, Configuración, Contabilidad, Rendimiento y Seguridad) es un modelo de administración para la red mesh *SkyPilot*. Provee una visualización automática y dinámica de la red; *SkyControl* integra el servicio de mapas de Google Earth para preparar y actualizar los diagramas de red. *SkyControl* proporciona una completa administración de fallas, rendimiento, monitoreo, reportes y alarmas, las cuales son características importantes para operadores de redes inalámbricas de banda ancha en ciudades.

### **5.4.1 Integración del servicio de Google Earth**

Mediante la utilización de Google Earth Pro, los administradores pueden aprovechar de la funcionalidad embebida en la infraestructura de los dispositivos *SkyPilot*, incluir las series *SkyGateway* y series *SkyExtender*; rápidamente genera y actualiza la localización de la red sobre los mapas. Las asociaciones y tipos de los dispositivos son definidos gráficamente con Google Earth Pro y dibuja las frecuencias de acuerdo a un color, proporcionando un diagrama que es configurable a las necesidades del administrador de la red.

### **5.4.2 Administración de Configuración**

*SkyControl* proporciona un método centralizado, eficiente para la administración de la configuración de los dispositivos; la administración de la red incluye un cronograma para la actualización de configuraciones y firmware.

Los perfiles de los servicios pueden ser definidos para especificar características de seguridad y parámetros de calidad de servicio; *SkyControl* proporciona capacidades de respaldo y restauración para la configuración del dispositivo y es capaz de almacenar imágenes múltiples del firmware.

### **5.4.3 Administración de rendimiento**

*SkyControl* proporciona una topología avanzada y capacidades de monitorear gráficamente el rendimiento, adicional a la integración de los servicios de Google Earth. Los administradores son capaces de coleccionar datos y generar reportes para desarrollar hasta 1000 nodos, proporcionado esencialmente escalabilidad para redes municipales.

Usando Google Earth Pro y mediante el uso del GPS, cada dispositivo *SkyPilot* es representado gráficamente para crear diagramas de red dinámicos, los dispositivos *SkyPilot* son colocados con precisión en el mapa del terreno. *SkyControl* muestra datos descriptivos del rendimiento del enlace para cada dispositivo, y representa gráficamente las asociaciones de los enlaces entre nodos. Si la red cambia, *SkyControl* permite que los diagramas se actualicen en tiempo real, lo que aumentará en gran medida la exactitud de la red, ayudando al proceso de supervisión.

### **5.4.4 Administración de seguridad**

Los proveedores de servicio tienen gran control sobre la administración de usuarios, incluyendo la creación de cuentas de usuario y grupos de usuarios, y permisos de acceso funcional en ambos niveles. La red *SkyPilot* soporta implementaciones de VLAN, y el *SkyControl* permite para el control centralizado de la autorización de usuario a través del interior de la red, incluyendo la prevención de asociación de enlaces no permitidos en la red inalámbrica.

### **5.4.5 MIBs SkyPilot**

*SkyControl* permite la personalización del sistema de administración SNMP para monitorear y para la gestión en tiempo real de los dispositivos. La información coleccionada es almacenada en el servidor EMS, en su base de datos. Cuando se añade un dispositivo a la red, *SkyPilot EMS* automáticamente crea los siguientes datos de colección para el dispositivo:

- *Estado de poleo*: Colecta el estado del dispositivo cada 60 segundos, por defecto.
- *Estadísticas*: Colecta un arreglo de estadísticas del dispositivo en un intervalo de 120 segundos.

La implementación del SNMP en SkyControl incluye:

- La comunidad por defecto es *public* (solo lectura) y *private* (lectura y escritura)
- Soporta las siguientes MIBs estándar:
  - MIB II
  - Ether-Like
  - Bridge
- Las MIBs privadas de *SkyPilot* proporciona la siguiente información de los dispositivos *SkyPilot*:
  - *Nodos*: estado, tiempo de actividad, versión de software/hardware, etc.
  - *Enlaces*: estado, RSSI, modulación, antena, etc.
  - *Tablas de ruteo*: Reenvío, ruteo, MAC, etc.
  - ACLS
  - Filtros

#### **5.4.6 Monitoreo de eventos y alarmas**

Las traps SNMP generan eventos, los cuales dan a lugar alarmas basadas en condiciones por defecto y umbrales de rendimiento.

Se puede configurar niveles de alarma, notificaciones mediante correo electrónico, generar reportes, etc. Al monitorear las alarmas, se puede tomar acciones correctivas, para prevenir problemas en la red.

Hay tres tipos de alarmas en *SkyPilot*:

- **Alarma de poleo:** El servidor EMS polea automáticamente cada dispositivo de la red inalámbrica, y puede obtener los siguientes reportes:
  - Agente caído
  - Agente inalcanzable
  - Conflicto de IP
- **Alarma *trap* SNMP:** Un evento reportado por un dispositivo cuando éste es detectado; un valor cambia en el objeto MIB que ha sido configurado para generar las *traps*. El EMS *SkyPilot* incluye un gran conjunto de *traps* preconfiguradas, y pueden personalizarse y crearse *traps* adicionales correspondientes a cualquier OID (*Object Identifier*) MIB.

Para que las alarmas *trap* SNMP sean generadas, se necesita configurar lo siguiente:

- Los correspondientes receptores EMS de las *traps*
- La comunidad para la notificación, que debe coincidir con la que se encuentra codificada en el dispositivo
- La comunidad del dispositivo SNMP y los atributos del receptor del *trap*
- **Umbral de alarma:** Es un evento generado por el EMS *SkyPilot* cuando éste detecta que un valor de un objeto MIB no coincide con el umbral preconfigurado.

## **6. Mejoramiento continuo**

La documentación debe ser actualizada cada vez que suceda un cambio dentro de la estructura de la red ya sea por el ingreso de nuevos equipos, nuevas configuraciones o correcciones de instalación y configuración.

Los reportes que se generen, ya sea por problemas o por monitoreo, deben ser utilizados para realizar ajustes en el caso en que éstos indiquen falencias o posibles vulnerabilidades de la red.

La red debe ser actualizada y reconfigurada según las necesidades que se vayan presentando o cuando no cumpla con las expectativas esperadas.

Los procedimientos y medidas de seguridad deben ser evaluados y actualizados por el Proyecto Quito Educ@net, en medida que los incidentes de fallo se vayan presentando en la red inalámbrica.

El desempeño del departamento de administración debe ser evaluado anualmente por el Proyecto Quito Educ@net y los usuarios de la red inalámbrica, para aplicar los correctivos adecuados en beneficio del funcionamiento de la red inalámbrica.

## 4.4 BIBLIOGRAFÍA

- RFC2196 - Site Security Handbook. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2196.html>
- SkyPilot. (2006). Documentation.  
<http://www.skypilot.com/support/productdoc.php>

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- El Proyecto Quito Educ@net tiene en éste proyecto de titulación una guía técnica para reestructurar su red inalámbrica, tomando en cuenta que a medida que se prolongue el tiempo de implementación; la viabilidad técnica y económica presentada en éste proyecto puede ser distinta.
- Nosotros como futuros ingenieros debemos conocer criterios para la reestructuración de redes alámbricas e inalámbricas, puesto que en nuestro país hay una gran cantidad de redes mal instaladas y/o mal configuradas como el caso presentado en este proyecto de titulación.
- En general, se puede afirmar que se ha cumplido los objetivos propuestos en este proyecto de titulación, esto se ha logrado mediante la evaluación de la situación actual de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net y la realización del rediseño de la red inalámbrica sujeto al cumplimiento de las expectativas propuestas por el Proyecto Quito Educ@net.
- Los equipos *SkyPilot* de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net ha pesar de estar depreciados, cuenta con características técnicas, como son el soporte concurrente de datos, voz y aplicaciones de video, escalabilidad, múltiples niveles de servicio, seguridades y un arreglo avanzado de antenas sectoriales, que hoy en día todavía están vigentes;

por lo que no fue necesario utilizar otra tecnología para el rediseño de la red inalámbrica.

- La situación actual es uno de los puntos más importantes durante el proceso de rediseño, ya que la evaluación del estado actual de la red nos permite plantear las diferentes alternativas de solución.
- La falta de planificación de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net produjo un desperdicio de recursos, un mal servicio a los usuarios y gastos innecesarios; por estas razones se procedió a realizar el rediseño de la red inalámbrica tomando en cuenta los usuarios y sus necesidades, ya que en función de los mismos se cuantificó las capacidades reales de la red.
- En el rediseño de una red es muy importante considerar la capacidad requerida en (bps) por una aplicación (Web, FTP, Correo Electrónico, etc.), el patrón de uso de la aplicación en la red, la latencia mínima y la variabilidad del retardo (jitter) que puede tolerar la aplicación y el número de usuarios, con el fin de estimar correctamente la capacidad mínima requerida por los usuarios de la red.
- Mediante el programa Radio Mobile, fue posible introducir un mapa digital topográfico de la zona urbana de Quito, definir las características y condiciones de la red inalámbrica, ubicar los dispositivos inalámbricos en las posiciones objetivo y realizar la simulación de la red inalámbrica; lo que permitió analizar los presupuestos de radio enlace y visualizar las áreas de cobertura y de esta forma elegir la mejor opción estructural para el rediseño de la red.
- Es importante considerar la simulación de redes inalámbricas en estudios de factibilidad, como es el caso de este proyecto de titulación, porque a través de esta simulación se puede bosquejar una red que se

aproxime a la realidad y permita planificar de mejor manera la implementación de la red inalámbrica.

- En este proyecto de titulación no se considera un análisis financiero, puesto que la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net tiene como finalidad el apoyo a la educación y no la rentabilidad económica. Es por tanto que a manera de referencia se exponen en el Capítulo 3 los costos que conllevaría mantener operativa y administrada la red inalámbrica, los costos de la concesión y uso de la frecuencia.

## **RECOMENDACIONES**

- Para la gestión y aprovisionamiento de la red inalámbrica, se sugiere trabajar con las herramientas de administración proporcionadas por el fabricante de la tecnología, ya que éstas proporcionan una mejor interacción administrativa con los equipos de la red inalámbrica.
- Es indispensable que las medidas de seguridad y procedimientos de administración de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net sean conocidos por cada uno de los usuarios y administradores de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net, ya que es la única manera de mantener el correcto funcionamiento de la red inalámbrica.
- Es importante que el personal encargado de la administración de la red inalámbrica conozca acerca de la tecnología inalámbrica y todos los detalles de la red inalámbrica implementada, así como los sistemas de gestión, los procedimientos de administración y las políticas de seguridad.
- Las políticas de seguridad y procedimientos de administración sugeridos en el plan de seguridad y gestión de la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net expuesto por este proyecto de titulación en el Capítulo 4 deben ser considerados como sugerencias para el control y

administración de la red inalámbrica y no como medidas definitivas a implementarse, pues deben ser revisadas y ajustadas a la realidad actual de la red inalámbrica.

- Se puede considerar para estudios posteriores, el diseño de sistemas a tierra y pararrayos para la red inalámbrica del Proyecto Quito Educ@net, ya que son factores de gran importancia en la implementación de redes inalámbricas en exteriores, ya que sin una adecuada protección los equipos instalados corren el riesgo de averiarse o quemarse.
- Como nuevos proyectos de titulación, se puede considerar el estudio para la obtención de permisos para la explotación de la red inalámbrica privada del Proyecto Quito Educ@net, ya que es importante que la red funcione dentro de la norma jurídica de las telecomunicaciones del Ecuador.

## **ANEXO 1**

# **MARCO REGULATORIO: PERMISO PARA LA EXPLOTACIÓN DE REDES PRIVADAS DE INTERÉS SOCIAL**

Debido a los grandes avances tecnológicos en el sector inalámbrico los países se han visto obligados a establecer un marco regulatorio que les permita gestionar el espectro electromagnético según las demandas existentes, esto es debido a que las frecuencias son recursos escasos, en el Ecuador este marco regulatorio esta emitido por la CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), que es el ente encargado de la administración y de la regulación de las telecomunicaciones, se ha revisado los diferentes marcos regulatorios propuestos por la CONATEL referentes al uso del espectro radioeléctrico de los cuales se considera para este proyecto el marco regulatorio aplicado a Servicios de Redes de Interés Social y Sistemas de modulación Digital de Banda Ancha (SMDBA), ya que la red inalámbrica SkyPilot tiene como fin interconectar las centros beneficiarios del Proyecto Quito Educ@net, conociendo que el Proyecto Quito Educ@net mantiene un convenio con la FODATEL.

La CONATEL define lo siguiente:

## **RESOLUCION 105-04-CONATEL-2009**

### **CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

#### **CONATEL**

### **REGLAMENTO DEL FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN AREAS RURALES Y URBANO MARGINALES**

Articulo 2. Definiciones:

**“Redes de interés social.** Son aquellas que pueden ser utilizadas por personas jurídicas de derecho público en beneficio exclusivo de un plan, programa o proyecto de interés social, financiado total o parcialmente por el FODETEL y que permiten conectar distintas instalaciones de propiedad estatal o bajo su control, así como de instituciones privadas cuando exista un fin de carácter educativo, de salud o comunitario. Su operación requiere de una

autorización otorgada por el CONATEL y en caso de necesitarse frecuencias, de un título habilitante otorgado por el CONATEL o el registro o autorización correspondientes. En todos los casos se requerirán los informes previos de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, la presentación de un informe específico en el que se califique el interés público o social.”

## **CAPITULO VII: REDES DE INTERES SOCIAL**

**“Artículo 32. Objeto.** Las redes de interés social tienen el propósito indicado en la definición constante en el artículo 2 del presente Reglamento. Una red de interés social puede estar compuesta de uno o más enlaces de infraestructura propia. Dichas redes pueden abarcar puntos en el territorio nacional y en el extranjero. Una red de interés social puede ser utilizada exclusivamente para la transmisión de datos y acceso a Internet de acuerdo al presente Reglamento y no contempla habilitación alguna para la prestación de servicios de telecomunicaciones o servicios de valor agregado.

**Artículo 33. Restricción de Uso.** Las redes de interés social serán utilizadas únicamente para los fines previstos en el presente Reglamento y conforme la autorización respectiva. Las redes de interés social podrán conectarse entre si, pero en ningún caso interconectarse con la red pública de telecomunicaciones.

**Artículo 34. Autorización.** La operación de redes de interés social, requiere de una Autorización, que será emitida mediante Resolución del CONATEL y registrada por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. La autorización para operar redes de interés social comprende el derecho para la instalación, modificación ampliación y operación de la infraestructura requerida para tal fin y dada su naturaleza o función no estará sujeta al pago de valores por la autorización.

**Artículo 35. Plazo.** Las personas jurídicas nacionales de derecho publico y las instituciones privadas, sin fines de lucro, domiciliadas en el país, delegadas por el Gobierno Nacional a través de un Decreto Ejecutivo para ejecutar proyectos

de educación, salud o actividades comunitarias, podrán solicitar a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones una autorización para la operación de redes de interés social. El plazo de duración de las autorizaciones será de máximo cinco (5) años y se otorgarán con base en los convenios de cooperación y los proyectos o programas aprobados para FODETEL. Las autorizaciones podrán ser prorrogables a solicitud escrita del interesado, presentada con anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando haya cumplido con los términos y condiciones de renovación de la Autorización. Cumplido el plazo sin que se haya presentado la solicitud de renovación, la autorización, caducará sin necesidad de notificación alguna.

**Artículo 36. Requisitos.** La solicitud para el otorgamiento de la Autorización para la operación de red de interés social deberá contener:

- a) Identificación y generales de ley del solicitante;
- b) Proyecto técnico de la red a operar.

En el caso de proyectos generados por el FODETEL que requieran el otorgamiento de una Autorización para operar una red de interés social, el FODETEL será responsable de la elaboración y presentación del proyecto técnico.

**Artículo 37. Proyecto técnico.** El proyecto técnico, que deberá ser elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, contendrá:

- a) Descripción de los equipos, sistemas, recursos principales;
- b) Descripción técnica detallada de la red propuesta, incluyendo los puntos geográficos de los puntos a ser parte de la red de interés social; y,
- c) Identificación de los recursos del espectro radioeléctrico necesarios para operar la red y la respectiva solicitud de concesión o registro, conforme la normativa aplicable.
- d) Descripción de los aspectos de beneficio social y económico, plan de negocios en el que se determine además de la información básica de ingresos, egresos, flujos de caja y otros; se defina claramente la

inversión propia del solicitante, con los soportes y justificativos correspondientes.

**Artículo 38. Contenido.** La Autorización contendrá como mínima:

- a) El objeto;
- b) La descripción de la red de interés social autorizada y ubicación geográfica;
- c) La obligación del representante de la persona jurídica beneficiaria de la Autorización de remitir a la SUPERTEL, hasta el 31 de diciembre de cada año, una certificación en la que conste que la red esta siendo operada de conformidad con este Reglamento y la correspondiente Autorización.
- d) La obligación de obtener previamente de la SENATEL la correspondiente autorización para la modificación de la red de interés social, en relación a modificación de características técnicas, incremento de enlaces o eliminación de enlaces, con base en el cumplimiento de las características de operación de red de interés social y el cumplimiento de la legislación aplicable.
- e) Las causales de extinción de la Autorización.
- f) Las condiciones de renovación de la Autorización.

No se otorgarán Autorizaciones de índole genérica, abierta o ilimitada.

**Artículo 39. Inicio del trámite y oposiciones,** Una vez recibida y completada debidamente la petición para la obtención de una Autorización de operación de red de interés social, para efectos de oposición de interesados legítimos, la SENATEL, en un término de cinco (5) días publicará únicamente en su sitio Web la información general de la solicitud presentada. Las oposiciones se recibirán dentro del término de diez (10) días contados a partir de la fecha de publicación.

En caso de oposición de un interesado legítimo, el peticionario de la Autorización podrá ejercer su derecho de defensa presentando una

contestación expresa a la que podrá adjuntar las pruebas de descargo, de ser el caso. La presentación de oposición suspende el trámite para el otorgamiento de la Autorización de operación de red de interés social, por el término máximo de diez (10) días contados desde la fecha de vencimiento del término para presentar oposiciones. En el transcurso del término de suspensión, la SENATEL emitirá su resolución motivada y en caso de desestimarse la oposición se dispondrá la continuación del trámite. En el evento de que se estime en todo o en parte la oposición, se dispondrá la subsanación o archivo, según corresponda.

**Artículo 40. Continuación del trámite,** Una vez vencido el término para presentar oposiciones, y si estas no se hubieran presentado; o, éstas se hayan resuelto a favor del peticionario, continuará con el trámite:

En el caso Autorizaciones de operación de red de interés social que no requieran de concesión para el uso de frecuencias, la SENATEL elaborará los informes técnicos, jurídico y financiero, los que remitirá al Consejo Nacional de Telecomunicaciones en el termino de veinte (20) días contados a partir del cumplimiento del término de presentación de oposiciones, o de la ultima resolución favorable para el solicitante de la Autorización. Si el informe de la Secretaria es favorable, la solicitud se considerara aprobada a menos que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones emita una decisión negativa, en el término de treinta (30) días determinado en el artículo 64 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada.

En el caso de Autorizaciones para la operación de red de interés social que requieran de concesión o registro para el uso de frecuencias, la SENATEL elaborará los informes técnicos, jurídico y financiero, los que remitirá al Consejo Nacional de Telecomunicaciones en el término de treinta y cinco (35) días contados a partir del cumplimiento del término de presentación de oposiciones, o de la última resolución favorable para el solicitante de la Autorización.

Como parte de los informes que remita la SENATEL a consideración de CONATEL, deberá constar el informe de calificación de beneficio social elaborado por FODETEL así como los informes jurídico, técnico y financiero.

**Artículo 41. Trámite simultáneo.** Las Autorizaciones para operación de una red de interés social otorgados por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, que requieren uso del espectro radioeléctrico deben obtener, además, el título habilitante para la asignación del espectro radioeléctrico, o el registro correspondiente, debiendo realizarse los dos tramites simultáneamente.

**Artículo 42. Tarifas por Uso del Espectro.** Se regirá a lo dispuesto en la legislación pertinente, aplicable a los proyectos del FODETEL.

**Artículo 43. Modificaciones de la Configuración de la Red.** Todo cambio, modificación o adición a la infraestructura sobre la que se soporta la red deberá ser autorizado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones registrará, una vez. Aprobados, los cambios, modificaciones o adiciones de infraestructura de configuración en el Registro Publico de Telecomunicaciones.

**Artículo 44. Renovaciones.** Para la renovación del título habilitante de operación de red de interés social, el peticionario deberá presentar su solicitud con anticipación a la finalización de la vigencia de la Autorización. La solicitud estará dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones, adjuntando la siguiente documentación:

- a) Estudio técnico actualizado, que incluya la descripción de la red que operará con la renovación.
- b) Certificación de cumplimiento de obligaciones, emitido por la SUPERTEL.
- c) En caso de que se requieran incluir puntos adicionales o modificaciones a la red de interés social, adjuntar la documentación correspondiente.

- d) Actualización del certificado de existencia legal, presentación del Registro Único de Contribuyentes actualizado. En caso de que el solicitante de la renovación sea un representante legal diferente al constante en el trámite original, adjuntar el nombramiento legal debidamente certificado.

De requerirse información adicional, esta será presentada en el término de diez (10) días y de no hacerlo, el trámite será archivado, sin que sea necesaria notificación alguna.

La emisión de la Resolución de Autorización para la renovación de operación de red de interés Social se delega a la SENATEL, la cual con base en la documentación presentada, aprobará o negará la solicitud en el término de cuarenta y cinco (45) días contados a partir de la presentación, para el efecto se contara con los informes técnicos, jurídico y financiero.

La Resolución de renovación de la Autorización deberá marginarse en el Registro Público de Telecomunicaciones.

**Artículo 45. Extinción,** El incumplimiento de las condiciones y términos del título habilitante y de la legislación aplicable dará lugar a que la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones declare la extinción o revocatoria de la Autorización.

**Artículo 46. Control.** La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá realizar los controles que sean necesarios a la operación de las redes de interés social con el objeto de garantizar el cumplimiento de la normativa vigente y de los términos y condiciones bajo los cuales se hayan otorgado las autorizaciones, y podrá supervisar e inspeccionar, en cualquier momento, las instalaciones de dichas redes, a fin de garantizar que no estén violando lo previsto en el presente reglamento. Los representantes legales de las personas que operan redes de interés social deberán facilitar las labores de supervisión y control de la Superintendencia y proporcionar la información y documentación que les sea requerida para fines de control.”

# **FORMULARIOS NECESARIOS PARA OBTENER EL PERMISO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SMDBA)**

## **1. DEFINICIÓN**

### **Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha**

Sistemas de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de codificación o modulación digital en una anchura de banda asignada con una densidad espectral de potencia baja compatible con la utilización eficaz del espectro.

Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

#### **BANDA (MHz)**

902 - 928

2400 - 2483.5

5150 – 5250

5250 – 5350

5470 – 5725

5725 - 5850

## **2. REQUISITOS**

### **REGISTRO PARA USO DE FRECUENCIAS – PERSONAS NATURALES O JURIDICAS**

Los interesados en instalar y operar sistemas de espectro ensanchado de gran alcance, sean estos PRIVADOS o de EXPLOTACIÓN, en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar los siguientes requisitos:

#### **Información Legal**

1. Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, indicando el tipo de Servicio al cual aplica; debe también constar el

- nombre y la dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y el nombre de su representante legal).
2. Copia de la cédula de ciudadanía (para personas jurídicas, del representante legal).
  3. Otros documentos que la SENATEL solicite.

### **Información Técnica**

4. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL.
5. Copia de la licencia profesional vigente del ingeniero que ha realizado el estudio de ingeniería correspondiente.

### **INTRODUCCION**

Las REDES DE INTERÉS SOCIAL usarán los formularios definidos por La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para el trámite correspondiente a la obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de REDES PRIVADAS; estos están organizados de la siguiente forma:

1. Formulario ST-1A-DGGST (Formulario de Información General).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico.
2. Formulario ST-2A-DGGST (Formulario para Información características técnicas y control de documentación).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. Se debe indicar las

características técnicas generales de la RED PRIVADA y describir todos los documentos técnicos - legales (formularios) que se presentan con la solicitud que para el efecto han sido establecidos por esta Secretaría.

En todos los ítems de los formularios que necesitan una aclaración acerca de la forma como ingresar la información, existe un numeral en la parte superior izquierda del recuadro correspondiente, a fin de relacionarlo con las especificaciones del presente instructivo. El número indicado en el inicio de cada instrucción se relaciona con el número indicado en el formulario respectivo.

En caso que el solicitante utilice Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y/o Servicio Fijo Móvil por Satélite deberá presentar obligatoriamente los formularios necesarios para la obtención del certificado de registro o la concesión de frecuencias, respectivamente, que su sistema requiere para operar(5).

En los numerales 2) y 3) del formulario ST-1A-DGGST y en el numeral 2) del formulario ST-2A-DGGST el solicitante deberá marcar entre los paréntesis con una cruz (X) una o varias opciones de acuerdo con las características técnicas del sistema de comunicación que sea instalar.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en este instructivo. Si existe alguna información faltante o incorrecta, no se tramitarán las solicitudes realizadas.

Los campos que se encuentren marcadas con un asterisco (\*) serán obligatorios.

#### **ST-1A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL**

- 2) **OBJETIVO DE LA SOLICITUD.** Solicitar el Permiso de Operación de Red Privada, así como ampliaciones y/o modificaciones del mismo (marcar solamente una).

- 3) **MEDIO DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA.** Se refiere al medio de transmisión que se utilizará para comunicar las estaciones (pueden marcarse los tres de ser el caso).

#### **DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TÉCNICO**

- 4) **PERSONA NATURAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar copia de la cédula de identidad.
- 5) **PERSONA JURÍDICA, NOMBRE DE LA EMPRESA.** Denominación legal de la empresa.
- 6) **REPRESENTANTE LEGAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar adicionalmente copia del nombramiento del representante legal.
- 7) **CARGO.** De acuerdo al nombramiento presentado con la solicitud.
- 8) **ACTIVIDAD DE LA EMPRESA.** Labor principal a la que se dedica la empresa. Se deberá además, especificar el número de RUC de la empresa en el casillero correspondiente.
- 9) **DIRECCIÓN.** Provincia, Ciudad y Dirección exacta, ya sea de la persona natural o empresa, en donde se recepte la correspondencia enviada. Consta además, la dirección electrónica (E-MAIL), casilla y teléfono.
- 10) **CERTIFICACIÓN DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO).** Se deben establecer los datos del profesional a cargo del sistema de telecomunicaciones. La certificación representa una autorización, para que la persona encargada del sistema pueda

representar al solicitante en cualquier requerimiento técnico que la SENATEL realice. El profesional a cargo debe ser un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones afiliado a uno de los colegios profesionales del país; deberá adjuntarse a este formulario una copia de la licencia profesional actualizada del responsable técnico.

- 11) **CERTIFICACIÓN DE LA PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL.** Esta certificación representa una declaración de que la Persona Natural o Jurídica acepta las condiciones del estudio técnico presentado y delega la responsabilidad sobre el mismo al responsable técnico.
- 12) **OBSERVACIONES:** En caso de que el solicitante requiera hacer una aclaración a la información declarada, deberá especificarla brevemente en este campo.
- 13) **PARA USO DE LA SENATEL.** Campo reservado para uso exclusivo de la SENATEL, por lo tanto no debe ser llenado.

#### **ST-2A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN TÉCNICA**

- 2) **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA:** En el caso de requerir de uso de espectro radioeléctrico (sistemas de modulación digital de banda ancha), indicar la configuración del sistema que desea operar.
- 3) **COBERTURA.** Nombre de las provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado.
- 4) **CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.** Se deberá colocar el número de estaciones, repetidoras, el número de enlaces de cobre, el número de enlaces de fibra óptica, el número de enlaces de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (SMDBA), el número de enlaces del Servicio Fijo por Satélite (FMS) y el número total de enlaces. Por ejemplo si un sistema esta compuesto por: 3 estaciones y 1 repetidor; 3 enlaces de los cuales 2 utilizan SMDBA y el restante el medio de transmisión es físico (fibra óptica), el formulario deberá estar lleno de la siguiente forma:

5) **FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR:** El solicitante marcará con una (X) al frente de cada formulario que contienen su solicitud.

<b>SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SMDBA)</b>	
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( X )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( X )
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	( )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-MULTIPUNTO)	( X )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	( X )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( X )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	( X )
FORMULARIO RC-15ª FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( X )

## TARIFAS

### SISTEMAS PUNTO - MULTIPUNTO

Para los Sistemas de Modulación Digital Punto – Multipunto, la tarifa mensual por uso de frecuencias se realizará en función de las siguientes consideraciones.

**Tarifa A:** Por cada centro de multiacceso, esto es, por cada Estación de Base del Servicio Móvil (Multiacceso) o por cada Estación Central del Servicio Fijo enlaces punto-multipunto (Multiacceso) y sistemas WLL, por la anchura de banda en transmisión y recepción en el área de concesión y su radio de cobertura.

Para el caso de sistemas fijo punto – multipunto (Multiacceso), que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha, se considerará como anchura de banda, la correspondiente a la sub-banda asignada por el CONATEL para la operación de estos sistemas, de acuerdo con el pedido de registro, se utilizará la ecuación A1.4:

$$TA(US \$) = Ka * \alpha^4 * \beta^4 * A * (D)^2 \quad (A1.4)$$

**Donde:**

TA (US\$)=Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

- Ka =Factor de ajuste por inflación.
- $\alpha_4$  = Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso) (De acuerdo a la Tabla A1.1).
- $\beta_4$  = Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.
- A = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.
- D = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija, en Km (De acuerdo a la Tabla A1.1)

Banda de Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 6 GHz	6 GHz – 20 GHz	20 GHz – 30 GHz
Distancia Referencial	50 Km	25 Km	16.5 Km	11.5 Km	8 Km	6.5 Km	5 Km
Servicios-sistemas							
Fijo (Punto-Multipunto)	0.0438384	0.0193761	0.0460182	0.0133210	0.0185687	---	0.0879998
Fijo (Punto-Multipunto) MDBA	---	---	0.0036731	0.0020828	0.0015625	---	---
Buscapersonas Unidireccional	0.1179400	0.2734600	0.5371800	---	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	0.5371800	---	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) FWA	---	---	---	---	0.0781436	---	---
Toncalizado	---	0.111999	0.220380	---	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	0.0696406	0.119400	---	---	---

**TABLA A1.1 Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_4$  y radio de cobertura de la estación base o fija, para el servicio fijo y móvil (multiacceso)**

**TARIFA C:** El cálculo de la tarifa mensual por estaciones radioeléctricas de abonado fijas y móviles activadas en el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), se realizará aplicando la ecuación A1.2:

$$TA(US \$) = K_a * \alpha_5 * F_d \quad (A1. 2)$$

**Donde:**

TA (US\$)= Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por estaciones de abonado móviles y fijas activadas en el sistema.

Ka =Factor de ajuste por inflación.

$\alpha_5$  = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso) (De acuerdo a la Tabla A1.2 ).

$F_d$  = Factor de capacidad (De acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), refiérase a las Tablas A1.3).

Banda de Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 6 GHz	6 GHz – 20 GHz	20 GHz – 30 GHz
Servicios-sistemas							
Fijo (Punto-Multipunto)	5	5	5	5	5	---	5
Fijo (Punto-Multipunto) MDBA	---	---	1	1	1	---	---
Buscapersonas Unidireccional	1	1	1	---	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	1	---	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	1	---	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	1	---	---	---	---
Toncalizado de Despacho	---	1	1	---	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	1	1	---	---	---

**Tabla A1.2 Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_5$  por estaciones de abonado móviles y fijas para el servicio fijo y móvil (Multiacceso)**

Número de estaciones	$F_d$
$3 < N \leq 10$	3
$10 < N \leq 20$	7
$20 < N \leq 30$	10
$30 < N \leq 40$	15
$40 < N \leq 50$	19
$N > 50$	25

**Tabla A1.3 Sistemas de modulación de banda ancha**

A continuación se explicará mediante un ejemplo como se debe llenar los formularios para la obtención del permiso para lo cual se considera lo siguiente, cabe recalcar que la información del formulario ST-1A es solo referencial:

		<b>FORMULARIO DE INFORMACION GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA</b>		<b>ST - 1A</b> Elab.: DGGST	
<b>SOLICITUD:</b>					
2) OBJETO DE LA SOLICITUD*:		<input checked="" type="checkbox"/> PERMISO RED PRIVADA      ( ) MODIFICACION Y/O AMPLIACION RED PRIVADA			
3) MEDIO DE TRANSMISION DE SISTEMA*:		<input type="checkbox"/> MEDIO FISICO MOVIL POR SATELITE <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA      ( ) SERVICIO FIBRA			
<b>DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:</b>					
<b>PERSONA NATURAL</b>					
4) NOMBRE					
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:		NOMBRES*:	
<b>PERSONA JURIDICA</b>					
5) NOMBRE DE LA EMPRESA*: <b>Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito</b>					
6) REPRESENTANTE LEGAL					
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:		NOMBRES*:	
<b>Ordoñez</b>		<b>Lozada</b>		<b>Patricio</b>	
				<b>1707530178</b>	
7) CARGO*: <b>Coordinador del Proyecto</b>					
8) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: <b>Educación</b>				RUC*: <b>1760003410001</b>	
9) DIRECCION					
PROVINCIA*:		CIUDAD*:		DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):	
<b>Pichincha</b>		<b>Quito</b>		<b>Mejía Oe 266 y Guayaquil</b>	
e-mail:				CASILLA:	
<b>patricio.ordonez@remq.edu.ec</b>				<b>2956171 ext 213</b>	
10) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO) Certifico que el presente anteproyecto tecnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad tecnica respectiva					
APELLIDO PATERNO*:		APELLIDO MATERNO*:		NOMBRES*:	
<b>Robalino</b>		<b>López</b>		<b>Andrés Jorge</b>	
				<b>1001-08-870463</b>	
e-mail:				CASILLA:	
<b>mhandres@hotmail.com</b>				<b>087058586</b>	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):				FECHA:	
<b>Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro</b>				<b>22-04-09</b>	
				FIRMA	
11) DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA Declaro bajo juramento que la informacion proporcionada es veridica y que conozco que la comprobacion de falsedad de la misma o de los documentos anexos, determinara el archivo de esta solicitud					
NOMBRE:				FECHA:	
<b>Patricio Ordoñez</b>				<b>22-04-09</b>	
				FIRMA	
12) OBSERVACIONES:					
13) PARA USO DE LA SNT					
SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ( )		CONSTITUCION DE LA CIA. ( )		NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ( )	
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ( )		COMPROMISANTE DEL 1/1000 ( )		ANTEPROYECTO TECNICO ( )	
COPIA CARACTERISTICAS MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION ( )		COPIA CONTRATOS CON PORTADOR ( )		C. SUPTEL ( )	
COPIA DE ESCRITURAS PROPIEDAD ( )		COPIAS CONTRATOS DE ARREND. ( )		OTROS (AGUA, LUZ, IMP. P. REG. ETC.) ( )	



**FORMULARIO DE INFORMACION TECNICO PARA SOCILITAR  
PERMISOS DE RED PRIVADA**

ST- 2A  
Elab.: DGGST

**2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)**

PUNTO A PUNTO ( ) PUNTO A MULTIPUNTO ( **X** )

**3) COBERTURA (Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)\***

Pichincha, Zona urbana de Quito

**4) CARACTERISTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)\***

No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FISICOS		ENLACES INALAMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA OPTICA	FIJO MÓVIL POR SATELITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	
<b>1</b>	<b>6</b>				<b>X</b>	<b>9</b>

**5) FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR**

**SISTEMA DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)**

FORMULARIO RC-18 FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	( <b>X</b> )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( <b>X</b> )

**SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)**

FORMULARIO RC-18 FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( )
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	( )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	( )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	( )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( )

**SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)**

FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( )
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATELITE	( )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA	( )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( )

	<b>FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL</b> (SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA)		<b>RC - 1B</b> Elab.: DGGER Versión: 02
			No. Registro:
<b>SOLICITUD:</b>			
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	( <b>G</b> )	REGISTRO <u>RENOVACION</u> <u>MODIFICACION</u>	
3) TIPO DE SISTEMA:	( <b>PR</b> )	<u>PRIVADO</u> <u>EXPLOTACION</u>	
<b>DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:</b>			
4) <b>PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL</b>			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:
<b>Ordoñez</b>	<b>Lozada</b>	<b>Patricio</b>	<b>1707530178</b>
5) CARGO: <b>Coordinador del Proyecto</b>			
<b>PERSONA JURIDICA</b>			
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: <b>Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito</b>			
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: <b>Educación</b>		RUC: <b>1760003410001</b>	
8) <b>DIRECCION</b>			
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:	
<b>Pichincha</b>	<b>Quito</b>	<b>Mejía Oe 266 y Guayaquil</b>	
e-mail: <b>patricio.ordonez@remq.edu.ec</b>		CASILLA:	TELEFONO / FAX: <b>2956171 ext 213</b>
9) <b>CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
<b>Robalino</b>	<b>López</b>	<b>Andrés Jorge</b>	<b>1001-08-870463</b>
e-mail: <b>mhandres@hotmail.com</b>		CASILLA:	TELEFONO / FAX: <b>087058586</b>
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No):		FECHA:	FIRMA
<b>Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro</b>		<b>22-04-09</b>	_____
10) <b>CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
Declaro que:			
1. En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda. 2. Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.			
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA
<b>Patricio Ordoñez</b>		<b>22-04-09</b>	_____
11) OBSERVACIONES:			

## RC-2A. FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

Este formulario establece las características físicas del sistema de radiocomunicaciones, ubicación geográfica, tipo de alimentación y protecciones.

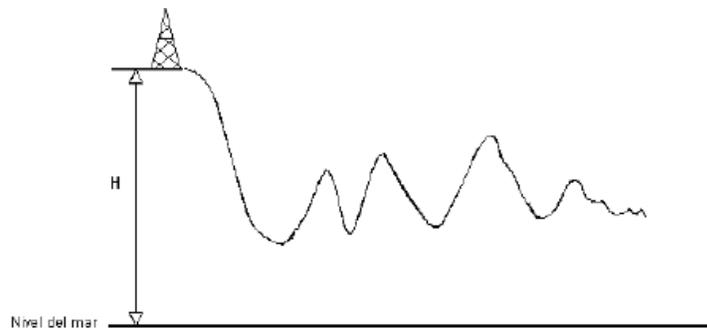
1. **COD CONT:** Cuando un concesionario ha suscrito un contrato de concesión de frecuencias, la SNT le asignará un código, correspondiente al tomo y fojas en las que se ha registrado el contrato. Este campo debe ser llenado únicamente en casos de renovación o modificación de un contrato.

2. **ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES:** Corresponde a los datos de las torres de transmisión de un punto específico, pueden ser estaciones repetidoras, transmisoras o estaciones fijas de un sistema de radiocomunicaciones, se compone de los siguientes campos que deben ser llenados:

**Tipo de Estructura de Soporte.-** Puede corresponder a los siguientes tipos:

- Torre Autosoportada
- Torre no Autosoportada
- Mástil
- Empotramiento en una edificación
- Otras (Adjuntar breve descripción)

**Altura de la estructura Sobre el nivel del Mar.-** Altura en metros sobre el nivel del mar de la base de la estructura.

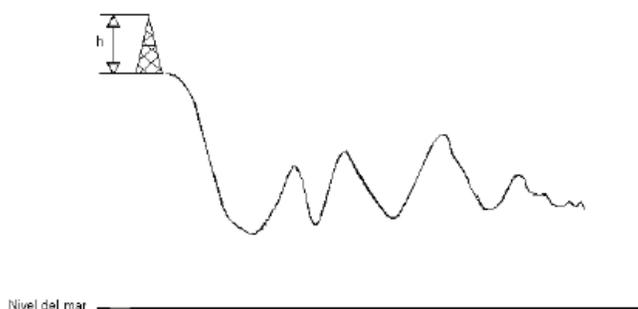


**Código de Registro de la Estructura.-** La SNT asignará un código a cada estructura el momento de suscribir un contrato, en caso de que el código ya haya sido asignado a una estructura deberá incluirse en el campo correspondiente, en caso de no contar con el código deberá llenarse el campo de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

Estructura 1 – S1

Estructura 2 – S2, así sucesivamente.

**Altura de la Estructura (Base-Cima).-** Altura en metros tomada entre la base de la estructura y el punto más alto de la misma. En caso de que la estructura se encuentre instalada en las azoteas de edificios, se debe considerar como parte de la altura de la estructura (base – cima) la altura del edificio.



- 3. UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA:** Se debe especificar la Provincia, Ciudad o Cantón y la Localidad exacta donde se ubica la estructura, la ubicación geográfica, debe indicarse en los casilleros correspondientes, en el formato de grados minutos y segundos, utilizando N o S para indicar latitud norte o sur y W para longitud oeste, los datos deben tomarse con la referencia geográfica WGS-84. Adjuntar una copia de un mapa cartográfico escala 1:50.000 donde se indique la ubicación de la estructura de transmisión.
- 4. PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR:** Se debe especificar mediante una (X) si el sistema cuenta con puesta a tierra y pararrayos,

en caso de tener otro tipo de protecciones deben describirse brevemente en el campo correspondiente.

5. **TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:** Se debe señalar mediante una (X) entre las siguientes fuentes de energía:

- Línea Comercial
- Generador
- Banco de Baterías

Además, se debe indicar si existe algún tipo de respaldo y se debe escoger el mismo entre las siguientes posibilidades:

- Generador
- Banco de baterías
- UPS (Uninterrupted Power Supply)
- Otros (Adjuntar breve descripción)

Existe la posibilidad de ingresar las especificaciones de un total de tres estructuras por formulario, en caso de tenerse más estructuras deben adjuntarse las copias del formulario que sean necesarias.

6. **PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:** Se debe indicar en este campo la persona natural o jurídica propietaria de la estructura en la cual se ubicará el sistema de comunicaciones.

**Nota:** el formulario permite el ingreso de tres estructuras, en caso de contar con un mayor número de estas, se deberán ingresar las copias del formulario que sean necesarias y continuar con la secuencia de la numeración (S4, S5, etc).

	<b>FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>		<b>RC - 2A</b> Elab.: DGER Versión: 02	
			b. Cod. Cont.:	
<b>ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>				
<b>1) ESTRUCTURA 1</b>				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Mastil</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2860,4</b>	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S1</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>15</b>	
<b>2) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>				
PROVINCIA <b>Pichincha</b>	CIUDAD / CANTON <b>Quito</b>	LOCALIDAD/CALLE y No. <b>José Félix Barreiro E10-221 y Av. Eloy Alfaro</b>	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			<b>00°08'28,8"S</b>	<b>78°28'10,7"W</b>
<b>3) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>				
PUESTA A TIERRA    SI (X)    NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO (X)		
OTROS (Describe):				
<b>4) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>				
LINEA COMERCIAL ( X )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )	
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____	
<b>5) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: Conectividad Global</b>				
<b>1) ESTRUCTURA 2</b>				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Torre</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2966,3</b>	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S2</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>15</b>	
<b>2) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>				
PROVINCIA <b>Pichincha</b>	CIUDAD / CANTON <b>Quito</b>	LOCALIDAD/CALLE y No. <b>Echeverría y Pasaje 2</b>	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			<b>00°07'14,4"S</b>	<b>78°28'25,4"W</b>
<b>3) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>				
PUESTA A TIERRA    SI (X)    NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO ( )		
OTROS (Describe):				
<b>4) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>				
LINEA COMERCIAL ( X )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )	
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____	
<b>5) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:</b>				
<b>1) ESTRUCTURA 3</b>				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Mastil</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2869</b>	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S3</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>15</b>	
<b>2) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>				
PROVINCIA <b>Pichincha</b>	CIUDAD / CANTON <b>Quito</b>	LOCALIDAD/CALLE y No. <b>Jorge Piedra y General Gallo</b>	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			<b>00°08'26,0"S</b>	<b>78°30'25,6"W</b>
<b>3) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>				
PUESTA A TIERRA    SI (X)    NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO ( )		
OTROS (Describe):				
<b>4) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>				
LINEA COMERCIAL ( X )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )	
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____	
<b>5) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:</b>				



FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

RC - 2A  
Elab.: DGGER  
Versión: 02  
b)  
Cod. Cont.:

**ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES**

**2) ESTRUCTURA 1**

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Torre</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2782,4</b>
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S4</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>50</b>

**3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:**

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
<b>Pichincha</b>	<b>Quito</b>	<b>Juan Pablo Sanz</b>	<b>00°10'49,9"S</b>	<b>78°29'10,3"W</b>

**4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:**

PUESTA A TIERRA	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PARARRAYOS	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
OTROS (Describe):			

**5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:**

LINEA COMERCIAL <input checked="" type="checkbox"/>	GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	EXISTE RESPALDO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	UPS <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO: _____

**6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:**

**2) ESTRUCTURA 2**

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Mastil</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2896,3</b>
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S5</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>20</b>

**3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:**

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
<b>Pichincha</b>	<b>Quito</b>	<b>Calle Manuel Lupera</b>	<b>00°13'13,0"S</b>	<b>78°30'03,7"W</b>

**4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:**

PUESTA A TIERRA	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PARARRAYOS	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
OTROS (Describe):			

**5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:**

LINEA COMERCIAL <input checked="" type="checkbox"/>	GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	EXISTE RESPALDO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	UPS <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO: _____

**6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:**

**2) ESTRUCTURA 3**

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Mastil</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2959,7</b>
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S6</b>	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>15</b>

**3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:**

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
<b>Pichincha</b>	<b>Quito</b>	<b>Calle Melchor Aymerich</b>	<b>00°13'47,8"S</b>	<b>78°31'03,6"W</b>

**4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:**

PUESTA A TIERRA	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PARARRAYOS	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
OTROS (Describe):			

**5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:**

LINEA COMERCIAL <input checked="" type="checkbox"/>	GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	EXISTE RESPALDO SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR <input type="checkbox"/>	BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/>	UPS <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO: _____

**6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:**

	<b>FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>			<b>RC - 2A</b> Elab.: DGGER Versión: 02	
				f) Cod. Cont.:	
<b>ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 1</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: <b>Mastil</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): <b>2877,3</b>		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: <b>S7</b>			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): <b>15</b>		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA <b>Pichincha</b>	CIUDAD / CANTON <b>Quito</b>	LOCALIDAD/CALLEy No. <b>Morán Valverde y Rumichaca</b>	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)		
			<b>00°16'50,9"S 78°32'55,1"W</b>		
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA    SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL ( <input checked="" type="checkbox"/> )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )		
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( <input checked="" type="checkbox"/> )	OTRO: _____		
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 2</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLEy No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)		
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA    SI ( )    NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )		
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____		
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 3</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLEy No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84) LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)    LONGITUD (W) (°) (') (") (W)		
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA    SI ( )    NO ( )		PARARRAYOS    SI ( )    NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )		
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____		
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:</b>					

## RC-3A. FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS

1. **COD CONT:** Cuando un concesionario ha suscrito un contrato de concesión de frecuencias, la SNT le asignará un código, correspondiente al tomo y fojas en las que se ha registrado el contrato. Este campo debe ser llenado únicamente en casos de renovación o modificación de un contrato.
2. **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS:** Se debe completar la siguiente información:

**Código de Antena:** La SNT asignará un código a cada antena el momento de suscribir un contrato, en caso de renovación o modificación se debe incluir el mencionado código, en caso de concesión se debe utilizar la nomenclatura siguiente:

Antena 1 – A1

Antena 2 – A2, así sucesivamente.

Se recalca que el código será emitido por cada antena y no por clase o modelo de las mismas, cuando no se tenga códigos la nomenclatura debe manejarse de la misma manera, es decir, por cada antena individualmente.

**Marca:** Especificación del fabricante de la antena.

**Modelo:** Especificación de la identificación dada a la antena por el fabricante

**Rango de Frecuencias:** Debe especificarse el límite inferior y superior dentro de la banda donde opera la antena; los datos se establecerán en MHz.

**Tipo:** Debe especificarse de entre uno de los siguientes tipos:

MONOPOLO YAGI

DIPOLO PARAFLECTOR

N-DIPOLOS PARABOLICA

En caso de operar con otro tipo de antena, debe especificarlo adecuadamente, adjuntando el respaldo técnico correspondiente.

**Impedancia:** Se debe especificar en ohmios.

**Polarización:** Debe especificarse de entre uno de los siguientes tipos:

HORIZONTAL

VERTICAL

CIRCULAR

ELIPTICA

En caso de operar con otro tipo de polarización, debe especificarlo adecuadamente, adjuntando el respaldo técnico correspondiente.

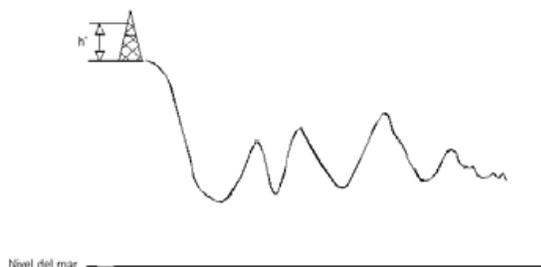
**Ganancia:** Valor en dBd de acuerdo a la especificación del fabricante, en caso de que el dato provisto por el fabricante se encuentre en dBi, se deberá hacer la conversión correspondiente ( $G(\text{dBd}) = G(\text{dBi}) - 2.15$ ).

**Diámetro:** Valor en metros del diámetro de la antena, aplica solamente para antenas de superficie.

**Azimut de Radiación Máxima:** Debe ingresar el ángulo en grados del máximo de radiación de la antena en el plano horizontal, tomando como referencia  $0^\circ$  el norte geográfico y desplazándose en el sentido de las manecillas del reloj.

**Angulo de Elevación:** Debe indicarse en grados el ángulo de elevación de la antena respecto de la horizontal determinada por el nivel del terreno.

**Altura Base- Antena:** Se debe ingresar la altura en metros desde la base de la estructura de transmisión (torre, mástil, etc.) hasta el punto central de la antena. En caso de que la antena se encuentre instalada en las azoteas de edificios, se debe considerar como parte de la altura base – antena la altura del edificio.



Existe la posibilidad de ingresar las especificaciones de un total de seis antenas por formulario, en caso de tenerse más antenas deben adjuntarse las copias del formulario que sean necesarias y continuar con la secuencia de la numeración (A7, A8, etc.)

FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS		RC - 3A Eleg: DGER Versión: 02
		D Cod. Cont:
<b>2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>		
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>	<b>ANTENA 1</b>	<b>ANTENA 2</b>
CODIGO DE ANTENA:	<b>A1</b>	<b>A2</b>
MARCA:	<b>SkyPilot</b>	<b>SkyPilot</b>
MODELO:	<b>SkyGateway</b>	<b>SkyExtender</b>
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	<b>5725 - 5850</b>	<b>5725 - 5850</b>
TIPO:	<b>sectorial</b>	<b>sectorial</b>
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:	<b>Vertical</b>	<b>Vertical</b>
GANANCIA (dBd):	<b>15,84</b>	<b>15,84</b>
DIÁMETRO (m):	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (*):	<b>45</b>	<b>45</b>
ANGULO DE ELEVACION (*):	<b>6</b>	<b>6</b>
ALTURA BASE-ANTENA (m):	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>		
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>	<b>ANTENA 3</b>	<b>ANTENA 4</b>
CODIGO DE ANTENA:	<b>A3</b>	<b>A4</b>
MARCA:	<b>SkyPilot</b>	<b>SkyPilot</b>
MODELO:	<b>SkyExtender</b>	<b>SkyExtender</b>
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	<b>5725 - 5850</b>	<b>5725 - 5850</b>
TIPO:	<b>sectorial</b>	<b>sectorial</b>
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:	<b>Vertical</b>	<b>Vertical</b>
GANANCIA (dBd):	<b>15,84</b>	<b>15,84</b>
DIÁMETRO (m):	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (*):	<b>45</b>	<b>45</b>
ANGULO DE ELEVACION (*):	<b>6</b>	<b>6</b>
ALTURA BASE-ANTENA (m):	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>		
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>	<b>ANTENA 5</b>	<b>ANTENA 6</b>
CODIGO DE ANTENA:	<b>A5</b>	<b>A6</b>
MARCA:	<b>SkyPilot</b>	<b>SkyPilot</b>
MODELO:	<b>SkyExtender</b>	<b>SkyExtender</b>
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	<b>5725 - 5850</b>	<b>5725 - 5850</b>
TIPO:	<b>sectorial</b>	<b>sectorial</b>
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:	<b>Vertical</b>	<b>Vertical</b>
GANANCIA (dBd):	<b>15,84</b>	<b>15,84</b>
DIÁMETRO (m):	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (*):	<b>45</b>	<b>45</b>
ANGULO DE ELEVACION (*):	<b>6</b>	<b>6</b>
ALTURA BASE-ANTENA (m):	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>NOTA:</b> Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.		



**FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS**

RC - 3A  
Elab.: DGGER  
Versión: 02

6  
Cod. Cont:

**2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CODIGO DE ANTENA:	A7	
MARCA:	SkyPilot	
MODELO:	SkyGateway	
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	5725 - 5850	
TIPO:	sectorial	
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:	Vertical	
GANANCIA (dBd):	15,84	
DIÁMETRO (m):	0,31	
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	45	
ANGULO DE ELEVACION (°):	6	
ALTURA BASE-ANTENA (m):	15	

**3) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

**3) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**

CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

**NOTA:** Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.

## RC-4A. FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO

1. **COD CONT:** Cuando un concesionario ha suscrito un contrato de concesión de frecuencias, la SNT le asignará un código, correspondiente al tomo y fojas en las que se ha registrado el contrato. Este campo debe ser llenado únicamente en casos de renovación o modificación de un contrato.
2. **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS:** Se debe completar la siguiente información:

**Tipo de Estación:** En los recuadros correspondientes se debe ingresar el tipo de estación (Repetidora, Transmisor, Estación Base, Fija, Móvil, Portátil, etc.)

**Código del Equipo:** La SNT asignará un código a cada tipo de equipo, los mismos que se informan en el Anexo 3, en caso de contar con un equipo no especificado en el mencionado anexo, se debe utilizar la nomenclatura siguiente:

Equipo 1 – E1

Equipo 2 – E2, así sucesivamente.

**Marca:** Especificación del fabricante del equipo

**Modelo:** Especificación de la identificación dada al equipo por el fabricante.

**Anchura de Banda:** Especificación en kHz o MHz del ancho del canal típico con el que opera el equipo.

**Separación entre Tx y Rx:** Especificación en MHz, de acuerdo a las características del equipo y al duplexor usado, de ser el caso.

**Tipo de Modulación:** Debe especificarse de entre uno de los siguientes tipos:

Amplitud Modulada – <b>AM</b>	Binary Phase Shift Keying - <b>BPSK</b>
Frecuencia Modulada – <b>FM</b>	Quaternary Phase Shift Keying – <b>QPSK</b>
Frequency Shift Keying – <b>FSK</b>	8-Quadrature Amplitud Modulation – <b>8QAM</b>
Minimum Shift Keying – <b>MSK</b>	16-Quadrature Amplitud Modulation – <b>16QAM</b>
Phase Shift Keying – <b>PSK</b>	64-Quadrature Amplitud Modulation – <b>64QAM</b>

En caso de aplicar otra forma de modulación, debe especificarlo adjuntando el respaldo técnico correspondiente.

**Velocidad de transmisión:** Debe especificarse en Kbps para el caso de estaciones digitales, en estaciones analógicas no es necesario incluir este dato.

**Potencia de Salida:** Potencia de operación máxima del equipo, incluyendo amplificadores externos, sin incluir ganancia de antena, debe especificarse en Watts.

**Rango de Operación:** Debe especificarse el límite inferior y superior dentro de la banda donde opera el equipo; los datos se establecerán en MHz.

**Sensibilidad:** Valor que debe especificarse en  $\mu\text{V}$  o dBm y que indica el nivel de señal mínimo que puede receptor el equipo.

**Máxima Desviación de Frecuencia:** Rango especificado en kHz dentro del cual se puede encontrar la portadora levantada.

Este formulario debe ser enviado únicamente si se tienen equipos que no se encuentren registrados en el listado del Anexo 3, adjuntando a éste copias de los catálogos de los equipos utilizados; caso contrario, deberá incluirse solamente el código en el casillero correspondiente del formulario específico del servicio.

Existe la posibilidad de ingresar las especificaciones de un total de doce equipos por formulario, en caso de tenerse más equipos deben adjuntarse las copias del formulario que sean necesarias y continuar con la secuencia de la numeración (E13, E14, etc.).

		<b>FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO</b>		<b>RC - 4A</b> Elab.: DGGER Versión: 02	
				Cod. Cont:	
<b>2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS</b>					
TIPO DE ESTACION:	Estación Base	Repetidor			
CODIGO DEL EQUIPO:	E1	E2			
MARCA:	SkyPilot	SkyPilot			
MODELO:	SkyGateway	SkyExtender			
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):	20	20			
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):					
TIPO DE MODULACION:	OFDM	OFDM			
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):	12000	12000			
POTENCIA DE SALIDA (Watts):	0,446	0,446			
RANGO DE OPERACION (MHz):	5725 - 5850	5725 - 5850			
SENSIBILIDAD (µV) o (dBm):	-92	-92			
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):					
<b>2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS</b>					
TIPO DE ESTACION:					
CODIGO DEL EQUIPO:					
MARCA:					
MODELO:					
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):					
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):					
TIPO DE MODULACION:					
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):					
POTENCIA DE SALIDA (Watts):					
RANGO DE OPERACION (MHz):					
SENSIBILIDAD (µV) o (dBm):					
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:					
<b>2 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS</b>					
TIPO DE ESTACION:					
CODIGO DEL EQUIPO:					
MARCA:					
MODELO:					
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):					
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):					
TIPO DE MODULACION:					
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):					
POTENCIA DE SALIDA (Watts):					
RANGO DE OPERACION (MHz):					
SENSIBILIDAD (µV) o (dBm):					
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:					

**RC-9A. FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE  
BANDA ANCHA  
(ENLACES PUNTO-PUNTO)**

1. **NUMERO DE REGISTRO:** En caso de modificaciones deberá incluirse el número asignado al Certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha autorizado, en caso de nuevos enlaces este campo no debe ser llenado.
  
2. **CLASE DE SISTEMA:** Dependiendo de la clase de sistema a operar, deberá marcar entre los paréntesis la letra correspondiente de la siguiente manera:  
    ( P ) PRIVADO  
    ( E ) EXPLOTACIÓN

**Nota:** (Aplica solo a PRIVADO) Si su empresa cuenta ya con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia del permiso a la solicitud.

3. **CARACTERÍSTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA**

**FIJO PUNTO-PUNTO:** Se debe completar la siguiente información:

**No. de Enlace:** En caso de tratarse de una renovación o modificación debe ingresar el número de enlace de acuerdo a lo establecido en el certificado correspondiente, en caso de asignación se debe utilizar la nomenclatura siguiente:

    Enlace 1 – L1

    Enlace 2 – L2, así sucesivamente:

**Banda de Frecuencias:** Debe especificarse la banda empleada:

    Banda (900 MHz – 928 MHz)

    Banda (2400MHz – 2483,5 MHz)

    Banda (5150 MHz – 5250 MHz)

Banda (5250 MHz – 5350 MHz)

Banda (5470 MHz – 5725 MHz)

Banda (5725 MHz – 5850 MHz)

**Tipo de Operación:** Debe especificarse el tipo de operación empleado, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

( D ) SECUENCIA DIRECTA

( T ) TDMA

( F ) SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)

( H ) HÍBRIDO

( O ) OFDM

( R ) OTRAS

**Distancia del Enlace (Km):** Debe especificarse en kilómetros la distancia entre la Estación A y la Estación B en cada enlace.

4. **CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS:** Se debe completar la siguiente información:

**Indicativo:** La SNT asignará un indicativo a cada estación el momento de emitir un registro, en caso de renovación o modificación se debe incluir el mencionado indicativo, en caso de asignación se debe ubicar la nomenclatura siguiente:

Estación Fija 1 – F1

Estación Fija 2 – F2, así sucesivamente

**AC. (A,M,I,E):** Actividad a realizar con la estación indicada, se debe indicar entre las siguientes posibilidades.

Autorización – A

Modificación – M

Incremento – I

Eliminación – E

**Estructura Asociada:** Debe ingresarse el código de la estructura asociada a la estación fija, en caso de tratarse de una estructura no

registrada, debe indicarse la estructura correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (S1, S2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-2A.

**Antena(s) Asociada(s):** Debe ingresarse el código de la antena asociada a la estación fija, en caso de tratarse de antenas no registradas, debe indicarse la antena correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (A1, A2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-3A.

**Potencia Máxima de Salida:** Debe especificarse en (mW) el valor de la potencia máxima de salida del equipo.

**Equipo Utilizado:** Debe ingresarse el código del equipo de acuerdo al Anexo 3, en caso de tratarse de un equipo no registrado, debe indicarse el equipo correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (E1, E2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-4A.

5. **PERFIL TOPOGRÁFICO:** Debe ingresarse en metros la altura sobre el nivel del mar, para los puntos detallados, donde D es la distancia del enlace, la cual debe ser afectada por los valores especificados en el recuadro correspondiente.
6. **GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRÁFICO:** Se debe graficar el perfil topográfico del enlace, el cual debe coincidir con la información ingresada en la tabla del perfil topográfico.
7. **ESQUEMA DEL SISTEMA:** Se debe adjuntar el esquema del sistema, incluyendo TODOS los Equipos de Telecomunicaciones a utilizar con sus características técnicas y con detalle de la simbología utilizada.



**FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA  
(ENLACES PUNTO-PUNTO)**

**RC-9A**  
Elab.: DGG-ER  
Versión: 02

1) No. Registro:

**2) CLASE DE SISTEMA**

PRIVADO EXPLOTACION ( P )

**NOTA:** En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.

**3) CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO**

No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	TIPO DE OPERACION SECUENCIA DIRECTA ; TDMA ; FHSS ; HIBRIDO ; OFDM ; OTRAS	DISTANCIA DEL ENLACE (km)
<b>L1</b>	<b>5725 - 5850</b>	<b>(OF)</b>	<b>3,73</b>

**4) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS**

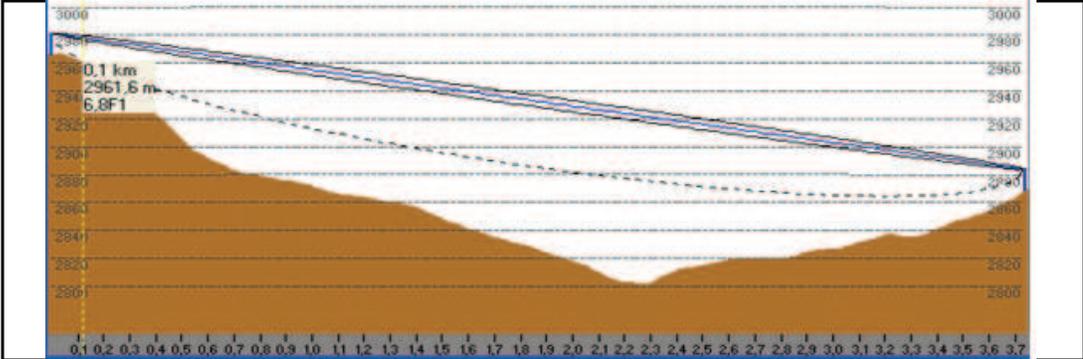
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO
<b>F1</b>	<b>A</b>	<b>S2</b>	<b>A2</b>	<b>446,7</b>	<b>E2</b>
<b>F2</b>	<b>A</b>	<b>S3</b>	<b>A3</b>	<b>446,7</b>	<b>E2</b>

**5) PERFIL TOPOGRAFICO**

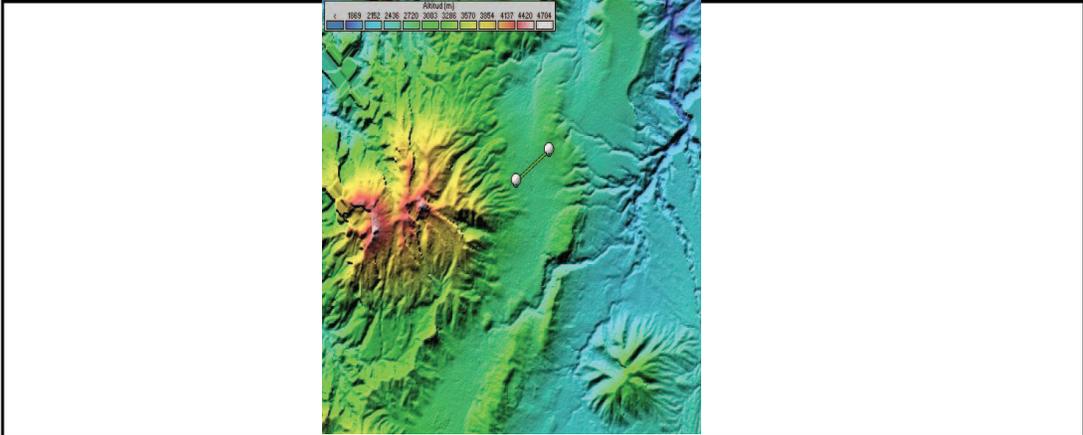
DISTANCIA (km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	<b>2966,3</b>	<b>2938</b>	<b>2891,2</b>	<b>2875,3</b>	<b>2863,3</b>	<b>2846,1</b>	<b>2828,1</b>	<b>2805,5</b>	<b>2813,7</b>	<b>2820</b>	<b>2829,8</b>	<b>2840,8</b>	<b>2869</b>

Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace.  
NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil de cada enlace.

**6) GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO**



**7) ESQUEMA DEL SISTEMA**





**FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA  
(ENLACES PUNTO-PUNTO)**

**RC-9A**  
Elab.: DGG/ER  
Versión: 02  
No. Registro:

**2) CLASE DE SISTEMA**

PRIVADO EXPLOTACION ( P )

**NOTA:** En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.

**3) CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FUJO PUNTO - PUNTO**

No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	TIPO DE OPERACION SECUENCIA DIRECTA ; TDMA ; FHSS ; HIBRIDO ; QFDM ; OTRAS	DISTANCIA DEL ENLACE (km)
<b>L2</b>	<b>5725 - 5850</b>	<b>(OF)</b>	<b>8,56</b>

**4) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS**

INDICATIVO	AC. (A.M.I.E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO
<b>F3</b>	<b>A</b>	<b>S3</b>	<b>A3</b>	<b>446,7</b>	<b>E2</b>
<b>F4</b>	<b>A</b>	<b>S7</b>	<b>A7</b>	<b>446,7</b>	<b>E2</b>

**5) PERFIL TOPOGRAFICO**

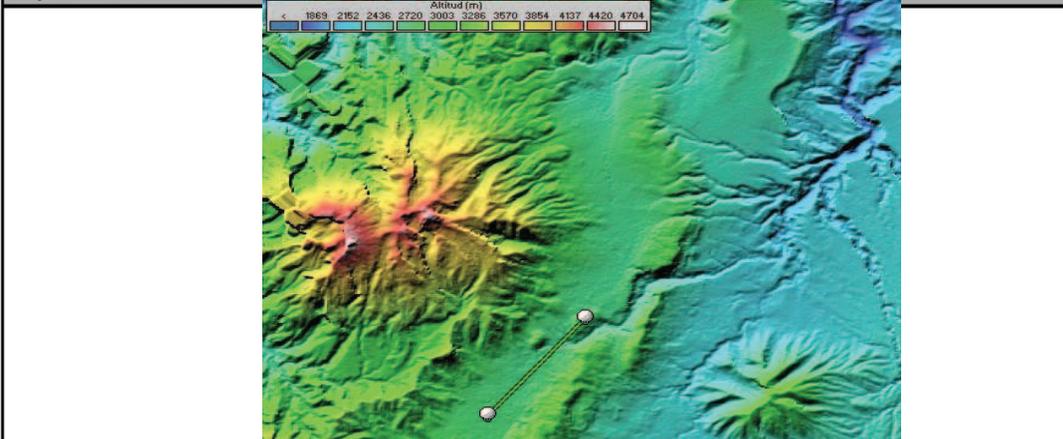
DISTANCIA (km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	<b>2896,3</b>	<b>2835,2</b>	<b>2778,8</b>	<b>2794,1</b>	<b>2820,5</b>	<b>2816,8</b>	<b>2810,1</b>	<b>2819,7</b>	<b>2834</b>	<b>2844,7</b>	<b>2852,5</b>	<b>2858,2</b>	<b>2877,3</b>

Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace.  
NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil de cada enlace.

**6) GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO**



**7) ESQUEMA DEL SISTEMA**



**RC-9B. FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE  
BANDA ANCHA  
(SISTEMAS PUNTO-MULTIPUNTO)**

1. **NUMERO DE REGISTRO:** En caso de modificaciones deberá incluirse el número asignado al Certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha autorizado, en caso de nuevos enlaces este campo no debe ser llenado.
  
2. **CLASE DE SISTEMA:** Dependiendo de la clase de sistema a operar, deberá marcar entre los paréntesis la letra correspondiente de la siguiente manera:  
( P ) PRIVADO  
( E ) EXPLOTACIÓN

Nota: (Aplica solo a PRIVADO) Si su empresa cuenta ya con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia del permiso a la solicitud.

3. **CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO-MULTIPUNTO:** Se debe completar la siguiente información:

**No. De Sistema:** En caso de tratarse de una renovación o modificación debe ingresarse el número de sistema de acuerdo a lo establecido en el registro correspondiente, caso contrario se ingresará la información de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

Sistema Multipunto 1 – SM1

Sistema Multipunto 2 – SM2, así sucesivamente.

**Número de Estaciones por Sistema:** Debe especificar el número total de estaciones fijas de cada sistema, incluida la estación fija central.

**Banda de Frecuencias:** Debe especificarse la banda empleada:

Banda (900 MHz – 928 MHz)

Banda (2400MHz – 2483,5 MHz)

Versión: 04

Banda (5150 MHz – 5250 MHz)

Banda (5250 MHz – 5350 MHz)

Banda (5470 MHz – 5725 MHz)

Banda (5725 MHz – 5850 MHz)

**Tipo de Operación:** Debe especificarse el tipo de operación empleado, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

( D ) SECUENCIA DIRECTA

( T ) TDMA

( F ) SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)

( H ) HÍBRIDO

( O ) OFDM

( R ) OTRAS

4. **CARACTERISTICAS DE LA ESTACION FIJA CENTRAL:** Se debe completar la siguiente información:

**Indicativo:** La SNT asignará un indicativo a cada estación el momento de emitir un registro, en caso de renovación o modificación se debe incluir el mencionado indicativo, en caso de asignación se debe ubicar la nomenclatura siguiente:

Estación Central 1 - EC1

Estación Central 2 – EC2, así sucesivamente

**AC. (A,M,I,E):** Actividad a realizar con la estación indicada, se debe indicar entre las siguientes posibilidades.

Autorización – A

Modificación – M

Incremento – I

Eliminación – E

**Estructura Asociada:** Debe ingresarse el código de la estructura asociada a la estación fija central, en caso de tratarse de una estructura no registrada, debe indicarse la estructura correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (S1, S2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-2A.

**Antena(s) Asociada(s):** Debe ingresarse el código de la antena asociada a la estación fija central, en caso de tratarse de antenas no registradas, debe indicarse la antena correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (A1, A2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-3A.

**Potencia Máxima de Salida:** Debe especificarse en (mW) el valor de la potencia máxima de salida del equipo.

**Equipo Utilizado:** Debe ingresarse el código del equipo de acuerdo al Anexo 3, en caso de tratarse de un equipo no registrado, debe indicarse el equipo correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (E1, E2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-4A.

5. **CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS:** Se debe completar la siguiente información:

**Indicativo:** La SNT asignará un indicativo a cada estación el momento de emitir un registro, en caso de renovación o modificación se debe incluir el mencionado indicativo, en caso de asignación se debe ubicar la nomenclatura siguiente:

Estación Fija 1 – F1

Estación Fija 2 – F2, así sucesivamente

**AC. (A,M,I,E):** Actividad a realizar con la estación indicada, se debe indicar entre las siguientes posibilidades.

Autorización – A

Modificación – M

Incremento – I

Eliminación – E

**Estructura Asociada:** Debe ingresarse el código de la estructura asociada a la estación fija, en caso de tratarse de una estructura no registrada, debe indicarse la estructura correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (S1, S2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-2A.

**Antena(s) Asociada(s):** Debe ingresarse el código de la antena o antenas asociadas a la estación fija, en caso de tratarse de antenas no registradas, debe indicarse la antena correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (A1, A2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-3A.

**Potencia Máxima de Salida:** Debe especificarse en (mW) el valor de la potencia máxima de salida del equipo.

**Equipo Utilizado:** Debe ingresarse el código del equipo de acuerdo al Anexo 3, en caso de tratarse de un equipo no registrado, debe indicarse el equipo correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (E1, E2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formulario RC-4A.

**Distancia Estación Fija Central- Estaciones Fijas:** Se debe indicar la distancia medida en (Km) de la estación central a cada una de las estaciones Fijas.

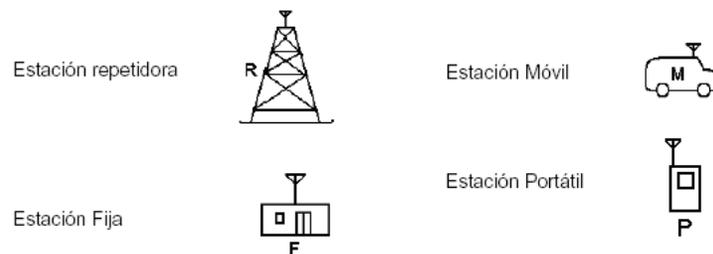
6. **PERFIL TOPOGRAFICO:** Debe ingresarse en kilómetros la distancia existente entre una estación fija y la estación fija central para los puntos detallados, donde D es la distancia del enlace, la cual debe ser afectada por los valores especificados en el recuadro correspondiente.





## RC-14A. FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

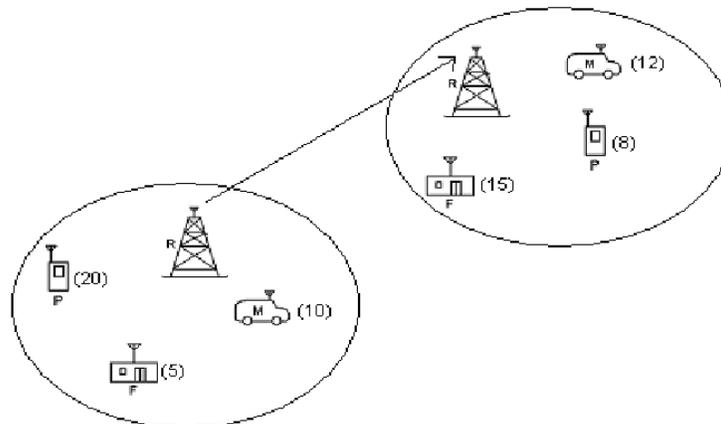
1. **ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA.**- En este formulario, se debe presentar un esquemático en el que se describa gráficamente la topología total del sistema, se aplicará para sistemas que contengan dos o más circuitos enlazados entre sí, para sistemas de enlaces punto-punto con más de un salto y para enlaces punto –multipunto. Los símbolos que deben utilizarse para la descripción del sistema son los siguientes:



El número de estaciones de cada tipo deberá indicarse entre paréntesis al lado del símbolo de la estación respectiva de acuerdo al siguiente ejemplo:



Los enlaces deben indicarse con líneas y las coberturas con círculos alrededor de la estación repetidora de acuerdo con el siguiente ejemplo:



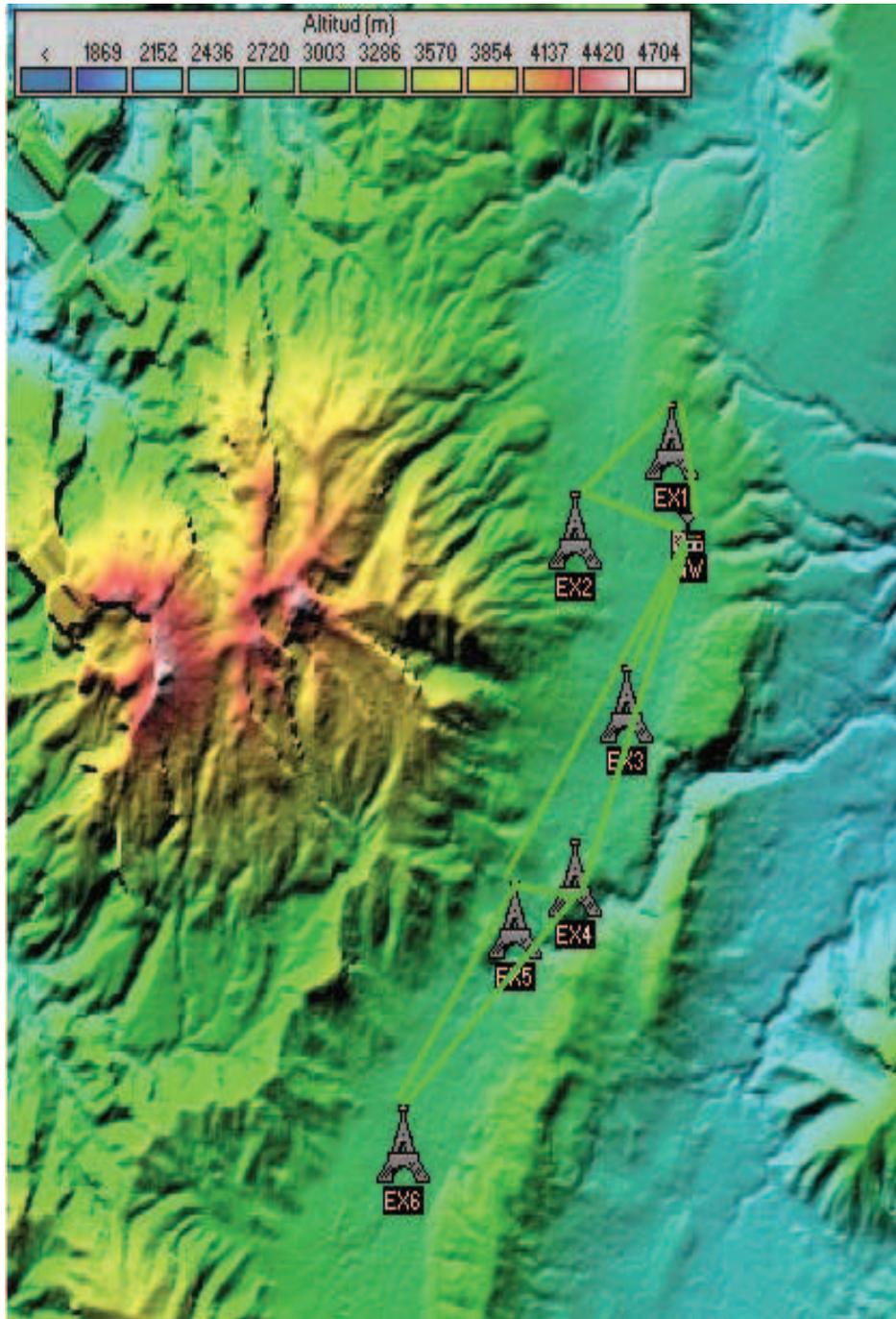


FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

RC-14A  
Elab.: DGGER  
Versión: 01

Cod. Cont.:

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



**Nota:** En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre sí, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.

## **RC-15A. (RNI-T1) FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI**

### **DATOS DEL USUARIO**

**1. NOMBRE DE LA EMPRESA.** Persona natural o jurídica.

**DIRECCIÓN.** Dirección exacta, ciudad calle y número de la persona natural o jurídica, en donde se recepte la correspondencia enviada.

### **UBICACIÓN DEL SITIO**

2. Se debe especificar la Provincia, Ciudad o Cantón exacto donde se ubica el sitio (estructura), la ubicación geográfica, debe indicarse en los casilleros correspondientes, en el formato de grados minutos y segundos, utilizando N o S para indicar latitud norte o sur y W para longitud oeste, los datos deben tomarse en el sistema de referencia geográfica WGS84\*.

Para la Localidad se debe especificar de forma clara y exacta la dirección de la ubicación de la estación radioeléctrica fija (estaciones fijas, repetidoras, radiobases) utilizando los siguientes datos: dirección, sector, ciudadela, manzana y otros que permitan a las autoridades de control localizarla. En el caso que se ubique en un cerro o un lugar donde no se pueda especificar los datos antes mencionados, se debe indicar el número o el nombre de la caseta o del lugar y adjuntar un croquis de acceso a la estación.

### **DENSIDAD DE POTENCIA LIMITE (Slím) A CONSIDERAR**

3. Se debe indicar el rango de frecuencias de operación y los valores correspondientes a la Slím Ocupacional y Slím Poblacional en W/m<sup>2</sup>, de acuerdo a la siguiente tabla A1.4

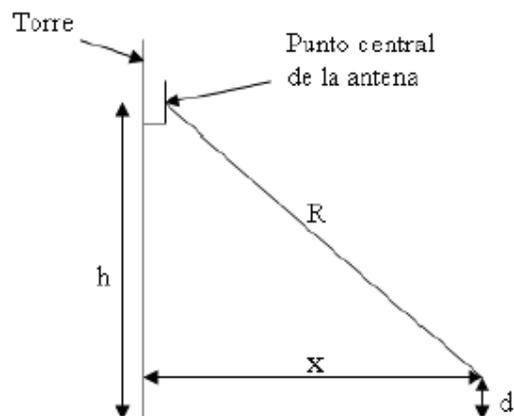
Tipo de exposición	Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m <sup>2</sup> )
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24,4	–
	0,065 -1 MHz	610	1,6 /f	–
	1 –10 MHz	610 /f	1,6 /f	–
	10-400 MHz	61	0,16	10
	400-2000 MHz	3f <sup>1/2</sup>	0,008f <sup>1/2</sup>	f/40
	2-300 GHz	137	0,36	50
Poblacional	3-150 kHz	87	5	–
	0,15-1 MHz	87	0,73 /f	–
	1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0,73 /f	–
	10-400 MHz	28	0,073	2
	400-2000 MHz	1,375f <sup>1/2</sup>	0,0037f <sup>1/2</sup>	f/200
	2-300 GHz	61	0,16	10

**Tabla A1.4 Sistemas de modulación de banda ancha**

## CALCULO DE R

4. Se debe indicar la altura h (m) de la antena desde la base de la estructura hasta el punto central de la antena. En caso de que la antena se encuentre instalada en las azoteas de edificios, se debe considerar como parte de la altura base - antena la altura del edificio. Llenar los campos de los valores de R (m) en la tabla correspondiente de acuerdo a la fórmula  $R = \sqrt{(x^2 + (h-d)^2)}$ , tomando en cuenta que el valor de d (m) es igual a 1.5 metros para efectos de cálculo, así como los valores preestablecidos de DISTANCIA X (m), (ver diagrama de referencia)

### Diagrama de referencia:



### **CALCULO DEL PIRE (MAXIMO)**

5. Se debe indicar:
  - La potencia máxima del transmisor en Watts.
  - La ganancia máxima de la antena.
  - El valor del PIRE en Watts, que para efectos de cálculo se deberá tomar las siguientes consideraciones:
    - a. Caso ideal en el que las pérdidas son igual a cero.
    - b. La Potencia del Tx es igual a la potencia máxima del equipo.

### **CALCULO DEL Slim TEORICO**

6. En la tabla del formulario se deben ingresar los valores calculados para  $(\pi * R^2)$  y del  $\text{Slim} = \text{PIRE} / \pi * R^2$ , correspondientes a los diferentes valores que se indican en la tabla de DISTANCIA X (m) especificados.

### **CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (REPONSABLE TECNICO)**

7. Se deben establecer los datos del profesional a cargo del sistema de radiocomunicaciones. La certificación representa una autorización, para que la persona encargada del sistema pueda representar al concesionario en cualquier requerimiento técnico que la SNT determine. El profesional a cargo debe ser un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones afiliado a uno de los colegios profesionales del país, el mismo que deberá adjuntar a este formulario una copia de la licencia profesional actualizada.

### **CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA.**

8. Esta certificación representa una declaración de que la Persona Natural o Jurídica acepta las condiciones del estudio técnico presentado y delega la responsabilidad sobre el mismo al responsable técnico.

\* **WGS84** (World Geodesic System). Es un tipo de sistema de referencia terrestre geodésico en tres dimensiones: (X, Y y Z para la altura) que usan los GPS.

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RHM (CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RHM-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:		Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito		
DIRECCION :		Mejía Oe 266 y Guayaquil		
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°O.C.)	LONGITUD (°O.C.)
Pichincha	Quito	José Félix Barreiro E10-221 y Av. Eloy Alfaro	00°08'28,8"S	78°28'10,7"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
FRECUENCIAS (MHz)		S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	
5725 - 5850		50	10	
<b>4) CÁLCULO DE R<sup>2</sup>:</b>				
Altura h (m):		$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$		
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)		
2 m		3,65		
5 m		14,40		
10 m		16,80		
20 m		24,13		
50 m		51,79		
<b>5) CÁLCULO DEL PIRE:</b>				
POTENCIA MÁXIMA DEL EQUIPO (W)		GANANCIA MÁXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)	
0,4467		18 dBi	28,2	
<b>6) CÁLCULO DEL S<sub>lim</sub> TEÓRICO:</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA		VALOR DE $(\pi * R^2)$	VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m		585,12	0,0482	
5 m		651,10	0,0433	
10 m		886,71	0,0318	
20 m		1829,19	0,0154	
50 m		8426,54	0,0033	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463	
e-mail:		CASILLA:	TELÉFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com			087058586	
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro		22-04-09	_____	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA	
Patricio Ordoñez		22-04-09	_____	

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RNI-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:		Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito		
DIRECCION :		Mejía Oe 266 y Guayaquil		
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°00)	LONGITUD (°00)
Pichincha	Quito	Echeverría y Pasaje 2	00°08'28,8"S	78°28'10,7"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
FRECUENCIAS (MHz)		S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	
5725 - 5850		50	10	
<b>4) CALCULO DE R<sup>2</sup>:</b>				
Altura h(m):		$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$		
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)		
2 m		3,65		
5 m		14,40		
10 m		16,80		
20 m		24,13		
50 m		51,79		
<b>5) CALCULO DEL PIRE:</b>				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)	
0,4467		18 dBi	28,2	
<b>6) CALCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO:</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA		VALOR DE ( $\pi * R^2$ )	VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m		585,12	0,0482	
5 m		651,10	0,0433	
10 m		886,71	0,0318	
20 m		1829,19	0,0154	
50 m		8426,54	0,0033	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com			087058586	
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro		22-04-09	_____	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA	
Patricio Ordoñez		22-04-09	_____	

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RHM (CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RHM-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>		<b>Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito</b>		
<b>DIRECCION :</b>		<b>Mejía Oe 266 y Guayaquil</b>		
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
<b>PROVINCIA :</b>	<b>CIUDAD / CANTON :</b>	<b>LOCALIDAD :</b>	<b>LATITUD (° O °)</b>	<b>LONGITUD (° O °)</b>
<b>Pichincha</b>	<b>Quito</b>	<b>Jorge Piedra y General Gallo</b>	<b>00°08'26,0"S</b>	<b>78°30'2,6"W</b>
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
<b>FRECUENCIAS (MHz)</b>		<b>S<sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>S<sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m<sup>2</sup>)</b>	
<b>5725 - 5850</b>		<b>50</b>	<b>10</b>	
<b>4) CÁLCULO DE R' :</b>				
<b>Altura h (m) :</b>		$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$		
<b>DISTANCIA X</b>		<b>VALOR CALCULADO PARA R (m)</b>		
<b>2 m</b>		<b>3,65</b>		
<b>5 m</b>		<b>14,40</b>		
<b>10 m</b>		<b>16,80</b>		
<b>20 m</b>		<b>24,13</b>		
<b>50 m</b>		<b>51,79</b>		
<b>5) CÁLCULO DEL PIRE:</b>				
<b>POTENCIA MÁXIMA DEL EQUIPO (W)</b>		<b>GANANCIA MÁXIMA DE LA ANTENA</b>	<b>VALOR DE PIRE (W)</b>	
<b>0,4467</b>		<b>18 dBi</b>	<b>28,2</b>	
<b>6) CÁLCULO DEL S<sub>lim</sub> TEÓRICO :</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
<b>DISTANCIA</b>		<b>VALOR DE (<math>\pi * R^2</math>)</b>		<b>VALOR DE S<sub>lim</sub> (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>2 m</b>		<b>585,12</b>		<b>0,0482</b>
<b>5 m</b>		<b>651,10</b>		<b>0,0433</b>
<b>10 m</b>		<b>886,71</b>		<b>0,0318</b>
<b>20 m</b>		<b>1829,19</b>		<b>0,0154</b>
<b>50 m</b>		<b>8426,54</b>		<b>0,0033</b>
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
<b>APELLIDO PATERNO:</b>	<b>APELLIDO MATERNO:</b>	<b>NOMBRES:</b>	<b>LIC. PROF.:</b>	
<b>Robalino</b>	<b>López</b>	<b>Andrés Jorge</b>	<b>1001-08-870463</b>	
<b>e-mail:</b>		<b>CASILLA:</b>	<b>TELÉFONO / FAX:</b>	
<b>mhandres@hotmail.com</b>			<b>087058586</b>	
<b>DIRECCION:</b>		<b>FECHA:</b>		
<b>Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro</b>		<b>22-04-09</b>		
		_____ <b>FIRMA</b>		
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
<b>NOMBRE:</b>		<b>FECHA:</b>		
<b>Patricio Ordoñez</b>		<b>22-04-09</b>		
		_____ <b>FIRMA</b>		

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RHM (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RHM-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:		Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito		
DIRECCION :		Mejía Oe 266 y Guayaquil		
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°O'")	LONGITUD (°O'")
Pichincha	Quito	Av. Amazonas N34-451 entre Av. Atahualpa y Juan Pablo Sanz	00°10'49,9"S	78°29'10,3"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
FRECUENCIAS (MHz)		S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	
5725 - 5850		50	10	
<b>4) CALCULO DE R' :</b>				
Altura h (m) :	$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$			
DISTANCIA X	VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2 m	48,54			
5 m	48,76			
10 m	49,52			
20 m	52,46			
50 m	69,66			
<b>5) CALCULO DEL PIRE :</b>				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA		VALOR DE PIRE (W)
0,4467		18 dBi		28,2
<b>6) CALCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO :</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA	VALOR DE ( $\pi * R^2$ )		VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m	7402,38		0,0038	
5 m	7468,35		0,0038	
10 m	7703,97		0,0037	
20 m	8646,45		0,0033	
50 m	15243,79		0,0018	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com			087058586	
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro		22-04-09	_____	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA	
Patricio Ordoñez		22-04-09	_____	

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RHM (CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>		<b>RC-15A RHM-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>			
NOMBRE DE LA EMPRESA:	Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito		
DIRECCION:	Mejía Oe 266 y Guayaquil		
<b>2) UBICACION DEL SITIO:</b>			
PROVINCIA:	CIUDAD/CANTON:	LOCALIDAD:	LATITUD (°00')
Pichincha	Quito	Calle Manuel Lupera	00°13'13,0"S
			LONGITUD (°00')
			78°30'03,7"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>			
FRECUENCIAS (MHz)	S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	
5725 - 5850	50	10	
<b>4) CÁLCULO DE R:</b>			
Altura h (m):	$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$		
DISTANCIA X	VALOR CALCULADO PARA R (m)		
2 m	18,61		
5 m	19,16		
10 m	21,03		
20 m	27,24		
50 m	53,31		
<b>5) CÁLCULO DEL PIRE:</b>			
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)	GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)	
0,4467	18 dBi	28,2	
<b>6) CÁLCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO:</b>			
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$			
DISTANCIA	VALOR DE $(\pi * R^2)$	VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m	1087,78	0,0259	
5 m	1153,75	0,0244	
10 m	1389,37	0,0203	
20 m	2331,85	0,0121	
50 m	8829,19	0,0032	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463
e-mail:	CASILLA:	TELÉFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com		087058586	
DIRECCION:	FECHA:	_____	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro	22-04-09	FIRMA	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
NOMBRE:	FECHA:	_____	
Patricio Ordoñez	22-04-09	FIRMA	

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RNI-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:	Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito			
DIRECCION :	Mejía Oe 266 y Guayaquil			
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
PROVINCIA :	CIUDAD/CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°O'")	LONGITUD (°O'")
Pichincha	Quito	Calle Melchor Aymerich	00°13'47,8"S	78°31'03,6"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
FRECUENCIAS (MHz)	S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )		
5725 - 5850	50	10		
<b>4) CALCULO DE R<sup>2</sup> :</b>				
Altura h (m) :	$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$			
DISTANCIA X	VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2 m	3,65			
5 m	14,40			
10 m	16,80			
20 m	24,13			
50 m	51,79			
<b>5) CALCULO DEL PIRE :</b>				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)	GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA		VALOR DE PIRE (W)	
0,4467	18 dBi		28,2	
<b>6) CALCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO :</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA	VALOR DE ( $\pi * R^2$ )		VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m	585,12		0,0482	
5 m	651,10		0,0433	
10 m	886,71		0,0318	
20 m	1829,19		0,0154	
50 m	8426,54		0,0033	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com			087058586	
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro		22-04-09	_____	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA	
Patricio Ordoñez		22-04-09	_____	

	<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RHM (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC-15A RHM-T1</b>
<b>1) USUARIO:</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:		Dirección Metropolitana de Educación del Distrito Metropolitano de Quito		
DIRECCION :		Mejía Oe 266 y Guayaquil		
<b>2) UBICACION DEL SITIO :</b>				
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (° 0 0')	LONGITUD (° 0 0')
Pichincha	Quito	Morán Valverde y Rumichaca	00°16'50,9"S	78°32'55,1"W
<b>3) S<sub>lim</sub> A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>				
FRECUENCIAS (MHz)		S <sub>lim</sub> OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	S <sub>lim</sub> POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )	
5725 - 5850		50	10	
<b>4) CALCULO DE R' :</b>				
Altura h (m) :	$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$			
DISTANCIA X	VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2 m	3,65			
5 m	14,40			
10 m	16,80			
20 m	24,13			
50 m	51,79			
<b>5) CALCULO DEL PIRE :</b>				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA		VALOR DE PIRE (W)
0,4467		18 dBi		28,2
<b>6) CALCULO DEL S<sub>lim</sub> TEORICO :</b>				
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA	VALOR DE ( $\pi * R^2$ )		VALOR DE S <sub>lim</sub> (W/m <sup>2</sup> )	
2 m	585,12		0,0482	
5 m	651,10		0,0433	
10 m	886,71		0,0318	
20 m	1829,19		0,0154	
50 m	8426,54		0,0033	
<b>7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
Robalino	López	Andrés Jorge	1001-08-870463	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
mhandres@hotmail.com			087058586	
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA	
Quito, Diego Osorio Oe-130 y Av. Ana Paredes de Alfaro		22-04-09	_____	
<b>8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA	
Patricio Ordoñez		22-04-09	_____	

**HOMOLOGACIÓN: CERTIFICADOS DE  
HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS DE SKYPILOT**

CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN  
DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONESNo. **SUPTTEL-2006-000351**

La Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo Siete. del Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones emitido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones con Resolución 72-02-CONATEL-2005 de 25 de enero de 2005 y publicado en el Registro N° 551 de 24 de marzo de 2005 otorga el siguiente **CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN**, contando para efecto con la solicitud efectuada al Superintendente de Telecomunicaciones, formulada con No. 000351 de jueves, 30 de noviembre y el informe técnico No. 000351 de jueves, 30 de noviembre de 2006

Las características y especificaciones técnicas del presente Certificado son las siguientes

CLASE DE TERMINAL:	Equipos para sistemas de modulación digital de banda ancha
MARCA:	SKY PILOT ( ESTACIÓN BASE)
MODELO:	SKY GATEWAY (5725 - 5850 MHz)
ORGANISMO INTERNACIONAL	FCC (Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos)
ID ORG. INTERNACIONAL :	RV7-GW-SD1010

Dado en Quito, a jueves, 30 de noviembre de 2006

*Ingeniero Pablo Bouz*

UNIDAD DE HOMOLOGACIÓN  
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES



SE EMITE:

ORIGINAL : USUARIO  
1ra. COPIA: UNIDAD RESPONSABLE  
2da. COPIA: DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
3ra. COPIA: CONTABILIDAD  
4ta. COPIA: AUDITORÍA



**CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN  
DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES**

No. SUPTEL-2006-000353

La Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo Siete. del Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones emitido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones con Resolución 72-02-CONATEL-2005 de 25 de enero de 2005 y publicado en el Registro N° 551 de 24 de marzo de 2005 otorga el siguiente **CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN**, contando para efecto con la solicitud efectuada al Superintendente de Telecomunicaciones, formulada con No. 000353 de jueves, 30 de noviembre y el informe técnico No. 000353 de jueves, 30 de noviembre de 2006

Las características y especificaciones técnicas del presente Certificado son las siguientes:

CLASE DE TERMINAL:	Equipos para sistemas de modulación digital de banda ancha
MARCA:	SKY PILOT (UNIDAD DE SUSCRIPTOR)
MODELO:	SKY CONNECTOR (5725 - 5850 MHz)
ORGANISMO INTERNACIONAL	FCC (Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos)
ID ORG. INTERNACIONAL :	RV7-SC1010

Dado en Quito, a jueves, 30 de noviembre de 2006

*Ing. Patlo Bauz*

UNIDAD DE HOMOLOGACIÓN  
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES



SE EMITE:

ORIGINAL : USUARIO  
1ra. COPIA: UNIDAD RESPONSABLE  
2da. COPIA: DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
3ra. COPIA: CONTABILIDAD  
4ta. COPIA: AUDITORÍA



CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN  
DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

No. **SUPTL-2006-000352**

La Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo Siete. del Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones emitido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones con Resolución 72-02-CONATEL-2005 de 25 de enero de 2005 y publicado en el Registro N° 551 de 24 de marzo de 2005 otorga el siguiente **CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN**, contando para efecto con la solicitud efectuada al Superintendente de Telecomunicaciones, formulada con No. 000352 de jueves, 30 de noviembre y el informe técnico No. 000352 de jueves, 30 de noviembre de 2006

Las características y especificaciones técnicas del presente Certificado son las siguientes:

CLASE DE TERMINAL:	Equipos para sistemas de modulación digital de banda ancha
MARCA:	SKY PILOT (UNIDAD "BACKHAUL")
MODELO:	SKY EXTENDER(Dual Band)(2.4-2.4835/5.725-5.850GHz)
ORGANISMO INTERNACIONAL	FCC (Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos)
ID ORG. INTERNACIONAL :	RV7-DBE1010

Dado en Quito, a jueves, 30 de noviembre de 2006

*Ingeniero Patlo Bauz*

*[Firma]*  
UNIDAD DE HOMOLOGACIÓN  
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES



SE EMITE:

- ORIGINAL : USUARIO
- 1ra. COPIA: UNIDAD RESPONSABLE
- 2da. COPIA: DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES
- 3ra. COPIA: CONTABILIDAD
- 4ta. COPIA: AUDITORÍA

## **ANEXO 2**

# **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SKYPILOT**



## SkyGateway Series

### Benefits

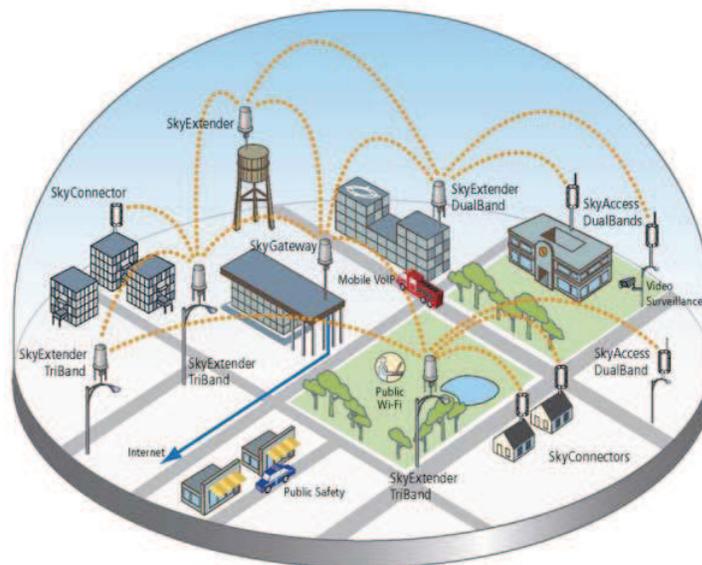
- **Highly scalable** capacity injector that is easily deployed in the network to meet changing subscriber density and traffic demands
- **Robust mesh backhaul** capable of serving multiple applications over one network
- **SyncMesh intelligence** manages traffic to maximize available bandwidth
- **Overcomes limitations** of point-to-multipoint base stations by offering multi-hop path redundancy for greater network reliability and deployment flexibility
- **Dualband and TriBand** options to support client services
  - 2.4 GHz for standards-based Wi-Fi HotZones
  - 4.9 GHz for licensed public safety agencies
- **Lower OpEx** through the auto-discovery and self-configuration, self-optimization, and self-healing advantages of mesh
- **End-to-end QoS** to support converged voice, data and video
- **Hybrid network** ready for citywide municipal and service provider deployments
  - Fixed broadband Internet services
  - Digital inclusion and public Wi-Fi access
  - Public safety and first responder communications
  - Mobile connectivity for remote agency staff
  - AMR and other e-government initiatives

### Capacity Injection to the Mesh

The SkyGateway™ series are carrier-class network base stations that provide capacity injection to the mesh network. By deploying SkyGateways, service providers can easily scale available bandwidth to meet changing application demands and enhance network reliability through redundant points of service. Unlike a conventional point-to-multipoint base station, the SkyGateway is the foundation of a true mesh topology, delivering multi-hop versatility, dynamic rerouting, and outstanding scalability. The SkyGateway is also available in DualBand and TriBand models to enhance local client access in the physical vicinity of the base station where public and municipal applications are served. The SkyGateway series now provides a greater range of options for service providers, integrators, and municipalities to deploy one wireless infrastructure ready to serve multiple private and public sector applications.

The SkyGateway series includes an advanced antenna array called SectorSwitch that provides 360° coverage using eight integrated antenna sectors. SkyGateways communicate with SkyExtender mesh nodes using OFDM over point-to-point links, which allows SkyPilot to utilize substantially higher output levels as defined by the FCC than conventional omnidirectional antennas. As a result, SkyGateways achieve backhaul links capable of over 28 W EIRP, delivering high modulation rates and the ability to support longer ranges between mesh nodes up to 10 miles/16 km. SkyPilot's intelligent SyncMesh™ technology manages traffic across the mesh network to mitigate interference and support the prioritizing of voice and data for Quality of Service.

SkyGateway DualBand and TriBand models are available with integrated access points that allow for simultaneous local client access without interrupting backhaul communications. Access points are available in 2.4 GHz for public Wi-Fi and licensed 4.9 GHz for municipal public safety. Each access point includes a high power radio with a high gain omnidirectional antenna. SkyGateway DualBand and TriBand models allow service providers and municipalities to ensure ubiquitous coverage for public Wi-Fi access, first responders, mobile agency staff communications, and more, while seamlessly managing traffic throughout the SkyPilot wireless mesh network.



*SkyGateway series is the foundation of a highly scalable, multi-service wireless mesh network*

## SkyGateway Series

### Traffic Management

- VLAN support: IEEE 802.1q
- Traffic prioritization: IEEE 802.1p, protocol type, IP port, IP ToS field, and IP address list
- Traffic filtering: protocol type, IP port, and IP address list
- Traffic shaping: upstream and downstream per-user rate control

### Configuration, Management, & Monitoring

- EMS: SkyControl client server application
- NMS integration: SNMPv2c
- IP address: DHCP or static
- Firmware: multiple versions stored in nonvolatile memory; updated over-the-air via FTP
- Provisioning: manual or automated
- Configuration file: XML over HTTP
- SNMP MIBs: MIB-II (RFC 1213); EtherLike (RFC 2665); Bridge (RFC 1493); 802.11; SkyPilot private MIB
- Remote logging
- Remote management: CLI via Telnet, SNMPv2c, web browser
- Local management: RS-232 serial console port



Models	SkyGateway	SkyGateway DualBand	SkyGateway TriBand
Mesh Backhaul	4.9-5.8 GHz	4.9-5.8 GHz (see below)	4.9-5.8 GHz (see below)
Local Access	10/100 Mbps Ethernet (PoE)	10/100 Mbps Ethernet (PoE)	10/100 Mbps Ethernet (PoE)
Wi-Fi Access	None	802.11b/g (2.4 GHz) or 802.11a (4.9 GHz)	802.11b/g (2.4 GHz) and 802.11a (4.9 GHz)

### Wi-Fi Access Specifications

Access Point	2.4 GHz	4.9 GHz
Frequency Band	2.400-2.483 GHz	4.940-4.990 GHz
Radio (peak Tx)	400 mW / 26 dBm	400 mW / 26 dBm
Antennas	7.4 dBi omni	9.5 dBi omni
EIRP	2.2 W / 33.4 dBm (maximum) 100 mW / 20 dBm (minimum)	3.5 W / 35.5 dBm
Media Access	IEEE 802.11b/g CSMA/CA	IEEE 802.11a CSMA/CA
Modulation	OFDM (802.11g), DSSS (802.11b)	OFDM (802.11a)
Channel Width	20 MHz	5, 10, or 20 MHz
Receive Sensitivity	-98 dBm at 1 Mbps	-94 dBm at 6 Mbps (4.9 GHz)
Authentication	RADIUS support, 802.1x	
Encryption	AES, WPA (EAP-TLS, EAP-PEAP/MSCHAPv2 with TRIP), MIC, and dynamic WEP	

### Mesh Backhaul Specifications

Frequency Band	4.940-5.350 (not available with 4.9 GHz AP), 5.470-5.725, or 5.725-5.850 GHz
Radio (peak Tx)	450 mW / 26.5 dBm
Antennas	Eight – antenna array – 18 dBi integrated sectors (45° horizontal, 6° vertical each sector)
EIRP	44.5 dBm / 28.2 W peak (maximum) (also available in configurations for 36 dBm / 4 W, 33 dBm / 2 W, and 30 dBm / 1 W for international regulatory compliance)
Media Access	Time Division Duplex (TDD)
Modulation	OFDM with adaptive modulation
Throughput	Up to 20 Mbps UDP / Up to 12 Mbps TCP
Receive Sensitivity	-92 dBm at 6 Mbps
Channel Width	20 MHz
Channel Resolution	5 MHz frequency control
Range	Up to 10 miles / 16 Kilometers
Latency	10-12 ms roundtrip per hop
Connectivity	SkyGateway Series and SkyExtender Series, SkyAccess and SkyConnector devices
Authentication	RSA-Based Certificates
Encryption	128-bit AES

### Physical Specifications

Connections	One RJ-45 – power and Ethernet (PoE) One RJ-45 – RS-232 serial for local CLI management
Mounting	Mast, tower, utility pole, light pole, building or other infrastructure (optional mounting kits available for some installations)
Indicators (LED)	Wireless activity, wireless link (located on device bottom for easier ground level viewing)
Dimensions	Height: 25 inches / 63.5 cm radome 33 inches / 83.8 cm with antennas
Weight	15.0 pounds / 6.75 kilograms
Operating Temperature	-40° to 137° F / -40° to 55° C
Wind Loading	Up to 150 mph / 242 kph
Enclosure	NEMA-4X
Power	110 VAC, 50-60Hz input; 8.5-16 Watts (varies by model and other factors)
Certifications	FCC Part 15, FCC 47 CFR Part 15, Class B USA compliant with UL safety standards: ETL, ACA: RoHS
EMI	FCC Part 15.107 and 15.109



Leading the Mesh Revolution

SkyPilot Networks, Inc.  
2055 Laurelwood Road  
Santa Clara, California 95054  
Telephone: +1-408-764-8000  
sales@skypilot.com  
www.skypilot.com

© 2007 SkyPilot Networks, Inc. All rights reserved. SkyConnector, SkyControl, SkyExtender, SkyGateway, SkyAccess, SyncMesh, SkyPilot, SkyPilot Networks, the SkyPilot logo, and other designated trademarks, trade names, logos, and brands are the property of SkyPilot Networks, Inc. or their respective owners. Product specifications are subject to change without notice. This material is provided for informational purposes only; SkyPilot assumes no liability related to its use and expressly disclaims any implied warranties of merchantability or fitness for any particular purpose.

DS01-C-02/07



## SkyExtender Series

### Benefits

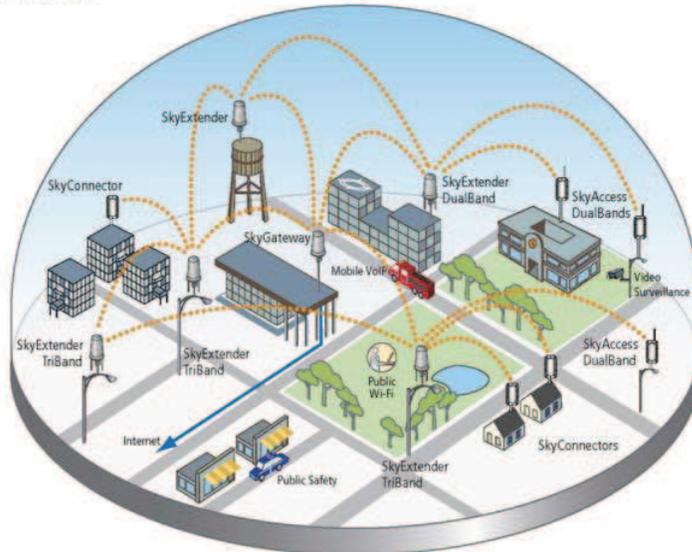
- **Robust mesh backhaul** can serve multiple applications over one wireless infrastructure
- **SyncMesh intelligence** manages traffic and RF performance to optimize available bandwidth
- **Lower OpEx** through auto-discovery and self-configuration, dynamic rerouting, and self-healing advantages of mesh
- **Dual and TriBand options** to support client services
  - 2.4 GHz for standards-based Wi-Fi HotZones
  - 4.9 GHz for licensed public safety agencies
- **End-to-end QoS** to support converged voice, data and video
- **Hybrid network ready** for citywide municipal and service provider deployments
  - Fixed broadband Internet services
  - Digital inclusion and public Wi-Fi access
  - Public safety and first responder communications
  - Mobile connectivity for remote agency staff
  - AMR and other e-government initiatives

### Mesh Expansion with Local Client Access Options

The SkyExtender™ series is a high capacity mesh device that is capable of fulfilling multiple roles in the wireless network. First, SkyExtender devices expand the network from a SkyGateway by creating a flexible and robust mesh topology that offers carrier-class reliability through dynamic best-path routing, self-healing failover, and adaptive modulation. Second, SkyExtender is available in DualBand and TriBand models to offer one or two integrated client access bands for serving various public and municipal applications. The versatile SkyExtender series allows service providers and municipalities to achieve unprecedented return on investment by deploying one wireless infrastructure that serves multiple private and public sector functions.

The SkyExtender series includes an advanced antenna array called SectorSwitch that provides 360° coverage using eight integrated antenna sectors. Each SkyExtender communicates using OFDM over a point-to-point link, allowing SkyPilot to utilize substantially higher output levels as defined by the FCC than conventional omnidirectional antennas. As a result, the SkyExtender mesh is capable of over 28 W EIRP, delivering high modulation rates and the ability to support longer ranges between mesh nodes up to 10 miles/16 km. Intelligent SyncMesh™ technology manages traffic across the mesh backhaul to mitigate interference and support the prioritizing of voice and data for Quality of Service.

SkyExtender DualBand and TriBand models are available with integrated access points that allow for simultaneous local client access without interrupting backhaul communications. Access points are available in 2.4 GHz for public Wi-Fi and licensed 4.9 GHz for municipal public safety. Each access point includes a high power radio with high gain omnidirectional antenna. With SkyExtender DualBand and TriBand nodes, service providers and municipalities can deploy a ubiquitous coverage area for public Wi-Fi access, first responders, mobile agency staff communications, and more, while seamlessly managing traffic across the SkyPilot wireless mesh backhaul.



*SkyExtender series expands the wireless mesh to create a resilient, multi-hop mesh topology serving multiple broadband wireless applications*

## SkyExtender Series

### Traffic Management

- VLAN support: IEEE 802.1q
- Traffic prioritization: IEEE 802.1p, protocol type, IP port, IP ToS field, and IP address list
- Traffic filtering: protocol type, IP port, and IP address list
- Traffic shaping: upstream and downstream per-user rate control

### Configuration, Management, & Monitoring

- EMS: SkyControl client server application
- NMS integration: SNMPv2c
- IP address: DHCP or static
- Firmware: multiple versions stored in nonvolatile memory; updated over-the-air via FTP
- Provisioning: manual or automated
- Configuration file: XML over HTTP
- SNMP MIBs: MIB-II (RFC 1213); EtherLike (RFC 2665); Bridge (RFC 1493); 802.11; SkyPilot private MIB
- Remote logging
- Remote management: CLI via Telnet, SNMPv2c, web browser
- Local management: RS-232 serial console port



Models	SkyExtender	SkyExtender DualBand	SkyExtender TriBand
Mesh Backhaul	4.9-5.8 GHz	4.9-5.8 GHz (see below)	4.9-5.8 GHz (see below)
Local Access	10/100 Mbps Ethernet (PoE)	10/100 Mbps Ethernet (PoE)	10/100 Mbps Ethernet (PoE)
Wi-Fi Access	None	802.11b/g (2.4 GHz) or 802.11a (4.9 GHz)	802.11b/g (2.4 GHz) and 802.11a (4.9 GHz)

### Wi-Fi Access Specifications

Access Point	2.4 GHz	4.9 GHz
Frequency Band	2.400-2.483 GHz	4.940-4.990 GHz
Radio (peak Tx)	400 mW / 26 dBm	400 mW / 26 dBm
Antennas	7.4 dBi omni	8.5 dBi omni
EIRP	2.2 W / 33.4 dBm (maximum) 100 mW / 20 dBm (minimum)	3.5 W / 35.5 dBm
Media Access	IEEE 802.11b/g CSMA/CA	IEEE 802.11a CSMA/CA
Modulation	OFDM (802.11g), DSSS (802.11b)	OFDM (802.11a)
Channel Width	20 MHz	5, 10, or 20 MHz
Receive Sensitivity	-98 dBm at 1 Mbps	-94 dBm at 6 Mbps (4.9 GHz)
Authentication	RADIUS support, 802.1x	
Encryption	AES, WPA (EAP-TTLS, EAP-PEAP/MSCHAPv2 with TRIP), MIC, and dynamic WEP	

### Mesh Backhaul Specifications

Frequency Band	4.940-5.350 (not available with 4.9 GHz AP), 5.470-5.725, or 5.725-5.850 GHz
Radio (peak Tx)	450 mW / 26.5 dBm
Antennas	Eight – antenna array – 18 dBi integrated sectors (45° horizontal, 6° vertical each sector)
EIRP	44.5 dBm / 28.2 W peak (maximum) (also available in configurations for 36 dBm / 4W, 33 dBm / 2 W, and 30 dBm / 1 W for international regulatory compliance)
Media Access	Time Division Duplex (TDD)
Modulation	OFDM with adaptive modulation
Throughput	Up to 20 Mbps UDP / Up to 12 Mbps TCP
Receive Sensitivity	-92 dBm at 6 Mbps
Channel Width	20 MHz
Channel Resolution	5 MHz frequency control
Range	Up to 10 miles / 16 Kilometers
Latency	10-12 ms roundtrip per hop
Connectivity	SkyGateway Series and SkyExtender Series, SkyAccess and SkyConnector devices
Authentication	RS-A Based Certificates
Encryption	128-bit AES

### Physical Specifications

Connections	One RJ-45 – power and Ethernet (PoE) One RJ-45 – RS-232 serial for local CLI management
Mounting	Mast, tower, utility pole, light pole, building or other infrastructure (optional mounting kits available for some installations)
Indicators (LED)	Wireless activity, wireless link (located on device bottom for easier ground level viewing)
Dimensions	Height: 25 inches / 63.5 cm radome 33 inches / 83.8 cm with antennas
Weight	15.0 pounds / 6.75 Kilograms
Operating Temperature	-40° to 131° F / -40° to 55° C
Wind Loading	Up to 150 mph / 242 kph
Enclosure	NEMA-4X
Power	110 VAC, 50-60Hz input: 8.3-16 Watts (varies by model and other factors)
Certifications	FCC Part 15, FCC 47 CFR Part 15, Class B USA; compliant with ILL safety standards; ETSI ACA, RoHS
EMI	FCC Part 15.107 and 15.109



Leading the Mesh Revolution

SkyPilot Networks, Inc.  
2055 Laurelwood Road  
Santa Clara, California 95054  
Telephone: +1-408-764-8000  
sales@skypilot.com  
www.skypilot.com

© 2007 SkyPilot Networks, Inc. All rights reserved. SkyConnector, SkyControl, SkyExtender, SkyGateway, SkyAccess, SyncMesh, SkyPilot, SkyPilot Networks, the SkyPilot logo, and other designated trademarks, trade names, logos, and brands are the property of SkyPilot Networks, Inc. or their respective owners. Product specifications are subject to change without notice. This material is provided for informational purposes only; SkyPilot assumes no liability related to its use and expressly disclaims any implied warranties of merchantability or fitness for any particular purpose.

DS02-C-02/07



## SkyConnector

### Outdoor CPE

One of the key success factors for service providers deploying broadband wireless is cost effectiveness. The wireless network has to be capable of providing an economical means of building an infrastructure as well as a profitable method of deploying subscriber access devices. SkyPilot's SkyGateway™ and SkyExtender™ series provide a cost-effective way to build a world-class infrastructure and the SkyConnector™ enables service providers to focus on profitable subscriber access.

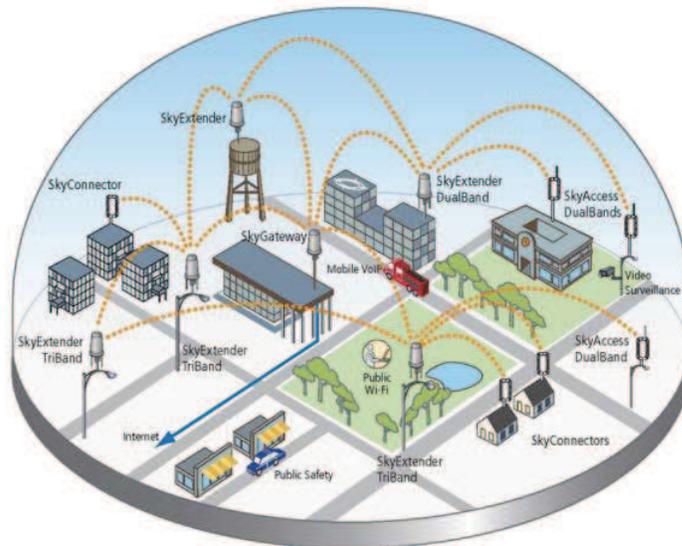
The SkyConnector was designed to keep both capital expenditures and operating costs in check when deploying broadband wireless access (BWA) services to a broad base of subscribers. Like their DSL and cable modem counterparts, the SkyConnector is a cost-effective outdoor CPE that can be used for either business or residential access but without requiring copper or coaxial connections. The SkyConnector provides an Ethernet drop to the subscriber and connects to the high-capacity wireless mesh network through a directional 5 GHz link. In addition to keeping per-unit costs down, the SkyConnector also makes efficient use of the wireless mesh infrastructure through long-range (up to 7.5 miles/12 km) and non-line of sight (NLOS) connectivity. To combat ongoing operational expenses, the SkyConnector is easy to deploy with audible and visual feedback of signal strength to ensure proper installation and are provisioned through the centrally-management SkyControl™ application.

Not only does the SkyConnector keep costs down but it also provides a range of advanced, revenue-enhancing services. The units integrate per-user rate control to allow for different service tiers (i.e. 1 Mbps, 2 Mbps, etc.) as well as providing VLAN support for transparent LAN services and quality of service parameters for latency-sensitive applications such as VoIP and video surveillance.

The units are available in a choice of frequency bands to meet the variety of specifications for international deployments. The frequency bands include 4.940-5.150, 5.150-5.350, 5.470-5.725, or 5.725-5.850 GHz and selection of the frequency band is made at the time of ordering.

### Benefits

- **Cost-effective** CPE focuses on keeping capital and operational expenses down
- **Auto discovery and provisioning** —just point the SkyConnector towards the mesh network to get it configured
- **Wireless connectivity** via long-range (up to 7.5 miles/12km) links to mesh network
- **Non-line of sight (NLOS)** capabilities achieved through OFDM modulation (multipath), high-power transmissions (boring through trees), and routing around obstacles (via mesh)



*SkyConnectors provide broadband wireless access to business and residential customers.*

## SkyConnector Specifications

### Traffic Management

- VLAN support: IEEE 802.1q
- Traffic Prioritization: IEEE 802.1p, protocol type, IP port, IP ToS field, and IP address list
- Traffic Filtering: protocol type, IP port, and IP address list
- Traffic Shaping: upstream and downstream per-user rate control

### Configuration, Management, & Monitoring

- NMS integration: SNMPv2c
- EMS: SkyControl
- IP address: DHCP or static
- Firmware: Multiple versions stored in nonvolatile memory; updated over the air via FTP
- Provisioning: Manual or automated
- Configuration file: XML over HTTP
- MIB support: MIB-II (RFC 1213); EtherLike (RFC 2665); Bridge (RFC 1493); SkyPilot private MIB
- Remote management: CLI via Telnet, SNMPv2c

### Wireless

Frequency band	4.940-5.150, 5.150-5.350, 5.470-5.725, or 5.725-5.850 GHz
EIRP	42.5 dBm / 17 W peak
Media access	Time Division Duplex (TDD)
Modulation technique	OFDM with adaptive modulation
Modulation rates	6 to 54 Mbps
Throughput	Up to 20 Mbps UDP / up to 12 Mbps TCP
Latency	8-10 ms roundtrip per hop
Antenna	28° horizontal x 9° vertical panel, 16.5 dBi
Channel width	20 MHz
Channel resolution	5 MHz frequency control
Receive sensitivity	-92 dBm at 6 Mbps modulation
Connectivity	Connects with SkyGateway series or SkyExtender series
Authentication	RSA-based certificates
Encryption	128-bit AES on wireless link

### Product Specifications

Connector	RJ-45 (Power over Ethernet)
Mounting	Eave, roof, or chimney
Range	Up to 7.5 miles/12 km to wireless mesh network
LEDs	Power, signal strength, wireless link, Ethernet activity, Ethernet link
Dimensions	12.6" (32 cm) H x 6.6" (16.8 cm) W x 4.2" (10.7 cm) D
Weight	3.8 pounds (1.7 kg)
Operating temperature	-40° to 131° F (-40° to 55° C)
Wind loading	Up to 150 mph (240 km/h)
Enclosure/humidity	NEMA-4X
Power	110-230 VAC, 50-60 Hz input; 7 Watts
Certifications	FCC Part 15, FCC 47 CFR Part 15, Class B USA; compliance with UL safety standards, CE, C-Tick, IC R55210 Issue 5
EMI and susceptibility	FCC Part 15.107 and 15.109
Warranty	One-year limited warranty on hardware; 90-day limited warranty on software



Leading the Mesh Revolution

© 2007 SkyPilot Networks, Inc. All rights reserved. SkyConnector, SkyControl, SkyExtender, SkyGateway, SkyAccess, SyncMesh, SkyPilot, SkyPilot Networks, the SkyPilot logo, and other designated trademarks, trade names, logos, and brands are the property of SkyPilot Networks, Inc. or their respective owners. Product specifications are subject to change without notice. This material is provided for informational purposes only. SkyPilot assumes no liability related to its use and expressly disclaims any implied warranties of merchantability or fitness for any particular purpose.

DS05-D-02/07

SkyPilot Networks, Inc.  
2055 Laurelwood Road  
Santa Clara, California 95054  
Telephone: +1-408-764-8000  
sales@skypilot.com  
www.skypilot.com

## **ANEXO 3**

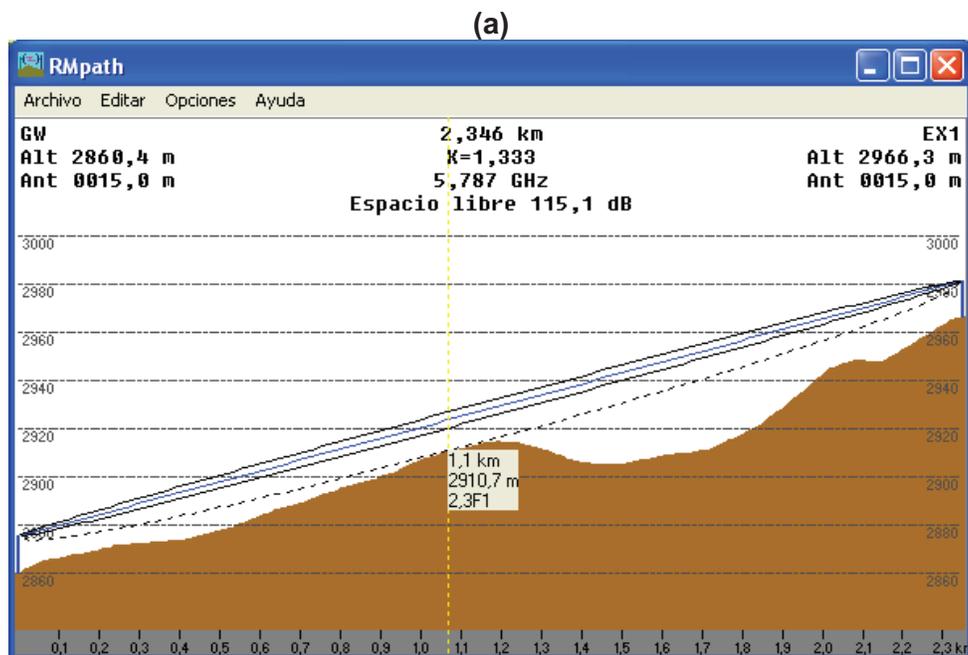
# **RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE LOS ENLACES DEL BACKBONE INALÁMBRICO DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET**

## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX1 (COLLALOMA)

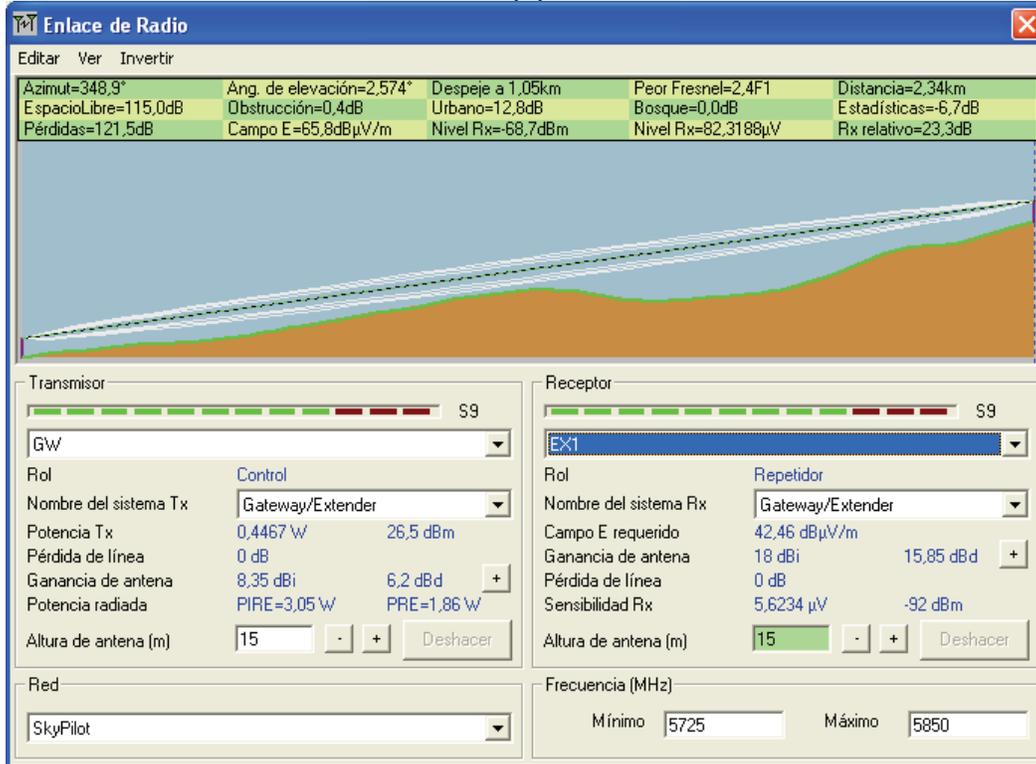
De los resultados de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX1 (Collaloma) que se muestran en el gráfico A3.1 se concluye que:

- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX1) es de 2,3Km. (Gráfico A3.1a).
- La calidad del enlace GW – EX1 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.1a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX1 es de 105.9m (Gráfico A3.1a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 121, 5dB. (Gráfico A3.1b)
- La ganancia del sistema es de 144,8dB. (Gráfico A3.11 b).
- El peor nivel de de recepción es de 23,3dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -68,7dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.1c).

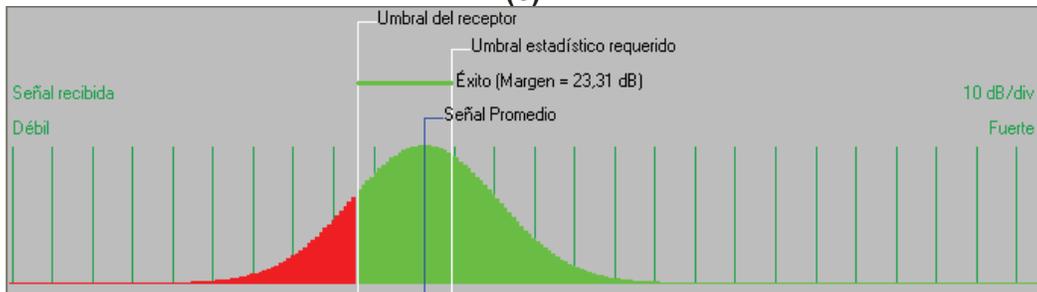
### GRÁFICO A3.1 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 1



(b)



(c)



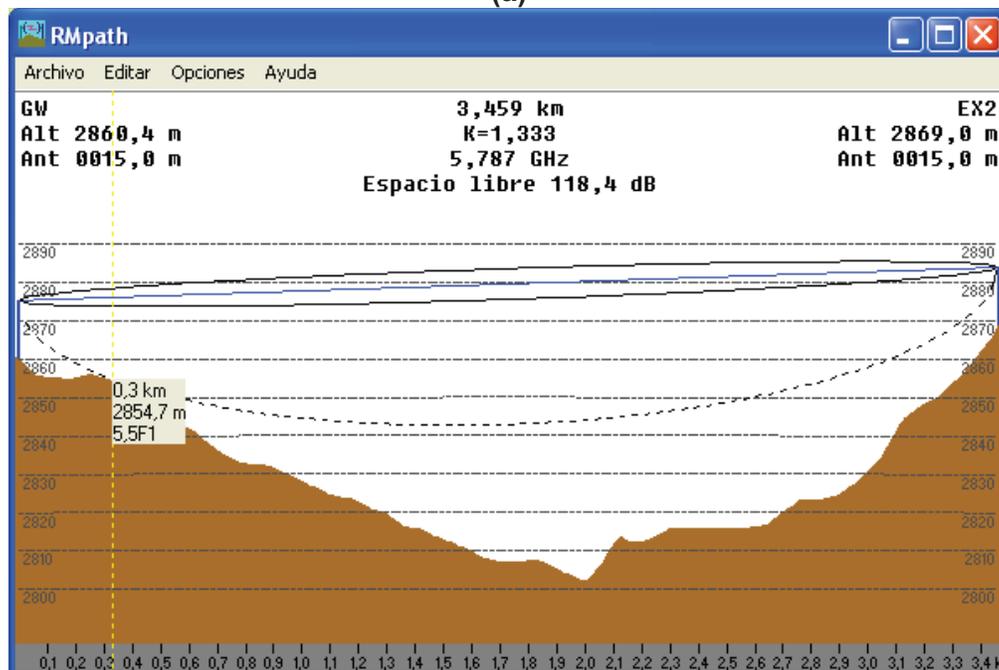
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX2 (Andalucía) que se muestran en el gráfico A3.2 se concluye que:

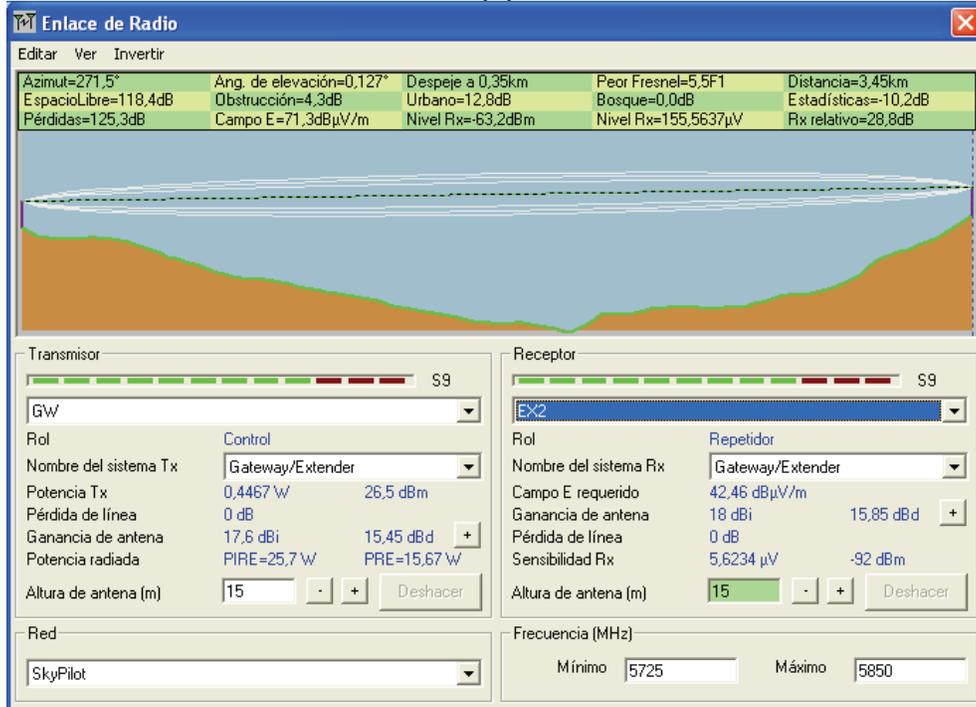
- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX2) es de 3,5 Km. (Gráfico A3.2a).
- La calidad del enlace GW – EX2 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.2 a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 64,4m (GráficoA3.2a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 125, 3dB. (Gráfico A3.2b)
- La ganancia del sistema es de 154,1dB. (Gráfico A3.2 b).
- El peor nivel de de recepción es de 28,8dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -63,2dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.2 c).

### GRÁFICO A3.2 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 2

(a)



(b)



(c)



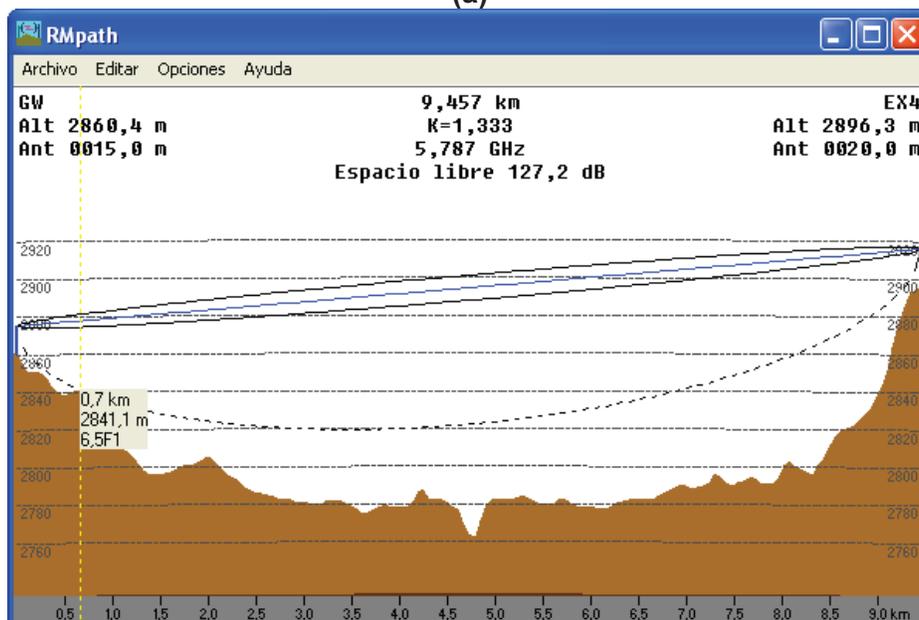
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.3 se concluye que:

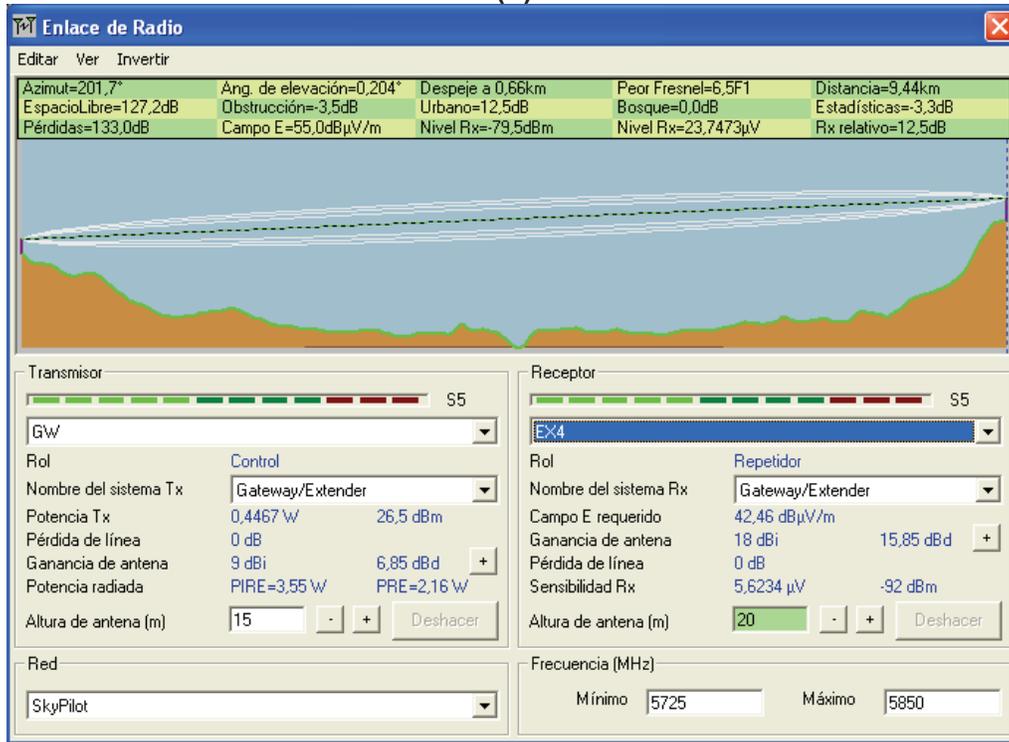
- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX4) es de 9,4 Km. (Gráfico A3.3a).
- La calidad del enlace GW – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.3a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 131,5m (Gráfico A3.3a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 133dB. (Gráfico A3.3b)
- La ganancia del sistema es de 145,5dB. (Gráfico A3.3 b).
- El peor nivel de de recepción es de 12,5dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -79,5dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.3c).

### GRÁFICO A3.3 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 4

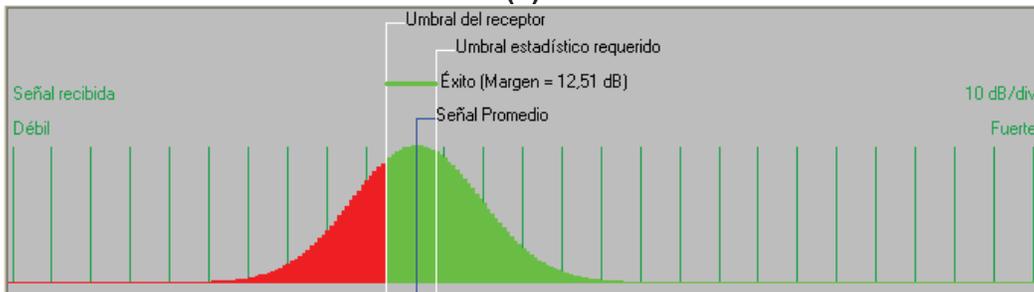
(a)



(b)



(c)



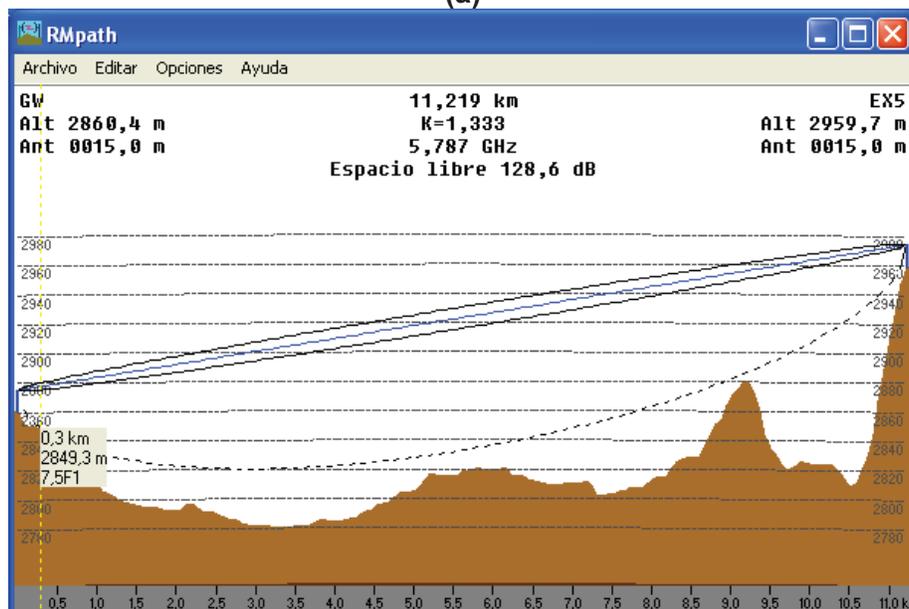
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.4 se concluye que:

- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX5) es de 11,2Km. (Gráfico A3.4a).
- La calidad del enlace GW – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.4a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX5 es de 174,7m (Gráfico A3.4a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 134,6dB. (Gráfico A3.4b)
- La ganancia del sistema es de 147,3dB. (Gráfico A3.4b).
- El peor nivel de de recepción es de 12,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -79,3dBm (S5), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.4c).

### GRÁFICO A3.4 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 5

(a)



(b)

**Enlace de Radio**

Editar Ver Invertir

Azimut=208,4°	Ang. de elevación=0,455°	Despeje a 0,29km	Peor Fresnel=7,5F1	Distancia=11,20km
Espacio Libre=128,6dB	Obstrucción=-1,3dB	Urbano=12,5dB	Bosque=0,0dB	Estadísticas=-5,1dB
Pérdidas=134,6dB	Campo E=55,1dBμV/m	Nivel Rx=-79,3dBm	Nivel Rx=24,1862μV	Rx relativo=12,7dB

**Transmisor**

GW

Rol: Control

Nombre del sistema Tx: Gateway/Extender

Potencia Tx: 0,4467 W (26,5 dBm)

Pérdida de línea: 0 dB

Ganancia de antena: 10,8 dBi (8,65 dBd)

Potencia radiada: PIRE=5,37 W (PRE=3,27 W)

Altura de antena (m): 15

**Receptor**

Ex5

Rol: Repetidor

Nombre del sistema Rx: Gateway/Extender

Campo E requerido: 42,46 dBμV/m

Ganancia de antena: 18 dBi (15,85 dBd)

Pérdida de línea: 0 dB

Sensibilidad Rx: 5,6234 μV (-92 dBm)

Altura de antena (m): 15

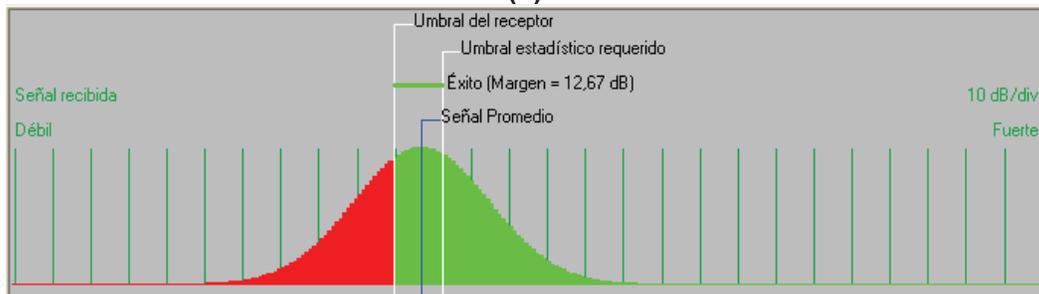
**Red**

SkyPilot

**Frecuencia (MHz)**

Mínimo: 5725 Máximo: 5850

(c)



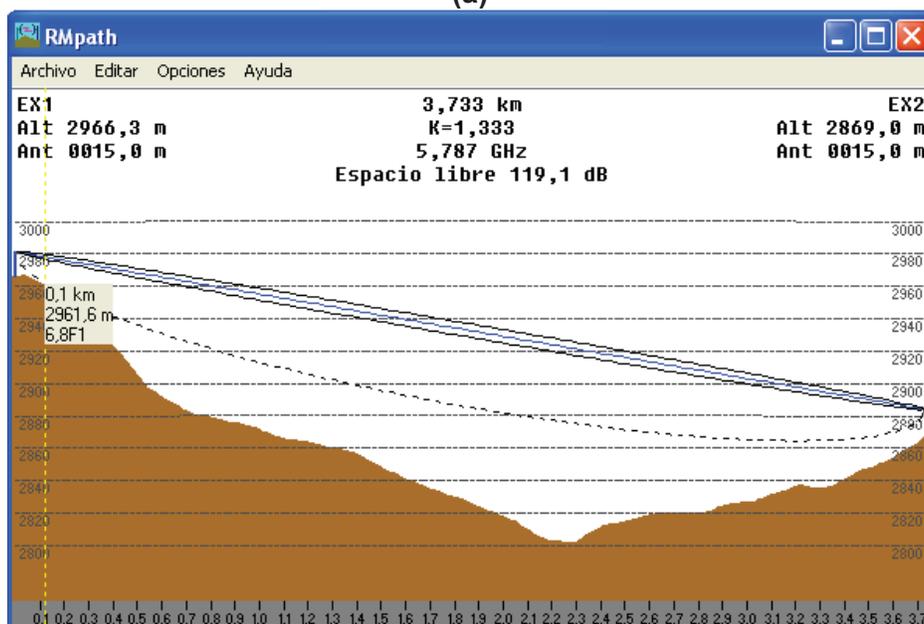
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX2 (Andalucía) que se muestran en el gráfico A3.5 se concluye que:

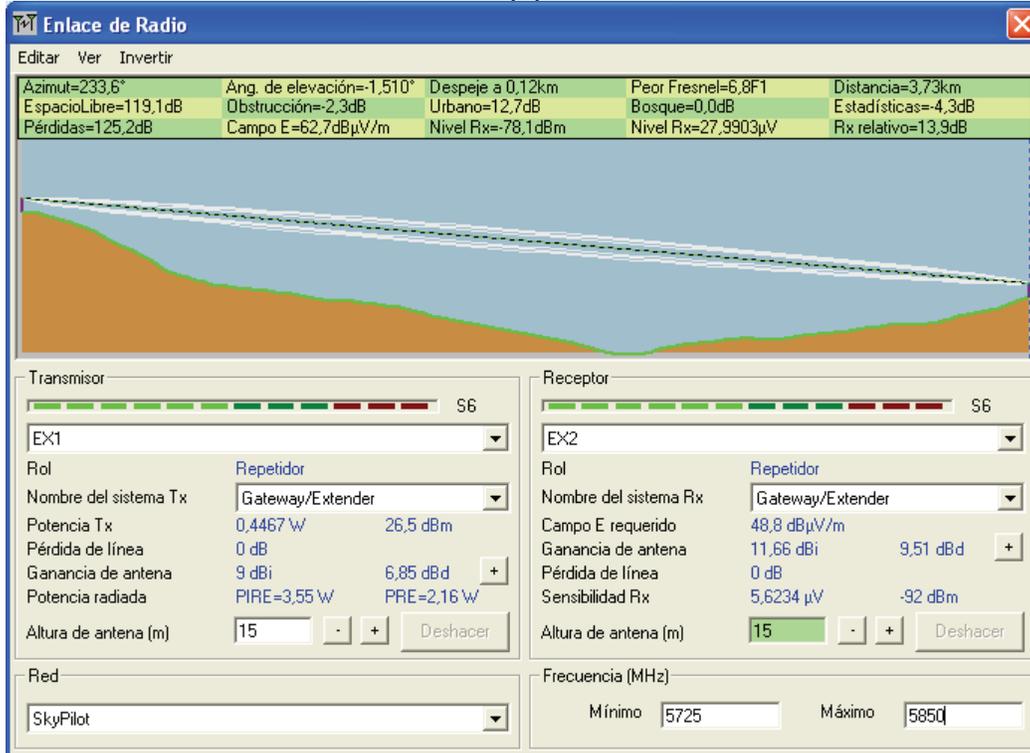
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX2) es de 13,09Km. (Gráfico A3.5a).
- La calidad del enlace EX1 – EX2 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.5a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 164,6m (Gráfico A3.5a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 125,2dB. (Gráfico A3.5b)
- La ganancia del sistema es de 139,2dB. (Gráfico A3.5 b).
- El peor nivel de recepción es de 13,9dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -78,1dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.5c).

### GRÁFICO A3.5 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 2

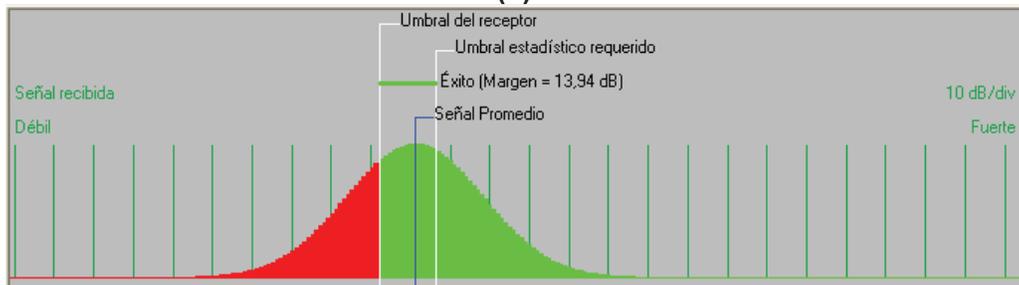
(a)



(b)



(c)



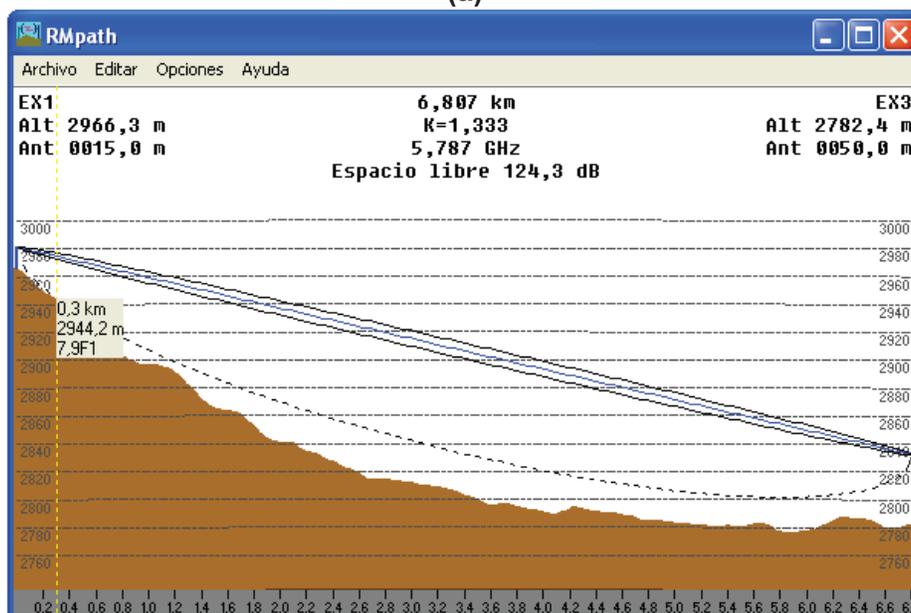
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLALOMA) – SKYEXTENDER EX3 (MEC)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX3 (MEC) que se muestran en el gráfico A3.6 se concluye que:

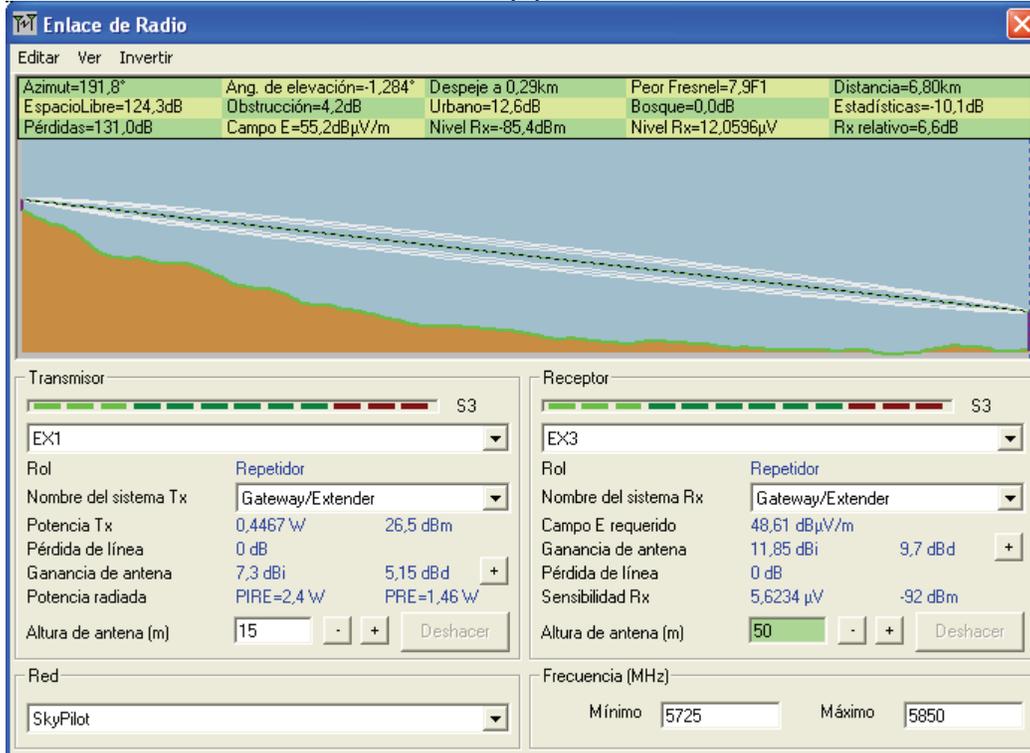
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX3) es de 6,8Km. (Gráfico A3.6a).
- La calidad del enlace EX1 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.6a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 190,3m (Gráfico A3.6a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 131dB. (Gráfico A3.6b)
- La ganancia del sistema es de 137,6dB. (Gráfico A3.6b).
- El peor nivel de recepción es de 6,6dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -85,4dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.6c).

### GRÁFICO A3.6 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 3

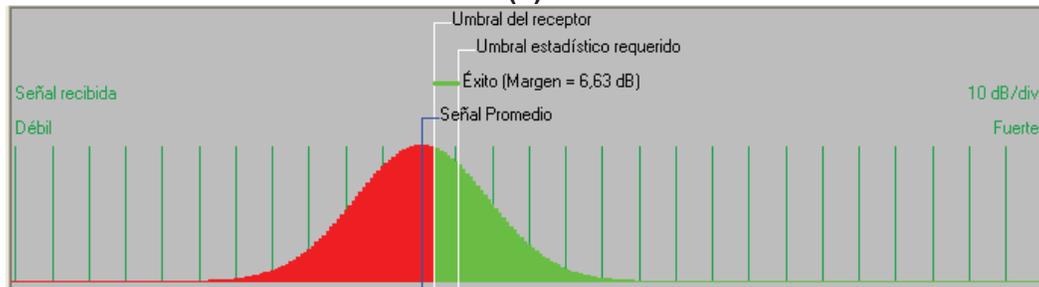
(a)



(b)



(c)



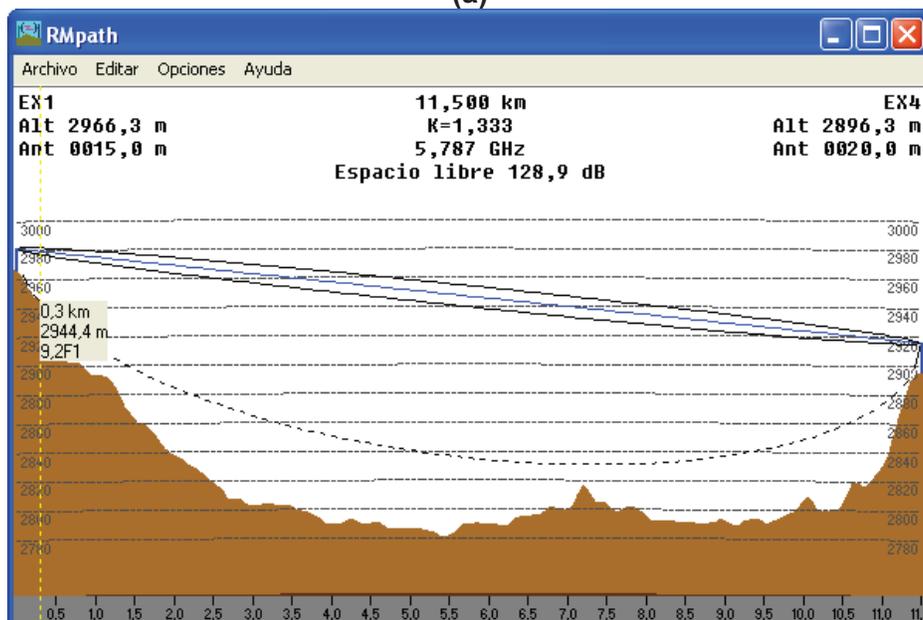
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.7 se concluye que:

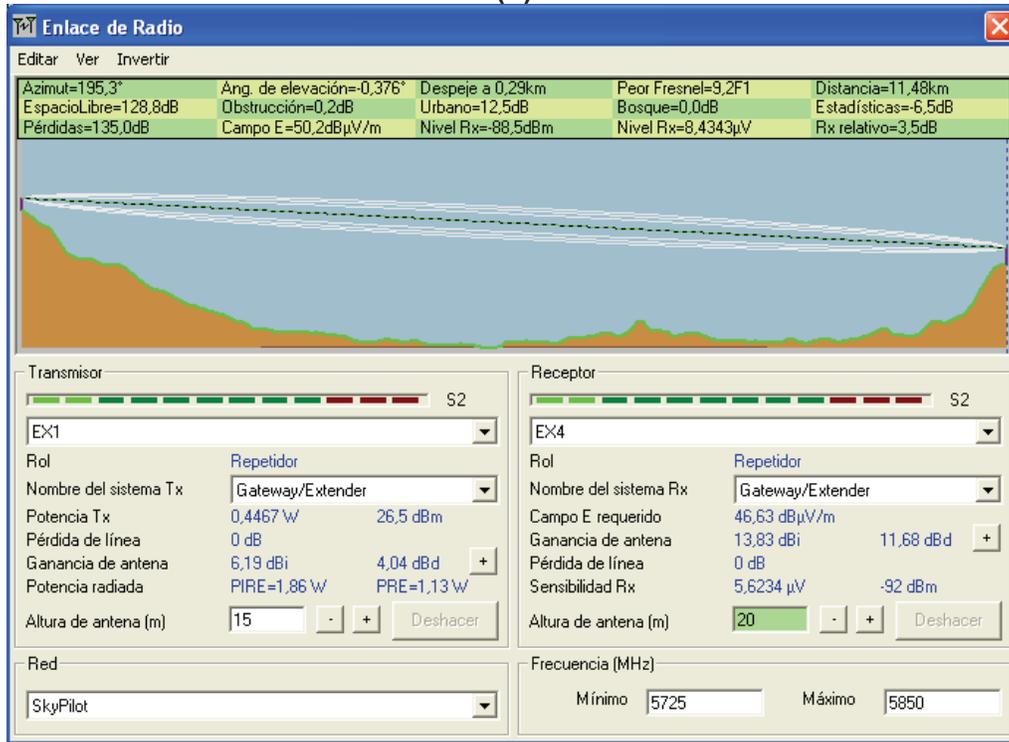
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX4) es de 11,5Km. (Gráfico A3.7a).
- La calidad del enlace EX1 – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.7a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX4 es de 185,1m (Gráfico A3.7a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 135dB. (Gráfico A3.7b)
- La ganancia del sistema es de 138,5dB. (Gráfico A3.7b)
- El peor nivel de recepción es de 3,5dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -88,5dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.7c).

### GRÁFICO A3.7 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX4

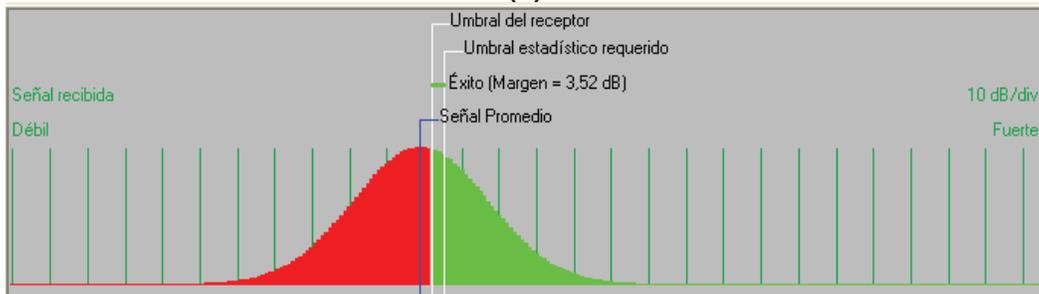
(a)



(b)



(c)



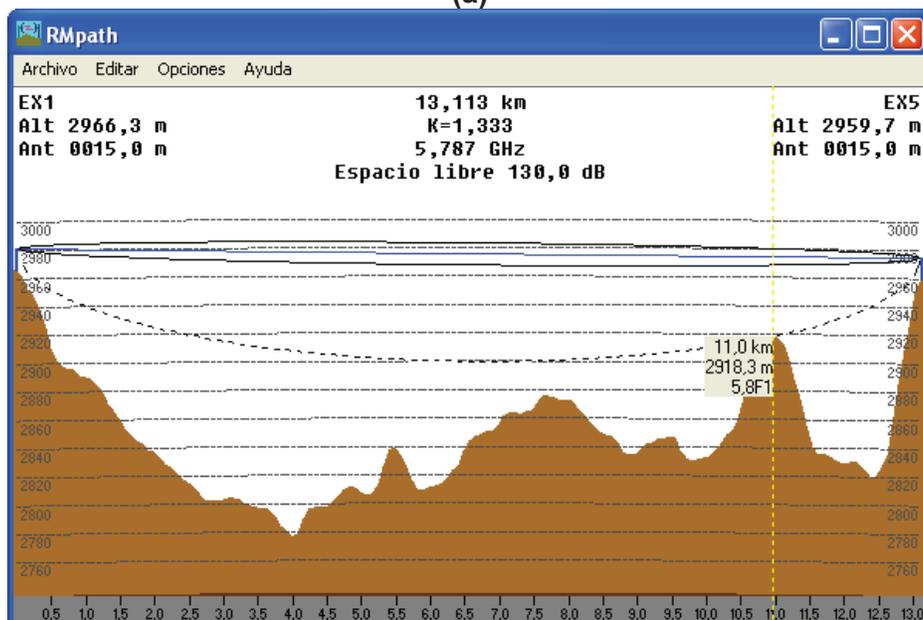
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.8 se concluye que:

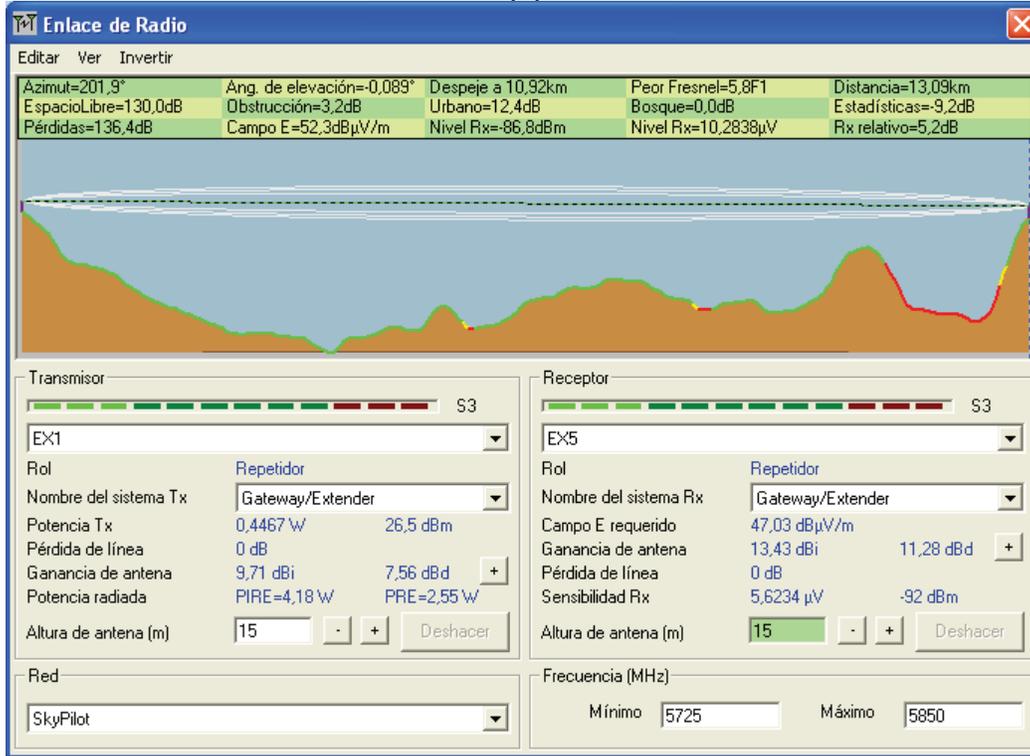
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX5) es de 13,09Km. (Gráfico A3.8a).
- La calidad del enlace EX1 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.8a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX5 es de 189,7m (Gráfico A3.8a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 136,4dB. (Gráfico A3.8b)
- La ganancia del sistema es de 141,6dB. (Gráfico A3.8b).
- El peor nivel de recepción es de 5,2dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -86,8dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.8c).

### GRÁFICO A3.8 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 5

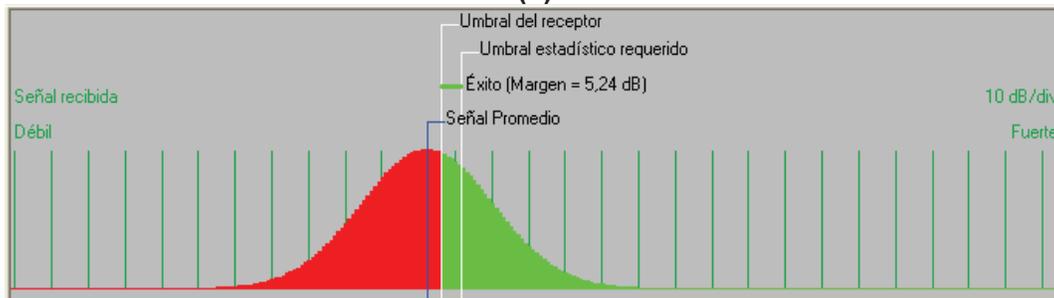
(a)



(b)



(c)



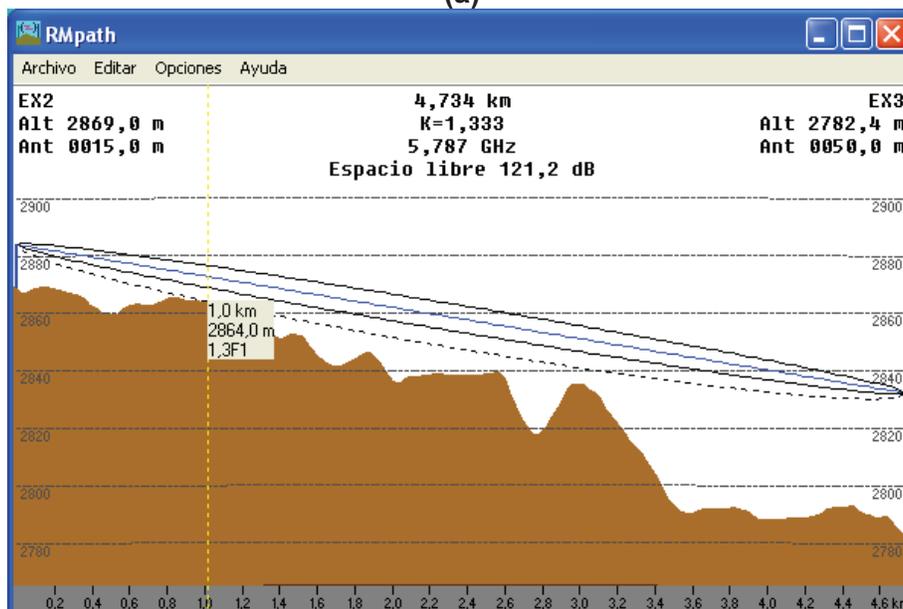
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA) – SKYEXTENDER EX3 (MEC)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX2 (Andalucía) y el SkyExtender EX3 (MEC) que se muestran en el gráfico A3.9 se concluye que:

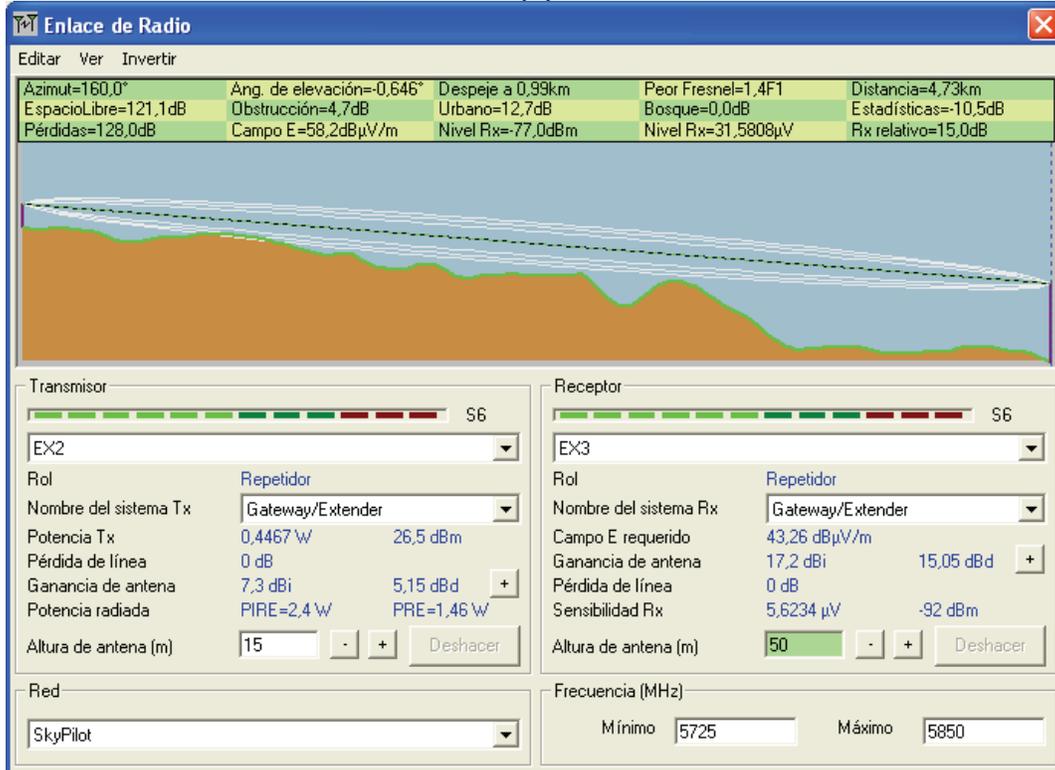
- La distancia entre el SkyExtender (EX2) y SkyExtender (EX3) es de 4,7Km. (Gráfico A3.9a).
- La calidad del enlace EX2 – EX3 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.9a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX3 es de 86,9m (Gráfico A3.9a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 128dB. (Gráfico A3.9b)
- La ganancia del sistema es de 143dB. (Gráfico A3.9b).
- El peor nivel de recepción es de 15dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -77dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.9c).

### GRÁFICO A3.9 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX2 Y EX 3

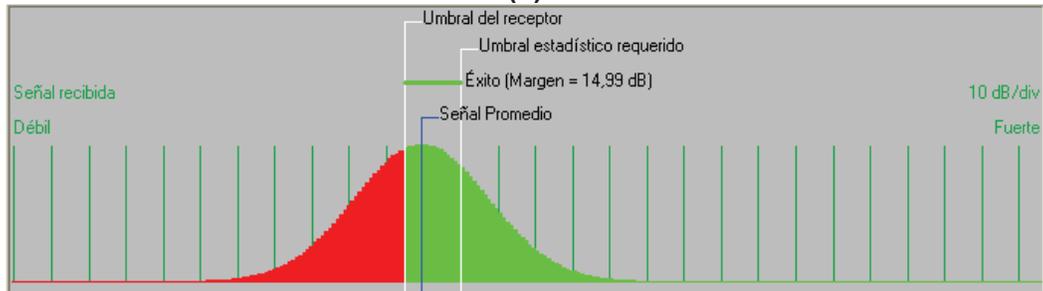
(a)



(b)



(c)



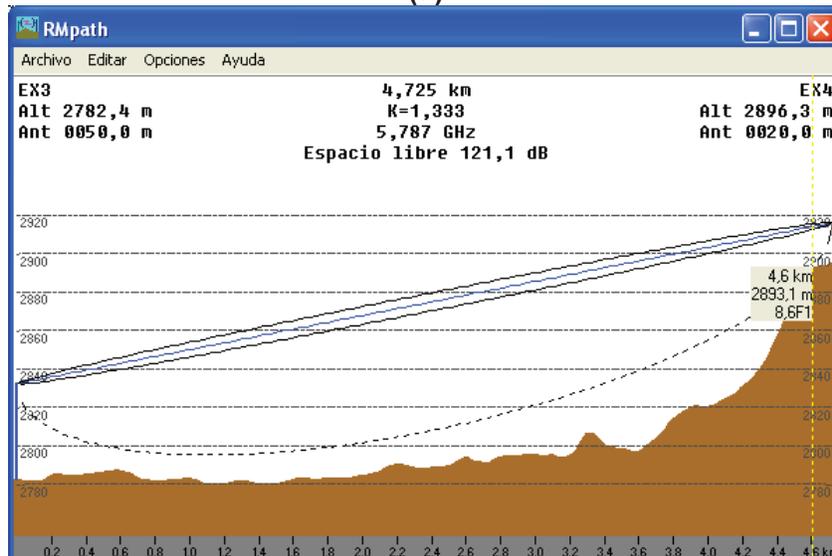
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX3 (MEC) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX3 (MEC) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.10 se concluye que:

- La distancia entre el SkyExtender (EX3) y SkyExtender (EX4) es de 4,7Km. (Gráfico A3.10a).
- La calidad del enlace EX3 – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.10a).
- La variación de la latitud del trayecto EX3 – EX4 es de 114,9m (GráficoA3.10a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 127,1dB. (Gráfico A3.10b).
- La ganancia del sistema es de 149,7dB. (Gráfico A3.10b).
- El peor nivel de recepción es de 22,6dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -69,4dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.10c).

### GRÁFICO A3.10 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX3 Y EX4

(a)



(b)

**Enlace de Radio**

Editar Ver Invertir

Azimut=200,5°	Ang. de elevación=0,994°	Despeje a 4,60km	Peor Fresnel=8,7F1	Distancia=4,72km
EspacioLibre=121,1dB	Obstrucción=-3,5dB	Urbano=12,7dB	Bosque=0,0dB	Estadísticas=-3,2dB
Pérdidas=127,1dB	Campo E=67,2dBμV/m	Nivel Rx=-69,4dBm	Nivel Rx=75,7942μV	Rx relativo=22,6dB

**Transmisor**

EX3

Rol: Repetidor

Nombre del sistema Tx: Gateway/Extender

Potencia Tx: 0,4467 W (26,5 dBm)

Pérdida de línea: 0 dB

Ganancia de antena: 15,41 dBi (13,26 dBd)

Potencia radiada: PIRE=15,52 W (PRE=9,46 W)

Altura de antena (m): 50

**Receptor**

EX4

Rol: Repetidor

Nombre del sistema Rx: Gateway/Extender

Campo E requerido: 44,66 dBμV/m

Ganancia de antena: 15,8 dBi (13,65 dBd)

Pérdida de línea: 0 dB

Sensibilidad Rx: 5,6234 μV (-92 dBm)

Altura de antena (m): 20

**Red**

SkyPilot

**Frecuencia (MHz)**

Mínimo: 5725 Máximo: 5850

(c)



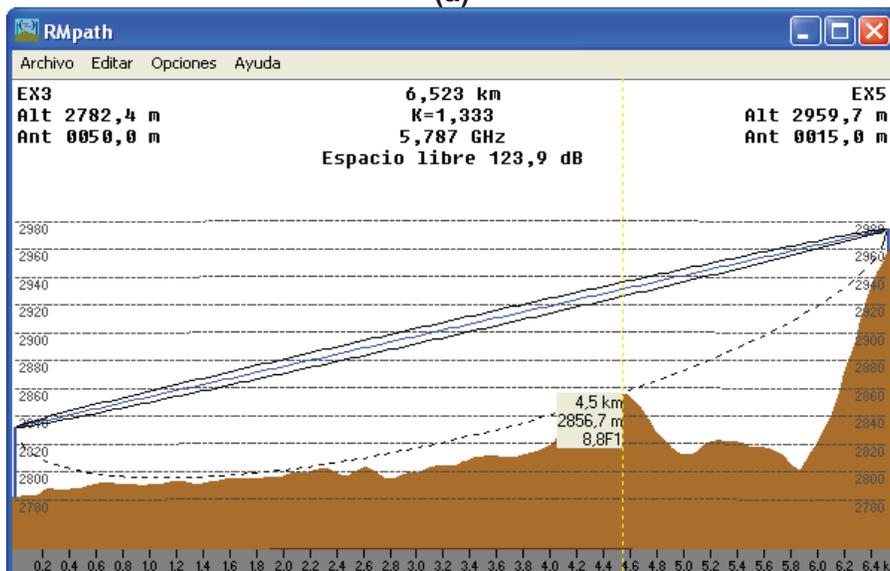
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX3 (MEC) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX3 (MEC) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.11 se concluye que:

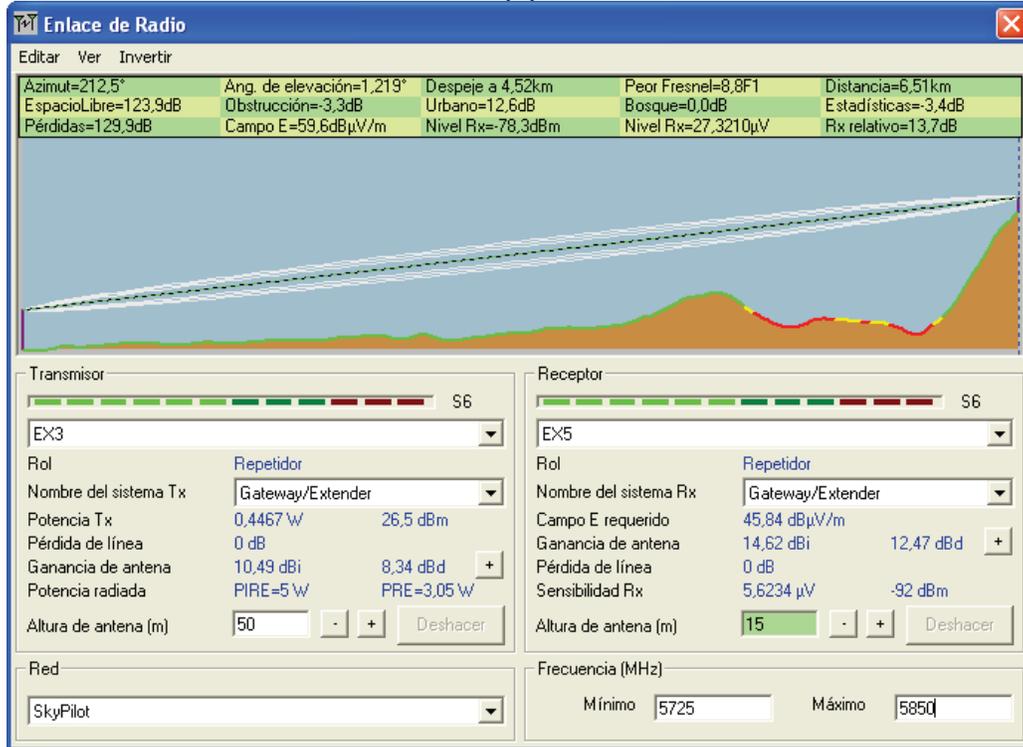
- La distancia entre el SkyExtender (EX3) y SkyExtender (EX5) es de 6,5Km. (Gráfico A3.11a).
- La calidad del enlace EX3 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.11a).
- La variación de la latitud del trayecto EX3–EX5 es de 172,9m (Gráfico A3.11a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 129,9dB. (Gráfico A3.11b).
- La ganancia del sistema es de 143,6dB. (Gráfico A3.11b)
- El peor nivel de recepción es de 13,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -78,3dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.11c).

### GRÁFICO A3.11 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX3 Y EX5

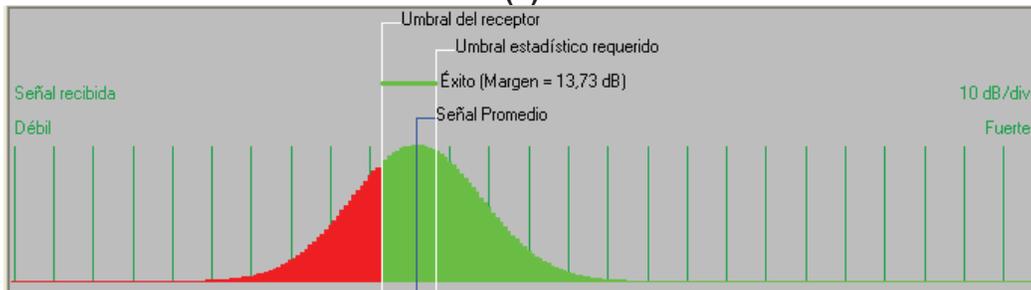
(a)



(b)



(c)



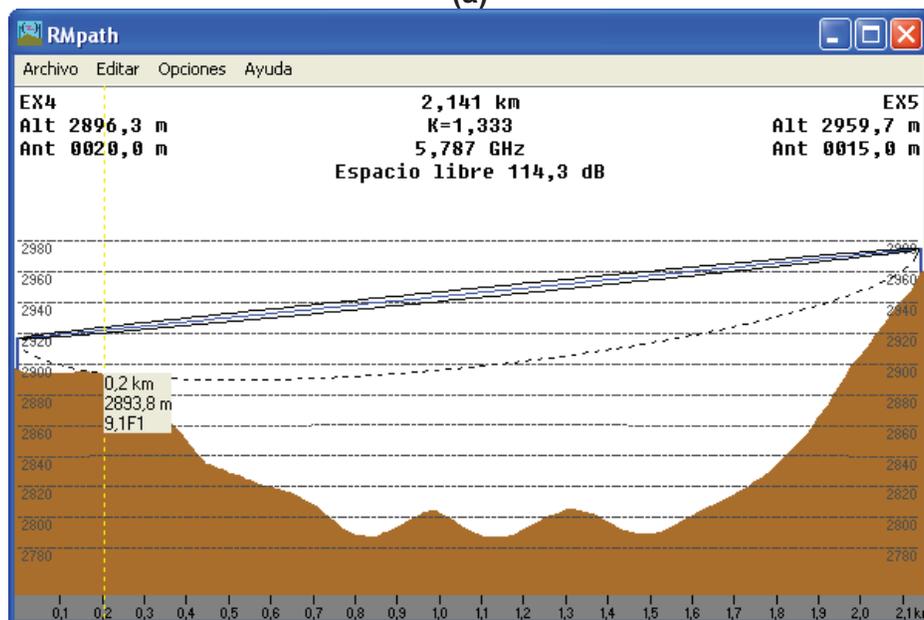
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX4 (Itchimbía) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.12 se concluye que:

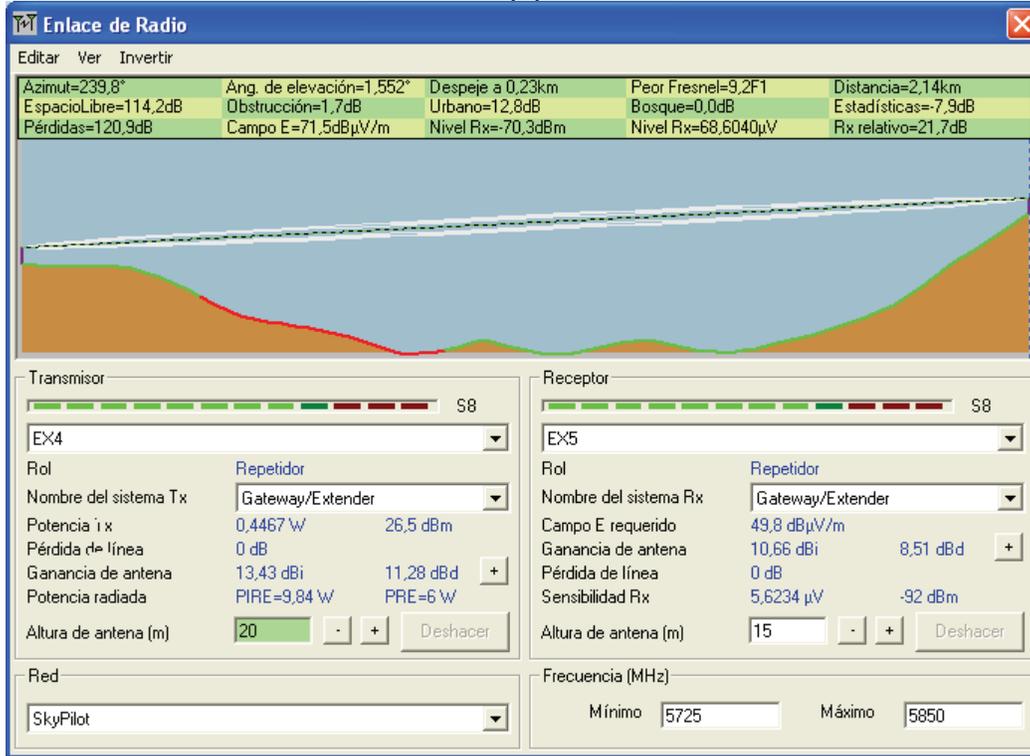
- La distancia entre el SkyExtender (EX4) y SkyExtender (EX5) es de 2,1Km. (Gráfico A3.12a).
- La calidad del enlace EX4 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.12a).
- La variación de la latitud del trayecto EX4–EX5 es de 167,9m (Gráfico A3.12a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 120,9dB.(Gráfico A3.12b)
- La ganancia del sistema es de 142,6dB. (Gráfico A3.12b).
- El peor nivel de de recepción es de 21,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -70,3dBm (S8), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.12c).

### GRÁFICO A3.12 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX4 Y EX5

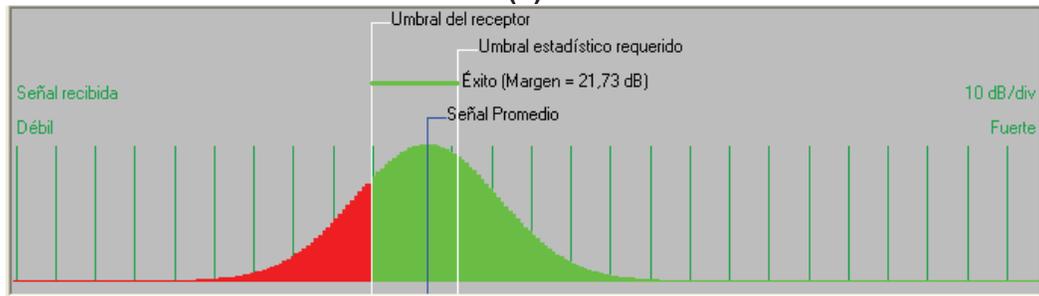
(a)



(b)



(c)

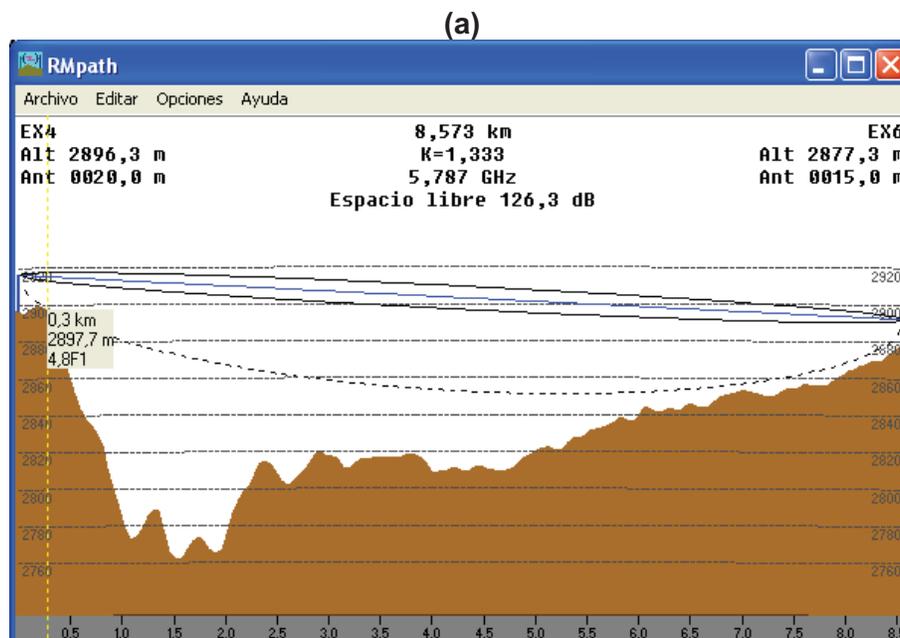


## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA) – SKYEXTENDER EX6 (QUITUMBE)

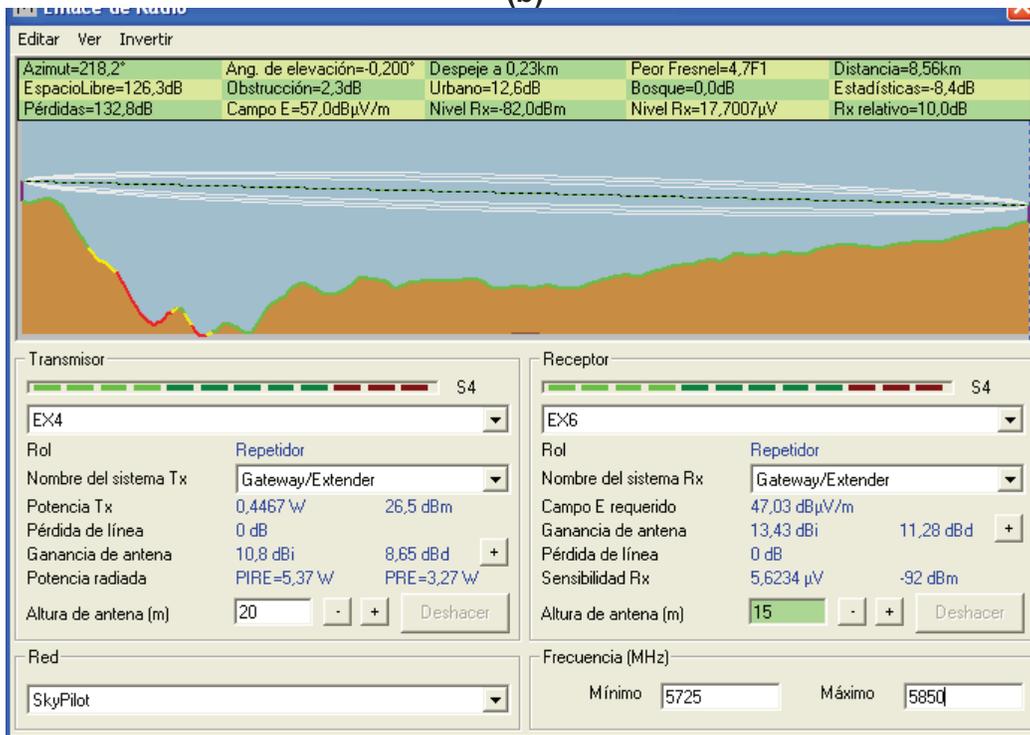
De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX4 (Itchimbía) y el SkyExtender EX6 (Quitumbe) que se muestran en el gráfico A3.13 se concluye que:

- La distancia entre el SkyExtender (EX4) y SkyExtender (EX6) es de 8,6Km. (Gráfico A3.13a).
- La calidad del enlace EX4 – EX6 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.13a).
- La variación de la latitud del trayecto EX4–EX6 es de 137,3m (Gráfico A3.13a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 132,8dB.(Gráfico A3.13b)
- La ganancia del sistema es de 142,7dB. (Gráfico A3.13b).
- El peor nivel de recepción es de 10dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -82dBm (S4), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.13c).

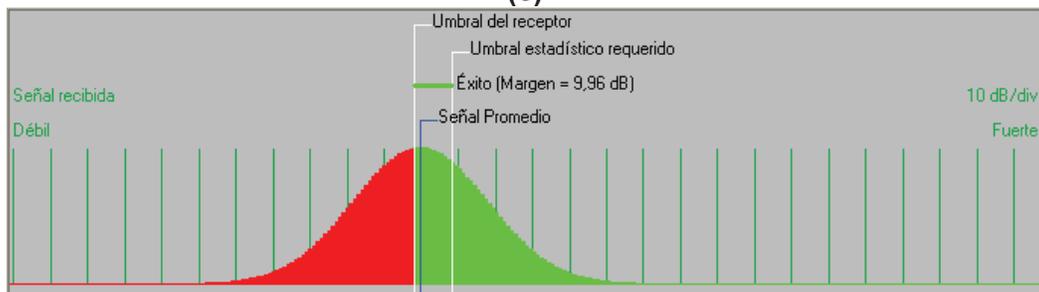
**GRÁFICO A3.13 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX4 Y EX6**



(b)



(c)



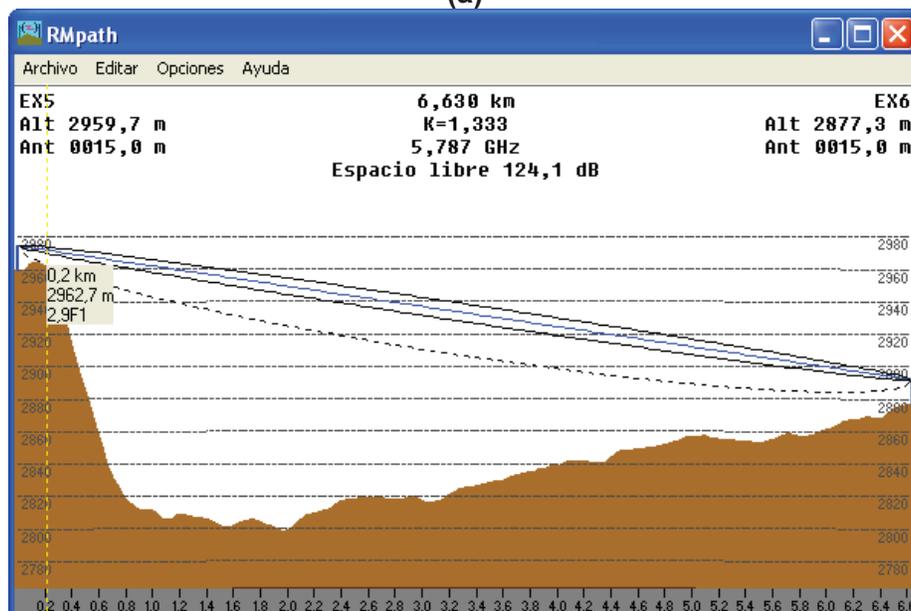
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO) – SKYEXTENDER EX6 (QUITUMBE)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX5 (Panecillo) y el SkyExtender EX6 (Quitumbe) que se muestran en el gráfico A3.14 se concluye que:

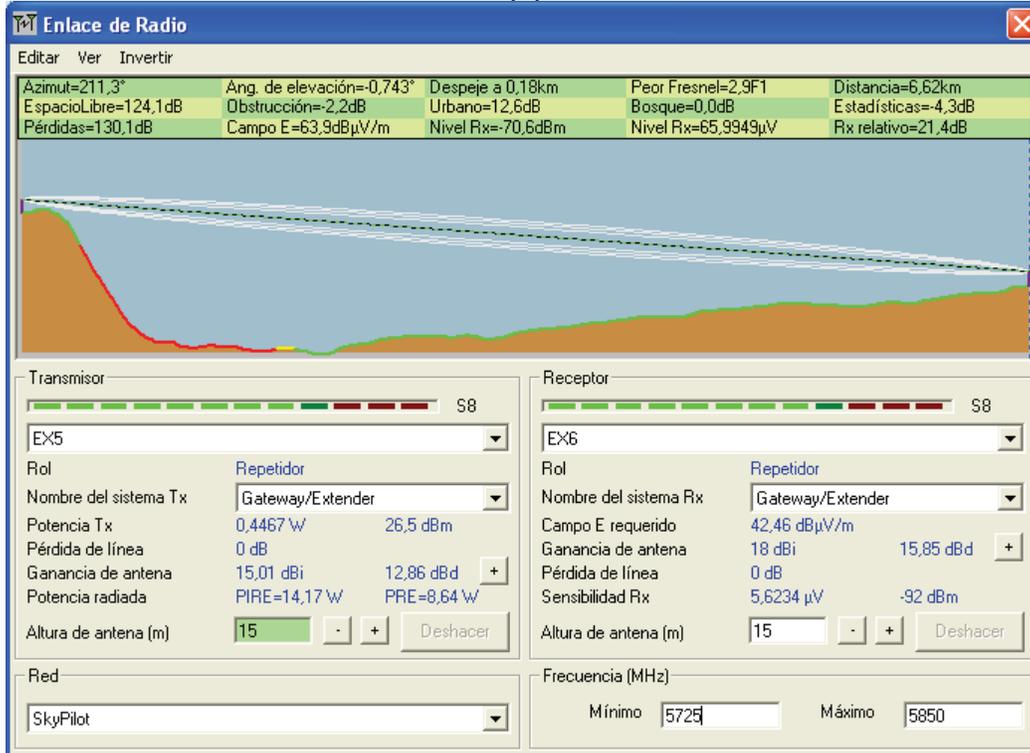
- La distancia entre el SkyExtender (EX5) y SkyExtender (EX6) es de 6,6Km. (Gráfico A3.14a).
- La calidad del enlace EX5 – EX6 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.14a).
- La variación de la latitud del trayecto EX5–EX6 es de 166,4m (Gráfico A3.14a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 130,1dB.(Gráfico A3.14b)
- La ganancia del sistema es de 151,5dB. (Gráfico A3.14b).
- El peor nivel de recepción es de 21,4dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -70,6dBm (S8), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.14c).

### GRÁFICO A3.14 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX5 Y EX6

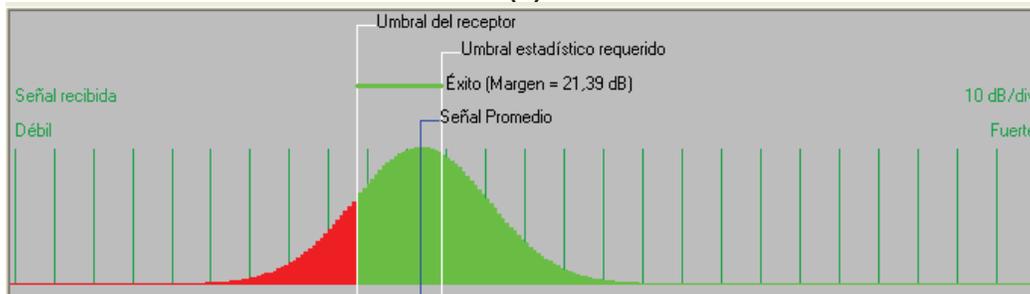
(a)



(b)



(c)



## **ANEXO 3**

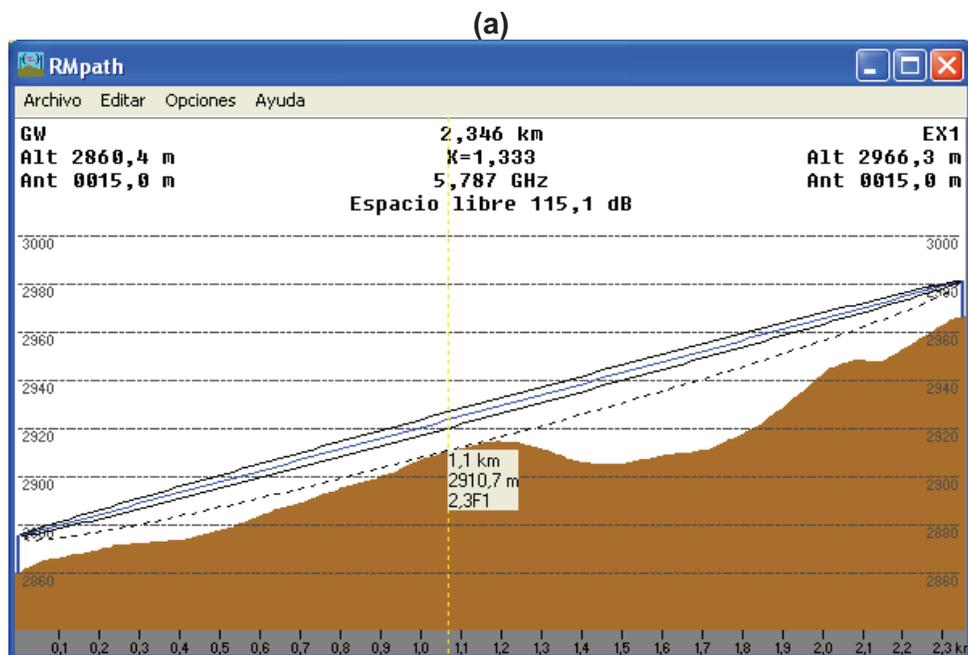
# **RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE LOS ENLACES DEL BACKBONE INALÁMBRICO DEL PROYECTO QUITO EDUC@NET**

## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX1 (COLLALOMA)

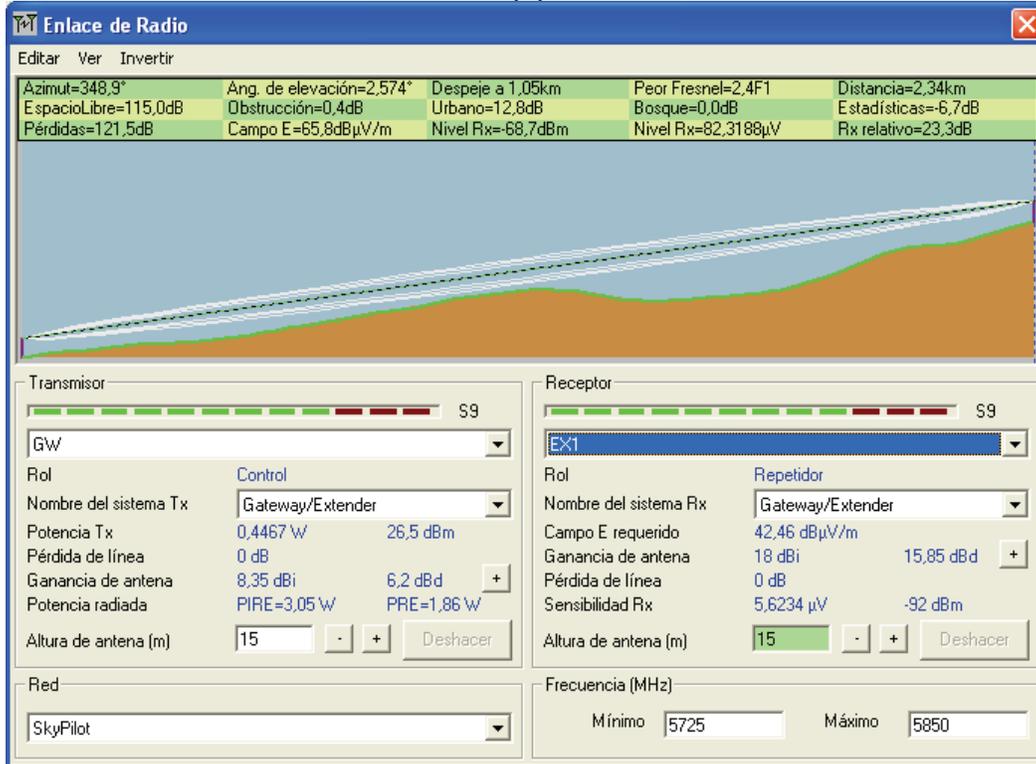
De los resultados de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX1 (Collaloma) que se muestran en el gráfico A3.1 se concluye que:

- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX1) es de 2,3Km. (Gráfico A3.1a).
- La calidad del enlace GW – EX1 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.1a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX1 es de 105.9m (Gráfico A3.1a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 121, 5dB. (Gráfico A3.1b)
- La ganancia del sistema es de 144,8dB. (Gráfico A3.11 b).
- El peor nivel de de recepción es de 23,3dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -68,7dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.1c).

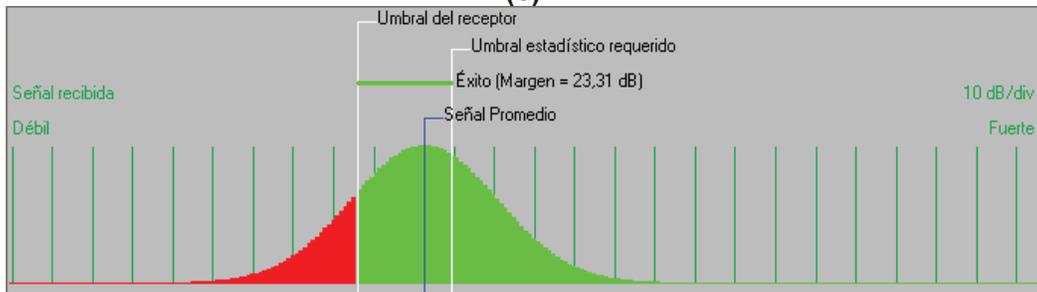
### GRÁFICO A3.1 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 1



(b)



(c)



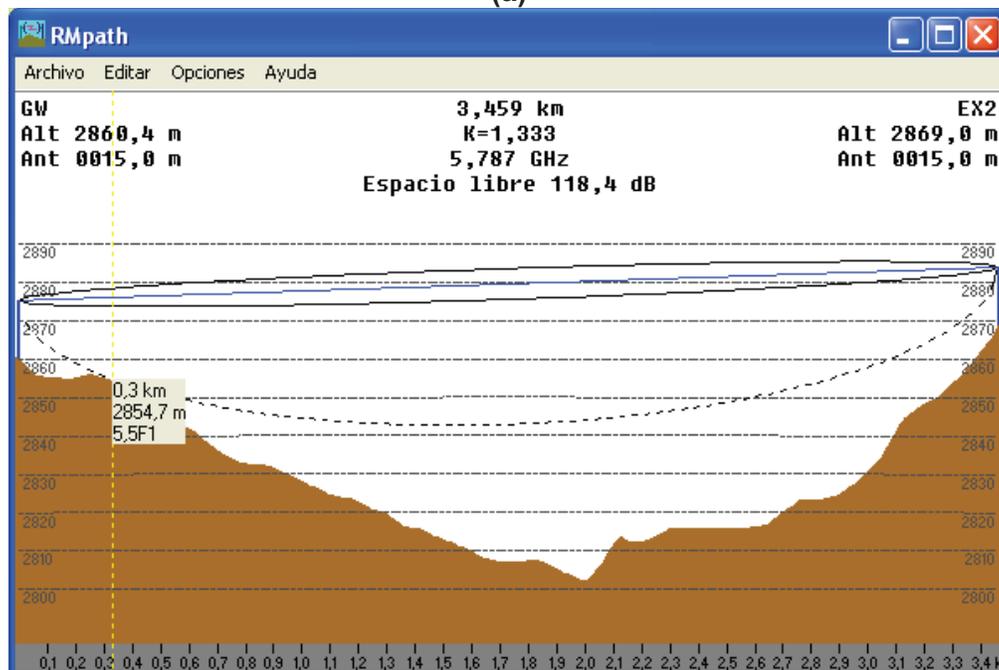
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX2 (Andalucía) que se muestran en el gráfico A3.2 se concluye que:

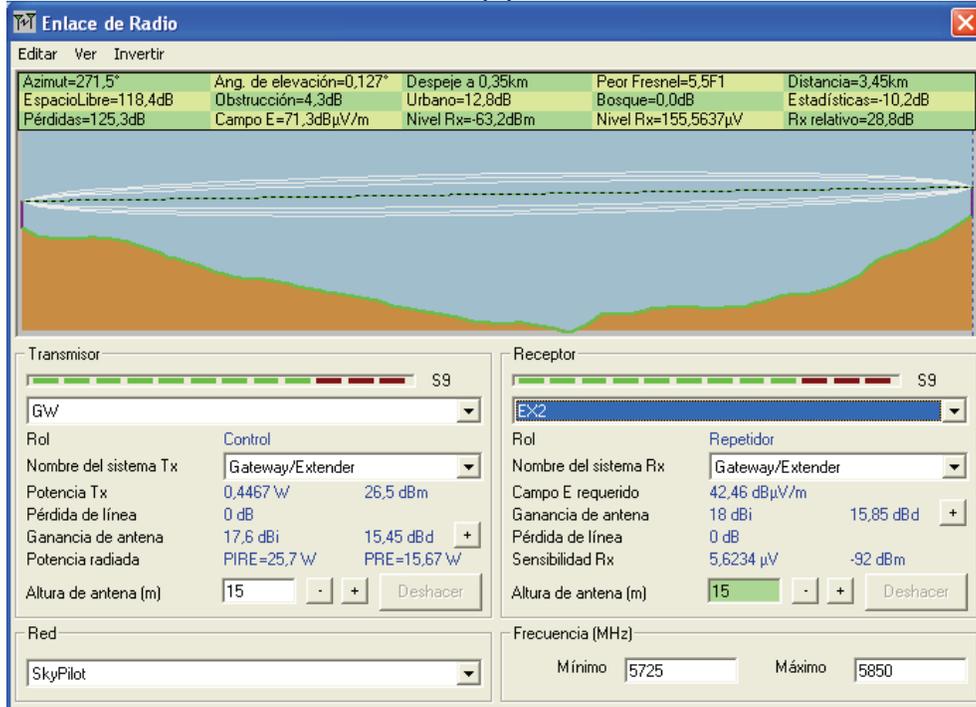
- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX2) es de 3,5 Km. (Gráfico A3.2a).
- La calidad del enlace GW – EX2 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.2 a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 64,4m (GráficoA3.2a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 125, 3dB. (Gráfico A3.2b)
- La ganancia del sistema es de 154,1dB. (Gráfico A3.2 b).
- El peor nivel de de recepción es de 28,8dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -63,2dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.2 c).

### GRÁFICO A3.2 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 2

(a)



(b)



(c)



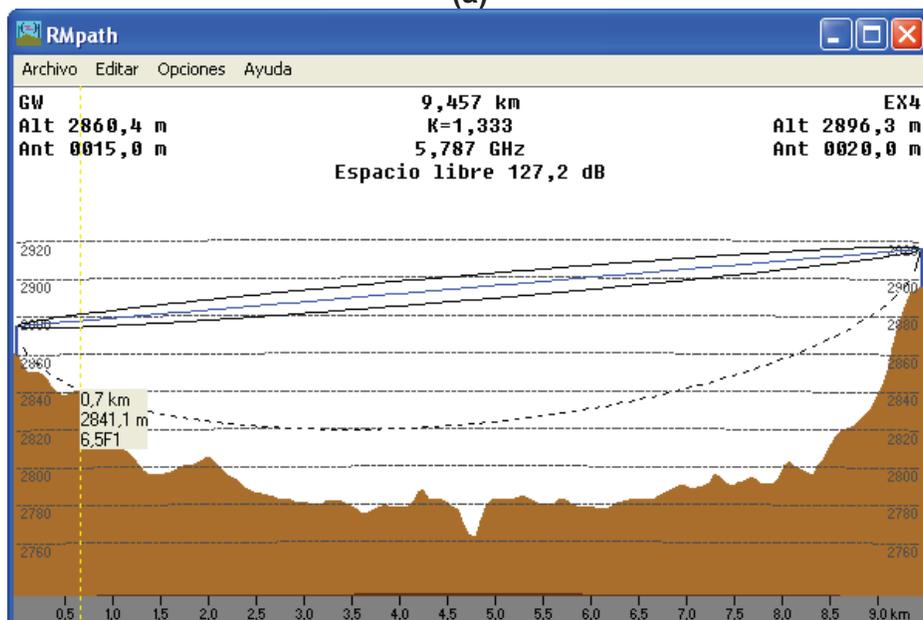
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.3 se concluye que:

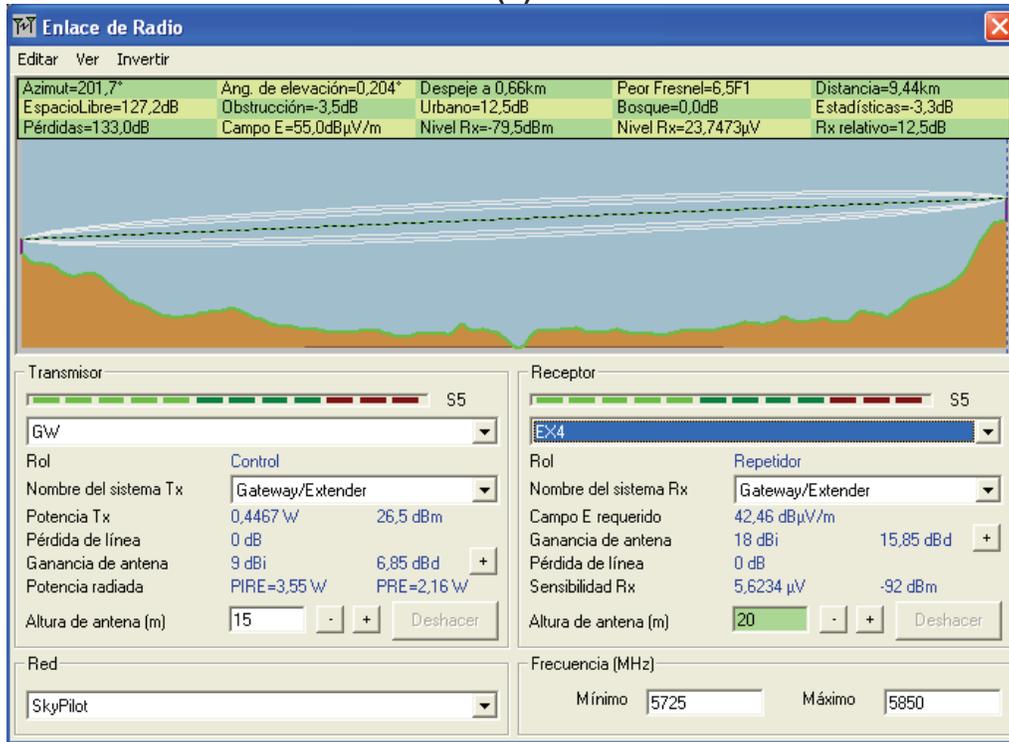
- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX4) es de 9,4 Km. (Gráfico A3.3a).
- La calidad del enlace GW – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.3a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 131,5m (Gráfico A3.3a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 133dB. (Gráfico A3.3b)
- La ganancia del sistema es de 145,5dB. (Gráfico A3.3 b).
- El peor nivel de de recepción es de 12,5dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -79,5dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.3c).

### GRÁFICO A3.3 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 4

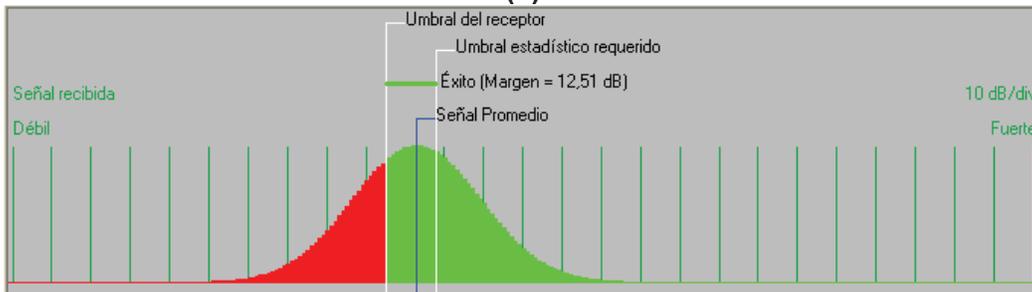
(a)



(b)



(c)



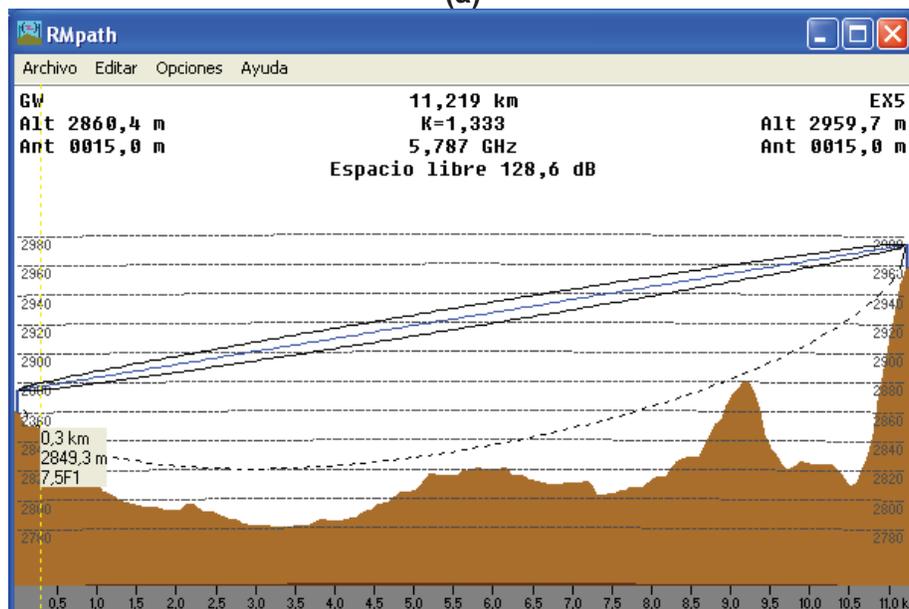
## ENLACE INALÁMBRICO SKYGATEWAY GW (CONECTIVIDAD GLOBAL) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyGateway GW (Conectividad Global) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.4 se concluye que:

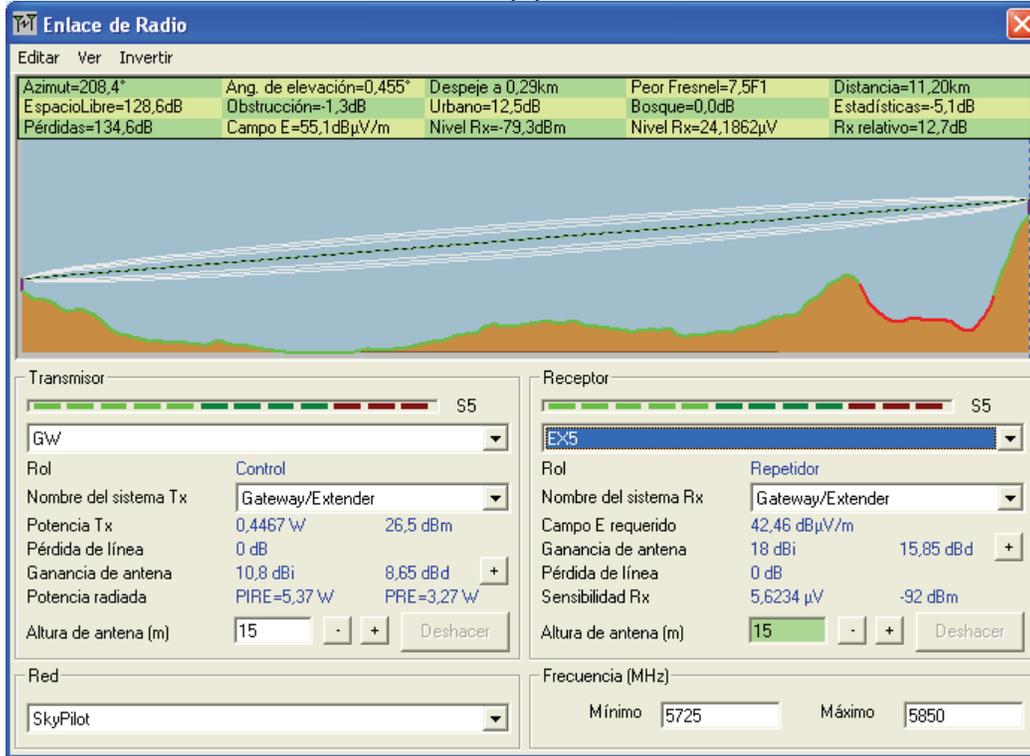
- La distancia entre el SkyGateway (GW) y SkyExtender (EX5) es de 11,2Km. (Gráfico A3.4a).
- La calidad del enlace GW – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.4a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX5 es de 174,7m (Gráfico A3.4a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 134,6dB. (Gráfico A3.4b)
- La ganancia del sistema es de 147,3dB. (Gráfico A3.4b).
- El peor nivel de de recepción es de 12,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -79,3dBm (S5), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.4c).

### GRÁFICO A3.4 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE GW Y EX 5

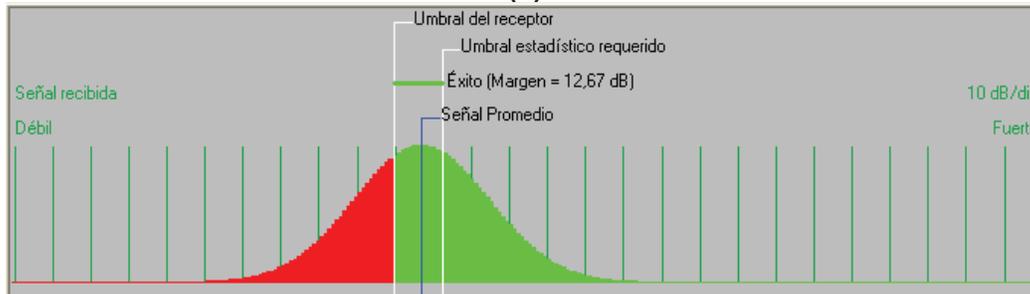
(a)



(b)



(c)



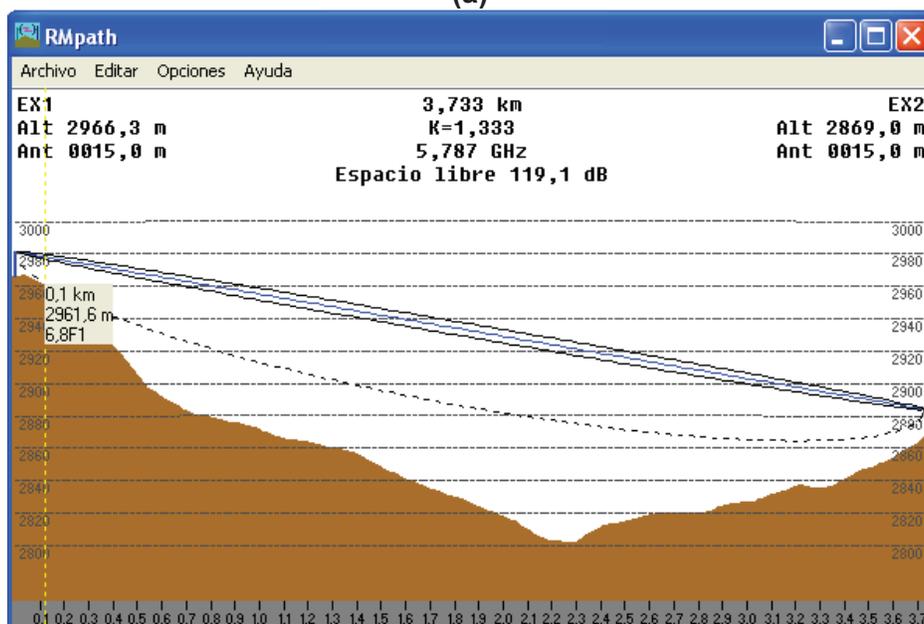
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX2 (Andalucía) que se muestran en el gráfico A3.5 se concluye que:

- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX2) es de 13,09Km. (Gráfico A3.5a).
- La calidad del enlace EX1 – EX2 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.5a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 164,6m (Gráfico A3.5a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 125,2dB. (Gráfico A3.5b)
- La ganancia del sistema es de 139,2dB. (Gráfico A3.5 b).
- El peor nivel de recepción es de 13,9dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -78,1dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.5c).

### GRÁFICO A3.5 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 2

(a)



(b)

**Enlace de Radio**

Editar Ver Invertir

Azimut=233,6°	Ang. de elevación=-1,510°	Despeje a 0,12km	Peor Fresnel=6,8F1	Distancia=3,73km
EspacioLibre=119,1dB	Obstrucción=-2,3dB	Urbano=12,7dB	Bosque=0,0dB	Estadísticas=-4,3dB
Pérdidas=125,2dB	Campo E=62,7dB $\mu$ V/m	Nivel Rx=-78,1dBm	Nivel Rx=27,9903 $\mu$ V	Rx relativo=13,9dB

Transmisor

EX1

Rol Repetidor

Nombre del sistema Tx Gateway/Extender

Potencia Tx 0,4467 W 26,5 dBm

Pérdida de línea 0 dB

Ganancia de antena 9 dBi 6,85 dBd +

Potencia radiada PIRE=3,55 W PRE=2,16 W

Altura de antena (m) 15 - + Deshacer

Receptor

EX2

Rol Repetidor

Nombre del sistema Rx Gateway/Extender

Campo E requerido 48,8 dB $\mu$ V/m

Ganancia de antena 11,66 dBi 9,51 dBd +

Pérdida de línea 0 dB

Sensibilidad Rx 5,6234  $\mu$ V -92 dBm

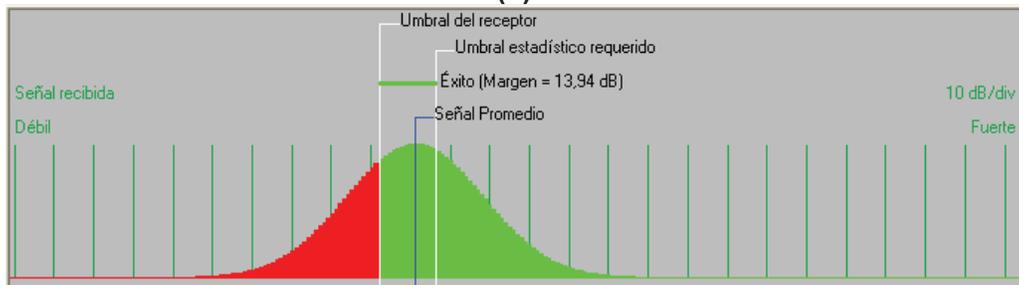
Altura de antena (m) 15 - + Deshacer

Red SkyPilot

Frecuencia (MHz)

Mínimo 5725 Máximo 5850

(c)



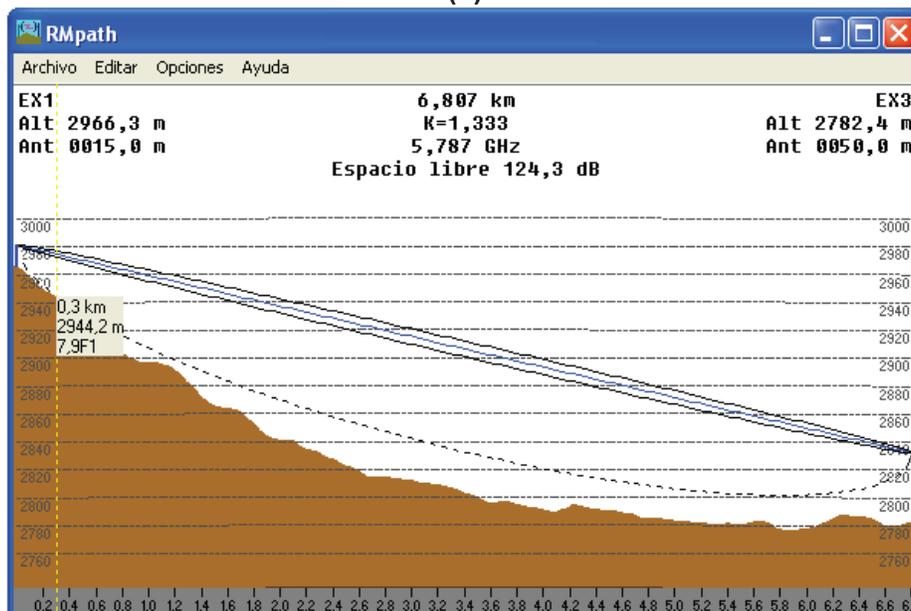
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLALOMA) – SKYEXTENDER EX3 (MEC)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX3 (MEC) que se muestran en el gráfico A3.6 se concluye que:

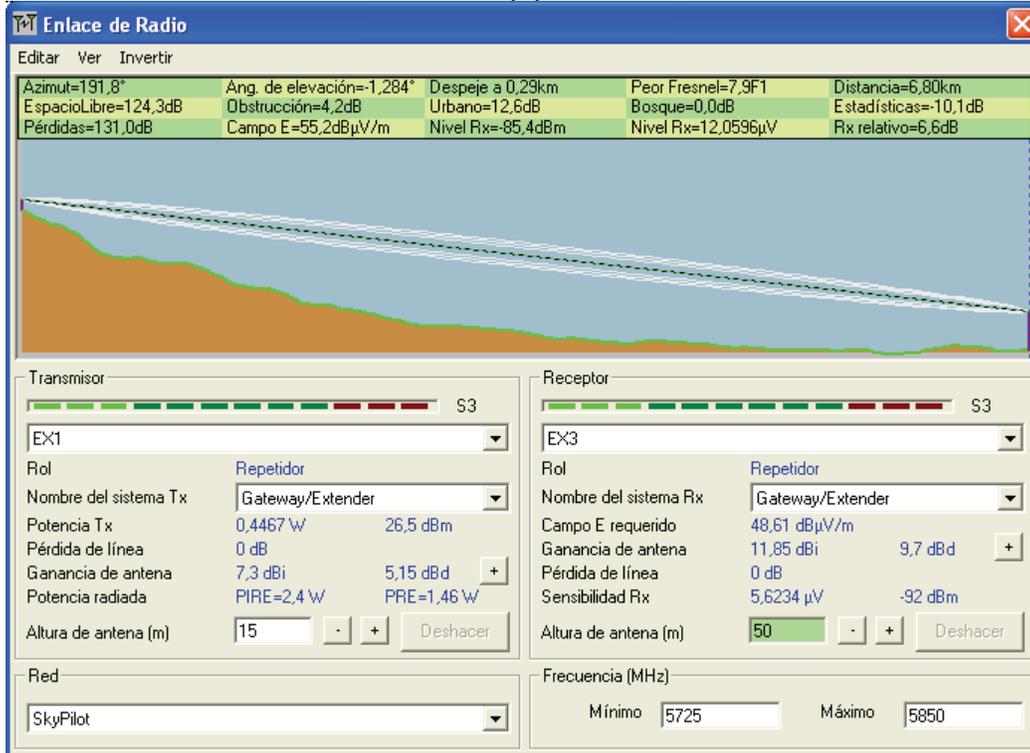
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX3) es de 6,8Km. (Gráfico A3.6a).
- La calidad del enlace EX1 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.6a).
- La variación de la latitud del trayecto GW – EX2 es de 190,3m (Gráfico A3.6a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 131dB. (Gráfico A3.6b)
- La ganancia del sistema es de 137,6dB. (Gráfico A3.6b).
- El peor nivel de recepción es de 6,6dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -85,4dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.6c).

### GRÁFICO A3.6 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 3

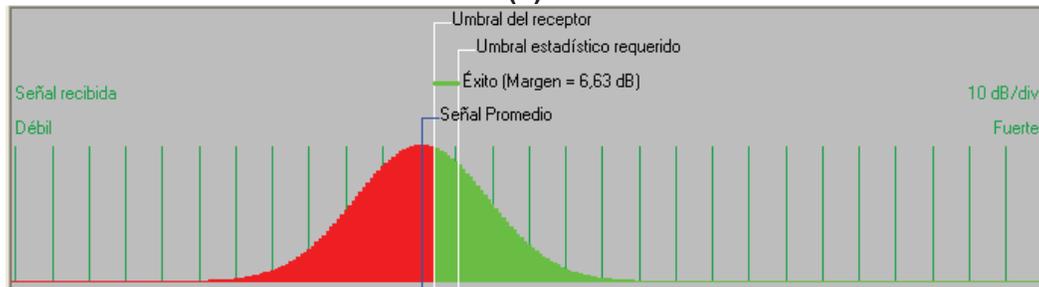
(a)



(b)



(c)



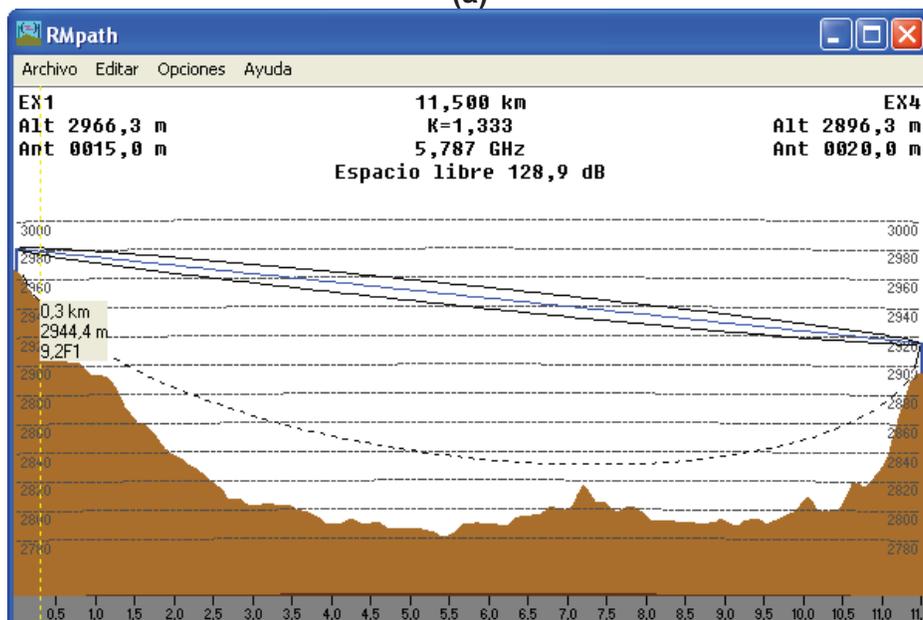
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.7 se concluye que:

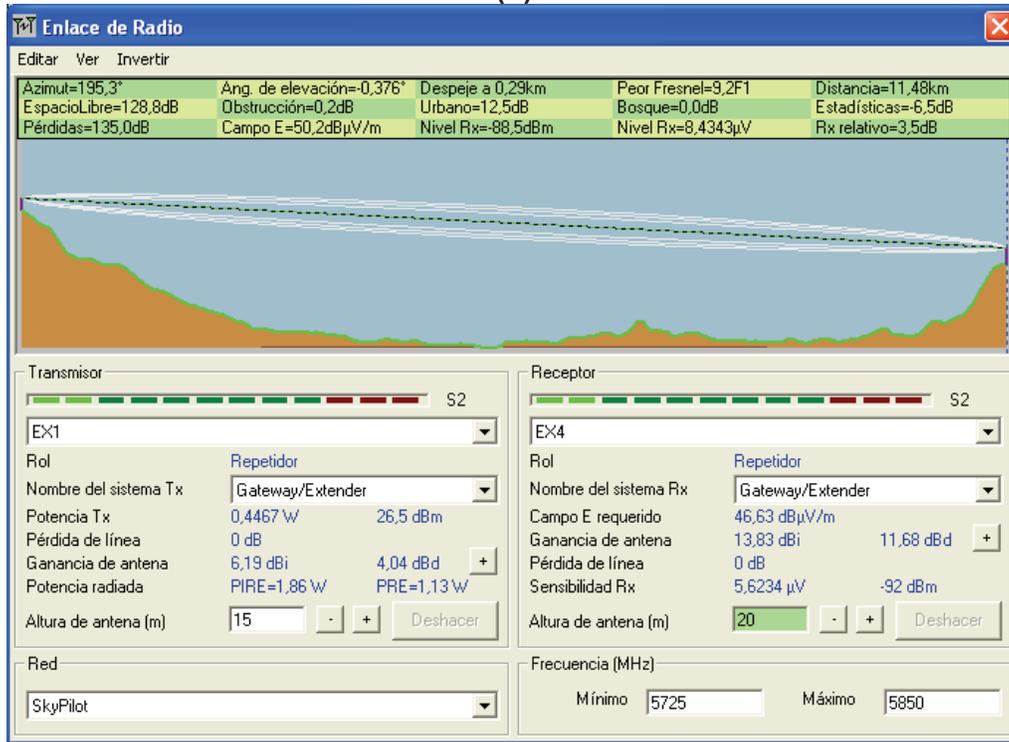
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX4) es de 11,5Km. (Gráfico A3.7a).
- La calidad del enlace EX1 – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.7a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX4 es de 185,1m (Gráfico A3.7a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 135dB. (Gráfico A3.7b)
- La ganancia del sistema es de 138,5dB. (Gráfico A3.7b)
- El peor nivel de recepción es de 3,5dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -88,5dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.7c).

### GRÁFICO A3.7 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX4

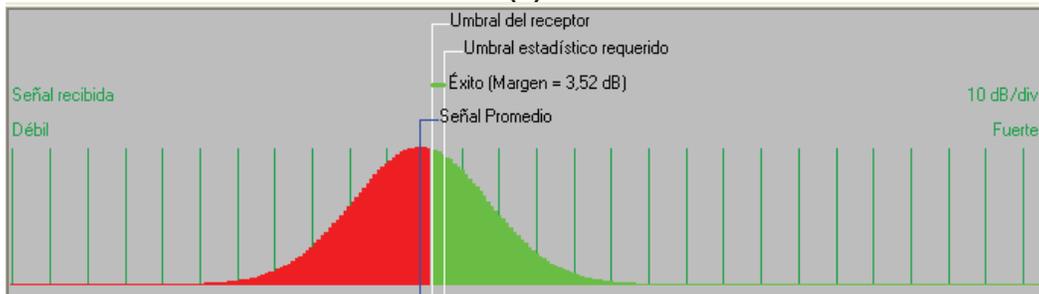
(a)



(b)



(c)



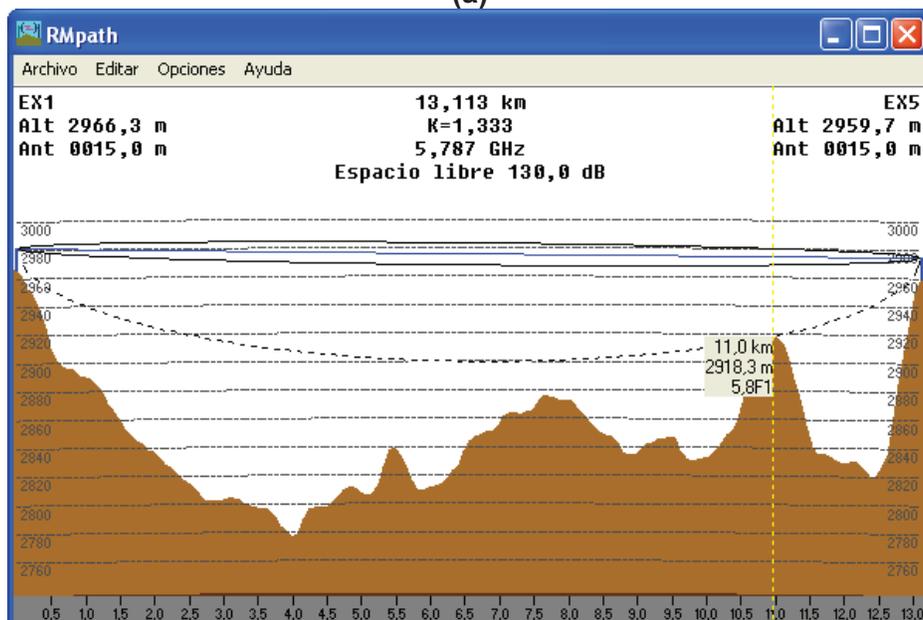
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX1 (COLLAMA) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX1 (Collaloma) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.8 se concluye que:

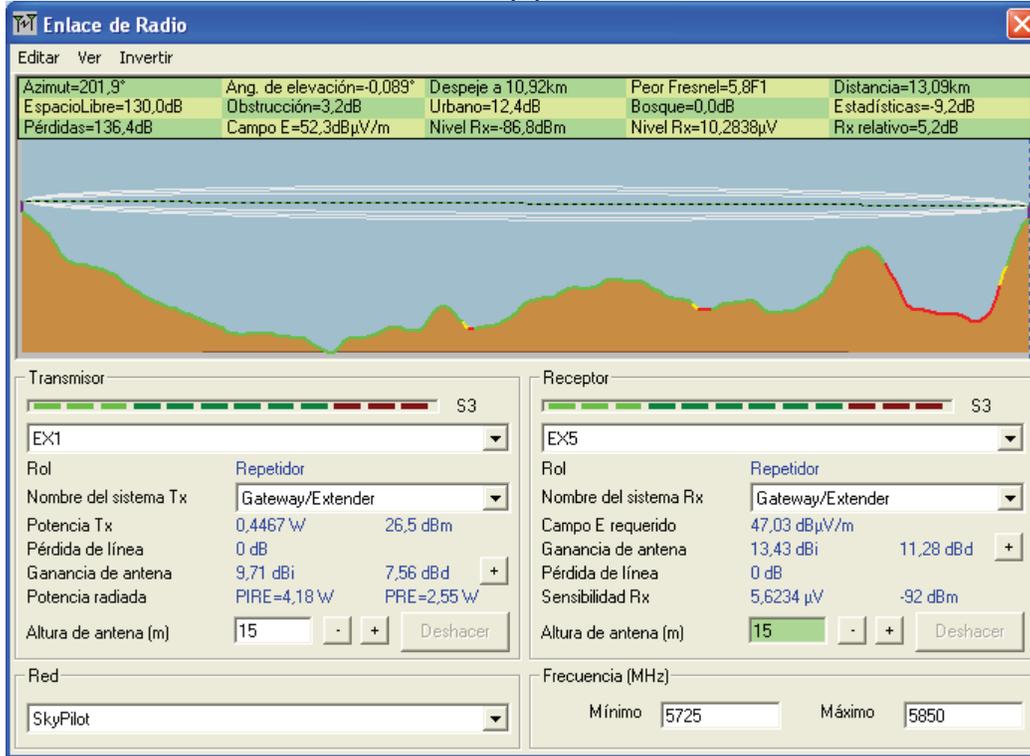
- La distancia entre el SkyExtender (EX1) y SkyExtender (EX5) es de 13,09Km. (Gráfico A3.8a).
- La calidad del enlace EX1 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.8a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX5 es de 189,7m (Gráfico A3.8a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 136,4dB. (Gráfico A3.8b)
- La ganancia del sistema es de 141,6dB. (Gráfico A3.8b).
- El peor nivel de recepción es de 5,2dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -86,8dBm (S3), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.8c).

### GRÁFICO A3.8 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX1 Y EX 5

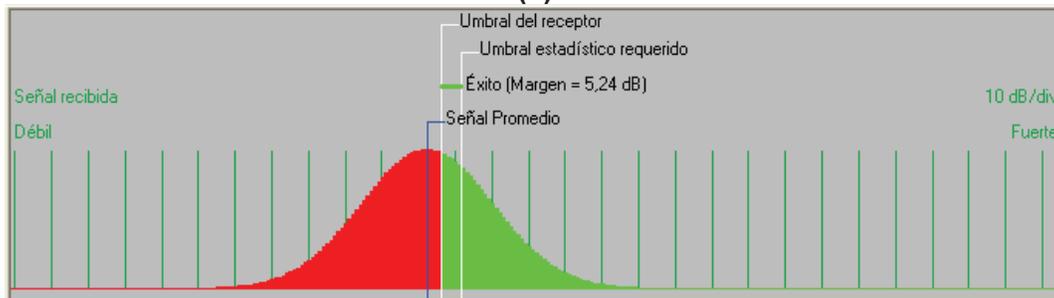
(a)



(b)



(c)

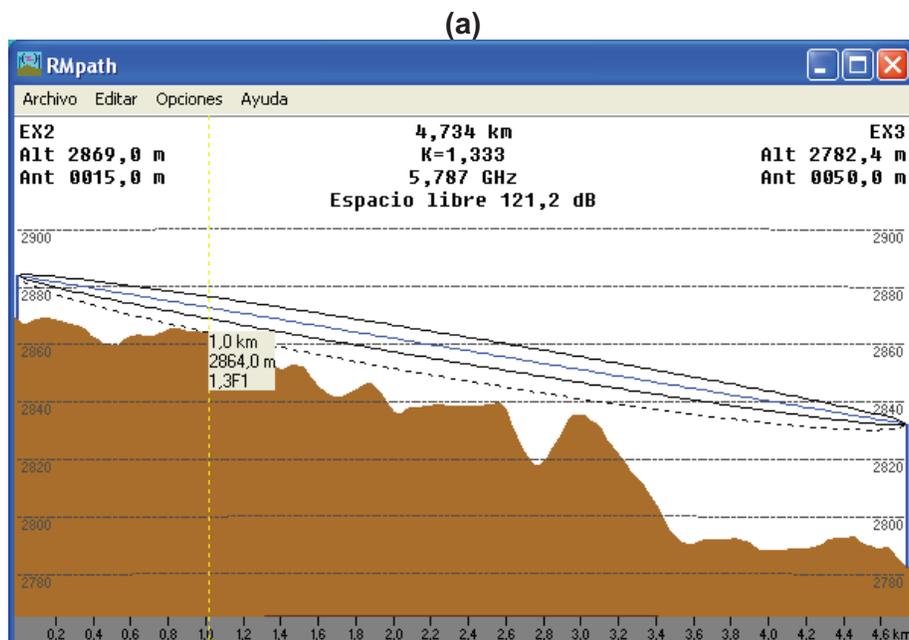


## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX2 (ANDALUCÍA) – SKYEXTENDER EX3 (MEC)

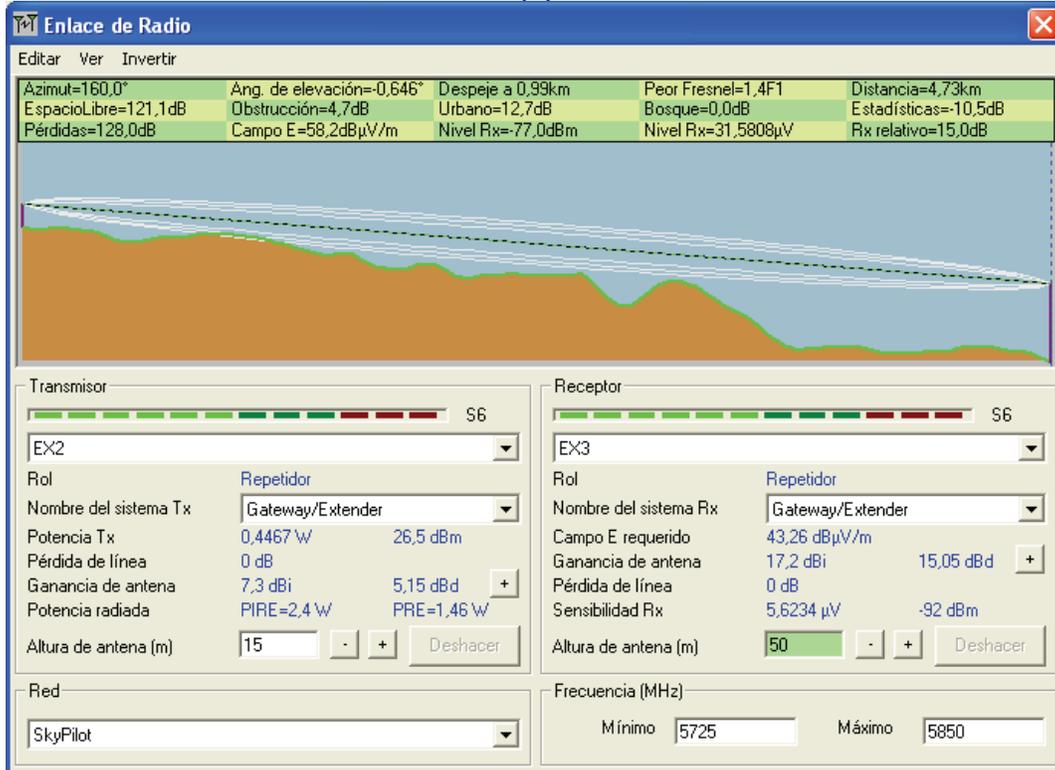
De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX2 (Andalucía) y el SkyExtender EX3 (MEC) que se muestran en el gráfico A3.9 se concluye que:

- La distancia entre el SkyExtender (EX2) y SkyExtender (EX3) es de 4,7Km. (Gráfico A3.9a).
- La calidad del enlace EX2 – EX3 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.9a).
- La variación de la latitud del trayecto EX1 – EX3 es de 86,9m (Gráfico A3.9a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 128dB. (Gráfico A3.9b)
- La ganancia del sistema es de 143dB. (Gráfico A3.9b).
- El peor nivel de recepción es de 15dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -77dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.9c).

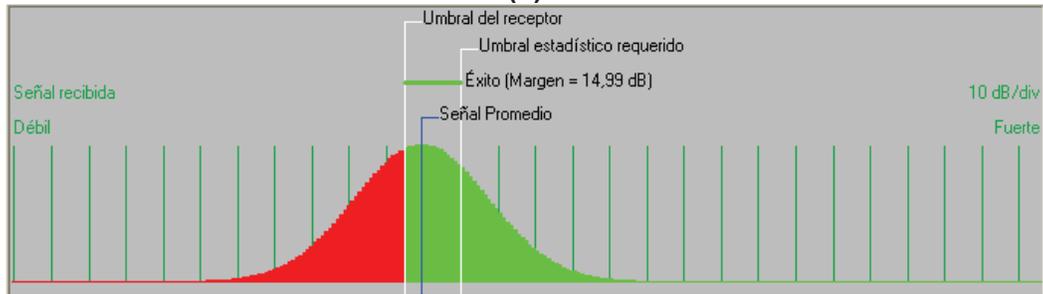
**GRÁFICO A3.9 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX2 Y EX 3**



(b)



(c)



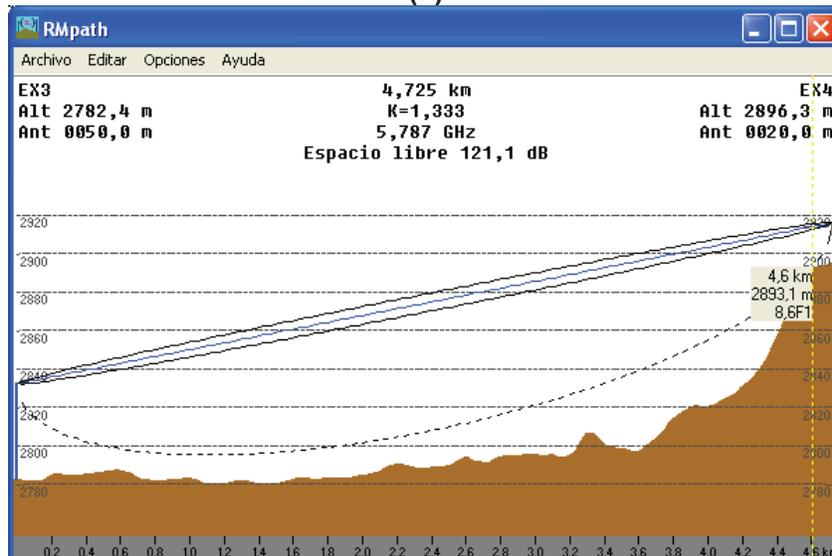
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX3 (MEC) – SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX3 (MEC) y el SkyExtender EX4 (Itchimbía) que se muestran en el gráfico A3.10 se concluye que:

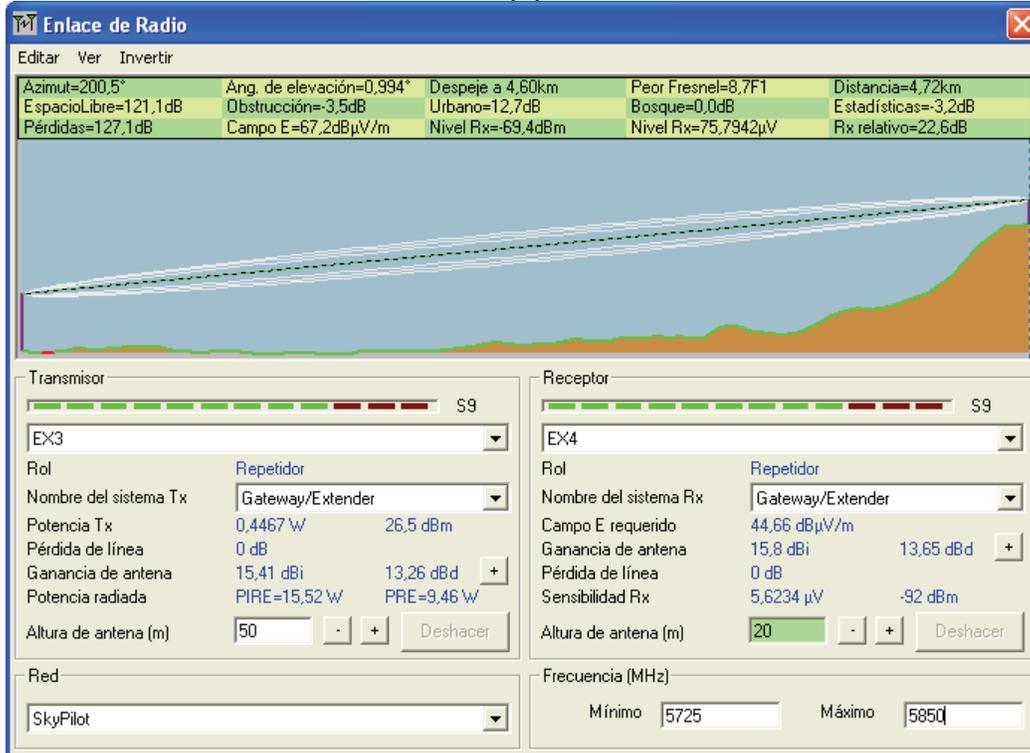
- La distancia entre el SkyExtender (EX3) y SkyExtender (EX4) es de 4,7Km. (Gráfico A3.10a).
- La calidad del enlace EX3 – EX4 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.10a).
- La variación de la latitud del trayecto EX3 – EX4 es de 114,9m (GráficoA3.10a)
- La pérdida de propagación total del sistema es de 127,1dB. (Gráfico A3.10b).
- La ganancia del sistema es de 149,7dB. (Gráfico A3.10b).
- El peor nivel de recepción es de 22,6dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -69,4dBm (S9), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.10c).

### GRÁFICO A3.10 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX3 Y EX4

(a)



(b)



(c)



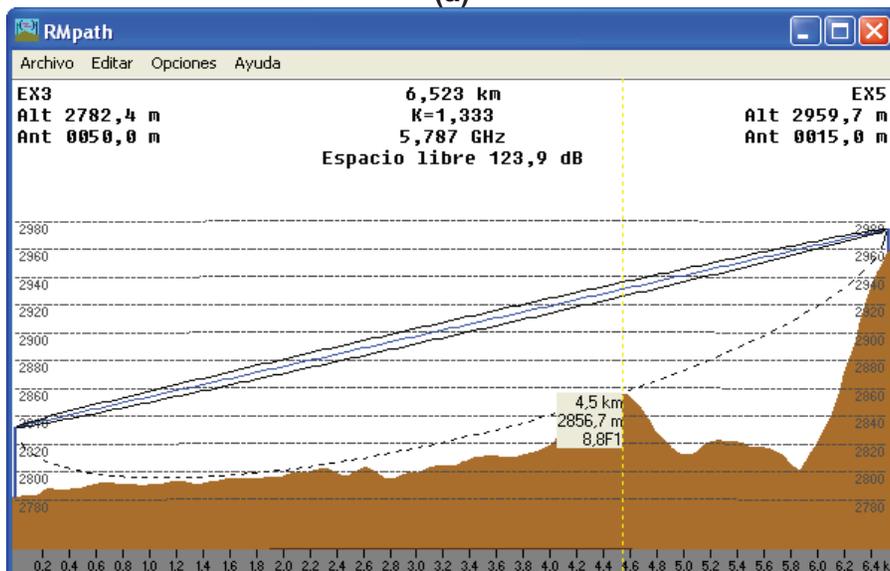
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX3 (MEC) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX3 (MEC) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.11 se concluye que:

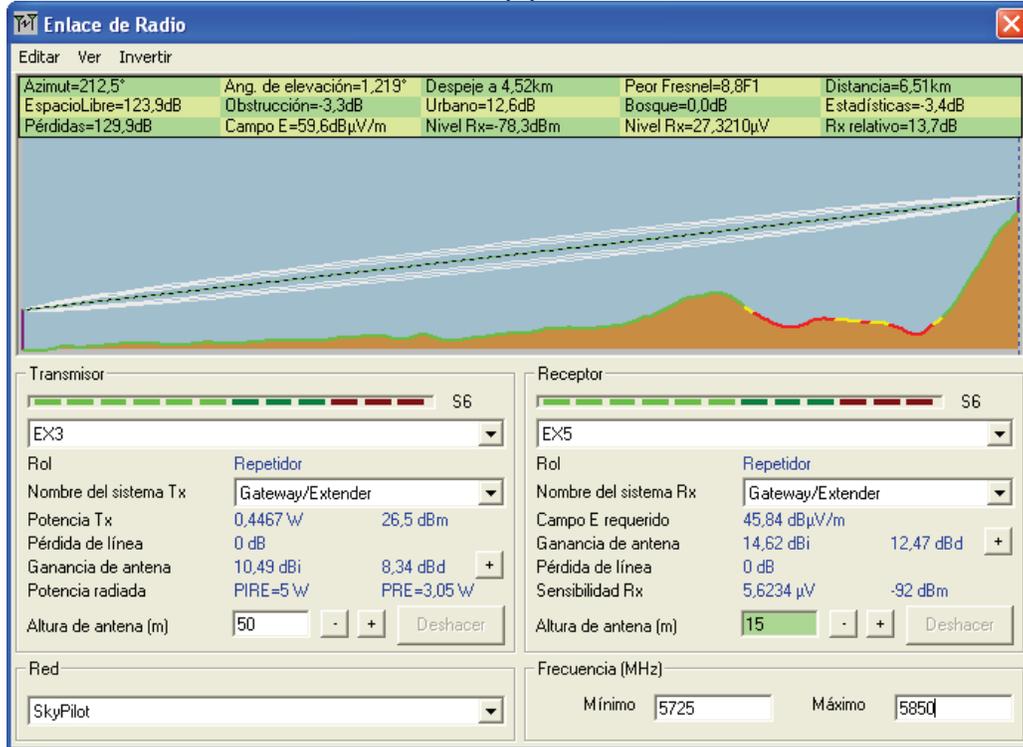
- La distancia entre el SkyExtender (EX3) y SkyExtender (EX5) es de 6,5Km. (Gráfico A3.11a).
- La calidad del enlace EX3 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.11a).
- La variación de la latitud del trayecto EX3–EX5 es de 172,9m (Gráfico A3.11a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 129,9dB. (Gráfico A3.11b).
- La ganancia del sistema es de 143,6dB. (Gráfico A3.11b)
- El peor nivel de recepción es de 13,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -78,3dBm (S6), con respecto al umbral del receptor de -92dBm (Gráfico A3.11c).

### GRÁFICO A3.11 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX3 Y EX5

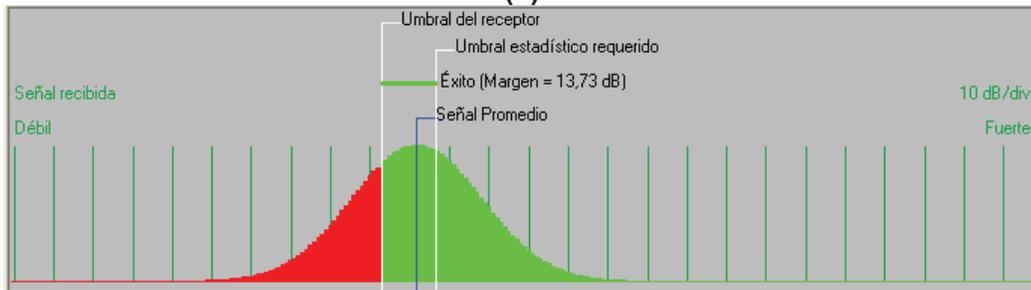
(a)



(b)



(c)



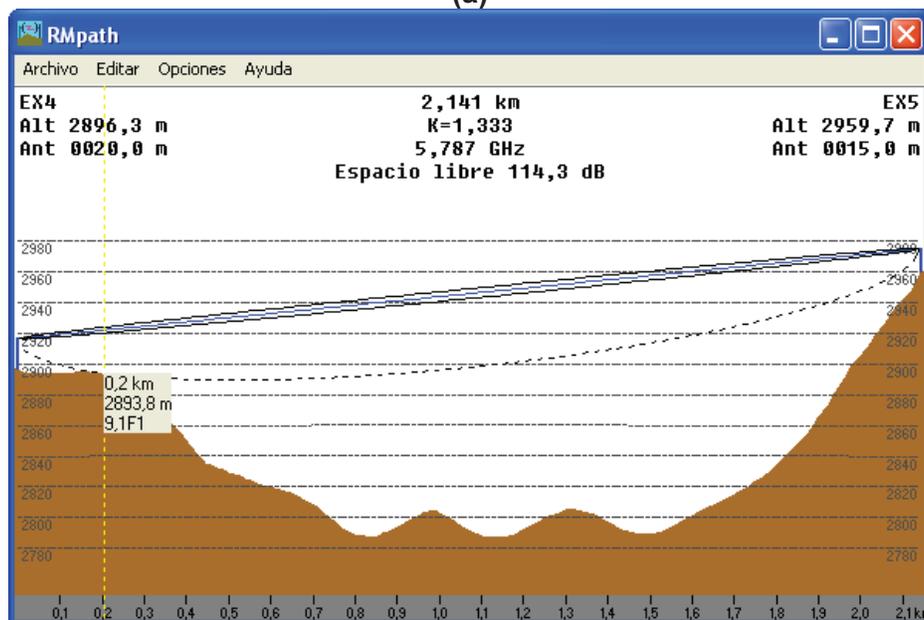
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA) – SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX4 (Itchimbía) y el SkyExtender EX5 (Panecillo) que se muestran en el gráfico A3.12 se concluye que:

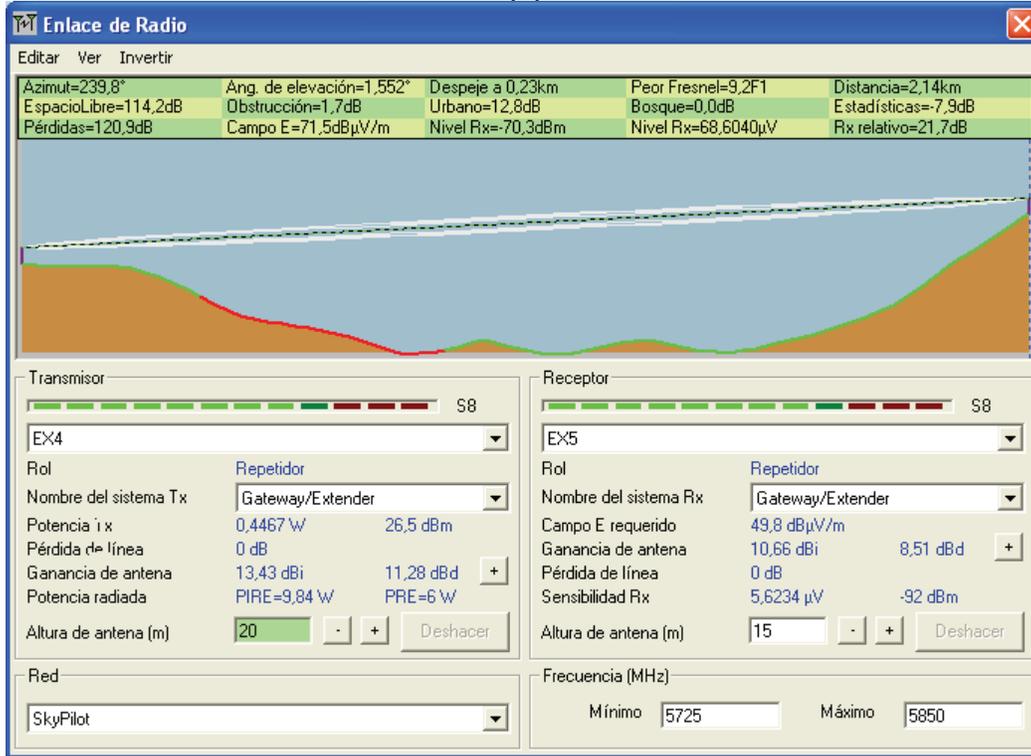
- La distancia entre el SkyExtender (EX4) y SkyExtender (EX5) es de 2,1Km. (Gráfico A3.12a).
- La calidad del enlace EX4 – EX5 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.12a).
- La variación de la latitud del trayecto EX4–EX5 es de 167,9m (Gráfico A3.12a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 120,9dB.(Gráfico A3.12b)
- La ganancia del sistema es de 142,6dB. (Gráfico A3.12b).
- El peor nivel de de recepción es de 21,7dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -70,3dBm (S8), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.12c).

### GRÁFICO A3.12 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX4 Y EX5

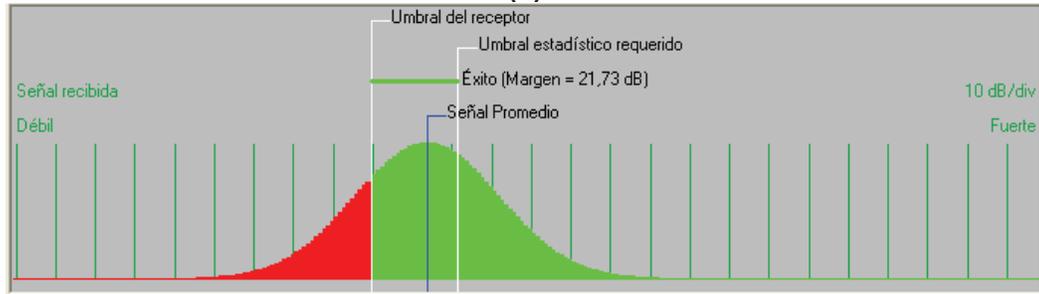
(a)



(b)



(c)

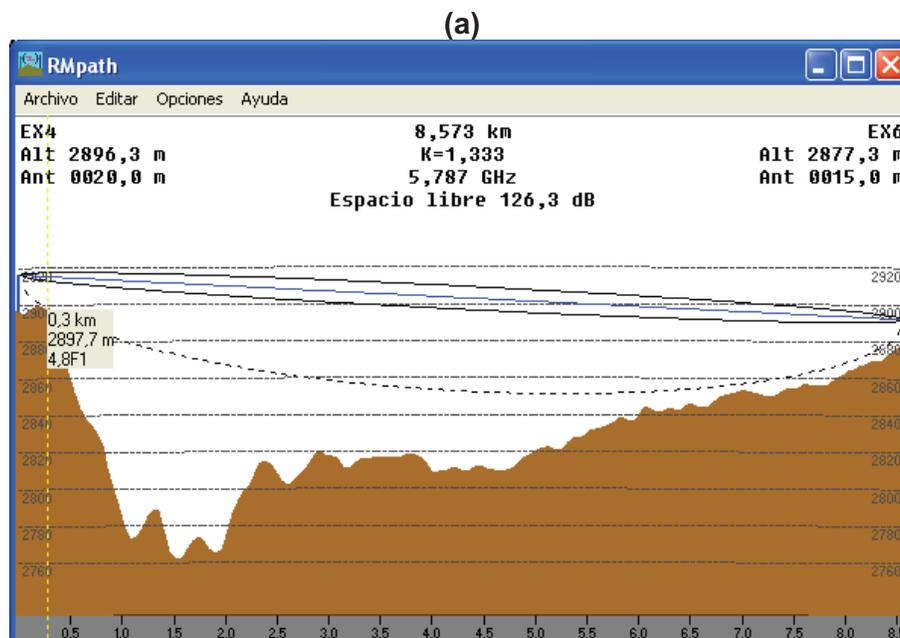


## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX4 (ITCHIMBÍA) – SKYEXTENDER EX6 (QUITUMBE)

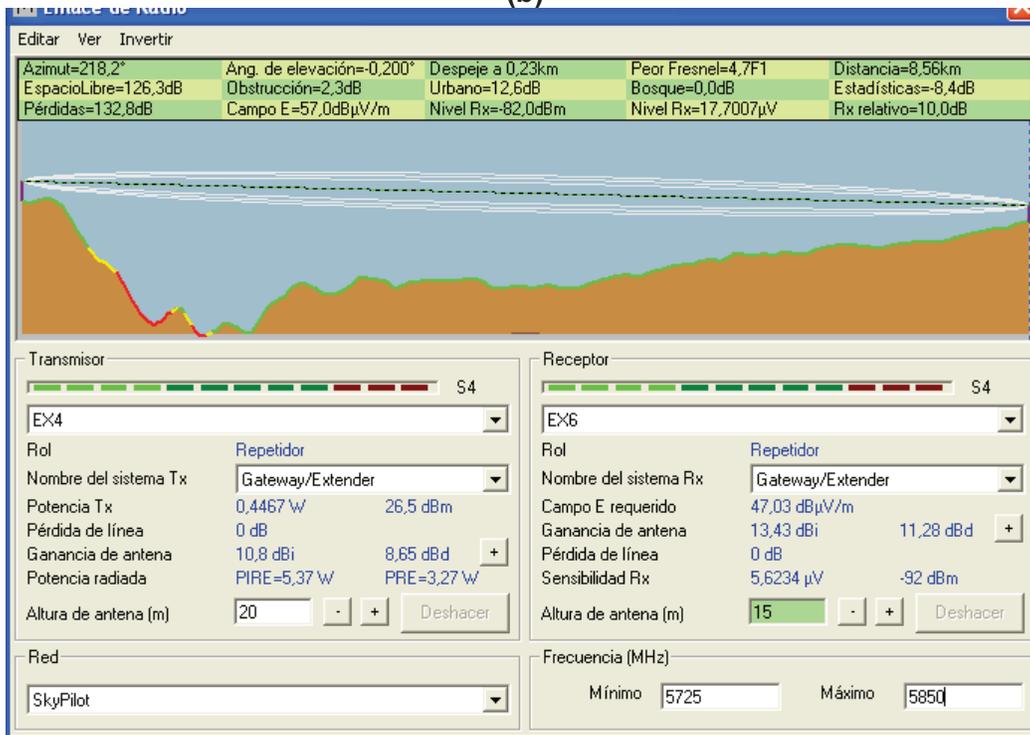
De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX4 (Itchimbía) y el SkyExtender EX6 (Quitumbe) que se muestran en el gráfico A3.13 se concluye que:

- La distancia entre el SkyExtender (EX4) y SkyExtender (EX6) es de 8,6Km. (Gráfico A3.13a).
- La calidad del enlace EX4 – EX6 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.13a).
- La variación de la latitud del trayecto EX4–EX6 es de 137,3m (Gráfico A3.13a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 132,8dB.(Gráfico A3.13b)
- La ganancia del sistema es de 142,7dB. (Gráfico A3.13b).
- El peor nivel de recepción es de 10dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -82dBm (S4), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.13c).

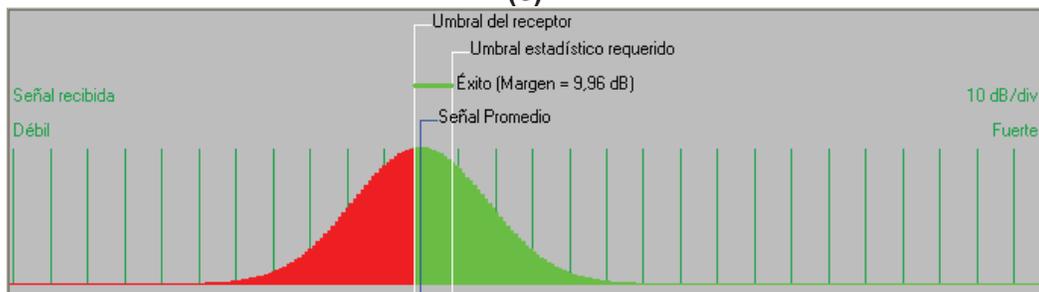
**GRÁFICO A3.13 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX4 Y EX6**



(b)



(c)



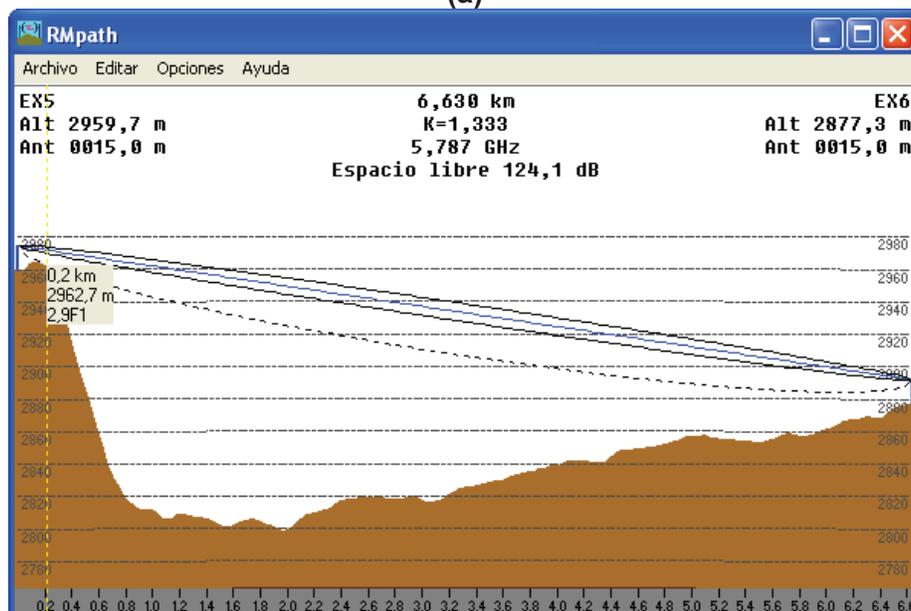
## ENLACE INALÁMBRICO SKYEXTENDER EX5 (PANECILLO) – SKYEXTENDER EX6 (QUITUMBE)

De los resultados radioeléctricos de propagación del enlace entre el SkyExtender EX5 (Panecillo) y el SkyExtender EX6 (Quitumbe) que se muestran en el gráfico A3.14 se concluye que:

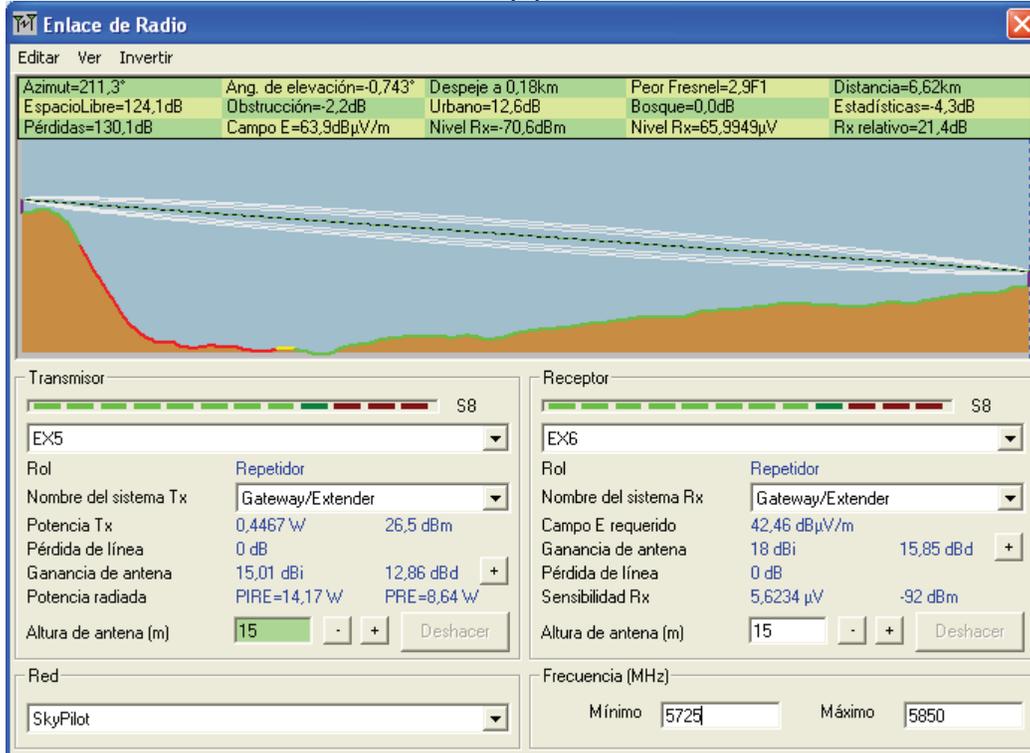
- La distancia entre el SkyExtender (EX5) y SkyExtender (EX6) es de 6,6Km. (Gráfico A3.14a).
- La calidad del enlace EX5 – EX6 está garantizada por la existencia de línea de vista entre los dispositivos inalámbricos y el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel. (Gráfico A3.14a).
- La variación de la latitud del trayecto EX5–EX6 es de 166,4m (Gráfico A3.14a).
- La pérdida de propagación total del sistema es de 130,1dB.(Gráfico A3.14b)
- La ganancia del sistema es de 151,5dB. (Gráfico A3.14b).
- El peor nivel de recepción es de 21,4dB (margen de desvanecimiento) sobre la señal requerida (umbral estadístico requerido) de -70,6dBm (S8), con respecto al umbral del receptor de -92dBm. (Gráfico A3.14c).

### GRÁFICO A3.14 RESULTADOS RELATIVOS DEL ENLACE EX5 Y EX6

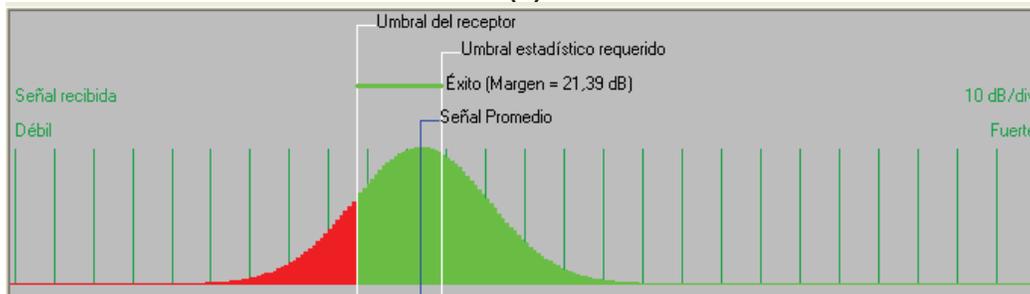
(a)



(b)



(c)



## **ANEXO 4**

### **COS; CLASE DE SERVICIO**

## **CoS: CLASE DE SERVICIO**

“Este término implica, a su vez, dos procedimientos: en primer lugar la priorización de los distintos tipos de tráfico claramente definidos a través de la red y, en segundo lugar, la definición de un pequeño número de clases de servicio a las que aplicarla.

Priorizar es importante en los puntos de congestión de la red, donde las decisiones de priorización pueden ser realizadas por puentes y enrutadores.

Las aplicaciones que requieren distinguir clases de servicio incluyen procesos transaccionales, el vídeo y cualquier otro tráfico sensible al tiempo.

No se debe confundir CoS con QoS, pues, a diferencia de QoS, CoS no garantiza ancho de banda o latencia, en cambio permite a los administradores de red solicitar prioridad para el tráfico basándose en la importancia de éste.

Independientemente de la diferenciación, tanto CoS como QoS categorizan el tráfico para asegurar que el tráfico considerado crítico siempre fluya por la red, a pesar del ancho de banda demandado o de las aplicaciones de menor importancia.

Existen muchas posibles definiciones de tipos de calidad de servicio, pero la mayoría de las empresas definen las clases de tráfico por tipo de aplicación, tipo de dispositivo o por tipo de usuario. Hoy es además posible definir clases separadamente en routers o puentes individuales, pero suele ser poco práctico. Un ejemplo de tecnología que usa CoS es el estándar IEEE 802.1p, representado en la siguiente figura. Esta norma será estudiada con mayor detalle en un capítulo posterior, al que será necesario acudir para obtener más información sobre su forma de actuación.

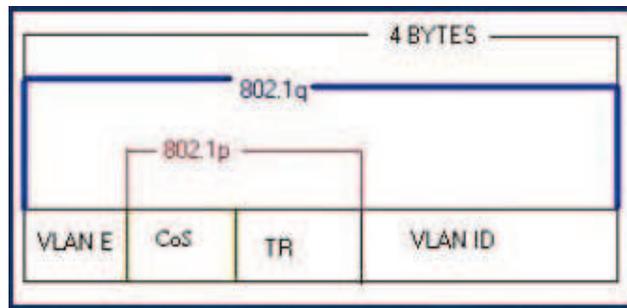


Figura 1. Campos de los estándares 802.1p/Q

Como vemos, la norma IEEE 802.1p incluye un campo donde especificar la clase de servicio, definiendo las siguientes:<sup>[30]</sup>

Combinación	CoS	Prioridad
111	Network Critical	7
110	Interactive Voice	6
101	Interactive Multimedia	6
100	Streaming Multimedia	4
011	Business Critical	3
010	Standard	2
001	Background	1
000	Best Effort	0

<sup>[30]</sup> iEspaña. Calidad de Servicio. <http://qos.iespana.es/capitulo2.htm>

## **ANEXO 5**

**MARCO TEÓRICO: RFC 2196 “MANUAL DE  
SEGURIDAD DEL SITIO” Y MODELO DE GESTIÓN DE  
INTERNET**

## **A5.1 “MANUAL DE SEGURIDAD DEL SITIO (SITE *SECURITY HANDBOOK*)” RFC 2196 APLICADO A REDES INALÁMBRICAS<sup>[A5.1]</sup>**

### **A5.1.1 Introducción**

Se ha extraído las consideraciones del RFC 2196, que más se adecuan para el establecimiento de procedimientos y políticas de seguridad para redes inalámbricas.

Para el caso de redes inalámbricas se considera al sitio como el conjunto de elementos que forman parte de una infraestructura inalámbrica de una organización tales como: dispositivos inalámbricos (puntos de acceso, repetidoras, CPE, etc.) u otro dispositivo que permita el acceso a la red inalámbrica.

Para desarrollar un plan de seguridad para redes inalámbricas se consideran los pasos planteados por Fites en 1989, como se menciona en el RFC 2196:

- Identificar que es lo que se está tratando de proteger.
- Determinar de que se está tratando de proteger (amenazas).
- Determinar la probabilidad de las amenazas.
- Implementar medidas que protejan sus activos considerando costo-efectivo.
- Revisar el proceso de forma continua y realizar mejoramientos en las nuevas fallas que se encuentren.

### **A5.1.2 Evaluación de riesgos**

Una de las razones más importantes para la creación de una política de seguridad es garantizar que los esfuerzos gastados en seguridad conlleven a beneficios (costo/beneficio).

El análisis de riesgos consiste en determinar lo que hay que proteger, de qué hay que protegerlo, y cómo protegerlo. Es el proceso de examinar todos los riesgos y clasificarlos según un nivel de gravedad. Este proceso implica tomar decisiones de costo/beneficio sobre lo que se quiere proteger. Hay dos elementos de un análisis de riesgo que se considerarán y son:

- Identificación de activos
- Identificación de amenazas

#### *A5.1.2.1 Identificar los activos*

Un activo se considera como todo aquello que es de importancia para el funcionamiento de la red inalámbrica de una organización, por lo tanto el primer paso es identificar los activos a proteger. Se pueden considerar los siguientes elementos:

- **Hardware:** dispositivos inalámbricos, infraestructura física (torre, mástil, power inyector (POE), cables de conexión y aterrizaje a tierra, fuentes de alimentación, etc.), etc.
- **Software:** firmware, aplicaciones, utilitarios, etc.
- **Datos:** archivos de configuración, logs, bases de datos, etc.
- **Documentación:** acerca de los programas, hardware, sistemas, procedimientos de administración, etc.
- **Documentos del lugar,** CD, DVD, documentos en papel, etc.

También se debe considerar a las personas que interactuarán con el sistema y todos los aspectos que podrían atentar contra la seguridad.

#### *A5.1.2.2 Identificar las amenazas*

Una vez que se han determinado los activos a protegerse, será necesario identificar las amenazas y las vulnerabilidades a los que están expuestos dichos activos, mediante una evaluación de riesgos que pueden afectar a la organización.

Una *amenaza* es un evento o acción potencial no deseada, que puede quebrantar la seguridad de una organización y una *vulnerabilidad* es una vía mediante la cual se pueden producir ataques a una organización. Posibles amenazas podrían ser:

- Acceso no autorizado a los recursos o información
- El desvío o la divulgación no autorizada de información
- Negación de servicio

### **A5.1.3 Políticas de Seguridad**

Para poder establecer políticas seguridad es aconsejable primeramente determinar que tan segura o insegura es nuestra red, así como también fijar las metas de seguridad que se desean tener; el momento de fijar las metas se puede considerar lo siguiente:

- Utilidad de la red versus seguridad
- Facilidad de administración versus seguridad
- Costo de seguridad versus el riesgo de perder, en este punto no se debe olvidar que la seguridad puede conllevar un costo monetario, afectación en el rendimiento del sistema, el fácil uso, entre otros

Todas estas metas serán fijadas como reglas de seguridad que se denominan en conjunto políticas de seguridad; éstas políticas deben ser conocidas por todas las personas que administran o se benefician de la red.

Para que una política de seguridad tenga efecto es necesario que sea conocida, aceptada y aplicada por todas las personas que se benefician y administran la red inalámbrica.

Por lo tanto, para la elaboración de las políticas de seguridad se debe considerar a las siguientes personas:

- El administrador de la seguridad del sitio
- El administrador del sitio
- El departamento de tecnologías de la información
- El grupo de respuesta ante incidentes de seguridad
- Administradores de los diferentes grupos de usuarios dentro de la organización
- Representantes de los grupos de usuarios que serán afectados por la política de seguridad
- El personal administrativo de la organización
- El departamento legal de la organización

#### *A5.1.3.1 Componentes de una buena política de seguridad*

- Una política de privacidad que defina las expectativas razonables de privacidad con respecto a cuestiones tales como la vigilancia de la información que circula a través de la red inalámbrica.
- Una política de acceso para determinar los privilegios de acceso a los dispositivos de la red inalámbrica.
- Una política para definir las responsabilidades de los usuarios con respecto a cada activo de la red inalámbrica.
- Una política de autenticación para establecer una política administrativa efectiva de establecimiento de claves y procedimientos para las autenticaciones locales o remotas.
- Una política de disponibilidad que garantice la disponibilidad de los servicios a los usuarios, para ello se debe abordar la redundancia y la recuperación inmediata de la red inalámbrica ante fallas, así como especificar las horas de funcionamiento y los periodos de mantenimiento de los equipos de la red inalámbrica. También debe incluir la información del contacto en el caso de que se produzca una avería de la red.
- Una política que incluya la información tecnológica y el mantenimiento de la red inalámbrica, es decir, que describa cómo las personas internas o externas encargadas del mantenimiento deben manejar y acceder a la tecnología. Un tema importante a considerar es si el mantenimiento

remoto se permite y cómo este acceso está controlado. Otro tema a considerar es la subcontratación y su gestión.

- Una política de reportes de violaciones que indique cuales son los tipos de violaciones a ser reportadas y como reportarlas.

#### *A5.1.3.2 Mantener una política flexible*

Para que una política de seguridad sea viable a largo plazo, se necesita una gran flexibilidad basada en un concepto de arquitectura de seguridad.

Una política de seguridad debe ser independiente de hardware y software específicos, para evitar que las sustituciones causen un gran impacto en el funcionamiento de la red de una organización.

Los mecanismos para la actualización e implementación de la política de seguridad deben estar claramente estipulados, para ello se sugiere incluir los procesos, las personas involucradas y las personas que deben aceptar el comienzo de los cambios; también debe especificar las excepciones en caso de que éstas existan y explicar claramente en qué situaciones se las debe aceptar.

Es muy importante considerar situaciones en la que una persona se enferma o abandona la empresa inesperadamente, es decir que se debe establecer un proceso que equilibre este tipo de situaciones y la organización no se exponga a perder información crítica.

### **A5.1.4 Arquitectura**

#### *A5.1.4.1 Objetivos*

##### *a) Definiendo completamente un plan de seguridad*

Todas las organizaciones que posean una red inalámbrica deben definir un plan general de seguridad que esté a un nivel superior que las políticas de seguridad especificadas anteriormente, pero si orientado en base a estas políticas de seguridad.

En un plan general de seguridad se deben estipular los siguientes puntos: una lista de los servicios que se proveen a través de la red inalámbrica, quienes tienen acceso a los servicios que provee la red inalámbrica, quienes administran la red inalámbrica, como actuar en el caso de que se presente algún incidente, etc.

#### *A5.1.4.2 Configuración de la red y servicios*

##### *a) Protección de la Infraestructura*

La protección de la infraestructura de red no solamente incluye los dispositivos inalámbricos, también se deben considerar los servidores de sistemas de administración (EMS) (ej. SNMP), servicios (ej. DNS, Web, correo electrónico), la seguridad (ej. autenticación de usuarios y restricción de acceso) y los errores humanos.

##### *b) Protección de la Red*

Uno de los problemas de vulnerabilidad en una red inalámbrica a considerarse es el llamado ataque de "negación de servicio", que puede ocurrir ya sea por un ataque al punto de acceso o por inundación de paquetes a la red.

Es entonces que se crea la necesidad de buscar procedimientos que permitan detectar este tipo de ataque para su solución inmediata.

#### **A5.1.5 Seguridad de la red inalámbrica y procedimientos**

##### *A5.1.5.1 Autenticación*

Proceso por el cual se comprueba la identidad del usuario, es decir, lo que comúnmente se entiende: "el usuario es, quien dice ser".

##### *a) Las contraseñas*

1. **La importancia de contraseñas robustas.** Los intrusos en la mayoría de los casos adivinan la contraseña de un usuario legítimo para tener

acceso; por lo tanto es importante seleccionar contraseñas que no puedan ser descifradas con facilidad, es decir, que sean una combinación de números, letras y caracteres de puntuación. Las contraseñas deben también ser tan largas como los dispositivos lo permitan y que los usuarios puedan tolerar.

2. **Cambiar las contraseñas por defecto.** Cuando los dispositivos inalámbricos son adquiridos de fábrica, éstos tienen configurados cuentas y contraseñas por defecto; éstos deben ser cambiados inmediatamente por contraseñas robustas.

#### *A5.1.5.2 Confidencialidad*

Hace referencia a toda la información cuya divulgación se desea proteger dentro de la red inalámbrica a personas no autorizadas.

Una forma de proporcionar la confidencialidad es a través de la encriptación. La encriptación es realizada por la codificación de datos de modo que es muy difícil y requiere mucho tiempo para que alguien no autorizado obtenga el texto sin formato.

#### *A5.1.5.3 Integridad*

Para asegurar que la información no sea alterada ó modificada por una persona no autorizada de la red inalámbrica. Esto significa que se requieren procedimientos para garantizar la veracidad de la información que circula por la red.

#### *A5.1.5.4 Autorización*

Se refiere al procedimiento de concesión de privilegios, derechos, acciones permisibles, etc. para las personas autorizadas que accedan a los dispositivos de la red inalámbrica.

#### *A5.1.5.5 Acceso*

##### *a) Acceso Físico*

Permitir el acceso físico solamente a las personas autorizadas para la administración de la red inalámbrica a través de mecanismos de acceso (por ej: registro de acceso, tarjetas de identificación, formularios de acceso, etc.) evitando, en lo posible, cualquier intento de sabotaje a la infraestructura inalámbrica.

Tener procedimientos que mantengan originales y copias de seguridad de utilitarios, firmware u otros elementos relacionados al funcionamiento de los dispositivos inalámbricos, en buen estado y protegidas de robo.

Otro punto a tomar en cuenta para evitar sabotajes a la infraestructura inalámbrica es el control de componentes para el funcionamiento de los dispositivos inalámbricos y servidores de sistemas de administración (EMS).

#### *A5.1.5.6 Auditoría*

Esta sección cubre los procedimientos para la colección de datos generada por la actividad de la red inalámbrica.

La colección de datos se refiere a la información de una red inalámbrica de una organización relacionada a derechos de acceso, claves de administración, usuarios administrativos, etc.

Si un plan de colección de datos no está suficientemente definido antes de un incidente, puede significar que no existan recursos para analizar y solucionar una incidencia que ha ocurrido en la red inalámbrica.

##### *a) Proceso de colección de datos*

Existen tres maneras básicas de almacenar la información recolectada: en un archivo de lectura/escritura en un servidor, un dispositivo de escritura/lectura (CD-ROM, cintas), o en un dispositivo solo de escritura (impresora).

### *b) Manipulación y Preservación de Datos de Auditoría*

Los datos de auditoría y las copias de seguridad deben ser cuidadosamente guardados. Si un intruso logra acceder a los registros de auditoría, la red inalámbrica, así como la información concerniente a esa red estaría en riesgo de sabotajes, robos, etc.

Los datos de la auditoría también pueden convertirse en clave para la investigación, detención, y el enjuiciamiento del autor de un incidente. Por esta razón, es aconsejable solicitar asesoramiento jurídico en la hora de decidir cómo los datos de auditoría deben ser tratados.

### *c) Consideraciones legales*

Si se recopila y se guarda los datos de una auditoría, se debe estar preparado a las consecuencias que se derivan tanto, por su existencia como por su contenido, por lo tanto, resulta necesario que la información que contenga la auditoría sea analizada por los consultores legales de la organización.

#### *A5.1.5.7 Respaldos de seguridad*

En el proceso de creación de respaldos de seguridad se deben considerar los siguientes aspectos:

- Asegurarse de que la organización esté generando respaldos.
- Asegurarse que se está haciendo uso de un lugar externo a la organización de almacenamiento para las copias de seguridad.
- Considerar la encriptación de los respaldos para proveer una protección adicional a la información.
- Verificar periódicamente la exactitud e integridad de sus copias de seguridad.

#### **A5.1.6 Manejo de incidentes de seguridad**

El RFC 2196 menciona los procedimientos que se pueden utilizar, antes, durante y después de que ocurra un incidente de seguridad.

La filosofía de operación a seguir en el caso de una violación de la seguridad, es reaccionar de acuerdo a un plan de políticas para el manejo de incidencias.

El plan de políticas de incidencias debe contar con los siguientes puntos:

1. Preparar y planear como manejar los incidentes
2. Notificaciones
  - a) Administradores locales y personal de administración de la red
  - b) Agencias de investigación y cumplimiento de la ley
  - c) Temas de manejo de incidentes para seguridad de dispositivos inalámbricos
  - d) Sitios afectados e involucrados
  - e) Notificaciones internas
  - f) Relaciones públicas y notas de prensa
3. Identificar un incidente (categorizar la severidad)
4. Manipulación que se debería hacer
  - a) Procedimiento para realizar una notificación
  - b) Procedimiento para proteger la evidencia y los logs (cuáles se deben guardar, antes, en el momento y después del incidente)
  - c) Procedimiento para evitar daños a la red inalámbrica
  - d) Procedimiento para erradicar las incidencias que se han presentado en la red inalámbrica
  - e) Procedimiento para recobrar la operatividad de la red inalámbrica luego de un incidente
  - f) Procedimiento para saber que se debe hacer después de un incidente
5. Registro de los últimos incidentes de la red inalámbrica
6. Respuesta administrativa ante los incidentes

#### **A5.1.7 Actividades en curso**

Una vez que se ha establecido una política completa de seguridad y ha desarrollado procedimientos para ayudar en la configuración y gestión de la

infraestructura inalámbrica, es necesario revisar las políticas y procedimientos sobre una base regular, para ello se recomienda lo siguiente:

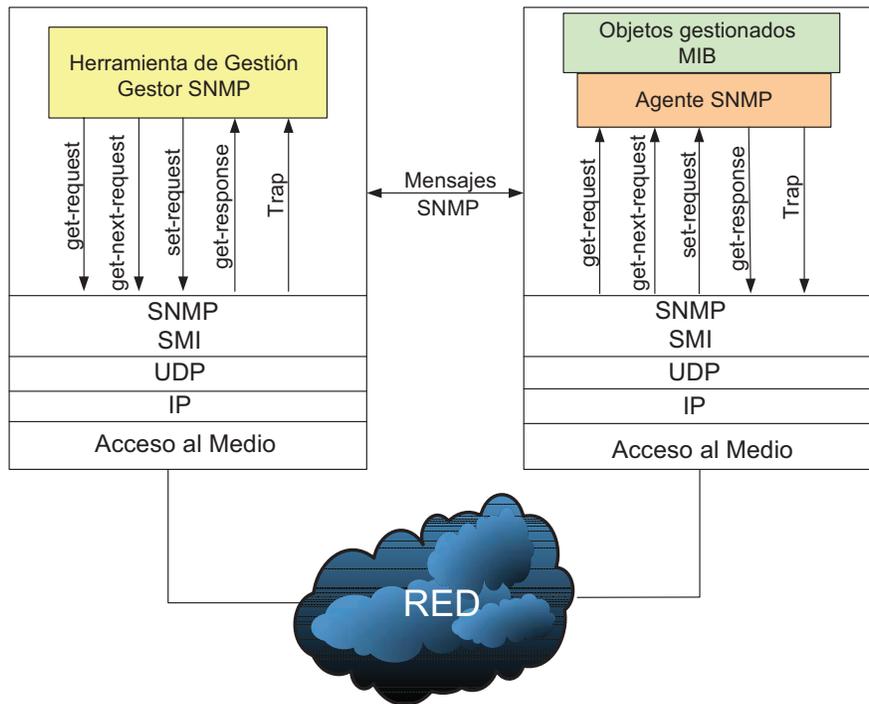
- Revisar las advertencias que proporcionan los diversos equipos de seguridad y actualizar los dispositivos inalámbricos para evitar posibles amenazas.
- Instalar los parches de seguridad que proporcionan los proveedores de la tecnología de los equipos de la infraestructura.
- Revisar activamente las configuraciones de los dispositivos inalámbricos para identificar cualquier cambio que puedan haberse producido e investigar todas las anomalías.
- Revisar todas las políticas de seguridad y procedimientos cada año (como mínimo).
- Periódicamente, comprobar el cumplimiento de políticas y procedimientos. La auditoría debe ser realizada por alguna entidad externa a la organización.

## **A5.2 MODELO DE GESTIÓN DE INTERNET**

El Modelo de Gestión de Internet está basado en el Protocolo de Administración de Redes (SNMP, *Simple Network Management Protocol*), que básicamente proporciona una gestión de red centralizada que permite observar, controlar y administrar los elementos de una infraestructura de red. SNMP se ha convertido, debido al enorme éxito que ha tenido desde su publicación, en el estándar de facto de gestión de redes. Prácticamente todo el equipamiento de redes puede ser gestionado vía SNMP. Algunas de las funciones que proporciona SNMP son:

- Supervisión del rendimiento de la red y su estado.
- Control de los parámetros de operación.
- Obtención de informes de fallos.
- Análisis de fallos.

## A5.2.1 Arquitectura SNMP



**Gráfico A5.1 Arquitectura SNMP<sup>[A5.2]</sup>**

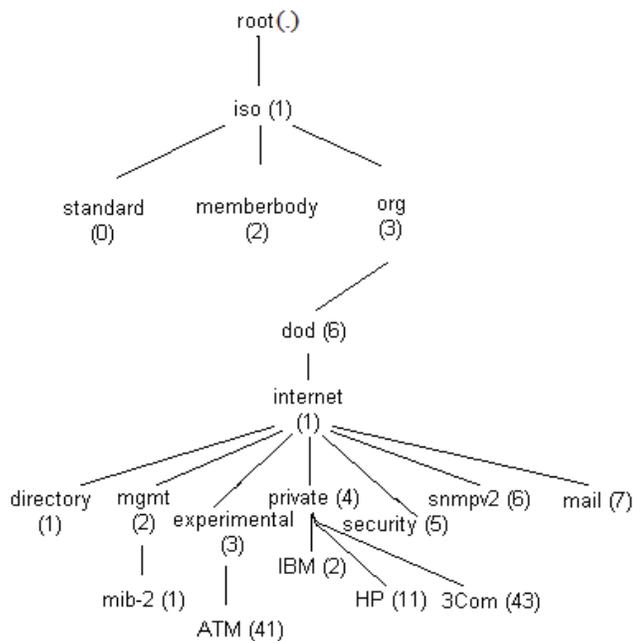
El gráfico A5.1 ilustra la arquitectura SNMP que está compuesta por:

El **Agente SNMP** es un módulo de software que reside en un elemento de red, se encarga de intercambiar la información recolectada de los objetos gestionados (hardware, estadísticas de rendimiento, parámetros de configuración, etc.) de un elemento de red hacia los gestores SNMP, dichos objetos se encuentran organizados en una base de datos virtual de información llamada Base de Gestión de Información (MIB). Si un elemento de la red no pueda ser gestionado directamente se lo hace a través de un agente apoderado (Proxy).

**Sistema de Gestión de Red (Network Management System NMS)** es el elemento central que proporciona al administrador una visión del estado de la red y unas funciones de modificación de este estado (puede ser una estación de trabajo o un ordenador personal).

El **Gestor SNMP** es un componente de una estación de administración (ordenador, servidor u otro elemento), que se encarga de recibir los mensajes emitidos por los agentes SNMP y de generar comandos de ejecución para manipular la información de los objetos gestionados.

La **Base de Gestión de Información MIB** es una colección de objetos organizados jerárquicamente, identificados por un OID (Identificadores de Objeto) como se observa en el gráfico A5.2. Son gestionados a través de la Estructura de Información de Gestión, **SMI (Structure of Management Information)**, quien define los métodos para describir y nombrar los objetos gestionados, en base a un lenguaje que define la forma del mensaje de gestión conocido como Notación de Sintaxis Abstracta Uno, ASN.1 (*Abstract Syntax Notation*).



**Gráfico A5.2** **Árbol MIB**<sup>[A5.2]</sup>

La estación de gestión (Gestor SNMP) y el agente SNMP se comunican a través de mensajes estándar; cada paquete es denominado PDU (*Protocol Data Unit*), y son:

**Get-request:** es generado por el administrador cuando solicita el valor de un objeto.

**Get-next-request:** simplemente get-next, se utiliza para solicitar el siguiente valor de un objeto. Se utiliza cuando un objeto contiene una lista de valores.

**SetRequest:** es usado por el administrador para enviar una orden que debe ser ejecutada por un elemento de la red, cambiando algún valor del contenido en la MIB.

**Get-response:** es generado por el agente y sólo en respuesta a un get-request, get-next o set-request originado por el administrador.

**Trap:** es un mensaje no solicitado generado por el agente, sin intervención del administrador. Ocurren cuando el agente detecta la ocurrencia de un evento predefinido. Así, un agente puede enviar traps cuando una interfaz se desconecta y luego vuelve a conectarse o cuando un parámetro supera un límite previamente definido.

SNMP usa en la capa de transporte el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*), para el intercambio de mensajes SNMP.

#### **A5.2.2 Versiones del Protocolo Sencillo de Administración de Redes (SNMP)**

“Existen tres versiones de SNMP: SNMP versión 1 (SNMPv1), SNMP versión 2 (SNMPv2) y SNMP versión 3 (SNMPv3). SNMPv1 constituye la primera definición e implementación del protocolo SNMP, estando descrito en las RFC 1155, 1157 y 1212 del IETF (*Internet Engineering Task Force*). El vertiginoso crecimiento de SNMP desde su aparición en 1988, puso pronto en evidencia sus debilidades, principalmente su imposibilidad de especificar de una forma sencilla la transferencia de grandes bloques de datos y la ausencia de mecanismos de seguridad; debilidades que tratarían de ser subsanadas en las posteriores definiciones del protocolo.

SNMPv2 apareció en 1993, estando definido en las RFC 1441-1452. SNMPv1 y SNMPv2 tienen muchas características en común, siendo la principal mejora

la introducción de tres nuevas operaciones de protocolo: *GetBulkRequest* para que el gestor recupere de una forma eficiente grandes bloques de datos, tales como las columnas de una tabla; *InformRequest* para que un agente envíe información espontánea al gestor y reciba una confirmación; y *ReportRequest* para que el agente envíe de forma espontánea excepciones y errores de protocolo. SNMPv2 también incorpora un conjunto mayor de códigos de error y más colecciones de datos. En 1995 apareció una revisión de SNMPv2, denominada SNMPv2c y descrita en las RFC 1901-1910, añadiendo como mejoras una configuración más sencilla y una mayor modularidad; pero manteniendo el sencillo e inseguro mecanismo de autenticación de SNMPv1 y SNMPv2 basado en la correspondencia del denominado nombre de comunidad.

La nueva y última versión de SNMP, SNMPv3, refuerza las prestaciones de seguridad, incluyendo autenticación, privacidad y control de acceso; y de administración de protocolo, con una mayor modularidad y la posibilidad de configuración remota. SNMPv3 apareció en 1997, estando descrito en las RFC 1902-1908 y 2271-2275. Cabe destacar que SNMPv3 no se trata de un estándar que reemplaza a SNMPv1 y/o SNMPv2, sino que define una serie de capacidades adicionales de seguridad y administración a ser utilizadas en conjunción con SNMPv2 (preferiblemente) o SNMPv1. Estas mejoras harán que SNMP se constituya en un protocolo de gestión susceptible de ser utilizado con altas prestaciones en todo tipo de redes, desplazando a medio plazo a CMIP (*Common Management Information Protocol*) como estándar de gestión de las grandes redes de las operadoras de telecomunicación.

El modelo de seguridad basado en usuario o USM (User-Based Security Model) proporciona los servicios de autenticación y privacidad en SNMPv3. El mecanismo de autenticación en USM asegura que un mensaje recibido fue, de hecho, transmitido por la entidad indicada en el campo correspondiente a la fuente en la cabecera del mensaje; y además, que el mensaje no fue alterado durante su tránsito y que no fue artificialmente retardado o repetido. Para conseguir la autenticación, el gestor y el agente que desean comunicarse deben compartir la misma clave de autenticación secreta configurada

previamente fuera de SNMPv3 (no es almacenada en la MIB y no es accesible mediante SNMP). El protocolo de autenticación utilizado puede ser el HMAC-MD5-96 o el HMAC-SHA-96.

Para asegurarse de que los mensajes llegan dentro de una ventana temporal razonable, que descarte el posible retardo de mensajes y el ataque mediante mensajes repetidos, se utilizan mecanismos de sincronización entre emisor y receptor y el chequeo de la ventana temporal constituida por el momento de emisión del mensaje y su momento de recepción. Por otro lado, la facilidad de privacidad de USM posibilita a los gestores y a los agentes encriptar mensajes para prevenir que sean analizados por intrusos. De nuevo, el gestor y el agente deben compartir una clave secreta configurada previamente. El algoritmo de encriptación utilizado es el CBC (Cipher Block Chaining) de DES (Data Encryption Standard), conocido también por DES-56.

El modelo de control de acceso basado en vistas o VCAM (*View-Based Access Control Model*) permite proporcionar diferentes niveles de acceso a las MIB de los agentes para los distintos gestores en SNMPv3. Un agente puede, de este modo, restringir el acceso de ciertos gestores a parte de su MIB o bien limitar las operaciones susceptibles de realizar por ciertos gestores sobre una parte de su MIB. La política de control de acceso a ser utilizada por el agente para cada gestor debe estar configurada previamente; consistiendo básicamente en una tabla que detalla los privilegios de acceso para los distintos gestores autorizados. Mientras que la autenticación es realizada por usuario, el control de acceso es realizado por grupos, donde un grupo podría ser un conjunto de usuarios.” [A5.3]

### A5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[A5.1] RFC2196 - Site Security Handbook. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2196.html>

[A5.2] Cadena E. (2002). Estudio de la factibilidad de la utilización de la arquitectura de gestión de Internet para la gestión de la red de telecomunicaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones. EPN.

[A5.3] Millán R. (2003), SNMPv3 (Simple Network Management Protocol version 3) <http://www.ramonmillan.com/tutorialeshtml/snmpv3.htm>

### A5.4 BIBLIOGRAFÍA

- Cisco System. (2006). Fundamentos de redes inalámbricas. España. Primera Edición. Academia de Networking de Cisco Systems.
- Herrera M., e Hidalgo Wendy. (2004). Ingeniería de detalle para el diseño de una Intranet con conexión a Internet para aplicaciones de voz, datos y video utilizando la arquitectura TCP/IP. EPN.
- Maiwald E. (2003). Fundamentos de Seguridad de Redes. Segunda Edición. México : Mc Graw Hill.
- Kaeo N. (2003). Diseño de Seguridad en Redes. Cisco. Madrid.
- Alexander A. (2007). Diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad de Información; Primera Edición. Colombia : Alfaomega.

## **ANEXO 6**

**ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO DE LA RED  
INALÁMBRICA SKYPILOT DEL PROYECTO QUITO  
EDUC@NET DESDE NOVIEMBRE DE 2007 A FEBRERO  
DE 2009**

## REPORTES NTOP – VOLUMEN DE TRANSFERENCIA DE DATOS

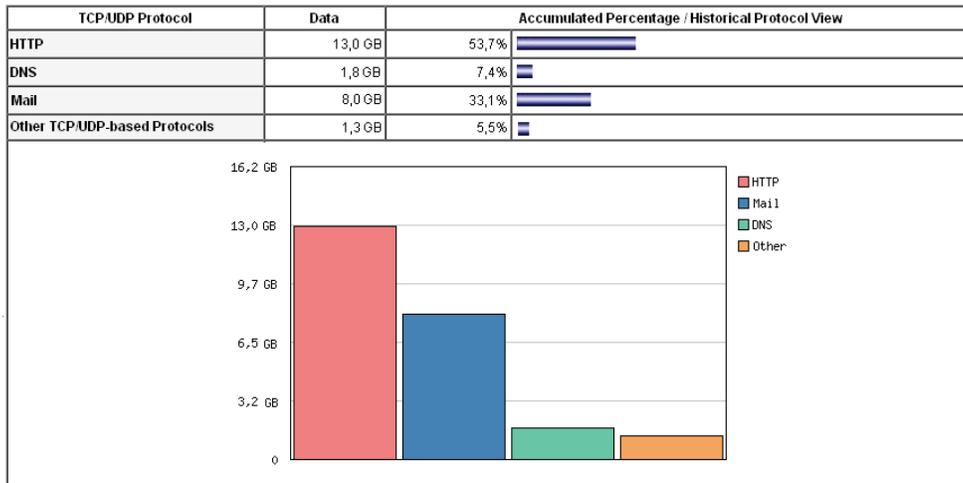


Gráfico A6.1 Volumen de transferencia de datos noviembre de 2007<sup>[7]</sup>

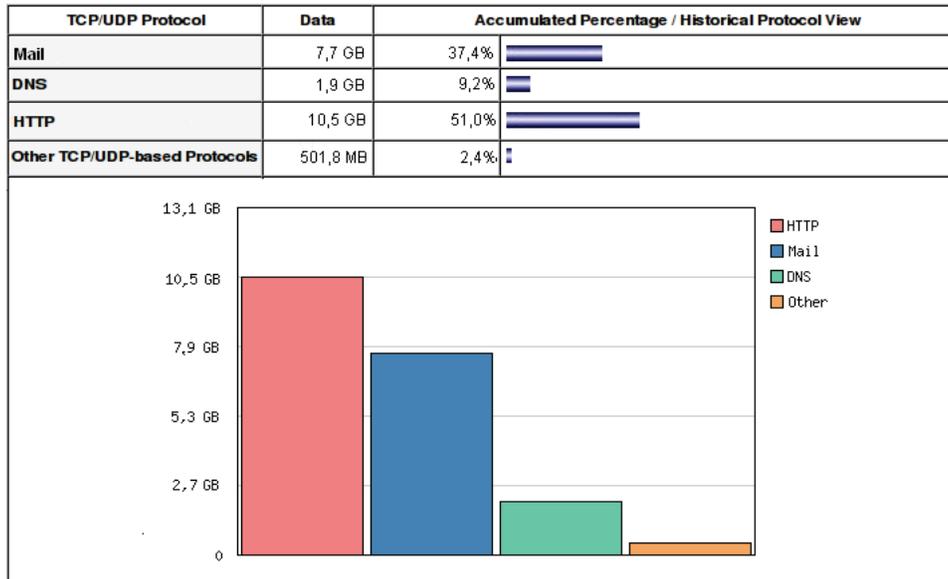


Gráfico A6.2 Volumen de transferencia de datos diciembre de 2007<sup>[7]</sup>

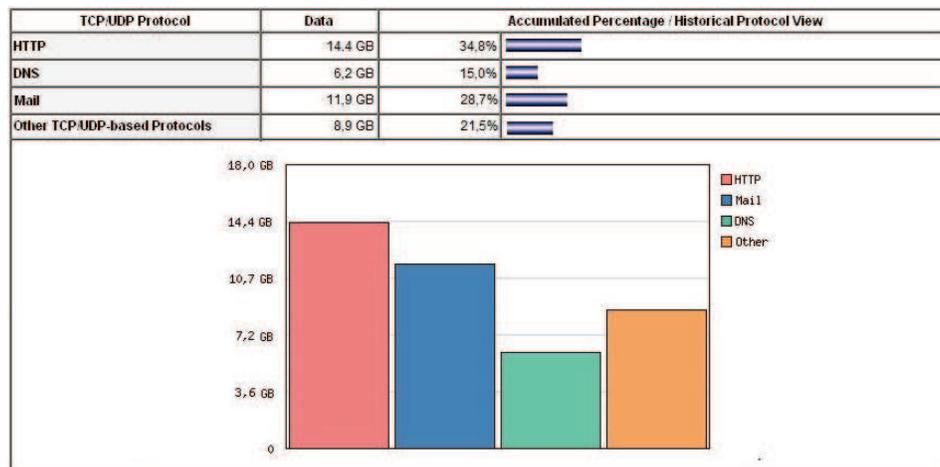


Gráfico A6.3 Volumen de transferencia de datos enero de 2008<sup>[7]</sup>

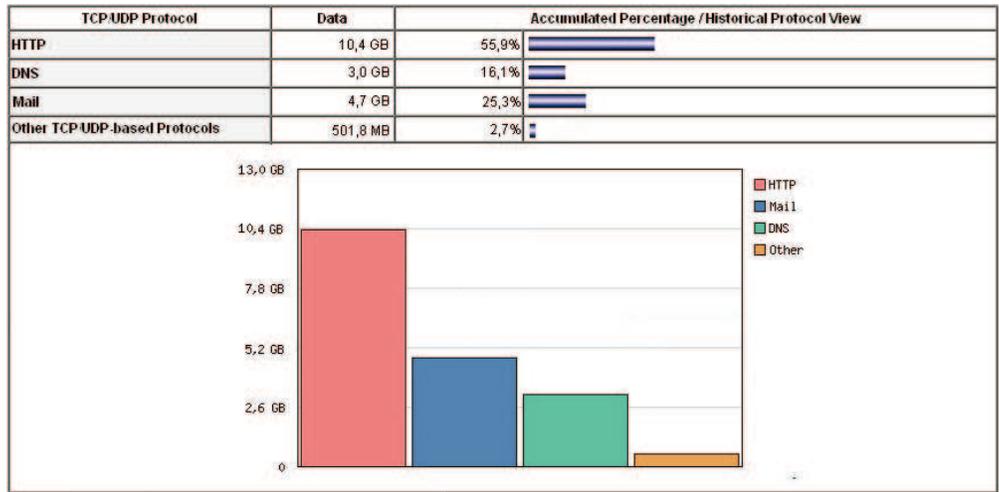


Gráfico A6.4 Volumen de transferencia de datos febrero de 2008<sup>[7]</sup>

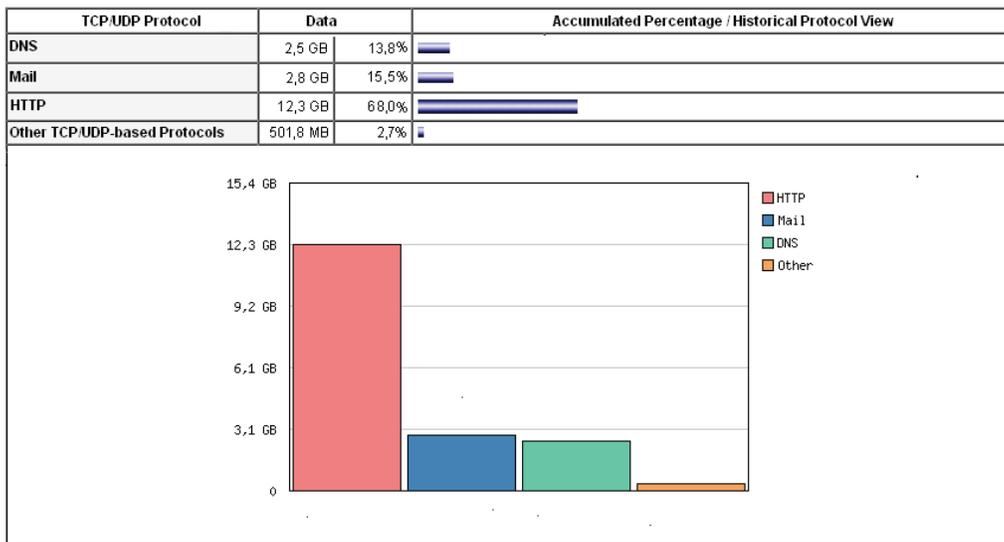


Gráfico A6.5 Volumen de transferencia de datos marzo de 2008<sup>[7]</sup>

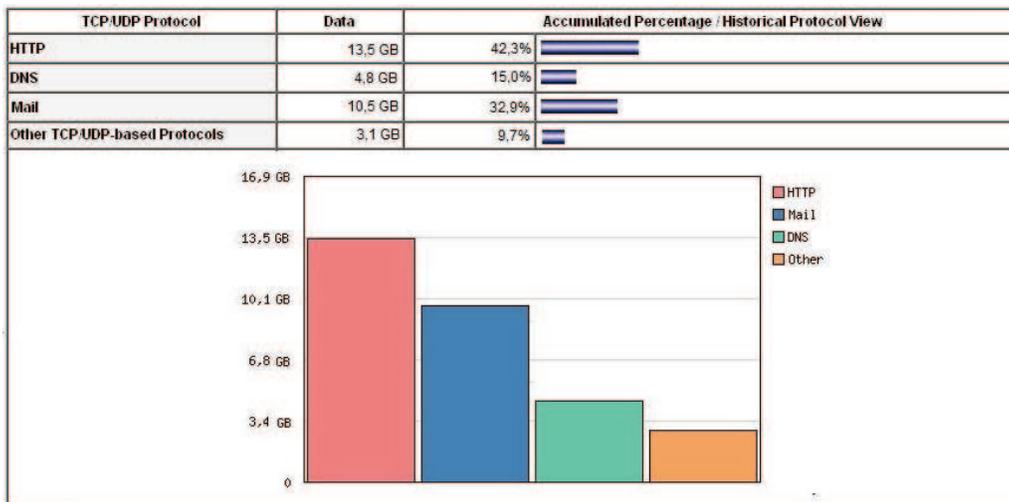
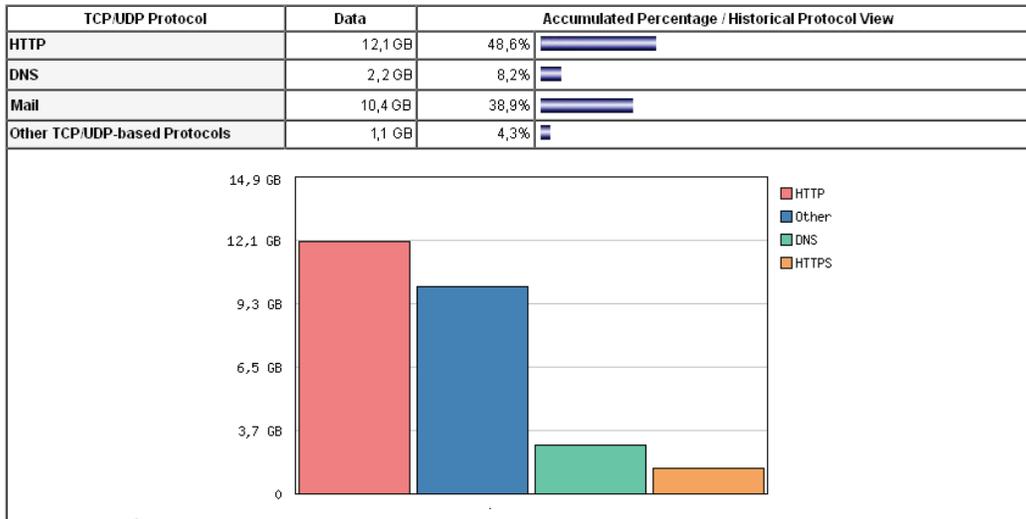
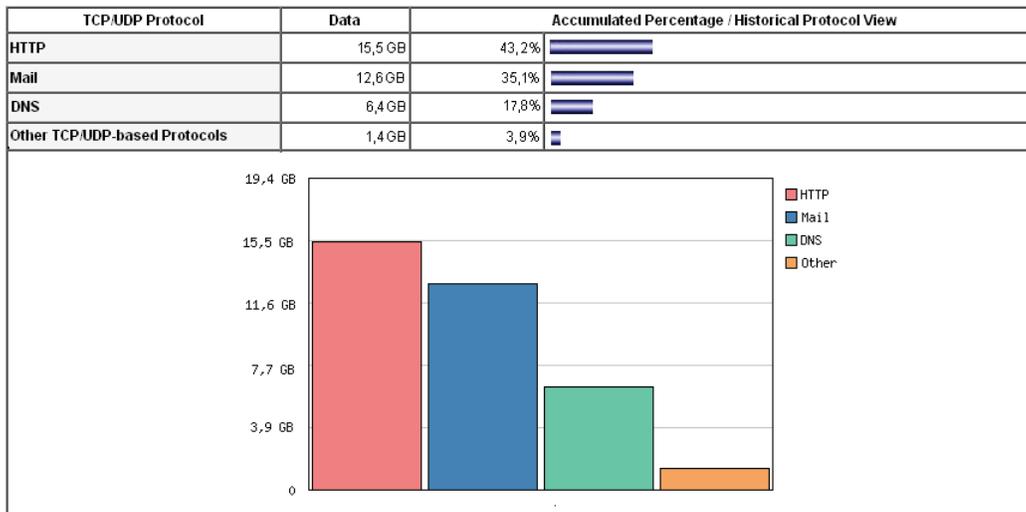


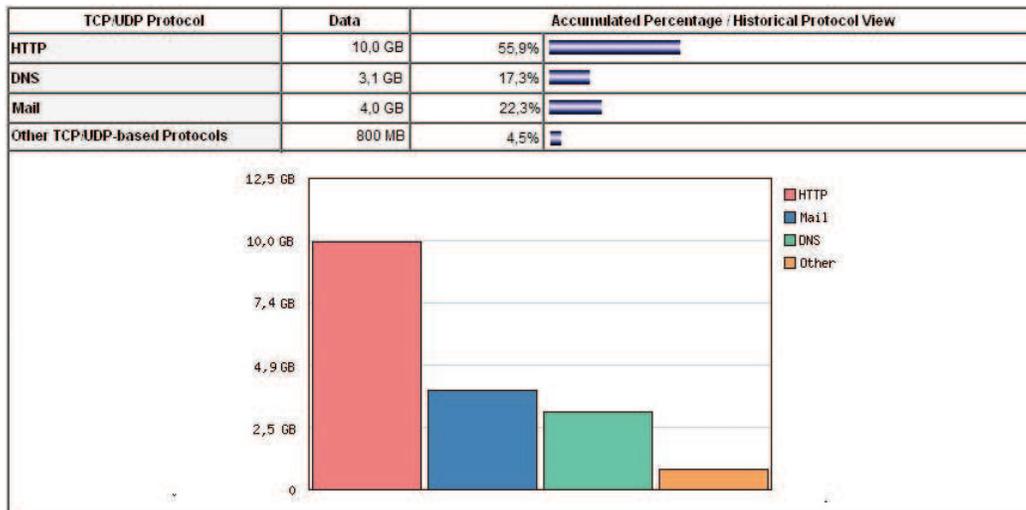
Gráfico A6.6 Volumen de transferencia de datos abril de 2008<sup>[7]</sup>



**Gráfico A6.7** Volumen de transferencia de datos mayo de 2008<sup>[7]</sup>



**Gráfico A6.8** Volumen de transferencia de datos junio de 2008<sup>[7]</sup>



**Gráfico A6.9** Volumen de transferencia de datos julio de 2008<sup>[7]</sup>

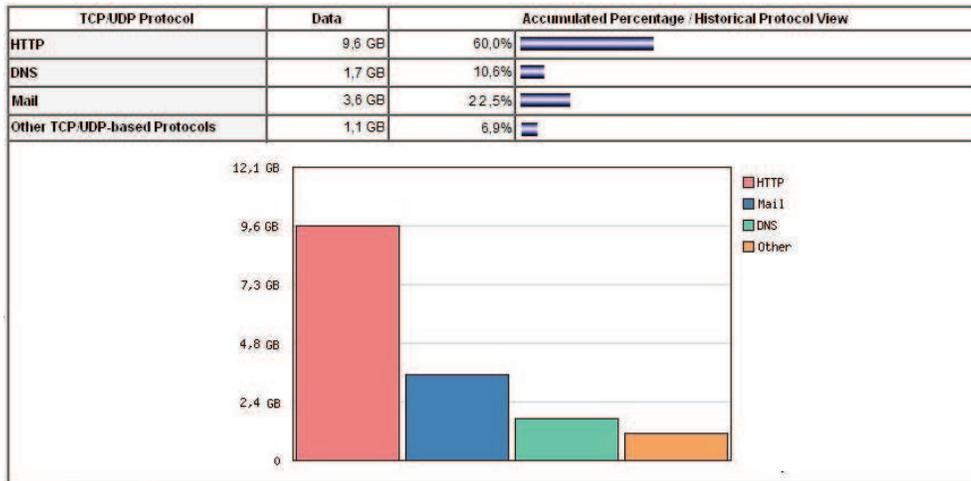


Gráfico A6.10 Volumen de transferencia de datos agosto de 2008<sup>[7]</sup>

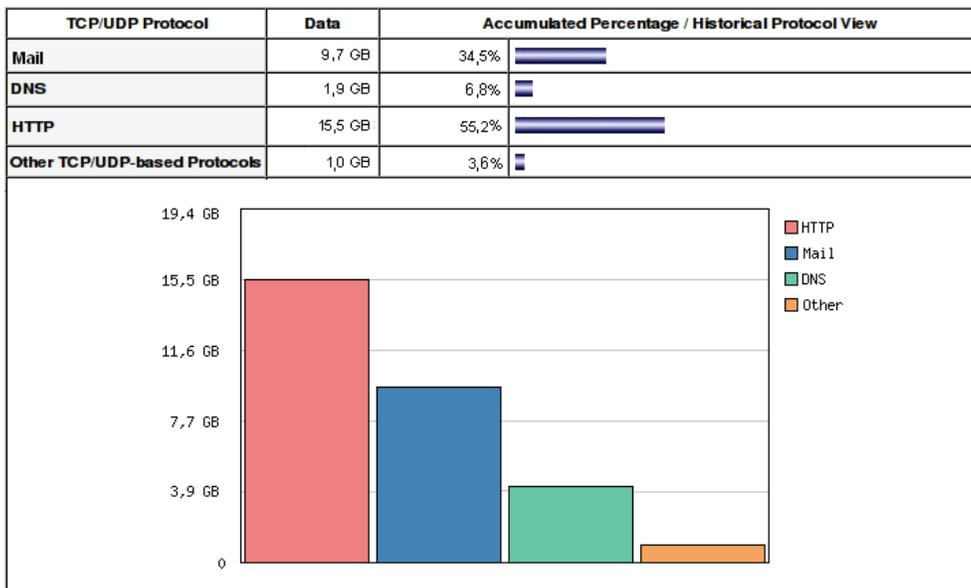


Gráfico A6.11 Volumen de transferencia de datos septiembre de 2008<sup>[7]</sup>

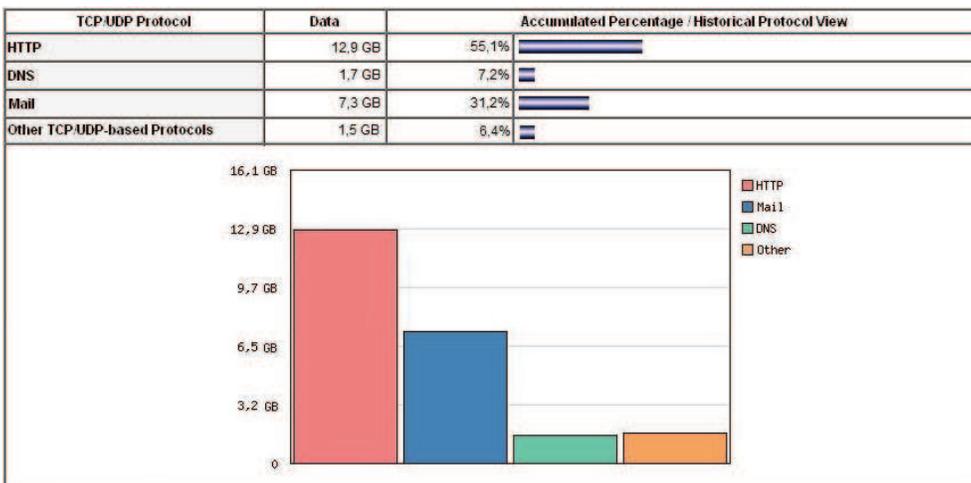


Gráfico A6.12 Volumen de transferencia de datos octubre de 2008<sup>[7]</sup>

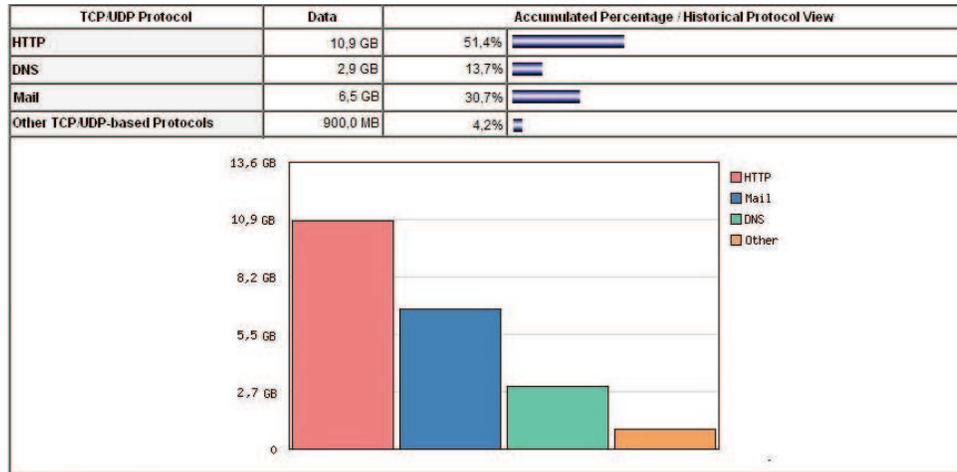


Gráfico A6.13 Volumen de transferencia de datos noviembre de 2008<sup>[7]</sup>

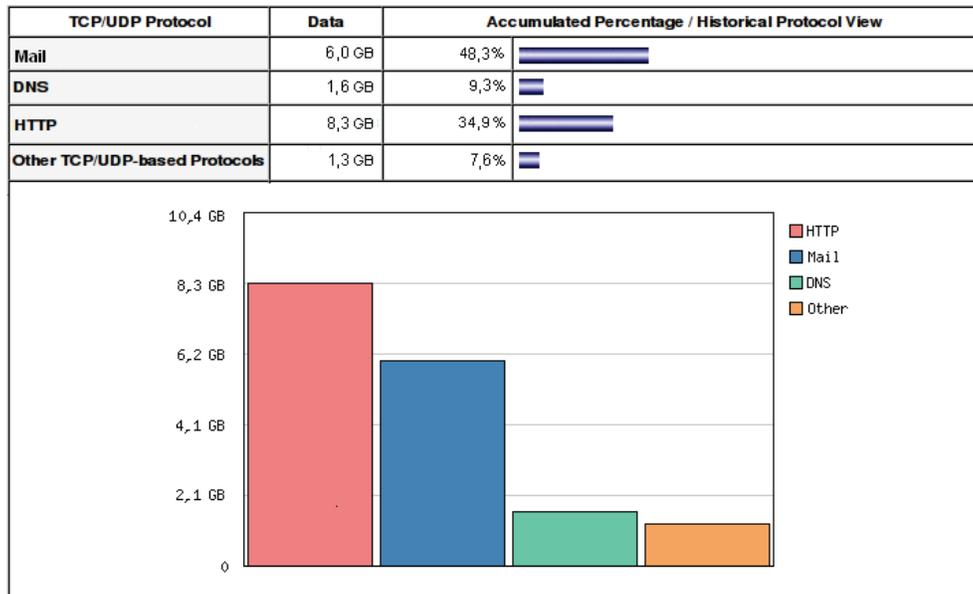


Gráfico A6.14 Volumen de transferencia de datos diciembre de 2008<sup>[7]</sup>

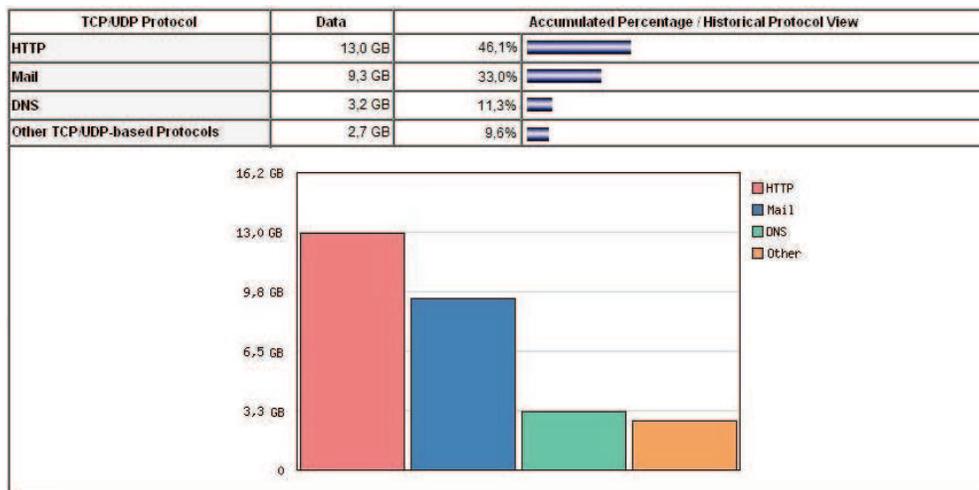
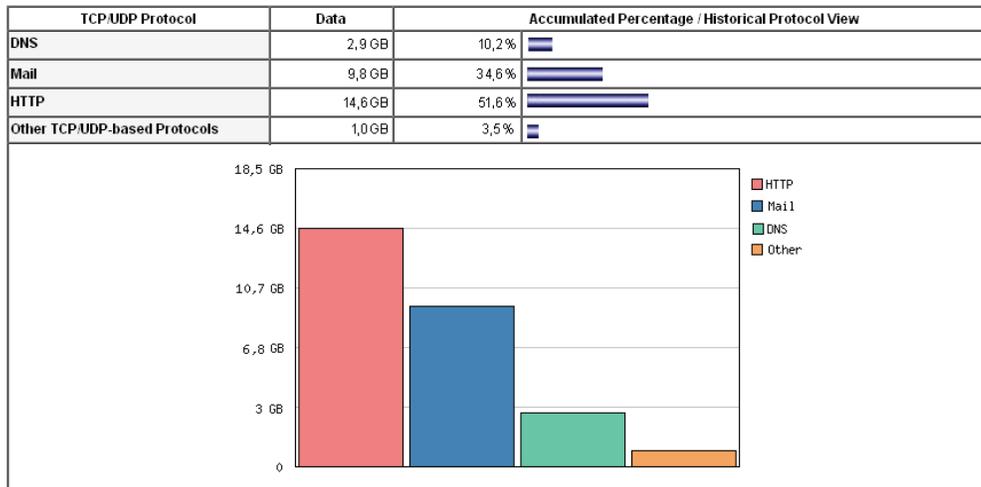
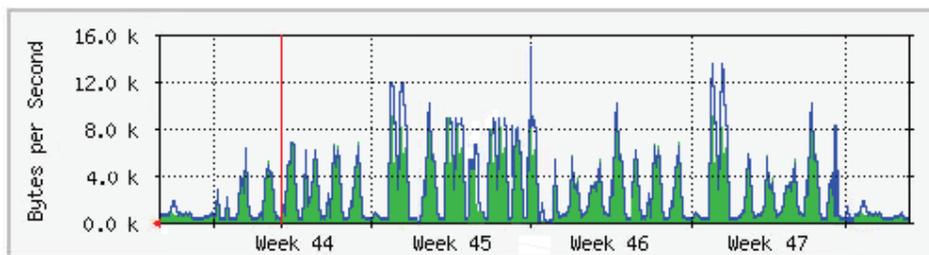


Gráfico A6.15 Volumen de transferencia de datos enero de 2009<sup>[7]</sup>



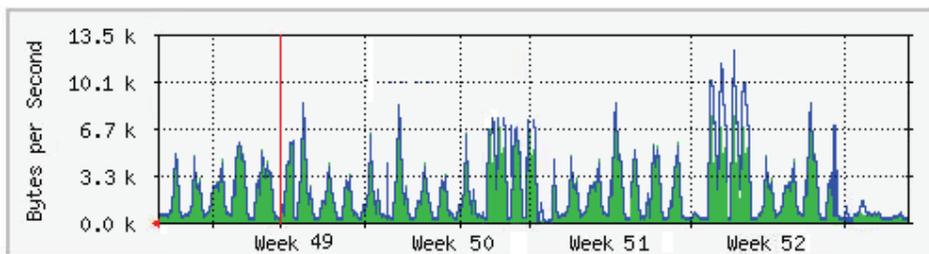
**Gráfico A6.16 Volumen de transferencia de datos febrero de 2009<sup>[7]</sup>**

## REPORTES MRTG – INTENSIDAD DE TRÁFICO DE DATOS



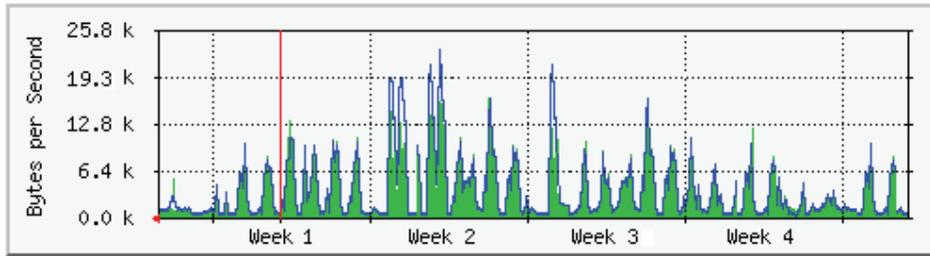
Max In: 8.8 kB/s (2.6%) Average In: 5127.0 B/s (0.0%) Current In: 7.8 kB/s (1.1%)  
 Max Out: 15.5 kB/s (6.5%) Average Out: 6557.0 B/s (0.0%) Current Out: 12.0 kB/s (1.8%)

**Gráfico A6.17 Intensidad de tráfico de datos noviembre de 2007<sup>[7]</sup>**



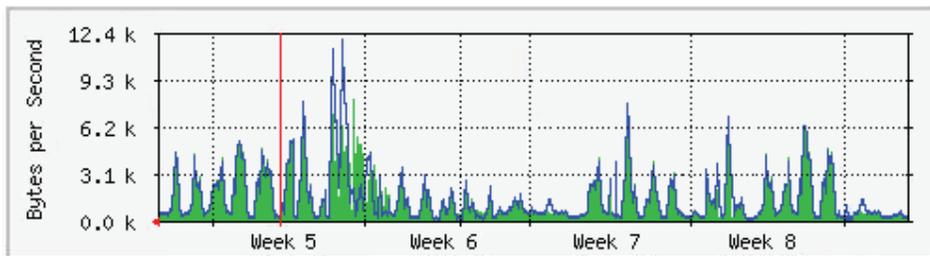
Max In: 7.8 kB/s (1.6%) Average In: 1713.0 B/s (0.0%) Current In: 2.4 kB/s (1.1%)  
 Max Out: 12.4 kB/s (5.5%) Average Out: 1760.0 B/s (0.0%) Current Out: 3.4 kB/s (1.4%)

**Gráfico A6.18 Intensidad de tráfico de datos diciembre de 2007<sup>[7]</sup>**



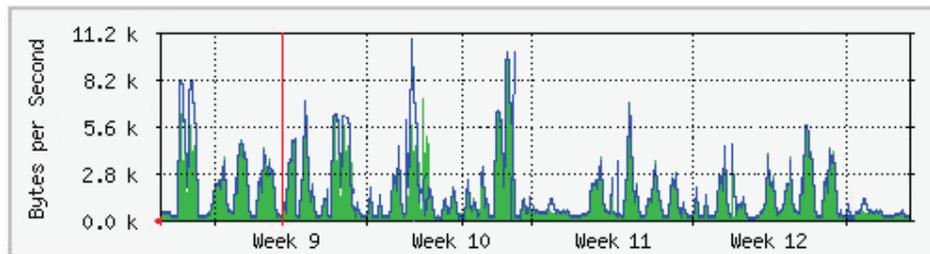
Max In:16.5 kB/s (2.1%) Average In:6244.0 B/s (0.0%) Current In: 3.9 kB/s (0.1%)  
 Max Out:232 kB/s (3.1%) Average Out:9449.0 B/s (0.0%) Current Out: 4.2 kB/s (0.1%)

**Gráfico A6.19 Intensidad de tráfico de datos enero de 2008<sup>[7]</sup>**



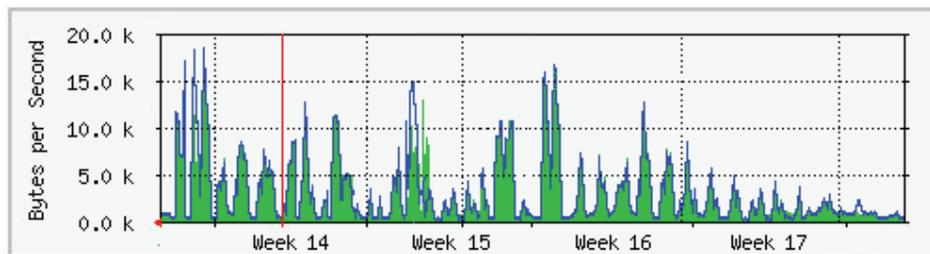
Max In:7.8 kB/s (1.6%) Average In:8492.0 B/s (0.2%) Current In:2.1 kB/s (1.1%)  
 Max Out:11.7 kB/s (3.5%) Average Out:9997.0 B/s (0.1%) Current Out:3.4 kB/s (1.2%)

**Gráfico A6.20 Intensidad de tráfico de datos febrero de 2008<sup>[7]</sup>**



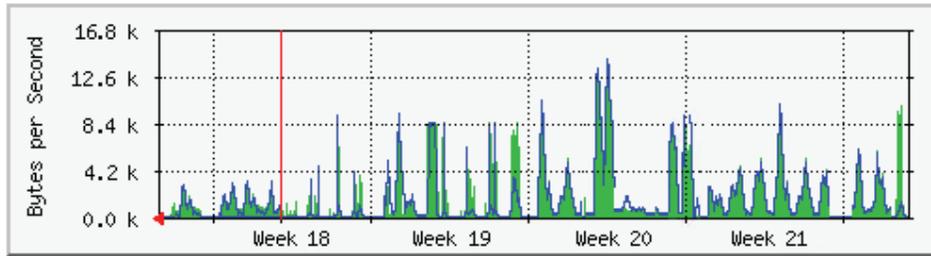
Max In:9.7kB/s (1.8%) Average In:8492.0 B/s (0.1%) Current In:1.1 kB/s (0.1%)  
 Max Out:10.5kB/s (2.5%) Average Out:9997.0 B/s (0.1%) Current Out:1.4 kB/s (1.2%)

**Gráfico A6.21 Intensidad de tráfico de datos marzo de 2008<sup>[7]</sup>**



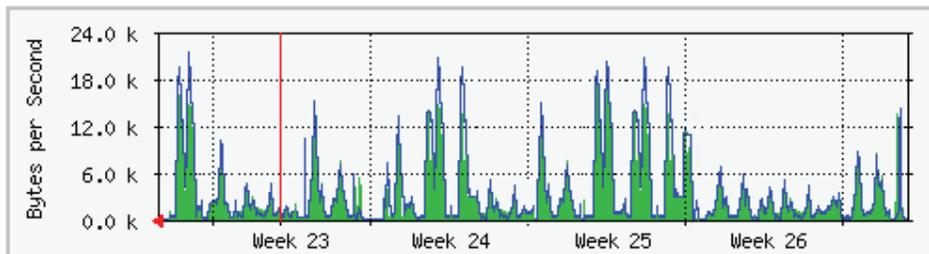
Max In:15.7kB/s (1.8%) Average In:2078.0 B/s (0.0%) Current In:2.1 kB/s (0.1%)  
 Max Out:18.0kB/s (2.5%) Average Out:2077.0 B/s (0.0%) Current Out:1.4 kB/s (0.2%)

**Gráfico A6.22 Intensidad de tráfico de datos abril de 2008<sup>[7]</sup>**



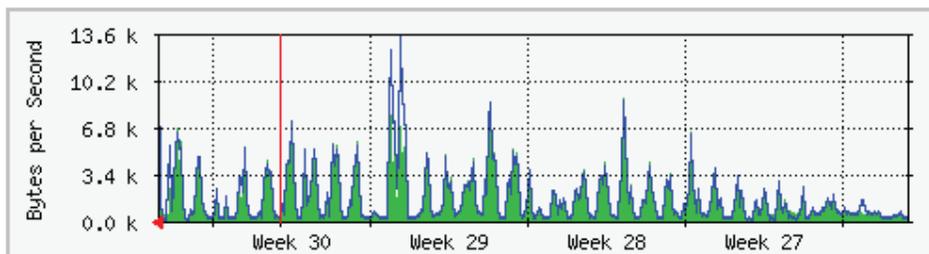
Max In:11.5kB/s (1.2%) Average In:5078.0 B/s (0.0%) Current In:11kB/s(0.1%)  
 Max Out:13.8 kB/s(2.3%) Average Out:7077.0 B/s (0.0%) Current Out:1.4 kB/s (0.2%)

**Gráfico A6.23 Intensidad de tráfico de datos mayo de 2008<sup>[7]</sup>**



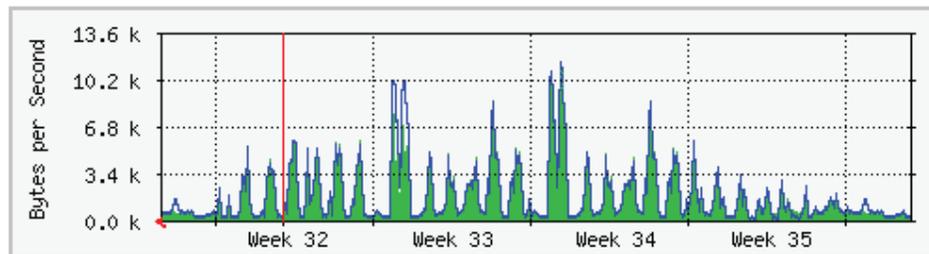
Max In:17.5kB/s (1.3%) Average In:5370.0 B/s (0.0%) Current In:1.0kB/s(0.1%)  
 Max Out:21.0kB/s(1.8%) Average Out:8077.3 B/s (0.0%) Current Out:1.3 kB/s (0.3%)

**Gráfico A6.24 Intensidad de tráfico de datos junio de 2008<sup>[7]</sup>**



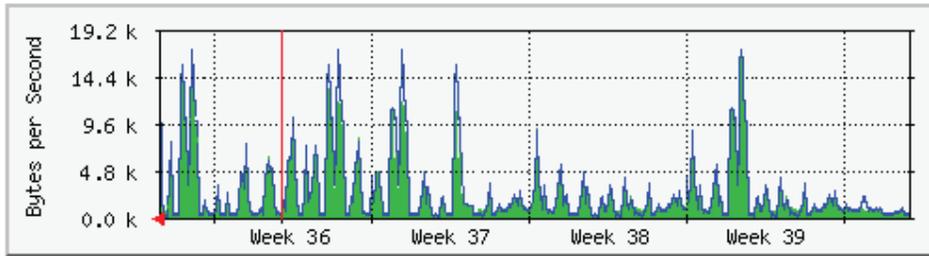
Max In:10.8 kB/s (0.6%) Average In:1137.0 B/s (0.0%) Current In:10.2kB/s(0.3%)  
 Max Out:13.6 kB/s (1.7%) Average Out:1137.0B/s (0.0%) Current Out:13.3 kB/s (0.6%)

**Gráfico A6.25 Intensidad de tráfico de datos julio de 2008<sup>[7]</sup>**



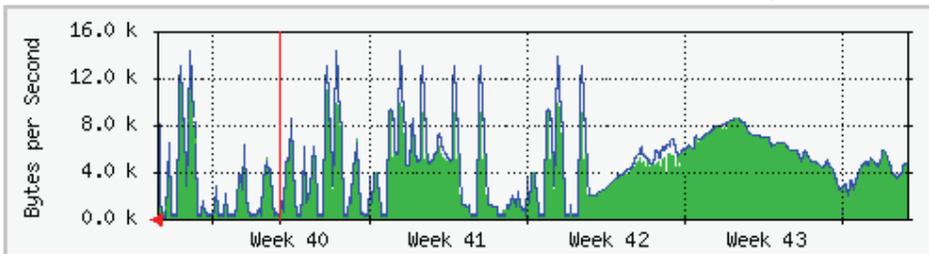
Max In:10.9 kB/s (0.1%) Average In:1713.0 B/s (0.0%) Current In:10.9 kB/s(0.1%)  
 Max Out:11.5 kB/s (0.1%) Average Out:1720.0 B/s (0.0%) Current Out:11.2 kB/s (0.1%)

**Gráfico A6.26 Intensidad de tráfico de datos agosto de 2008<sup>[7]</sup>**



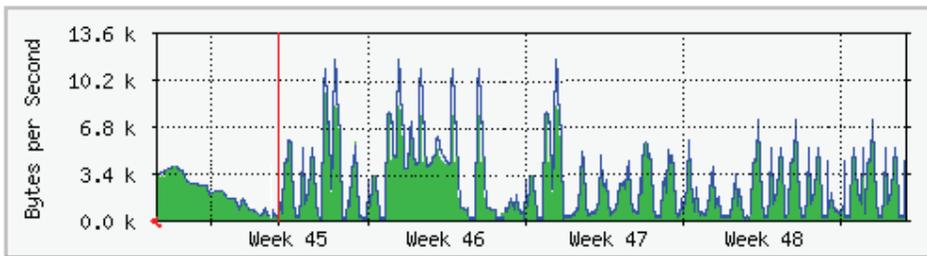
Max In:17.9 kB/s (1.1%) Average In:2017.0 B/s (0.0%) Current In:15.3kB/s (0.7%)  
 Max Out:18.5 kB/s (1.1%) Average Out:2017.0 B/s (0.0%) Current Out: 17.6kB/s (1.1%)

**Gráfico A6.27 Intensidad de tráfico de datos septiembre de 2008<sup>[7]</sup>**



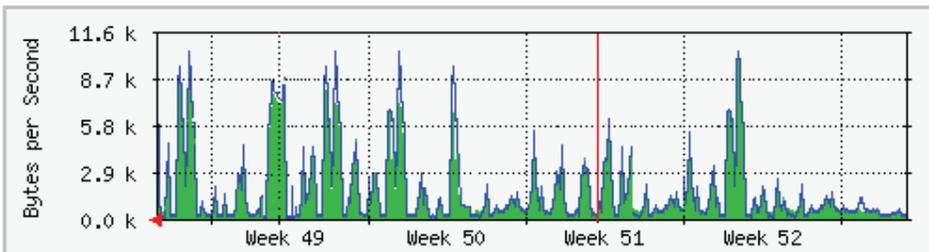
Max In:11.2kB/s (0.7%) Average In:3171.0 B/s (0.0%) Current In:10.3kB/s (0.3%)  
 Max Out:14.9kB/s (0.7%) Average Out: 3171.0B/s (0.0%) Current Out:12.6kB/s (0.6%)

**Gráfico A6.28 Intensidad de tráfico de datos octubre de 2008<sup>[7]</sup>**



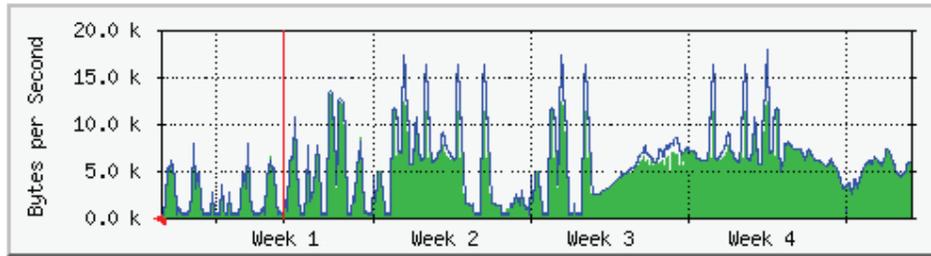
Max In: 9.6kB/s (0.1%) Average In:1613.0 B/s (0.0%) Current In: 9.6kB/s (0.1%)  
 Max Out:12.5 kB/s (0.4%) Average Out:1620.0 B/s (0.0%) Current Out:11.2kB/s (0.4%)

**Gráfico A6.29 Intensidad de tráfico de datos noviembre de 2008<sup>[7]</sup>**



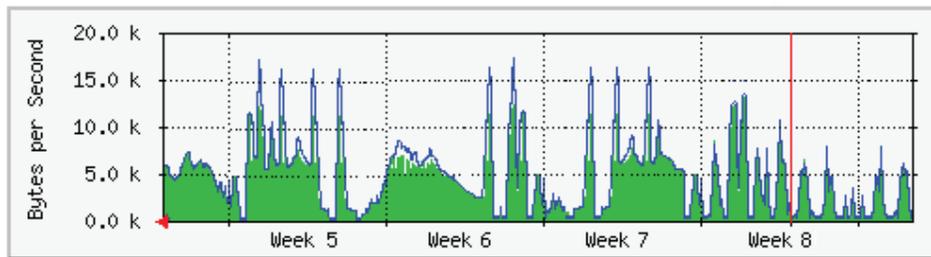
Max In:10.5 kB/s (1.1%) Average In:1120.0 B/s (0.0%) Current In: 9.6 kB/s (0.7%)  
 Max Out:11.2 kB/s (1.1%) Average Out:1153.0 B/s (0.0%) Current Out:10.3kB/s (1.1%)

**Gráfico A6.30 Intensidad de tráfico de datos diciembre de 2008<sup>[7]</sup>**



Max In:13.2kB/s (0.6%) Average In:1713.0 B/s (0.0%) Current In:11.3kB/s (0.3%)  
 Max Out:18.8kB/s (1.7%) Average Out:1720.0 B/s (0.0%) Current Out:16.6kB/s (0.6%)

**Gráfico A6.31 Intensidad de tráfico de datos enero de 2009<sup>[7]</sup>**



Max In:13.2kB/s (0.6%) Average In:1207.0 B/s (0.0%) Current In:12.2kB/s (0.3%)  
 Max Out:17.8kB/s (1.7%) Average Out:1207.0 B/s (0.0%) Current Out:17.3kB/s (0.6%)

**Gráfico A6.32 Intensidad de tráfico de datos febrero de 2009<sup>[7]</sup>**

## **ANEXO 7**

### **EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN DE UN DISPOSITIVO SKYPILOT**

**Welcome to SkyPilot Networks, Inc.**  
**Copyright (C) SkyPilot Networks, Inc. All Rights Reserved**

Password: \*\*\*\*\*  
Login successful

*SkyPilot permite dos modos de aprovisionamiento: automático, cuando el equipo adquiere la configuración desde el EMS SkyProvision, y manual cuando el equipo es aprovisionado mediante la línea de comandos.*

**> set prov manual**  
Changed provisioning state to manual.

*El commando set prov nos permite configurar todos los parámetros disponibles para un equipo.*

**> set prov**  
**-> Use DHCP to obtain IP <y|n> [n]:**  
DHCP state not changed.  
**-> Enter IP address [192.168.0.2]: 192.168.200.1**  
IP address changed: 192.168.200.1  
**-> Enter subnet mask [255.255.255.0]: 255.255.255.0**  
Subnet mask changed: 255.255.255.0  
**-> Enter default gateway [192.168.0.2]: 172.16.1.11**  
Default gateway changed: 192.168.200.52  
**-> Select an Ethernet action: quit, state, negotiation, modify <q|s|n|m>:**

*Éste parámetro se configura para que solo los dispositivos con un mismo dominio puedan comunicarse entre si.*

**-> Enter domain ID (1-10000 or all) [all]: 35**  
Domain ID changed: 35  
22 available frequencies are the following:  
5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775  
5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820  
5825 5830 5835 5840

*Se define la frecuencia primaria, la lista de frecuencias permitidas y las frecuencias no permitidas.*

**-> Select a Frequency action: quit, primary, allow, deny, list, region, dwell time <q|p|a|d||r|t>: p**  
**-> Enter primary frequency [0]: 5785**

*Define la frecuencia primaria, la lista de frecuencias permitidas y las frecuencias no permitidas.*

**-> Select a Traffic Rate Control Settings action: quit, enable, disable, modify, clear <q|e|d|m|c>: q**

*Define la configuración para la calidad de servicio (QoS), consideraremos para el ejemplo de configuración que la IP del servidor de VoIP es 172.20.0.34 /24.*

**-> Select a Classifier action: quit, add, delete, modify, list, clear <q|a|d|m||c>: m**  
Enter the index of the classifier: 1  
Enter the direction: upstream, downstream <u | d >: d  
Enter IP TOS Low: 00010000  
IP TOS Low is changed.  
Enter IP TOS High: 11111111  
IP TOS High is changed.  
Enter IP TOS Mask: 11111111  
IP TOS Mask is changed.

Enter IP Protocol Number < ICMP:01 | IGMP:02 | TCP:06 | UDP:11 | IPV6:29 | RSVP:2E | IPX-  
in-IP:6F | L2TP:73 > [ProtocolNo] : 0x00  
IP Protocol is not set.  
Enter IP Source address: 172.20.0.4  
IP Source address is no changed.  
Enter IP Source Mask address: 255.255.255.0  
IP Source Mask address is no changed.  
Enter IP Destination address:  
IP Destination address is no changed.  
Enter IP Destination Mask address:  
IP Destination Mask address is no changed.  
Enter Source Port Start Address:  
Source Port Start Address is no changed.  
Enter Source Port End Address:  
IP Source Port End is no changed.  
Enter Source MAC address:  
Source MAC address is no changed.  
Enter Source MAC address Mask:  
Source MAC address Mask is no changed.  
Enter Destination MAC address:  
Destination MAC address is no changed.  
Enter Destination MAC Mask address:  
Destination MAC Mask address is no changed.  
Enter Ether Type Number:  
Ether Type is no changed.  
Enter IEEE 802.1P User Priority Low (0 – 7):  
IEEE 802.1P User Priority Low is changed.  
Enter IEEE 802.1P User Priority High (0 – 7):  
IEEE 802.1P User Priority High is changed.  
Enter IEEE 802.1Q VLAN ID:  
VLAN ID is no changed.  
Classifier successfully Modified.  
**->Select a Classifier action: quit, add, delete, modify, list, clear <q|a|d|m|l|c>: q**

*Define los filtros, para el ejemplo se filtrará el tráfico por MAC, para que solo los equipos con las MACs autorizadas puedan conectarse en la red.*

**-> Select a Filter action: quit, on, off, add, delete, permissions, list, clear <q|y|n|a|d|p|l|c>:p**

Enter the Filter Type  
1) EtherType  
2) IPType  
3) IPAddrSrcType  
4) IPAddrDstType  
5) UDPSrcPortType  
6) UDPSstPortType  
7) TCPSrcPortType  
8) TCPSstPortType  
9) ARPsrcIPAddrType

**>>> 9**

Permission? (1 = not allow, 2 = allow)

**>>> 2**

Successfully set the default permission.

**->Select a Filter action: quit, on, off, add, delete, permissions, list, clear <q|y|n|a|d|p|l|c>:a**

Enter the Filter Type  
1) EtherType  
2) IPType

- 3) IPAddrSrcType
- 4) IPAddrDstType
- 5) UDPsrcPortType
- 6) UDPSstPortType
- 7) TCPSrcPortType
- 8) TCPSstPortType
- 9) ARPsrcIPAddrType

>>> 9

ARPsrcIPAddrType: 00:0a:db:01:09:dc

Permission? (1 = not allow, 2 = allow)

>>> 2

Successfully Added ARPsrcIPAddrType Filter.

-> Select a Filter action: quit, on, off, add, delete, permissions, list, clear <q|y|n|a|d|p||c>:q

-> Select a VLAN action: quit, enable, disable, modify <q|e|d|m>: e

-> Select a VLAN action: quit, enable, disable, modify <q|e|d|m>: m

Enter management Vlan (1-4096) [10]: 1234

-> Select a VLAN action: quit, enable, disable, modify <q|e|d|m>: q

-> Enter new password: \*\*\*\*\*

-> Re-enter password: \*\*\*\*\*

Password changed.

*Se define el network key, el que permite que los nodos se autenticuen en la red inalámbrica.*

-> Enter network key: \*\*\*\*\*

-> Re-enter network key: \*\*\*\*\*

Successfully set network key.

-> Select an SNMP action: quit, read-write enable, read-only enable, disable, modify <q|w|r|d|m>: w

Snmp setting changed: read-write

-> Select an SNMP action: quit, read-write enable, read-only enable, disable, modify <q|w|r|d|m>: q

Current setting:

- The WebServer is enabled.

- The End-User Page is enabled.

Select an action

- 1) Toggle WebServer Status
- 2) Toggle End-User Page Status
- 3) Enter New Web Login Password
- 4) Enter New End User Web Login Password
- 5) Quit

-> Choose <1|2|3|4|5>: 3

Enter New Web Login password: \*\*\*\*\*

Re-enter Web Login password: \*\*\*\*\*

Password changed.

-> Choose <1|2|3|4|5>: 4

Enter New End User Web Login password: \*\*\*\*\*

Re-enter New End User Web Login password: \*\*\*\*\*

Password changed.

*Se define la MAC address del nodo padre con el cual el equipo (SkyConnector Outdoor, SkyExtender o SkyGateway) debe conectarse. (Solo los equipos del bachaul inalámbrico (SkyExtender y SkyGateway) pueden actuar como nodo padre)*

> set prov parent 00:0a:db:01:09:dc

> reboot

## **ANEXO 8**

# **METODOLOGÍA PARA LA ALINEACIÓN DE DISPOSITIVOS SKYPILOT**

## A8.1 ALINEACIÓN DE ANTENAS

“Vamos a suponer que existe línea visual y adecuado despeje de la primera zona de Fresnel en la trayectoria que nos proponemos salvar. En la unidad de simulación de redes en exteriores se describe cómo alcanzar estos objetivos.

Las herramientas aconsejadas son:

1. Radio de dos vías o teléfono celular
2. Portátil que permita medir la intensidad de la señal recibida
3. Abrazaderas para sujetar la antena al tubo mástil de soporte
4. Herramientas para los tornillos de las abrazaderas
5. Binóculo o largavista (no indispensable)
6. Inclínometro para medir el ángulo de elevación (no indispensable)
7. En caso de que la instalación se deba realizar a cierta altura, arnés y correa de seguridad para sujetarse a la torre o mástil
8. Casco de seguridad, guantes y lentes oscuros
9. Brújula de la mejor calidad que podamos conseguir, o un teodolito (“El teodolito es un instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y, sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada”<sup>[A8.1]</sup>, gráfico A8.1) de los utilizados por topógrafos.



**Gráfico A8.1 Teodolito**

10. Dispositivo GPS (Gráfico A8.2), sumamente útil y no demasiado costoso hoy en día. Nos indica la distancia y el rumbo o azimut hacia el otro extremo del enlace. Recuerde que la altura indicada por el GPS puede tener un error muy significativo, por lo que es necesario cotejarla con

alguna otra fuente de datos, como mapas o compararla con la medida en un sitio cercano cuya altura conozcamos y aplicar el respectivo factor de corrección.



**Gráfico A8.2 Dispositivo GPS**

11. Los mejores mapas (Gráfico A8.3) que podamos conseguir de la zona, preferiblemente con elevaciones o curvas de nivel. Los mapas digitales son mejores, pero pueden ser costosos o difíciles de conseguir.



**Gráfico A8.3 Mapa de elevaciones**

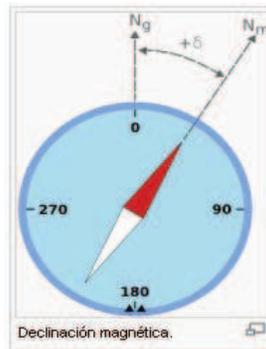
12. El programa Google Herat (Gráfico A8.4) nos permite calcular el rumbo entre los extremos y ver muchos detalles topográficos.



**Gráfico A8.4 Google Earth**

13. Un cordel de varios metros para estimar mejor la dirección a la que apunta la antena.

14. Averiguar la declinación magnética del lugar (“La declinación magnética (Gráfico A8.5) en un punto de la tierra es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero. En otras palabras, es la diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula (el denominado también norte magnético). Por convención, la declinación es considerada de valor positivo cuando el norte magnético se encuentra al este del norte verdadero, y negativa si se encuentra al oeste”<sup>[A8.2]</sup>).<sup>[A8.4]</sup>



**Gráfico A8.5 Declinación magnética**

### **A8.1.1 Procedimiento**

“Para la alineación de las antenas se sugiere la conformación de dos equipos de trabajo cada equipo estará conformado al menos por dos personas: una que tome las lecturas de la señal y se comuniquen con el extremo remoto, y la otra que manipule el dispositivo, dotados de algún medio de comunicación como teléfono celular o radio de dos vías.

- Pruebe todo el equipamiento con anterioridad. Antes de dirigirse al campo, configure los dispositivos y realice una prueba completa de conectividad de extremo a extremo, acuerde la polarización de los dispositivos.

- Lleve una cámara. Tómese cierto tiempo para documentar la ubicación de cada enlace, incluyendo los edificios que lo rodean y las obstrucciones. Más adelante esto puede ser muy útil para determinar la viabilidad de otro enlace en ese lugar sin tener que viajar en persona hasta allí. En su primera visita al lugar, registre las coordenadas con un GPS así como la elevación.
- Comience por estimar la orientación y elevación adecuadas. Para comenzar, ambos equipos deben utilizar triangulación (utilizando las coordenadas del GPS o un mapa) para tener una idea general de la dirección hacia la cual apuntar. Utilice una brújula para alinear al dispositivo en la orientación deseada. Los accidentes notables del terreno también son aprovechables para la orientación. Si puede utilizar binoculares para ver el otro extremo será aún mejor. Una vez que haya hecho sus conjeturas, tome una lectura de la intensidad de la señal recibida. Si ha hecho un buen estimado de la dirección, es probable que ya tenga señal.
- Si todo falla, construya su propia referencia de alineación. Algunos tipos de terrenos hacen difícil juzgar la ubicación del otro extremo del enlace. Si está construyendo un enlace en un área con pocas marcas, una referencia hecha por usted mismo como, un globo, una lámpara de destello, una antorcha de emergencia o inclusive una señal de humo pueden ayudar. No necesariamente debe tener un GPS para alinear su dispositivo.”<sup>[A8.3]</sup>

“Con la ayuda de Radio Mobile se puede determinar cual es el rumbo al que debemos apuntar la antena en cada extremo. Tome en cuenta la declinación magnética de cada sitio y recordar que varía en el tiempo.

Recuerde que los mapas indican siempre el rumbo geográfico o verdadero, pero en el campo, para alinear la antena, tendrá que utilizar el rumbo magnético. Algunos receptores GPS indican ambos. Puede utilizar la siguiente página para calcular la declinación en cualquier lugar:  
<http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp>.

Recuerde que cualquier objeto ferromagnético altera la lectura de la brújula. Por eso se puede utilizar un cordel atado a la antena y extendido unos metros, nos alejaremos de la antena y alinearemos la brújula con el cordel (Gráfico A8.6).



**Gráfico A8.6 El cordel atado a la antena nos ayuda a determinar la alineación y a alejar la brújula de objetos ferromagnéticos que puedan alterar su lectura**

También podemos fijarnos en algún objeto visible en la dirección de la estación y utilizarlo como referencia para apuntar nuestra antena.

#### **A8.1.2 Optimización de la alineación operando en un extremo a la vez**

Dejamos la antena del sitio A fija y rotamos la antena del sitio B lentamente primero en una dirección y luego en otra, observando la intensidad de señal recibida. Cuando hayamos encontrado el máximo, fijamos la posición horizontal de la antena B.

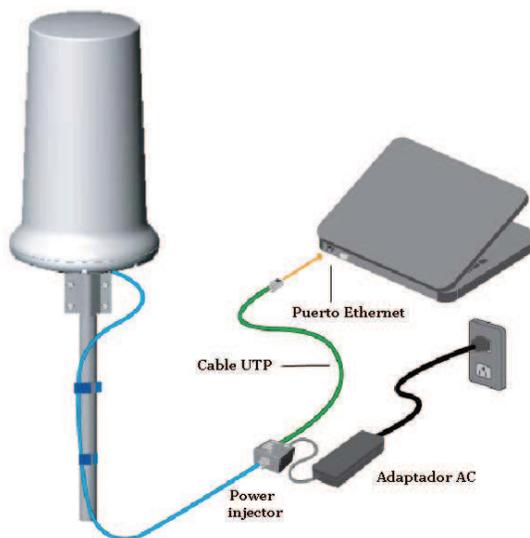
Repetimos el procedimiento con el ángulo de elevación, si las alturas de los dos puntos son muy diferentes.

Una vez satisfechos de que la antena B esté correctamente alineada, la dejamos fija y procedemos a repetir el procedimiento con la antena A: rotarla hasta alcanzar el máximo de la señal recibida y verificar el ángulo de elevación

óptimo. Puede ser necesario repetir una vez más el procedimiento de alineación de la antena B.

Téngase en cuenta que algunas antenas tienen lóbulos laterales, por lo que puede ocurrir que hayamos alineado en uno de ellos y no en el lóbulo principal. Para descartar esta eventualidad es bueno hacer un barrido horizontal muy amplio y así cerciorarnos de que efectivamente estamos en el lóbulo principal. También es conveniente cotejar el nivel de la señal recibida con el valor calculado previamente durante la planificación del enlace.

Cuando podemos ver el otro extremo del radioenlace, la tarea de alinear las antenas se reduce a constatar que estamos utilizando la misma polarización en ambos extremos y alinear visualmente ambas antenas. Podemos utilizar una herramienta que mida la intensidad de la señal recibida para un ajuste fino, buscando el punto de recepción máxima<sup>[A8.4]</sup>; para el caso de equipos SkyPilot se sugiere los siguientes elementos para medir el nivel de la señal: una portátil y un cable UTP largo que nos permita conectarnos con el dispositivo. Se conectará el equipo y la portátil según el gráfico A8.7:



**Gráfico A8.7 Conexión equipo SkyPilot - portátil**

Se debe configurar una dirección IP en la portátil dentro de la red del dispositivo para acceder al mismo vía línea de comandos.

Una vez en la interfaz de línea de comandos ejecutaremos el comando “show link”, con este podremos observar el valor RSSI del enlace el mismo que nos indica el nivel de la señal como se muestra en el gráfico A8.8:

```
> show link
-----
MAC Address          LType NType State      LRSSI  RRSSI  LTxMod RTxMod LAnt  RAnt
-----
00:0a:db:00:01:50 data  cpe-o act mgmt   66     65    48     36     3     0
00:0a:db:00:01:7f data  cpe-i standby-o 63     0     36     54     7     0
00:0a:db:00:01:95 data  cpe-o act mgmt   53     42    48     36     3     0
00:0a:db:00:02:1d data  cpe-o act mgmt   44     47    48     36     2     0
00:0a:db:01:00:48 data  ext  act mgmt   64     76    36     54     7     5
00:0a:db:01:00:75 data  cpe-o standby-o 49     0     36     48     0     0
00:0a:db:01:05:67 data  cpe-o act mgmt   57     59    48     36     0     0
00:0a:db:01:30:ff data  ext-d standby-o 70     77    54     54     0     4
```

**Gráfico A8.8 Resultados mostrado por *show link***

Se debe ubicar la MAC del dispositivo con el cual deseamos conectarnos, y tomar medidas del valor RSSI.

Los nuevos dispositivos SkyPilot incluyen una tipo, cuya función es incrementar su sonido a medida que su nivel de señal sea más fuerte, este elemento ayuda notablemente durante el proceso de alineación.

“No toque el dispositivo cuando esté tomando una lectura. Su cuerpo afecta el patrón de radiación del dispositivo. No la toque y no permanezca en el camino del haz cuando tome lecturas de la intensidad de la señal. Lo mismo se aplica para el equipo en el otro extremo del enlace.”<sup>[A8.3]</sup>

“Se pasa entonces a hacer pruebas de transmisión, utilizando “ping” para medir la pérdida de paquetes y el tiempo de transmisión. Al terminar la instalación, no olvidar proteger los conectores de antenas.

Para muchos casos, será suficiente repetir el procedimiento de alineación descrito, midiendo la intensidad de la señal recibida desde el transmisor remoto.

Otro instrumento utilizado para medir la intensidad de la señal son el generador de señales en un extremo y el analizador de espectros en el otro. El generador

de señales produce un tono dentro de la banda de interés que será detectado por el analizador de espectros en el otro extremo. Con este arreglo se procede a alinear las antenas en ambos extremos según el procedimiento ya descrito, pero esta alternativa no es muy usada ya que son instrumentos muy caros y muy pocas empresas cuentan con ellos”<sup>[A8.4]</sup>

## A8.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[A8.1] Wikipedia. Teodolito. <http://es.wikipedia.org/wiki/Teodolito>

[A8.2] Wikipedia. Declinación Magnética.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Declinaci%C3%B3n\\_magn%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Declinaci%C3%B3n_magn%C3%A9tica)

[A8.3] WNDW Project.(2007).Alineación de antenas en un enlace a larga distancia.  
[http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo\\_7:alineacion\\_antenas](http://montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_7:alineacion_antenas)

[A8.4] Tricalcar. (2007). Enlaces de larga distancia.  
[www.eslared.org.ve/tricalcar/17\\_es\\_enlaces-larga-distancia\\_guia\\_v3%5B1%5D.pdf](http://www.eslared.org.ve/tricalcar/17_es_enlaces-larga-distancia_guia_v3%5B1%5D.pdf)