

**Ing. VALLES SHIGUANGO FABRICIO**  
**Abril, 2009**

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL BACKBONE PARA LA  
METRO ETHERNET DE “EQUAONLINE S.A.”, MEDIANTE  
RADIOENLACES EN LA BANDA 5,8 GHz CON MODULACIÓN OFDM,  
PARA EL TRAYECTO QUITO-CAYAMBE-OTAVALO-IBARRA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**VALLES SHIGUANGO FABRICIO CARLOS**

e-mail: fab28282@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. MARIO CEVALLOS.**

e-mail: mario.cevallos@epn.edu.ec

**Quito, Abril de 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Fabricio Carlos Valles Shiguango, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Fabricio Valles

## CONTENIDO

---

---

### RESUMEN

### PRESENTACIÓN

## CAPÍTULO 1

### ESTADO ACTUAL DE LA RED METROETHERNET DE LA EMPRESA ECUAONLINE

1.1	ANTECEDENTES.....	3
1.2	ECUAONLINE S.A.....	4
	1.2.1 Servicios.....	4
	1.2.1.1 Internet.....	4
	1.2.1.2 Acceso dedicado.....	5
	1.2.1.3 Redes privadas.....	5
	1.2.1.4 Servicios adicionales.....	5
	1.2.2 Misión.....	6
	1.2.3 Visión.....	6
1.3	SITUACION ACTUAL DE LA METROETHERNET DE LA EMPRESA ECUAONLINE S.A.....	6
	1.3.1 Estructura de la red de radio-enlaces y ubicación geográfica de los nodos.....	8

1.3.1.1	Ciudad de Quito: matriz-Ecuaonline S.A.....	8
1.3.1.2	Cotopaxi.....	10
1.3.1.3	Manabí.....	11
1.3.1.4	Guayas.....	13
1.3.1.5	El Oro.....	14
1.3.1.6	Azuay.....	15
1.3.1.7	Orellana.....	16
1.4	CLIENTES.....	17
1.4.1	Estructura física de los nodos.....	17
1.4.2	Clientes actuales.....	20
1.4.2.1	Edimca.....	20
1.4.2.2	Fopeca.....	21
1.4.2.3	James Brown.....	22
1.4.2.4	Cooperativa Mushucruna.....	23
1.4.2.5	Native Blooms.....	23
1.4.2.6	Novopan.....	24
1.4.3	Clientes potenciales.....	25

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL BACKBONE DE LA RED METROETHERNET**

2.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO RAD AIRMUX-200.....	27
2.1.1	Características técnicas.....	27

2.1.2	Componentes del sistema.....	30
2.1.2.1	ODU.....	30
2.1.2.2	IDU.....	32
2.1.2.3	Antenas soportadas para el Rad Airmux-200.....	32
2.1.2.4	Tabla de características técnicas de la interfaz aire.....	34
2.1.2.5	Servicios de transporte soportados.....	34
2.1.2.5.1	Servicios Ethernet.....	34
2.1.2.5.2	Servicios E1/T1.....	35
2.2	TECNOLOGÍA OFDM.....	35
2.2.1	Modulación digital.....	36
2.2.1.1	Modulación PSK.....	36
2.2.1.2	Modulación BPSK.....	37
2.2.1.3	Modulación QPSK.....	38
2.2.1.4	Modulación QAM.....	36
2.2.2	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales.....	43
2.3	SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS NODOS.....	46
2.3.1	Parámetros de radio-enlace.....	46
2.3.1.1	Perfil topográfico.....	47
2.3.1.2	Cálculo de la primera zona de Fresnel.....	47
2.3.1.3	Margen de despeje.....	50
2.3.1.4	Cálculo del desempeño.....	51
2.3.1.5	Pérdidas en la trayectoria.....	53
2.3.1.6	Selección de la guía de onda o cable coaxial.....	53
2.3.1.7	Potencia de recepción.....	54
2.3.1.8	Potencia de umbral.....	54
2.3.1.9	Margen respecto al umbral.....	55
2.3.1.10	Margen de desvanecimiento.....	55

2.3.2	Ubicación de los nodos para el proyecto.....	57
2.3.2.1	Trayecto1: Buenos Aires-San Joaquín.....	58
2.3.2.1.1	Cálculos para el Trayecto1.....	58
2.3.2.2	Parámetros de simulación con Radio Mobile.....	62
2.3.2.3	Trayecto2: San Joaquín-Porotog.....	64
2.3.2.3.1	Cálculos para el Trayecto2.....	64
2.3.2.4	Trayecto3: Porotog-Santa Mónica.....	67
2.3.2.4.1	Cálculos para el Trayecto3.....	68
2.3.2.5	Trayecto4: Santa Mónica-Imantag.....	70
2.3.2.5.1	Cálculos para el Trayecto4.....	71
2.3.2.6	Trayecto5: Imantag-Ibarra.....	74
2.3.2.6.1	Cálculos para el Trayecto5.....	75
2.3.3	Resultados obtenidos del Programa Link Budget Calculator.....	77
2.3.3.1	Parámetros del Link Budget Calculator.....	78
2.3.3.2	Trayecto Buenos Aires-San Joaquín.....	80
2.3.3.3	Trayecto San Joaquín-Porotog.....	81
2.3.3.4	Trayecto Porotog-Santa Mónica.....	81
2.3.3.5	Trayecto Santa Mónica-Imantag.....	82
2.3.3.6	Trayecto Imantag-Ibarra.....	82
2.3.4	Resumen técnico de los enlaces diseñados.....	83

# **CAPÍTULO 3**

## **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RADIO-BASES**

3.1	INTRODUCCIÓN.....	84
3.2	INFRAESTRUCTURA DE LAS RADIO-BASES.....	84
3.2.1	Torre venteada.....	85
3.2.2	Puesta a tierra.....	87
3.2.3	Instalación del Rad Airmux-200.....	88
3.2.3.1	Conexión entre IDU-ODU-Antena.....	90
3.2.4	Antenas.....	92
3.2.4.1	Antena externa escogida.....	93
3.2.5	Características del cable RF escogido.....	95
3.2.6	Características del conector tipo N.....	96
3.2.7	Conexión IDU-Switch.....	97
3.2.7.1	Switch seleccionado.....	97
3.2.8	Instalación de inversor.....	100
3.2.8.1	Potencia de consumo en los nodos.....	106
3.2.8.2	Inversor seleccionado.....	108
3.2.8.3	Baterías seleccionadas.....	109
3.3	TABLA DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS NECESARIOS EN CADA NODO.	111
3.4	ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP PARA LOS EQUIPOS.....	112
3.5	PRESUPUESTO ECONÓMICO.....	114

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	CONCLUSIONES.....	117
4.2	RECOMENDACIONES.....	119

<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>120</b>
--	------------

<b>ANEXO A.....</b>	<b>122</b>
---------------------	------------

ESTRUCTURA DE NODOS INSTALADOS.....	123
-------------------------------------	-----

QUITO.....	123
------------	-----

Nodo Comité del Pueblo.....	123
-----------------------------	-----

Nodo Buenos Aires.....	124
------------------------	-----

Nodo Gonzales Suarez.....	125
---------------------------	-----

Nodo Atucucho.....	126
--------------------	-----

Nodo Twin Towers-Matriz.....	127
------------------------------	-----

Nodo Puengasí.....	128
--------------------	-----

Nodo San Juan de Calderón.....	129
--------------------------------	-----

Nodo Paquisha.....	130
--------------------	-----

COTOPAXI.....	131
---------------	-----

Nodo Guango.....	131
------------------	-----

Nodo Quilotoa.....	131
--------------------	-----

MANABÍ.....	132
-------------	-----

GUAYAQUIL.....	133
----------------	-----



EL ORO.....	134
AZUAY.....	135
ORELLANA.....	135
<b>ANEXO B</b> .....	136
VISTAS PANORÁMICAS DE LOS TRAYECTOS A ENLAZAR.....	138
TRAYECTO 1: BUENOS AIRES-SAN JOAQUÍN.....	139
TRAYECTO 2: SAN JOAQUÍN-POROTOG.....	140
TRAYECTO 3: POROTOG-SANTA MÓNICA.....	141
TRAYECTO 4: SANTA MÓNICA-IMANTAG.....	142
TRAYECTO 5: IMANTAG-IBARRA.....	143
<b>ANEXO C</b> .....	144
CONFIGURACIÓN DE SWITCHES CATALIST 2960-24TC DE CADA UNO DE LOS NODOS DISEÑADOS.....	145
NODO SAN JOAQUÍN.....	145
NODO POROTOG.....	148
NODO SANTA MÓNICA.....	151
NODO IMANTAG.....	154
NODO IBARRA.....	157
<b>ANEXO D</b> .....	160
HOJA TÉCNICA DEL INVERSOR CDP XS-1524.....	160

<b>ANEXO E</b> .....	162
HOJA TÉCNICA DE BATERÍAS PS-121000.....	162
<b>ANEXO F</b> .....	165
MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.....	165
<b>ANEXO G</b> .....	203
MANUAL DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO RAD AIRMUX-200 (VERSIÓN EN IDIOMA INGLÉS).....	203

## RESUMEN

Este proyecto de titulación contiene una presentación del proveedor de servicios de internet (ISP) Ecuonline S.A., los objetivos y los servicios de telecomunicaciones que esta empresa presta a la sociedad ecuatoriana.

Se analiza el estado actual de la red Metro Ethernet, tomando en cuenta las diferentes secciones de backbone instaladas, operando a lo largo y ancho del territorio nacional, la infraestructura de sus nodos o radio-bases y sus principales clientes.

Se hace una descripción técnica de los equipos RAD Airmux-200 utilizados para el diseño de ampliación del backbone, la tecnología inalámbrica OFDM que este utiliza y demás bondades de este equipo. Luego se presenta la selección de las mejores ubicaciones para los nodos que conformarían el nuevo tramo de red Quito-Ibarra con sus respectivos cálculos de desempeño y factibilidad de los enlaces.

Además se detallan los requerimientos técnicos y el presupuesto que demandaría la implementación de los nodos.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y anexos del proyecto.

## **PRESENTACIÓN**

Es innegable el gran crecimiento de la demanda por servicios de telecomunicaciones a nivel mundial, y nuestro país no puede ser la excepción, dependiendo del grado de accesibilidad a los servicios básicos de los habitantes de una nación, también se mide su grado de desarrollo.

La empresa Ecuonline S.A. actualmente brinda sus servicios en la ciudad de Quito, Latacunga, Cuenca, Guayaquil, Machala, Manta, Portoviejo, El Coca, Cayambe, Otavalo e Ibarra. A estas tres últimas ciudades se lo realiza a través de la red RDSI (Red Digital de Servicios Integrados perteneciente a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones C.N.T.). Con el afán de aumentar las alternativas de suministro de servicios de telecomunicaciones en el mercado nacional, la cobertura de su actual red y atraer nuevos clientes, se requiere de un estudio y diseño para la ampliación de su backbone con infraestructura propia mediante enlaces inalámbricos en la banda de 5.8 GHz utilizando equipos Rad Airmux-200, que debido a todas sus ventajas y características prestadas, hacen del mismo un equipo adecuado para el presente proyecto. Cabe resaltar que la ampliación del backbone hasta Ibarra trae consigo cobertura adicional para los sectores aledaños a los nodos que conformarán la nueva sección de red y no solamente a las principales ciudades que mencionamos anteriormente, pues en ellos se podrán instalar enlaces punto - punto o punto – multipunto con tecnología WiFi como últimas millas para los nuevos posibles clientes.

# **CAPÍTULO 1**

## **ESTADO ACTUAL DE LA RED METROETHERNET DE LA EMPRESA ECUAONLINE**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo realizar un diseño de ampliación del backbone de la Metroethernet de la empresa ECUAONLINE desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Ibarra, de tal forma que las localidades involucradas y aledañas al proyecto puedan proveerse del servicio de Internet, voz y datos.

La ampliación del backbone con infraestructura propia es de gran importancia, pues fomenta el desarrollo de las localidades en cuanto al acceso a la información y comunicaciones.

Debemos recalcar que actualmente los pocos clientes que tiene la empresa ECUAONLINE en la ciudad de Cayambe, Ibarra y Otavalo tienen servicio de Internet y datos por medio de líneas ADSL y dedicadas; últimas millas pertenecientes a ANDINATEL S.A.

El backbone con el que cuenta actualmente la empresa ECUAONLINE está implementado con radio enlaces punto a punto, los cuales operan a una frecuencia de 5.8 GHz que por cierto son trayectos punto a punto menores a 40 Kilómetros, esto por la capacidad y características de operación de los equipos utilizados.

Existen localidades que por estar a grandes distancias y por el complejo relieve geográfico, ha sido un obstáculo para la instalación de un backbone con infraestructura propia. Como solución a estas dificultades, se ha optado por contratar

los servicios de transporte de datos de otras compañías, ya sean con microondas o en pocos casos enlaces satelitales.

Como la empresa está en una etapa de crecimiento, esta previsto seguir con la misma línea de implementación en cuanto a lo que se refiere a backbone, en el trayecto Quito-Ibarra.

## **1.2 ECUAONLINE S.A., WIRELESS INTERNET NETWORKS<sup>[1]</sup>**

ECUAONLINE S.A. es una empresa creada con el objeto de desarrollar aplicaciones, servicios y soluciones IT de última generación para profesionales y empresas en el área de telecomunicaciones.

Constituida por un calificado grupo de profesionales, la compañía está especializada en Consultoría, Dirección Técnica y Ejecución de Proyectos de comunicaciones de Empresa.

Como proveedor de servicios (ISP) y aplicaciones, aporta soluciones integrales de desarrollo, implantación, alojamiento y gestión de aplicaciones: sistemas de gestión de información, e-commerce, bases de datos, soluciones de gestión corporativa. Gracias a todo lo anterior, ECUAONLINE se ha situado en primera línea del sector nacional de las telecomunicaciones, posicionándose como una empresa altamente calificada, innovadora, particularmente preocupada por la calidad y con clara vocación de servicio.

### **1.2.1 SERVICIOS<sup>[2]</sup>**

#### **1.2.1.1 Internet**

El servicio de Internet Corporativo de **ECUAONLINE**, provee un servicio confiable, seguro y con una vasta experiencia de más de 10 años. La experta asesoría y los valores agregados que ofrecen son herramientas muy útiles para incrementar la productividad e ingresos de una empresa, sea ésta un proveedor de acceso a

internet, una pequeña o mediana empresa, o una compañía multinacional con sucursales a nivel mundial. Podemos decir, con seguridad, que somos la mejor alternativa del mercado.

#### **1.2.1.2 Acceso dedicado**

Esta es una conexión que se encuentra siempre disponible, utilizando un canal dedicado. Este servicio dedicado permite lo siguiente: - Ancho de banda de 64 Kbps hasta n-1 Mbps - Acceso a un DNS primario y secundario. - Obtención de direcciones IP de acuerdo a las necesidades. - Monitoreo de la red 365x7x24. - Registro de dominio. - Creación de cuentas e-mail. - Hosting de aplicaciones

#### **1.2.1.3 Redes privadas**

Ecuonline, está en la capacidad de implementar, monitorear, mantener infraestructuras de telecomunicaciones. Brinda el mejor servicio para una red privada de datos a nivel urbano, interurbano e internacional, con tecnología de fibra óptica, microonda y satelital SCPC en banda C.

#### **1.2.1.4 Servicios adicionales**

- Voz sobre IP
- Correo electrónico
- Web hosting
- Antispam
- Interconexión de LANs (red privada)
- Transferencia de archivos
- Servidores FTP
- Streaming Server
- Antivirus
- Soporte técnico permanente

### **1.2.2 MISIÓN<sup>[3]</sup>**

La visión empresarial de ECUAONLINE es integrar productos y servicios en tecnología de información, telecomunicaciones y seguridad, orientados a fortalecer la capacidad de gestión del cliente, garantizándoles alta efectividad en productividad y costos, apoyados en tecnología de punta, técnicas de clase mundial, transferencia de conocimientos, servicio y gente excelente, respetando el efecto que este hecho tenga en nuestro entorno, logrando de esta forma mantener un nivel de crecimiento y proyección al futuro acorde con la evolución y progreso de la tecnología de telecomunicaciones en forma integral, sin dejar de lado el principal fundamento de su ideología corporativa que es la atención al cliente y satisfacción de sus necesidades.

### **1.2.3 VISIÓN<sup>[4]</sup>**

Es ser una empresa líder en el ámbito nacional e internacional, que provea soluciones integrales en tecnología y proporcione un nivel de servicio personalizado y eficiente, atendiendo las necesidades y requerimientos del cliente en la provisión de servicios de telecomunicaciones con los mejores desempeños del mercado, convirtiéndose en verdadero socio tecnológico de sus clientes.

## **1.3 SITUACION ACTUAL DE LA METROETHERNET DE LA EMPRESA ECUAONLINE S.A.**

Como habíamos citado anteriormente la empresa ECUAONLINE S.A. tiene desplegada infraestructura propia en algunas de las provincias de la República del Ecuador. El backbone hacia algunas de ellas, se las hace directamente desde la ciudad de Quito mediante radio-enlaces. A otras provincias, las cuales son muy distantes y no se pueden alcanzar con infraestructura propia, se ha contratado



empresas Carriers, los mismos que son como un puente desde la matriz en la ciudad de Quito hasta el destino determinado que es denominado nodo principal.

En la *figura 1.1* podemos observar las provincias en las que ECUAONLINE S.A. tiene implementada infraestructura mediante la cual brinda sus servicios de Internet, voz y datos.



Fig.

1.1 Provincias en las que Ecuonline S.A. brinda sus servicios.

### 1.3.1 ESTRUCTURA DE LA RED DE RADIO-ENLACES Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS NODOS

Es preciso mencionar la ubicación geográfica de cada uno de los puntos que conforman toda la infraestructura de red, pues sirve como referencia para darnos una idea cómo y el por qué de la ubicación de la torres en estos puntos que son claves y hasta cierto punto estratégicos para las comunicaciones.

A continuación presentamos una serie de gráficos de la estructura de backbone actualmente instalados y tablas de coordenadas de la ubicación de los nodos principales y secundarios en todas y cada una de las provincias donde estos se encuentran.

#### 1.3.1.1 Ciudad de Quito: matriz – Ecuonline S.A.

La matriz de ECUAONLINE S.A. se encuentra ubicada en el sector norte de la ciudad de Quito, precisamente en el sector de El Batán. Aquí es donde se concentran todas las operaciones administrativas, logísticas y técnicas.

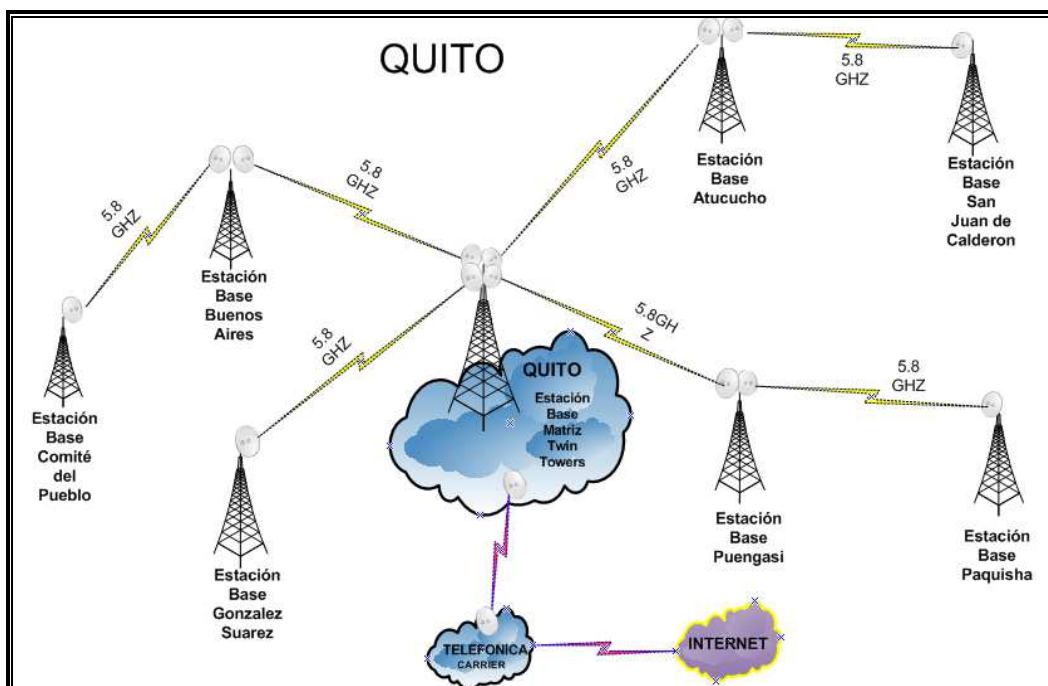


Fig. 1.2 Nodos en la ciudad de Quito

En la *figura 1.2* se muestra un diagrama general de la infraestructura desplegada a lo largo de la ciudad de Quito, la matriz principal en el Edificio Twin Towers y los nodos que se desprenden de este, así como también la conexión hacia Internet a través del Carrier TELEFÓNICA.

En la ciudad de Quito es donde se encuentran la mayor cantidad de clientes, pues en esta ciudad hay gran movimiento comercial, industrial y administrativo, con respecto a otras ciudades del país.

Coordenadas geográficas:

<b>NODO</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
Twin Towers Matriz	00°10'52"S	78°28'47" W	2840
Buenos Aires	00°09'01"S	78°27'31" W	2930
Comité del Pueblo	00°07'40.44"S	78°27'33.50" W	2889
González Suarez	00°11'38"S	78°28'35"W	2870
Atucucho	00°10'22"s	78°29'20"W	3000
Puengasí	00°15'48"S	78°30'27"W	3152
San Juan de Calderón	00°04'03"S	78°24'17"W	2822
Paquisha	00°22'55"S	78°32'38"W	3105

### 1.3.1.2 Cotopaxi

Por la cercanía entre las provincias de Pichincha y Cotopaxi, el enlace de backbone respectivo no tiene una configuración especial y se la hace directamente entre la matriz y el cerro Atacazo para luego ir al cerro Guango tal como se observa en la figura 1.3.

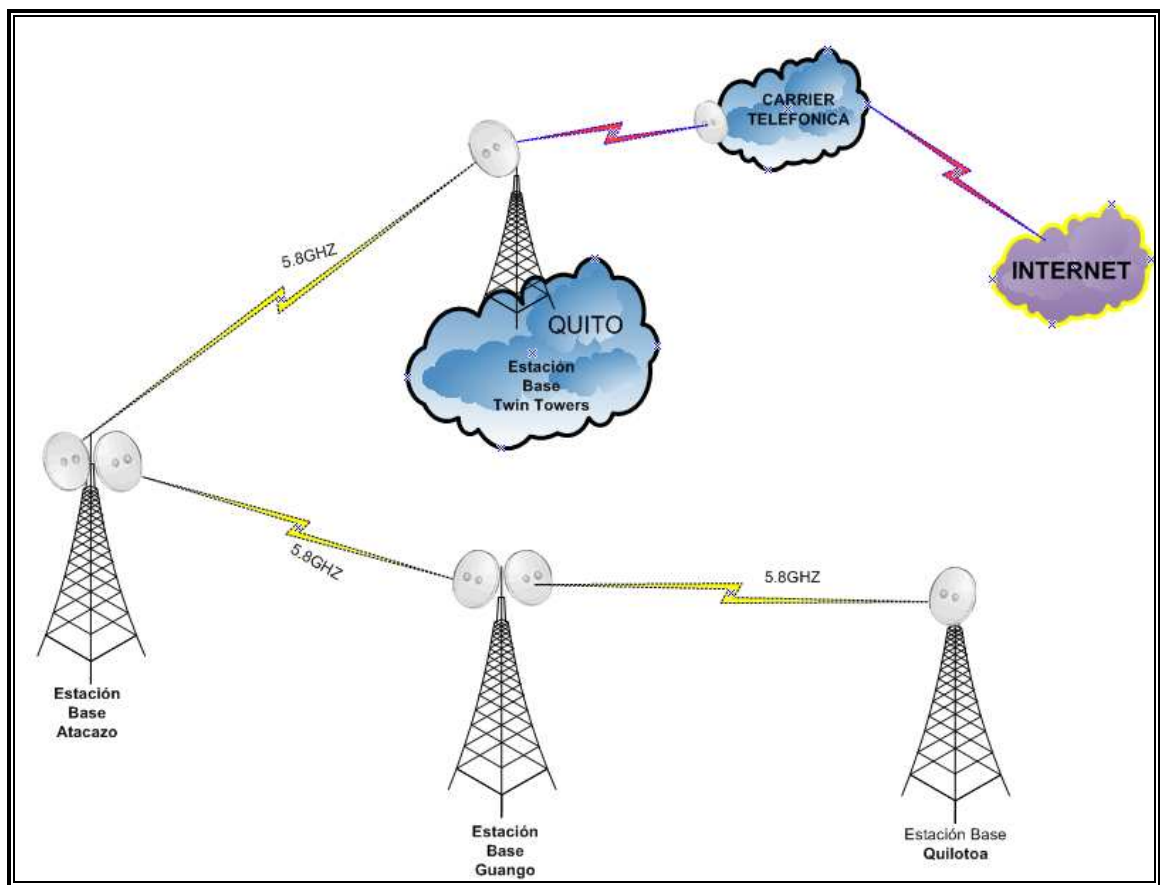


Fig. 1.3.

Cabe reiterar que cuando hay trayectos complejos y distantes hacia un destino el enlace generalmente es más conveniente hacerlo alquilando infraestructura ya instalada un Carrier para finalmente llegar de manera directa hacia el nodo principal. De lo contrario se lo hace sin intermediarios a través de radioenlaces punto-punto que son infraestructura propia de la empresa.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
<b>Twin Towers Matriz</b>	00°10'52"S	78°28'47" W	2840
<b>Atacazo</b>	00°19'06"S	78°36'07" W	3846
<b>Guango</b>	00°53'45"S	78°30'06"W	3944
<b>Quilotoa</b>	00°53'47"S	78°44'36" W	3890

### 1.3.1.3 Manabí

Tal como se puede apreciar en la *fig. 1.4* el enlace desde la Matriz en Quito hacia Manta, que es el nodo principal en Manabí, se lo hace a través del Carrier Global Crossing, ya que el trayecto hacia esta provincia es demasiado complejo, pues habría que atravesar la Cordillera de los Andes lo que implicaría en el aumento de costos innecesarios para la empresa.

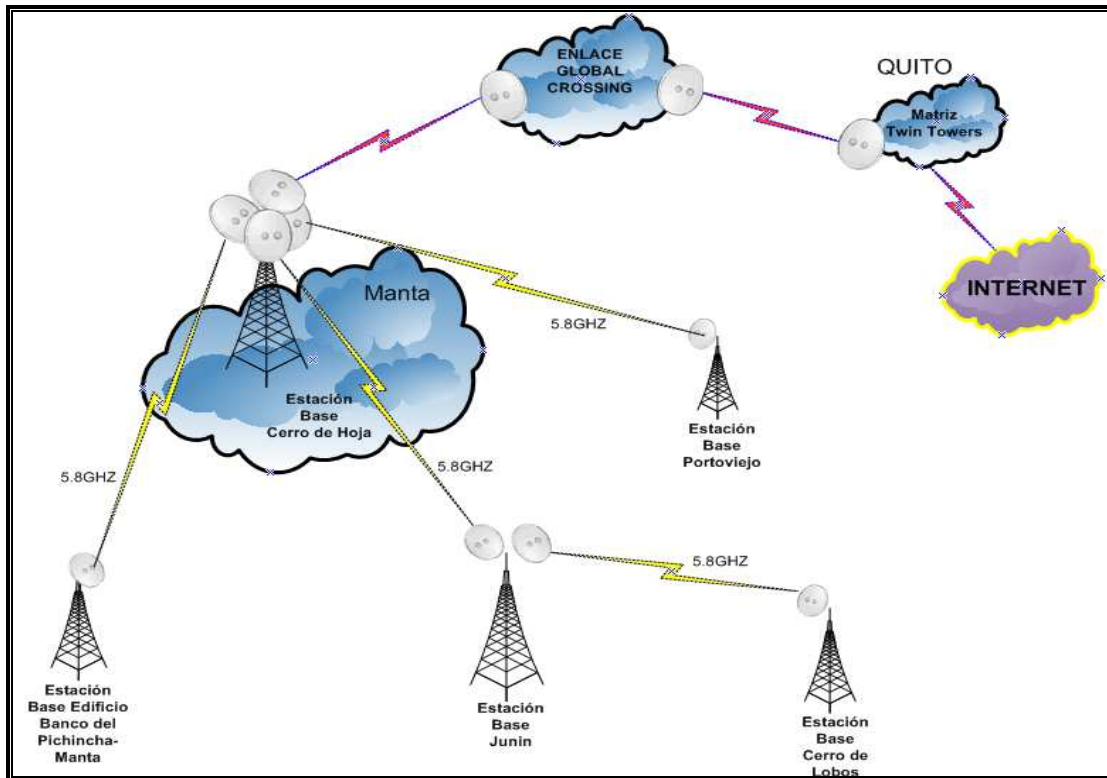


Fig. 1.4.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
Cerro de Hoja	01°02'34.99"S	80°32'45" W	589
Edificio Banco Pichincha	0°58'1.15"S	80°42'18.36"O	31
Junín	0°56'57.38"S	80°13'2.40"O	312
Cerro Globo	0°52'16.72"S	80°10'10.59"O	208
Portoviejo	1°3'55.66"S	80°27'25.85"O	98

### 1.3.1.4 Guayas

A esta provincia costera se llega por medio del Carrier Global Crossing. La *figura 1.5* muestra el esquema de este tramo de backbone que cuenta con tres nodos.

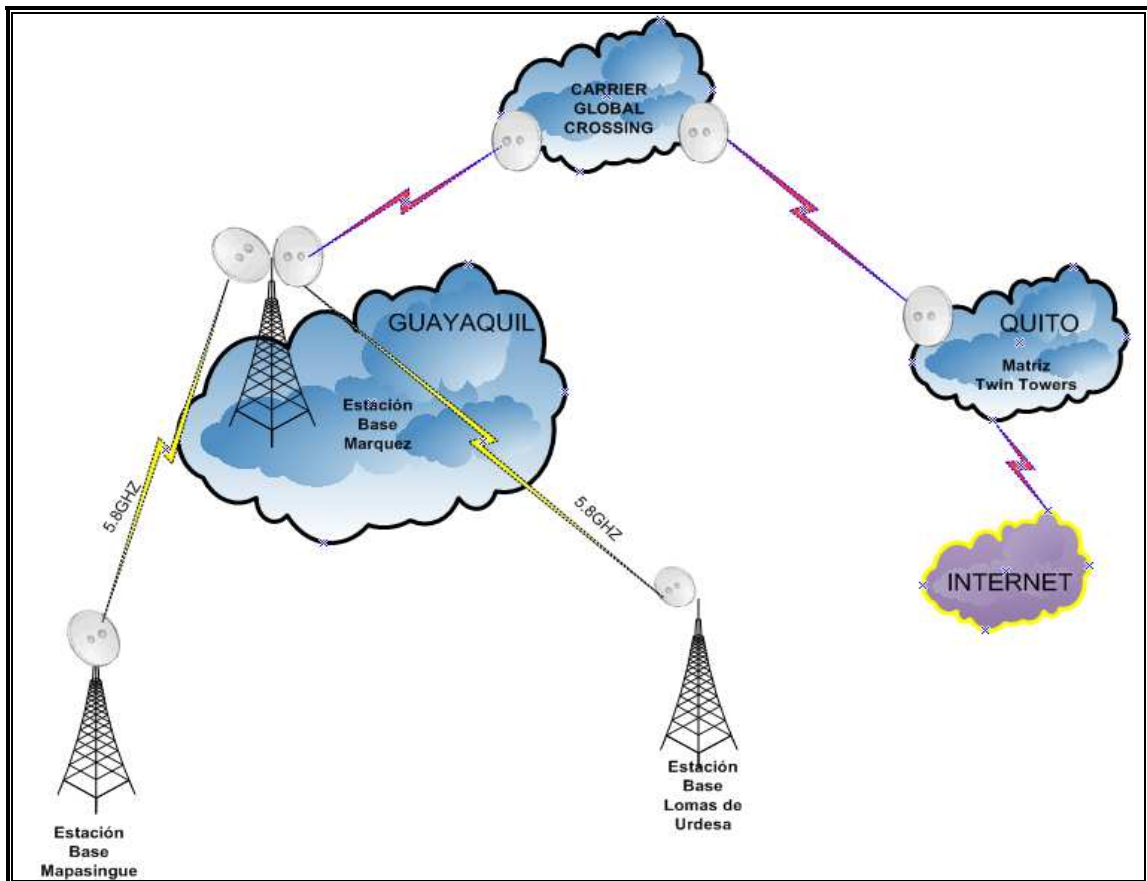


Fig. 1.5.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
Marquez	2°12'13.74"S	79°53'50.82"O	31
Mapasingue	2°8'59.12"S	79°53'59.70"O	28
Lomas de Urdesa	2°10'16.41"S	79°54'23.24"O	39

### 1.3.1.5 El Oro

En la *fig. 1.6* se observa que hacia la ciudad de Machala se llega a través del Carrier Porta. En esta ciudad se ha implementado solamente 1 nodo.

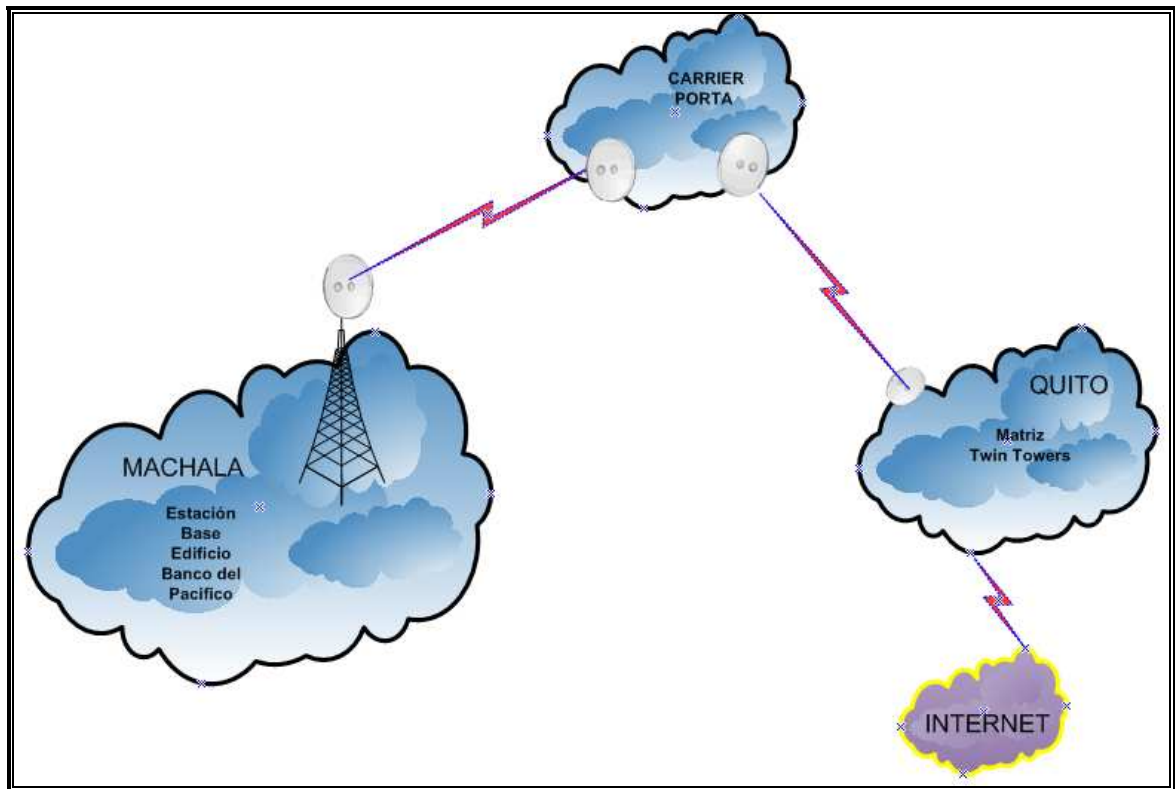


Fig. 1.6.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
Edificio Banco del Pacífico	3°15'38.55"S	79°57'25.48"O	49



### 1.3.1.6 Azuay

El Carrier Telefónica provee de interconexión hacia el nodo principal en la ciudad de Cuenca para la provincia del Azuay del que luego se desprende otro tramo de backbone hacia el nodo Icto Cruz, tal como muestra la figura 1.7.

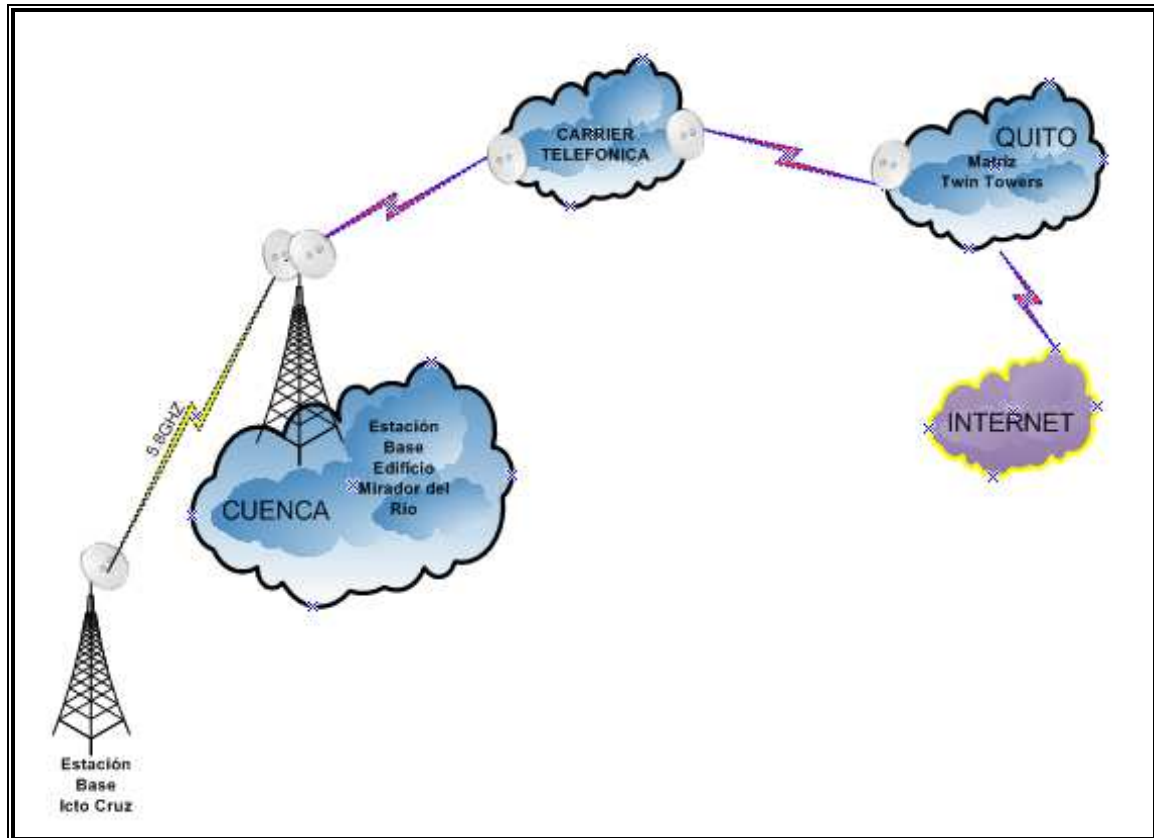


Fig. 1.7.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
Edificio Mirador del Río	2°53'34.22"S	79° 1'7.56"O	2554
Icto Cruz	2°55'52.26"S	79° 1'15.78"O	2729

### 1.3.1.7 Orellana

Para la interconexión con la ciudad de El Coca se ha alquilado la infraestructura del Carrier Global Crossing. El esquema del backbone se ve en la *figura 1.8*.

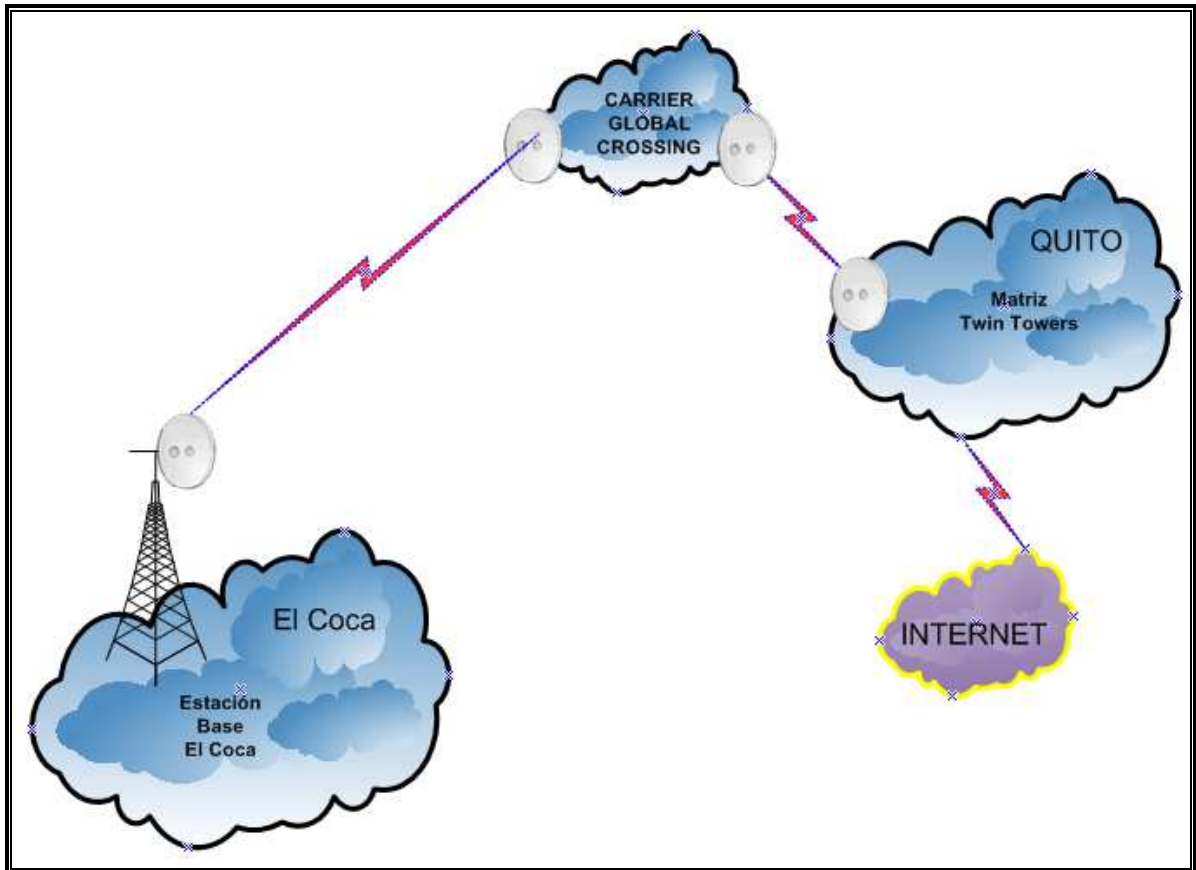


Fig. 1.8.

Coordenadas geográficas:

NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
El Coca	0°45'15.13"S	77°10'0.65"O	338

## 1.4 CLIENTES

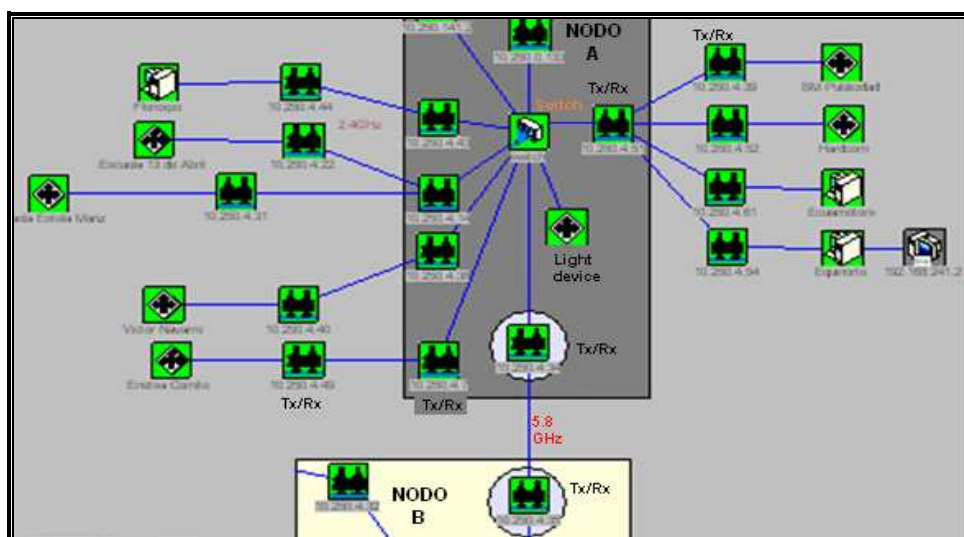
La empresa Ecuonline S.A. tiene una selecta gama de clientes los cuales trabajan en el área florícola, industrial y comercial. Estas empresas requieren de soluciones en comunicaciones muy exigentes, en puntos estratégicos los cuales en ciertas locaciones son inaccesibles, para lo cual la Empresa Ecuonline S.A. invirtió y sigue invirtiendo en infraestructura tecnológica necesaria para satisfacer este tipo de demandas.

Previo a la presentación de los actuales y potenciales clientes de la empresa Ecuonline, daremos una breve explicación de la estructura física de los nodos.

### 1.4.1 ESTRUCTURA FÍSICA DE LOS NODOS

En cada uno de los nodos instalados en las diferentes provincias del país, están implementadas torres las cuales tienen instaladas antenas con sus respectivos radios moduladores-demoduladores, que sirven para enlazarse hacia otra antena la misma que puede ser identificada como cliente u otra sección de backbone.

A continuación el *gráfico 1.9* en el que se muestra la estructura de los nodos y los tipos de enlaces que salen de estos:

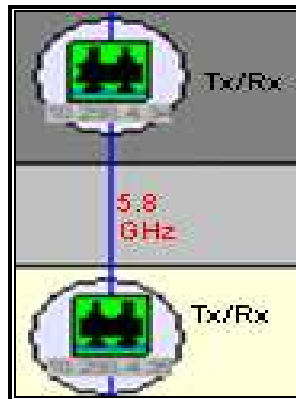


**Fig. 1.9.**

La *fig. 1.9* muestra 2 rectángulos principales, uno gris oscuro y el otro amarillo claro, los cuales se denominan nodos A y B.

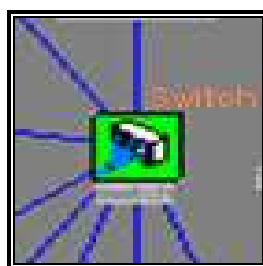
En cada uno de los nodos encontramos los siguientes dispositivos:

- *Antenas de Tx/Rx* operando a 5.8 GHz con sus respectivos radios multiplexores moduladores-demoduladores. Estos dispositivos sirven para formar enlaces troncales, uniendo nodos entre sí, los mismos que vendrían a formar parte del backbone de la red. Ver gráfica 1.10



**Fig. 1.10**

- *Switch* de acceso. Ver *fig. 1.11*.



**Fig. 1.11**

- *Dispositivos detectores de energía eléctrica alterna*, los mismos que son generalmente simples routers conectados a energía AC, también se los llama router luz. Ver gráfico 1.12.

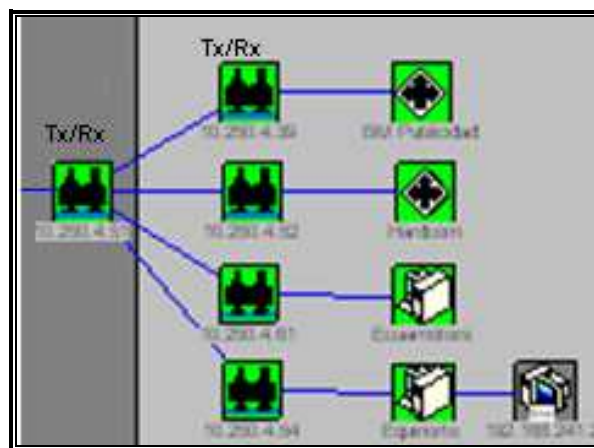


**Fig. 1.12**

- Antenas Tx/Rx punto-punto (ver gráfica 1.13) y/o punto-multipunto (ver gráfica 1.14) con sus respectivos radios multiplexores moduladores-demoduladores, los mismos que se enlazan con el cliente final y corresponde a la última milla.



**Gráfica 1.13 muestra última milla tipo punto-punto.**



**Gráfica 1.14 muestra última milla tipo punto-multipunto.**

## 1.4.2 CLIENTES ACTUALES

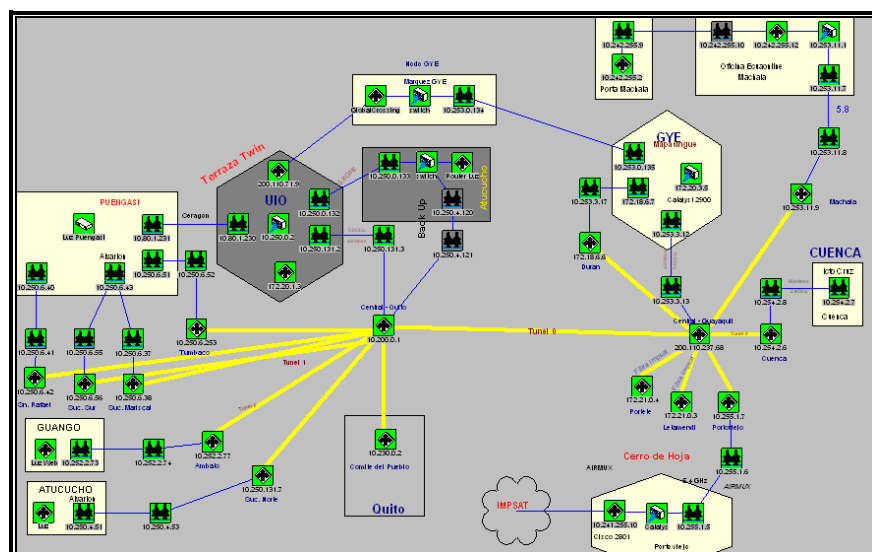
Ecuonline S.A. tiene varios tipos de clientes dedicados a diferentes actividades productivas, entre los que podemos citar las siguientes: agricultores-exportadores, fabriles, comerciales, constructoras y residenciales.

Ecuonline S.A. tiene entre toda su gama de clientes algunos que por su gran importancia, en cuanto al número de puntos de red y cantidad de servicios de telecomunicación, se los ha denominado clientes VIP. Estos clientes tienen una gran red privada para el transporte de datos, VoIP, túneles, internet centralizado, web servers y mail servers.

Entre los que podemos citar y mostrar los siguientes:

### 1.4.2.1 Edimca

La compañía comercial maderera EDIMCA tiene 14 sucursales en las siguientes ciudades del país: Quito, Guayaquil, Cuenca, Machala, Manta, Portoviejo y Ambato, las mismas que están provistas de infraestructura de red inalámbrica para el transporte de datos e internet, cuyos servicios son prestados por la empresa Ecuonline S.A. Ver figura 1.15.

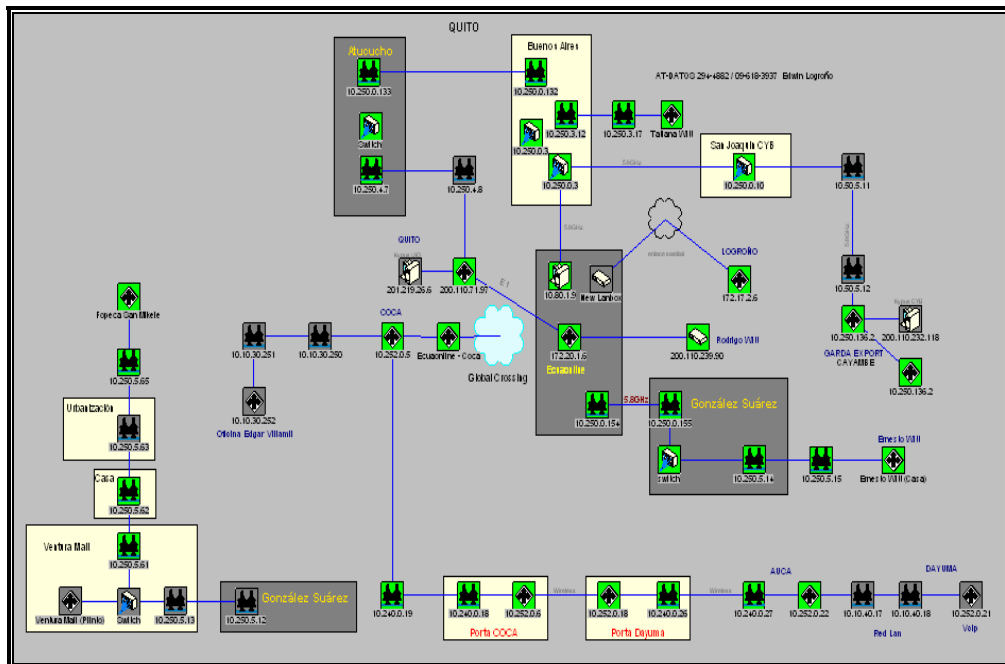


**Fig. 1.15.**

Los requerimientos de esta compañía han crecido de forma considerable, es así que tienen proyectado aumentar el mayor número de sucursales en las ciudades de Otavalo, Ibarra y Tulcán. Razón por la cual Edimca ha hecho el pedido formal a Ecuonline S.A. para que dote de infraestructura adicional también a estas futuras sucursales para mediados del año 2009.

### 1.4.2.2 Fopeco

Esta compañía constructora, que es una de las más importantes para Ecuonline S.A., tiene 7 sucursales dotadas de servicios de transporte de datos, internet y VoIP, las mismas que están repartidas en la ciudad de Quito, El Coca y Dayuma (ver en la figura 1.16). Hasta el momento no ha reportado incremento del número de sucursales para un futuro inmediato.



**Fig. 1.16.**

Todas estas sucursales están dotadas de enlaces inalámbricos, excepto una. La sucursal denominada Logroño es un punto que está localizado en la provincia de Chimborazo y que tiene instalado un enlace satelital.

### 1.4.2.3 James Brown

Esta compañía farmacéutica cuenta con 4 puntos de red en la ciudad de Quito, los cuales tienen servicios de transporte de datos, internet centralizado, VoIP y Web Hosting, todos con tecnología inalámbrica. El esquema de su infraestructura se puede ver en la *figura 1.17*.

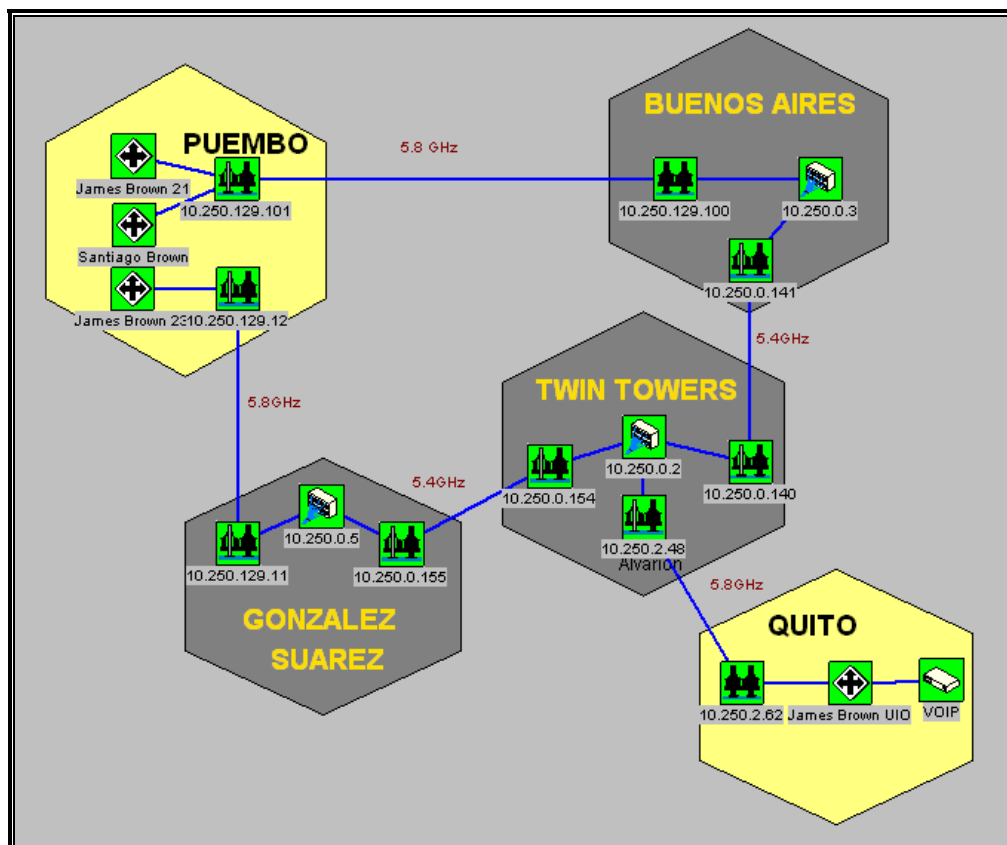


Fig. 1.17.



#### 1.4.2.4 Cooperativa Mushucruna

La Cooperativa Mushucruna tiene 7 sucursales instaladas: 2 con infraestructura inalámbrica dotada por Ecuonline S.A. en las ciudades de Latacunga y Quito. A las sucursales de las ciudades del Puyo, Guaranda y Riobamba se llega mediante el arrendamiento de líneas dedicadas pertenecientes a Andinatel S.A. Las dos ciudades restantes de Pillaro y Pelileo, en la Provincia de Tungurahua, se ha provisto de enlaces satelitales, cuyos canales son arrendados a Carriers especializados en este tipo de transmisiones. Los servicios prestados a esta cooperativa son el transporte de datos e internet. Ver esquema en la *figura 1.18*.

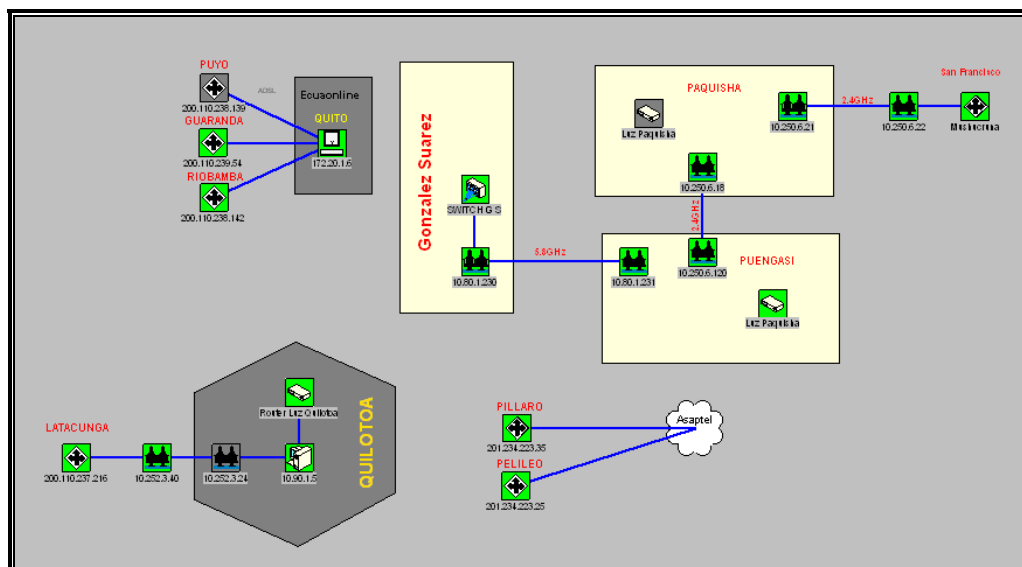


Fig. 1.18.

#### 1.4.2.5 Native Blooms

Esta empresa comercializadora de flores tiene 5 sucursales que se proveen del servicio de transporte datos, internet centralizado, mail server y web hosting; 4 de ellas están en la ciudad Quito y 1 la ciudad de Lasso, Provincia del Cotopaxi. Al momento no cuenta con planes de expansión. La *figura 1.19* muestra el esquema de red de esta compañía.

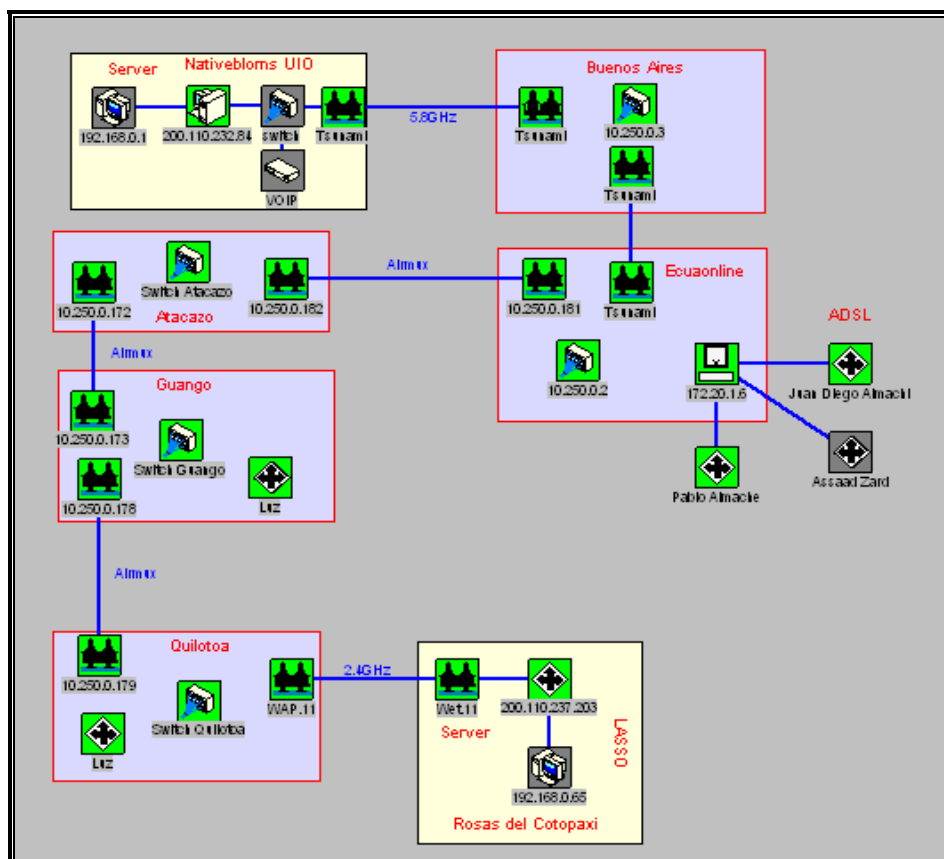
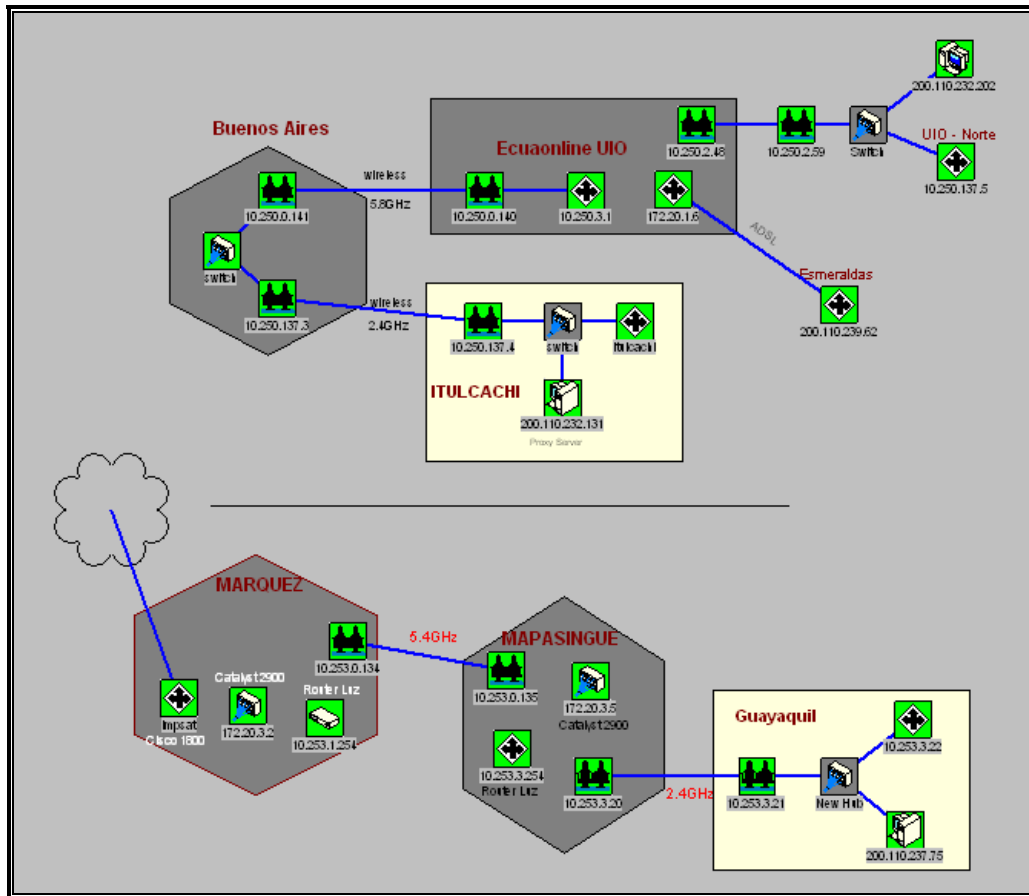


Fig. 1.19.

#### 1.4.2.6 Novopan

La compañía Novopan S.A. cuenta con 4 agencias, 2 en la ciudad de Quito y 1 en la ciudad de Guayaquil instaladas con infraestructura inalámbrica de Ecuonline S.A. A la ciudad de Esmeraldas se la ha dotado con una línea dedicada arrendada a

Andinatel S.A. Estas sucursales tienen servicios de transporte de datos e internet. Ver esquema en la *figura 1.20*.



**Fig. 1.20.**

Los clientes actuales restantes los presentamos en el ANEXO A, cuyos gráficos incluirán el nodo del cual salen y a la provincia o ciudad que estos pertenecen.

### 1.4.3 CLIENTES POTENCIALES

Ecuonline S.A. tiene el reto de crecer de forma exponencial, es así que tiene como objetivo captar nuevos clientes en localidades donde otros proveedores aún no han provisto de servicios de comunicación accesibles y eficientes.

Cabe resaltar que el sector norte de la provincia de Pichincha y la Provincia de Imbabura son áreas de gran movimiento comercial, industrial y sobretodo agrícola. Pues hay un boom en cuanto a la producción de flores, derivados lácteos, textiles y turística.

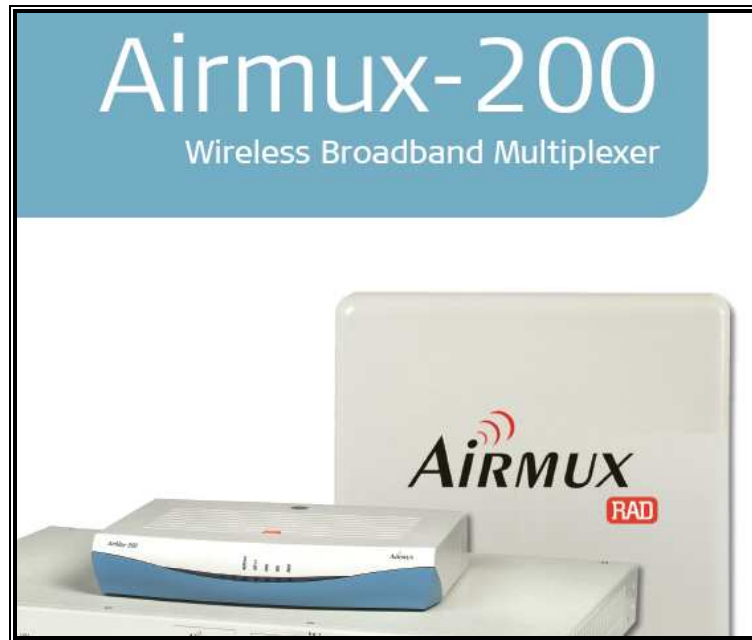
La empresa tiene contratos para la instalación de equipos de comunicación con empresas que ya son clientes, además compañías grandes las cuales por insatisfacción con sus anteriores proveedores han decidido cancelar sus contratos de prestación de servicios de telecomunicaciones. Este tipo de situaciones es de vital importancia, pues es una oportunidad para que Ecuonline pueda darse a conocer como una empresa seria y profesional.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL BACKBONE DE LA RED METRO ETHERNET**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO RAD AIRMUX-200**

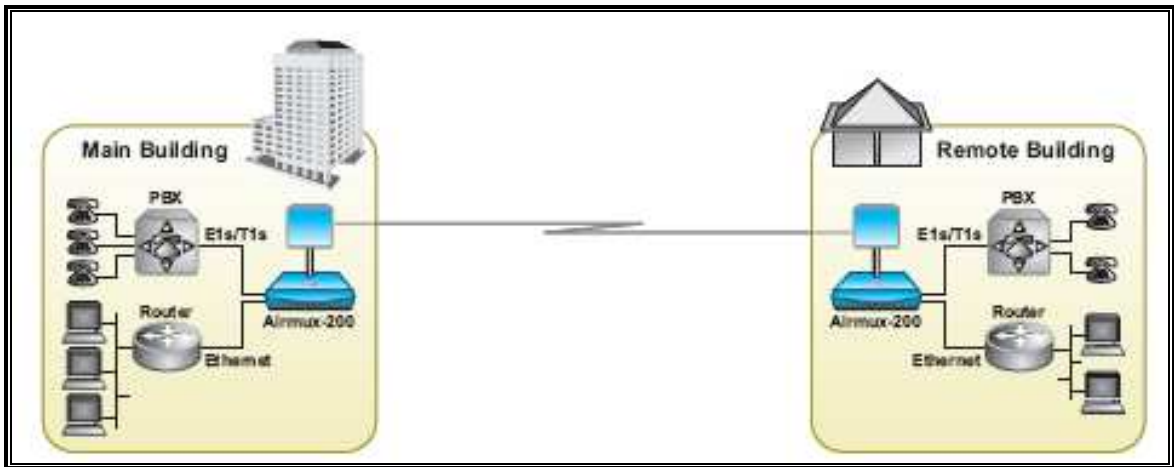
La implementación del backbone de la red Metro Ethernet de la Empresa Ecuonline está dotada de equipos multiplexores/demultiplexores de banda ancha inalámbricos de marca RAD modelo AIRMUX-200. Estos equipos tienen varias características técnicas convenientes y de alto desempeño para el transporte de datos, lo cual ha sido demostrado a lo largo de estos años de operación, tanto en nodos principales como en nodos secundarios ya instalados por la empresa en algunas provincias del país. Este alto desempeño también se ve reflejado en la satisfacción de todos los clientes. Podemos apreciar este equipo en la *figura 2.1*<sup>[1]</sup>.



**Fig. 2.1 AirMux-200**

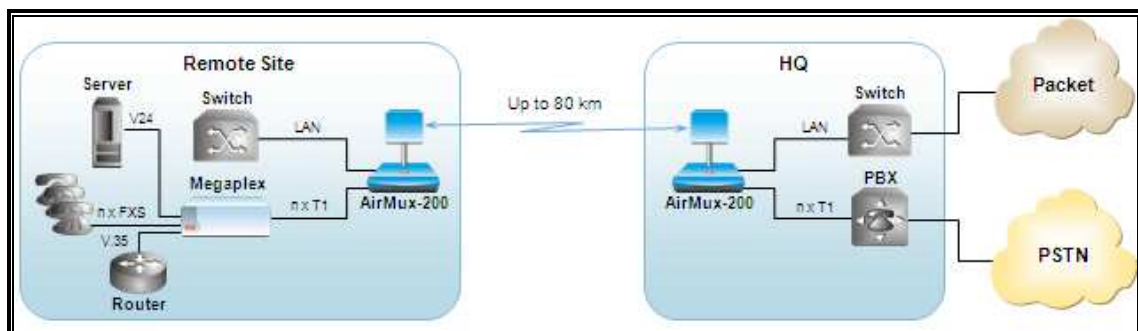
### **2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

El dispositivo Airmux-200, es una solución de radio punto a punto que combina hasta cuatro E1/T1 y redes Ethernet con un alto rendimiento del procesamiento del tráfico sobre frecuencias libres. Cumple con las regulaciones de FCC, CAN/CSA y ETSI para transmisiones exentas de licencia. La transmisión inalámbrica permite a las empresas ahorrarse el costo de líneas arrendadas, a la vez que eliminan la necesidad del proveedor de servicios de implementar fibra óptica. Esto permite la rápida implementación de enlaces E1/T1 y Ethernet a una fracción del costo. La *figura 2.2* <sup>[2]</sup> muestra un enlace punto-punto entre 2 sitios remotos con tráfico Ethernet y E1s/T1s.



**Fig. 2.2 Enlace Punto-Punto entre 2 sitios remotos**

El AirMux-200, consta de una unidad interior (IDU) y una unidad exterior (ODU) conectada mediante un cable Ethernet para exteriores Cat-5e que permite una distancia máxima de 100 metros (328 pies) entre las dos unidades. La unidad para exteriores se puede ordenar con una antena integrada de 22 dbi o con un conector para antena externa. Integra hasta cuatro E1 o T1 sin trama y un puerto Ethernet para un rendimiento total de la interfaz de aire de 48 Mbps. Esto equivale a un rendimiento total de la carga útil neta hasta 18 Mbps en “full duplex”. El alcance máximo de la unidad AirMux-200 es 80 km (50 millas). El rendimiento total es una función de la distancia y la regulación. En la figura 2.3 [3] podemos observar las distintas conexiones que se puede hacer con el AirMux-200, así como también la distancia máxima que se podría alcanzar.



**Fig. 2.3 El Airmux-200 puede proveer de enlaces con alcances máximos de 80 Km**

Un puente Ethernet 10/100BaseT integrado transmite de forma transparente tramas VLAN y aprende hasta 2,000 direcciones MAC. La precisa recuperación de reloj E1/T1, el bajo retardo de ida y vuelta y la alta disponibilidad del enlace lo convierten en un sistema de controles que protegen la transmisión inalámbrica contra posibles ataques. El estándar de cifrado avanzado (AES) y el cambio dinámico de clave de cifrado están destinados a impedir la escucha no autorizada. Estos mecanismos, sumados a un marcaje de hora codificado (CCM), impiden la falsa transmisión desde un terminal intruso. El sistema de gestión de red y los equipos están protegidos mediante una contraseña y un esquema de impugnación/respuesta.

El enlace AirMux-200 puede ser administrado por una aplicación basada en Windows suministrada con el dispositivo. La gestión de fallas SNMP RADview se puede ordenar en casos, donde varios enlaces se implementan y administran desde una plataforma central.

El dispositivo AirMux-200 es una solución perfecta para conectar sitios de empresas remotos, redes de transporte celular, servicios de banda ancha de última milla y redes de transporte de puntos de conflicto.

El AIRMUX-200 puede operar en varias bandas de frecuencia: 2.3GHz, 2.4GHz, 4.9GHz, 5.3GHz, 5.4GHz, 5.8GHz, 5.9GHz, siendo la sexta la que vamos a utilizar en nuestro diseño.

5.8 GHz pertenece al conjunto de bandas denominadas ISM (Industrial, científica y médica), por lo que no se necesita de una licencia para su operación. Esto, podría representar una desventaja debido a la interferencia con señales internas o externas al sistema, para lo cual RAD han tomado mucho cuidado e interés en cuanto al diseño, implementando un sistema de modulación OFDM (adaptiva) que consiste en



escoger la modulación de más alto orden de acuerdo a la calidad del enlace, además posee un sistema de encriptación AES128, lo que lo convierte en un sistema óptimo y confiable.

## 2.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

### 2.1.2.1 ODU

Por sus siglas en inglés OutDoor Unit es el dispositivo que va al aire libre, el mismo que tiene integrado una antena, poste y sujetadores. Ver *figura 2.4* <sup>[4]</sup>. Este dispositivo contiene un transceiver integrado, módulo de RF, módem e interfaces estándar, los mismos que son protegidos por una cubierta de aluminio y una cubierta de plástico selladora. El ODU almacena todos los parámetros de configuración del Airmux-200, por lo que el reemplazo de un IDU no implica una reconfiguración del sistema.

Como al ODU se puede conectar una antena externa, este incluye un conector tipo "N". También posee un puerto para conectar un cable Categoría 5E, el mismo que conectará el ODU con IDU (Indoor unit).

Opera normalmente en las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura : -35°C a 60°C / -31°F - 140°F
- Cumple con IEC 60721-3-4 Class 4M5 (IP67)



**Fig. 2.4 ODU con antena plana integrada**

En el mercado se puede tener las siguientes variedades de ODU, las diferencias de estos podemos apreciar en la *figura 2.5* [5].

Frequency band	Product name	Max Tx power	Frequency range [GHz]
2.4GHz	ODU-HE/F24/FCC/EXT and /INT	26dBm 27dbm	2.400 – 2.475
4.9GHz	ODU-HE/F49/FCC/EXT ODU-HE/F49/HP/EXT	15dBm 23dBm	4.940 – 4.990 "
5.4GHz	ODU-HE/F54/ETSI/INT ODU-HE/F54/ETSI-LG/EXT ODU-HE/F54/IC/EXT ODU-HE/F54/HP/EXT and /INT	8dBm 8dBm 15dBm 23dBm	5.490 – 5.710 " 5.510 – 5.730 5.490 – 5.710
5.8GHz	ODU-HE/F58/FCC/EXT and /INT AIND/F58/FCC/EXT/4T1 ODU-HE/F58/UK/EXT	23dBm 23dBm 14dBm	5.730 – 5.845 " 5.725 – 5.845
5.9GHz	ODU-HE/F59/HP/EXT and /INT	23dBm	5.725 – 5.950

**Fig. 2.5 Tipos de ODU AirMux-200, dependiendo la frecuencia de operación**

### 2.1.2.2 IDU

Sus siglas en inglés significan InDoor Unit, y es el dispositivo que va en áreas interiores protegidas, pues son vulnerables a las condiciones climáticas. Ver *figura 2.6* [6].



**Fig. 2.6 IDU del AirMux-200**

El IDU es la unidad interfaz entre el ODU y el usuario. Se alimenta de energía AC en el rango de 100-240 VAC a -48 y 24 VDC, a la vez que este alimenta al ODU. El IDU no almacena ningún dato de configuración de operación del sistema. Por lo tanto, no hay necesidad de configuración adicional del sistema Airmux-200 cuando reemplace un IDU. El IDU se encarga de hacer multiplexación y demultiplexación de todos los tipos de tráfico soportados como Ethernet, E1 y T1 para luego ser enviados al ODU.

Este equipo tiene las siguientes características:

- 1 puerto Ethernet + 2 puertos T1 o E1
- Fuente de poder: 110VAC/48VDC/24VDC
- Rango de temperatura para una normal operación; -31°F - 141°F

### 2.1.2.3 Antenas soportadas para el airmux-200

Se pueden utilizar dos tipos de antenas: integradas y externas de acuerdo a la banda de operación deseada.

Las antenas típicamente usadas son las siguientes: *planas*, que vienen integradas al ODU, son direccionales cuya onda dirigida es de 9 grados y trabajan a 5.8GHz. Además se pueden conectar antenas externas de tipo plana, parabólica y las de tipo grilla las cuales son aptas para frecuencias de operación especificadas en la sección 2.1.2.4. En la *figura 2.7*<sup>[7]</sup> se pueden observar este tipo de antenas.



**Fig. 2.7 Antenas: Planas, parabólicas y grilla respectivamente**

Características de la antena plana integrada y plana externa recomendada:

Type	Gain [dBi]	Max Range		Beam [deg]	Dimensions		Weight		Connector	Lightning Protection	
		[km]	[mi]		[mm]	[in]	[kg]	[lb]			
<b>5.8, 5.4, 5.3 GHz</b>											
Integrated	Flat panel	22	40	25	9.0	305×305×58	12×12×2.3	0.5	1.1	NR	Yes
External	Flat panel	28	80	50	4.5	600×600×51	23.6×23.6×2	5.0	11.0	N-type	No

#### 2.1.2.4 Tabla de características adicionales de la interfaz aire <sup>[8]</sup>

<b>Bandas de frecuencia</b>	5.725-5.850 GHz						
	5.470-5.725 GHz						
	5.250-5.350 GHz						
	4.940-4.990 GHz						
	2.400-2.4835 GHz / 2.300-2.400 GHz						
<b>Ancho de banda de canal</b>	5MHz, 10MHz and, 20MHz						
<b>Polarización</b>	H or V						
<b>Selección del canal de RF</b>	Vía SNMP, Resolución de 5 MHz						
<b>Regulación</b>	FCC, IC, ETSI						
<b>Transmisión de potencia</b>	Configurable hasta 27 dBm máx.						
<b>Técnica Duplex</b>	TDD (Time Division Duplex)						
<b>Sensitividad (dBm) @ BER &lt; 10e-11 (20MHz)</b>	-87	-84	-80	-79	-73	-66	-62
<b>Velocidad de Tx (Mbps)</b>	9	12	18	24	36	48	54
<b>Modulación @ OFDM (Adaptiva)</b>	BPSK	QPSK	16QAM	64QAM			

Fig. 2.8 Características de la interfaz aire.

### **2.1.2.5 Servicios**

El RAD AIRMUX-200 brinda dos tipos de servicios para el transporte de datos: Ethernet y TDM (E1/T1).

#### *2.1.2.5.1 Servicios Ethernet*

- 1 o 2 interfaces Ethernet.
- 10/100BaseT con auto negociación (IEEE 802.3)
- Puente Ethernet capa 2.
- Auto aprendizaje hasta 2047 direcciones MAC (IEEE 802.1Q)
- Hasta 18Mbps netos de throughput simétrico
- Transparente a VLAN
- Latencia < 3msec
- Mecanismo de retroceso para menores pérdidas por conexión (ARQ rápido)

#### *2.1.2.5.2 Servicios TDM (E1/T1)*

- De 1 a 4 interfaces E1/T1 en el IDU
- Estándar E1/T1, cumple con estándares ITU-T
- Velocidad E1/T1
- Sensibilidad de umbral para BER <  $1 \times 10^{-11}$
- Retardo de una vía < 8msec
- Configuraciones de reloj avanzado.

## **2.2 TECNOLOGÍA OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEXING)**

Sus siglas en español significan Modulación por División Ortogonal de frecuencia. Es una técnica de transmisión multiportadora, la misma que divide el espectro disponible en muchas portadoras (subportadoras), cada una de ellas modulada por un tren de datos de baja velocidad.

Este tipo de técnica de acceso utiliza el espectro de manera mucho más eficiente que FDMA (Acceso Múltiple por división de frecuencia), pues cada portadora es ortogonal a las demás, permitiendo que las mismas puedan alojarse muy juntas sin el riesgo de que se interfieran entre sí.

Antes de continuar con la descripción de este tipo de tecnología se hará una breve descripción de la modulación digital utilizada, que es el paso previo a la modulación OFDM, método de acceso a la interfaz aire.

### **2.2.1 MODULACIÓN DIGITAL**

La transmisión en banda ancha es una técnica en la cual los datos son transmitidos usando una señal portadora (tal como una onda sinusoidal), la cual es modulada de acuerdo a la información digital (señal en banda base) que se desea transmitir, convirtiéndose la señal digital en una forma analógica para la transmisión. En el lado del receptor mediante el proceso de demodulación la señal recibida es convertida nuevamente al formato digital.

Mediante el proceso de modulación, la señal original (en banda base) se traslada desde la gama de frecuencias en banda base a la gama de frecuencias de la onda portadora.

El uso de frecuencias superiores proporciona mayores anchos de banda, lo que redundará en una capacidad superior. Así mismo usando modulación se puede

conseguir mayores alcances en la transmisión y, una radiación de la energía más efectiva.

La modulación digital es entonces el proceso de introducir en la amplitud, frecuencia, fase o una combinación de estos parámetros de una onda portadora, la información digital en banda base.

La modulación no necesariamente utiliza altas frecuencias, como en el caso de transmisión de señales moduladas por líneas telefónicas.

A continuación, los distintos tipos de modulación digital utilizados para OFDM:

#### **2.2.1.1 Modulación PSK (Phase Shift Keying)**

Es una modulación muy eficiente. Ampliamente utilizada en radio digital por sus características de amplitud constante, insensibilidad a variaciones de nivel, buen desempeño contra errores.

En la modulación PSK, es la fase de la portadora la que cambia de acuerdo a la señal binaria en banda base.

La expresión matemática que describe una señal modulada PSK es la siguiente:

$$f(t) = \cos \{W_c t + [b_n(t) \cdot \Delta\theta/2]\}$$

$b_n(t)$  = señal simétrica NRZ en banda base que toma los valores  $\pm 1, \pm 3 \dots$

$n$  = número de fases (potencias de 2).

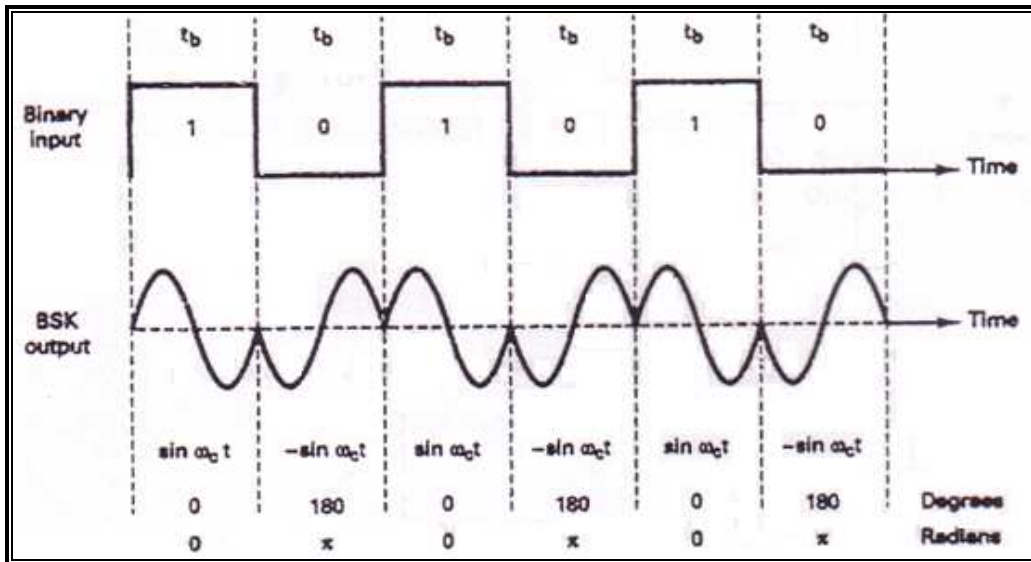
$W_c$  = frecuencia angular de la portadora.

$\Delta\theta = 2\pi/n$  = separación entre fases adyacentes.

Se tienen modulaciones de múltiples estados. Entre las más comunes: BPSK, QPSK, 8-PSK y 16-PSK.

#### **2.2.1.2 Modulación BPSK**

En este caso se tienen dos fases diferentes, asignándose una de ellas a los 1s y la otra a los 0s, la separación entre fases adyacentes es de 180 grados. En el dominio del tiempo la portadora modulada para el caso BPSK se vería como lo muestra la figura 2.9 [9].



**Fig. 2.9 Arriba: señal en banda base, abajo la misma señal ya modulada en BPSK**

Es muy ilustrativo representar la portadora modulada usando un diagrama de constelación, donde cada señal se representa por un punto, el cual corresponde al extremo del vector asociado en el diagrama fasorial. Tal diagrama para el caso BPSK se muestra en la figura 2.10 [10].



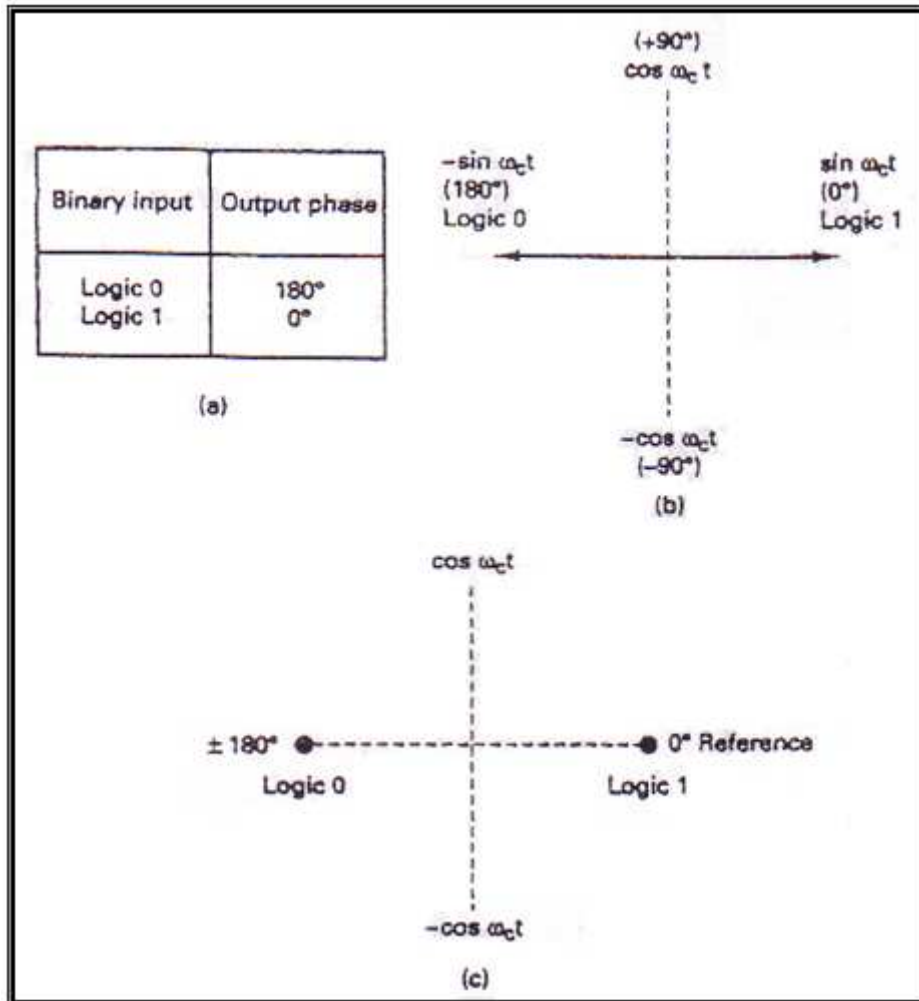
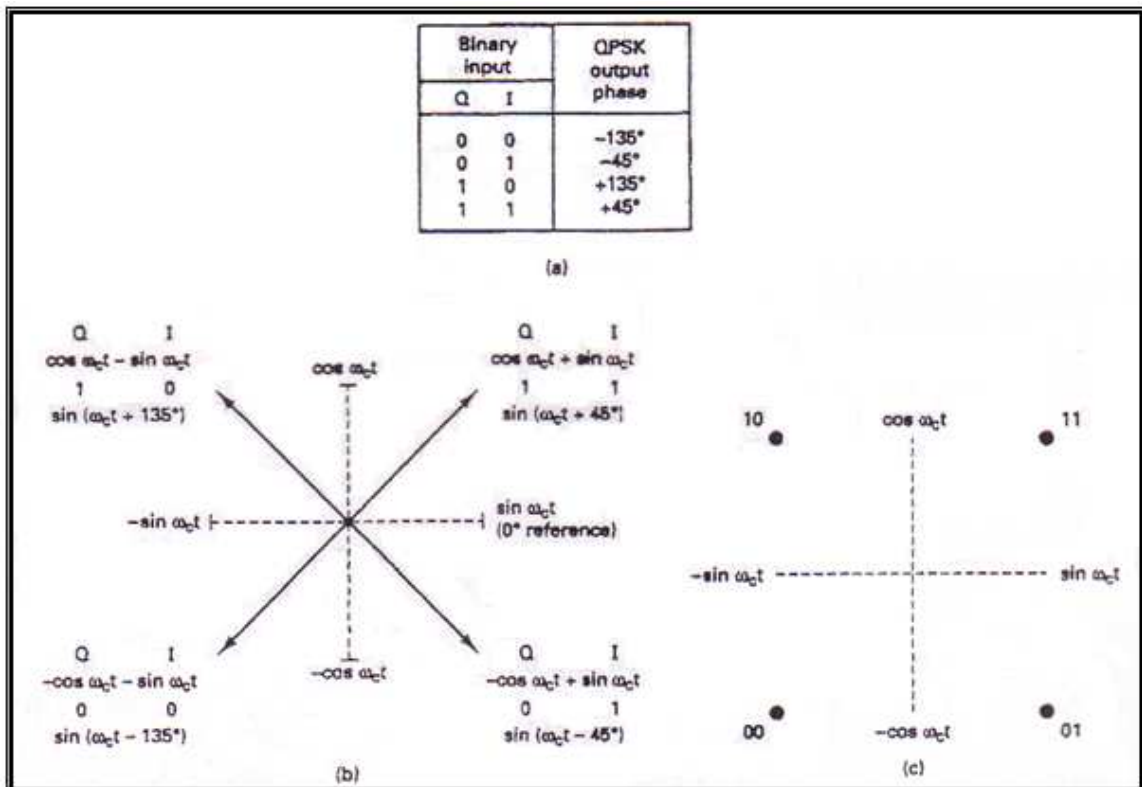


Fig. 2.10 (a) Señal modulada BPSK, (b) diag. Fasorial, (c) diag. De constelación

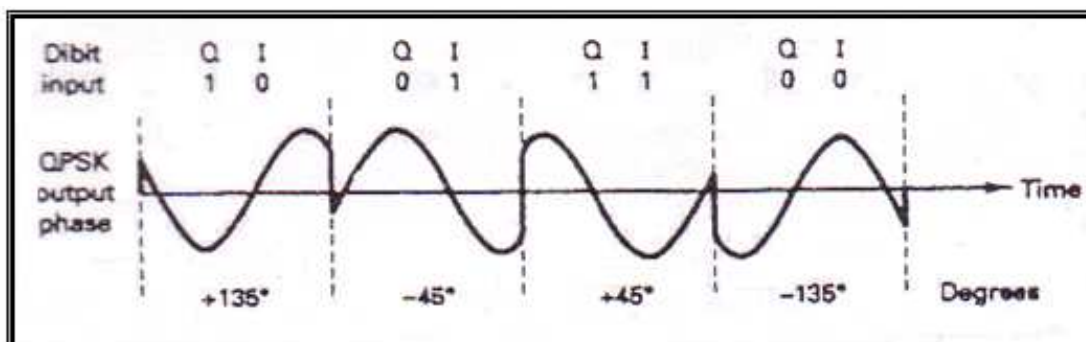
### 2.2.1.3 Modulación QPSK

Para una señal modulada QPSK el número de fases correspondientes es 4, cada una de ellas transmitirá dos bits y estarán separados 90 grados, tal como lo muestra el diagrama de constelación de la 2.11 <sup>[11]</sup>.



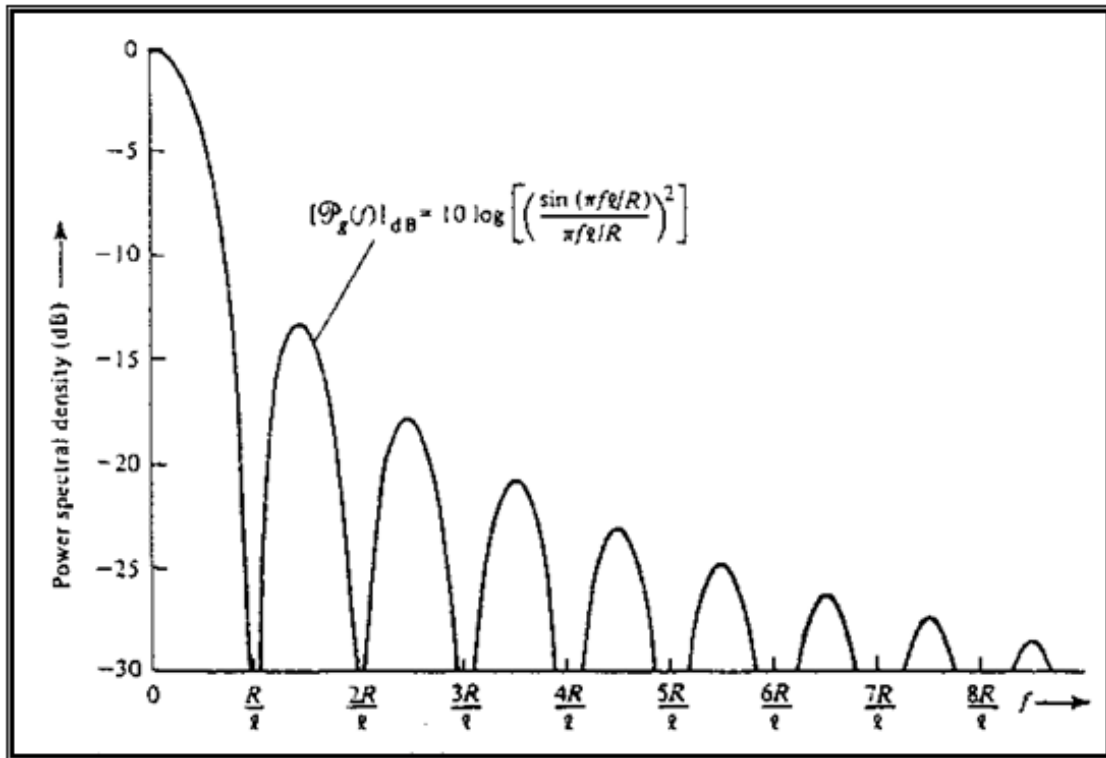
**Fig. 2.11 Modulación QPSK. (a) Fases, (b) diag. Fasorial, y (c) diag. De constelación**

La forma de la señal modulada QPSK en el dominio del tiempo sería como lo muestra la figura 2.12 [12].



**Fig. 2.12 Señal modulada QPSK en función del tiempo**

El espectro de una señal modulada en general MPSK tiene la misma forma que el de una señal BPSK; sin embargo a medida que aumenta el estado de la modulación (M), el primer anulamiento del espectro se reduce a  $1/\log_2 MT_b$ . Ver figura 2.13 [13].



**Fig. 2.13 Densidad espectral de potencia de una señal modulada MPSK (Para el caso del gráfico  $R$ =velocidad de transmisión ( $1/T_b$ ),  $M=2$  números de estados de modulación)**

De donde se observa que a mayor número de estados de modulación, la velocidad de modulación en baudios disminuye, y con ello el ancho de banda necesario.

Para una misma velocidad de transmisión, la modulación 8-PSK ocupa la tercera parte de ancho de banda que una señal 2-PSK, en tanto que una 4-PSK ocupa la mitad que una 2-PSK.

Dado que el error en cualquier sistema de modulación digital está fundamentalmente relacionado con la distancia entre puntos adyacentes en el diagrama de constelación, en un sistema MPSK la expresión general para la distancia entre puntos adyacentes viene dada por:

$$d = 2 \text{ Sen } (\pi/M)$$

Obviamente, la inmunidad de una modulación digital en general, y de la modulación MPSK en particular, frente a las perturbaciones aditivas (ruido) resulta mayor cuanto más separados están los puntos en el diagrama de constelación.

Resulta evidente que la tasa de bits errados (BER) baja si aumenta el radio de la circunferencia en la que se sitúan los puntos, sin embargo el hacerlo implica aumentar la relación S/N requerida, pero paralelamente aumentará la información contenida en la señal y disminuirá la velocidad de modulación y por ende el ancho de banda requerido.

#### **2.2.1.4 Modulación QAM**

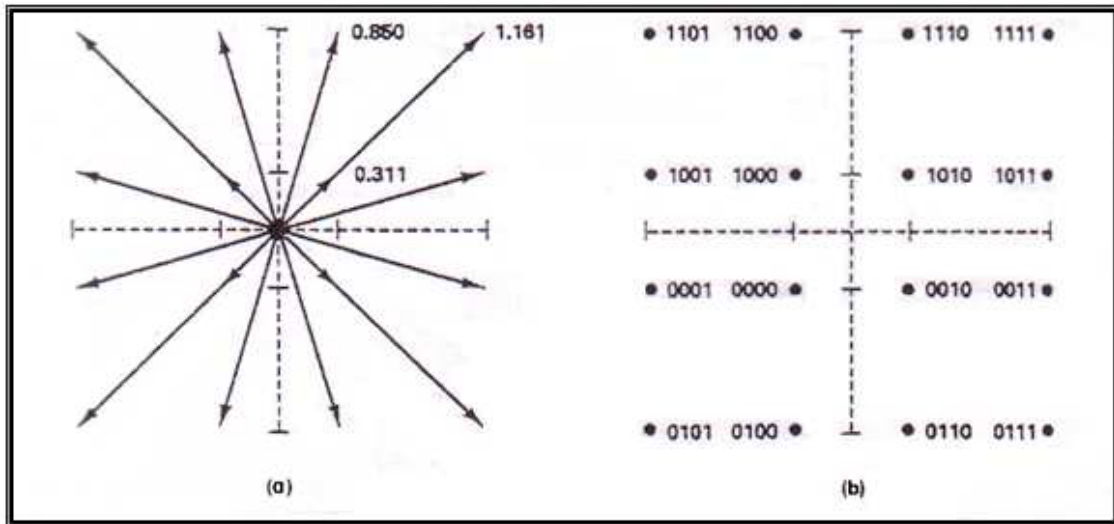
Una modulación QAM involucra la variación simultáneamente de dos parámetros de la onda portadora: amplitud y fase.

Es posible considerar a la modulación QAM como una extensión de la modulación PSK, donde las dos señales en banda base son generadas independientemente, en consecuencia se establecen dos canales en cuadratura completamente independientes.

Si se tienen 2 niveles en cada canal se tendría el caso de una señal 4 QAM que sería idéntico al caso 4 PSK. Sin embargo, sistemas QAM de mayor orden ( $M > 4$ ) son diferentes a los sistemas de múltiples fases PSK.

En contraste con la señal PSK, QAM no tiene envolvente constante, pues en QAM los niveles de cada canal son seleccionados independientemente.

En la figura 2.14 <sup>[14]</sup> se muestra (a) Diagrama fasorial y (b) Diagrama de constelación de una modulación 16 QAM.



**Fig. 2.14 Modulación 16 QAM (a) Diagrama fasorial, (b) Diagrama de constelación**

La característica de comportamiento frente al error de QAM y PSK es algo diferente. Así pues la distancia entre puntos adyacentes para una señal modulada M-QAM es:

$$d = 1.4142/(L-1)$$

L = número de niveles en cada eje, usualmente  $M = L^2$ .

Del análisis de las expresiones para la distancia entre puntos adyacentes en los diagramas de constelación tanto para MPSK como MQAM se concluye que para  $M > 4$  QAM tiene un mejor comportamiento frente al error que PSK. Así pues, el diagrama de constelación PSK tiene menor separación entre los puntos y mayor probabilidad de error.

Para un igual número de estados de modulación, los espectros de PSK y QAM son idénticos. De tal manera que la figura 2.13 representa por igual la densidad espectral de potencia para una señal modulada MQAM.

### **2.2.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES (OFDM)**

OFDM es un método de modulación digital en el cual cada señal se separa en varios canales de banda estrecha a diferentes frecuencias. La tecnología se concibió inicialmente en los años 60 y 70 para minimizar la interferencia entre canales cercanos, uno al otro en frecuencia.

En algunos aspectos, el OFDM es similar a la multiplexación por división de frecuencia tradicional (FDM), con la diferencia básica siendo la forma en que las señales se modulan y remodulan. La prioridad se le da a la minimización de interferencia o cruce entre los canales y símbolos en flujo de datos. Se le da menos importancia al perfeccionamiento de los canales individuales. La tecnología se presta para el envío de señales de televisión digital, y también se está considerando como una forma de obtener transmisión de datos a alta velocidad sobre las líneas convencionales de teléfono.

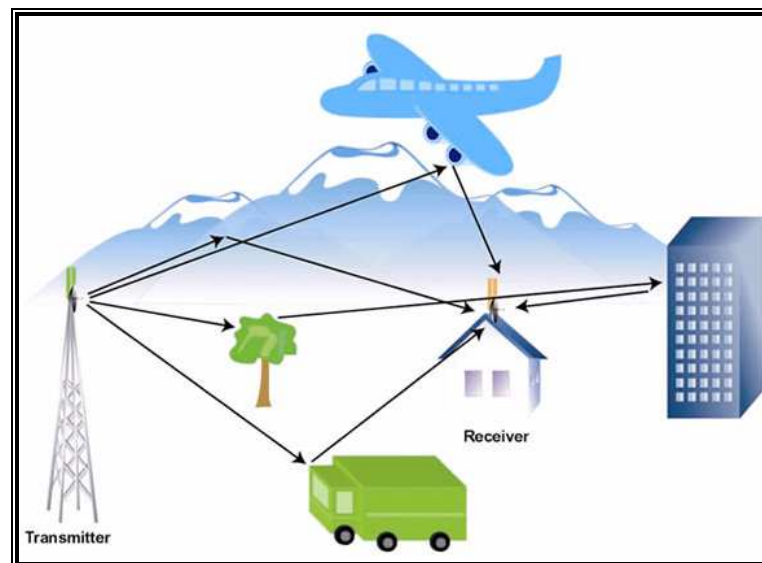
El éxito en la generación de las subportadoras se da en el cuidado que se tenga al controlar la ortogonalidad entre todas las subportadoras. El ancho de banda de la señal resultante es función de la velocidad de la señal de entrada y del esquema de modulación digital empleado, ya sea este BPSK, QPSK o QAM. Esta operación puede ser realizada en forma eficiente y sencilla utilizando IFFT (Inverse Fast Fourier Transform).

Es decir, es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferente frecuencia. Normalmente se realiza la modulación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, entonces esta modulación se denomina COFDM, del inglés Coded OFDM.

Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equi-espaciadas que forman una modulación OFDM, los procesos de modulación y demodulación se realizan en tiempo discreto mediante la IDFT y la DFT respectivamente.

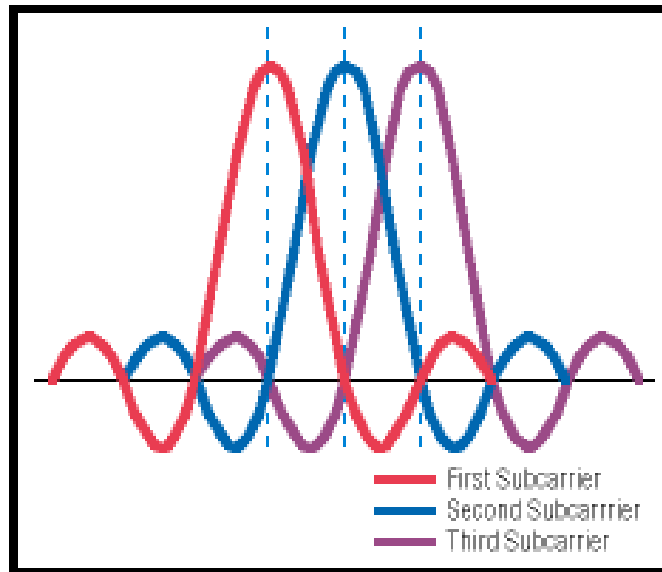
En OFDM, un único transmisor transmite en muchas frecuencias ortogonales (independientes) diferentes (típicamente docenas de cientos).

La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto (ver figura 2.15 <sup>[15]</sup>) que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente al desvanecimiento debido a las condiciones meteorológicas y frente a las interferencias de RF. Mejora el problema de interferencia multicamino, aumentando la eficiencia y optimizando el aprovechamiento del ancho de banda disponible. Debido a las características de esta modulación, las distintas señales con distintos retardos y amplitudes que llegan al receptor contribuyen positivamente a la recepción, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

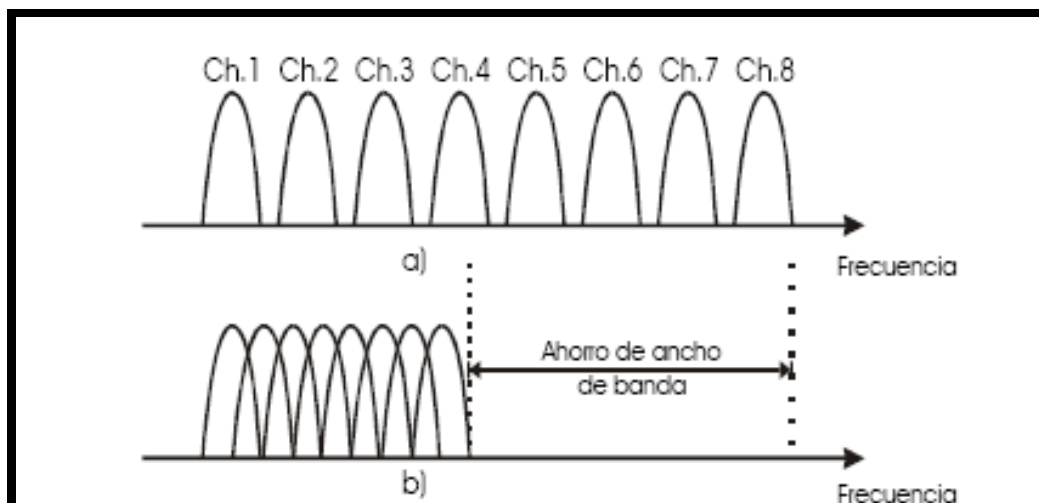


**Fig. 2.15 Modulación OFDM es muy robusta contra multitrayectos**

OFDM combina múltiples canales dentro de un solo canal con señales sobrelapadas, esto permite obtener un mayor throughput con menos requerimiento de ancho de banda (ver figura 2.16 <sup>[16]</sup> y 2.17 <sup>[17]</sup>).



**Fig. 2.16 El espectro de OFDM se traslapa**



**Fig. 2.17 a) Técnica multiportadora convencional, b) Modulación OFDM**



## **2.3 SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS NODOS**

La selección del mejor lugar para la instalación de los nodos es el paso más importante para el diseño del sistema de comunicaciones. Pues una correcta ubicación reflejará el desempeño de los enlaces.

El factor geográfico juega un papel muy relevante en este proceso, pues es necesario saber por dónde es más factible desplegar nuestra red de nodos, tanto por accesibilidad en cuanto a carreteras lo más cercanas posibles como por la prestación del servicio eléctrico del lugar escogido y lo que es más importante si satisface los requerimientos técnicos de radioenlaces para una correcta operación.

### **2.3.1 PARÁMETROS DE RADIOENLACE**

Las señales de radio viajan a través del espacio libre esencialmente en línea recta. Las comunicaciones terrestres, sin embargo, toman lugar a través de la atmósfera de la tierra que ocasiona que las señales no viajen en línea recta. Las señales de radio viajan más lento en un medio denso que en uno no tan denso. Por lo tanto las condiciones atmosféricas causan la refracción de las señales propiciando su curvatura con la distancia hacia la superficie de la tierra, provocando el desvanecimiento de la señal en la trayectoria debido a la atenuación en el espacio libre, las obstrucciones y las pérdidas por reflexiones. La atenuación en el trayecto se puede estimar dibujando un perfil de la trayectoria, considerando la curvatura de la tierra y determinando las alturas de las antenas lo suficiente para que la primera zona de Fresnel tenga un despeje de por lo menos un 60%. En casi todos los casos se puede tolerar algunas pérdidas por obstrucción, esto es, no siempre se necesita 60% de despeje si corresponde a una trayectoria rasante. Algunos radio enlaces pueden operar en

trayectoria rasante si el margen de desvanecimiento es suficiente para recuperar la señal y soportar la atenuación debida a los cambios atmosféricos.

### **2.3.1.1 Perfil topográfico**

Se lo obtiene a partir del levantamiento topográfico, mapas con curvas de nivel o mapas digitales y sirve para verificar si hay o no línea de vista entre dos antenas.

Para este diseño se ha utilizado el software Google Earth. Este software es gratuito y se lo puede obtener en Internet. Los atributos de este programa es que da la posibilidad que explorar cada rincón del planeta con su ubicación exacta, es decir coordenadas geográficas incluyendo la altura en que se encuentra el punto de interés. Además sus herramientas permiten calcular de manera muy sencilla la distancia entre dos puntos, acercamiento muy detallado y exploración en 3 dimensiones, de tal manera que es un complemento clave para la obtención de los perfiles topográficos.

### **2.3.1.2 Calculo de la primera zona de Fresnel**

La **zona de Fresnel** es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración en un enlace punto a punto, además de la visibilidad directa entre las dos antenas. La expansión de las ondas electromagnéticas en el espacio libre resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. El 60% restante se denomina **zona prohibida**. Para establecer las zonas de Fresnel primero debemos determinar la línea de vista (LOS), que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora el área elíptica que rodea el LOS es la zona de Fresnel. Ver figura 2.18 <sup>[18]</sup>.

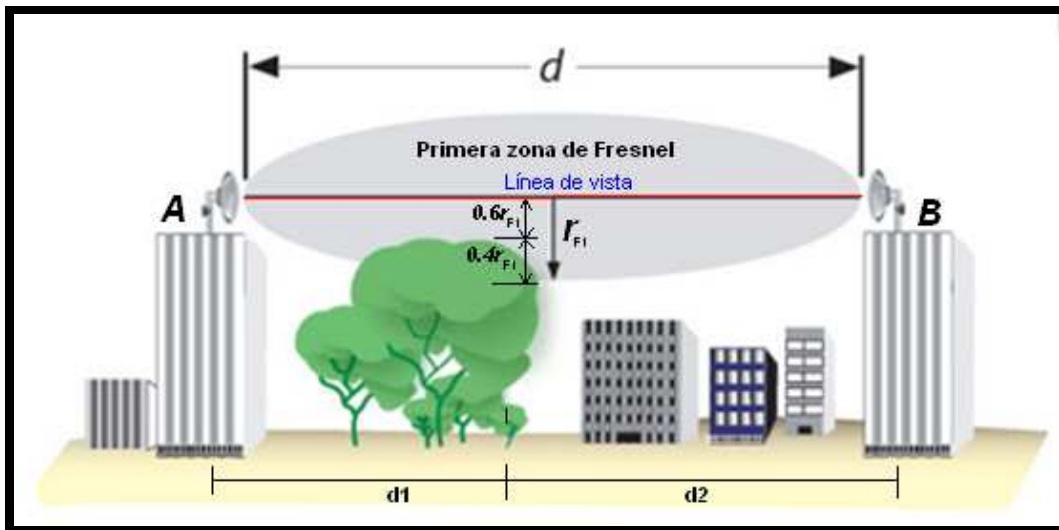


Fig. 2.18 Elipse de la Primera Zona de Fresnel

La ecuación para el cálculo de la primera zona de Fresnel es la siguiente:

$$r_{F1} = \sqrt{\frac{c \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot 10^3}{f \cdot d}} \quad (1)$$

Donde:

$r_{F1}$  = radio de la primera zona de Fresnel en [m]

$c$  = velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  [m/s]

$d$  = distancia total del enlace

$d_1$  = distancia a un extremo del trayecto al punto de medida en [Km]

$d_2$  = distancia complementaria,  $d_2 = d - d_1$  en [Km]

$f$  = es la frecuencia de operación en [Hz]

$r_{F1}$  = es máximo cuando  $d_1 = d_2$ , quedando la ecuación (1) así:

$$r_{F1} = \sqrt{\frac{c \cdot d \cdot 10^3}{4 \cdot f}} \quad (2)$$

Con respecto al cálculo de las zonas de Fresnel y el perfil topográfico, debemos también mencionar otra herramienta muy difundida en internet y que es de gran ayuda para el diseño de sistemas de comunicaciones inalámbricas, **Radio Mobile** que es un programa de simulación de radio-propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

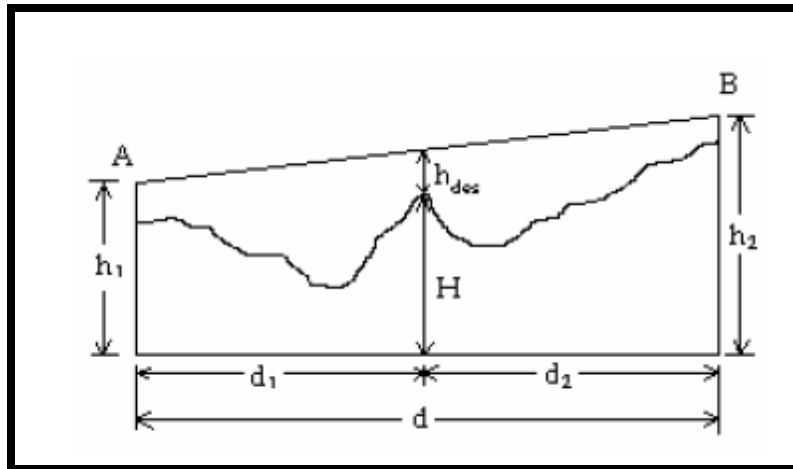
El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice.

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo. Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Misión* (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m) y Google Maps principalmente.

### 2.3.1.3 Margen de despeje

Cuando el rayo pasa cerca de un obstáculo o es interceptado por este, experimenta una pérdida debida a la difracción.

Se denomina *despeje* a la distancia  $h_{des}$  entre el rayo y el obstáculo. En la figura 2.19 se indican los parámetros que intervienen para el cálculo del margen de despeje sobre un obstáculo.



**Fig. 2.19 Despeje sobre un obstáculo.**

$h_{des}$  despeje sobre un obstáculo en [m].

$H$  altura del obstáculo [m].

$h_1$  altura del punto de transmisión [m].

$h_2$  altura del punto de recepción [m].

$d_1$  distancia desde el punto de transmisión al punto de cálculo [Km].

$d_2$  distancia desde el punto de cálculo al punto de recepción [Km].

$d$  distancia total del trayecto [Km].

En el perfil del trayecto de propagación de radioenlace, el margen de despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación y la arista del obstáculo se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - \left( H + \frac{d_1 d_2 10^3}{2Ka} \right) \quad [m] \quad (3)$$

Donde:

$K$  = Coeficiente del radio efectivo de la Tierra, este valor es igual a 4/3 para la atmosfera estándar.

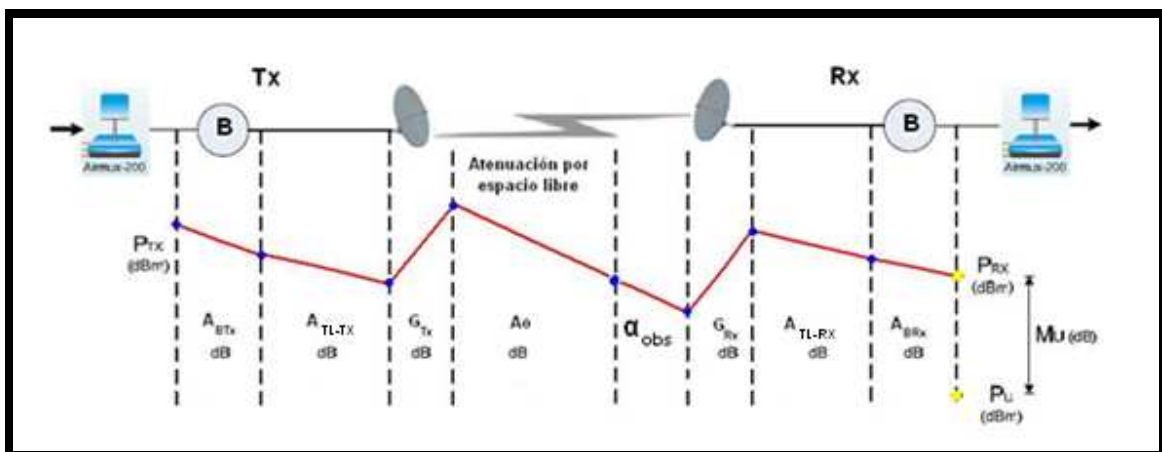
$a$  = Radio promedio de la Tierra igual a 6370 Km.

Los cálculos del margen de despeje se los realiza en el punto mas crítico; es decir, donde pueda existir obstrucción (punto de mayor altitud a lo largo de todo el trayecto).

En la práctica, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo ( $h_{des}$ ) sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel ( $r_1$ ) en el mismo punto, con lo cual se asegura que no exista obstrucción. Lo mencionado se puede expresar de la siguiente manera: si  $h_{des} \geq r_1 \rightarrow$  no existe obstrucción.

#### 2.3.1.4 Cálculo del desempeño

Este cálculo consiste en determinar la factibilidad del enlace en cuanto a potencia de recepción, tomando en cuenta el balance de ganancias y pérdidas producidas por los equipos y el medio de propagación. La figura 2.20 representa un radio-enlace con las respectivas ganancias y pérdidas de potencia que se presentan en todo el trayecto.



**Fig. 2.20 Esquema con los parámetros involucrados en el cálculo del desempeño.**

$P_{Tx}$  = Potencia de transmisión.

$A_{BTx}$  = Atenuación por branching en el transmisor.

$A_{TL-Tx}$  = Atenuación por líneas de transmisión en el lado del transmisor.

$G_{Tx}$  = Ganancia de la antena transmisora.

$A_0$  = Atenuación por el espacio libre.

$\alpha_{obs}$  = pérdidas por obstrucción de la señal.

$G_{Rx}$  = Ganancia de la antena receptora.

$A_{TL-Rx}$  = Atenuación por líneas de transmisión en el lado del receptor.

$A_{BRx}$  = Atenuación por branching en el receptor.

$P_{Rx}$  = Potencia de recepción.

$P_u$  = Potencia de umbral.

$M_u$  = Margen de umbral.

Para el cálculo del desempeño se requiere algunos datos de los equipos a utilizar, altura de antenas, distancia del trayecto y frecuencia de operación.

### **2.3.1.5 Pérdidas en la trayectoria**

El objetivo principal en el diseño de un radio enlace es entregar al receptor una señal con *nivel de potencia* adecuada para que éste sea capaz de recuperar la información con la mejor calidad posible. Para un sistema de transmisión de datos, este objetivo se especifica como un mínimo de tasa de error (BER). En el demodulador del receptor, el BER está en función de la relación señal a ruido (SNR). En realidad no se pierde energía alguna; tan solo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente.

Para el cálculo de la atenuación por el espacio libre ( $A_0$ ) hay que considerar distancia y la frecuencia; cuando se trata de un enlace punto a punto, se calcula de la siguiente manera:

$$A_o = 92.4 + 20 \log f \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} \text{ [dB]} \quad (4)$$

f = frecuencia en GHz

d = distancia del enlace en Km

### 2.3.1.6 Selección de la guía de onda o cable coaxial

Dependiendo de la frecuencia se selecciona el medio de alimentación de la antena. El cable coaxial se aplica hasta los 3 GHz y la guía de onda a partir de esta frecuencia, aunque en algunos casos esto puede variar según las especificaciones del fabricante. Cuando se utiliza guías de onda o líneas de transmisión, las pérdidas producidas por estas se calculan con la siguiente ecuación:

$$A_{WG/TL} = l \times A \text{ [dB]} \quad (5)$$

Donde:

l = Longitud de la guía de onda (m).

A = Atenuación de la guía de onda/línea de transmisión por unidad de longitud.

Cabe resaltar que A es provisto por el fabricante.

### 2.3.1.7 Potencia de Recepción ( $P_{Rx}$ )

Para el cálculo de la potencia en el receptor utilizamos la siguiente ecuación:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{BTx} - A_{WGTx} + G_{Tx} - A_o + G_{Rx} - A_{WGRx} - A_{BRx} \text{ [dBm]} \quad (6)$$

$P_{Tx}$  = potencia de transmisión [dBm]



ABTx, ABRx = atenuación de alimentador, de transmisión y recepción respectivamente [dB]

AWGTx, AWGRx = atenuación por guía de onda o cable coaxial, de transmisión y recepción respectivamente [dB]

GTx, GRx = ganancias de las antenas de transmisión y recepción [dB]

A<sub>o</sub> = pérdidas por espacio libre [dB]

### **2.3.1.8 Potencia Umbral (P<sub>U</sub>)**

La potencia umbral representa el valor de potencia recibida por el receptor que asegura una tasa de error BER de 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-6</sup>. El umbral de recepción generalmente es un dato del equipo.

### **2.3.1.9 Margen respecto al umbral (M<sub>U</sub>)**

Es el valor obtenido de la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia umbral del receptor y se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_U = P_{RX} - P_U \text{ [dB]} \quad (7)$$

En primera instancia se puede decir que P<sub>Rx</sub> debe ser mayor que P<sub>U</sub> para que funcione un radioenlace, esta es una condición necesaria pero no suficiente debido a que no garantiza que el valor de M<sub>U</sub> sea capaz de cubrir el desvanecimiento.

### **2.3.1.10 Margen de desvanecimiento**

Al propagarse una onda electromagnética por la atmosfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen efectos de corto y largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama *desvanecimiento* y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal. A esta pérdida se le llama *margen de desvanecimiento*.

El margen de desvanecimiento es un factor espurio que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la *propagación por trayectorias múltiples* y la *sensibilidad del terreno*. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema.

Al resolver las ecuaciones de confiabilidad de Barnett-Vignant se obtiene la siguiente ecuación para el margen de desvanecimiento (FM):

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10.\log (1-R) - 70 \quad (8)$$

<b>Efecto de</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Objetivos de</b>
<b>Constante</b>	<b>del terreno</b>	<b>confiabilidad</b>
<b>trayectoria</b>		
<b>múltiple</b>		

Donde:

FM = margen de desvanecimiento en dB.

d = distancia entre las antenas, Km.

f = frecuencia de operación, GHz

R = confiabilidad deseada

(1-R) = confiabilidad para una trayectoria de 400 km en un sentido.

A = factor topográfico.

4 sobre agua o sobre un terreno muy liso.

1 sobre un terreno promedio con alguna rugosidad.  
 1/4 sobre un terreno muy rugoso y montañoso.

B = Factor climático establecido en las peores condiciones meteorológicas hasta buen clima (clima despejado 25°C)

- 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual.
- ½ para áreas calientes y húmedas.
- ¼ para áreas continentales promedio.
- ⅛ para áreas muy secas o montañosas.

El objetivo de calidad se define como la confiabilidad del sistema y es el porcentaje de tiempo que un enlace no se interrumpe por consecuencia del desvanecimiento.

Para que el sistema diseñado cumpla el objetivo de calidad, se requiere que cumpla con la siguiente condición:

$$M_u \geq FM \quad (9)$$

### 2.3.2 UBICACIÓN DE LOS NODOS PARA EL PROYECTO

Luego de una laboriosa manipulación en el programa Google Earth para la exploración de áreas y seleccionar los sitios más adecuados y estratégicos para la instalación de los nodos necesarios para el trayecto, se obtuvo los siguientes puntos con sus respectivas coordenadas (ver tabla 2.21 y figura 2.22):

NOMBRE NODO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m.s.n.m.)
Buenos Aires	00° 8'57.21"S	78°27'31.54"O	2842,8
San Joaquín	00°04'50"N	78°13'40" O	3191
Porotog	00° 01'18.00"S	78° 08'10"O	3176,5
Santa Mónica	00° 07'35"N	78°12'19"O	3339,9

Imantag	00°21'4.76"N	78°16'45.32"O	2684
Ibarra	00°20'22"N	78°05'17"O	2923,8

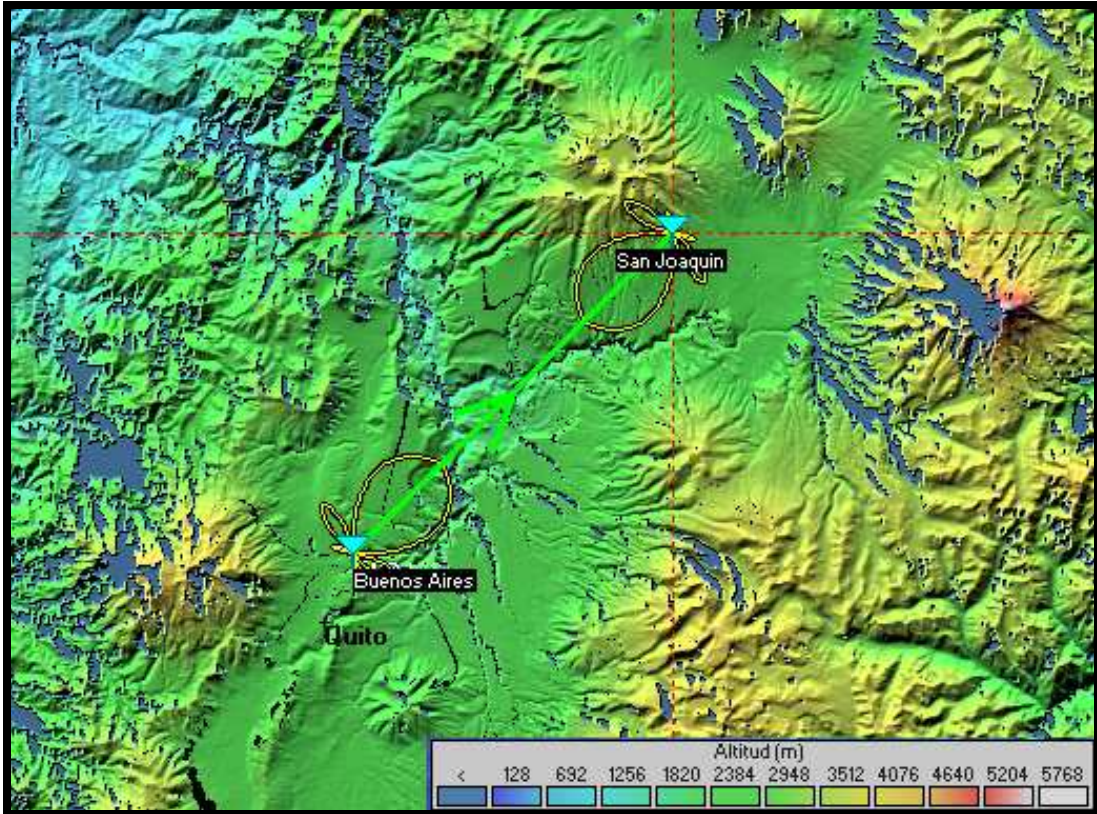
**Tabla 2.21 Coordenadas de ubicación de los nodos.**



**Fig. 2.22 Ubicación de puntos seleccionados para la ubicación de nodos** [Mapa tomado de Google Earth]

### 2.3.2.1 Trayecto 1: Buenos Aires-San Joaquín

La distancia de este trayecto es de 36,21 Km. El punto de origen es en el sector Buenos Aires situado al nororiente de la ciudad de Quito, el punto final esta ubicado a 4 Km. del norte de la ciudad de Tabacundo, específicamente en el sector de Mulapotrero. En la figura 2.23, el enlace traspasa un área bastante abierta por lo que no se tiene mayores obstáculos para la propagación de la señal.



**Fig. 2.23 Trayecto Buenos Aires San-Joaquín** [Mapa tomado de Radio Mobile]

### 2.3.2.1.1 Cálculos para el Trayecto 1

Pérdidas por espacio libre:

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \cdot \log (5.8) + 20 \cdot \log (36.21)$$

$$A_0 = 138.84 \text{ [dB]}$$

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching utilizando la antena plana integrada:

$$A_{LT} = l \times A \text{ [dB]}$$

No se tomarán en cuenta este tipo de atenuaciones, pues el equipo transmisor y receptor tienen una antena plana integrada al ODU, por lo que no haría falta ningún tipo de cable coaxial de RF o guía de onda.

$$A_{LTX} = A_{LTX} = 0 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTX} = A_{BRX} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} \text{ [dBm]}$$

$$P_{TX} = 23 \text{ [dBm]} \quad G_{TX} = G_{RX} = 22 \text{ [dB]}$$

$$P_{RX} = 23 + 22 - 138.84 + 22$$

$$P_{RX} = -71.84 \text{ [dBm]}$$

Potencia de Umbral:

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -87 [dBm].

$$P_U = -87 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{RX} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -71.84 - (-87)$$

$$M_U = 15.16 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10 \log (1-R) - 70$$

A = 1/4 sobre un terreno muy rugoso y montañoso.

B = 1/8 para áreas muy secas o montañosas.

R = confiabilidad deseada del 99.99%

A, B, f y R utilizados para todos los trayectos:

$$FM = 30 \log (36.21) + 10 \log (6.1/4. 1/8.5,8) - 10 \log (0.0001) - 70$$

$$FM = 17.12 \text{ [dB]}$$

No se cumple  $M_U \geq FM$ , con esta antena no se garantiza el enlace del trayecto 1.

Si utilizamos antenas planas externas de 28 dB de ganancia:

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching

$$A_{TLTX} = A_{TLRX} = 2 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTX} = A_{BRX} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{TLTX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - A_{TLRX} \text{ [dBm]}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 + 28 - 138.84 + 28 - 2$$

$$P_{RX} = -63.84 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{RX} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -63.84 - (-87)$$

$$M_U = 23.16 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 17.12 \text{ [dB]}$$

Se cumple  $M_U \geq FM$ , por lo que el enlace para el trayecto 1 esta garantizado para el nivel de confiabilidad deseado utilizando antenas planas externas con ganancia de 28 dB.

Ahora que sabemos la factibilidad del enlace, calculamos la confiabilidad real del sistema a partir de la ecuación (8) y  $M_U$ :

$$R = 1 - 10^{3 \log d + \log(6 A B f) - 7 - \frac{FM}{10}} \quad (10)$$

En la ecuación (10) reemplazamos FM por  $M_U$ , obteniendo así para el primer trayecto:

$$R = 1 - 10^{3 \log 36.21 + \log\left(6 \frac{11}{48} 5.8\right) - 7 - \frac{23.16}{10}}$$

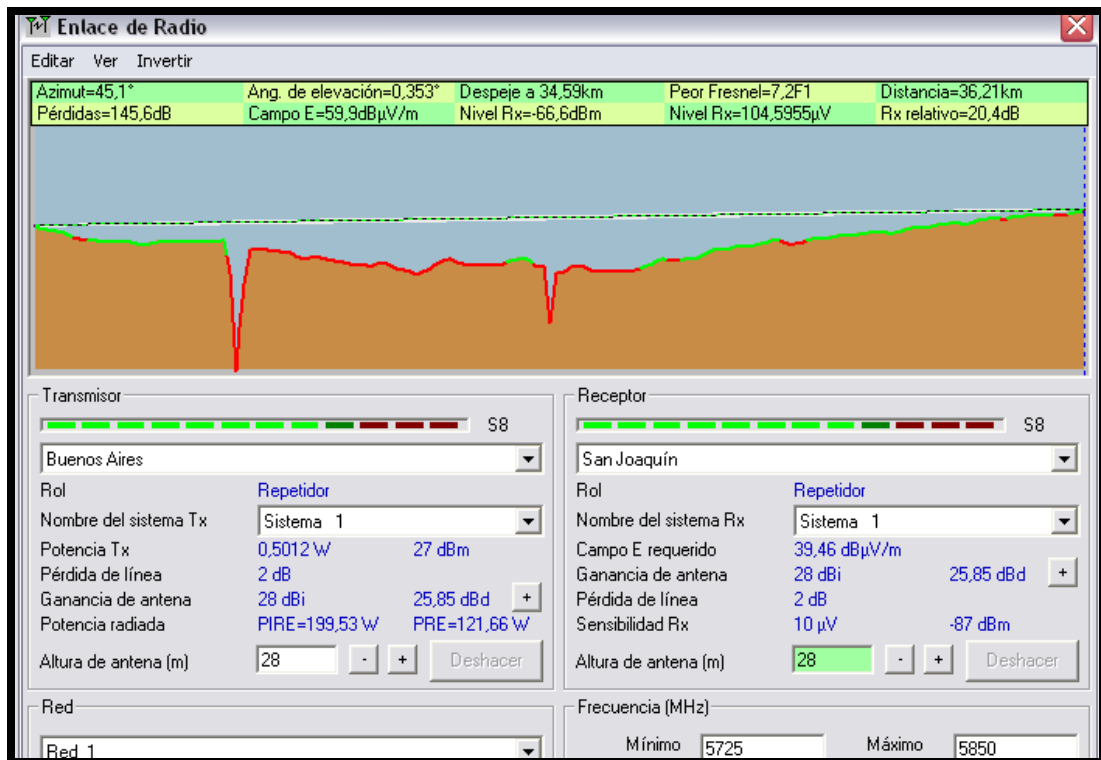
$$R = 99.9975\%$$

Para tener la información de radio-propagación, perfil topográfico, línea de vista y la primera zona de Fresnel, introducimos datos en el programa Radio Mobile tales como coordenadas de los dos puntos involucrados en el radio enlace, tipo altura y ganancia de la antena a utilizar, frecuencia, potencia de transmisión y sensibilidad de radios, los mismos que se detallaron en la sección 2.1 de este capítulo.

El primer esquema de perfil topográfico correspondiente al trayecto Buenos Aires-San Joaquín, en la figura 2.24, muestra 2 tipos de líneas:

- (-----), que corresponde a la línea de vista.
- Curvas blancas encima y debajo de la línea de vista que corresponden a la elipse de la primera zona de Fresnel. En algunos de estos gráficos esta curva no se distingue por que el radio puede ser muy pequeño.





**Fig. 2.24 Perfil topográfico trayecto Buenos Aires-San Joaquín** [Tomado de Radio Mobile]

Como se puede apreciar en la figura 2.24, los resultados muestran que no hay ningún tipo de obstrucción a la línea de vista ni a la primera zona de Fresnel.

### 2.3.2.2 Parámetros en la simulación con Radio Mobile:

**Potencia de Tx:** potencia de transmisión, en vatios [W] y [dBm].

**Pérdida de línea:** por cables y branching, en decibelios [dB].

**Ganancia de antena:** en dos formas:

- [dBi] con respecto a un radiador isotrópico, y
- [dBd] con respecto a un radiador dipolar de media longitud de onda, sin pérdida.

Recordemos que  $0 \text{ [dBd]} = 2.15 \text{ [dBi]}$

**Potencia radiada:** esta medición se da en dos maneras:

- *Potencia Efectiva Radiada Isotrópica (PIRE)*

Medida vatios [W], o en dBm = potencia a la entrada de la antena [dBm] + ganancia relativa de la antena [dBi].

- *Potencia Efectiva Radiada (PRE)*

Medida vatios [W], o en dBm = potencia a la entrada de la antena [dBm] + ganancia relativa de la antena [dBd].

**Campo E (eléctrico) requerido:** en el lado del receptor, medido en unidades logarítmicas E [dBμV/m]

Recordando que:  $E \text{ [dB}\mu\text{V/m]} = 74.77 + \text{PIRE [dBW]} - 20\log [r \text{ (Km)}]$

**Sensibilidad Rx:** mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), medida en [dBm]. También se puede ver este parámetro en términos de voltaje [μV], la misma que se deriva de la ecuación  $\text{Potencia} = \frac{\text{Tensión}^2}{\text{Impedancia}}$ ,

siendo en este caso:

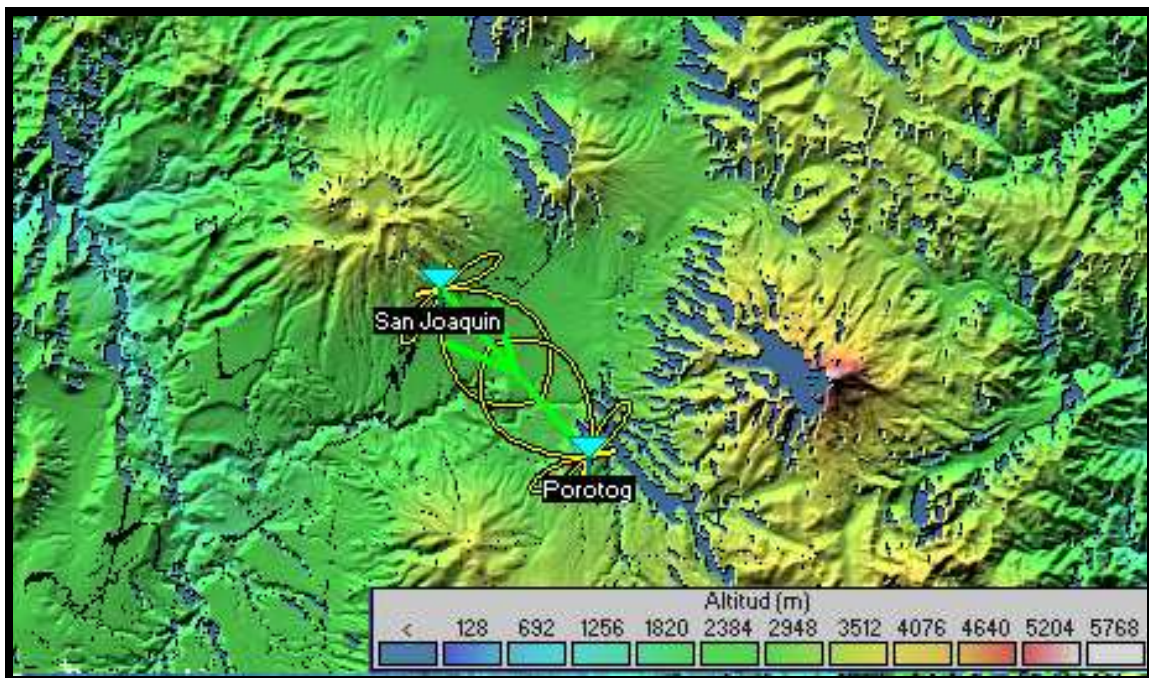
Potencia: la sensibilidad en vatios.

Impedancia: solo para el caso de sistema de antenas de 50 Ohm, según las especificaciones de Radio Mobile.

Además de los gráficos tomados del programa Radio Mobile, los cuales son presentados en este capítulo, en el Anexo B se incluyen datos tales como gráficos panorámicos en tres dimensiones de cada uno de los trayectos (tomados de Google Earth) y tablas del perfil topográfico en el que podemos apreciar claramente los puntos más relevantes del trayecto con distancia y altura, los mismos que nos sirven para el cálculo de la primera zona de Fresnel y el despeje.

### 2.3.2.3 Trayecto 2: San Joaquín-Porotog

La distancia de este trayecto es de 15.26 Km. En la figura 2.25 se muestra la ubicación geográfica de los puntos seleccionados para este trayecto, el mismo que atraviesa una zona plana sin elevaciones que sean críticas y que puedan obstruir la línea de vista. Porotog es una loma ubicada a 7 Km. al sur de la ciudad de Cayambe.



**Fig. 2.25 Vista del trayecto San Joaquín-Porotog.**

#### 2.3.2.3.1 Cálculos para el Trayecto 2

Pérdidas por espacio libre:

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \cdot \log (5.8) + 20 \cdot \log (15.26)$$

$$A_0 = 131.34 \text{ [dB]}$$

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching utilizando la antena plana integrada:

$$A_{LT} = l \times A \text{ [dB]}$$

No se tomarán en cuenta este tipo de atenuaciones, pues desde el ODU tiene una antena integrada, por lo que no haría falta ningún tipo de cable coaxial de RF o guía de onda.

$$A_{LTTx} = A_{LTRx} = 0 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTx} = A_{BRx} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} - A_o + G_{Rx} \text{ [dBm]}$$

$$P_{Tx} = 23 \text{ [dBm]} \quad G_{Tx} = G_{Rx} = 22 \text{ [dB]}$$

$$P_{Rx} = 23 + 22 - 131.34 + 22$$

$$P_{Rx} = -64.34 \text{ [dBm]}$$

Potencia de Umbral:

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -87 [dBm].

$$P_U = -87 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{Rx} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -64.34 - (-87)$$

$$M_U = 22.66 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10 \log (1-R) - 70$$

$$FM = 30 \log (15.26) + 10 \log (6.1/4. 1/8.5,8) - 10 \log (0.0001) - 70$$

$$FM = 5.87 \text{ [dB]}$$

Se cumple  $M_U \geq FM$ , por lo que el enlace para el trayecto 2 esta garantizado para el nivel de confiabilidad establecido, con las antenas planas integradas.

Calculamos la confiabilidad del sistema con la ecuación (10):

$$R = 1 - 10^{3 \log 15.26 + \log \left( 6 \frac{11}{48} 5.8 \right) - 7 \frac{22.66}{10}}$$

$$R = 99.9998\%$$

En la figura 2.26 se muestra el perfil topográfico de este trayecto. La simulación da resultados favorables para la propagación de la señal, pues la primera zona de Fresnel esta despejada al 100%.

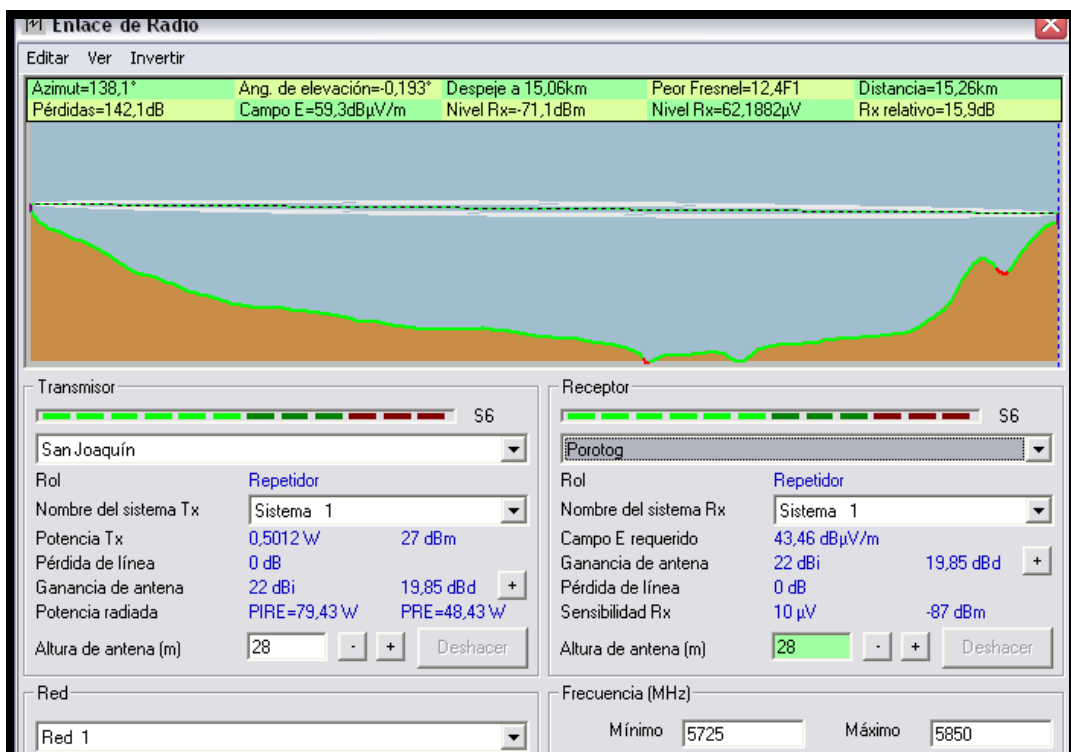


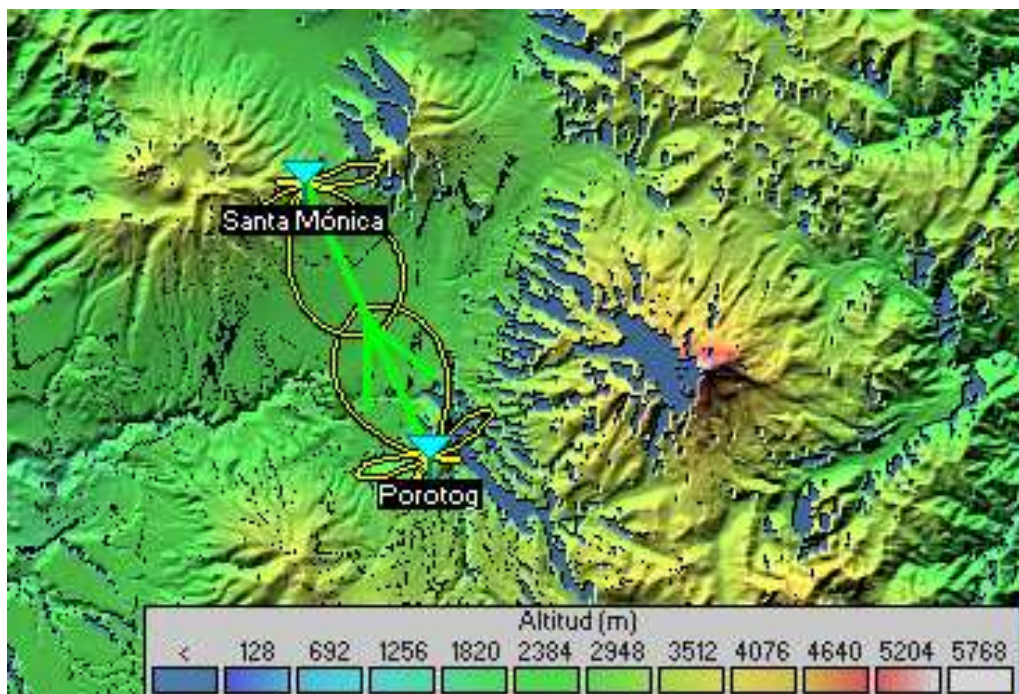
Fig. 2.26 Perfil topográfico trayecto San Joaquín-Porotog.

Además la figura 2.26 detalla con mayor claridad la elipse de curvas blancas, correspondientes a la primera zona de Fresnel.

Cabe resaltar que la ubicación de estos nodos será de gran importancia para el despegue comercial de Ecuonline en la zona, pues esta totalmente copado de un gran número de empresas agrícolas y lácteas, las mismas que podrían ser futuros clientes.

#### 2.3.2.4 Trayecto 3: Porotog-Santa Mónica

En la figura 2.27 se observa la ubicación de estos 2 nodos, los cuales estarán ubicados en los costados de la loma Porotog y en el caserío Santa Mónica en el sector de Pucará de Tupigachi respectivamente. El trayecto tiene una distancia de 18,16 Km, distancia con la cual se puede trabajar sin ningún inconveniente de acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos.



**Fig. 2.27 Vista del trayecto Porotog-Santa Mónica**

#### 2.3.2.4.1 Cálculos para el Trayecto 3

Pérdidas por espacio libre:

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log (5.8) + 20 \log (18.16)$$

$$A_0 = 132.85 \text{ [dB]}$$

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching utilizando la antena plana integrada:

$$A_{TL} = l \times A \text{ [dB]}$$

No se tomarán en cuenta este tipo de atenuaciones, pues desde el ODU tiene una antena integrada, por lo que no haría falta ningún tipo de cable coaxial de RF o guía de onda.

$$A_{TLTX} = A_{TLRX} = 0 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTX} = A_{BRX} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} \text{ [dBm]}$$

$$P_{TX} = 23 \text{ [dBm]} \quad G_{TX} = G_{RX} = 22 \text{ [dB]}$$

$$P_{RX} = 23 + 22 - 132.85 + 22$$

$$P_{RX} = -65.85 \text{ [dBm]}$$

Potencia de Umbral:

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -87 [dBm].

$$P_U = -87 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{Rx} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -65.85 - (-87)$$

$$M_U = 21.15 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10 \log (1-R) - 70$$

$$FM = 30 \log (18.16) + 10 \log (6.1/4. 1/8.5,8) - 10 \log (0.0001) - 70$$

$$FM = 8.14 \text{ [dB]}$$

Se cumple  $M_U \geq FM$ , por lo que el enlace para el trayecto 3 esta garantizado para el nivel de confiabilidad establecido, con las antenas planas integradas.

Calculamos la confiabilidad del sistema con la ecuación (10):

$$R = 1 - 10^{3 \log 18.16 + \log \left( 6 \frac{11}{48} 5.8 \right) - 7 - \frac{21.15}{10}}$$

$$R = 99.9995\%$$

La simulación del radio-enlace nos da resultados positivos para este trayecto; como se ve en la figura 2.28 no hay obstrucción alguna en la primera zona de Fresnel.



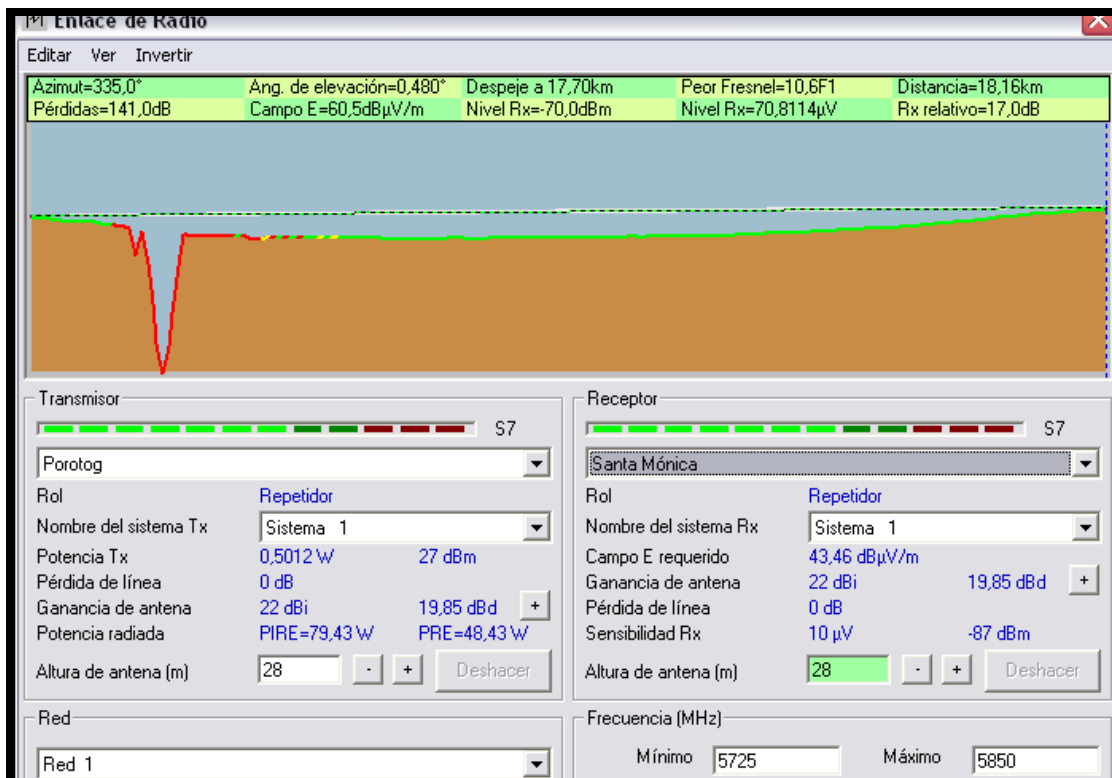


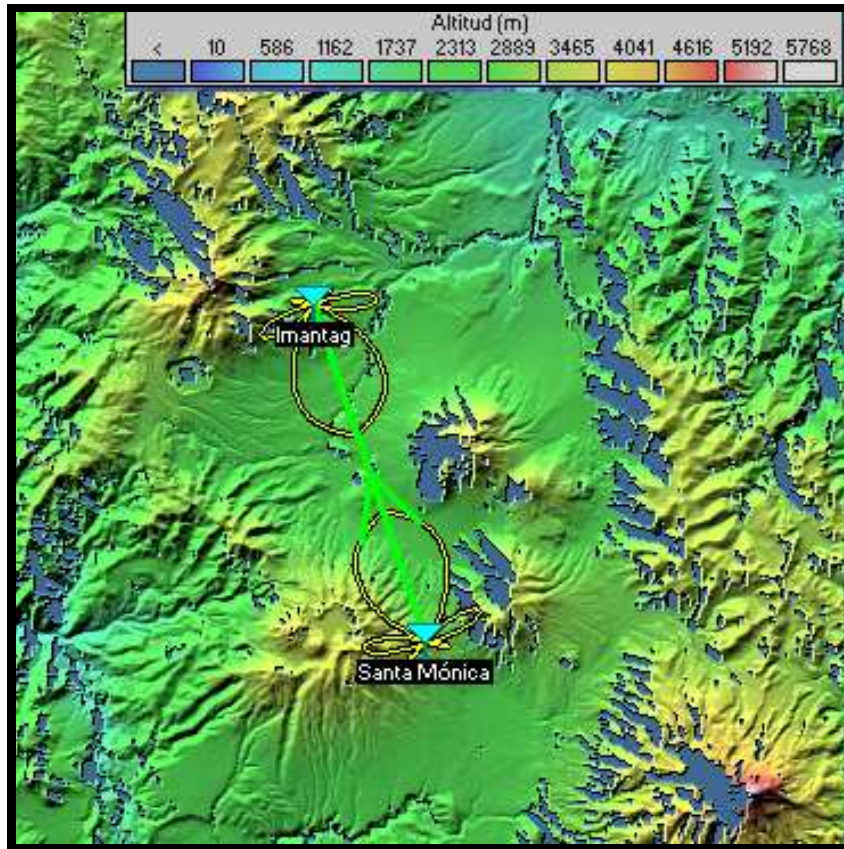
Fig.

## 2.28 Perfil topográfico del trayecto Porotog-Santa Mónica

### 2.3.2.5 Trayecto 4: Santa Mónica-Imantag

Este trayecto es uno de los más largos, llegando a los 26,31 Km. Con el nodo Imantag ya nos adentramos a la provincia de Imbabura, así pues, casi llegando al nuestro destino final en la ciudad de Ibarra.

Imantag es una loma ubicada en el lado Este de las estribaciones del volcán Cotacachi y a casi 6 Km al Norte de la ciudad del mismo nombre. Cabe resaltar también su cercanía con las ciudades de Iluman y Atuntaqui, siendo éste último un importante sector textil. La figura 2.29 muestra el despliegue de estos nodos.



**Fig. 2.29 Vista del trayecto Santa Mónica-Imantag**

*2.3.2.5.1 Cálculos para el Trayecto 4*

Pérdidas por espacio libre:

$$A_o = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_o = 92.4 + 20 \cdot \log (5.8) + 20 \cdot \log (26.31)$$

$$A_o = 136.07 \text{ [dB]}$$

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching utilizando la antena plana integrada:

$$A_{TL} = l \times A \text{ [dB]}$$

No se tomarán en cuenta este tipo de atenuaciones, pues desde el ODU tiene una antena integrada, por lo que no haría falta ningún tipo de cable coaxial de RF o guía de onda.

$$A_{TLTX} = A_{TLRX} = 0 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTX} = A_{BRX} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - A_o + G_{RX} \text{ [dBm]}$$

$$P_{TX} = 23 \text{ [dBm]} \quad G_{TX} = G_{RX} = 22 \text{ [dB]}$$

$$P_{RX} = 23 + 22 - 136.07 + 22$$

$$P_{RX} = -69.07 \text{ [dBm]}$$

Potencia de Umbral:

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -87 [dBm].

$$P_U = -87 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{RX} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -69.07 - (-87)$$

$$M_U = 17.93 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10 \log (1-R) - 70$$

$$FM = 30 \log (26.31) + 10 \log (6.1/4. 1/8.5,8) - 10 \log (0.0001) - 70$$

$$FM = 12.97 \text{ [dB]}$$

Se cumple  $M_U \geq FM$ , por lo que el enlace para el trayecto 4 está garantizado para el nivel de confiabilidad establecido, con las antenas planas integradas.

Calculamos la confiabilidad del sistema con la ecuación (10):

$$R = 1 - 10^{3 \log 26,31 + \log \left( 6 \frac{11}{48} 5,8 \right) - 7 \frac{17,93}{10}}$$

$$R = 99.9968\%$$

El esquema 2.30 muestra los resultados de la simulación de propagación y el perfil topográfico, siendo favorables para un buen desempeño de este radio-enlace.

Este trayecto no tiene elevaciones críticas que puedan obstruir la primera zona de Fresnel.

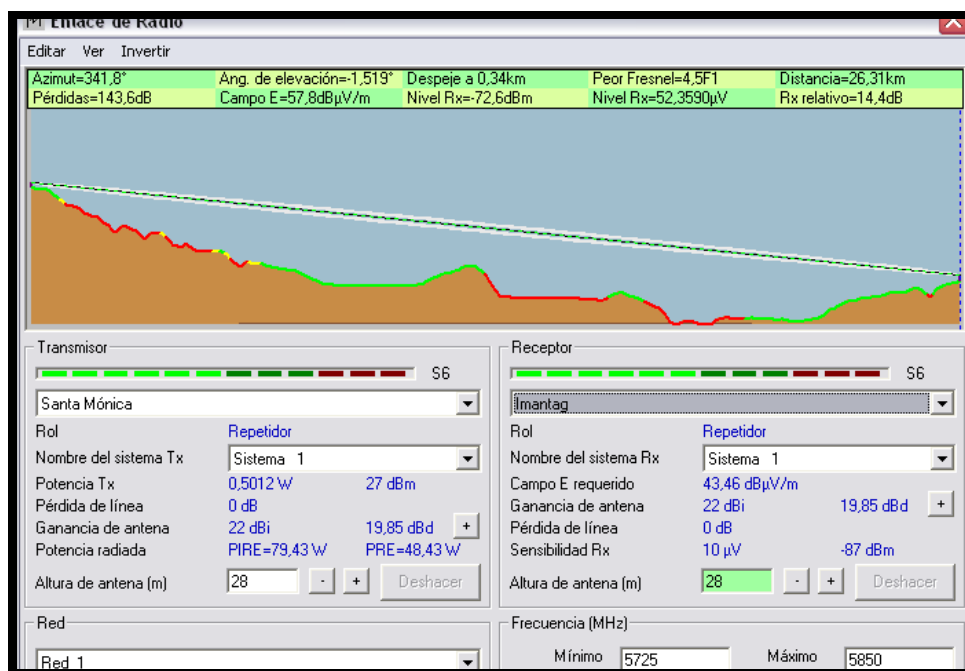


Fig. 2.30 Perfil topográfico del trayecto Santa Mónica-Imantag

### 2.3.2.6 Trayecto 5: Imantag-Ibarra

Después del análisis respectivo, el sector de Yura Crucita (2924 msnm.) en el lado oriental de Ibarra fue seleccionado como el más adecuado para la implementación del último nodo, el mismo que servirá para suministrar a la ciudad de Ibarra y sectores aledaños, la amplia gama de servicios de telecomunicaciones que Ecuonline ofrece, por medio de la instalación de antenas adicionales. El trayecto Imantag-Ibarra tiene una distancia de 21,29 Km. Ver figura 2.31.

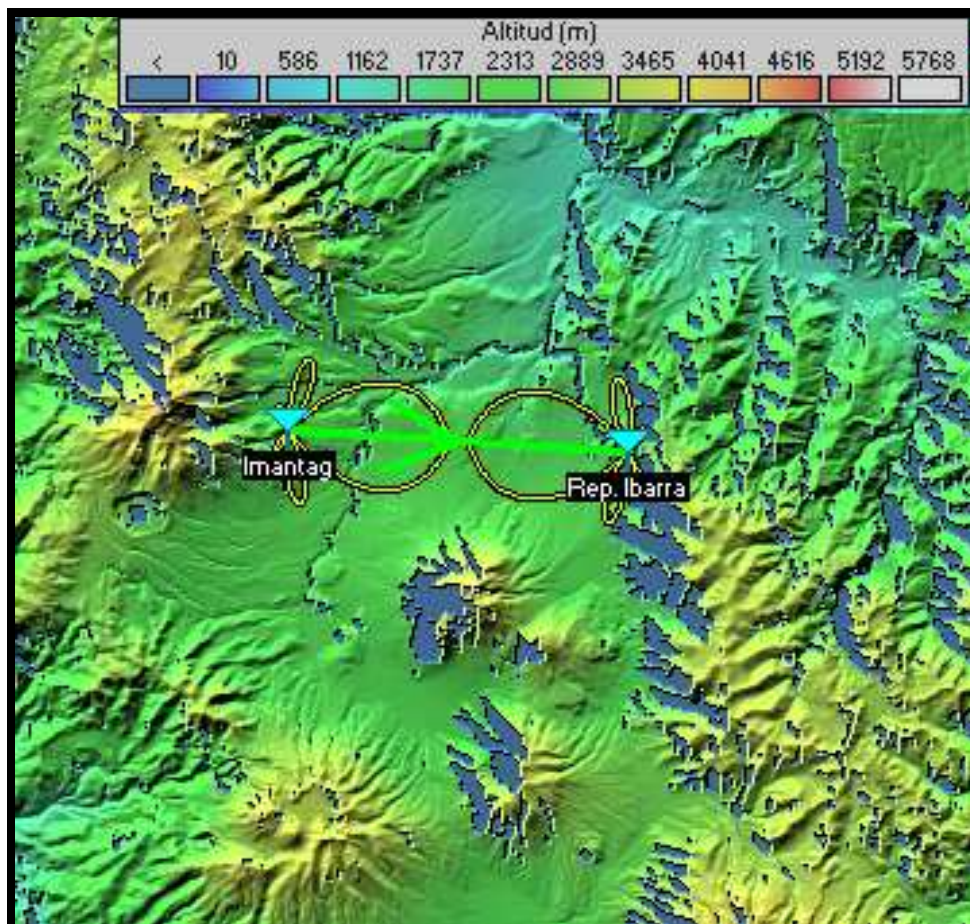


Fig. 2.31 Vista del trayecto Imantag-Nodo Ibarra

### 2.3.2.6.1 Cálculos para el Trayecto 5

Pérdidas por espacio libre:

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log (5.8) + 20 \log (21.29)$$

$$A_0 = 134.23 \text{ [dB]}$$

Pérdidas por guías de onda o cable coaxial y branching utilizando la antena plana integrada:

$$A_{WG} = l \times A \text{ [dB]}$$

No se tomarán en cuenta este tipo de atenuaciones, pues desde el ODU tiene una antena integrada, por lo que no haría falta ningún tipo de cable coaxial de RF o guía de onda.

$$A_{TLTX} = A_{TLRX} = 0 \text{ [dB]}$$

$$A_{BTX} = A_{BRX} = 0 \text{ [dB]}$$

Potencia de recepción:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} \text{ [dBm]}$$

$$P_{TX} = 23 \text{ [dBm]} \quad G_{TX} = G_{RX} = 22 \text{ [dB]}$$

$$P_{RX} = 23 + 22 - 134.23 + 22$$

$$P_{RX} = -67.23 \text{ [dBm]}$$

Potencia de Umbral:

La Potencia de Umbral según el catálogo del equipo es de -87 [dBm].

$$P_U = -87 \text{ [dBm]}$$

Margen de Umbral:

$$M_U = P_{Rx} - P_U \text{ [dB]}$$

$$M_U = -67.23 - (-87)$$

$$M_U = 19.77 \text{ [dB]}$$

Margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6.A.B.f) - 10 \log (1-R) - 70$$

$$FM = 30 \log (21.29) + 10 \log (6.1/4. 1/8.5,8) - 10 \log (0.0001) - 70$$

$$FM = 10.21 \text{ [dB]}$$

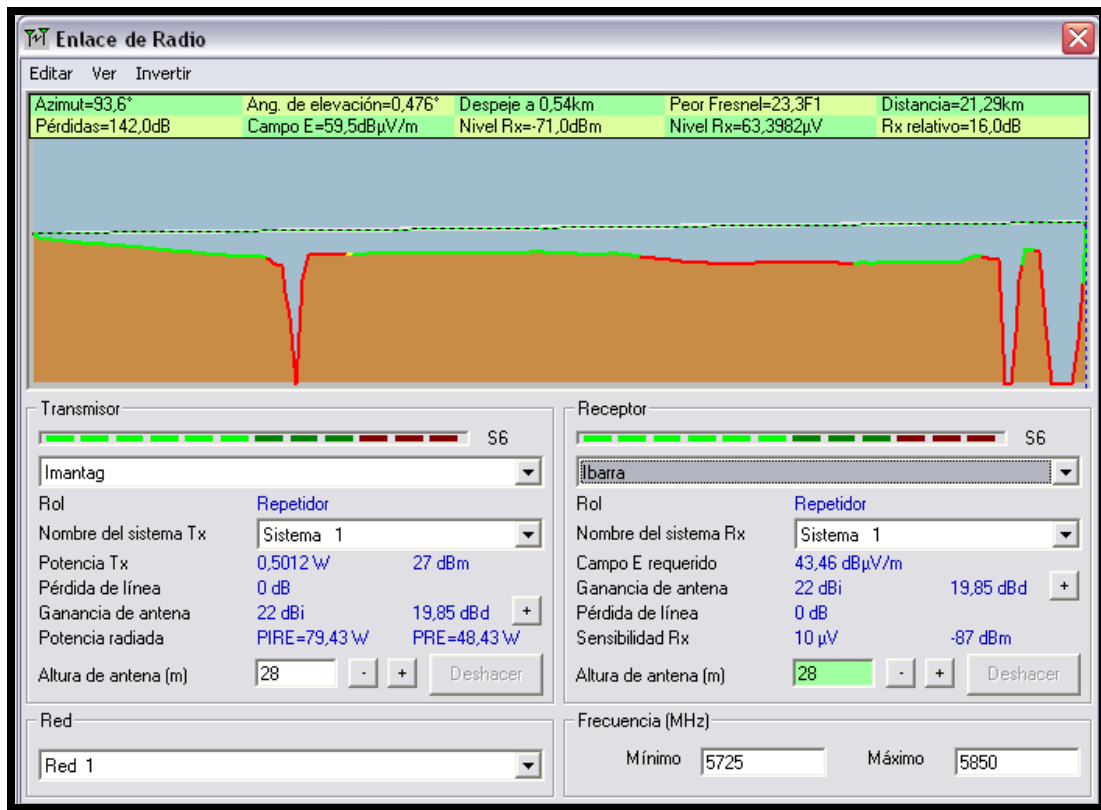
Se cumple  $M_U \geq FM$ , por lo que el enlace para el trayecto 5 esta garantizado para el nivel de confiabilidad establecido, con las antenas planas integradas.

Calculamos la confiabilidad del sistema con la ecuación (10):

$$R = 1 - 10^{3 \log 21.29 + 10 \log \left(6 \frac{11}{48} 5,8\right) - 7 - \frac{19,77}{10}}$$

$$R = 99.9989\%$$

Con la ayuda del programa Radio Mobile realizamos la simulación (ver figura 2.32) para ver el perfil topográfico y cerciorarnos si no hay obstrucción de la línea de vista ni de la primera zona de Fresnel.



**Fig. 2.32 Perfil topográfico del trayecto Imantag-Ibarra**

Como se pudo apreciar en la figura 2.32 no hay obstrucción alguna para la propagación.

### 2.3.3 RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA LINK BUDGET CALCULATOR

El Link Budget Calculator es una utilidad para calcular el desempeño esperado del enlace inalámbrico (propio para el sistema Airmux-200) y las posibles configuraciones para un rango de enlace específico.

Se puede ingresar los parámetros del enlace y combinarlos con otros de acuerdo a las necesidades que se tenga. Se escoge el modelo de equipo Airmux-200 escogido, tráfico a circular y las condiciones de propagación.



Esta herramienta esta disponible en la página web:

[http://www2.rad.co.il/new\\_site/budgetcalc/Link\\_Budget\\_calc.htm](http://www2.rad.co.il/new_site/budgetcalc/Link_Budget_calc.htm)

Esta herramienta se muestra tal como la figura 2.33 <sup>[19]</sup>:

Product	AirMux-200AIND/F58F/EXT/4T1
Channel / RFP / Frequency	20 MHz / Auto / 5.8 GHz
Rate	12Mb/s
Tx Power	23 dBm [ 9 - 23 ]
Tx Antenna Gain	28 dB
Rx Antenna Gain	28 dB
Cable Loss	1 dB
Fade Margin	17.12 dB
Tx Power EIRP	50 dBm / 100 Watt
Min Range	0.2 Km / 0.1 Miles
Max Range	64 Km / 39.8 Miles
Expected Performance	
Distance/Climate	36.21 Km / Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-62 dBm / 22 dB
Services	Ethernet Only
Ethernet Rate (Full Duplex)	3 Mb/s @ Ethernet Only
Recommended antenna height	22 Meter / 72 Feet
<input type="button" value="Calculate"/>	

**Fig. 2.33 Herramienta Link Budget Calculator**

### 2.3.3.1 Parámetros del Link Budget Calculator

En la figura 2.33 se pueden observar los siguientes parámetros:

Product: Producto, modelo del equipo Airmux-200 a ser utilizado.

Channel: Canal, Ancho de banda del canal de RF a usar (10, 15, 20 MHz).

RFP: Radio Frame Pattern, Tipo de trama de radio, sólo para sistemas HSS (Hub Site Synchronization).

Frequency: Frecuencia, 5.8GHz.

Rate: Velocidad de transmisión.

Tx Power: Potencia de Transmisión.

Tx Antenna Gain: Ganancia de la antena de transmisión.

Rx Antenna Gain: Ganancia de la antena de recepción.

Cable loss: Pérdida en cable coaxial.

Fade Margin: Margen de desvanecimiento.

Tx Power EIRP: Potencia EIRP de transmisión.

Min. Range: Rango mínimo del enlace en kilómetros.

Max. Range: Rango máximo del enlace en kilómetros.

Expected Performance, Desempeño esperado

Distance/Climate: Distancia / Clima

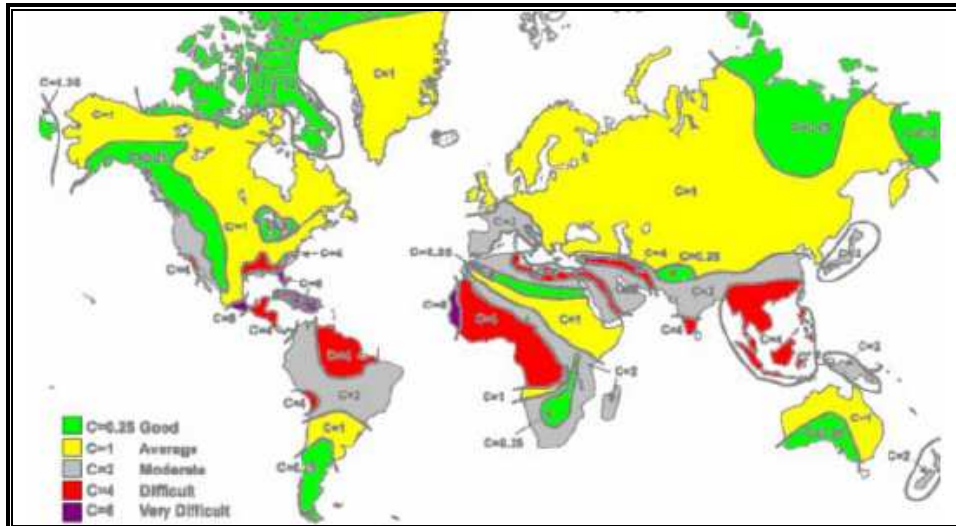
Expected RSS/Fade Margin: Expected Received Signal Strength, Intensidad esperada de la señal recibida en el receptor, medida dBm.

Services: Servicios, tráfico circulante, pueden ser E1/T1 o sólo Ethernet.

Ethernet Rate (Full Duplex): Velocidad de transmission Ethernet (en modo Full Duplex, doble sentido simultáneo).

Recommended Antenna Height: Altura de la antena recomendado.

El clima se escoge de acuerdo al gráfico 2.34 [20].



**Fig. 2.34 Mapa de condiciones geográficas mundiales**

A continuación los resultados de cada uno de los trayectos:

### 2.3.3.2 Trayecto Buenos Aires – San Joaquín: figura 2.35

Product	AirMux-200AIND/F58F/EXT/4T1
Channel / RFP / Frequency	20 MHz / Auto / 5.8 GHz
Rate	12Mb/s
Tx Power	23 dBm [ 9 - 23 ]
Tx Antenna Gain	28 dB
Rx Antenna Gain	28 dB
Cable Loss	1 dB
Fade Margin	17.12 dB
Tx Power EIRP	50 dBm / 100 Watt
Min Range	0.2 Km / 0.1 Miles
Max Range	64 Km / 39.8 Miles
Expected Performance	
Distance/Climate	38.21 Km / Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-62 dBm / 22 dB
Services	Ethernet Only
Ethernet Rate (Full Duplex)	3 Mb/s @ Ethernet Only
Recommended antenna height	22 Meter / 72 Feet
<b>Calculate</b>	

**Fig. 2.35 Resultados enlace Buenos Aires-San Joaquín.**

### 2.3.3.3 Trayecto San Joaquín – Porotog: figura 2.36

Product	AirMux-200/ODU-HE/F58F/INT		
Channel / RFP / Frequency	20 MHz	/ Auto	/ 5.8 GHz
Rate	12Mb/s		
Tx Power	23	dBm [ 9 - 23 ]	
Tx Antenna Gain	22	dB	
Rx Antenna Gain	22	dB	
Cable Loss	0	dB	
Fade Margin	8	dB	
Tx Power EIRP	45 dBm / 31.6 Watt		
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles		
Max Range	73 Km / 45.4 Miles		
Expected Performance			
Distance/Climate	15.28	Km	/ Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-64 dBm / 20 dB		
Services	Ethernet Only		
Ethernet Rate (Full Duplex)	3.8 Mb/s @ Ethernet Only		
Recommended antenna height	14 Meter / 46 Feet		
Calculate			

Fig. 2.36 Resultados enlace San Joaquín-Porotog.

### 2.3.3.4 Trayecto Porotog – Santa Mónica: figura 2.37

Product	AirMux-200/ODU-HE/F58F/INT		
Channel / RFP / Frequency	20 MHz	/ Auto	/ 5.8 GHz
Rate	12Mb/s		
Tx Power	23	dBm [ 9 - 23 ]	
Tx Antenna Gain	22	dB	
Rx Antenna Gain	22	dB	
Cable Loss	0	dB	
Fade Margin	8.14	dB	
Tx Power EIRP	45 dBm / 31.6 Watt		
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles		
Max Range	57 Km / 35.4 Miles		
Expected Performance			
Distance/Climate	18.16	Km	/ Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-66 dBm / 18 dB		
Services	Ethernet Only		
Ethernet Rate (Full Duplex)	3.7 Mb/s @ Ethernet Only		
Recommended antenna height	15 Meter / 49 Feet		
Calculate			

Fig. 2.37 Resultados enlace Porotog – Santa Mónica.

### 2.3.3.5 Trayecto Santa Mónica – Imantag: figura 2.38

Product	AirMux-200/ODU-HE/F58F/INT
Channel / RFP / Frequency	20 MHz / Auto / 5.8 GHz
Rate	12Mb/s
Tx Power	23 dBm [ 9 - 23 ]
Tx Antenna Gain	22 dB
Rx Antenna Gain	22 dB
Cable Loss	0 dB
Fade Margin	12.97 dB
Tx Power EIRP	45 dBm / 31.6 Watt
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles
Max Range	32 Km / 19.9 Miles
Expected Performance	
Distance/Climate	26.31 Km / Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-69 dBm / 15 dB
Services	Ethernet Only
Ethernet Rate (Full Duplex)	3.4 Mb/s @ Ethernet Only
Recommended antenna height	18 Meter / 59 Feet
Calculate	

Fig. 2.38 Resultados enlace Santa Mónica-Imantag.

### 2.3.3.6 Trayecto Imantag – Ibarra: figura 2.39

Product	AirMux-200/ODU-HE/F58F/INT
Channel / RFP / Frequency	20 MHz / Auto / 5.8 GHz
Rate	12Mb/s
Tx Power	23 dBm [ 9 - 23 ]
Tx Antenna Gain	22 dB
Rx Antenna Gain	22 dB
Cable Loss	0 dB
Fade Margin	10.21 dB
Tx Power EIRP	45 dBm / 31.6 Watt
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles
Max Range	45 Km / 28 Miles
Expected Performance	
Distance/Climate	21.29 Km / Average (C=1)
Expected RSS / Fade Margin	-67 dBm / 17 dB
Services	Ethernet Only
Ethernet Rate (Full Duplex)	3.5 Mb/s @ Ethernet Only
Recommended antenna height	17 Meter / 56 Feet
Calculate	

Fig. 2.39 Resultados enlace Imantag-Ibarra.

### 2.3.4 RESUMEN TÉCNICO DE LOS ENLACES

A continuación la tabla 2.40 muestra un resumen de los enlaces de todos los trayectos:

ENLACE	Distancia [Km]	P <sub>Tx</sub> [dBm]	G <sub>Tx,Rx</sub> [dBi]	A <sub>o</sub> [dB]	A <sub>LT</sub> [dB]	P <sub>Rx</sub> [dBm]	P <sub>U</sub> [dBm]	M <sub>U</sub> [dB]	FM [dB]	Ancho de Banda disponible [Mbps]	R [%]
Buenos Aires-San Joaquin	36.21	27	28	138.84	4	-71.84	-87	23.16	17.12	12	99.9975
San Joaquin-Porotog	15.26	27	22	131.34	0	-64.34	-87	22.66	5.87	12	99.9998
Porotog-Santa Mónica	18.16	27	22	132.85	0	-65.85	-87	21.15	8.14	12	99.9995
Santa Mónica-Imantag	26.31	27	22	136.07	0	-69.07	-87	17.93	12.97	12	99.9968

Tabla 2.40 Resumen de enlaces.

## **CAPÍTULO 3**

### **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RADIO-BASES**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo hace referencia a los requerimientos para la instalación de los equipos Rad Airmux-200, antenas utilizadas, obra civil, cables, equipos de energía de respaldo y protección eléctrica, switches de distribución y demás complementos que se necesitarían para el montaje y configuración de las radio-bases o nodos de este diseño.

Se presentará información necesaria para la configuración y administración de los equipos Rad Airmux-200 y del switch de distribución instalados en la radio-base.

Además se estimará el presupuesto económico para la implementación de este diseño.

Es necesario mencionar que la implementación de las seis radio-bases es similar en todos los casos, pues al ser secciones troncales o de backbone todas tendrán las mismas funciones y equipos, existiendo ciertas excepciones en los dos nodos extremos donde empieza y termina la ampliación del backbone, posteriormente se explicará esta particularidad.

#### **3.2 INFRAESTRUCTURA DE LAS RADIO-BASES**

Anticipado a lo que sería la instalación y montaje de todos los equipos necesarios para establecer un radio-enlace punto-punto, será imprescindible contar con un área sobre la cual ubicar una torre, la misma que será construida y diseñada de manera técnica por ingenieros civiles, pues hay que evitar en lo máximo movimientos de antenas por causa de ráfagas de viento que podrían presentarse,

las mismas que causarían pérdidas en la comunicación debidas a la ausencia de la línea de vista entre las dos antenas, así como también precautelar los equipos contra descargas eléctricas atmosféricas.

Parte del proceso de selección de la mejor ubicación donde serían construidas las torres de comunicación, fue hacer una inspección del sitio y aprobar la factibilidad para un normal funcionamiento de estas, pues como ya se había mencionado en el capítulo 2, se consideraban aptos los sitios que tuvieran acceso a energía eléctrica, seguridad y que estuvieran cercanas en lo posible a carreteras. Además se conversó con los dueños de los lugares involucrados para ver si estarían dispuestos a alquilar el sitio para la construcción de la torre con su respectiva caseta donde se guardarían los equipos que necesitan estar protegidos de las inclemencias del clima (tal como inversores, IDU y switches); después de una negociación e indicarles los beneficios que traería esta inversión los propietarios de los terrenos nos mostraron su consentimiento.

### **3.2.1 TORRE VENDEADA**

Un tipo de torre apta para aplicaciones de radiocomunicaciones, enlaces microondas, enlaces inalámbricos, sistemas punto-punto, enlaces de datos y cámaras de observación es la de tipo T-25. Ver figura 3.1.

Esta torre tiene las siguientes características:

- Tramo de torre de 3mts de altura.
- Tubo galvanizado, peldaños tipo "L".
- Medida interior: 25x25x25cms.
- Promedio de tramos apilables: 10 tramos (30mts).
- Tensores, anclas y cables de acero.
- Pararrayos
- Baliza





**Fig. 3.1 Vista de una torre venteadada**

La estructura de la torre podemos observarla en la figura 3.2 <sup>[1]</sup>:



**Fig. 3.2 Estructura de una torre de comunicaciones venteadada**

Sobre esta estructura se montarán las antenas, cables de red, alimentación eléctrica y los respectivos soportes y tornillos.

Hay que resaltar que los cables de viento (tensores) deben todos tener la misma tensión. Los puntos de anclaje y sus ángulos, vistos desde el centro de la torre, deben estar tan espaciados como sea posible.

### **3.2.2 PUESTA A TIERRA**

Realizar una instalación de tierra adecuada no tiene por qué ser una tarea complicada. Se persiguen dos objetivos: proveer un cortocircuito a tierra en caso de que caiga un rayo, y proveer un circuito para que la energía estática excesiva sea disipada.

El primer objetivo es proteger el equipo de la caída directa o casi directa de un rayo, mientras que el segundo provee un camino para disipar el exceso de energía debida a la acumulación de electricidad estática. La estática puede causar una degradación significativa de la calidad de la señal, particularmente en receptores sensibles. Establecer un cortocircuito a tierra es sencillo. El instalador simplemente debe proveer un camino lo más corto posible desde la superficie conductora más alta (un pararrayos) hasta la tierra. Cuando un rayo impacta el pararrayos, la energía viaja por el camino más corto, y por lo tanto va a eludir el equipamiento. Este cable a tierra debe ser capaz de manejar corrientes grandes (se necesita un cable grueso, como un cable de cobre trenzado AWG 8). Para poner a tierra al equipamiento, hay que instalar un pararrayos más arriba del equipo a proteger en una torre u otra estructura. Luego utilizar un cable conductor grueso para conectar el pararrayos a algo que esté sólidamente conectado a tierra. Los caños o tuberías metálicas subterráneas pueden ser una muy buena tierra (dependiendo de su profundidad, la humedad, salinidad, cantidad de metal y contenido orgánico del suelo). En muchos lugares las tuberías no están enterradas, y el equipamiento de tierra mencionado a menudo es inadecuado debido a la mala conductividad del suelo (típico de suelos tropicales estacionalmente áridos).

Si la tierra no es eficiente hay que tener que enterrar una jabalina (estaca) a mayor profundidad (donde el suelo es más húmedo, y tiene más materia orgánica y sales), o mejorar la conductividad de la tierra. Un enfoque común en donde hay poco suelo es excavar un pozo de 1 metro de diámetro y 2 metros de profundidad, y colocar en él una pieza de metal conductor que tenga mucha masa. Esto a menudo se denomina **plomo** pero puede ser cualquier pieza de metal que pese 0,5 kg o más, tales como un yunque de hierro o una rueda de acero. Luego rellenar el agujero con carbón mezclado con sal, y después llenarlo hasta el tope con tierra. Humedecer el área, el carbón y la sal se difundirán generando una zona conductora alrededor del plomo, mejorando de esta forma la eficiencia de la tierra.

Si se usa cable coaxial entre la antena y el radio, conectar a tierra el cable coaxial, simplemente pelando un poco del revestimiento del cable en el punto más cercano a la tierra, conectar un cable de tierra en ese punto, usando un buen conector o soldadura.

### **3.2.3 INSTALACIÓN DEL EQUIPO RAD AIRMUX-200**

Para la instalación de este sistema básicamente se seguirán los siguientes pasos:

1. Conexión el ODU con el IDU.
2. Instalación el software de administración.
3. Conexión a la fuente de energía.
4. Iniciar el programa de administración sobre la estación de administración de la red o una laptop.
5. Alineación de los ODUs.
6. Cálculos del throughput resultante.
7. Instalación total del enlace
8. Conexión el equipo de usuario a los IDUs local y remoto.

En la figura 3.3 <sup>[2]</sup> se ilustra una instalación típica del Airmux-200 con una antena externa.

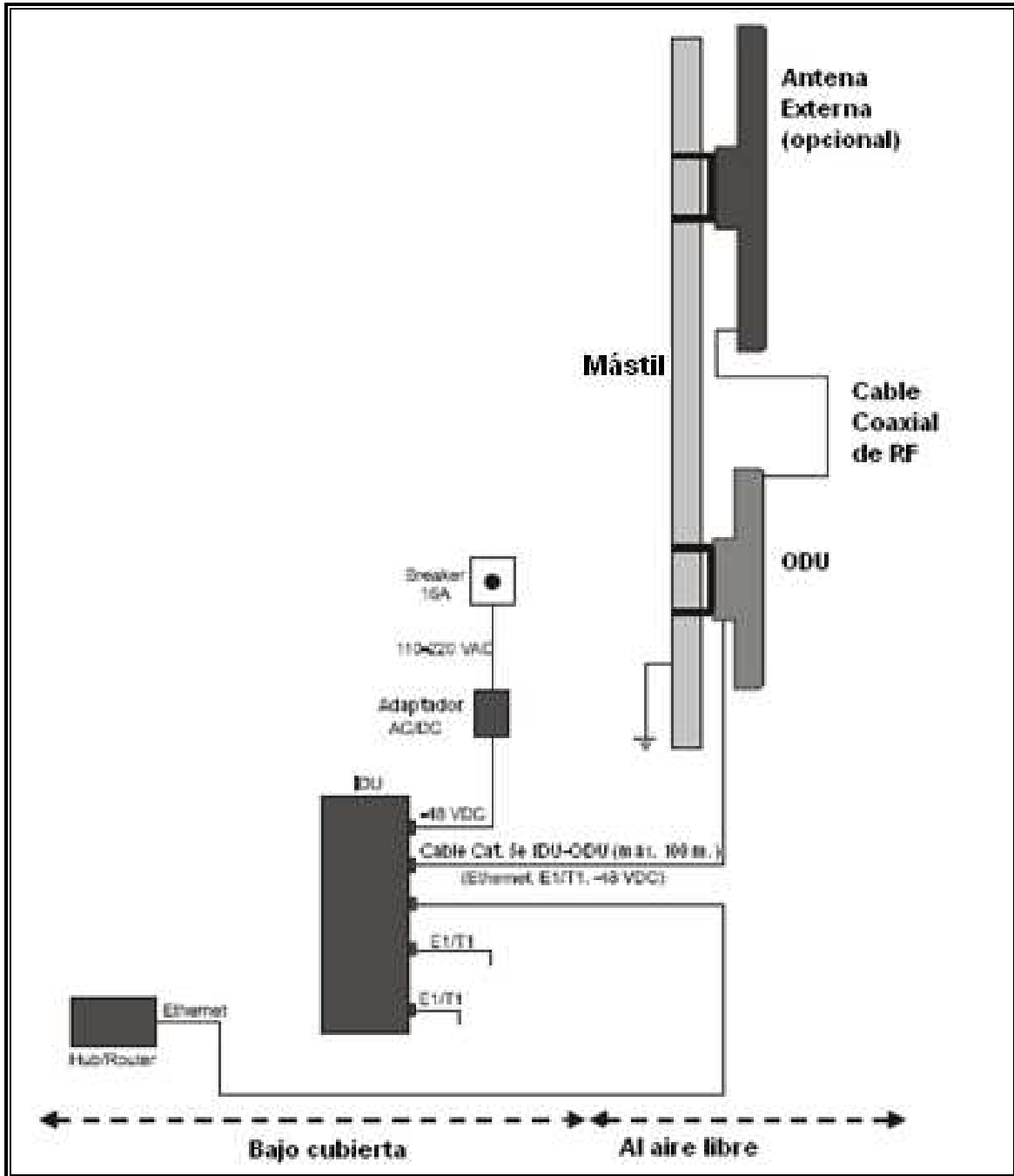


Figura 3.3 Diagrama de instalación

### 3.2.3.1 Conexión entre IDU-ODU-antena

El ODU es el elemento más importante del sistema Airmux-200, pues sus funciones son la de transmisión y recepción de las señales, además del almacenamiento de datos para configuración del radio enlace. Este dispositivo puede ser montado en un mástil o en una pared (Ver figura 3.4). El proceso de ensamblaje del ODU no es una tarea compleja, pero de todas maneras la añadiremos en el anexo C, pues una correcta instalación garantizará la línea de vista con su otro par, por supuesto en el caso de hacer uso de su antena integrada.

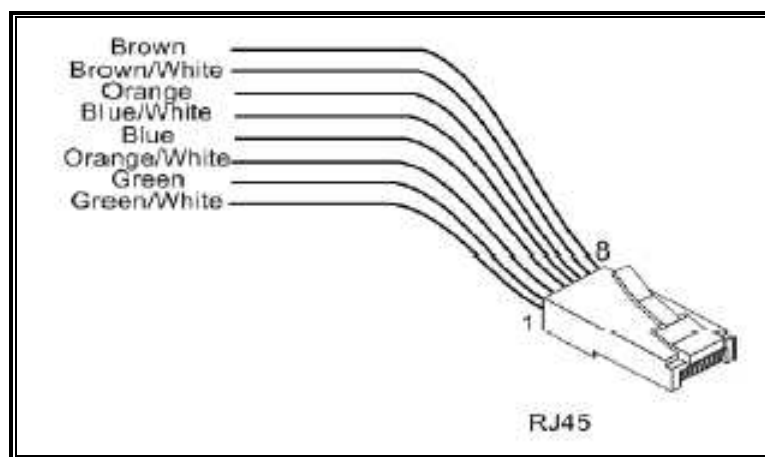


**Fig. 3.4 ODU con antena plana integrada [3]**

El cable de conexión ODU-IDU recomendado es uno de tipo STP (Shielded Twisted Pair) de Cat 5e con conectores RJ-45, aunque también se puede utilizar cable UTP (Unshielded Twisted Pair). Este conduce todo el tráfico del usuario entre el IDU y el ODU. Además provee de voltaje -48 VDC al ODU (PoE, Power Over Ethernet). La longitud máxima para este cable es de 100 m. (328 pies) de acuerdo al estándar 10/100BaseT. Los detalles de este cable se observan en la tabla 3.5 y la figura 3.6.

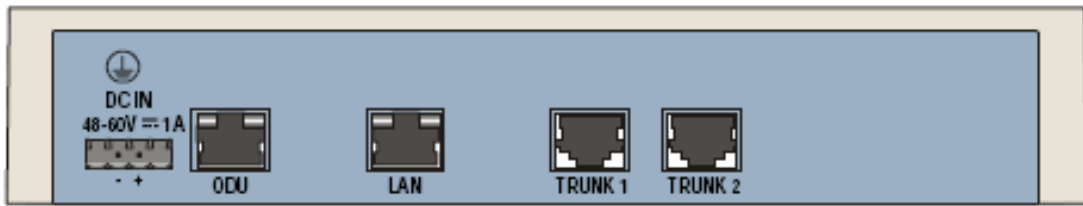
Pin RJ-45 IDU	Color del cable	Función	Pin RJ-45 ODU
1	Blanco/verde	Ethernet (RxN)	1
2	Verde	Ethernet (RxT)	2
3	Blanco/naranja	Ethernet (TxT)	3
6	Naranja	Ethernet (TxN)	6
4	Azul	Power (+)	4
5	Blanco/azul	Power (+)	5
7	Blanco/café	Power (-)	7
8	Café	Power (-)	8

**Tabla 3.5 Función del cable STP y distribución de pines del conector RJ-45**



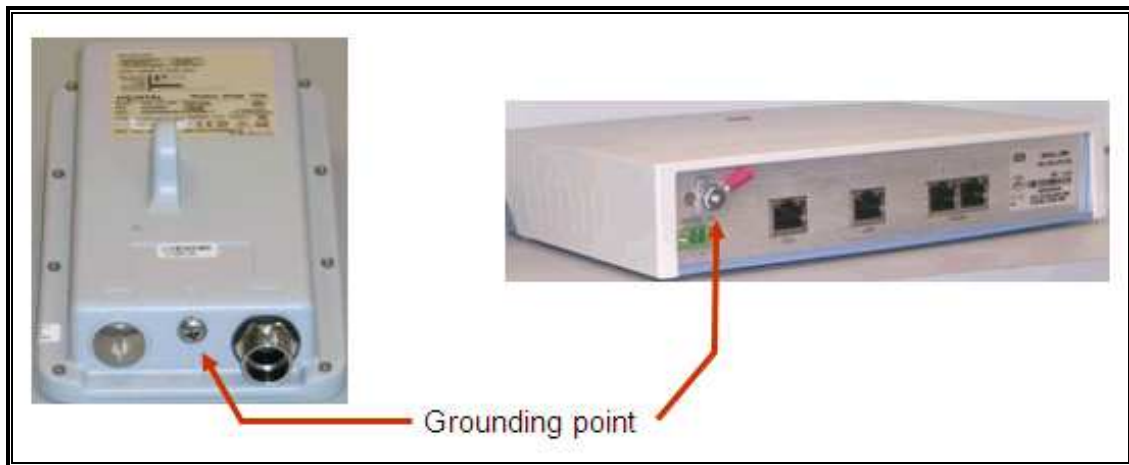
**Fig. 3.6 Forma de conectar el cable STP al conector RJ-45** <sup>[4]</sup>

El IDU es un dispositivo alimentador de energía del sistema Airmux-200 por lo que se lo alimenta mediante un adaptador externo 100-240 VAC/-48-60 VDC, además es un dispositivo multiplexor/demultiplexor de tráfico que posee puertos LAN (para Ethernet) y puertos TRUNK (para E1 o T1). En la figura 3.7 <sup>[5]</sup> se puede ver con detalle los distintos puertos dispuestos en el panel del IDU.



**Fig. 3.7 Panel del IDU**

También se deberá conectar los sistemas de tierra ODU-IDU como medidas de protección contra sobrecargas eléctricas mediante un cable eléctrico 14 ó 16 AWG, esta conexión se detalla en la figura 3.8 [6].



**Fig. 3.8 Conexión a tierra ODU-IDU para protección ante descargas eléctricas**

### 3.2.4 ANTENAS

En la sección 2.1.2.1 del capítulo 2 se hace mención de la antena plana de 22 dBi de ganancia la cual está integrada al ODU; esta característica será suficiente para los tramos San Joaquín – Porotog - Santa Mónica – Imantag –Ibarra, ya que los cálculos de desempeño así lo demostraron. Para el caso del primer trayecto Buenos Aires - San Joaquín, según los cálculos de desempeño, habría la necesidad de utilizar dos antenas planas externas con ganancias de 28 dBi, y también de acuerdo a las recomendaciones del sistema Airmux-200.

### 3.2.4.1 Antena externa escogida

La antena plana escogida fue de la marca Mti Wireless Edge Ltd. modelo MT-20004, la misma se observa en la figura 3.9 <sup>[7]</sup>. Esta antena tiene características que se recomiendan para el sistema Airmux-200. La tabla de la figura 3.10 <sup>[8]</sup> detalla sus características.



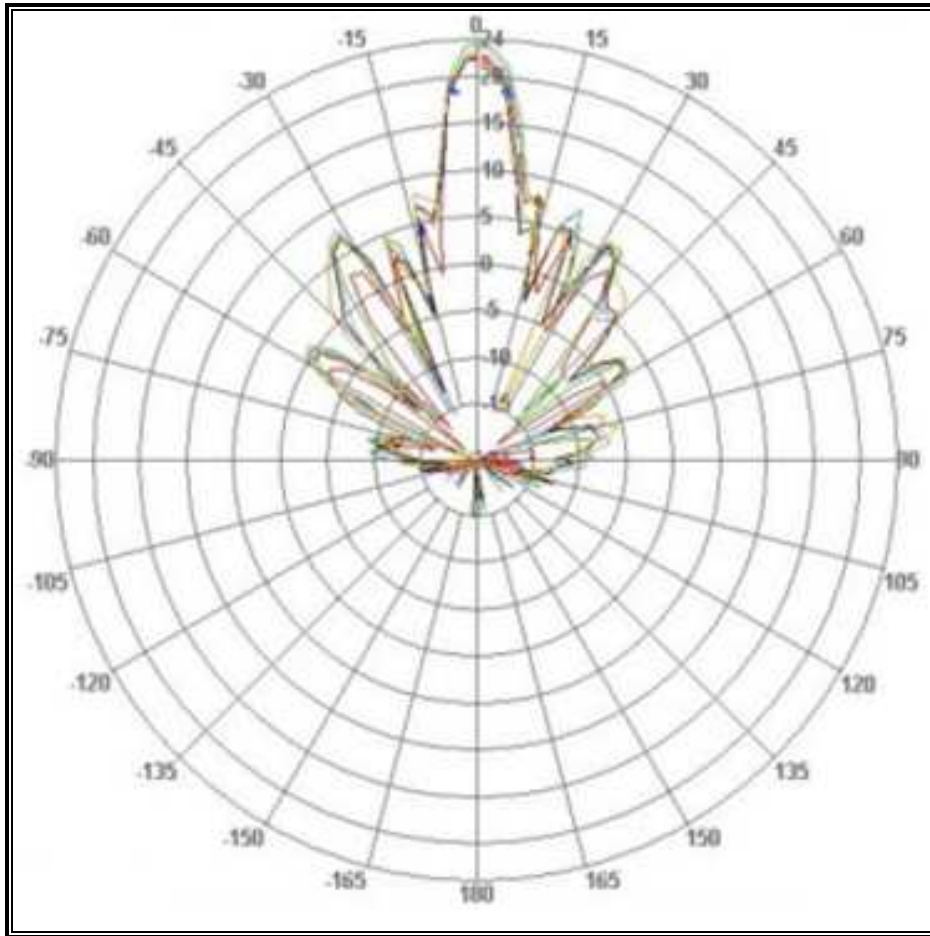
**Fig. 3.9 Antena plana 5.8 GHz con 28 dBi de ganancia**



MTI PART NUMBER		MT – 20004		
<b>ELECTRICAL</b>				
FREQUENCY RANGE		5.75-5.875 GHz		
GAIN		28 dBi (min)		
VSWR		1.7 : 1 (max)		
3 dB BEAMWIDTH		4.5° (typ)		
POLARIZATION		Linear (Vertical or Horizontal)		
SIDELOBES LEVEL		ETSI EN 302 085 V1.1.2, (2001-02) TS1-TS5		
CROSS POLARIZATION		-28dB (max)		
F/B RATIO		-40dB (max)		
INPUT IMPEDANCE		50 (ohm)		
INPUT POWER		6W (max)		
LIGHTNING PROTECTION		DC Grounded		
<b>MECHANICAL</b>				
DIMENSIONS (LxWxD)		600x600X50mm (max)		
WEIGHT		5 Kg (max)		
CONNECTOR		N-Type Female		
RADOME		Plastic		
BASE PLATE		Aluminum with chemical conversion coating		
OUTLINE DRAWING		See page 2		
MOUNTING KIT		MT-120019		
<b>ENVIRONMENTAL</b>				
TEST	STANDARD	DURATION	TEMPERTURE	NOTES
LOW TEMPERATURE	IEC 68-2-1	72 h	-45°C	-
HIGH TEMPERATURE	IEC 68-2-2	72 h	+70°C	-
TEMP. CYCLING	IEC 68-2-14	1 h	-45°C +70°C	3 Cycles
VIBRATION	IEC 60721-3-4	30 min/axis	-	Random4M3
SHOCK MECHANICAL	IEC 60721-3-4	-	-	4M3
HUMIDITY	ETSI EN300-2-4 T4.1E	144 h	-	95%
WATER TIGHTNESS	IEC 529	-	-	IP67
SOLAR RADIATION	ASTM G53	1000 h	-	-
FLAMMABILITY	UL 94	-	-	Class HB
SALT SPRAY	IEC 68-2-11 Ka	500 h	-	-
ICE AND SNOW	-	-	-	25mm Radial
WIND SPEED	SURVIVAL	-	-	220 Km/h
	OPERATION	-	-	160 Km/h

**Fig. 3.10 Características técnicas de la antena plana MT-2004**

Esta una antena es de tipo directiva la figura 3.11 <sup>[9]</sup> muestra el lóbulo de radiación correspondiente.



**Fig. 3.11 Lóbulo de radiación de la antena MT-20004**

Para la conexión entre el ODU y la antena plana externa utilizaremos un cable coaxial RF de  $50 \Omega$  y conectores tipo N.

### 3.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE RF ESCOGIDO

En la figura 3.12 <sup>[10]</sup> se muestra el tipo de cable coaxial apto para la conexión ODU-antena.



**Fig. 3.12 Cable coaxial RF RG-142**

- Impedancia de 50 Ohms
- Doble malla de cobre plateado
- Conductor plateado 1 x 0,94mm.
- Aislamiento de PTFE (Teflón)
- Capacidad: 90pf / metro
- Frecuencia máxima de trabajo: 8GHz
- Diámetro exterior: 4,95 mm.
- Radio de curvatura: 40mm.
- Peso aprox.: 0,05Kg/m.
- Atenuación 1.2 dB/m

### 3.2.6 CARACTERÍSTICAS CONECTOR TIPO N

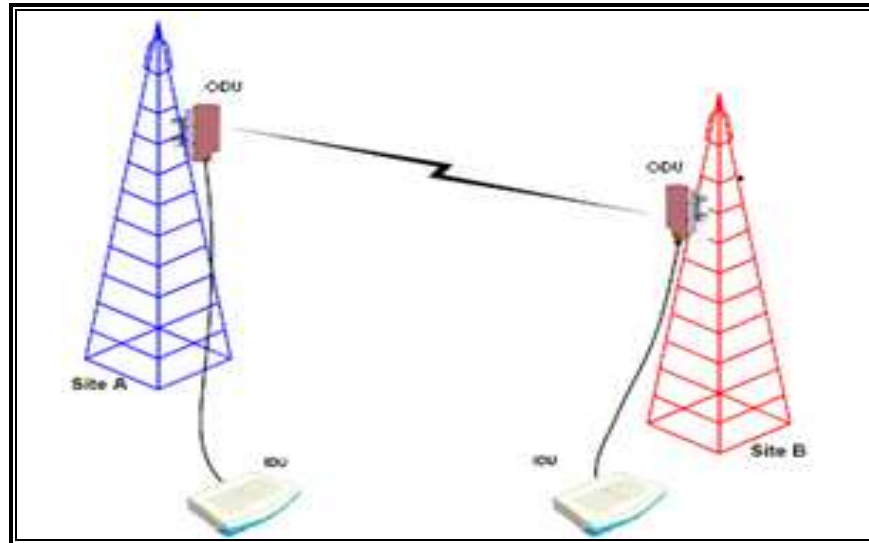
En la figura 3.13 <sup>[11]</sup> se muestra el conector tipo N estándar, el cual tiene las siguientes características:

- Impedancia: 50  $\Omega$
- Frecuencia: 0 - 11 GHz
- Tensión máxima de pico: 1.500 V



**Fig. 3.13 Conector tipo N estándar**

En el enlace de cada trayecto los dos sistemas Airmux-200 correspondientes a cada nodo deben tener la misma configuración. Ambos sistemas deben estar instalados y sus respectivas antenas estar alineadas para una máxima velocidad efectiva. Ver figura 3.14 <sup>[12]</sup>.



**Fig. 3.14 ODU con sus antenas planas alineadas**

### **3.2.7 CONEXIÓN IDU-SWITCH**

Como el tipo de tráfico circundante por todas las redes de Ecuonline es de tipo Ethernet, un Switch será conectado al puerto LAN del IDU a través de un cable UTP (Unshielded twisted pair).

El switch será el dispositivo que una cada uno de los enlaces, es decir nodo con nodo hasta llegar a la matriz o nodo central en Quito. También servirá para establecer nuevos enlaces inalámbricos, punto-punto o punto-multipunto para futuros clientes, nada más conectando antenas adicionales y habilitando los puertos necesarios en el switch.

#### **3.2.7.1 Switch de Seleccionado**

El tipo de switch a instalarse en cada uno de los nodos debe ser uno de distribución. Este tipo de switches son los puntos de agregación de múltiples switches de acceso (que permiten la conexión con la red a los usuarios finales).

El Switch de distribución debe tener un alto rendimiento. Éste es un punto en que un dominio de difusión está limitado. Aquí se agrega tráfico VLAN y es un punto

de agregación de las normas concernientes al flujo del tráfico. Este tipo de switch combina las funciones de router y switch en un dispositivo, pero están diseñados para conmutar el tráfico y mejorar el rendimiento de un router. Este router que en el caso de la Metro Ethernet de Ecuonline estará ubicado en la central o nodo matriz, que es en la ciudad de Quito, Edificio Twin Towers.

El switch con el que se ha venido trabajando para la implementación de los nodos ya instalados hasta el momento es el CISCO Catalyst 2960-24TC (ver figura 3.15<sup>[13]</sup>).

La familia Catalyst de Cisco es una completísima línea de switches de alto rendimiento diseñados para ayudar a los usuarios a que pasen de forma sencilla de las redes LAN compartidas tradicionales a redes completamente conmutadas. Los switches Catalyst de Cisco ofrecen un amplio espectro para aplicaciones de usuarios, desde switches para pequeños grupos de trabajo hasta switches multicapa para aplicaciones empresariales escalables en el centro de datos o en el backbone. Los switches Catalyst ofrecen rendimiento, administración y escalabilidad, se puede encontrar equipos Ethernet, Fast Ethernet, Giga bit Ethernet y con opciones modulares las cuales permiten adaptarlos a las necesidades del negocio.



**Fig. 3.15 CISCO Catalyst 2960-24TC**

Este switch tiene las siguientes características:

#### **General**

Tipo de dispositivo	Conmutador
Tipo incluido	Externo - 1U
Anchura	44.5 cm
Profundidad	23.6 cm
Altura	4.4 cm
Peso	3.6 kg

## Memoria

Memoria RAM	64 MB
Memoria Flash	32 MB Flash

## Conexión de redes

Cantidad de puertos	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX
Puertos auxiliares de red	2x10/100/1000Base-T/SFP (mini-GBIC)(señal ascendente)
Velocidad de transferencia de datos	100 Mbps
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c
Tecnología de conectividad	Cableado
Modo comunicación	Semidúplex, dúplex pleno
Protocolo de conmutación	Ethernet
Tamaño de tabla de dirección MAC	8K de entradas
Características	Conmutación Layer 4, conmutación Layer 3, conmutación Layer 2, snooping IGMP

## Expansión / Conectividad

Total ranuras de expansión (libres)	2 ( 2 ) x SFP (mini-GBIC)
Interfaces	24 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45 2 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45

## Diverso

MTBF (tiempo medio entre errores)	280,271 hora(s)
Método de autenticación	Secure Shell v.2 (SSH2)
Cumplimiento de normas	CE, UL, TUV GS, CISPR 24, cUL, EN 60950,

EN55022, NOM, VCCI Class A ITE, IEC 60950, EN55024, UL 60950, CISPR 22, FCC Part 15, MIC, AS/NZS 3548

### **Alimentación**

Dispositivo de alimentación	Fuente de alimentación - interna
Voltaje necesario	CA 120/230 V ( 50/60 Hz )
Consumo eléctrico en funcionamiento	45 vatios
Características	Contector de sistema de alimentación redundante (RPS)

### **Software / Requisitos del sistema**

Software incluido	Cisco IOS IP Base
-------------------	-------------------

### **Garantía del fabricante**

Servicio y mantenimiento	Garantía limitada de por vida
Detalles de Servicio y Mantenimiento	Garantía limitada - de por vida

### **Parámetros de entorno**

Temperatura mínima de funcionamiento	0 °C
Temperatura máxima de funcionamiento	45 °C
Ámbito de humedad de funcionamiento	10 - 85%

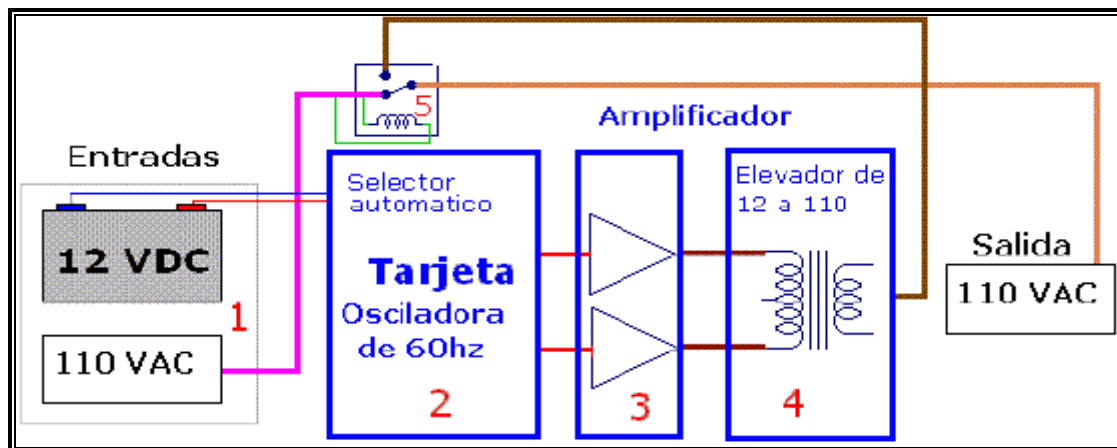
## **3.2.8 INSTALACIÓN DEL INVERSOR**

La ausencia del servicio de energía eléctrica no es tolerable en ninguno de los nodos diseñados, pues es preciso recalcar que este diseño se trata de un backbone, por lo que si una de sus unidades falla, lo hará todo el conjunto, sobre todo aquellas donde empieza todo el ramal.

Las razones ya expuestas ameritan la toma de medidas preventivas como las de implementar un completo set de baterías y un inversor como respaldo en el caso de corte del suministro eléctrico.

La función del inversor será la de tomar energía eléctrica continua (DC), tomado de un banco de baterías, la misma que después del debido proceso la convierte en energía eléctrica alterna (AC) para luego alimentar a los diferentes dispositivos instalados en cada nodo, evitando de esta manera la interrupción del servicio. Cabe mencionar que la respuesta del inversor es inmediata (pocos milisegundos).

Para una mejor comprensión de este tipo de equipo, la figura 3.16 <sup>[14]</sup> muestra el diagrama de bloques de un ejemplo de inversor 12VDC - 110VAC para una carga de 50 W:

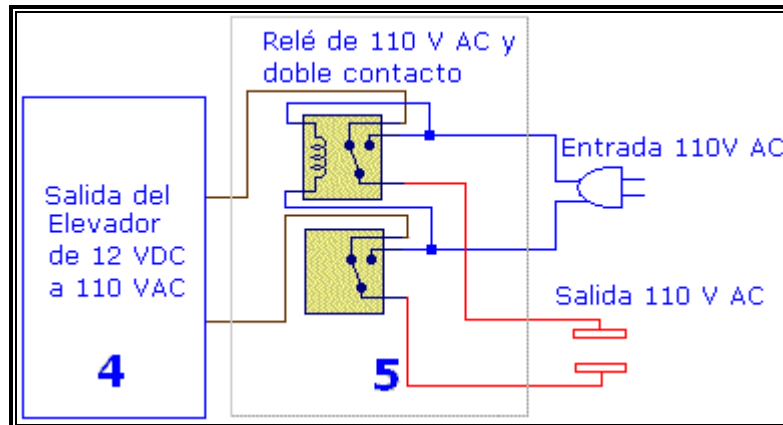


**Fig. 3.16 Diagrama de bloques de un inversor**

#### *Detalle del bloque 5*

Como se puede observar en la figura 3.17 <sup>[15]</sup>, este bloque está cumpliendo la función de un conmutador automático, que utiliza un relé de 110 VAC con doble circuito o switch ON-OFF.





**Fig. 3.17 Detalle del bloque 5**

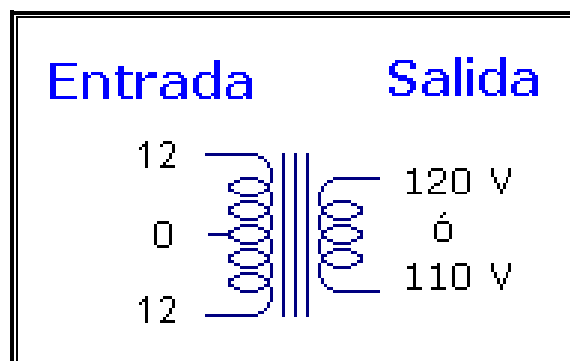
Un circuito (realzado con amarillo en la figura) recibe los 110 VAC de la red y el otro los 110 VAC del elevador.

Cuando hay energía de la red, la salida muestra el voltaje de entrada. Cuando no hay, la salida muestra el voltaje del elevador.

En otras palabras, siempre habrá un voltaje en la salida. La misma está mostrada con color rojo en la figura.

*Detalle del bloque 4*

Es el bloque más sencillo (ver figura 3.18 <sup>[16]</sup>), ya que está conformado por un elemento único: Un transformador de 12 – 0 - 12 Voltios en el primario y 110 ó 120 V en el secundario.



**Fig. 3.18 Elevador de 12 a 110**

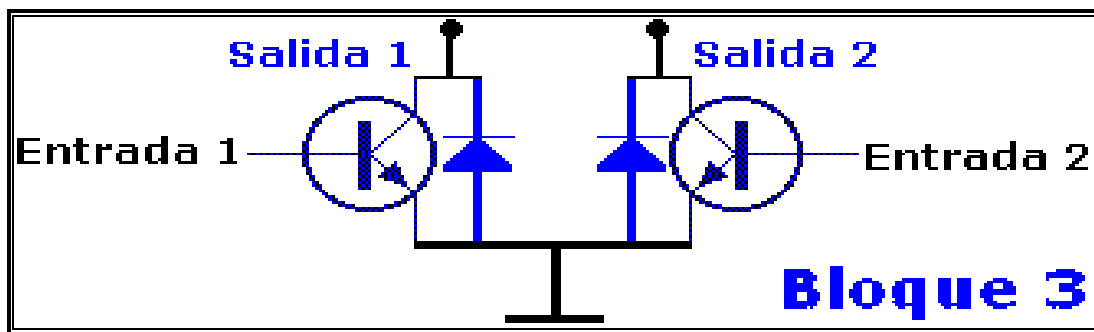
La potencia será de acuerdo a la necesidad planteada y en nuestro caso asignaremos una potencia de 50W.

#### *Detalle del bloque 3*

Es un bloque relativamente fácil (ver figura 3.19 <sup>[17]</sup>) y está conformado por los transistores de potencia que amplifican la señal de la tarjeta osciladora (Bloque 2) y aplican su salida al transformador elevador (Bloque 4).

Los transistores pueden ser 2N3055 con su respectivo disipador de calor. Los diodos son 1N4004.

Son necesarios en vista de que los transistores van a manejar una carga inductiva (el transformador).



**Fig. 3.19 Bloque amplificador**

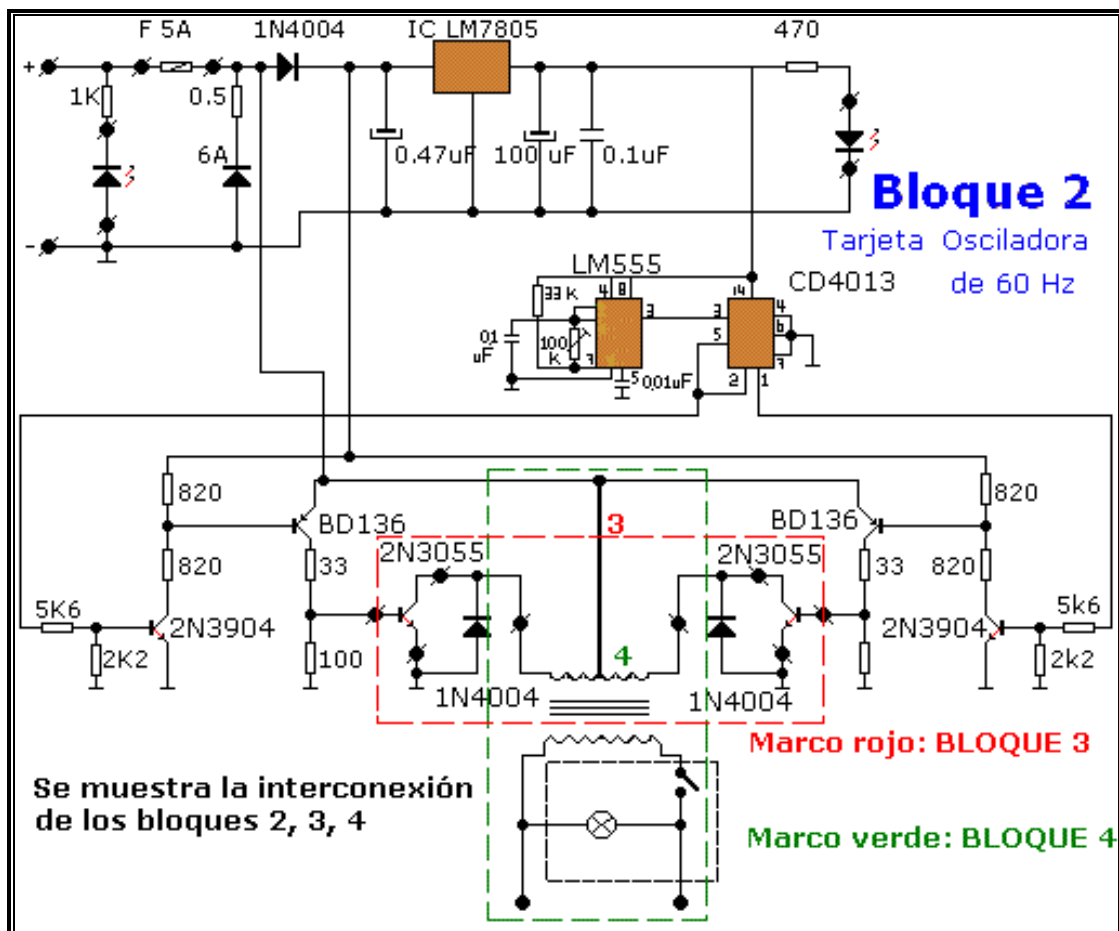
#### *Detalle del bloque 2*

El bloque 2 (ver figura 3.20 <sup>[18]</sup>) es el más complicado de todos por que intervienen varios componentes, sin embargo en esencia es sencillo ya que se trata de construir un oscilador de 60 Hz.

Por ser este bloque el más crítico, mostramos como va interconectado con los bloques 3 y 4. La zona en marco verde es del bloque 4 y la del marco rojo es del bloque 3. Unidos todos hacen el circuito completo, solo faltaría el cableado del Bloque 5 y el Bloque 1.

Solo precisa un ajuste: el del control de 100 K del LM555, el cual fija la frecuencia. En posición central genera unos 50 Hz; un poco a la izquierda da 60 Hz.

Si tiene un frecuencímetro puede dar un ajuste preciso. Si usa esta opción, coloque la punta del frecuencímetro en el pin 3 del **LM555** y la punta negra a 0 voltios.



**Fig. 3.20 Bloque oscilador**

*Detalle del bloque 1*

Como pueden observar en la figura 3.21 <sup>[19]</sup> la batería es de 12 VDC y la línea de alimentación de 120 VAC.

Ambas son las entradas de energía del circuito. Si falla una entra la otra y viceversa.

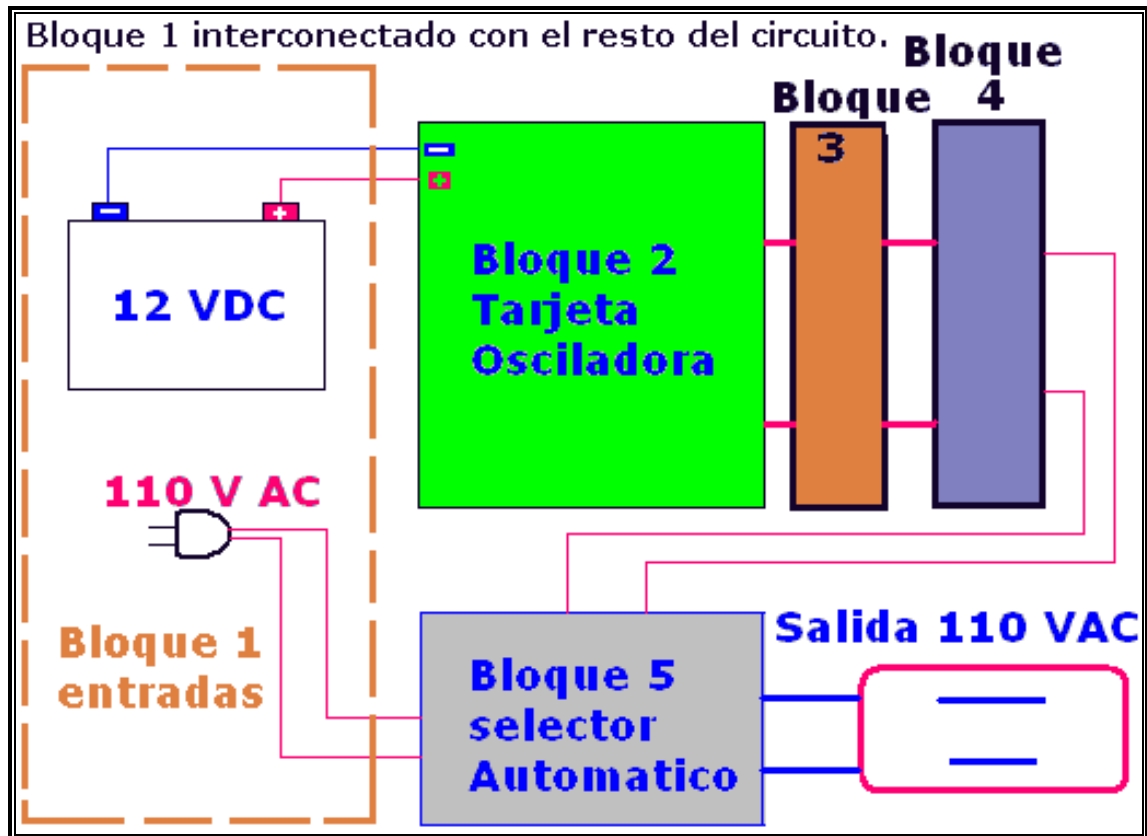


Fig. 3.21 Bloque alimentador: baterías y red eléctrica

### 3.2.8.1 Potencia de consumo en los nodos

La selección del inversor adecuado será de acuerdo al total de vatios necesarios a ser consumidos por todos los equipos eléctricos a ser conectados en cada nodo, tal como lo muestra la tabla 3.22:

EQUIPO	[W]	CANTIDAD MÁX DE EQUIPOS	SUBTOTAL [W]
Airmux-200 (IDU+ODU)	10	2	20
SWITCH Catalyst 2960-24TC	45	1	45
RADIO DE ULTIMA MILLA	10	24	240
COMPUTADOR PARA PRUEBAS	300	2	610
<b>TOTAL MÁXIMO [W]</b>			<b>915</b>

**Tabla 3.22 Consumo de Potencia máximo en cada nodo.**

Cabe mencionar que para el consumo del radio de última milla, se ha tomado como referencia el equipo de marca PROXIM modelo Orinoco AP-4000<sup>[20]</sup>, que es uno de los equipos más utilizados por la empresa para las conexiones de última milla. Este tipo de equipos pueden variar en marca y modelo, pero su promedio de consumo es de 10W.

Adicionalmente, la empresa propone como router luz (como sensores de energía eléctrica AC) poner radios que tienen algún tipo de defecto o avería en cuanto a transmisión inalámbrica, pero su tarjeta de red con puerto Ethernet aún opera con

normalidad. También pueden ser utilizados cualquier tipo de equipo que opere con protocolos Ethernet para que se le pueda asignar una dirección IP. Estos equipos se conectan directamente en a las líneas de transmisión AC y con cable UTP al switch, de manera que cuando haya ausencia de energía eléctrica normal, en nuestro centro matriz de operaciones se lo deja de detectar.

Como equipo router luz se pone como referencia también un equipo PROXIM modelo Orinoco AP-4000 cuyo consumo es de 10W.

El consumo máximo de potencia por nodo es de 905W, entonces se deberá implementar un inversor que provea al menos 1000W de potencia (incluyendo algunos vatios a manera de previsión).

Para el cálculo de la corriente necesaria, hay que tomar en cuenta la potencia total 915 W que se consumirían, para equipos de transmisión y computadores de pruebas. Por lo tanto, cuando no hay el servicio de energía eléctrica provisto por la empresa eléctrica, la corriente que se necesitará es:

$$P = V * I * \cos\phi$$
$$I = \frac{P}{V * \cos\phi} = \frac{915W}{120V * 0.8} = 9.53A \approx 10 A$$

Es decir que el banco de baterías deberá proporcionar al menos 10 A.

Las interrupciones del servicio de energía eléctrica pueden variar de minutos a horas, dependiendo del nivel de daño o problema que se haya presentado en las redes de alimentación. Como medida de precaución ante este tipo de inconvenientes, se implementará baterías que respalden la transmisión durante 5 horas, medida que es una política de la empresa Ecuonline tomando en cuenta un tiempo promedio de solución de 4 a 5 horas ante cualquier tipo de daño.

### 3.2.8.2 Inversor seleccionado

Uno de los inversores más utilizados por la empresa, por confiabilidad y facilidad de repuestos en el mercado ecuatoriano es el inversor de marca CDP (Chicago Digital Power). El modelo escogido para nuestro diseño es XS-1524 (ver figura 3.23 <sup>[21]</sup>), mismo que tiene las siguientes características:

- Potencia aparente (S) = 1500 VA
- Potencia real (P) = 1200 vatios
- f.d.p.= 0.8 =  $P/S = \cos\phi$
- Entrada AC: 75 - 143 Vac
- Salida AC: 100/110/115/120 Vac
- Entrada DC: 24 Vdc
- Cargador de 22 amperios
- Forma de onda senoidal pura
- Display indicador de nivel de voltaje.



**Fig. 3.23 Inversor CDP XS-1524**

### 3.2.8.3 Baterías seleccionadas

Se escoge baterías recargables de la misma marca Power Sonic, modelo PS-121000 (ver figura 3.24 <sup>[22]</sup>), cuyas características se ven a continuación:

*Voltaje nominal:*

12 voltios (6 células en series)

*Capacidad nominal:*

20 horas de descarga (5.0 A a 10.50 voltios): 100.0 A.H.

10 horas de descarga (9.2 A a 10.50 voltios): 92.0 A.H.

5 horas de descarga (15.8 A a 10.20 voltios): 79.0 A.H.

1 hora de descarga (55.2 A a 09.00 voltios): 55.2 A.H.

Tiempo mínimo de descarga 15 (175A a 09.00 voltios): 44.0 A.H.

*Caja*

Plástico tipo ABS

Terminales: terminales universales de "U" (postes resistentes con los sujetadores de la tuerca y del perno)

*Rangos de Temperaturas de Funcionamiento*

Carga: -4°F (-20°C) a 122°F (50°C)

Descarga: -4°F (-20°C) a 140°F (60°C)

*Dimensiones*

Largo: 305. mm (12.0")

Ancho: 168 mm (6.6")

Altura: 207 mm (8.15")

Altura total: 228 mm (8.98") (con bornes)

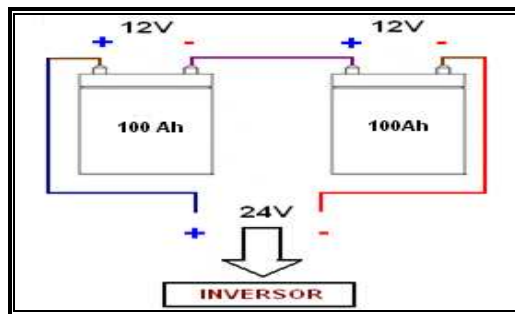
Peso: 31.2 Kg. (68.7 lbs)





**Fig. 3.24 Batería PS-121000 12V/100 Ah**

Como la entrada DC del inversor es de 24V, se instalará un banco de 2 baterías, dispuestas en serie, tal como se muestra en la figura 3.25:



**Fig. 3.25 Banco de baterías de 24V.**

Según las características técnicas de las baterías, se entrega 100 A por cada hora, realizamos una simple relación para saber el tiempo aproximado de descarga cuando se requieren 8 A para alimentar el nodo:

$$\frac{100A-h}{10A} = 10 h \text{ Aproximadamente hasta descargarse.}$$

Estas 10 horas son suficientes para alimentar al nodo a carga máxima hasta solucionar cualquier tipo de inconveniente eléctrico en la red.

A continuación una tabla que detalla los tipos de cable necesarios para la alimentación:

Requerimiento de cables	# AWG	Intensidad máxima [A]
Banco de baterías	11	11.68
Conexión inversor a medidor de energía	11	11.68
Puesta a tierra	8	23.42
Tierra ODU-IDU	14	5.83

### 3.3 TABLA DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS NECESARIOS EN CADA NODO

La tabla 3.26 indica los equipos e implementos necesarios para cada nodo:

Nodo	Torre venteada	Armarios para equipos INDOOR	Equipos Airmux- 200	Antenas externas MT- 20004 28dbi	Cable coaxial RF RG- 142 [m]	Conector tipo N	SWITCH Catalyst 2960- 24TC	Equipo router luz	Cable STP [m]	Cortapicos Intensidad mínima: 10 A	Inversor CDP XS- 1524	Batería [12V] 100Ah
Buenos Aires	0	0	1	1	1	2	0	0	29	0	0	0
San Joaquín	1	1	2	1	1	2	1	1	57	1	1	2
Porotog	1	1	2	0	0	0	1	1	57	1	1	2
Santa Mónica	1	1	2	0	0	0	1	1	57	1	1	2
Imantag	1	1	2	0	0	0	1	1	57	1	1	2
Ibarra	1	1	1	0	0	0	1	1	29	1	1	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>286</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

Tabla 3.26 Equipos e implementos necesarios para cada nodo.

### **3.4 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP PARA LOS EQUIPOS**

Las direcciones IP dan una identificación dentro de una red, ya sea esta de tipo pública o privada.

Las direcciones IP públicas permiten a los usuarios tener una identificación de acceso a la red Internet, éstas son asignadas para los equipos finales tal como routers o módems, los cuales son ubicados en el lugar de trabajo del cliente.

En el caso de las direcciones IP privadas, se las tiene administradas en tres subredes:

- a) para gestión de la red (monitoreo y pruebas)
- b) para backbone, en diseño para equipos Airmux-200 y switches.
- c) para equipos de última milla, tal como AP (Access Point).

La Metro Ethernet de Ecuonline tiene ya una planificación de direcciones IP públicas y privadas. Por razones de seguridad, la distribución de direcciones IP no podrán ser expuestas en esta tesis, excepto algunas de carácter privado determinadas para el diseño.

Para este diseño se ha asignado las siguientes direcciones IP privadas de backbone mostradas en la tabla 3.27:

<b>NODO</b>	<b>IP: AIRMUX 1</b>	<b>IP: AIRMUX 2</b>	<b>IP: SWITCH CATALYST</b>
BUENOS AIRES	10.250.0.9/25	-----	10.250.0.8/25
SAN JOAQUÍN	10.250.0.15/25	10.250.0.16/25	10.250.0.10/25
POROTOG SANTA MÓNICA	10.250.0.17/25 10.250.0.19/25	10.250.0.18/25 10.250.0.20/25	10.250.0.11/25 10.250.0.12/25
IMANTAG	10.250.0.21/25	10.250.0.22/25	10.250.0.13/25
IBARRA	10.250.0.23/25	-----	10.250.0.14/25

**Tabla 3.27 Asignación de direcciones IP.**

En el nodo Buenos Aires e Ibarra no se incluyen las IPs del Airmux 2, pues es el inicio y el fin, respectivamente, de la ampliación del backbone.

Con las direcciones IP asignadas se puede proceder a la configuración de los switches Catalyst 2960-24TC. Estas configuraciones se encuentran en el Anexo C.

### 3.5 PRESUPUESTO ECONÓMICO

Esta sección hace referencia a una cotización de todos los equipos y demás suministros que serían utilizados en la implementación de los nodos, incluido la obra civil. En la tabla 3.28 podemos apreciar la descripción de los equipos, precio por unidad y el total de la inversión requerida.

DESCRIPCIÓN	COSTO/ UNIDAD (USD)	CANTIDAD/ METROS	TOTAL (USD)
Torre venteada, 28m, tensores, pararrayos, materiales, obra civil, instalación y armarios para equipos INDOOR.	3500	5	17500.00
Equipo Airmux-200, incluye IDU, ODU con antena integrada, adaptador de energía, tornillos, sujetadores, software y manuales.	845	10	8450.00
Antena externa de tipo plana Wireless Edge Ltd. MT-20004, 28 dBi de ganancia.	292	2	584.00
Switch Catalyst 2960-24TC, 24 puertos 10Mbps/100Mbps y 2 puertos Gbps	889.89	5	4449.95
Extensiones eléctricas	11.50	5	57.50
Inversor CDP XS-1524	<b>571.12</b>	5	2855.60
Batería 12V, 100Ah	251.29	10	2512.90
<b>TOTAL</b>			<b>36409,95</b>

**Tabla 3.28 Presupuesto de equipos e implementos** \* Precios incluyen I.V.A.

Cabe resaltar que hay algunos equipos y suministros que no se incluyeron en el presupuesto, pues la empresa Ecuonline los tiene en bodegas y con el stock necesario. Además el personal técnico se encargará de la instalación y configuración de los equipos, lo cual involucraría un ahorro para la implementación.

A continuación se muestra una tabla del costo de arrendamiento (tabla 3.29) de las áreas en donde se ubicarán los las torres y los armarios:

<b>NODO</b>	<b>m2</b>	<b>VALOR/MES (USD)</b>	<b>VALOR/AÑO (USD)</b>
SAN JOAQUÍN	6	120	1440
POROTOG	6	60	720
SANTA MÓNICA	6	70	840
IMANTAG	6	50	600
IBARRA	6	50	600
<b>TOTAL</b>			<b>4200</b>

**Tabla 3.29 Presupuesto de arrendamiento de áreas.**

El nodo Buenos Aires no se ha incluido en la tabla 3.29 debido a que este ya está implementado y operando.

Los precios de la tabla 3.29 han sido establecidos después de la negociación con los dueños de los terrenos donde serían ubicadas las torres.

Cabe mencionar que para dar servicio de atención al cliente, servicio técnico en caso de emergencias, instalaciones y retiro de las mismas, será necesario el alquiler de un local que servirá de oficina sucursal de la empresa Ecuonline.

El sitio más adecuado y como punto neutral entre los lugares a cubrirse desde Quito a Ibarra, sería la ciudad de Otavalo, en un sector céntrico y comercial. El arrendamiento de este lugar supone de una inversión de \$150 de arriendo cada mes más \$ 450 de garantía del mismo. Muebles y demás enseres para equipar la oficina también se llevarán desde la ciudad de Quito, matriz de Ecuonline.

# CAPÍTULO 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto podemos concluir lo siguiente:

- ◆ La ampliación del backbone de la Empresa Ecuonline será otra alternativa, en cuanto a la provisión de servicios de Internet, voz y transporte de datos, para potenciales clientes de sectores aledaños a los nodos diseñados. Entre los sectores mas relevantes tenemos: Malchingui, Cayambe, Otavalo, Cotama, Ibarra.
- ◆ El diseño de la ampliación del backbone de Ecuonline tiene como objetivo canalizar todo el tráfico de última milla de los futuros clientes correspondientes a los sectores antes mencionados.
- ◆ La implementación de este diseño aportará con el desarrollo al área de telecomunicaciones para nuestro país, pues representará el aumento de zonas de cobertura para la provisión de servicios en sectores los cuales aún no han sido tomados en cuenta por otras empresas proveedoras.
- ◆ Las múltiples características del Airmux-200, tales como: las aplicaciones, seguridad, modulación adaptiva, calidad de servicio, latencia baja, administración remota, configuraciones físicas, etc., lo convierten en el equipo más idóneo para este diseño.
- ◆ La ampliación del backbone hacia Ibarra con infraestructura propia, supone el ahorro del alquiler de canales dedicados.
- ◆ La implementación de este diseño puede dar paso a otra ampliación, la misma que podría llegar hasta el lugar más septentrional de nuestro país.
- ◆ Con la implementación de este diseño, la provisión de cualquier tipo de servicio para un cliente, requiere simplemente de la instalación de 2



antenas bien alineadas: una en el nodo apropiado y otra en lugar a ser suministrado. Evitando de esta manera la engorrosa y lenta tarea que supone una instalación, up-grade, down-grade y desinstalación, cuando el backbone es a través de terceros.

- ◆ La calidad de la infraestructura sobre la cual se montarán los equipos, las instalaciones y las respectivas configuraciones son de vital importancia, pues de estas dependen en mayor parte la calidad de servicio a ser entregado a los clientes.
- ◆ El buscar y calificar los sitios idóneos donde serían ubicados los nodos fue una tarea ardua, pues había que tomar algunas consideraciones: de factibilidad técnica y económica, de seguridad y de transporte.
- ◆ La cercanía de los nodos a carreteras también es de vital importancia para circunstancias emergentes, pues esto se reflejará en la eficacia para resolver problemas.
- ◆ La implementación de este diseño, supondrá un gran desafío para la empresa Ecuonline, pues en algunas ciudades donde sí hay cobertura por parte de otros proveedores, dará lugar a la competencia, en la que solo se podrá diferenciar de los demás, dando un buen servicio, económico, confiable y variado.
- ◆ El sistema de administración del Airmux-200 puede monitorear constantemente los enlaces, permitiendo de esta forma al operador tomar las medidas necesarias ante fallos, además controlar y administrar de manera eficiente los recursos de red.
- ◆ El empleo de métodos de autenticación y contraseñas del Airmux-200 provee la seguridad suficiente a la red ante interferencias e intromisiones no deseadas por usuarios no permitidos.
- ◆ El equipo Airmux-200 trabaja en la frecuencia de 5.8 GHz, por lo que no hace falta solicitar concesión para la operación de estos equipos. Se cumple con las características y condiciones establecidas en la Resolución 417-15-CONATEL-2005, determinada para equipos que utilizan técnicas de modulación en banda ancha.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- ◆ Hay que tomar en cuenta la ubicación de los nodos, pues la selección errada de estos puede acarrear gastos injustificados para la empresa, situaciones adversas a la normal operación de la red y desuso de los equipos instalados. Hay que tratar de escoger lugares de mucha altura y centrales a locaciones potenciales para vender los servicios de comunicación.
- ◆ Revisar y consultar de manera periódica la continuidad de los equipos, complementos y repuestos ante deterioros.
- ◆ Este diseño puede ser tomado en cuenta para diseños e implementaciones de otras posibles ampliaciones de backbone.
- ◆ Es importante seguir las recomendaciones que dice el manual, esto con la finalidad de tener un enlace óptimo y eficaz.
- ◆ Si se requiere de mayor ancho de banda en el backbone, se recomienda adicionar otro equipo Airmux-200, pero eso sí tomando en cuenta que las polaridades de las antenas deben ser diferentes, de par en par.
- ◆ Se debe realizar una correcta instalación y mantenimiento de los equipos, de esta manera se garantizará su tiempo de vida útil.

# BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

## CAPÍTULO 1

[1] <http://www.ecuaonline.net/carta.htm>

[2] <http://www.ecuaonline.net/servicios.html>

[3], [4] [http://www.ecuaonline.net/nuestra\\_empresa.html](http://www.ecuaonline.net/nuestra_empresa.html)

## CAPÍTULO 2

[1] <http://www.airmux.com/products/airmux200.pdf>

[2] [http://www.radusa.com/RADCnt/MediaServer/23414\\_Airmux.pdf](http://www.radusa.com/RADCnt/MediaServer/23414_Airmux.pdf)

[3], [4], [5], [6], [7], [8] Presentación técnica del Airmux-200.ppt, provista por RAD Data Communications, pedido a market@rad.com

[9], [10], [11], [12], [13], [14] Comunicación Digital, Ingeniera María Soledad Jiménez Jiménez, EPN, 2004.

[15] <http://www.smartbridges.com/education/articles.asp?id=407>

[16]

[http://www2.electronicproducts.com/OFDM\\_carries\\_the\\_future\\_of\\_wireless\\_networking-article-JULATH1-JUL2002.aspx](http://www2.electronicproducts.com/OFDM_carries_the_future_of_wireless_networking-article-JULATH1-JUL2002.aspx)

[17] <http://www.monografias.com/trabajos14/modulacrecuencia/modulacrecuencia.shtml#ofdm>

[18] <http://www.blogelectronica.com/alcance-rf-fresnel-maxstream-nordic-coronis-chipcon-jennic/>

[19] [http://www2.rad.co.il/new\\_site/budgetcalc/Link\\_Budget\\_calc.htm](http://www2.rad.co.il/new_site/budgetcalc/Link_Budget_calc.htm)

[20] [http://bonevich.ru/rad/airmux-200\\_mn.pdf](http://bonevich.ru/rad/airmux-200_mn.pdf)

## CAPÍTULO 3

[1] <http://www.indateleirl.com/torres.html>

[2], [5], [12] Manual de instalación del RAD Airmux-200, incluido en el CD de Software del equipo. También en la página:

[http://bonevich.ru/rad/airmux-200\\_mn.pdf](http://bonevich.ru/rad/airmux-200_mn.pdf)

[3], [4], [6] Presentación Técnica del RAD Airmux-200, provisto por técnicos de RAD vía e-mail.

[7], [8], [9] <http://www.gamaxnet.hu/?>

[10] <http://www.radcom.com.es/index.shtml?url=/catalog/accesorios/cables-rf/index.html>

[11] [http://es.wikipedia.org/wiki/Conector\\_N](http://es.wikipedia.org/wiki/Conector_N)

[13] [http://www.almacen-informatico.com/CISCO\\_catalyst-2960g-24tc-WS-C2960G-24TC-L\\_32222\\_p.htm](http://www.almacen-informatico.com/CISCO_catalyst-2960g-24tc-WS-C2960G-24TC-L_32222_p.htm)

[14], [15], [16], [17], [18], [19]

[http://www.unicrom.com/cir\\_convertidor12DCa120AC\\_UPS.asp](http://www.unicrom.com/cir_convertidor12DCa120AC_UPS.asp)

[20] [http://www.orinocowireless.com/downloads/products/ap\\_4000/TS\\_0806\\_AP-4000.pdf](http://www.orinocowireless.com/downloads/products/ap_4000/TS_0806_AP-4000.pdf)

[21] <http://www.milenio-3.com/cdp>

[22] [http://www.alternativasolar.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=235](http://www.alternativasolar.com/catalog/product_info.php?products_id=235)

## **ANEXO A**

### **ESTRUCTURA DE NODOS INSTALADOS**

## ESTRUCTURA DE NODOS INSTALADOS

Este anexo muestra gráficos de la estructura general de cada uno de los nodos de las diferentes ciudades y provincias los cuales están compuestos por: switches de distribución, router luz, radio-enlaces punto-punto y/o punto-multipunto (troncales y últimas millas), routers domésticos y PCs que tienen una denominación de acuerdo al nombre del cliente al que pertenecen.

### QUITO

#### NODO COMITÉ DEL PUEBLO

La figura a.1 muestra su estructura que cuenta con:

- 3 enlaces punto-punto.
- 1 enlace punto-multipunto.

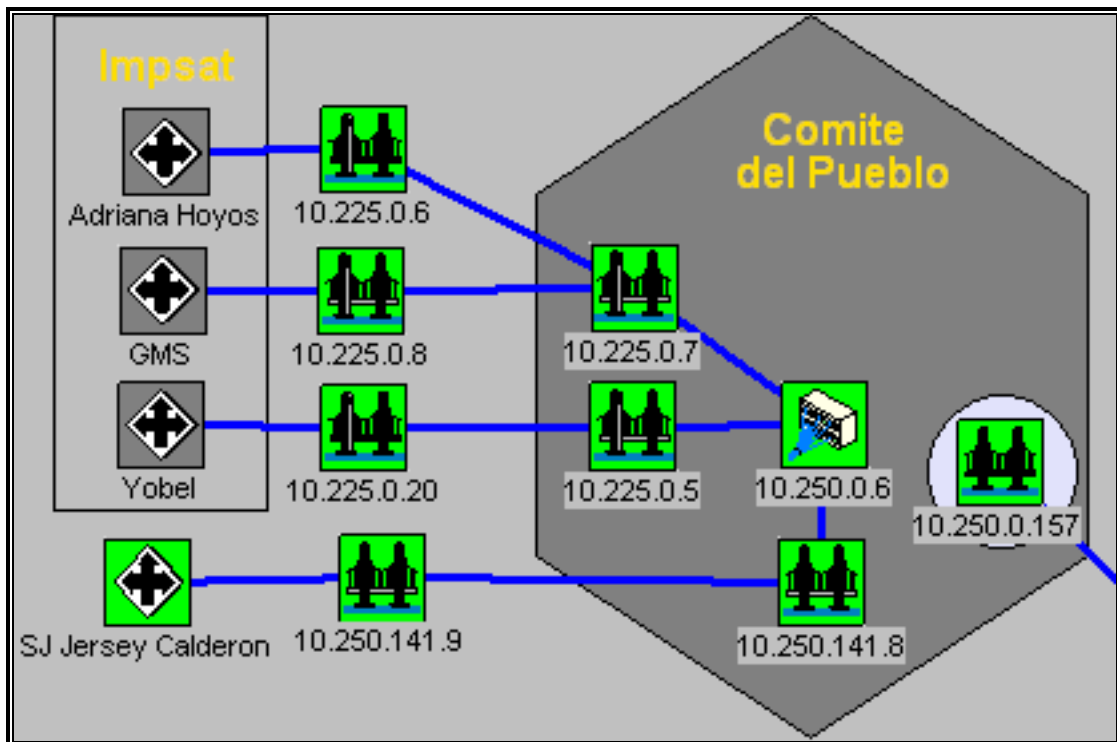


Fig. a.1

## NODO BUENOS AIRES

La figura a.2 muestra su estructura que cuenta con:

- 14 enlaces punto-punto.
- 3 enlaces punto-multipunto.

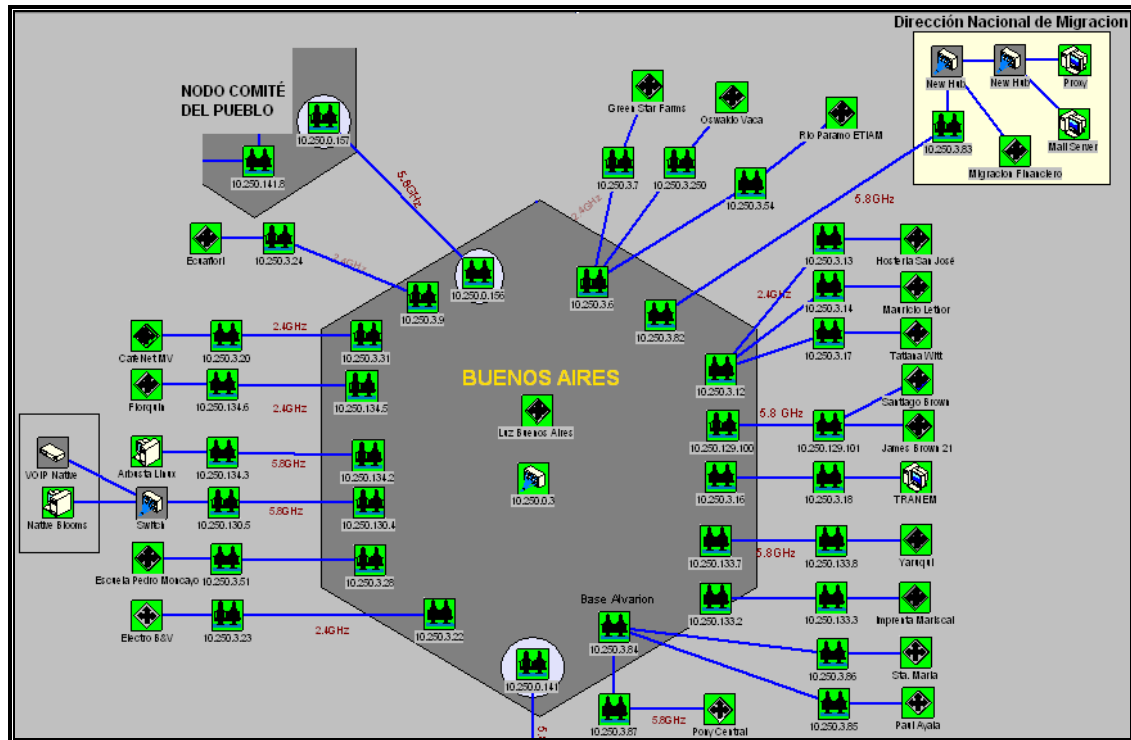
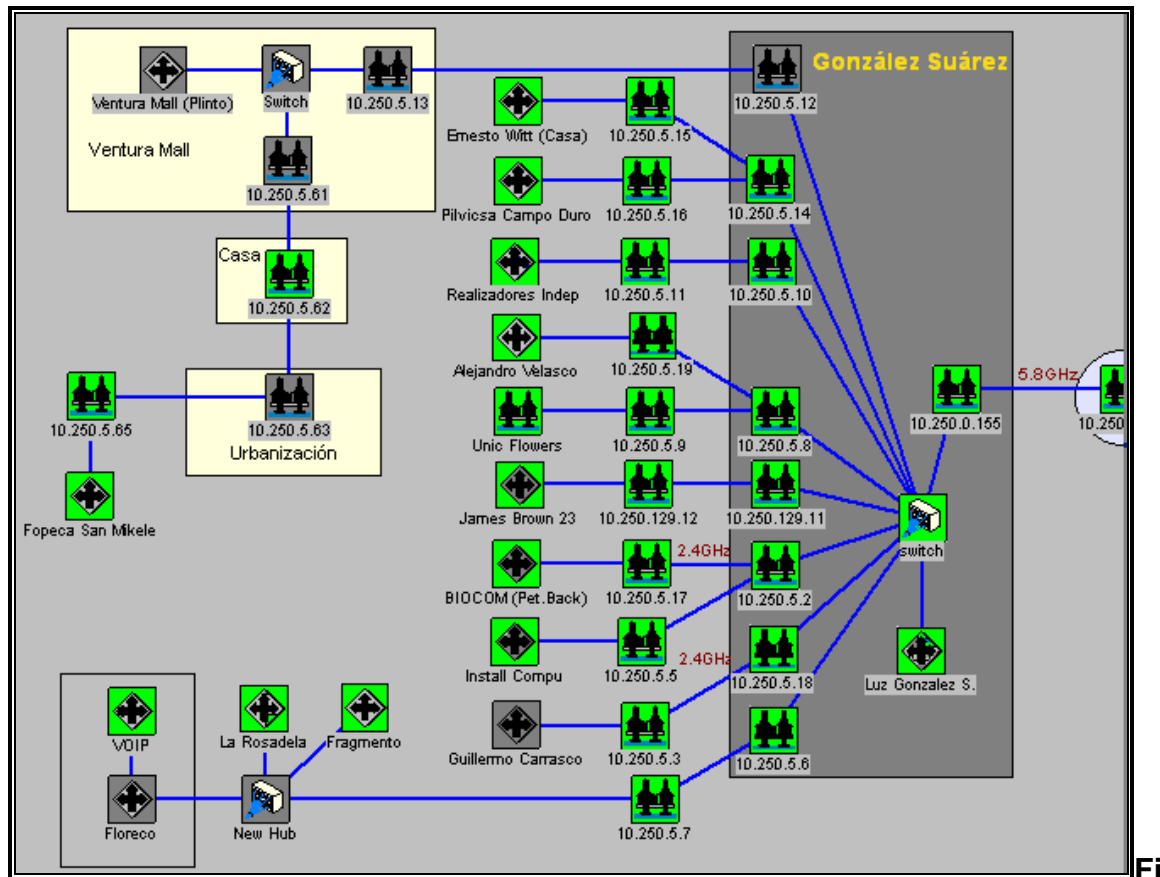


Fig. a.2

## NODO GONZALEZ SUAREZ

La figura a.3 muestra su estructura que cuenta con:

- 6 enlaces punto-punto.
- 3 enlaces punto-multipunto.



g. a.3

Fi



## NODO ATUCUCHO

La figura a.2 muestra su estructura que cuenta con:

- 6 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

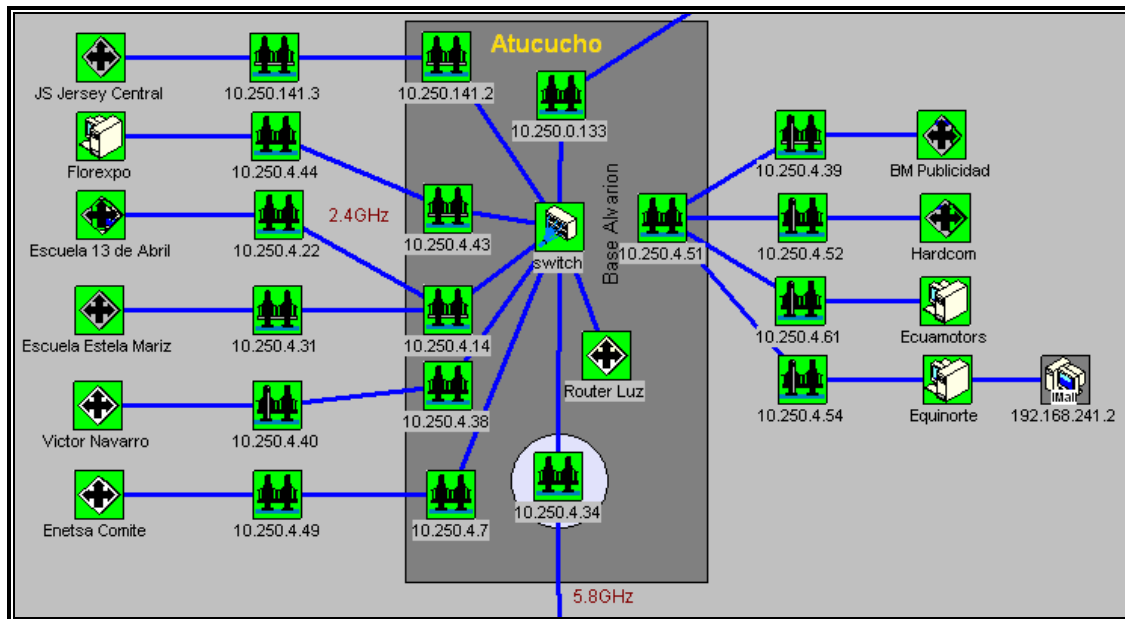


Fig. a.4

## NODO TWIN TOWERS-MATRIZ

La figura a.5 muestra su estructura que cuenta con:

- 9 enlaces punto-punto.
- 1 enlace punto-multipunto.

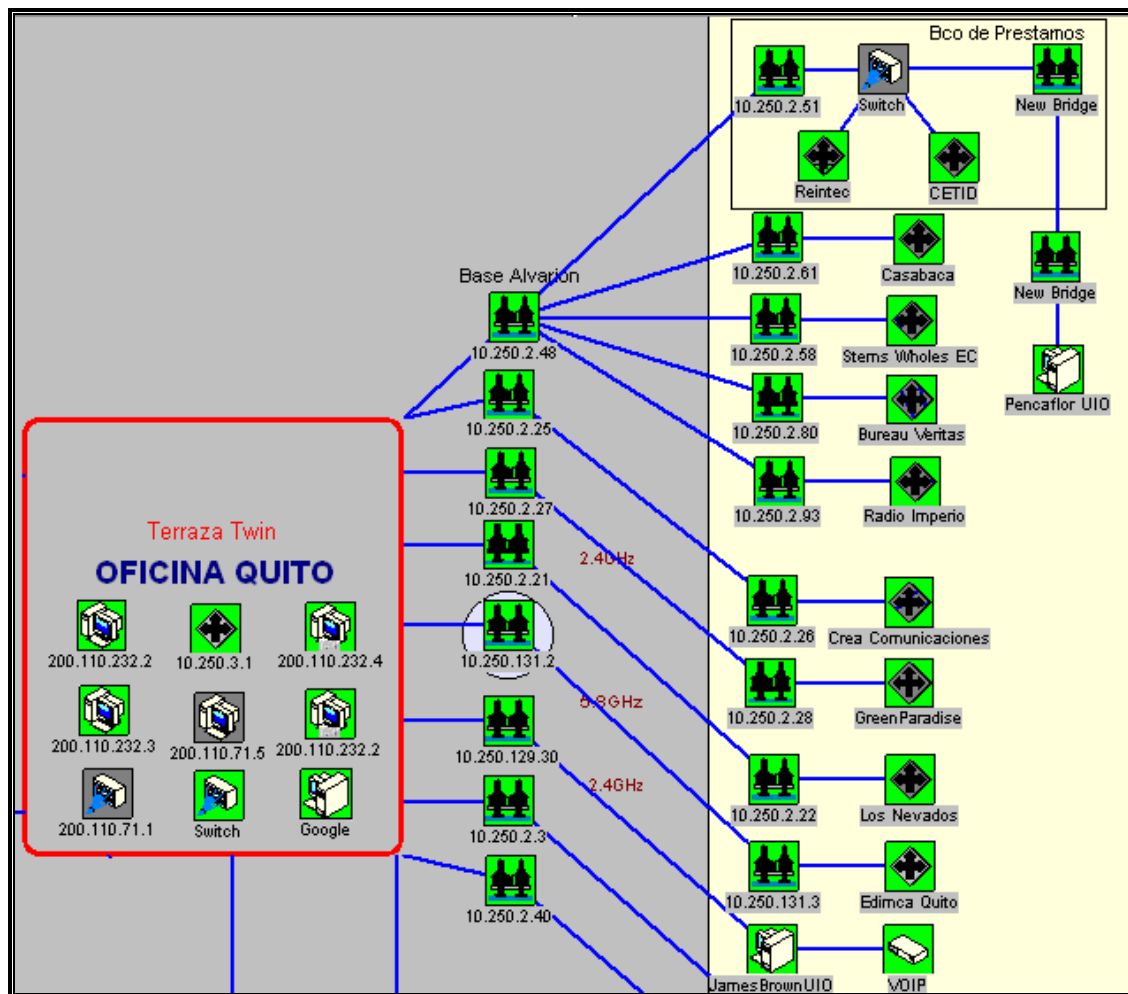


Fig. a.5 (1)

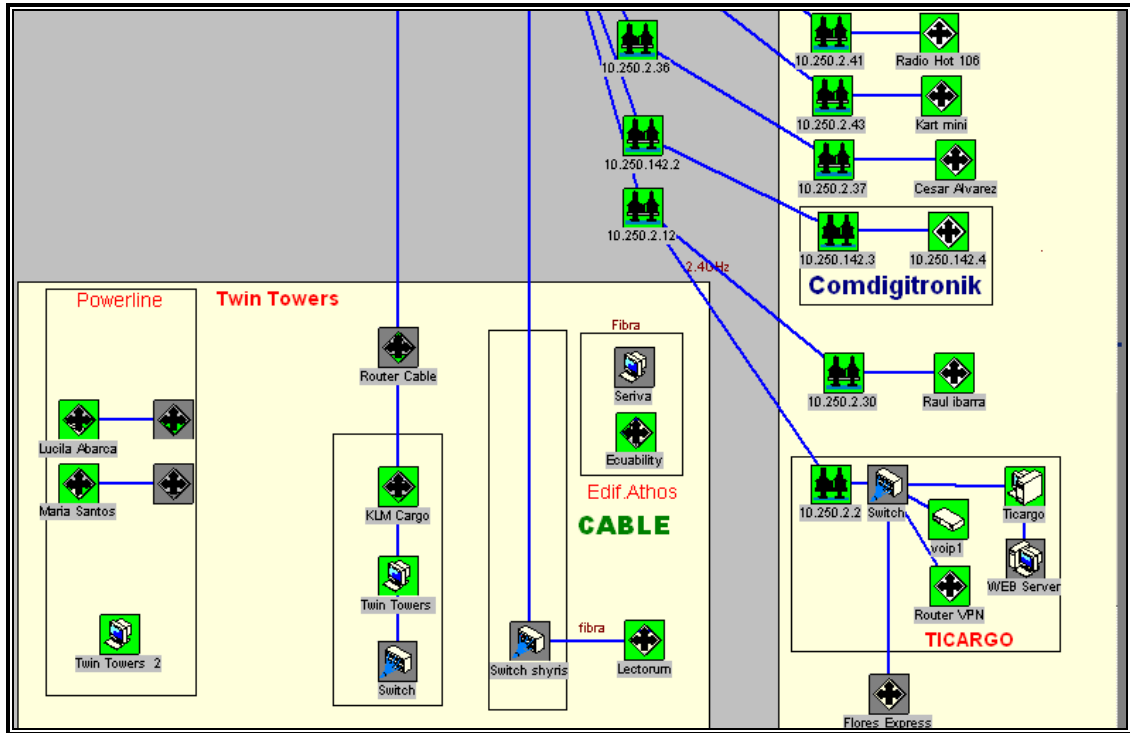


Fig. a.5 (2)

## NODO PUENGASÍ

La figura a.6 muestra su estructura que cuenta con:

- 10 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

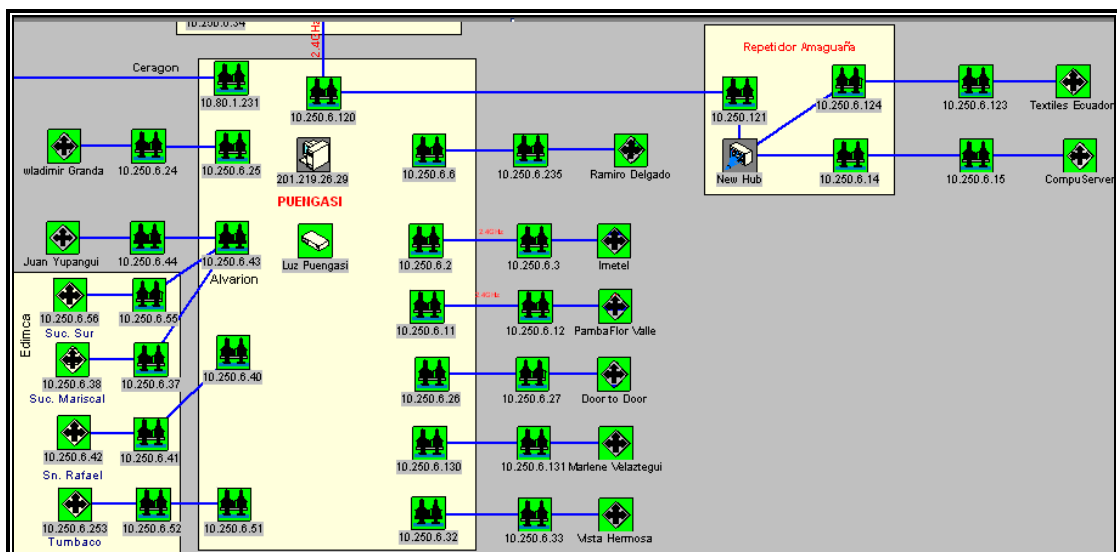


Fig. a.6

## NODO SAN JUAN DE CALDERON

La figura a.7 muestra su estructura que cuenta con:

- 8 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

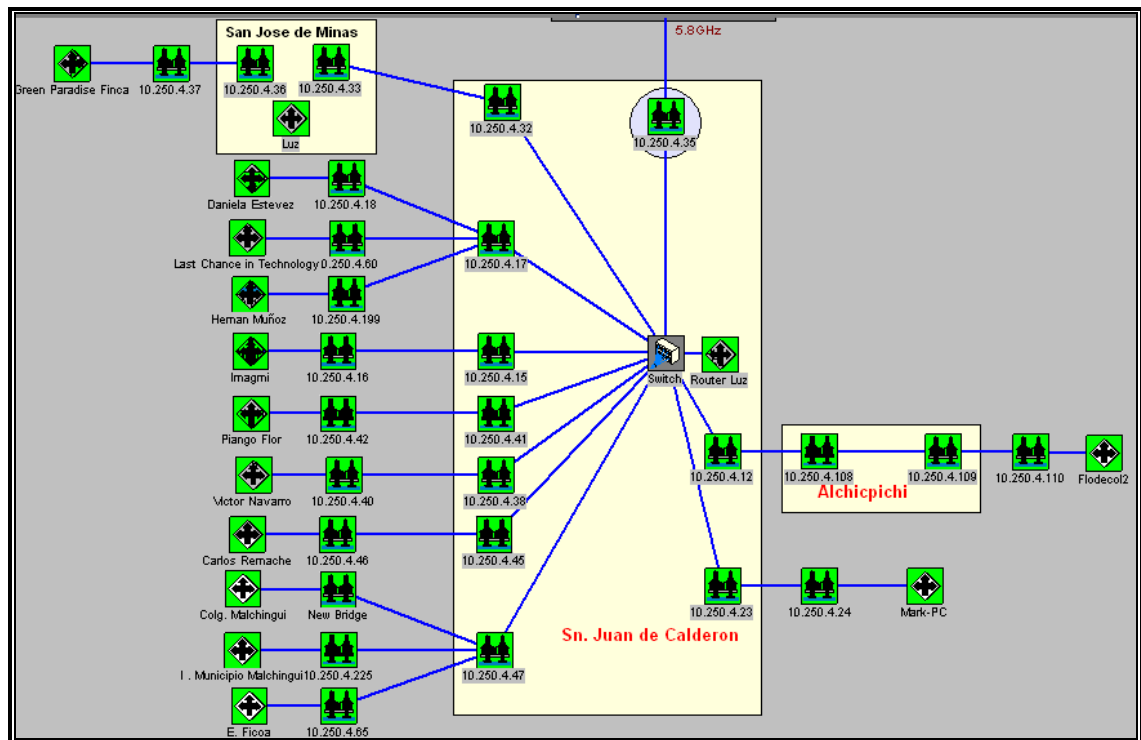


Fig. a.7

## NODO PAQUISHA

La figura a.8 muestra su estructura que cuenta con:

- 3 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

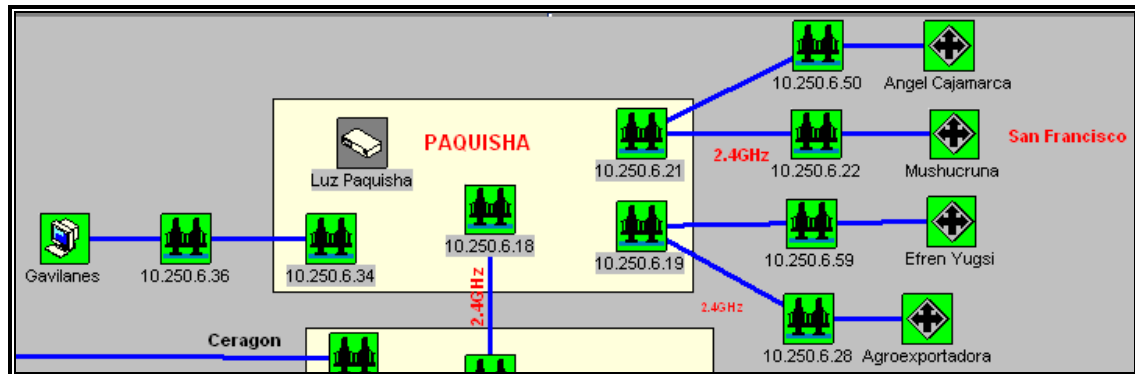


Fig. a.8

# COTOPAXI

## NODO GUANGO

La figura a.9 muestra su estructura que cuenta con:

- 20 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

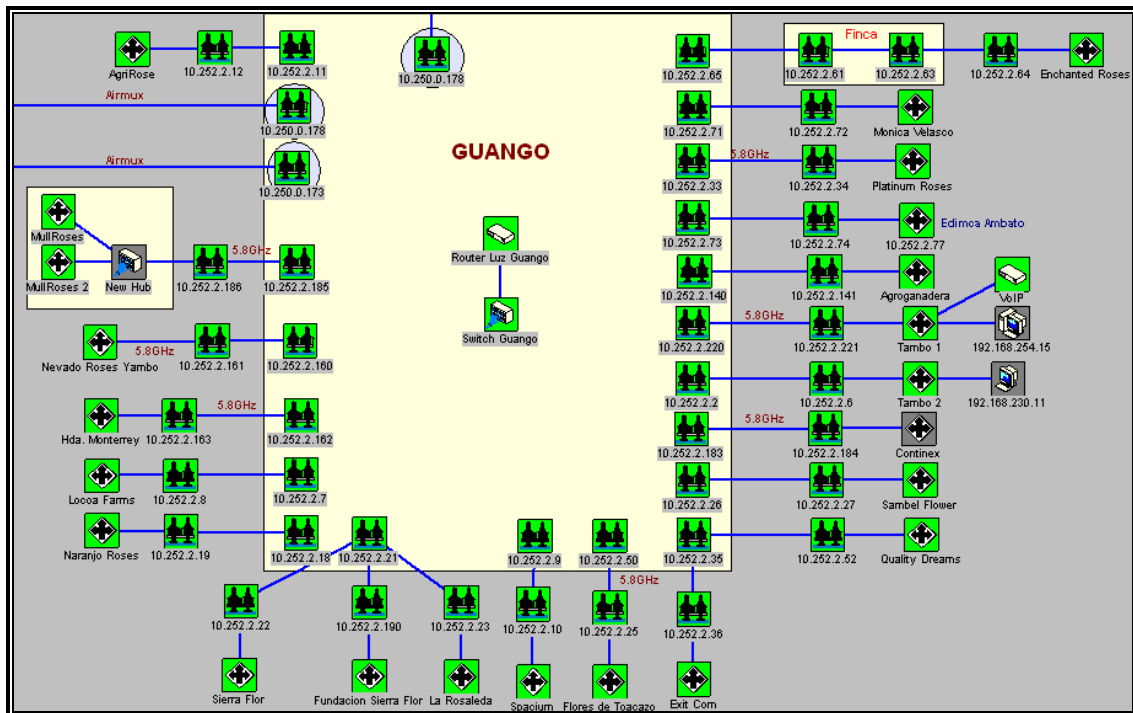


Fig. a.9

## NODO QUILOTOA

La figura a.10 muestra su estructura que cuenta con:

- 5 enlaces punto-punto.
- 6 enlaces punto-multipunto.

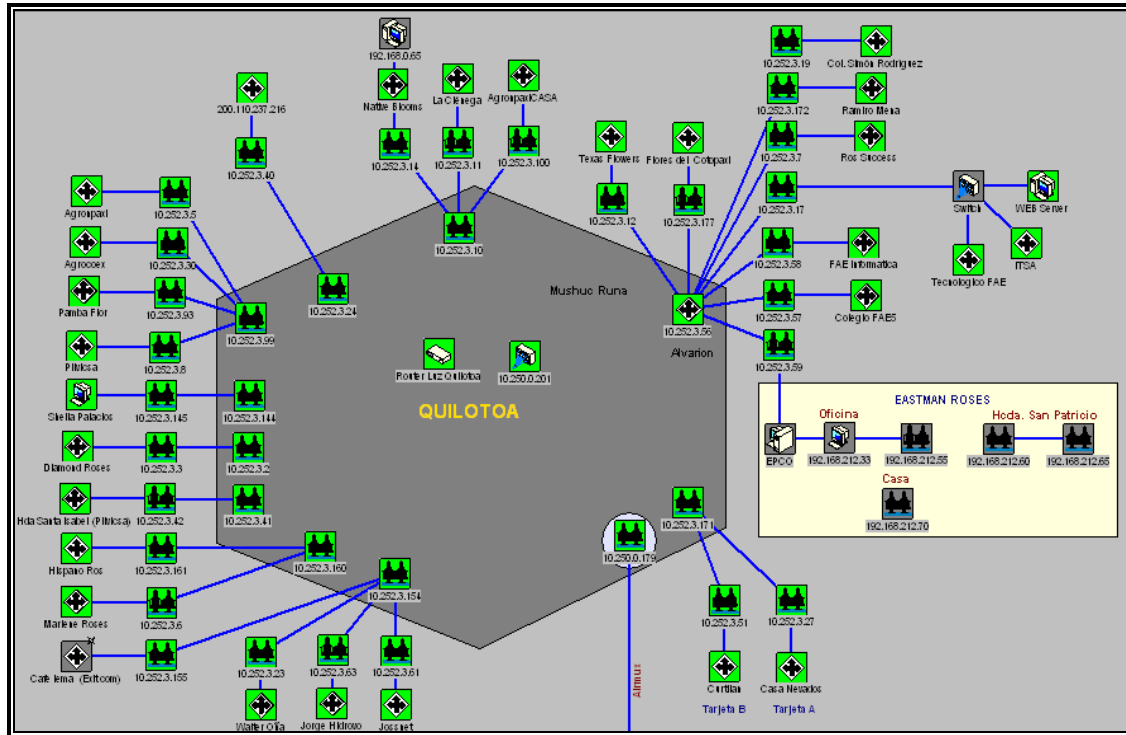


Fig. a.10

## MANABI

La figura a.11 muestra su estructura que cuenta con:

- 5 nodos: Banco Pichincha, Cerro de Hoja, Portoviejo, Junín y Cerro de lobos.
- 13 enlaces punto-punto.
- 2 enlaces punto-multipunto.

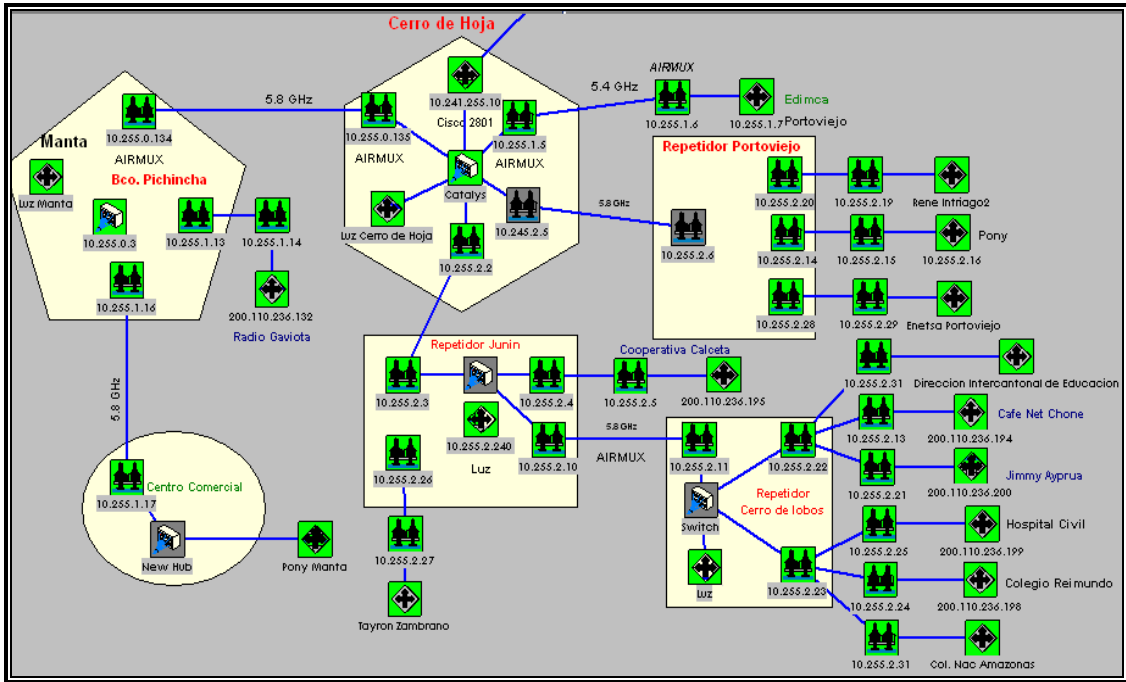


Fig. a.11

## GUAYAQUIL

La figura a.12 muestra su estructura que cuenta con:

- 3 nodos: Lomas de Urdesa, Marquez y Mapasingue.
- 12 enlaces punto-punto.
- 4 enlaces punto-multipunto.



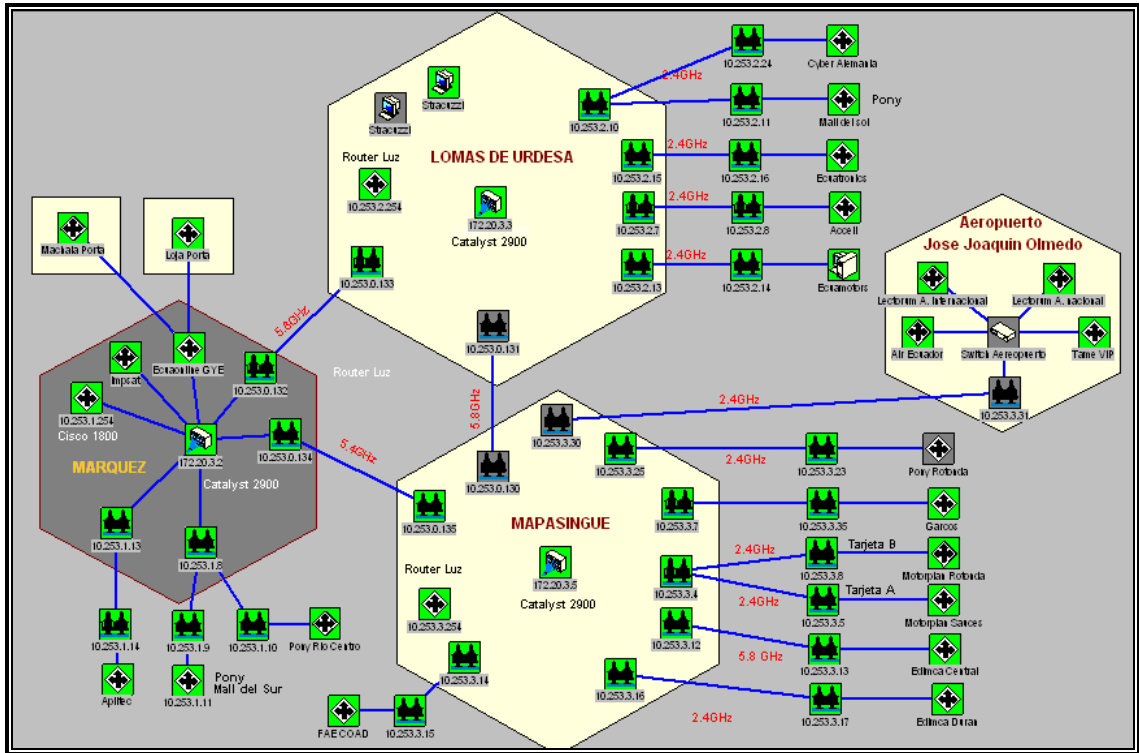


Fig. a.12

## EL ORO

La figura a.13 muestra su estructura que cuenta con:

- 14 enlaces punto-punto.

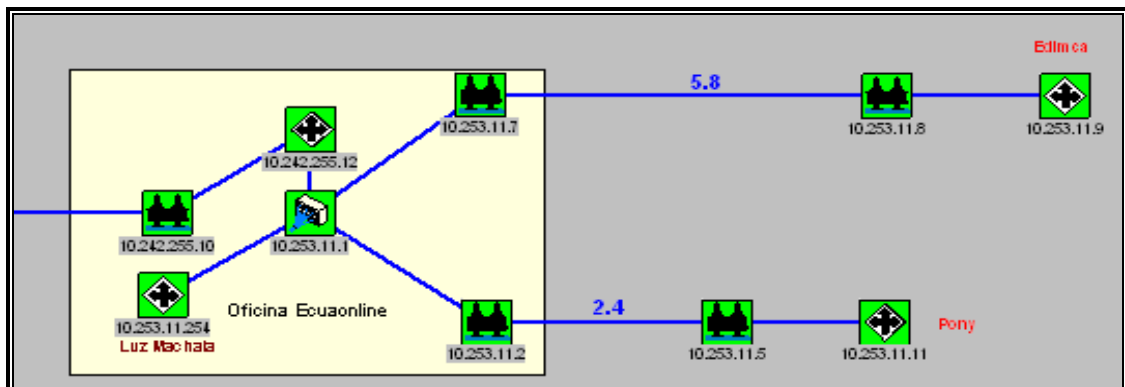


Fig. a.13

## AZUAY

La figura a.14 muestra su estructura que cuenta con:

- 3 nodos: Oficina, Icto Cruz y Quinta Chica.
- 10 enlaces punto-punto.
- 1 enlace punto-multipunto.

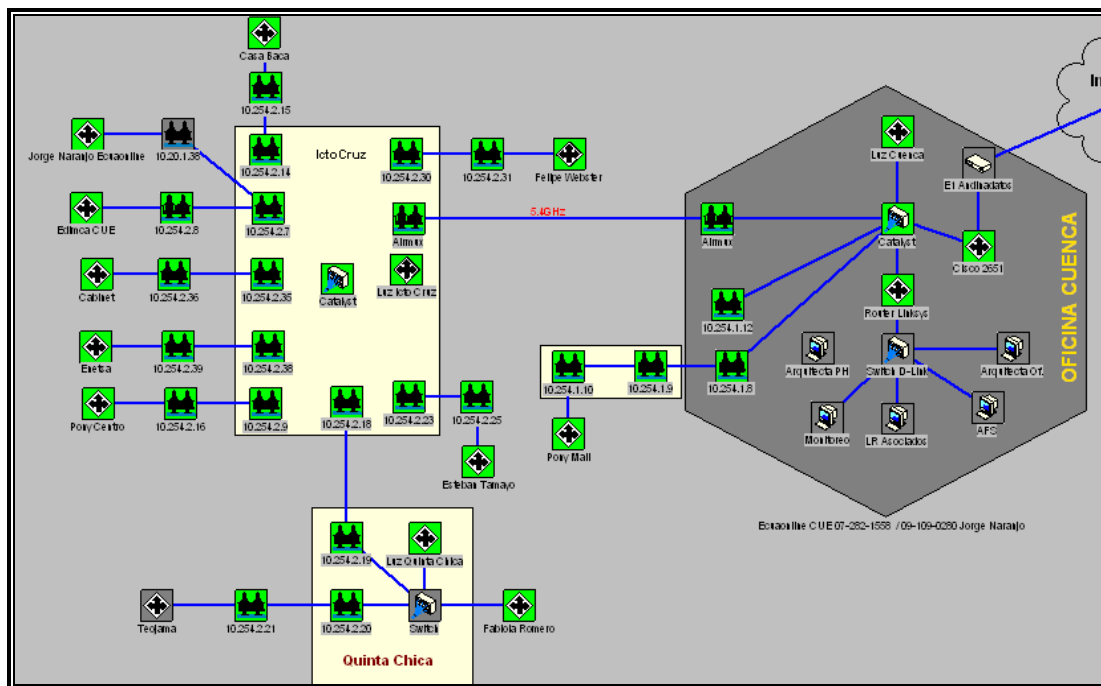


Fig. a.14

## ORELLANA

La figura a.15 muestra su estructura que cuenta con:

- 2 interconexiones microonda con PORTA.
- 4 enlaces punto-punto.

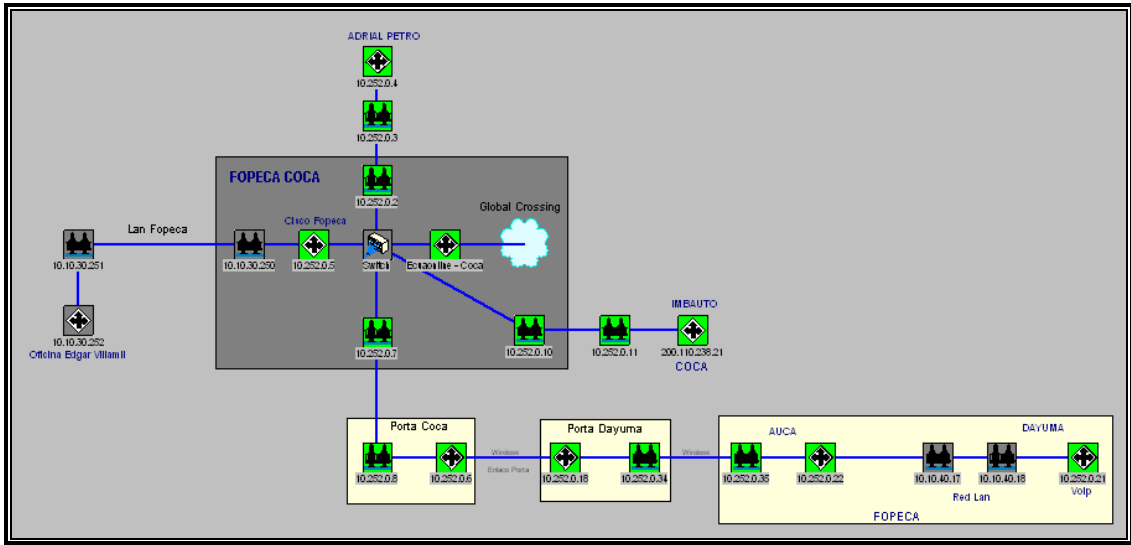


Fig. a.15

## **ANEXO B**

### **VISTAS PANORÁMICAS DE LOS TRAYECTOS A ENLAZAR**

## **VISTAS PANORÁMICAS DE LOS TRAYECTOS A ENLAZAR**

Es imprescindible mostrar una vista panorámica de cada uno de los 5 trayectos que conformarán la nueva ampliación del backbone de la Metro Ethernet de Ecuonline, de esta manera se confirma los resultados obtenidos del programa Radio Mobile, el mismo que presentó el perfil topográfico y la primera zona de Fresnel.

Para la obtención de estas panorámicas se ha hecho uso Google Earth, que como habíamos mencionado en el capítulo 2, tiene varias funcionalidades, entre ellas vistas panorámicas en 3 dimensiones del terreno a ser explorado, acercamiento y alejamiento del mismo, mediciones de longitud de trayectos, elevaciones y depresiones, cercanía de pueblos, ciudades y carreteras a cada uno de los sitios seleccionados para los nodos.

La relevancia de esta información está en la apreciación de los puntos de elevación u obstáculos para la línea de vista los cuales podrían afectar el desempeño del radio-enlace, principalmente utilizados en el cálculo de la primera zona de Fresnel.

## TRAYECTO 1: BUENOS AIRES-SAN JOAQUÍN

La figura b.1 muestra un área totalmente despejada, elevaciones y depresiones muy tenues las cuales afectarían de manera prácticamente nula a la propagación de las señales.

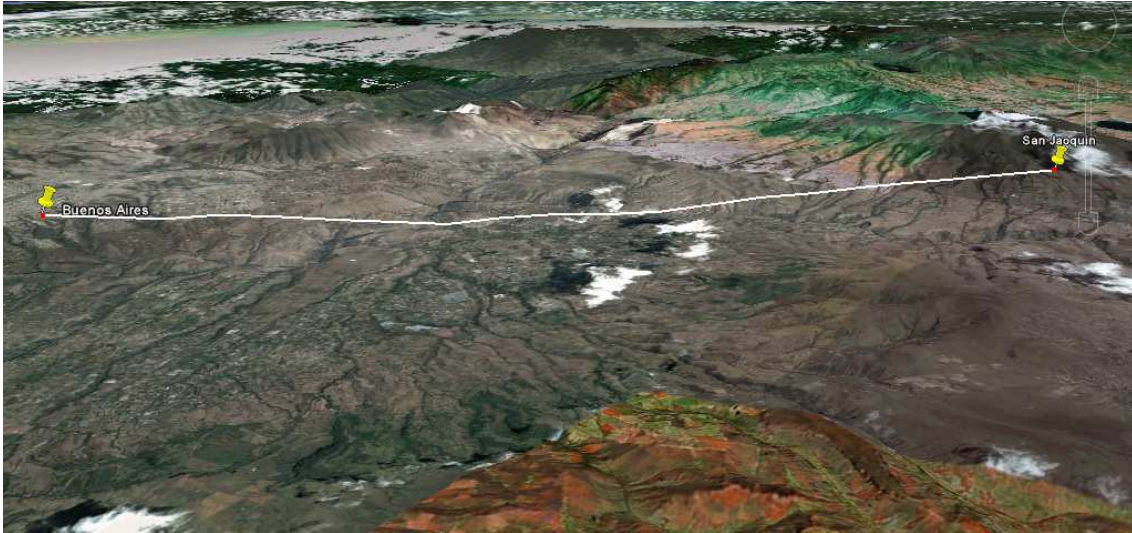


Fig. b.1

## TRAYECTO 2: SAN JOAQUÍN-POROTOG

Con una superficie que en su mayoría es regular y sin obstáculos para la línea de vista, a simple vista se observa que este trayecto es propicio para la propagación. La figura b.2 confirma lo antes expuesto.



Fig. b.2

### TRAYECTO 3: POROTOG-SANTA MÓNICA

Este trayecto tiene una clara línea de vista entre los dos puntos escogidos, sin obstrucción que pueda afectar la propagación de la señal. La figura b.7 muestra la panorámica de este radio-enlace.

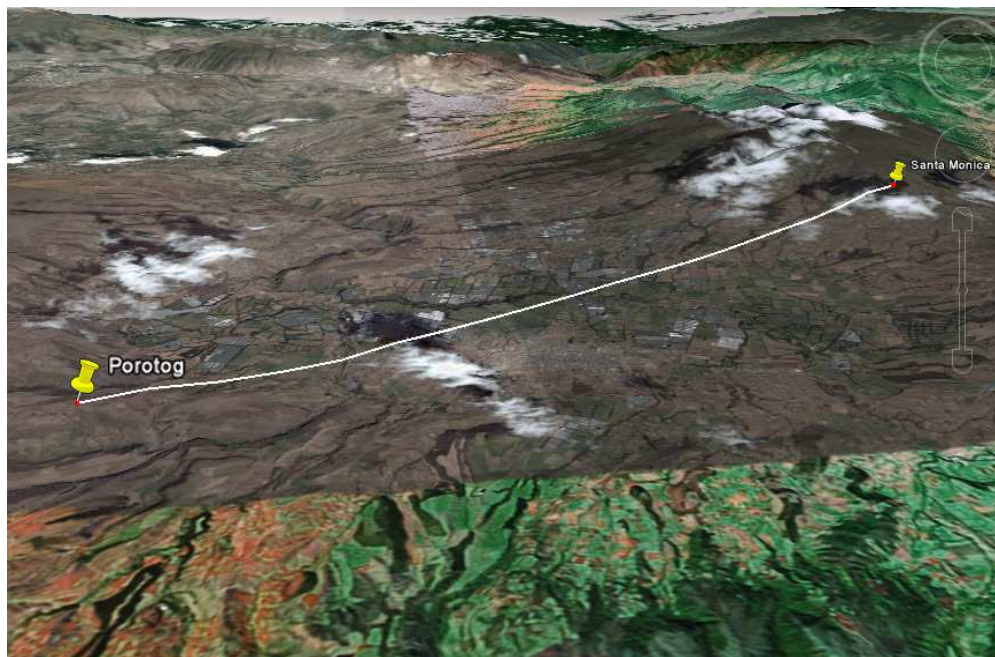


Fig. b.3



## TRAYECTO 4: SANTA MÓNICA-IMANTAG

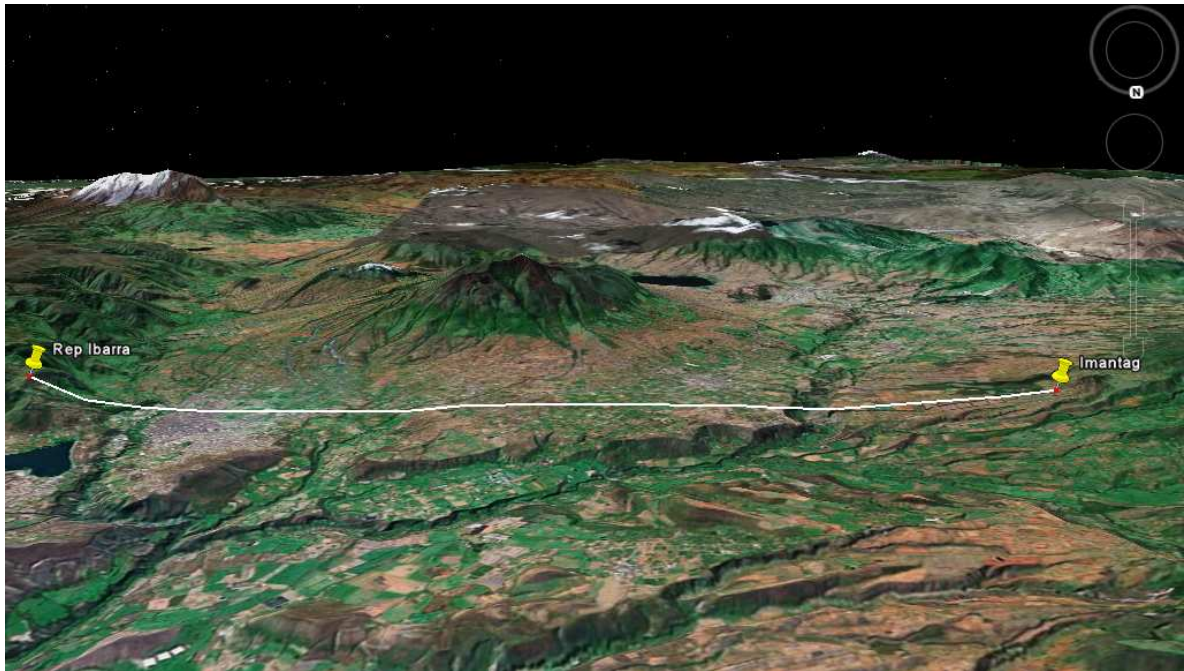
El relieve que atraviesa este trayecto, presenta pequeñas elevaciones que no son de relevancia como para que se obstruya la línea de vista ni tampoco el espacio correspondiente a la primera zona de Fresnel. Ver figura b.4.



Fig. b.4

## TRAYECTO 5: IMANTAG-IBARRA

Este último trayecto de la ampliación del backbone atraviesa un área un tanto irregular, factor que ha sido tomado en cuenta para el cálculo del margen de desvanecimiento, de forma similar para todos los trayectos. Ver figura b.5.



**Fig. b.5**

Algo muy característico y común en todos los trayectos es que el terreno por el que debe atravesar la señal propagada no posee grandes elevaciones intermedias que obstruyan la línea de vista ni los radios de la primera zona de Fresnel, pues hay diferencias de varios cientos de metros entre ellas que comparados con las pocas decenas de metros de estos radios, es obvio que se tendrá buen desempeño de los radio-enlaces que conformarán esta ampliación de backbone.

## **ANEXO C**

**CONFIGURACIÓN DE SWITCHES CATALYST 2960-24TC DE  
CADA UNO DE LOS NODOS DISEÑADOS**

# CONFIGURACIÓN DE SWITCHES CATALYST 2960-24TC DE CADA UNOS DE LOS NODOS DISEÑADOS

## NODO SAN JOAQUÍN

```
hostname acc-cyb-sanjoaquin
!
!
username ecuaonline privilege 15 secret 5 $1$08tn$IRshQz8U/1a.dZTPPWFEK/
no aaa new-model
clock timezone gmt-5 -5
udld aggressive
ip subnet-zero
!
ip domain-name ecuaonline.net
ip name-server 200.110.232.2
ip name-server 200.110.232.3
!
!
!
errdisable recovery cause link-flap
errdisable recovery interval 120
port-channel load-balance dst-mac
no file verify auto
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree loopguard default
spanning-tree logging
spanning-tree portfast default
spanning-tree portfast bpdfilter default
spanning-tree extend system-id
spanning-tree backbonefast
!
vlan internal allocation policy ascending
!
interface Port-channel1
description trunk-buenosaires
switchport trunk native vlan 400
switchport trunk allowed vlan 400,410
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
description ecua-gestion
switchport access vlan 400
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpdfilter enable
!
interface FastEthernet0/2
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/3
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/4
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/5
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/6
description unused
```

```
shutdown
!  
interface FastEthernet0/7  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/8  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/9  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/10  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/11  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/12  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/13  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/14  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/15  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/16  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/17  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/18  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/19  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/20  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/21  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/22  
description unused  
shutdown  
!  
interface FastEthernet0/23  
description access-routerluz  
switchport access vlan 410  
switchport mode access  
storm-control broadcast level pps 10 5  
storm-control action trap  
spanning-tree portfast  
spanning-tree bpdupfilter enable  
!
```

```
interface FastEthernet0/24
  description unused
  shutdown
  !
interface GigabitEthernet0/1
  description trunk-quito-buenosaires
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  channel-group 1 mode desirable
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface GigabitEthernet0/2
  description trunk-porotog
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface VLAN1
  shutdown
  !
interface Vlan400
  description cyb-gestion
  ip address 10.250.0.10 255.255.255.128
  no ip route-cache
  !
ip default-gateway 10.250.0.1
ip http server
ip http authentication local
!
ip access-list standard VTY
  permit 200.110.232.248 0.0.0.7 log
  permit 10.250.0.0 0.0.0.255 log
  deny any log
logging 200.110.232.251
snmp-server community ecuaSNMP#2008 RO
snmp-server location Ecuador, Pichincha, Cayambe, San Joaquin
snmp-server contact Ecuaonline S.A. (+593 2 2440831)
snmp-server chassis-id C2960-0006
!
control-plane
!
!
line con 0
  privilege level 15
  login local
line vty 0 4
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  history size 256
  transport input telnet
  transport output telnet
line vty 5 15
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  transport input telnet
  transport output telnet
!
ntp clock-period 36029094
ntp server 192.168.100.123
end
```

## NODO POROTOG

```
hostname acc-cyb-porotog
!
!
username ecuaonline privilege 15 secret 5 $1$08tn$IRshQz8U/1a.dZTPPWFEK/
no aaa new-model
clock timezone gmt-5 -5
udld aggressive
ip subnet-zero
!
ip domain-name ecuaonline.net
ip name-server 200.110.232.2
ip name-server 200.110.232.3
!
!
!
errdisable recovery cause link-flap
errdisable recovery interval 120
port-channel load-balance dst-mac
no file verify auto
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree loopguard default
spanning-tree logging
spanning-tree portfast default
spanning-tree portfast bpdfilter default
spanning-tree extend system-id
spanning-tree backbonefast
!
vlan internal allocation policy ascending
!
interface Port-channel1
description trunk-sanjoaquin
switchport trunk native vlan 400
switchport trunk allowed vlan 400,410
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
description ecua-gestion
switchport access vlan 400
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpdfilter enable
!
interface FastEthernet0/2
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/3
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/4
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/5
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/6
description unused
```

```
shutdown
!
interface FastEthernet0/7
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/8
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/9
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/10
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/11
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/12
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/13
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/14
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/15
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/16
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/17
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/18
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/19
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/20
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/21
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/22
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/23
description access-routerluz
switchport access vlan 410
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
!
```



```
interface FastEthernet0/24
  description unused
  shutdown
  !
interface GigabitEthernet0/1
  description trunk-cyb-sanjoaquin
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  channel-group 1 mode desirable
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface GigabitEthernet0/2
  description trunk-santamonica
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface VLAN1
  shutdown
  !
interface Vlan400
  description cyb-gestion
  ip address 10.250.0.11 255.255.255.128
  no ip route-cache
  !
ip default-gateway 10.250.0.1
ip http server
ip http authentication local
!
ip access-list standard VTY
  permit 200.110.232.248 0.0.0.7 log
  permit 10.250.0.0 0.0.0.255 log
  deny any log
logging 200.110.232.251
snmp-server community ecuaSNMP#2008 RO
snmp-server location Ecuador, Pichincha, Cayambe, Porotog
snmp-server contact Ecuaonline S.A. (+593 2 2440831)
snmp-server chassis-id C2960-0006
!
control-plane
!
!
line con 0
  privilege level 15
  login local
line vty 0 4
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  history size 256
  transport input telnet
  transport output telnet
line vty 5 15
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  transport input telnet
  transport output telnet
!
ntp clock-period 36029094
ntp server 192.168.100.123
end
```

# NODO SANTA MÓNICA

```
hostname acc-cyb-santamonica
!
!
username ecuaonline privilege 15 secret 5 $1$08tn$IRshQz8U/1a.dZTPPWFEK/
no aaa new-model
clock timezone gmt-5 -5
udld aggressive
ip subnet-zero
!
ip domain-name ecuaonline.net
ip name-server 200.110.232.2
ip name-server 200.110.232.3
!
!
!
errdisable recovery cause link-flap
errdisable recovery interval 120
port-channel load-balance dst-mac
no file verify auto
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree loopguard default
spanning-tree logging
spanning-tree portfast default
spanning-tree portfast bpdofilter default
spanning-tree extend system-id
spanning-tree backbonefast
!
vlan internal allocation policy ascending
!
interface Port-channel1
description trunk-porotog
switchport trunk native vlan 400
switchport trunk allowed vlan 400,410
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
description ecua-gestion
switchport access vlan 400
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpdofilter enable
!
interface FastEthernet0/2
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/3
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/4
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/5
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/6
description unused
```

```
shutdown
!
interface FastEthernet0/7
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/8
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/9
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/10
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/11
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/12
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/13
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/14
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/15
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/16
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/17
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/18
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/19
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/20
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/21
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/22
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/23
description access-routerluz
switchport access vlan 410
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
!
```

```
interface FastEthernet0/24
  description unused
  shutdown
  !
interface GigabitEthernet0/1
  description trunk-cyb-porotog
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  channel-group 1 mode desirable
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface GigabitEthernet0/2
  description trunk-imantag
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface VLAN1
  shutdown
  !
interface Vlan400
  description cyb-gestion
  ip address 10.250.0.12 255.255.255.128
  no ip route-cache
  !
ip default-gateway 10.250.0.1
ip http server
ip http authentication local
!
ip access-list standard VTY
  permit 200.110.232.248 0.0.0.7 log
  permit 10.250.0.0 0.0.0.255 log
  deny any log
logging 200.110.232.251
snmp-server community ecuaSNMP#2008 RO
snmp-server location Ecuador, Pichincha, Cayambe, Santa Monica
snmp-server contact Ecuaonline S.A. (+593 2 2440831)
snmp-server chassis-id C2960-0006
!
control-plane
!
!
line con 0
  privilege level 15
  login local
line vty 0 4
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  history size 256
  transport input telnet
  transport output telnet
line vty 5 15
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  transport input telnet
  transport output telnet
!
ntp clock-period 36029094
ntp server 192.168.100.123
end
```

## NODO IMANTAG

```
hostname acc-iba-imantag
!
!
username ecuaonline privilege 15 secret 5 $1$08tn$IRshQz8U/1a.dZTPPWFEK/
no aaa new-model
clock timezone gmt-5 -5
udld aggressive
ip subnet-zero
!
ip domain-name ecuaonline.net
ip name-server 200.110.232.2
ip name-server 200.110.232.3
!
!
!
errdisable recovery cause link-flap
errdisable recovery interval 120
port-channel load-balance dst-mac
no file verify auto
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree loopguard default
spanning-tree logging
spanning-tree portfast default
spanning-tree portfast bpdofilter default
spanning-tree extend system-id
spanning-tree backbonefast
!
vlan internal allocation policy ascending
!
interface Port-channel1
description trunk-santamonica
switchport trunk native vlan 400
switchport trunk allowed vlan 400,410
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
description ecua-gestion
switchport access vlan 400
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpdofilter enable
!
interface FastEthernet0/2
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/3
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/4
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/5
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/6
description unused
```

```
shutdown
!
interface FastEthernet0/7
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/8
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/9
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/10
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/11
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/12
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/13
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/14
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/15
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/16
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/17
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/18
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/19
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/20
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/21
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/22
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/23
description access-routerluz
switchport access vlan 410
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
!
```

```
interface FastEthernet0/24
  description unused
  shutdown
  !
interface GigabitEthernet0/1
  description trunk-cyb-santamonica
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  channel-group 1 mode desirable
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface GigabitEthernet0/2
  description trunk-ibarra
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  spanning-tree link-type point-to-point
  !
interface VLAN1
  shutdown
  !
interface Vlan400
  description cyb-gestion
  ip address 10.250.0.13 255.255.255.128
  no ip route-cache
  !
ip default-gateway 10.250.0.1
ip http server
ip http authentication local
!
ip access-list standard VTY
  permit 200.110.232.248 0.0.0.7 log
  permit 10.250.0.0 0.0.0.255 log
  deny any log
logging 200.110.232.251
snmp-server community ecuaSNMP#2008 RO
snmp-server location Ecuador, Pichincha, Imantag
snmp-server contact Ecuaonline S.A. (+593 2 2440831)
snmp-server chassis-id C2960-0006
!
control-plane
!
!
line con 0
  privilege level 15
  login local
line vty 0 4
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  history size 256
  transport input telnet
  transport output telnet
line vty 5 15
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  transport input telnet
  transport output telnet
!
ntp clock-period 36029094
ntp server 192.168.100.123
end
```

## NODO IBARRA

```
hostname acc-iba-ibarra
!
!
username ecuaonline privilege 15 secret 5 $1$08tn$IRshQz8U/1a.dZTPPWFEK/
no aaa new-model
clock timezone gmt-5 -5
udld aggressive
ip subnet-zero
!
ip domain-name ecuaonline.net
ip name-server 200.110.232.2
ip name-server 200.110.232.3
!
!
!
errdisable recovery cause link-flap
errdisable recovery interval 120
port-channel load-balance dst-mac
no file verify auto
!
spanning-tree mode rapid-pvst
spanning-tree loopguard default
spanning-tree logging
spanning-tree portfast default
spanning-tree portfast bpdfilter default
spanning-tree extend system-id
spanning-tree backbonefast
!
vlan internal allocation policy ascending
!
interface Port-channel1
description trunk-imantag
switchport trunk native vlan 400
switchport trunk allowed vlan 400,410
switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/1
description ecua-gestion
switchport access vlan 400
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpdfilter enable
!
interface FastEthernet0/2
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/3
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/4
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/5
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/6
description unused
```



```
shutdown
!
interface FastEthernet0/7
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/8
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/9
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/10
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/11
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/12
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/13
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/14
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/15
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/16
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/17
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/18
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/19
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/20
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/21
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/22
description unused
shutdown
!
interface FastEthernet0/23
description access-routerluz
switchport access vlan 410
switchport mode access
storm-control broadcast level pps 10 5
storm-control action trap
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
!
```

```
interface FastEthernet0/24
  description unused
  shutdown
!
interface GigabitEthernet0/1
  description trunk-iba-imantag
  switchport trunk native vlan 400
  switchport trunk allowed vlan 400,410
  switchport mode trunk
  bandwidth 16600
  storm-control broadcast level pps 1k
  storm-control action trap
  channel-group 1 mode desirable
  spanning-tree link-type point-to-point
!
interface GigabitEthernet0/2
  description unused
  shutdown
!
interface VLAN1
  shutdown
!
interface Vlan400
  description iba-gestion
  ip address 10.250.0.14 255.255.255.128
  no ip route-cache
!
ip default-gateway 10.250.0.1
ip http server
ip http authentication local
!
ip access-list standard VTY
  permit 200.110.232.248 0.0.0.7 log
  permit 10.250.0.0 0.0.0.255 log
  deny any log
logging 200.110.232.251
snmp-server community ecuaSNMP#2008 RO
snmp-server location Ecuador, Pichincha, Cayambe, San Joaquin
snmp-server contact Ecuonline S.A. (+593 2 2440831)
snmp-server chassis-id C2960-0006
!
control-plane
!
!
line con 0
  privilege level 15
  login local
line vty 0 4
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  history size 256
  transport input telnet
  transport output telnet
line vty 5 15
  access-class VTY in
  privilege level 15
  login local
  transport input telnet
  transport output telnet
!
ntp clock-period 36029094
ntp server 192.168.100.123
end
```

## **ANEXO D**

### **HOJA TÉCNICA DEL INVERSOR CDP XS-1524**

# X-verter

**Inversor de Alto Desempeño, para Brindar Tiempo de Respaldo Extendido.**

El X-VERTER es un híbrido que mezcla lo mejor de la tecnología de UPS e Inversores. El resultado es un sofisticado producto que incluye regulador de voltaje, onda 100% senoidal. Cero tiempo de transferencia entre AC y batería. Supera ruidos, picos, tiempo de respaldo determinado por el usuario y administración vía software con funciones inteligentes. El X-VERTER brinda energía eléctrica limpia y segura todo el tiempo a un precio razonable.

**Ideal para:** Cajeros Automáticos, Centros de Informática, Sistemas de Vigilancia, Aplicaciones con energías alternativas, Telecomunicaciones, Antenas Celulares y Refrigeración de Laboratorios para prevenir pérdidas de dinero y productividad.



Mejor solución Industrial 2004



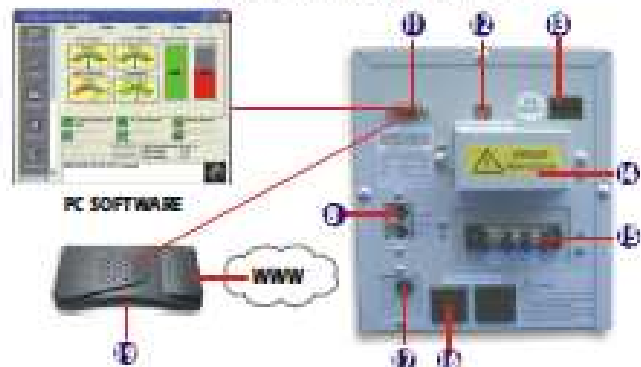
## X-VERTER

- 1 Control Remoto.
- 2 Pulsadores de Selección.
- 3 Indicador de Nivel de Carga.
- 4 Indicador de Función.
  - Voltaje de Entrada.
  - Voltaje de Salida.
  - Frecuencia de Salida.
  - Voltaje de Batería.
  - Temperatura.
  - Timer.
- 5 Indicador de conexión de voltaje.
- 6 Valor medido.
- 7 Indicador Nivel de Batería.
- 8 Interruptor encendido / apagado, arranque en frío.
- 9 Puerto monitoreo remoto/Stacking.
- 10 Alarma Audible.
- 11 Pantalla LCD.
- 12 Puerto de Comunicaciones RS 232.
- 13 Dip switch:
  - 1 y 2 Selecto voltaje salida 100/110/115/120.
  - 3 Stacking.
  - 4 Green Mode.
- 14 Supresor de Picos RJ11 / Encendido remoto.
- 15 Terminales salida AC.
- 16 Terminales de alimentación AC.
- 17 Receptáculos de salida.
- 18 Breaker de sobrecarga.
- 19 Terminales Batería.
- 20 Tarjeta SNMP\*.

## ACCESORIOS\*

- Software de administración.
- Tarjeta SNMP para monitoreo remoto a través de WWW.
- Cable conexión a 220 Vdc.
- Control remoto extra.

\* Accesorios no incluidos



## CAPACIDAD DE EXPANSIÓN "Stacking"

**XV 3048 + XV 3048 = 6KVA a 220 y 110 Vdc**



**XV 3048 + XV 3048 + XV 3048 = 9KVA a 220 Vdc Trifásico y 110 Vdc**



Modelo		XV 6112	XV 1024	XV 2048	XV 3048
Capacidad Continua	VA/VA	6.6 KVA / 6.6 KVA	1.5 KVA / 1.2 KVA	2.2 KVA / 1.8 KVA	3 KVA / 2.4 KVA
Entrada	Voltaje de Entrada	75 - 147 VAC			
	Frecuencia	50 / 60 Hz (Selección Automática)			
Salida	Voltaje	Seleccionable 110 / 120 / 125 / 120 ± 3% en Backup, ± 10% en AVR			
	Frecuencia	50 Hz / 60 Hz (Selección Automática)			
	Temperatura de Salida	4 NEMA 5-15P	2 NEMA 5-15P HV	2 NEMA 5-15P HV	4 NEMA 5-15P HV
	Factor de Carga	100% por 10 Segundos			
	Formado OnLine	Sí/No/No (NO/NO)			
Tiempo de Transferencia		C/0 de AC a batería, + 0 ms a batería a AC			
Carga por		22 Amp @ 12v	22 Amp @ 24v	22 Amp @ 24v	22 Amp @ 12v
Pantalla	Pantalla LCD	NO	SI	SI	SI
	Protección Térmica	SI	SI	SI	SI
	Interrupción de Energía	NO	SI	SI	SI
	Soporte SNMP	NO	SI	SI	SI
	Stacking	NO	SI	SI	SI
Tiempo de Respaldo		Depende al arranque de corriente en las Baterías.			
	Dimensiones P x A x D	38 x 18 x 20 cm	45 x 18 x 20 cm	51 x 18 x 20 cm	51 x 18 x 21 cm
	Peso (Kg)	16	20	26	37
	Seguridad	Cumple con estándares UL, IEC, CSA, EN60909			

En referencias sujetas a cambio de precio sin avisar.



## **ANEXO E**

### **HOJA TÉCNICA DE BATERÍAS PS-121000**

# POWER SONIC

## PS-121000 12 Volt 100.0 AH

Rechargeable Sealed Lead Acid Battery  
Designed for Cyclic, Standby, and Solar Applications



We've Got The Power.™



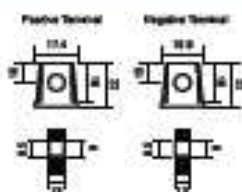
### Features

- Absorbent Glass Mat (AGM) technology for superior performance
- Valve regulated, spill proof construction allows safe operation in any position
- Power/volume ratio yielding unrivaled energy density
- Rugged impact resistant ABS case and cover (UL94-HB)
- Integrated ABS carrying handles for ease of movement
- Approved for transport by air. D.O.T., I.A.T.A., F.A.A. and C.A.B. certified
- U.L. recognized under file number MH 20845

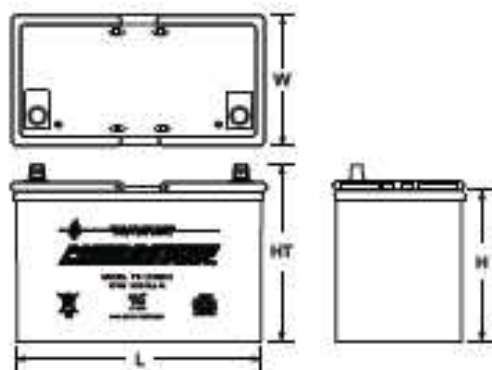
### Terminals

(mm)

- U: Universal terminals: Heavy-duty posts with 'nut & bolt' fasteners



### Physical Dimensions: in (mm)



L: 12.00 (305) W: 6.60 (168) H: 8.15 (207) HT: 8.98 (228)

Tolerances are +/- 0.04 in. (+/- 1mm) and +/- 0.08 in. (+/- 2mm) for height dimensions. All data subject to change without notice.

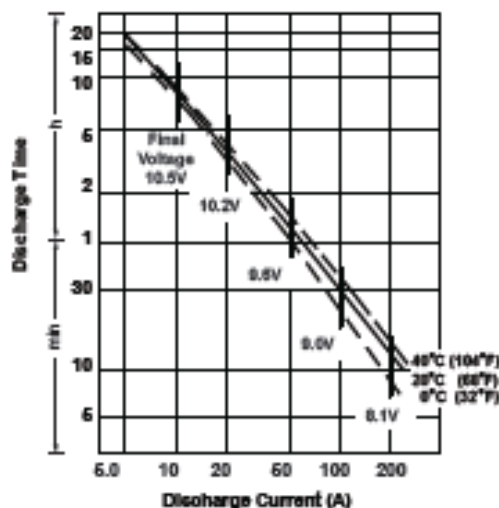
### Performance Specifications

Nominal Voltage	12 volts (6 cells)
<b>Nominal Capacity</b>	
20-hr. (5A to 10.50 volts)	100.0 AH
10-hr. (9.2A to 10.50 volts)	92.0 AH
5-hr. (15.8A to 10.20 volts)	79.0 AH
1-hr. (55.2A to 9.00 volts)	55.2 AH
15-min. (175A to 9.00 volts)	43.8 AH
Approximate Weight	68.00 lbs. (30.84 kg)
Energy Density (20-hr. rate)	1.86 W-h/in <sup>3</sup> (113.45 W-h/l)
Specific Energy (20-hr. rate)	17.65 W-h/lb (88.91 W-h/kg)
Internal Resistance (approx.)	5 milliohms
Max Discharge Current (7 Min.)	300.0 amperes
Max Short-Duration Discharge Current (10 Sec.)	750.0 amperes
<b>Shelf Life (% of nominal capacity at 68°F (20°C))</b>	
1 Month	97%
3 Months	91%
6 Months	83%
<b>Operating Temperature Range</b>	
Charge	-4°F (-20°C) to 122°F (50°C)
Discharge	-40°F (-40°C) to 140°F (60°C)
Case	ABS Plastic
Power-Sonic Chargers	PSC-1210000A-C

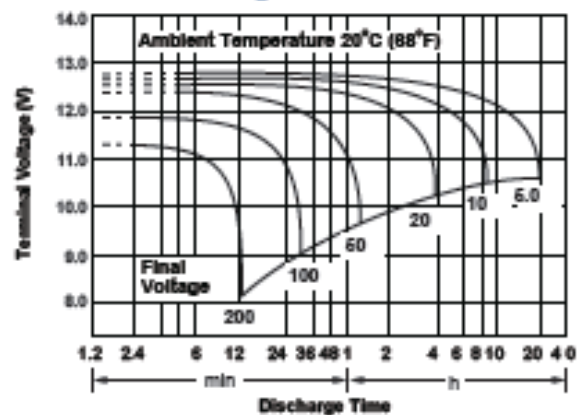
**Constant Power Discharge Ratings**

MODEL	FINAL VOLTAGE	WATTS PER CELL @ 25° C						
		5 MIN	10 MIN	15 MIN	20 MIN	30 MIN	45 MIN	60 MIN
PS-121000	1.75	550	395	312	267	207	152	128
	1.70	586	413	324	277	212	155	129
	1.67	605	421	330	283	215	158	130

**Discharge Time vs. Discharge Current**



**Discharge Characteristics**



**Charging**

**Cycle Applications:** Limit initial current to 20A. Charge until battery voltage (under charge) reaches 14.4 to 14.7 volts at 68°F (20°C). Hold at 14.4 to 14.7 volts until current drops to under 1A. Battery is fully charged under these conditions, and charger should be disconnected or switched to "float" voltage.

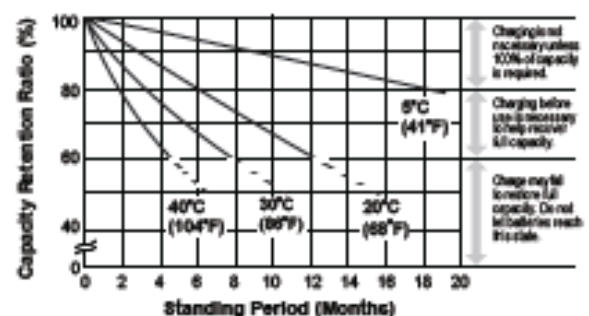
**"Float" or "Stand-By" Service:** Hold battery across constant voltage source of 13.5 to 13.8 volts continuously. When held at this voltage, the battery will seek its own current level and maintain itself in a fully charged condition.

**Note:** Due to the self-discharge characteristics of this type of battery, it is imperative that they be charged within 6 months of storage, otherwise permanent loss of capacity might occur as a result of sulfation.

**Chargers**

Power-Sonic offers a wide range of chargers suitable for batteries up to 100AH. Please refer to the Charger Selection Guide in our specification sheets for "C-Series Switch Mode Chargers" and "Transformer Type A and F Series". Please contact our Technical department for advice if you have difficulty in locating suitable models.

**Shelf Life & Storage**



**Further Information**

Please refer to our website [www.power-sonic.com](http://www.power-sonic.com) for a complete range of useful downloads, such as product catalogs, material safety data sheets (MSDS), ISO certification, etc.

**Contact Information**

**DOMESTIC SALES**  
Tel: +1-619-661-2020  
Fax: +1-619-661-3650  
national-sales@power-sonic.com

**CUSTOMER SERVICE**  
Tel: +1-619-661-2030  
Fax: +1-619-661-3648  
customer-service@power-sonic.com

**TECHNICAL SUPPORT**  
Tel: +1-619-661-2020  
Fax: +1-619-661-3648  
support@power-sonic.com

**INTERNATIONAL SALES**  
Tel: +1-650-364-6001  
Fax: +1-650-366-3662  
battery@power-sonic.com

## **ANEXO F**

### **MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**



# Capítulo 1

## SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados. Anteriormente la estática se descargaba por una conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra. Esta práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en un sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los locales en los cuales se utiliza. La necesidad de esta conexión se considera sagrada en la legislación. Por ejemplo en el Reino Unido, la Electricity Supply Regulations 1988, cláusula 5 (1), exige que todos los sistemas (es decir Generación, Transmisión y Distribución) sean puestos a tierra en un punto. Esto no se extiende efectivamente a la instalación en el interior de locales y si bien es aún la medida más común aterrizar tales instalaciones, la norma (por ejemplo vía BS 7671:1992, Amendment 1, 1994, Requirements for Electrical Installations) acepta ciertas disposiciones no aterrizadas.

Aún cuando la puesta a tierra constituye una parte intrínseca de un sistema eléctrico, permanece en general como un tema mal comprendido y a menudo se refiere a él como un «arte oscuro», algunas veces incluso por bien calificados ingenieros. En los años recientes existen rápidos desarrollos en cuanto a modelos de sistemas de puesta a tierra, tanto a bajas frecuencias como a altas frecuencias, principalmente facilitados por los nuevos recursos y procedimientos computacionales. Esto ha incrementado la comprensión del tema, al mismo tiempo que la actividad de diseño ha llegado a ser significativamente más difícil y las nuevas normas están requiriendo un diseño seguro y más detallado.

Surge así una oportunidad para explicar más claramente los conceptos de puesta a tierra y una necesidad que esto se traspase a los diseñadores de sistemas de puesta a tierra y a los instaladores, de modo que pueda lograrse una mayor comprensión del tema.

Por puesta a tierra generalmente entendemos una conexión eléctrica a la masa general de la tierra, siendo esta última un volumen de suelo, roca etc., cuyas dimensiones son muy grandes en comparación al tamaño del sistema eléctrico que está siendo considerado. La definición de la IEEE de puesta a tierra es:

*“Tierra (sistema de tierra). Una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra”*

Es importante mencionar ciertas razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema bien aterrado:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en la vecindad de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las aislaciones.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.

Otras razones citadas menos frecuentemente, incluyen:

- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo, disipando cargas electrostáticas que se han generado debido a nubes, polvo, agua, nieve, entre otros.

- Una forma de monitorear la aislación del sistema de suministro de potencia. Para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los enrollados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el ruidos eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

## 1.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA TELECOMUNICACIONES

En los sistemas de comunicaciones es común la presencia de descargas atmosféricas las cuales puede ingresar a las instalaciones a través de diversos medios, por impacto directo o por corrientes inducidas. Esta energía busca su propio camino para llegar a tierra utilizando conexiones de alimentación de energía eléctrica, de voz y de datos, produciendo acciones destructivas ya que se supera el aislamiento de dispositivos tales como plaquetas, rectificadores, entre otros. Para evitar estos efectos, se deben instalar dispositivos de protección coordinados que para el caso de sobretensiones superiores a las nominales, formen un circuito alternativo a tierra, disipando dicha energía. A través de un sistema de puesta a tierra apropiado que asegure una capacidad de disipación adecuada. Finalmente otra fuente importante de disturbios son las redes de energía eléctrica, debido a la conmutación de sistemas y grandes cargas inductivas.

Un Sistema de Puesta a Tierra para los sistemas de comunicaciones debe ofrecer un camino seguro para las descargas de corrientes de fallas, descargas de rayos, descargas estáticas y señales de interferencia electromagnética y radiofrecuencia (EMI y RFI).

Un Sistema de Puesta a Tierra coordinado, debe reducir fundamentalmente la posibilidad de que aparezcan tensiones importantes entre elementos metálicos adyacentes. No obstante, es necesario tomar medidas suplementarias, (protectores, descargadores,

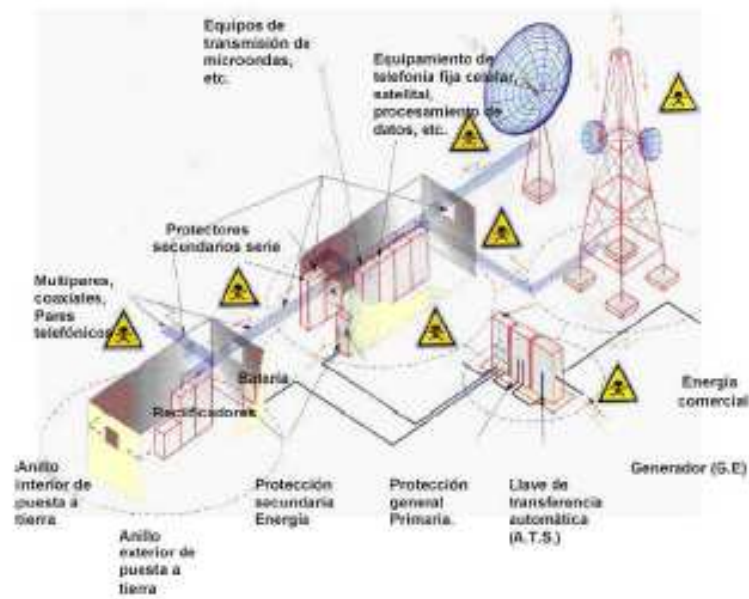


Figura 1.1: Sistema de puesta a tierra para un centro de telecomunicaciones

dispositivos activos de supresión de transitorios, etc.), en todo lo que esté referido a cables, conexiones y posibles vías de ingresos de transitorios que pueden provocar daños en forma parcial o total de los equipos. Por ejemplo la distribución de energía en alterna, líneas telefónicas, datos, tramas, cables coaxiales, multipares, entre otros.

## Capítulo 2

# RESISTIVIDAD Y TIPO DE TERRENO

De acuerdo a procedimientos físicos establecidos, la resistencia ohmica es posible determinarla teóricamente, por medio de la formula:

$$R = \frac{R_o * l}{A} \quad (2.1)$$

Sin embargo, para el caso de medir la resistencia del terreno de un sistema, no es posible aplicar directamente esta expresión, debido a que la resistividad del suelo no es uniforme y tiene múltiples variantes de acuerdo a las capas heterogéneas que lo componen.

La resistividad de la tierra en su conjunto puede variar entre 20  $\Omega \cdot m$  hasta 20000  $\Omega \cdot m$  dependiendo de las características propias del terreno. Debido a esto, las mediciones de la resistividad del terreno se realizan mediante la utilización de un instrumento diseñado especialmente para tal efecto, llamado Terrómetro. Este instrumento, tiene un rango de medición de 0,1 a 999  $\Omega$  y consta de 4 estacas de acero de 25 cm. de largo y 2 cm de diámetro, las cuales son enterradas directamente al suelo, y conectadas al instrumento a través de cables de cobre de 2mm de diámetro y 20m de largo como accesorio o más.

La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m<sup>3</sup> de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra. En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden

Valores típicos de resistividad de diferentes suelos		
Tipo	Resistividad (ohm-metro)	
Agua de mar	0,1	1
Tierra vegetal/arcilla húmeda	5	50
Arcilla, arena y grava	40	250
Creta (tiza) porosa	30	100
Piedra caliza cristalina	300	+
Roca	1 000	10 000
Roca ignea	2 000	+
Concreto seco	2 000	10 000
Concreto húmedo	30	100
Hielo	10 000	100 000

Cuadro 2.1: Valores típicos de resistividad de algunos terrenos.

variada, entre los más importantes se encuentran: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y las variaciones estacionales. Uno de los factores más importantes que afecta la impedancia del sistema de tierra es la impedancia del medio en el cual está situado el electrodo, es decir, el terreno. La resistividad del terreno se expresa en [Ohm-metro]. Algunos valores típicos se dan en la siguiente tabla:

Los dos factores principales que afectan el valor de resistividad del suelo son la porosidad del material y el contenido de agua. Porosidad es un término que describe el tamaño y número de huecos dentro del material, lo cual está relacionado con su tamaño de partícula y diámetro del poro. Varía entre 80/90 % en el sedimento de lagos, hasta 30/40 % en el caso de arena y arcilla no consolidada y menos en piedra caliza consolidada.

Es muy poco frecuente encontrar terreno que puede describirse como terreno uniforme para propósitos de puesta a tierra. Se utiliza el terreno hasta una cierta profundidad, que corresponde a aquella hasta la cual pueden fluir las corrientes de falla a tierra. Puede ser una delgada capa de terreno superficial, si hay capas de rocas más abajo. Cada capa de roca sucesiva puede tener menos grietas, sean más sólidas en donde se espera una resistividad mayor.

Si un electrodo se instala en la superficie, entonces la distancia, espesor y resistividad real de cada una de las capas serán factores importantes que afectan el valor de su

resistencia a tierra.

La temperatura y el contenido de agua tienen una influencia importante en la resistividad del terreno y luego en el comportamiento del sistema de tierra. Un incremento en el contenido de agua provoca una reducción drástica de la resistividad, hasta alcanzar un 20 % del nivel original cuando el efecto tiende a estabilizarse. Minerales y sales disueltas en el agua pueden ayudar a reducir aún más la resistividad, particularmente cuando estas están produciéndose en forma natural y no terminan diluyéndose en el tiempo. El contenido de agua varía estacionalmente y es probable que origine variaciones en la impedancia del sistema de tierra.

## 2.1. MEDIDA DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Es importante que la resistividad pueda verificarse en forma tan precisa como sea posible, ya que el valor de resistencia a tierra del electrodo es directamente proporcional a la resistividad del suelo. Si se usa un valor incorrecto de la resistividad del terreno en la etapa de diseño, la medida de impedancia del sistema de tierra puede resultar significativamente diferente de lo planeado.

La prueba se realiza tradicionalmente usando un medidor de tierra (terrometro) de cuatro terminales. Cuatro estacas se clavan en el suelo como se muestra en el diagrama, separadas una distancia  $a$  metros. La profundidad de cada estaca se trata de que no exceda a  $a$  dividido por 20 y normalmente es inferior a 0,3 metros. Las dos estacas exteriores se conectan a los terminales de corriente C1 y C2 del instrumento y las estacas interiores, a los terminales de potencial P1 y P2.

Es importante asegurarse que las estacas de prueba no están insertadas en línea con cables o tuberías metálicas enterradas, ya que estos introducirán errores de medida.

EL procedimiento de medición y montaje lo analizaremos más adelante.

Para realizar eficazmente un buen sistema de aterramiento debemos considerar por lo menos tres componentes principales:

1. Resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra. Si el electrodo es buen conductor de corriente y está desprovisto de agentes aislantes como grasas o pinturas,

la corriente se descargará libremente y se disipará a través de la tierra en forma instantánea

Nota: Al realizar un sistema de tierra por medio de barras copperwel, el electrodo deberá quedar instalado, por lo menos a 1,2 metros separado del poste o muro según sea el caso

2. Si el electrodo es conectado pegado al poste o al muro, no se produce una descarga de corriente eficazmente, dado que el poste o muro se comporta como un aislador, pues posee una alta resistividad, y no permite que la corriente se descargue a tierra.
3. La sección transversal del electrodo y su conexión: Una sección transversal adecuada y una unión segura con el cable, hará que la resistencia sea despreciable.
4. La unión del electrodo con el cable de cobre deberá ser hecho con soldadura de fusión.
5. La resistividad del propio terreno: Como se ha dicho anteriormente, la propia tierra presenta una resistividad muy heterogénea, y el valor final de la resistencia del sistema dependerá fundamentalmente de las características que tenga el propio terreno.

Por tanto podemos decir que la sección del conductor, la superficie de contacto y la resistividad del suelo, son los tres factores más importantes en la construcción de un buen aterramiento.

Es importante tener presente en la construcción de un buen aterramiento los valores de resistividad que tengan los diferentes terrenos y las capas que la componen, para determinar si el sistema será horizontal o vertical y si será necesario adicionar material despolarizante.

Se ha comprobado que la forma más eficaz de hacer un sistema de aterramiento para proteger la planta externa en lugares muy secos y con alta resistividad, es por medio de sistemas con mezcla de material despolarizante, siendo el más recomendable la aleación de ventonita con carbón mineral molido, en relación de 2 a 1 respectivamente, en una área aproximada de 70 centímetro cúbico.



Si  $R$  es la lectura de resistividad del instrumento, en ohms, para una separación de  $a$  metros, entonces la resistividad aparente está dada por la siguiente fórmula: Resistividad =  $(2\pi R) * (a)$  [ohm-metro].

$$R_o = 2\pi R * a \text{ [ohm - metro]} \quad (2.2)$$

El término *resistividad aparente* se usa ya que la fórmula anterior supone que el terreno es uniforme hasta una profundidad  $a$  metros bajo el punto central del esquema de medida. Nosotros podemos obtener información respecto de la estructura real del suelo tomando una serie de lecturas, incrementando  $a$  en pasos de 1 metro hasta una separación de 6 metros, luego en pasos de 6 metros hasta una separación de 30 metros. Para instalaciones de área muy grande, especialmente donde hay roca abajo, puede ser aconsejable lecturas a 50 m, 80 m y aún 100 m de separación de estacas. El instrumento empleado debe ser suficientemente preciso para medir valores de resistencia muy pequeños con estos grandes espaciamientos (del orden de  $0.01\Omega$  a  $0.002\Omega$ ). Las medidas deben realizarse preferiblemente en un área de terreno razonablemente no perturbado. Típicamente los valores más bajos de  $a$  darán altos valores de resistividad de suelo porque ellas estarán fuertemente influenciadas por la capa superficial que normalmente drena el agua o su contenido de agua está reducido por el sol y/o el viento. A medida que la distancia  $a$  aumenta, la resistividad aparente normalmente se reducirá, a menos que exista roca subyacente.

Durante la realización de la medida se debe dibujar una curva de resistividad versus separación. Esta curva proporcionará información respecto de la estructura general del terreno en la localidad; identificando lecturas extrañas y ayudando a decidir cuántas medidas se requieren. Si hay grandes fluctuaciones en los valores medidos, es probable que las condiciones del suelo sean variables, la tierra ha sido compuesta o existen tuberías enterradas en el área. En tales casos, las medidas deben tomarse en algunas direcciones transversales a través del sitio. Algunas de estas transversales deben ser en ángulo recto unas de otras, para permitir la identificación de interferencias de cables eléctricos cercanos.

## Capítulo 3

# FOSAS DE TIERRA Y ACONDICIONAMIENTO

### 3.1. CABLEADO DE PUESTA A TIERRA Y CONECTORES

El conductor de puesta a tierra debe estar aislado con chaqueta de color verde o verde con una o más franjas amarillas y aprobado como adecuado para ese propósito (debe ser retardante de las llamas, resistentes a la humedad y altas temperaturas). Se recomienda el uso de cables de tipo THW, THHW. Se permitirá que un conductor de puesta a tierra de equipos aislado o cubierto sea identificado como tal durante la instalación con marcación permanente a ambos extremos y en cualquier punto donde sea accesible. La identificación puede hacerse mediante uno de los siguientes métodos:

- Retirando el aislamiento o recubrimiento del conductor en todas las longitudes expuestas.
- Pintando de verde el aislamiento o recubrimiento externo.
- Marcando el aislamiento o recubrimiento con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

Máxima capacidad de corriente de la planta (A)	Cable de Cobre N° AWG
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250 Kcmil
2500	350 Kcmil
3000	400 Kcmil
4000	600 Kcmil
5000	700 Kcmil
6000	800 Kcmil

Cuadro 3.1: Capacidad de los conductores según la AWG

Material. El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material adecuado resistente a la corrosión, sólido o trenzado. Camino efectivo. El camino a tierra desde circuitos, equipos y canalizaciones de conductores debe:

- Ser permanente y efectivamente continuo.
- Debe tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- Tener impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra y
- asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

El conductor de puesta a tierra debe ser de un calibre no inferior al N° 14 AWG para cobre o equivalente. Y su calibre se escogerá según la capacidad máxima de corriente que maneja el equipo a conectarse según la siguiente tabla:

**Tramo en línea recta:** El conductor de puesta a tierra se debe instalar en línea recta, tanto como sea factible, hasta el electrodo de tierra. Las curvaturas fuertes deben ser evitadas.

**Radio mínimo de curvatura:** El radio mínimo de curvatura de los conductores de tierra es de 15,24 cm (6 in.) y todas las curvas deben estar dirigidas hacia el punto final de aterramiento para ese conductor.

**Longitud:** Todos los conductores de tierra deben ser lo más cortos posible. Para el momento de la instalación debe tomarse en cuenta la ruta más corta y con el menor número de curvaturas, siempre que esto no interfiera con otro equipo o la seguridad personal.

**Daños físicos:** Cuando sea necesario, el conductor de puesta a tierra se debe proteger contra daños físicos, esto se logra colocándolo dentro de tuberías metálicas o de PVC. Si el conductor de tierra está colocado en una tubería metálica, ambos extremos de la misma deben estar conectados al conductor de tierra o al mismo terminal o punto al que se conecte dicho conductor.

**Conexiones:** El conductor de puesta a tierra se debe conectar al punto más cercano a

- El electrodo de puesta a tierra de la instalación.
- Las tuberías metálicas de agua (fría) del interior del edificio.
- Un medio accesible de la acometida del servicio de energía, fuera de los armarios que pudiera haber.
- A una canalización metálica del servicio de energía.
- Al armario de los equipos de la acometida.
- Al conductor del electrodo de puesta a tierra o a la envolvente metálica del mismo.

Este conductor deberá llevarse sin ningún empalme a cualquiera de los puntos anteriores y será dimensionado tomando el calibre del cable que soporte la cantidad de corriente que pueda pasar en caso de alguna falla, de acuerdo a la Tabla 3.1

**Uniones de cables de tierra:** Todas las uniones entre conductores de tierra a anillos o buses deben ser de cobre o cualquier otro material resistente a la corrosión y deben estar conectadas mediante una soldadura exotérmica (Cadweld) o sujetadas mediante abrazaderas a presión tipo C-Tab.

**Conexión a los electrodos:** Los electrodos del sistema de aterramiento consisten en varillas de cobre o un material similar, de una longitud no menor a 2,40 metros y 5/8 mínimas de diámetro, los cuales deben estar enterrados a una profundidad no menor a 2,40 metros, en caso de encontrar rocas en el terreno las barras de los electrodos pueden enterrarse en forma oblicua con un ángulo no mayor a  $45^\circ$  de la vertical. Si el edificio o estructura a la que pertenezca esta instalación no tiene conexión a tierra, se utilizarán como electrodos alguna estructura metálica puesta a tierra eficazmente o a una tubería de agua que posea un electrodo complementario, dicha tubería debe ser no menor a 3 metros de longitud y 19 milímetros de diámetro, conectadas permanentemente a una parte de la tierra que esté húmeda y separadas de los conductores de pararrayos por 1,80 metros y a la misma distancia de los electrodos de otras instalaciones. Esto se permite siempre y cuando las tuberías metálicas interiores para agua estén situadas a menos de 1,52 metros del punto de entrada al inmueble o instalación y no pasen por medidores. No se deben utilizar como electrodos protectores las tuberías de vapor o agua caliente ni los conductores que van hasta el pararrayos. Las conexiones de puesta a tierra se conectarán al electrodo de puesta a tierra por medio de soldaduras exotérmicas (Cadweld), terminales, conectores de presión, abrazaderas y otros medios aprobados. No se utilizarán conexiones que dependan únicamente de soldaduras blandas. Las abrazaderas de puesta a tierra deben ser aprobadas para los materiales de los electrodos de puesta a tierra y sus conductores, y cuando se use en barras, tubos u otros electrodos enterrados, serán también adecuadas para usarse directamente enterradas. No se conectará más de un conductor al electrodo de puesta a tierra, por medio de una abrazadera única o accesorio, a menos que la abrazadera o el accesorio sean del tipo aprobado para varios conductores. Se pueden utilizar para esta aplicación, conectores, abrazaderas, herrajes u otros elementos de fijación utilizados para conectar los conductores de tierra y los puentes de conexión equipotencial a los electrodos de tierra o a cualquier otro elemento de tierra que esté empotrado en concreto o enterrado directamente.

## Capítulo 4

# INTERCONEXION

### 4.1. VARILLA COPPERWELD

Esta varilla es una de las mas usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo esta hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. También por norma se acepta que la varilla vaya enterrada en forma horizontal, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.

### 4.2. VARILLA CHEM-ROD

Esta varilla de aterramiento posee la característica especial de contener sales minerales en su interior las cuales son liberadas para acondicionar el terreno que rodea a la misma, esto permite garantizar una excelente resistencia de puesta a tierra durante el periodo de duración de la misma, cuando las sales se acaban pueden ser repuesta mediante kits especiales para tal fin. La eficiencia de estas varilla es tan elevada que permite reemplazar hasta diez varillas de aterramiento convencionales por una sola

chem-rod, esto es muy importante en terrenos donde se requieran resistencias de tierra muy pequeñas, y la cantidad necesaria de varillas convencionales se hace excesivamente numerosa. Estas están disponibles a nivel comercial en varios modelos, una vertical y una horizontal, cada una de estas se utilizara dependiendo del terreno y la capacidad de excavación que se disponga. A continuación presentamos una tabla comparativa que permite observar las ventajas de las varillas chem-rod.

ELECTRODE TYPE	SOIL RESISTIVITIES OF TEST SITES (OHM-METER)					PERFORMANCE VARIANCE AS A RESULT OF MOISTURE/TEMP
	9	62	270	3.7K	30K	
	MEASURED RESISTANCE (IN OHMS)					
Chem-Rod 2.5/8"x10'	0.2	<2.0	<10	<90	<1K	40%
Air breathing rod*	0.5	9.0	22	240	2K	200%
Rod in conditioned soil (1st year)*	2.3	1.8	44	350	1.5K	200%
(3rd year)*	5.0	30	>80	400	3K	200%
Copper clad rod*	7.2	>22	65	430	10K	250%

Cuadro 4.1: Varillas Chem-Rod



Figura 4.1: CHEM ROD colocado en la tierra

## Capítulo 5

# NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE LA COMPAÑÍA MOVISTAR

A continuación se presenta como se realiza un sistema de puesta a tierra con sus normas por la compañía MOVISTAR.

Las torres deben estar unidas al anillo de aterramiento de la torre (un anillo que bordee la torre) el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo de la instalación. Una configuración recomendada para el anillo externo de la instalación es la siguiente:

### 5.1. ATERRAMIENTO DE LA TORRE

Las torres deben estar unidas al anillo de aterramiento de la torre (un anillo que bordee la torre) el cual debe estar conectado al menos en un punto al anillo externo de la instalación. Una configuración recomendada para el anillo externo de la instalación es la siguiente:



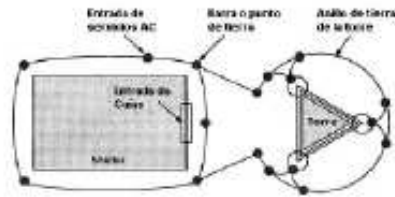


Figura 5.1: Anillo de Aterramiento Externo

El anillo de la torre debe estar conectado al anillo de la caseta justo debajo del trayecto de las guías y se realizará una segunda conexión entre anillos en caso de querer tener redundancia en el sistema de aterramiento.

Con esta configuración la instalación está protegida con un sistema perimetral de tierra que forma un plano equipotencial. En caso de que la torre se encuentre en el tope de un edificio y no exista una tierra en el sitio, debe ser llevado un cable desnudo de calibre no menor a N° 2 AWG de cobre estañado hasta el sistema de aterramiento del edificio. Si esto no es posible, un buen punto de aterramiento sería aquel donde está aterrado el sistema eléctrico que provee el servicio al edificio.

Todas las piezas metálicas que se encuentran en la instalación como escalerillas, soportes, guías, aires acondicionados, rejas, cobertores de ventanas, generador, así como también la barra de aterramiento interna deben estar conectadas por lo menos en algún punto al anillo exterior de aterramiento. En todas las roscas, puntas y superficies de contacto, toda pintura, esmalte o revestimiento similar que no sea conductor se retirará o las uniones se realizarán por medio de accesorios diseñados para no requerir tal remoción.

En caso que los soportes de las antenas sean secciones telescópicas (como en el caso de las C.O.W.), todas las secciones deben hacerse eléctricamente continuas mediante puentes de unión u otros medios.

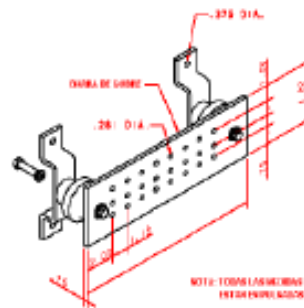


Figura 5.2: Barra de aterramiento

## 5.2. BARRA DE ATERRAMIENTO

La barra de aterramiento es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que tengan una configuración que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

En exteriores, es necesario una barra de aterramiento colocada en el punto donde las guías entren al shelter, edificio, área, etc. Esta barra debe ubicarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de manera que permita la conexión de las líneas de transmisión que se encuentren en la parte superior de la misma.

Esta barra estará conectada a un punto de tierra del anillo exterior con un conductor N° 2 AWG o mayor de cobre que posea una chaqueta de color verde, además de ir por una tubería PVC, con pintura de revestimiento color verde.

Cada conexión a la barra de tierra debe estar cubierta en los puntos de contacto con grasa antioxidante y no se debe colocar más de un conector en cada hueco de la barra. En caso de que no exista espacio disponible en la existente, se debe colocar otra barra la cual debe estar eléctricamente conectada al anillo exterior y a la barra principal mediante un conductor de cobre calibre N° 2 AWG o mayor.

Esta barra debe estar aislada mediante accesorios que no permitan que exista continuidad eléctrica entre ella y su soporte. Las medidas de la barra externa y su distancia de los soportes deben ser las que se muestran a continuación:

El largo de la barra varía en función del número de conexiones que se estiman realizar y posibles expansiones, por lo general, las barras instaladas en exteriores tienen una longitud de 20 lo que permite un total de 14 conexiones (doble ojo); este tamaño puede variar dependiendo del tamaño del shelter y la cantidad de equipos que van a alojar.

Las barras expuestas a la intemperie, al igual que las conexiones a las mismas, deben ser protegidas contra la corrosión cubriéndolas con grasa, evitando así que los agentes corrosivos la afecten.

Las barras en exteriores deben estar ubicadas en función a los siguientes criterios:

- En caso de utilizar monopolos (bases tubulares) siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la parte inferior del mismo.
- En caso de utilizar torres, deben existir barras de tierra ubicadas según:
  1. Siempre debe existir una barra de tierra en la parte superior de la torre ubicada a 3 metros del tope.
  2. Siempre debe existir una barra de tierra al final del recorrido vertical ubicada a 1 metro de la transición del recorrido horizontal.
  3. Para torres comprendidas entre los 40 y 90 metros debe existir una barra de tierra adicional ubicada en el medio del recorrido vertical.
  4. Para torres mayores a 90 metros deben existir 2 barras de tierra adicionales ubicadas de manera tal que exista una separación equidistante entre las 4 barras existentes.
  5. Siempre debe existir una barra de tierra ubicada en la ventana de acceso de la caseta.
  6. Cuando existan recorridos horizontales mayores a 45 metros deben existir barras de tierra adicionales ubicadas aproximadamente cada 25 metros.

### 5.3. ATERRAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE RF, ANTENAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Todos los equipos ubicados en una torre o soporte deben estar correctamente conectados al sistema de tierra, esta conexión debe realizarse a la barra de tierra que se encuentre más cerca por debajo del equipo.

No están permitidas las conexiones al sistema de tierra que tengan recorridos verticales ascendentes. En caso que las barras no existiesen en la instalación, las mismas deberían ser colocadas y conectadas al sistema de aterramiento como se describió en la sección anterior.

La conexión debe hacerse utilizando un conductor resistente a la intemperie (THW o THHW), de calibre N° 6 AWG y chaqueta color verde usando conectores de dos ojos para la conexión en la barra. Las líneas de transmisión deben estar aterradas con sus respectivos kits de aterramiento y conectadas en todas las barras de tierra que existan durante su recorrido.

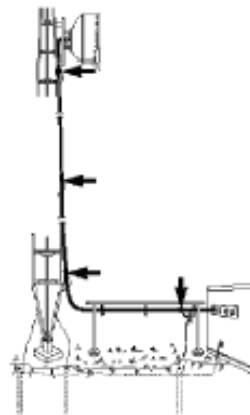


Figura 5.3: Puntos de conexión de aterramiento para las líneas de transmisión.

Los conectores deben ser los adecuados para el propósito y el calibre del cable. Para mantener una buena conexión, prevenir el pivoteo y la holgura inherente de los conectores se deben usar conectores de doble ojo. Deben colocarse arandelas de presión debajo

de la tuerca y pueden usarse arandelas normales entre el tornillo y el conector, pero no entre el conector y la superficie.

La intención de aterrizar las líneas de transmisión en el tope, medio y fin del recorrido vertical es para prevenir que los rayos puedan crear una diferencia de potencial; la de aterrizar la línea de transmisión a una barra de aterramiento colocada al final del recorrido vertical y antes de la ventana de entrada es la de llevar el rayo a tierra.

Todas las conexiones a tierra de las líneas de transmisión (grounding kits) deben estar debidamente selladas y protegidas contra el agua, su recorrido debe ser en línea recta tratando de ser el más corto posible y hacia abajo, evitando curvaturas agudas y lazos.

## 5.4. ATERRAMIENTO EN INTERIORES

El sistema de aterramiento interno debe estar conectado al menos en un punto al anillo exterior. Esta conexión debe ser con un conductor de calibre N° 2 AWG o mayor que posea una chaqueta de color verde. La penetración a las paredes deben hacerse con un ángulo de 45° para evitar curvaturas bruscas en el recorrido del conductor.

### 5.4.1. ANILLO DE ATERRAMIENTO

El propósito principal del anillo es proveer un trayecto de aterramiento para periféricos o aparatos de soporte dentro del sistema de comunicaciones o áreas de equipos.

Esta formado por un conductor calibre N° 2 AWG o mayor con chaqueta de color verde, y debe instalarse de tal manera que rodee el interior del shelter o caseta donde estén instalados los equipos. Ambas puntas del anillo deben conectarse a la ventana o barra de aterramiento interna. Este anillo debe estar instalado por lo menos a 2,43 metros (8 ft.) desde el piso y 15,24 cm (6 in.) debajo del techo. Adicionalmente, debe realizarse una conexión a tierra en cada esquina de la instalación, la cual debe estar conectada al anillo exterior de la instalación mediante un conductor de calibre N° 2 AWG o mayor el cual debe atravesar las paredes con un ángulo de 45°. El anillo debe estar sujetado a las paredes de la instalación cada 61 cm (24 in.) y, cuando sea necesario, en los puntos de cambio de dirección (esquinas).

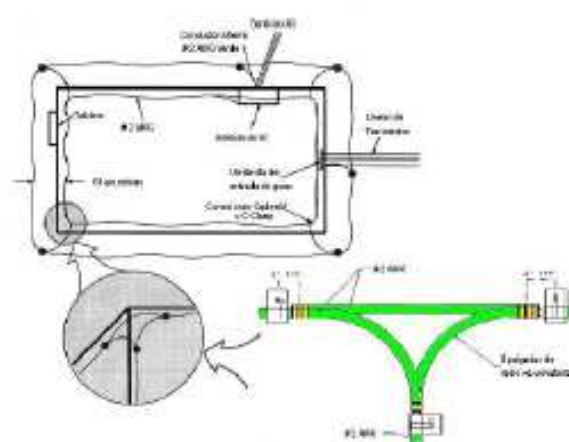


Figura 5.4: Anillo de Aterramiento Interno.

Al anillo deben conectarse todas las piezas metálicas de equipos secundarios que se encuentren en el interior de la instalación, como son: puertas y marcos metálicos, tableros de breakers, soportes de aires acondicionados, etc. Todas estas conexiones deben hacerse con un conductor calibre N° 6 AWG, e igualmente con chaqueta de color verde.

#### 5.4.2. BARRA DE ATERRAMIENTO

La barra de aterramiento es el área donde terminan todas las conexiones a tierra provenientes de los equipos, guías, etc. Físicamente es una barra de cobre con huecos que tengan una configuración que permita soportar conexiones del tipo doble ojo.

En interiores, esta barra debe estar ubicada en un lugar de fácil acceso para los conductores y desde donde pueda conectarse a un punto del anillo externo con conductor N° 2 AWG o mayor.

Las medidas de la barra deben ser las siguientes:

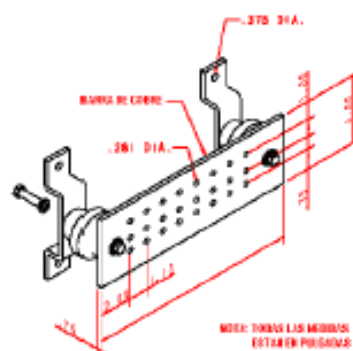


Figura 5.5: Barra de aterramiento (MGB) interna.

El cableado hasta ésta barra debe ser el más corto posible evitando curvaturas agudas e innecesarias.

#### 5.4.3. ATERRAMIENTO DE LOS RACKS (CONEXIÓN DE LA BARRA DE TIERRA DE LOS RACKS)

Todos los racks o bastidores que se encuentren en una instalación deben estar aislados del suelo y tendrán una barra de cobre la cual servirá de referencia a todos los equipos que se encuentren en ese rack. Esta barra deberá estar aislada por materiales no conductores del rack que la soporta, y estarán conectadas a la barra principal de aterramiento mediante cualquiera de los siguientes sistemas:

Un anillo de aterramiento para los equipos, el cual debe estar instalado en la parte inferior de los rieles del sistema de escalerillas mediante el uso de enganches adecuados (ganchos diseñados para éste fin) separados aproximadamente cada 50 cm; este anillo será de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG verde, donde ambos extremos deben estar conectados a la barra de tierra principal. La conexión al anillo debe hacerse en dos puntos formando una V, utilizando un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el anillo de tierra para los equipos debe realizarse por medio de conectores de presión tipo C-Tab.

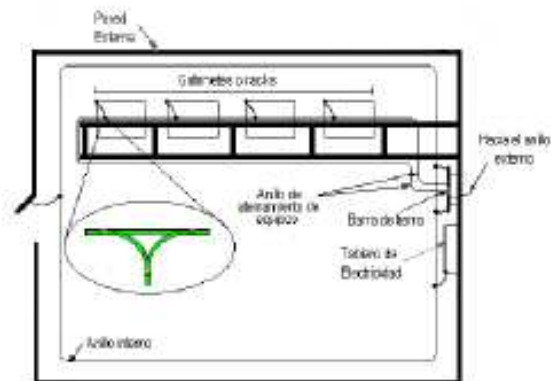


Figura 5.6: Anillo de Tierra para los equipos.

El anillo de tierra para los equipos puede colocarse en el borde exterior del sistema de escalerillas (configuración recomendada para shelters y áreas amplias del MTSO).

Otra configuración posible para el aterramiento de los racks es la del bus de tierra, este está conformado por un conductor de cobre de calibre no menor al N° 2 AWG y revestimiento verde, el bus debe tener uno de sus extremos conectado a la barra de tierra.

El recorrido del bus por la escalerilla debe hacerse con los mismos enganches que el anillo descrito anteriormente. La conexión al bus debe hacerse con una curvatura no menor a 15,24 cm (6 in.) en dirección a la barra de tierra, se debe utilizar un conductor de cobre de calibre N° 6 AWG. La unión de los cables que conectan la barra de tierra de los racks con el bus de tierra para los equipos debe realizarse por medio de conectores de presión tipo C-Tab. Así como se muestra en la siguiente figura:



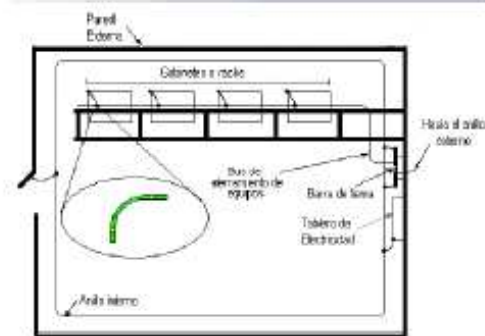


Figura 5.7: Bus de Tierra para el anillo.

En caso que el anillo o el bus no puedan ser instalados, las barras de tierra de los diferentes racks deben tener una conexión directa a la barra principal por medio de un conductor de cobre de calibre no menor al N° 6 AWG verde. Esta configuración no es recomendada ya que el conductor puede presentar más de dos curvatura de 90° y se utiliza mucho espacio de la escalerilla para estos conductores.

Todas las conexiones a las barras de tierra de los racks deben ser de un solo ojo y en la barra se hará una sola conexión por agujero y en un solo sentido. En caso de que no exista espacio suficiente en la barra para todos los equipos, se debe colocar una barra adicional conectada de igual manera al sistema de aterramiento y aislada del rack que la soporta.

La estructura metálica de los racks debe estar conectada al anillo interno de aterramiento mediante un conductor de calibre N° 6 AWG de chaqueta color verde.

#### 5.4.4. ATERRAMIENTO DE EQUIPOS (UBICADOS EN RACKS)

Las partes metálicas descubiertas de equipos fijos, no destinadas a transportar corriente y que tengan probabilidades de entrar en contacto con partes activas bajo tensión en condiciones anormales, serán puestas a tierra cuando exista cualquiera de las condiciones especificadas a continuación:

- Cuando estén dentro de una distancia de 2.40 metros verticalmente o de 1.50 metros horizontalmente de la tierra o de objetos metálicos puestos a tierra y expuestos a contacto de personas.
- Cuando estén instalados en lugares mojados o húmedos y no estén aislados, como por ejemplo en torres.
- Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
- Cuando los equipos estén alimentados por cables colocados en canalizaciones metálicas u otro método de cableado que proveen puesta a tierra de equipos.
- Cuando se cumpla alguna de las condiciones anteriores, los equipos deberán conectarse a tierra. Esta conexión debe hacerse a la barra de tierra del rack que soporta al equipo mediante un conductor de chaqueta color verde y un calibre sugerido por el fabricante del equipo, en caso de que este no sea especificado debe escogerse uno de acuerdo a la capacidad de corriente del equipo.

Para aterrizar los equipos no se permite utilizar barras de tierras de racks adyacentes. Si el rack donde está ubicado el equipo no contiene una barra de tierra debe colocarse una la cual esté conectada al sistema de aterramiento.

## 5.5. AISLAMIENTO DE FALLAS A TIERRA

Todos los racks deben tener una plancha aislante de un material no conductor colocado entre la base del rack y el piso. Los tornillos que soportan el rack deben llevar una arandela que no permita el contacto eléctrico entre el tornillo y la estructura del rack.

Todas las barras de tierra que se encuentren tanto en paredes como en los racks deben estar aisladas mediante un material no conductor de la estructura que la soporta. La intención de aislar los equipos, racks y barras es para evitar que en el caso de una descarga eléctrica o fallas a tierra, la corriente no tome caminos indeseables y pueda causar diferencias de potencial no deseadas provocando daños a los equipos y personas que puedan encontrarse en la instalación.

## Capítulo 6

# ELEMENTOS DE SUPRESIÓN TRANSITORIOS

### 6.1. VARISTOR

Componente electrónico, también conocido como varistancia, cuya resistencia óhmica depende de la tensión que se aplique a sus bornes. Actúa como dos diodos zener en oposición. Se construyen con materiales semiconductores, generalmente de carburo de silicio, y tienen diversas aplicaciones, entre las cuales cabe citar la limitación de tensión en las bobinas de relés, en telefonía para la eliminación de las chispas que se producen en los contactos y entre los terminales del arrollamiento primario de un transformador de potencia para evitar que al equipo le entren picos de red.

### 6.2. SURGE PROTECTOR O SURGE SUPPRESSORS

Un dispositivo que emplea un cierto método de supresión de la oleada para proteger el equipo electrónico contra voltaje excesivo (los puntos y las oleadas de la energía) en la línea de energía. El método más común utiliza un componente del varistor (MOV) para desviar la oleada al hilo neutro y a las líneas de la tierra. Otro método es el modo de la SERIE, que absorbe realmente la energía. Los protectores de oleada pueden utilizar ambos métodos.



Figura 6.1: SurgeArrest Net7T

*El SurgeArrest Net7T de la energía americana demuestra los componentes internos usados para filtrar ruido de línea y para divertir las oleadas. Observe que los condensadores absorben algo de la energía, mientras que el MOVs divierte la alta energía.*

### 6.3. SURGE ARRESTOR

Este dispositivo proporciona la protección creciente contra transeúntes del voltaje en las líneas de la fuente de alimentación. Utiliza la tecnología de estado sólido, que provee de oleadas del aligeramiento una trayectoria de la resolución del punto bajo de línea a línea, línea a neutro, o línea a la tierra, mientras que proporciona una alta resistencia a la energía de 60 Hz. El circuito electrónico no tiene una estructura del boquete, por lo tanto responde más rápidamente y tiene un voltaje que afianza con abrazadera más baja. También, este dispositivo no ioniza, por lo tanto no se genera ninguna interferencia de la radiofrecuencia por su operación.

### 6.4. LIGHTNING ARRESTOR

Estos dispositivos son cápsulas de gas que desvían los excesos de corriente a tierra. Los lightning arrestor deben colocarse lo más cerca posible a la ventana de acceso de las guías (en la parte interna de la caseta) y deben estar correctamente conectados a tierra. A continuación se muestra un diagrama que ejemplifica la conexión de estos elementos.

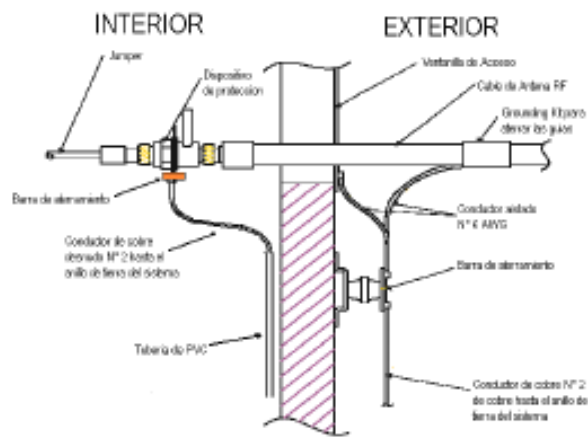


Figura 6.2: Lightning Arrester

## Capítulo 7

# PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

### 7.1. PARARRAYOS

La presencia de una antena y su estructura soporte, puede que no incremente la probabilidad de que caiga un rayo en una localización en particular. Sin embargo, si el sitio o el área circundante es alcanzado por un rayo, la antena y su estructura soporte puede convertirse en el punto focal del rayo. Por lo tanto las consideraciones de puesta a tierra para protección de las estaciones radio eléctricas son extremadamente importantes.

Deben colocarse puntas de pararrayos en la parte más alta de las torres y soportes, las mismas serán de un material adecuado que permitan atraer al rayo sin que este cause algún daño físico a las antenas y equipos que se encuentren en la estructura.

Las puntas de pararrayos deben tener por lo menos 45,72 cm (18 in.) de separación vertical de las antenas o equipos a ser protegidos ubicados en la torre o estructura que las soporten, como se muestra a continuación:

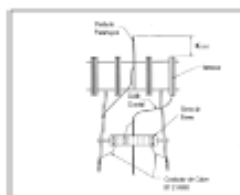


Figura 7.1: Configuración del pararrayos

Debe colocarse un conductor de pararrayos de cobre calibre N° 2 AWG o mayor que esté conectado directamente al anillo de aterramiento de la torre mediante una soldadura exotérmica (Cadweld). El trayecto de este conductor debe ser el más recto posible, y debe evitarse cualquier curvatura indeseada que provoque que el sistema no sea efectivo.

Las canalizaciones metálicas, cubiertas, estructuras y otras partes metálicas, de equipos eléctricos que no transportan corriente, se mantendrán a 1,80 metros de distancia, por lo menos, de las barras y conductores bajantes de puntas de pararrayos, o ellos serán puenteados a los bajantes de pararrayos en los lugares donde su separación es menor a 1,80 metros.

Las líneas de transmisión de las antenas son susceptibles a cualquier descarga producto de un rayo, por su ubicación en exteriores. Es por esto, que las mismas deben estar aterradas correctamente y provistas de un dispositivo de protección de sobrecorriente para evitar que estos picos puedan llegar hasta los equipos.

## 7.2. TIPOS DE PARARRAYOS

### 7.2.1. PUNTA FRANKLIN

Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo.

Entre sus aplicaciones se tiene:

- Facilita la instalación de sistemas de protección externa en todo tipo de estructuras y edificaciones.
- Es el complemento ideal en sistemas de Malla.
- Estadísticamente se ha comprobado que su zona de protección se debe calcular aproximadamente en radio igual a su altura.
- El pararrayos Franklin es el sistema óptimo para proteger edificaciones donde la altura predomina a la superficie

Una instalación típica comprende:

- Una varilla captadora, junto con su mástil.
- Uno o dos bajantes.
- Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- Un elemento protector contra golpes en los dos últimos metros del bajante conductor.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Figura 7.2: Pararrayos Fanklin.



### 7.2.2. PARARRAYOS IONIZANTE

Se fabrica en Bronce o Acero inoxidable, y esta basado en el efecto de puntas, dieléctrico, e ión corona. Su cobertura es igual o mejor a la punta Franklin, y se asemeja a una semiesfera centrada en el mismo.

- El principio de protección es: partiendo del campo eléctrico ambiente existente en cualquier situación de tormenta, un dispositivo de cebado genera impulsos de alta tensión sobre los electrodos, provocando un efecto corona.
- Produce una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen, la posible descarga eléctrica
- Este efecto consiste en la descarga que se produce entorno a los puntos agudos de un cuerpo cargado a un alto potencial, y se establece la corriente de descarga desde estos puntos a la atmósfera.



Figura 7.3: Pararrayos ionizante.

### 7.2.3. JAULA DE FARADAY

El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de bajantes conductores.

- Múltiples puntas captadoras.

- Red de unión de las diversas puntas.
- Una bajante conductora por punta captadora.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Figura 7.4: Jaula de Faraday

#### 7.2.4. TENDIDO

Protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger. Los conductores se deberán unir a tierra mediante las bajantes en cada uno de sus extremos. El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos.

- Uno o varios conductores aéreos.
- Una bajante en cada extremo de los conductores.
- Una toma de tierra por bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

## 7.3. ARREGLOS DE DISIPACIÓN

### 7.3.1. EL SISTEMA SPLINE BALL DIVERTER (SBDS)

El Sistema Colector de Spline Ball (SBCS) de LEC, atrae los rayos a las estructuras de soporte de las líneas, de esta manera, se previenen los rayos en el área del claro interpostal y se minimiza el riesgo de un flameo o arqueo entre líneas.

Cuando es aceptable el riesgo de un pequeño número de salidas de operación de una línea, el SBDS de LEC, ofrece una alternativa muy efectiva a menor costo, cuando se compara con otras opciones. Su costo puede ser menos de la mitad, que el de un sistema de hilo de guarda convencional y resulta mucho más efectivo. Satisface con mucho, la alternativa de solución a la protección contra descargas eléctricas atmosféricas directas, sobre líneas de transmisión o distribución. Esto es, previene los rayos tanto en los conductores de fase, como en los hilos de guarda, colectando los rayos en las estructuras de soporte, que de otra manera, ocasionarían la salida de operación.

### 7.3.2. SISTEMA DISIPADOR DUAL (DDS)

El DDS, está basado principalmente en el DAS, el cual a su vez se basa en el principio del fenómeno de Electrostática conocido como Punta de Descarga. Es un método de descarga de la carga inducida, en un área de la superficie de la tierra, durante el paso de una nube de tormenta sobre esa área. Descargando la carga inducida, se obtiene como resultado, una reducción del voltaje inducido en ese sistema, y en el campo electrostático que está presente entre el Sistema y la Célula de Tormenta (Nube de Tormenta).

Estos campos eléctricos, normalmente alcanzan niveles de entre 10 KV y 30 KV, por metro de elevación sobre el nivel de la tierra y la célula de tormenta durante una tormenta madura.

El DDS, es un sistema de prevención contra rayos muy efectivo, pero su costo puede ser casi el doble de lo que cuesta un Sistema de Hilo de Guarda. Sin embargo, este es el único sistema para prevenir los rayos en un 100 %.

El Sistema Disipador Dual (DDS) previene todos los rayos y las salidas de operación de las líneas, pero es recomendable solamente, cuando el costo se justifique por la inversión,

operación continua, riesgos y otros factores de la instalación que se pretenda proteger.

## **ANEXO G**

**MANUAL DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO RAD AIRMUX-200**

**(VERSIÓN EN IDIOMA INGLÉS)**

INSTALLATION AND  
OPERATION MANUAL

# Airmux-200 Product Family

Broadband Wireless Multiplexer

Version 1.620



**data communications**  
Innovative Access Solutions

## 2.8 Installing Airmux-200 Management Software

The Airmux-200 management application is distributed on CD-ROM as an executable file. The application has the following PC requirements:

- Memory: 128 MB RAM
  - Disk: 1 GB free hard disk space
  - Processor: Pentium 3 or higher
  - Network: 10/100BaseT NIC
  - Graphics: Card and monitor that support 1024×768 screen resolution with 16 bit color
  - Operating system: Windows 2000/XP
  - Microsoft Explorer 5.01 or later.
- To install the Airmux-200 management program:
1. Insert the CD-ROM into your CD-ROM drive.
  2. The autorun feature starts to install the software automatically. If the installation does not start automatically, run setup.exe.
  3. Follow the on-screen instructions of the installation wizard to complete setup of the Airmux-200 Management program in the desired location.

Any PC running the Airmux-200 management application can be used to configure Airmux-200 units.

---

## 2.9 Connecting the Power



Before connecting any cable, the protective earth terminals of the AC/DC adapter must be connected to the protective ground conductor of the mains power cord. If you are using an extension cord (power cable) make sure it is grounded as well. Any interruption of the protective (grounding) conductor (inside or outside the instrument) or disconnecting of the protective earth terminal can make this unit dangerous. Intentional interruption is prohibited.

---

### Connecting Power to an IDU

Power is supplied to the Airmux-200 IDU via an external AC/DC converter, which receives power from a 100–240 VAC source and converts it to -48 VDC.

- To connect power to the IDU:
1. At site A, connect the 2-pin connector of the AC/DC converter to the 2-pin DC power connector on the IDU rear panel.
  2. Connect the AC/DC converter 3-prong plug to a mains outlet.

---

The unit turns on automatically upon connection to the mains. The green PWR indicator turns on, and the IDU indicator blinks orange for approximately 40 seconds during startup. See *Normal Indicators* section in Chapter 3.

After approximately 20 seconds the ODU starts beeping. The beeps continue until the ODUs are aligned and the link set up.

3. Wait for approximately one minute, then repeat for Site B.

## Connecting Power to an IDU-E

AC power is supplied to the Airmux-200 IDU-E through a standard 3-prong plug.

AC power should be supplied via a 1.5m (5 ft) standard power cable terminated by a standard 3-prong socket. A cable is provided with the unit.

➤ **To connect AC power to an IDU-E:**

1. Connect the power cable socket to the power connector on the Airmux-200 front panel.
2. Connect the power cable plug to the mains outlet.

The unit turns on automatically upon connection to the mains.

➤ **To connect DC power to an IDU-E**

A special IEC 60320 adapter for -48 VDC power connection is supplied with the unit.

---

## 2.10 Starting the Airmux-200 Manager Software

➤ **To start the Airmux-200 Manager:**

1. Connect the management station to the LAN.
2. Double-click the Airmux-200 Manager icon on the desktop, or click **Start > Programs > Airmux-200 Manager**.

The Login dialog box appears.



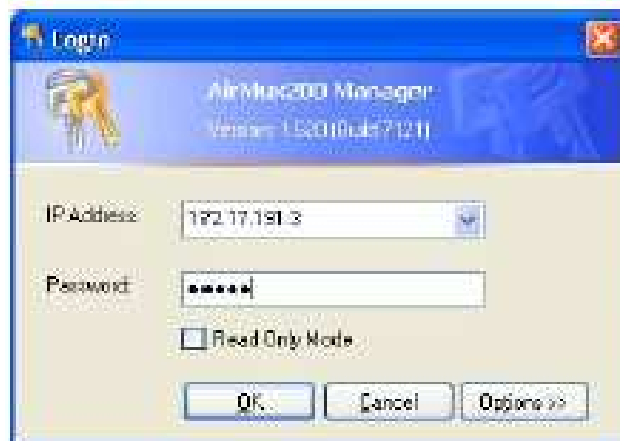


Figure 2-6. Login Screen

3. Select the suitable option:
  - Select Options > Local Connection (Broadcast), if the user is connected directly to the IDU LAN port.
  - Enter the IP address (of the ODU)  
Default address: 10.0.0.120  
Subnet mask: 255.0.0.0.

---

**Note** *The actual IP address is defined during link configuration (see Defining the Management Addresses).*

---

4. Enter the password  
Default password – **admin** (see the section on *Changing the Management Password*)
5. Click the Read only check box if entering the system as a Read only user.
6. If you are a user with Read-Write permission, click **Options** to enter the community options.

Airmux-200 is protected with Community passwords. A user may be defined with read-only permission or with read-write permission. See the section *Changing Community Values* for more detail.

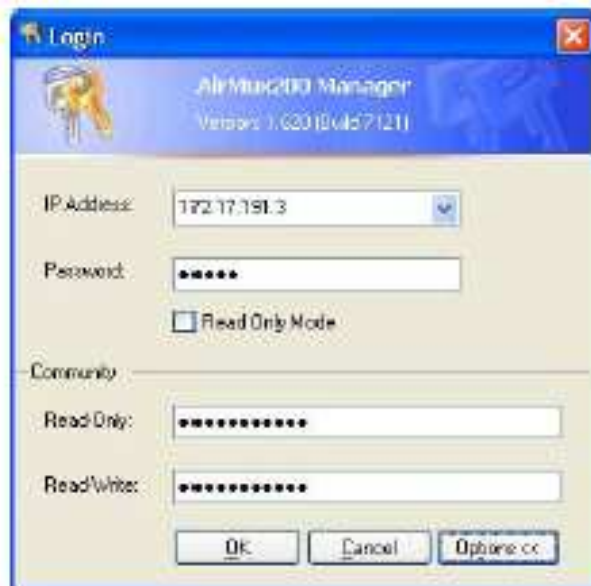


Figure 2-7. Login Screen with Community Options Visible

- If using the system for the first time, enter **netman** (default) in the read-only and read-write fields.
- If community values have previously been defined, enter them in the read-only or read-write communities.
- If you are a user with read-only permission, click the Read Only Mode check box.

The Airmux-200 Manager main screen is displayed (see *Figure 2-8*).

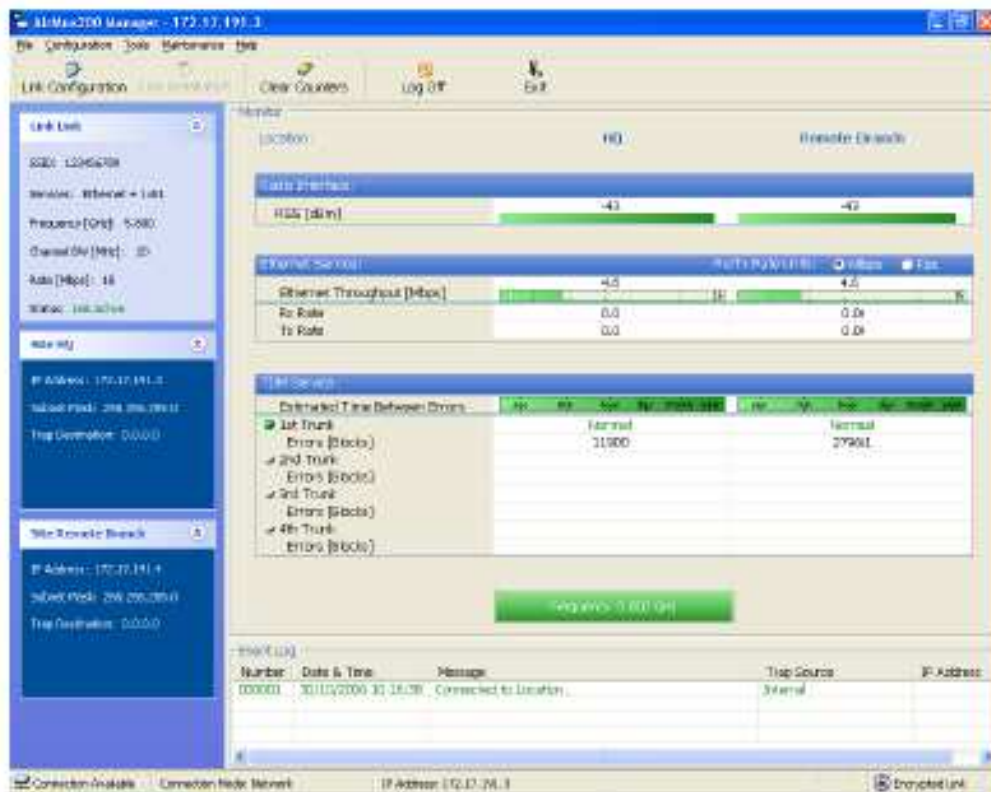


Figure 2-B. Airmax-200 Manager Main Screen

During the login, the Manager reports on over the air connection.

**Note** Over the Air connection to the remote unit is not recommended.

- Select the relevant option for your login requirements.



Figure 2-9. Over the Air Connection

---

## 2.11 Aligning ODUs with the Beeper

Perform the Airmux-200 ODU alignment using the beepers located inside the ODUs. The beeper facility is not suitable for aligning the All Indoor Units, Airmux-200-AIND. To align an AIND system see Appendix D for an alternative alignment methods.

To speed up the installation, alignment of a Airmux-200 Link can be performed by two teams simultaneously, at site A and at site B.

- To align the ODUs via ODU Beeper:



**Warning**

---

Do not stand in front of a live ODU.

---

1. Verify that power is connected to the IDUs at both sites.
2. The ODU starts beeping 20 seconds after power up, and continues beeping until the ODUs are aligned, and the link is established.
3. Verify normal operation of the IDU by the LED indications on the front panel. (See *Normal Indications*.)
4. Coarsely align the site B ODU in the direction of the site A ODU.
5. Sweep an azimuth of 180 degrees with the site A ODU, so that the strongest signal from site B can be learnt.
6. Slowly turning the site A ODU back towards the position of Site B, listen to the beeps until the best signal is reached. See *Figure 2-10* for the beeper signals.

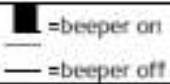




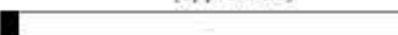
Beeper Sequence	Description
	
[approx. 1s] 	Best signal so far
	Signal quality increased
	No change in signal
	Signal quality decreased
[approx. 2s] 	No air link

Figure 2-10. Beeper Sequence for ODU Alignment

**Note**

Three beeps and a pause is the best signal  
 Two beeps and a pause, indicate signal quality has increased  
 One beep and pause indicates no signal change  
 Any other pattern indicates no signal between ODUs.

7. Secure the site A ODU to the mast/wall.
8. At site B, adjust the ODU slowly whilst listening to the beeper sequence until the best signal is attained.
9. Secure the site B ODU to the mast/wall.
10. Monitor the link quality for about 15 minutes to verify stability.

## 2.12 Calculating the Air Interface Rate

The Air interface rate is the data transmission rate over the wireless Airmux-200 interface from one site to the other. Use the *Link Budget Calculator Utility* in order to calculate the optimal air interface rate and the expected performance of the link operating at the user's requirements.

The ARA feature (Adaptive Rate Modulation) performs this task automatically and ensures that the transmission rate is set to maximum while the link quality throughput is maintained.

➤ **To open the Link Budget Calculator Utility**

1. Click **Help** on the Menu Bar.
2. Select **Link Budget Calculator**.

The Link Budget Calculator Utility opens. See *Appendix C* for full instructions how to use the Link Budget Calculator Utility.

## 2.13 Installing the Link

During the installation procedure, the definition of all parameters is automatically applied to both sides of the link.

► **To install the link:**

1. Verify that the management station is properly connected to the same LAN as the IDU, and the Airmux-200 Manager application is running.
2. In the toolbar, click the **Link Installation** button.

The installation wizard opens, (see *Figure 2-11*).



*Figure 2-11. Link Installation Wizard*

3. Click **Next** to proceed with the installation procedure.  
A message box is displayed.
4. On the first installation, the default link password must be changed.  
Click **OK** in the message box.  
The Change Link Password dialog box opens.

---

**Note** Use the *Hide Characters* check box for maximum security.

---



*Figure 2-12. Change Link Password Dialog Box*

5. Enter the default link password **wireless-bridge**.
6. Enter a new password.
7. Retype the new password in the Confirm field.
8. Click **OK**.
9. Click **Yes** when asked if you want to change the link password.
10. Click **OK** at the successful message:

The system dialog box opens (see *Figure 2-13*)



Figure 2-13. Installation Wizard, System Dialog Box

11. Enter a SSID (System ID). The SSID must include at least eight alphanumeric characters. Up to 24 characters are allowed.

**Note**

*Both sides of a link must have the same SSID number for data transmission to take place.*

12. Enter a Link Name for the link identification.
13. Enter a name for site 1.
14. Enter a name for site 2.
15. Enter the Link Password (version 1,400 and after). See *Changing the Link Password* for details on the Link Password.

**Note**

*If the Link Password is incorrect a link will be established but configuration cannot be performed and no services will be available. A new link password may be obtained from Technical Support or use the alternative password supplied with the product. See *Changing the Link Password* for more details.*

16. Click **Next**.



The *Channel Setting* dialog box appears. This dialog box may be different according to the version that you have purchased.

## Selecting Channels

Airmux-200 (after version 1.300) has a feature called Automatic Channel Select, which allows you to define several alternative frequency channels if interference is detected on the channel in use.

- For Airmux-200 with the Automatic Channel Select feature see *Airmux-200 with Automatic Channel Select* (applies to versions after 1.300).
- For Airmux-200 5.4 GHz ETSI version see *Airmux-200 5.4 GHz ETSI Version*.

### Airmux-200 with Automatic Channel Select

Automatic Channel Select gives Airmux-200 the ability to change frequency channels automatically if interference is detected on the current operating channel.

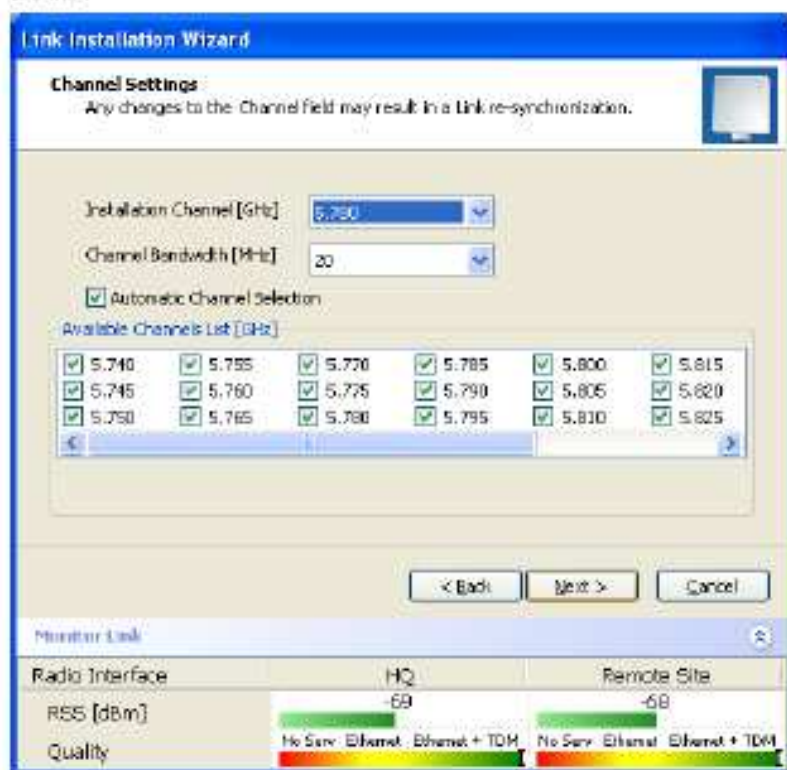


Figure 2-14. Channel Select Dialog Box - Automatic Channel Select

1. Select the main frequency from the Installation Channel menu.
2. Select the required Channel Bandwidth 5, 10, or 20 MHz.

---

**Note** *F2.x GHz versions with TDM services operate at 10 or 20 MHz steps only. Ethernet Only also supports 5 MHz bandwidth.*

---

3. Click the check box if Automatic Channel Selection is required.
4. Click the check boxes in the Available Channels List of all the allowable channels that can be automatically selected.

Selecting a new channel causes the system quality to change. The quality bar shows the adjustment until the system finds the best quality link.

5. If you are not satisfied with the channel that is selected automatically, click Reselect Channel.

A new channel will be selected from one of the Available Channels that has been defined.

6. Click **Next**.

The Evaluating Rate box appears. The optimum rate for the link is selected.

The Service Parameters dialog box opens.

### **Airmux-200 5.4 GHz ETSI Version**

In accordance with ETSI, if Airmux-200 detects Radar interference it changes the frequency channel automatically. This feature is termed Dynamic Frequency Selection (DFS). In this version, the Automatic Channel Selection is selected by default and a minimum of two channels must be defined as available.

1. Select the main frequency from the Operating Channel menu.
2. Select the Bandwidth required.

---

**Note** *Automatic Channel Selection is selected by default.*

---

3. Click at least two check boxes in the Available Channels List of all the allowable channels that can be automatically selected.

---

**Note** *Installation will not continue until at least two channels are defined.*

---

Selecting a new channel causes the system quality to change. The quality bar shows the adjustment until the system finds the best quality link.

Any channel selected is evaluated for 60 seconds; therefore this selection process may take a few minutes.

4. If you are not satisfied with the channel that is selected automatically, click Reselect Channel.

A new channel is selected from one of the Available Channels that has been defined.

5. Click **Next**.

The Evaluating Rate box appears. The optimum rate for the link is selected.

The Service Parameters dialog box opens.

## Selecting the Service Parameters

The user defines the type of service required, Ethernet Only or Ethernet with TDM. The bandwidth remaining available for Ethernet if TDM services are required is shown in the dialog box.

**Note** *Airmux-200L versions are Ethernet Only.*

**Link Installation Wizard**

**Services**  
Select the Services and Rate from the lists below.

**Service Configuration**

Service:

Rate [Mbps]:

Distance:

IDU	HQ	Remote Site
Product Type	WL1000-IDUC-4E1	WL1000-IDUC-4E1
HW Version	2	2
SW Version	1.000_b507_Jan 8 2006	1.000_b520_Aug 3 2006

**Monitor Link**

Radio Interface	HQ	Remote Site
RSS [dBm]	-69	-69

Figure 2-15. Installation Wizard, Services Dialog Box

➤ **To select the services:**

1. In the Service dialog box, select one of the following:
  - E1/T1 - E1/T1 data and Ethernet data.  
The Ethernet BW field shows the remaining bandwidth in Mbps available for Ethernet. The available bandwidth depends on the number of E1/T1 ports selected.
  - Ethernet Only
2. Select the required transmission rate.  
If Adaptive is selected, Airmux-200 constantly monitors and adjusts the transmission rate to ensure maximum throughput for the link at the highest

quality. Airmux-200L versions are preset to adaptive and the rate selection is disabled.

3. Click **Next**.

If TDM services were selected, then the TDM parameters dialog box appears. (see *Figure 2-16*).

4. The optimum transmission rate for the selected services is evaluated. *Table 2-1* shows the rates used by Airmux-200. Airmux-200L versions do not have TDM services, they operate at a rate of 2 Mbps.

If Ethernet Only was selected, then the Finish screen appears (see *Figure 2-17*) showing a summary of the link configuration, the alignment is complete.

*Table 2-1. Rates per Bandwidth*

Modulation/FEC	5 MHz [Mbps]	10 MHz [Mbps]	20 MHz [Mbps]
BPSK / 1/4	2.25	4.5	9
QPSK / 1/4	3	6	12
QPSK / 1/2	4.5	9	18
16QAM / 1/4	6	12	24
16QAM / 1/2	9	18	36
64QAM / 1/4	12	24	48
64QAM / 1/2	13.5	27	

## Setting the Clock Configuration

If TDM services are selected then the TDM parameters dialog box appears. (TDM is not relevant in Airmux-200L versions.)

The TDM Parameters dialog box contains five working modes; select the appropriate clock mode according to your application. Choosing one of these modes sets the TDM clock behavior on both sides of the link. The user equipment must be configured as described *Table 2-2*.

*Table 2-2. TDM Clock Modes*

	Unit Clock Mode		User Equipment Side	
	Local Unit	Remote Unit	HQ Side	Branch Side
1	Transparent	Transparent	Internal/Recover	Internal/Recover
2	Loop Time	Recover	Internal	Recover
3	Recover	Loop Time	Recover	Internal
4	Internal	Recover	Recover	Recover
5	Recover	Internal	Recover	Recover

**Transparent/Transparent**

Airmux-200 transparently regenerates the clock from line clock side to Tx clock on the opposite side of the link.

**Loop time/Recover**

The local unit receive clock is the transmit clock on both sides of the link.

**Recover/Loop time**

The remote unit receive clock is the transmit clock on both sides.

**Internal/Recover**

The local unit internal oscillator generates the clock while the remote unit recovers this clock.

**Recover/Internal**

The remote unit internal oscillator generates the clock while the local unit recovers this clock.

**Note**

The Line code option is used with T1 Systems.

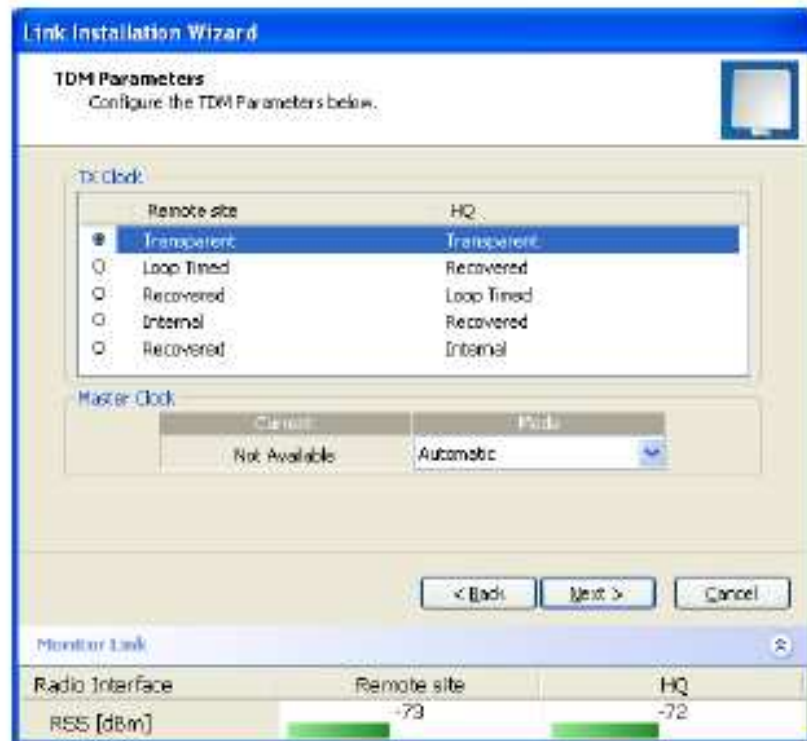


Figure 2-16. TDM Parameters Dialog Box

**Note**

This Dialog Box (available only with IDU units) is activated after TDM service was chosen in the previous Service Dialog Box. In Ethernet only services, the TDM Dialog Box does not appear.

## Setting the T1 Line Code

The T1 line code can be set as B8Zs or AMI in the TDM Parameters dialog box. The default is B8Zs.

► **To change the line code**

1. In the TDM Parameters dialog box, set the line code to B8Zs or AMI as required.
2. Click Next to show the finish screen.



Figure 2-17. Installation Wizard, Finish Screen

3. Click **Finish** to complete the installation wizard.  
When the wireless link is established between the site A and site B units, the Quality bar is within the yellow area for Ethernet only links, or within the green area for Ethernet plus TDM links.
4. Verify that the Radio Signal Strength (RSS) is according to expected results as determined by the Link Budget Calculator.

---

## 2.14 Connecting the User Equipment

The IDU is a standalone desktop, wall-mounted or rack-installed unit. *Figure 2-2* illustrates a typical rear panel of the IDU.

- **To connect user equipment to the IDU:**
  1. Connect user E1/T1 traffic to the IDU panel RJ-45 port designated **TRUNK**. There may be multiple Trunk ports available depending on the unit ordered. Refer to *Appendix A* for the connector pinout.
  2. Connect the user hub/router or any other compatible device to the IDU panel RJ-45 port designated **LAN**. There may be multiple LAN ports available for connecting to different LANs depending on the IDU ordered. Refer to *Appendix A* for the connector pinout.

---

**Notes** *Use a straight cable for router connection.*  
*Do not connect two LAN ports to the same LAN, or flooding may occur.*

---

# Chapter 3

---

## Operation

This section provides the following information for Airmux-200:

- Operating procedures (turning-on and turning-off)
- Controls and indicators
- Normal Indications
- Default settings
- Managing the Airmux-200

---

### 3.1 Turning On Airmux-200

► To turn on Airmux-200:

- Connect the AC/DC converter to the IDU power connector and to the mains. See *Chapter 2* for full instructions on connecting the power.

The PWR indicator lights up (IDU only) and remains lit as long as the IDU is receiving power.

Airmux-200 requires no operator attention once installed, with the exception of occasional monitoring of front panel indicators and statistics data. Intervention is only required when Airmux-200 is configured to its operational requirements, or diagnostic tests are performed.

---

### 3.2 Controls and Indicators

#### IDU Front Panel Indicators

The front panel of the IDU and IDU includes a series of LED indicators that show the operating status of the unit. *Figure 3-1* shows the IDU front panel, *Figure 3-2* shows an IDU front panel.



Figure 3-3: Airmux-200-AIND All Indoor Radio Unit  
*Table 3-1*, *Table 3-2*, and *Table 3-3* describe the indicators.



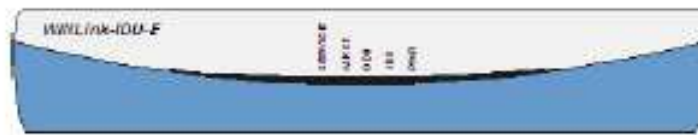


Figure 3-1. IDU Front Panel

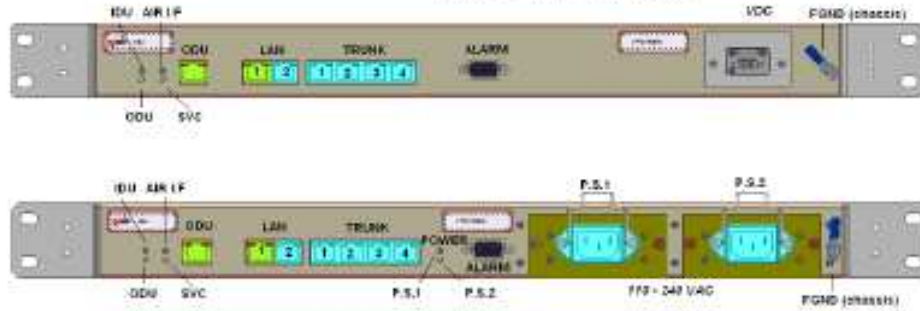


Figure 3-2. Typical IDU Front Panels



Figure 3-3. Airmux-200-AIND All Indoor Radio Unit

Table 3-1. Front Panel LEDs

Name	Color	Function
PWR	Green	ON - Power supply is ON (IDU only)
IDU	Green	ON - IDU operational
	Orange	ON - During power-up only
	Red	ON - Failure
ODU	Green	ON - ODU-to-IDU communication link is operating
	Red	ON - ODU-to-IDU communication link is disrupted
AIR /IF	Green	ON - Wireless link is synchronized
	Orange	ON - During installation only
	Red	ON - Wireless link lost synchronization
SERVICE	Green	ON - E1 or T1 line is synchronized
	Orange	ON - Alarm detected at the remote interface ON - Local or Remote loopback
	Red	ON - Alarm detected at the local interface

## WAN/LAN Indicators

The WAN/LAN and TDM connectors (IDU rear panel, IDU front panel) have LED indicators that show the operating status. *Table 3-2* and *Table 3-3* describe the indicators.

*Table 3-2. WAN/LAN LEDs*

Name	Color	Function	Location
LINK	Green	ON - Ethernet link active	WAN/LAN connectors
ACT	Yellow	Blinks according to the Ethernet traffic	WAN/LAN connectors

*Table 3-3. TDM Traffic Indicators*

Function	Green LED	Red LED
OK	On	Off
AIS	Off	On
LOS	Off	On
Loopback	On	Blinking

## Normal Indications

Upon turning on Airmux-200, the PWR LED in the IDU front panel lights to indicate that Airmux-200 is on. *Table 3-4* shows the correct status of the indicators at power-up.

*Table 3-4. Airmux-200 Indicators at Startup*

Indicator	Color	Status
PWR	Green	ON (IDU only)
IDU	Orange Green	ON for short duration during startup ON during normal operation
ODU	Green	ON shows normal operation
AIR I/F	Orange Green	ON for short duration during startup ON shows normal operation
SERVICE	Green	ON shows normal operation OFF when Service is configured for Ethernet only

If the above LED indications do not appear following initial power turn-on, refer to *Chapter 5* for diagnostic test instructions.

---

### 3.3 Default Settings

Table 3-5 lists the default settings of the Airmux-200 configuration parameters.

Table 3-5. Default Settings

Parameter	Default Value
ODU IP Address	10.0.0.120
Subnet Mask	255.0.0.0
SSID	-
Frequency	First Frequency in the range
Rate	Adaptive
Services	Ethernet
Ethernet Configuration	Auto Detect
Bridge	Hub Mode. Aging time = 300 sec
Community values	Read-write - netman Local - public-bru1 Remote - public-bru4097

---

### 3.4 Managing Airmux-200

Before starting a management session, make sure that a communication link between local and remote units exists. The Link Status indication bar in the middle of the Main menu must be green and the *Radio Link - Sync* message must appear in the event log (see Figure 3-4).

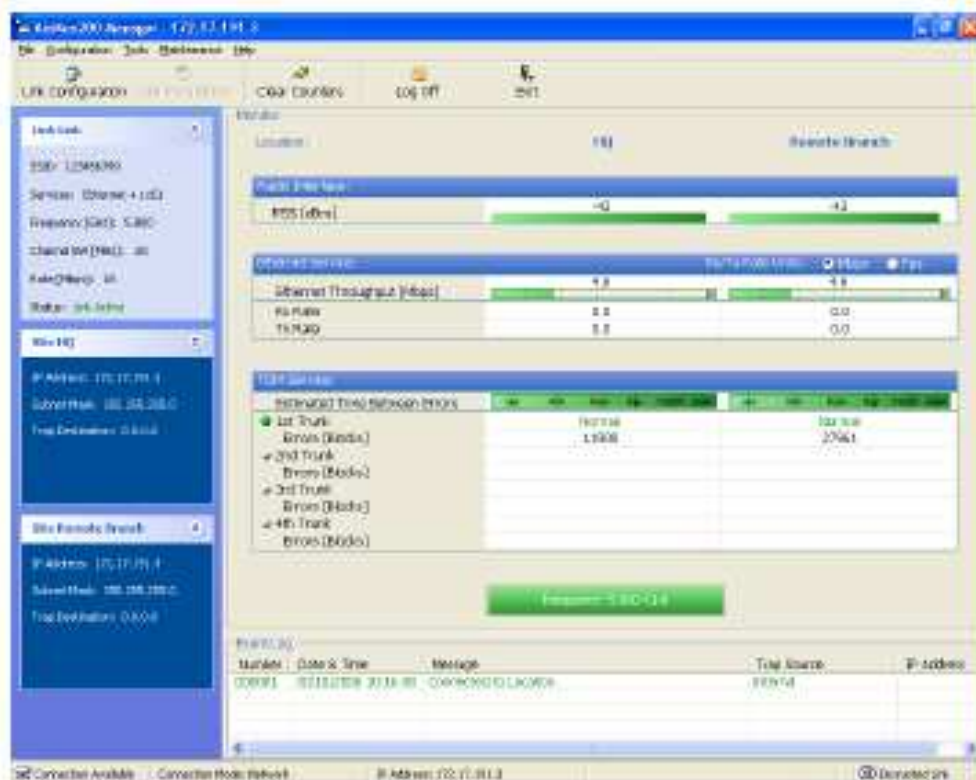





Figure 3-4. Main Screen, Wireless Link is Active

The WinLink Manager main screen consists of the following elements:

- **Toolbar** – includes buttons serving for:
  - Changing configuration parameters of operating wireless link; assigning text files for storing alarms, statistics and configuration data (Link Configuration button)
  - Performing preliminary configuration of the system (Link Installation button). This button is disabled once a link is defined.
  - Clearing error counters (Clear Counters button)
  - Logging off WinLink Manager (Log Off button)
  - Exiting WinLink Manager (Exit button)
- **Menu bar**
  - File Menu – Log off, and exit
  - Configuration – use for link configuration, individual site configuration or link installation
  - Tools – set preferences, event log handling, change password
  - Maintenance – Loopbacks, system reset.

- Link details pane - summarizes information on the radio frequency, IP bandwidth, type of TDM service, number of assigned E1 or T1 timeslots, and IP details of the local and remote Airmux-200 units.
- Monitor pane - displays the link quality between local and remote devices and the following statistics:
  - Radio signal strength (RSS) in dBm
  - Current Ethernet bandwidth in Mbps. This is not the actual traffic rate, but the maximum capacity that can be supported currently, see *Figure 3-5*. The scale on the bar adjusts according to the link distance and the link budget.
  - Local/remote receive and transmit traffic rate, in Mbps or Fps (frames per second).
  - TDM status  
The Estimated Time Between Errors bar gives an indication of the TDM quality. The ETBE constantly calculates the expected TDM Error second ratio according to the current air interface conditions.
  - Link Status. Shows the channel frequency. The color of the box indicates the status.  
Green is an active link  
Red is an inactive link  
Magenta shows an authentication or compatibility problem  
Brown shows severe compatibility problem.
- Event log - stores alarms generated by local and remote units.
- Status Bar - displays the following icons:
  - Connectivity icon showing how the device is connected to the Ethernet.
    - Network mode to the local unit - using IP of the local unit
    - Over the Air connection - using IP address of the remote for over the air connection
    - Local mode using broadcast - direct connection to IDU LAN port without IP address. This mode is only recommended when the managed PC is connected directly to the IDU (no network involved) the managed PC must have a static IP configured. (No DHCP)
  - Encryption icon showing if the link is encrypted
    -  encrypted link
    -  Link Password Validation failed. The link is encrypted with default keys. Service and configuration is unavailable. Need to change the link password in either site
    -  No Encryption - an older release is used. No encryption is available

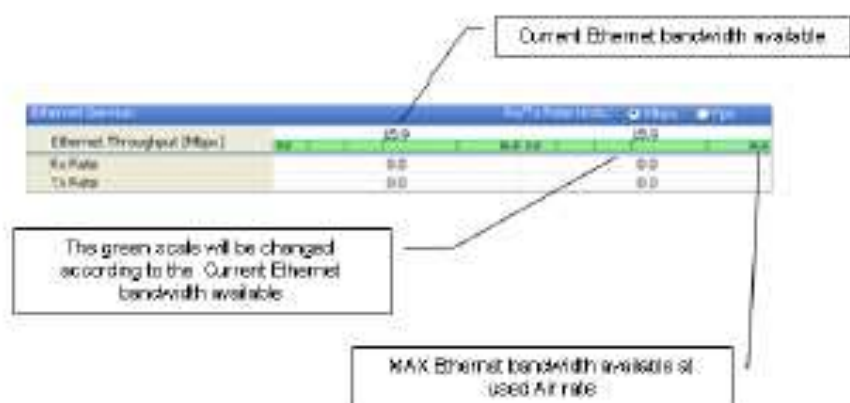


Figure 3-5. Ethernet Bandwidth Indication

➤ To change link configuration parameters:

1. In the Main menu, click **Configure Link**.  
The Configure Link wizard appears. See *Chapter 4* for configuration details.
2. Click **Next**.
3. Continue through the configuration wizard and define the Link name and ID, Channel, Rate and Services.
4. Once you finish changing configuration parameters, click **Finish**.  
The system takes a few seconds to activate the link with the new configuration.

---

### 3.5 Turning Off Airmux-200

➤ To turn off Airmux-200:

1. Exit the management application.
2. Remove the AC/DC converter power cord from the mains.

# Chapter 4

---

## Configuration

This chapter describes configuration procedures that are performed after installing the local and remote Airmux-200 units and the Installation Link wizard. A second wizard is used to redefine the configuration parameters if necessary. Both sites in the link are defined simultaneously.

The following parameters are configured via the configuration wizard:

- System parameters
- Frequency channel
- Air interface rate
- Service parameters.

The following parameters are configured via the Configuration dialog box.

- Transmit power
- Management and trap addresses
- Bridge mode
- Ethernet mode
- Community values.

---

### 4.1 Configuring the System Parameters

After installing the link, the system configuration can be modified.

**Note** *All parameter changes are automatically applied to both sites of the link.*

---

► **To change general parameters:**

1. In the Main menu, click the Link Configuration button.
2. The Configuration wizard opens (*Figure 4-1*).



Figure 4-1. Configuration Link Wizard

3. Click **Next**.
4. The Link Configuration dialog box appears (see Figure 4-2).



**Link Configuration Wizard**

**System**  
Fill in the attribute fields below.

SSID:

Link Name:

Site 1:

Site 2:

Link Password:

< Back   Next >   Cancel

Monitor Link

Radio Interface	1.2	1.4
RSS [dBm]	-59	-57
ETBE	sec min hour day month year	sec min hour day month year

Figure 4-2. Link Configuration, System Dialog Box

- In the System dialog box, enter the new data for the link. All fields with a white background can be edited.
- Click **Next**.  
The Frequency dialog box appears.

## 4.2 Selecting Channels

The user is required to define the operating frequency channel. Newer versions of Airmux-200 have a feature called Automatic Channel Select. This allows you to define several allowable frequency channels that Airmux-200 can change to in event that interference is detected on the channel in use.

- For Airmux-200 with the Automatic Channel Select feature see *Airmux-200 with Automatic Channel Select*.
- For Airmux-200 5.4 GHz ETSI version see *Airmux-200 5.4 GHz ETSI Version*.

## Airmux-200 with Automatic Channel Select

Automatic Channel Select enables Airmux-200 to change frequency channels automatically if interference is detected on the current operating channel.

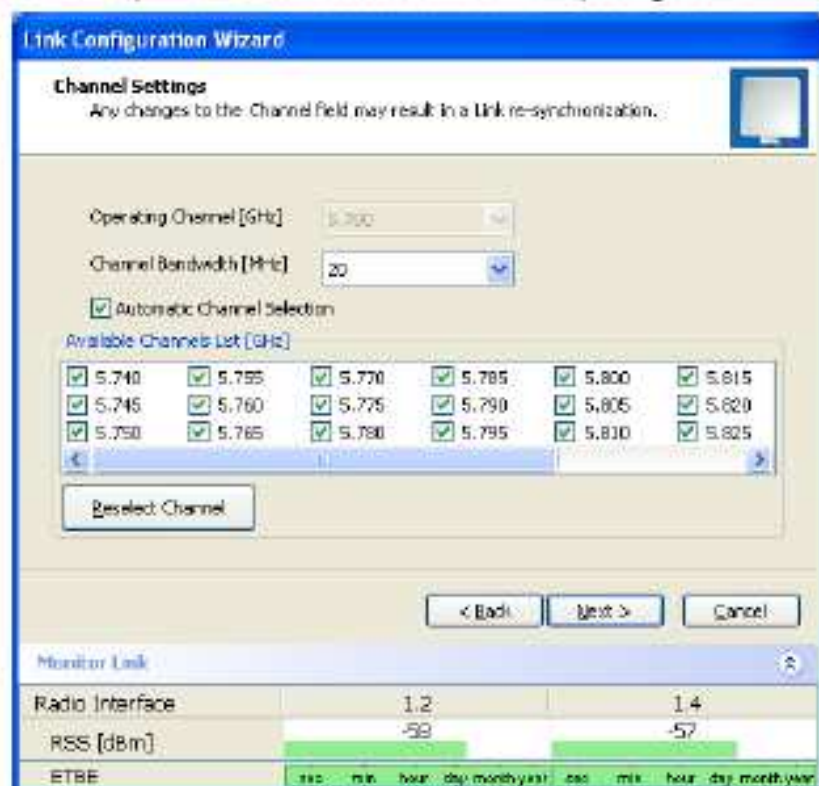


Figure 4-3. Channel Select Dialog Box - Automatic Channel Select

► To define automatic channel selection:

1. Select the main frequency from the Operating Channel menu.
2. Select the required Bandwidth 5, 10, or 20 MHz.

**Note**

*F2.x GHz versions operate at 10 or 20 MHz steps only.*

3. Click the check box if Automatic Channel Selection is required.
4. Click the check boxes in the Available Channels List of all the allowable channels that can be automatically selected.
5. If you are not satisfied with the channel that is selected automatically, click **Reselect Channel**.

A new channel will be selected from one of the Available Channels that have been defined.

---

**Note** *By clicking Reselect Channel, the ODU starts scanning all the channels from the available channels list and looks for radio frequency activity in each of the channels. It tries to select the optimal pure channel. If another channel is required, the operating channel that the ODU finds most pure must be removed from the available channel list.*

---

6. Click Next.

The Rate Select box appears.

## Airmux-200 5.4 GHz ETSI Version

In accordance with ETSI, unlicensed wireless data equipment is not allowed to interrupt radar services and a channel with active radar is prohibited from use for 30 minutes.

Airmux-200 uses Dynamic Frequency Selection (DFS). Before any transmission, DFS probes a channel for radar signals for a period of 60 seconds. If a radar signal is detected it automatically changes the frequency channel.

In the 5.4 GHz ETSI version, the Automatic Channel Selection is selected by default and a minimum of two channels must be defined as available.

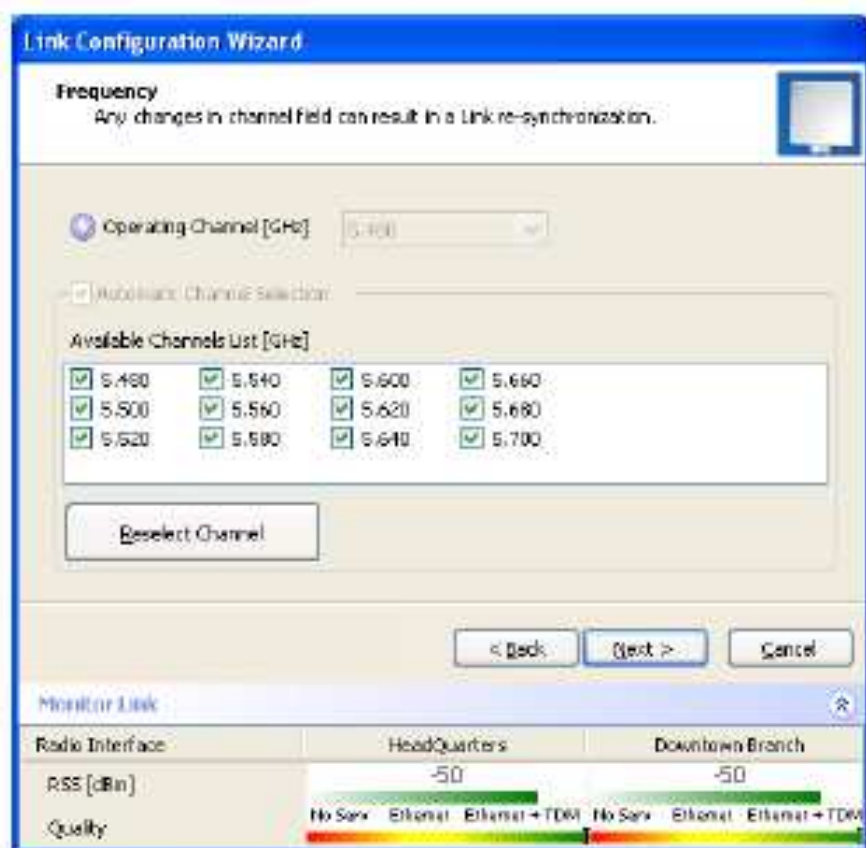


Figure 4-4. Channel Select Dialog Box (DFS, ETSI Requirement)

on the Configuration Wizard and status bar indicates that the radar detection is on.

➤ To define automatic channel selection in the 5.4 ETSI version

1. Select the main frequency from the Operating Channel menu.

**Note** Automatic Channel Selection is selected by default.

2. Click at least two check boxes in the Available Channels List of all the allowable channels that can be automatically selected.

**Note** Installation will not continue until at least two channels are defined.

Selecting a new channel causes the system quality to change. The quality bar shows the adjustment until the system finds the best quality link.

Any channel selected is evaluated for 60 seconds; therefore this selection process may take a few minutes.

3. If you are not satisfied with the channel that is selected automatically, click Reselect Channel.

A new channel will be selected from one of the Available Channels that have been defined.

---

**Note** *The reselection process may take a few minutes.*

---

4. Click **Next**.

The maximum rate is selected according to the link conditions

The quality bar shows the adjustment until the system finds the best quality link.

5. Click **Next**.

The Service Parameters dialog box appears.

---

### 4.3 Configuring Service Parameters

The user defines the type of service required, Ethernet Only or Ethernet with TDM. The bandwidth remaining available for Ethernet if TDM services are required is shown in the dialog box.

---

**Note** *Airmux-200L versions are Ethernet Only.*

---

In the Service Parameters dialog box select if Airmux-200 is to provide E1/T1, (x1 or x2 for IDU, or x4 for IDU-E). Define the required transmission rate, and the distance between the sites.

➤ **To configure E1/T1 and Ethernet services:**

1. In the Service dialog box, select one of the following:

- Ethernet plus a number of E1/T1 channels (see [Figure 4-5](#)).
- Ethernet data only (see [Figure 4-6](#)).

2. Select the transmission rate required.

The default rate is adaptive. Airmux-200L versions only operate in adaptive mode.

**Adaptive Modulation** - The system changes modulation automatically depending on channel characteristics in order to guarantee continuation of service. The adaptive modulation enables the user to maximize Ethernet throughput without degradation of the TDM service quality. When Ethernet only service is used, the adaptive modulation enables improving the Ethernet performance in case of air performance degradation (periodical interference or RSS changes).

In case of interference at one site, there is no need to use a lower modulation at the other site (as in previous versions). In such a case the actual rate changes automatically only at the problematic site, while the second side of the link maintains the highest rate possible (Asymmetric).

Adaptive modulation can be changed in both Installation and Configuration wizards.

3. Type in the distance between the sites.

If TDM services are selected, then the Evaluate icon shows on the screen while the maximum rate is evaluated.

When evaluation is complete the icon changes and the following message is shown:

Service has been evaluated, click Next to continue.

4. Click Next.

The TDM Parameters dialog box or the Finish screen appears depending on the services selected.

**Link Configuration Wizard**

**Services**  
Select the Services and Rate from the lists below.

**Service Configuration**

Services: Ethernet + 4xE1

Rate [Mbps]: Adaptive

Distance: 36

Evaluate

IDU	HQ	Remote Branch
Product Type	AlMux-200/IDUE/4E1	AlMux-200/IDUE/4E1
HW Version	1	1
SW Version	1.620_b630_Oct 24 2006	1.620_b630_Oct 24 2006

< Back   Next >   Cancel

**Monitor Link**

Radio Interface	HQ	Remote Branch
RSS [dBm]	-50	-49
ETBE	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

Figure 4-5. Service Parameters Dialog Box, E1/T1 Interface



Figure 4-6. Service Parameters Dialog Box, Evaluation Icon

## 4.4 Setting the Clock Configuration

The TDM clock feature is enabled in all carrier class IDUs in addition to new hardware IDUs. A TDM dialog box appears where IDU supports the clocking configuration feature (see *Figure 4-7* and *Figure 4-8*).

A new master clock configuration option is available in the Link Configuration wizard. The automatic mode selects the clock from the first trunk that is working in normal mode (or is configured to loop-back maintenance). If a specific trunk is selected, this trunk shall be used as the system master regardless of the trunks state. The current master clock trunk is also displayed.

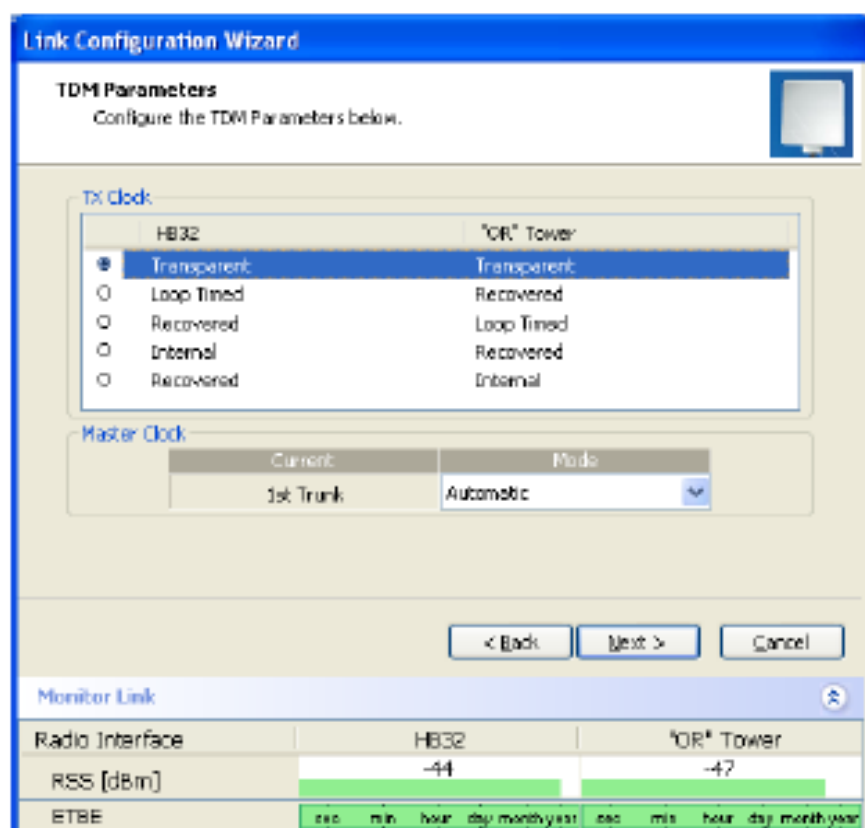


Figure 4-7. TDM Clock Dialog Box for T1 IDU



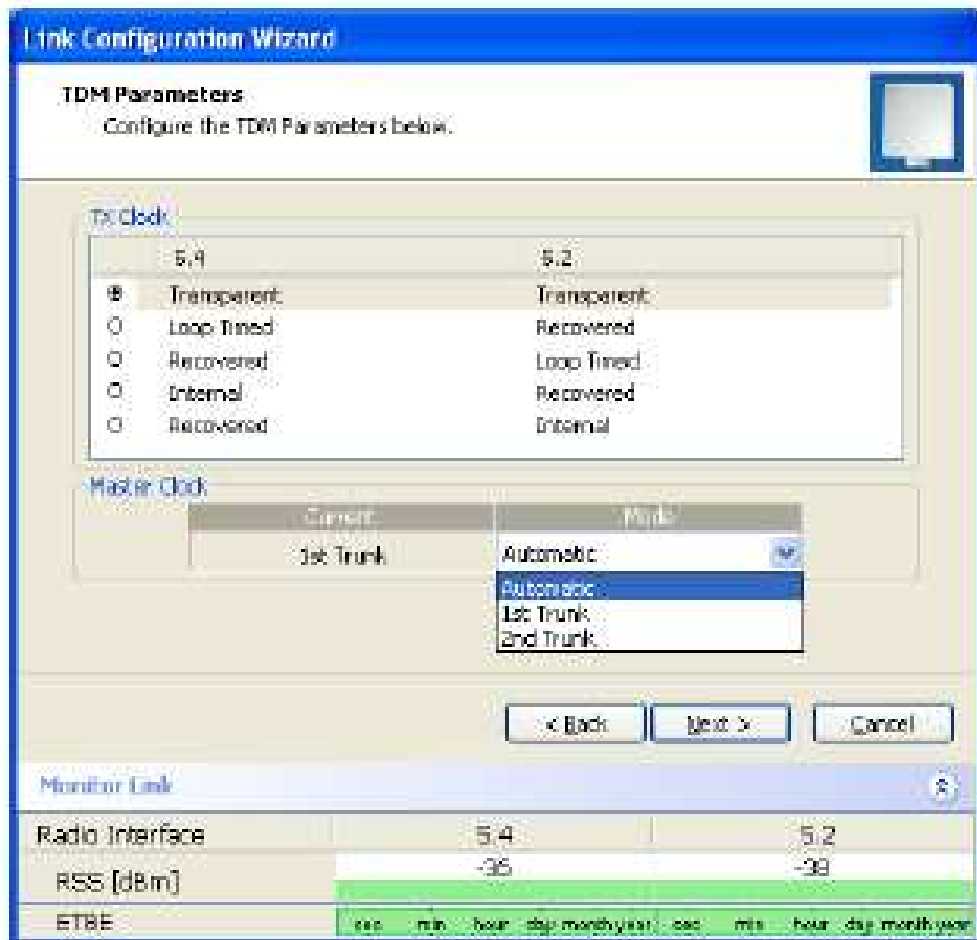


Figure 4-8. TDM Clock Dialog Box For E1 IDU

If TDM services are selected then the TDM parameters dialog box appears.

The TDM Parameters dialog box contains five working modes; select the appropriate clock mode according to your application. Choosing one of these modes sets the TDM clock behavior on both sides of the link. The user equipment must be configured as described Table 4-1.

Table 4-1. TDM Clock Modes

	Unit Clock Mode		User Equipment Side	
	Local Unit	Remote Unit	HQ Side	Branch Side
1	Transparent	Transparent	Internal/Recover	Internal/Recover
2	Loop Time	Recover	Internal	Recover
3	Recover	Loop Time	Recover	Internal
4	Internal	Recover	Recover	Recover
5	Recover	Internal	Recover	Recover

**Transparent/Transparent**

Airmux-200 transparently regenerates the clock from line clock side to Tx clock on the opposite side of the link.

**Loop time/Recover**

The local unit receive clock is the transmit clock on both sides of the link.

**Recover/Loop time**

The remote unit receive clock is the transmit clock on both sides.

**Internal/Recover**

The local unit internal oscillator generates the clock while the remote unit recovers this clock.

**Recover/Internal**

The remote unit internal oscillator generates the clock while the local unit recovers this clock.

---

**Note** *The Line code option is used with T1 Systems.*

---

---

## 4.5 Setting the T1 Line Code

The T1 line code can be set as B8Zs or AMI in the TDM Parameters dialog box.

The default is B8ZS.

➤ **To change the line code**

1. Run the Configuration wizard until you reach the Services dialog box.
2. Verify that T1 services have been selected.
3. Click **Next** to open the TDM Parameters dialog box.
4. Set the line code to B8ZS or AMI as required.
5. Click **Next** to finish the wizard.

---

**Note** *This Dialog Box is available only when TDM service was selected in the previous Services Dialog Box.*

---

6. Click **Next**.

The Finish screen appears, showing a summary of the link configuration (see *Figure 4-9*).



Figure 4-9. Configuration Link, Finish Screen

7. Click **Finish** to complete the configuration wizard.

The Main screen is displayed.

## 4.6 Editing the Configuration Parameters

You can edit the configuration parameters for each site individually without running a wizard.

From the Configuration dialog box, (see *Figure 4-10*) the following functions are available by selecting the items on the left of the dialog box:

<b>System</b>	Edit the contact person and location details. View the system details.
<b>Air Interface</b>	Change the transmit power.
<b>Inventory</b>	View the hardware and software inventory.
<b>Management</b>	Configure the IP address, Subnet Mask, Default Gateway, and the Trap Destination.
<b>Security</b>	Change the Community Values and the Link Password.

<b>Date and Time</b>	Set the date and time of the server and of the system.
<b>Advanced</b>	Configure the Bridge, define the LAN connection and set the external alarm inputs.

From the Configuration dialog box, the following functions are available by clicking the buttons at the top of the dialog box:

<b>Backup</b>	Save a backup.ini file with the current configuration.
<b>Restore</b>	Load the backup.ini file created by the backup.
<b>Installation Mode</b>	Return to Installation Mode for the entire link. Selecting the Mute check box before clicking the Install Mode button mutes the Beeper.
<b>Mute</b>	Mutes the Beeper at startup. Reactivate the beeper during alignment.

➤ **To edit the Configuration Parameters:**

1. Click **Configuration** from the main menu.
2. Select which site to configure.

The Configuration dialog box opens. (See *Figure 4-10*)



Figure 4-10: Configuration Dialog Box

3. Select the appropriate item in the left hand list to open a dialog box.
4. Click **Apply** to save the changes.

---

## 4.7 Changing the Transmit Power

Each site can have a different transmit power level.

► **To change the Transmit Power:**

1. Click **Configuration** from the main menu.
2. Select which site to configure.

The Configuration dialog box opens.

3. Select **Air Interface**. (See *Figure 4-11*)
4. Select the required Transmit Power Level. *Table 4-2* shows the available power limits for each *Airmux-200* system.
5. Click **Apply** to save the changes.

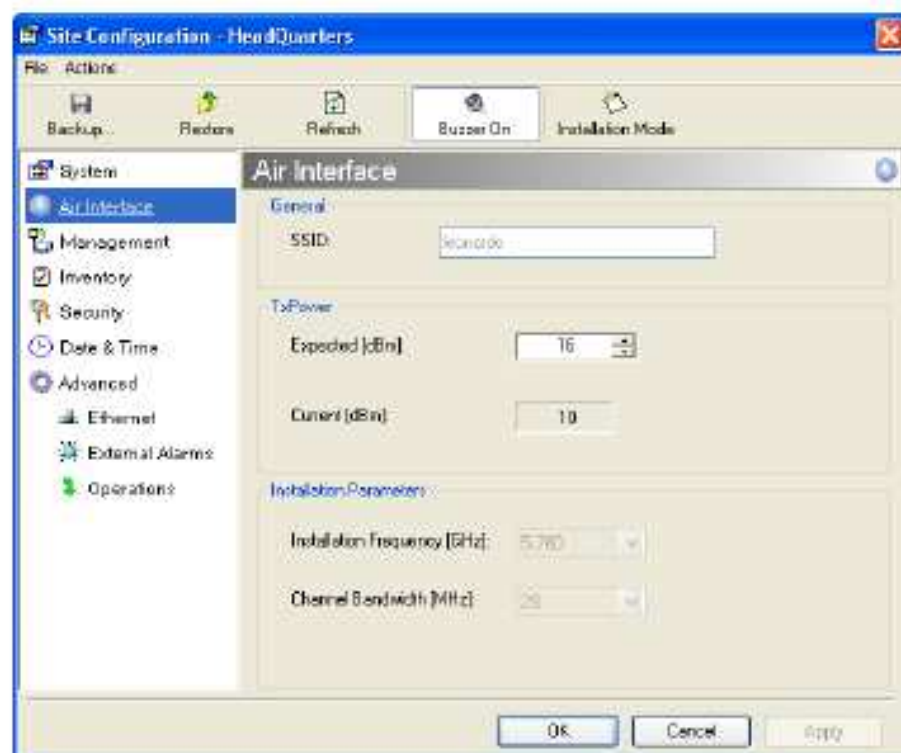


Figure 4-11. Changing the Transmit Power

Table 4-2. Typical Transmit Power Limits

Regulation	Version	Min Tx [dB]	Max Tx [dB]	MaxTx at 36 Mbps [dB]	MaxTx at 48 Mbps [dB]	Power Control
FCC	F58	4	16	14	10	Yes
	F58/EXT	4	16	14	10	Yes
	F49	14	15	15	14	No
	F53	-3	8	8	8	Yes
	F53/EXT	3	3	3	3	No
	F24	18	18	18	18	No
	F53HP	10	16	14	10	Yes
India	F58CN	-1	10	10	10	Yes
China	F24/EXT/ETSI	-4	-4	-4	-4	No
ETSI	F54	2	8	8	8	Yes
	F54/ETSI	2	8	8	8	Yes
	F54-HG/EXT	-3	3	3	3	Yes

## 4.8 Defining the Management Addresses

Each site must be configured separately, first site A then site B.

► **To define the Management Addresses:**

1. Click **Configuration** from the main menu.
2. Select which site to configure.  
The Configuration dialog box opens.
3. Select **Management** (see *Figure 4-12*).
4. Enter the IP address of the ODU in the IP address field.

**Note** *If performing configuration from the WinLink manager, the IP address is entered in the login screen (Figure 2-4)*

5. Enter the Subnet Mask.
6. Enter the Default Gateway.
7. Enter the Trap Destination. This is the IP address of the PC running the management application. The event log will be stored at this address.
8. Click **Apply** to save the changes.



Figure 4-12. Configuration, Management

- Notes**
- The *Installation mode* button opens the Link Installation wizard to reinstall the link.
  - The *Backup* and *Restore* buttons are for saving and restoring the configuration files.

## 4.9 Setting the Date and Time

The ODU maintains a date and time value. The date and time value should be synchronized with any Network Time Protocol (NTP) version 3 compatible server. (Windows XP is configured by default as a server.) On power-up the ODU configures the initial date and time using an NTP server. If the server IP is not configured or is not reachable, a default time is set. When configuring the NTP server IP, you should also configure the offset from the Universal Coordinated Time (UTC). If there is no server available, you can either set the date and time, or you can set the manager workstation time. Note that manual setting is not recommended since reset, power up, or synchronization with an NTP server will override the setting.



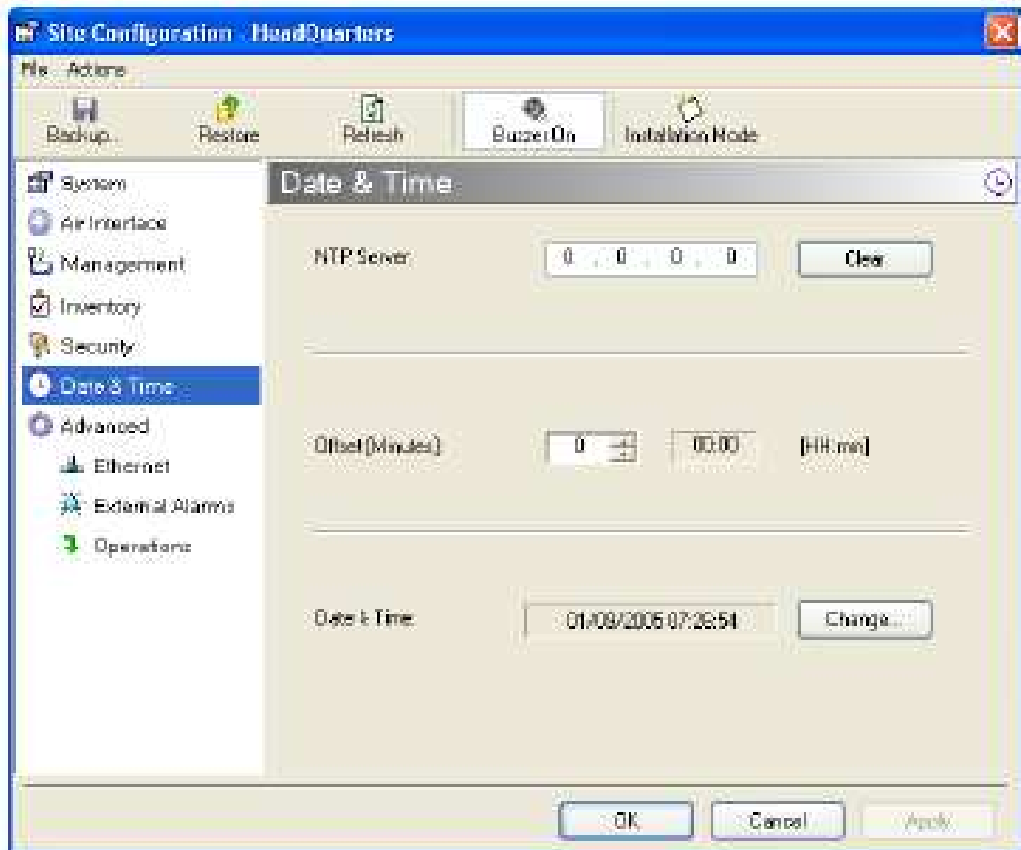
**Note** The NTP uses UDP port 123. If a firewall is configured between the ODU and the NTP server this port must be opened. (Windows XP command `w32tm /stripchart /computer:<server IP>` can be used to check the NTP server connectivity).  
It can take up to 8 minutes for the NTP to synchronize the ODU date and time.

► To set date and time:

1. Click **Configuration** from the main menu.
2. Select which site to configure.

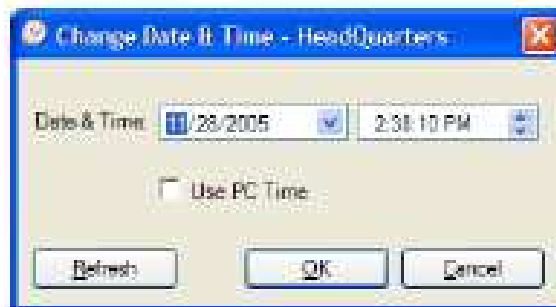
The Configuration dialog box opens.

3. Select **Date & Time** (see *Figure 4-13*).



*Figure 4-13. Date & Time configuration*

4. If entering an address for the NTP Server, click **Clear**, and then enter the new address.
5. Set the Offset value.
6. To manually set the date and time, click **Change** (*Figure 4-14*) and edit the new values.



*Figure 4-14. Manually Changing Date and Time*

---

## 4.10 Configuring the Bridge

Bridge configuration is required in various network topologies, such as protection (1+1) and ring application. The bridge configuration parameters are located under the Advanced tab of the Configuration dialog box (Figure 4-15). There are three parameters to configure:

- ODU bridge mode
- IDU Aging time
- Ethernet mode.



Figure 4-15. Advanced Configuration-Ethernet

### ODU Bridge Mode

This parameter controls the ODU mode with two optional values.

- Hub Mode - in Hub mode the ODU transparently forwards the all the packets over the wireless link.
- Bridge Mode - in Bridge mode the ODU performs both learning and aging, the aging time of the ODU is fixed at 300 seconds.

**Note** Changing these modes requires system reset.

### IDU Aging Time

This parameter controls the IDU aging time.

The IDU has a 2047 MAC address-learning table. The aging time parameter controls the time each MAC address is dropped from the table. Default value is 300 seconds.

---

**Notes** *Any change to these parameters is effective immediately.  
Each side of the link can be configured separately.*

---

The following table details common configurations; both sides are must be configured with the same parameter.

*Table 4-3. Configuration Modes*

Mode	Setting
Standard (Default) Configuration for Ethernet Applications	Set IDU aging to 300 seconds, ODU set to Bridge mode, <i>Figure 4-15</i> .
Fast aging mode - for rapid network topology changes	Set IDU aging to one second, ODU set to Hub mode.
Hub Mode	The ODU is set to HUB mode, IDU aging is not applicable.
Ethernet Bridge	The ODU is set to Bridge mode. The IDU aging is not applicable.

---

## 4.11 Configuring Ethernet Mode

The Ethernet mode is configurable for line speed (10/100BaseT) and duplex mode (half or full duplex). Airmux-200 provides an autodetect feature where the line speed and duplex mode are detected automatically using autonegotiation. Use the manual configuration when external equipment does not support autonegotiation. The default setting is autodetect. (See *Figure 4-15*)

---

**Note** *It is not recommended to configure the port that is used for the management connection, since a wrong configuration can cause management disconnection or Ethernet services interruption.*

---

➤ **To configure the Ethernet Mode:**

1. From the **Configuration** menu, select the site to reconfigure.  
The Configuration dialog box opens.
2. In the Ethernet Ports Configuration pane, use the drop-down menu to select the LAN configuration.
3. Click **Apply** to save the changes.

---

**Note** *It is possible to close the Ethernet service by disconnecting the Ethernet port. The user should be aware that it is possible to close the port and not have any access to the device. If this should occur the workaround is as follows:*

- *Connect the system from the remote site*
  - *Connect via other Ethernet port (IDU-E)*
  - *Power down the equipment and connect immediately after the power up (the fastest way is to enter install mode).*
-

---

## 4.12 Changing Community Values

The ODU communicates with the management application using SNMPv1 protocol. The protocol defines three types of communities:

**Read-Only** Retrieves information from the ODU

**Read-Write** Configures and controls the ODU

**Trap** Used by the ODU to issue traps.

The community string must be entered at login. The user must know the password and the correct community string in order to gain access to the system. A user may have read-only privileges.

It is not possible to manage the ODU if the read-write or the read community values are forgotten. A new community value may be obtained from technical support for setting a new community; the serial number or the MAC address of the ODU must be supplied.

---

**Note** *The manager application and the ODU use the community strings **public-bru1** for the local unit and **public-bru4097** for the remote unit. These are the factory defaults, but can only be used one time on the first installation.*

---

A new community string must be set when entering the system for the first time. The read-write community and read-only community have a minimum of five alphanumeric characters. (Bru1 and bru4097 are not permitted). Changing the trap community is optional by clicking the check box.

### Editing Community Strings

The community change dialog box is available from the **Configuration > Security** tab. Both read-write and read-only communities must be defined.

On entering for the first time, use **netman** as the current community. The community string must be changed when entering the system for the first time, and the community string **netman** cannot be used again.

- **To change a community:**
  1. From the Configuration dialog box, select the **Security** tab
  2. Type the current read-write community (default is **netman**).
  3. Select the communities to be changed by clicking the check box.
  4. Type the new community and re-type to confirm.
  5. Click **OK** to save.



Figure 4-16. Changing the Community String

### Forgotten Community String

If the read-write community string is unknown, an alternative community key can be used. The alternative community key is unique per ODU and can be used only in order to change the community strings. The alternative community key is supplied with the product, and it is recommended to keep it safe.

If both the read-write community and the alternative community key are unavailable, then an alternative community key can be obtained from customer support using the ODU serial number or MAC address. The serial number is located on the product, and the MAC address is displayed in the manager inventory tab.

When you have the alternative community key, click the **Forgot Community** button and enter the Alternative Community (Figure 4-17). Then reconfigure the read-write community string.

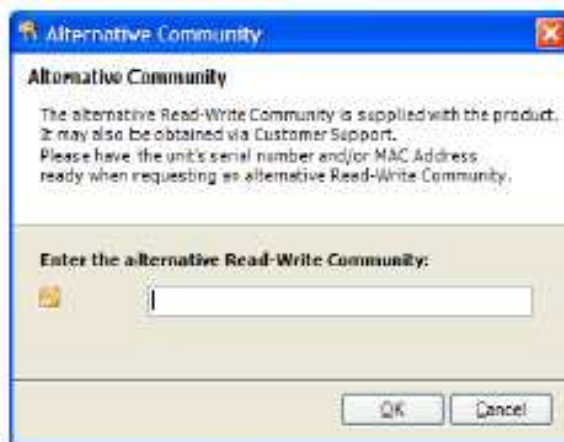


Figure 4-17. Alternative Community Dialog Box

---

### 4.13 Changing Passwords

Two passwords are necessary to use the Airmux-200 system. The first is needed for running the management software. The second link password is used for encryption purposes and is used when installing or configuring the link.

#### Changing the Management Password

- To change the management password
  1. From the Tools menu, select Change Password
  2. The Change Password dialog box appears.
  3. Enter current password, and new password.
  4. Click OK to confirm.

#### Changing the Link Password

Airmux-200 Radio Link is encrypted using Advanced Encryption System (AES) using a 128 bit dynamic key. During the installation process a Link Password must be set. An initial encryption key is generated. Each time a link is established the Encryption key is validated. If the validation failed the link is established but no service or configuration is allowed. In this state the user can change the link password of each of the sites.

- To change the Link Password:
  1. From the Configuration dialog box, select the **Security** tab
  2. Click **Change** next to the Link Password field box.

The Change Link Password dialog box appears.

3. Enter the current link password.
4. Enter the new password.
5. Enter the new password again in the Confirm box.

## Forgotten Link Password

In case of a forgotten link password, the user may enter the key password supplied with the product. The key password may be obtained from customer support after validation of the device serial number or MAC address. The user may change the link password of both sides of the link at any time using the Link Configuration Wizard.

- **To enter the key password:**
  1. From the Configuration dialog box, select the **Security** tab.
  2. Click **Change** next to the Link Password field box.

The Change Link Password dialog box appears.
  3. Click the **Forgot Link Password** button.

The Key Link Password dialog box appears.
  4. Type the key link password.
  5. A new link password may now be set.

---

## 4.14 Muting and Restoring the Beeper

The ODU beeper starts beeping as soon as power is supplied, and continues until the ODUs are aligned and the link established.

It is possible to mute the beeper until the alignment procedure is performed.

- **To mute or restore the beeper:**
  1. Click on **Configuration** in the Menu bar and select the relevant site.

The Configuration dialog box opens.
  2. In the Configuration dialog box, click the **Buzzer** button. The button toggles between on and off.
  3. The beeper stops or beeps.



## 4.15 Setting External Alarm Inputs

The IDU-E has two external alarm inputs in the form of dry-contact relays. The Alarm interface is located on the front panel of the IDU-E and is a 9-pin D-type female connector, see *Appendix A* for the pinout. The user enables or disables each of the alarms and can configure the text that appears in the alarm trap. The ODU sends the alarm within less than a second from actual alarm trigger.

► To set the external alarm inputs:

1. Open the Site Configuration Alarms configuration by clicking **Configuration > Advanced**.



Figure 4-18. External Alarm Configuration

2. Enter a description of the alarms in the fields.
3. Click **Apply** to save.

---

## 4.16 Managing Configuration Files

### Saving the Configuration in a File

Airmux-200 management software allows you to save configuration parameters of the local and remote units on the management station as an INI file. Each site is saved in a separate INI file.

➤ **To save the configuration in a file:**

1. Click **Configuration** from the main menu.
2. Select which site to backup.  
The configuration dialog box opens.
3. Click **Backup**.
4. In the **Save As** dialog box, indicate in which folder and under what name configuration file is to be saved, and click **Save**.

### Restoring a Configuration File

Configuration files (\*.ini) can be uploaded from the management station. Verified configuration files can be distributed to other units that use the same configuration.

➤ **To restore a configuration file:**

1. From the **Configuration** menu, select the site to reconfigure.  
The Configuration dialog box opens.
2. Click **Restore**.
3. From the **Open** dialog box select \*.ini file to upload and click **OK**.

---

## 4.17 Reinstalling the Link

It may be necessary to reinstall the link if the ODUs should need to be realigned.

**Note** *Reinstalling the link causes both sites to go into install mode.*

---

➤ **To reinstall the link:**

1. Click **Configuration** in the Menu bar and select any one of the sites.  
The Configuration dialog box opens.
2. Click the **Install Mode** button in the Configuration dialog box.  
A message box asking if you want to enter install mode appears.
3. Click **Yes** to continue.  
Airmux-200 enters install mode and the beeper starts beeping.

- 
4. Realign the ODUs and complete the installation wizard (see *Chapter 2*).

---

## 4.18 Resetting Airmux-200

---

**Note** *Resetting the link causes service disconnection.  
In order to maintain the link configuration, reset the remote Airmux-200 first.*

---

- **To reset Airmux-200:**
  1. From **Maintenance**, reset the remote Airmux-200.
  2. From **Maintenance**, reset the local Airmux-200.
- **To reset to Factory Defaults**
  1. Click **Configuration** in the Menu bar and select any one of the sites.  
The Configuration dialog box opens.
  2. Select **Operations** in the Configuration dialog box.
  3. Click the **Restore Defaults** button.  
A message box asking if you want to restore factory default appears.
  4. Click the check box if you want to keep the current IP settings.
  5. Click **Yes** to continue.

---

## 4.19 Displaying the Inventory

---

Use the inventory to display installed hardware and software, MAC addresses, and version levels.

- **To view the inventory data**
  1. Click **Configuration** from the main menu.
  2. Select which site to configure.  
The configuration dialog box opens.
  3. Select **Inventory** (*Figure 4-19*).

**Note** *This screen is for viewing purposes only.*

---

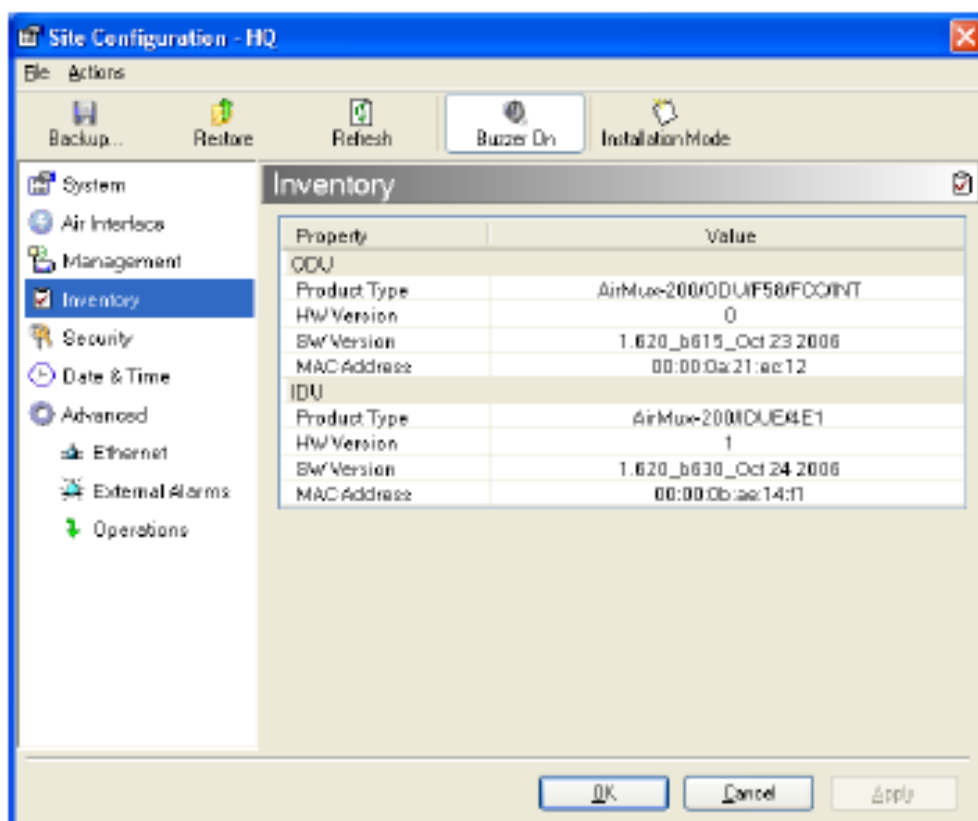


Figure 4-19. Inventory Screen

# Chapter 5

---

## Diagnostics and Troubleshooting

This chapter describes the Airmux-200 diagnostic functions, which include:

- Get link information
- Monitoring performance
- Error detection and alarms including link compatibility
- Diagnostic tests (local and remote loopbacks on E1 or T1 link)
- Troubleshooting
- Frequently asked questions.

---

---

### 5.1 Automatic Link Data Collection (Get Link Information)

The Get Link Information feature collects all the link and manager information that is used for diagnostics.

When contacting technical support, send this file to speed up assistance.

► **To get link information**

1. Click **Help** on the menu bar, select **Link Information**.

The Get Link Information dialog box appears. See *Figure 5-1*.

2. Select or deselect the data options. If the file is to be sent to Technical Support leave all options checked.
3. Click **File Path** to get to the directory to save the file in.
4. Click **Start** to save the information.

The file is saved as **Link Information.txt**

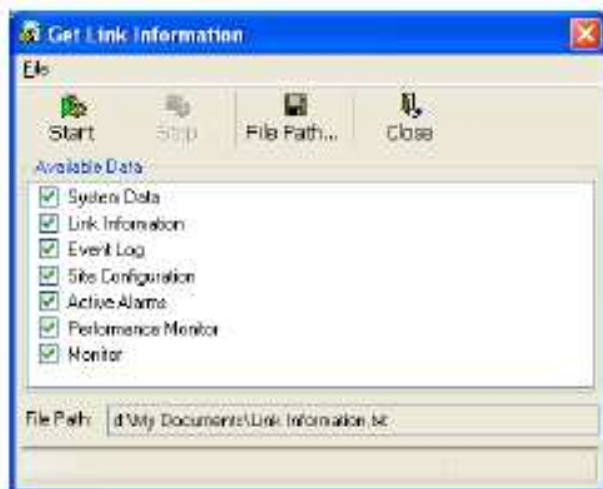


Figure 5-1. Get Link Information

## 5.2 Monitoring Performance

Airmux-200 constantly monitors traffic over the radio link and collects the following statistics data:

- Site 1/Site 2 received traffic rate (in Mbps)
- Site 1/Site 2 received frames rate (in Mbps)
- Radio signal strength (in dBm)
- Error (Blocks).

The statistics (monitor) log and event log can be saved as TXT files. New alarms are automatically added to the text file, as they enter the event log.

### Saving the Monitor Log

➤ To save the monitor log:

1. From the **Tools** menu, choose **Preferences**.

The Preferences dialog box appears (see *Figure 5-2*).

2. Click the **Monitor** Tab.
3. Select the file to save.
4. Click the check box to open the file for saving.
5. Click the  button and in the Select File dialog box indicate in which folder and under what name the alarm log file is to be saved.
6. Set the time interval for adding data to the file.

7. Click **OK** to save the file.

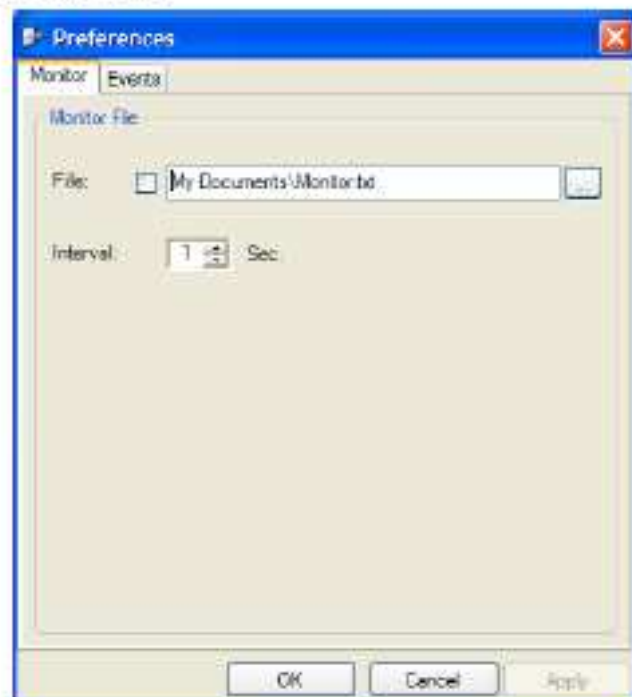


Figure 5-2. Preferences Dialog Box, Monitor Tab

## Setting Event Preferences

You can define in what color the traps are displayed in the monitor pane, according to severity of the event. The severity is predefined.

► **To set the trap color:**

1. From the **Tools** menu, choose **Preferences**.

The Preferences dialog box appears).

2. Click the **Events** Tab (see *Figure 5-3*).

3. Select the Event priority type and click on the  button.

A color chart opens.

4. Select the desired color.
5. Repeat for all the trap types.

► **To set the trap background color:**

- Click **Background Color** to change the text background.

► **To reset the trap colors:**


- Click **Reset Settings** to return to the default color settings.

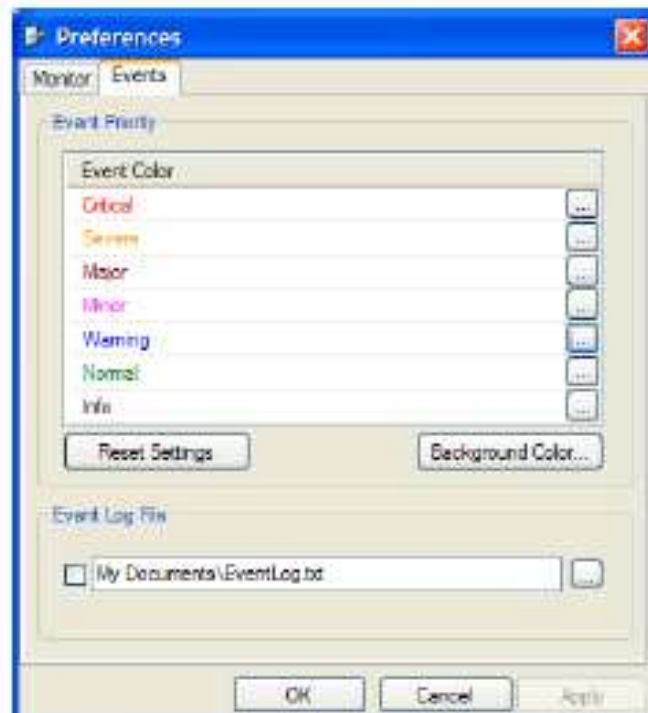
## Saving the Events Log

► To save the event log:

1. From the **Tools** menu, choose **Preferences**.

The Preferences dialog box appears (see *Figure 5-3*).

2. Click the **Events** Tab.
3. Select the file to save.
4. Click the check box to open the file for saving.
5. Click the  button and in the Select File dialog box indicate in which folder and under what name the alarm log file is to be saved, and click **OK**.



*Figure 5-3. Preferences Dialog Box, Event Log Tab*



---

## 5.3 Viewing Performance Reports

The Performance Monitor report displays performance views of each of the interfaces (see *Figure 5-4*). (Ethernet performance is not collected in PoE systems.) Several performance data are collected for each of the interfaces (ES, SES, and UAS), as well as specific data per interface type (e.g., TX and RX bytes for Ethernet). For the air interface, user defined thresholds data are collected. Refer to *Table 5-1* and *Table 5-2*.

Data is collected and selectively displayed based on three time intervals as selected by the **Interval** radio buttons:

- Current (t=0)
- 15 minutes intervals
- Daily

The most important parameter is the UAS. This parameter counts the time the air link was not providing any service. There are several potential reasons for this situation such as power failure at one of the sites, high interference, maintenance operation, etc.

The next important parameter is the Radio BBER Threshold. This parameter counts the seconds in which the radio performance is below a user specified threshold. The threshold is measured in percent. The threshold can be set from 0.1% up to 50%.

For links with E1/T1 service the recommended value is 1% (the system default). Excellent TDM service is expected below the 1% threshold, meaning an expected BBER value of 0 if there are no problems during the 15 min interval. When the BBER threshold increases some degradation might be noticed.

For links with Ethernet only service, an 8% threshold is recommended and not 1% (system default) meaning that for an 8% threshold, the BBER value of 0 is expected if there are no problems during the 15 min interval. Since Almux-200 provides loss-less Ethernet service, there is throughput degradation in case of interference. The degradation is proportional to the BBER.

Radio RSS Threshold can also be used to indicate problems in the radio channel after verifying the RSS according to the link budget calculator during the installation (see installation manual). A value of -5dB from the current RSS is recommended as a threshold.

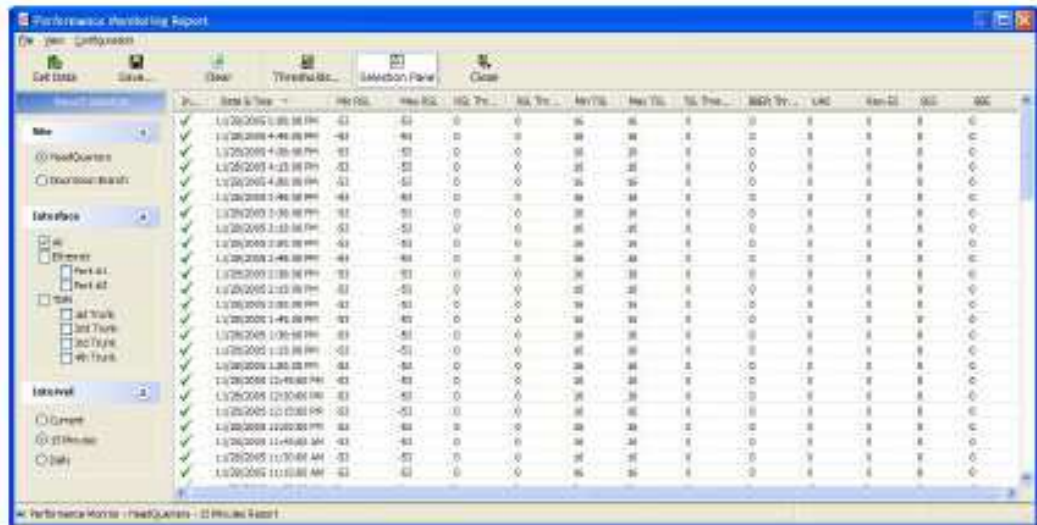


Figure 5-4. Performance Monitoring Report Window

Table 5-1. Explanation of Performance Data

Data Type	Reported Value	Explanation
Generic PM Data	UAS - Unavailable Seconds	Seconds in which the interface was out of service.
	ES - Error Second	The number of seconds in which there was at least an error block. Note that notation of an error block is different per interface.
	SES - Severe Error Second	The number of seconds in which the service quality is low (the actual BBER ratio varies per interface).
	BBER - Background Block Error	The number of error block in an interval.
	Integrity	A flag indicating that the data is valid. Note that the PM data is not valid if not all the values were stored. Possible reasons are: Clock changes within the interval and Power up reset
Air interface PM Data	Max RSL	The maximum of the receive signal level (measured in dBm).
	Min RSL	The minimum of the receive signal level (measured in dBm).
	Max TSL	The maximum of the transmit signal level (measured in dBm). The transmit power is fixed. The value can be changed only by user configuration.
	Min TSL	The minimum of the transmit signal level (measured in dBm).

Data Type	Reported Value	Explanation
	RSL Threshold 1	This parameter counts the number of seconds in which the RSL is below the specified threshold.
	RSL Threshold 2	This parameter counts the number of seconds in which the RSL is below the specified threshold.
	TSL Threshold 1	This parameter counts the number of seconds in which the RSL is above the specified threshold.
	BBER Threshold	The BBER Threshold value counts the number of seconds in which the Background Block Error Ratio (BBER) exceeds the specified threshold. Note, that the system is design for excellent quality of service with BBER of less then 1%. (at 1% BBER expected TDM BER is less than 1E-6.
Ethernet Interface PM Data	Received Bytes	The number of Mega bytes received in the specified port within the interval
	Transmitted Bytes	The number of Mega bytes received in the specified port within the interval.

*Table 5-2. Action of the Tool Bar Button Commands*

Button	Action
Get Data	Uploads the selected report from the ODU.
Save	Saves the data in a CSV or Text format for additional analysis.
Clear	Removes the current data from the window.
Selection pane	Selects the site, interface, and interval to be displayed.
Threshold	Opens the threshold configuration dialog box (Figure 5-5) to set the Air Interface thresholds. Note that threshold change is effected immediately, but it does not change any historical data.
Close	Closes the Performance Monitor Report window.



*Figure 5-5. Threshold Configuration Dialog Box*

---

## 5.4 Error Detection and Alarms

Airmux-200 detects compatibility problems, fault conditions of the radio or user links, and initiates alarms to alert the user.

**Note** *To store the Event Log, first define the IP address, subnet mask, default gateway and trap address of the management PC, see Chapter 4 for details.*

---

Alarms (traps) are displayed in the Event Log in the lower panel of the Main Menu screen. The event log may be saved as a TXT file.

The event log includes the following fields:

- Sequential number (ID)
- Date and time stamp
- Message
- Trap source
- IP address of the ODU that initiated alarm.

Table 5-3. Airmux-200 Alarms and Information Messages

Message	Description
Radio Link - Sync	Radio link is synchronized
Radio Link - Out Of Sync	Radio link lost synchronization
Link Has Been Reset	ODU was reset due to internal problem
TDM Interface - Normal	TDM interface is operating properly
TDM Interface - LOS	Loss of Synchronization is reported by TDM interface
TDM Interface - LOS	Loss of Signal is reported by TDM interface
TDM Interface - AIS	Alarm Indication Signal is reported by TDM interface
TDM Interface - Loopback	A loopback is active on TDM interface
Link Resetting	Wireless link reset from the management station. This alarm is caused by automatic reset after link configuration.
Local ODU Resetting	The local ODU reset from the management station.
Monitor was stopped since no connection to the link	No ODU-to-IDU traffic was detected during the last 20 minutes.
TDM Service - Normal	TDM service is operating properly
TDM Service - Alarm	Error has been detected on a TDM line
Configuration problem detected	The link needs to be reinstalled
Channel Scanning in progress	The ODU is scanning the channels for the remote ODU
Transmitting on < frequency > GHz	The ODU is transmitting on the frequency channel listed
Radar activity was detected in < site >, on channel < frequency > GHz	For DFS versions only. Radar is detected; the channel is prohibited for 30 minutes.
Monitoring for Radar activity on channel < frequency > GHz	For DFS versions only. ODU is looking for radar activity.
Bit Failed indication	Indicates ODU hardware problem. Send error code to technical support.
Link Status	Indicates incorrect connection or incompatibility between versions. Available in 1.620 versions and above.
Site Status	Indicates incorrect connection or operation at the site. Available in 1.620 versions and above.

► To view summary of saved alarms

- From the Tools menu, choose **Active Alarm Summary**.

The Active Alarms Summary window opens. See Table 5-4 for an explanation of the command buttons.



The following Link Status messages are given:

<b>fullCompatibility</b>	Different software versions are fully compatible. Message indicates that upgrade is available.
<b>restrictedCompatibility</b>	Different software versions that operate correctly however, new features are not supported.
<b>softwareUpgradeRequired</b>	Different software versions with limited operation. The link will operate as Ethernet only; a full service will not be available. The message is software upgrade required.
<b>versionsIncompatibility</b>	Different software versions that are not compatible. The user needs to perform local upgrades.

Table 5-5. Link Compatibility Trap Messages

Link State	Link State Text	Link Status Color	Site Description	Site Desc. Color	Link Status Color
fullCompatibility	Active	Green	Sw upgrade available	Yellow	Green
restrictedCompatibility	Active - sw version mismatch	Magenta (Same as authentication error)	Sw upgrade recommended	Yellow	Magenta (Same as authentication error)
softwareUpgradeRequired	Active - sw upgrade required	Brown (major)	Sw upgrade required	Yellow	Brown (major)
versionsIncompatibility	Not active - sw upgrade required	Red	Local sw upgrade required	Yellow	Red

## 5.6 Testing Airmux-200

Airmux-200 supports activation of the internal and external loopbacks on the local and remote units.

► **To activate a loopback:**

1. From the Maintenance menu, choose **Set Loopbacks**.  
The Loopbacks dialog box appears (see *Figure 5-7*).
2. From the Local or Remote drop-down box, select a loopback that you intend to run, and click **OK**.  
A confirmation message appears.
3. Click **OK** to activate a loopback.

Airmux-200 activates selected loopback. A loopback status arrow in the Main menu turns green to indicate an active loopback.

➤ **To deactivate a loopback:**

- From the From the Local or Remote drop-down box of the Loopbacks dialog box, select **None** and click **OK**.

A loopback is deactivated and the corresponding status arrow in the Main menu becomes dimmed.

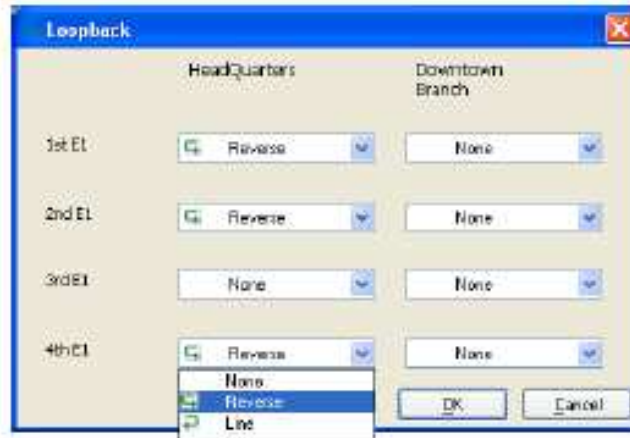


Figure 5-7. Loopbacks Dialog Box

### Local External Loopback

Local Airmux-200 can be set to an external loopback to test the local E1/T1 port and its connection to the local side user equipment. In this mode, data coming from the local user equipment is looped back to it (see Figure 5-8). This loopback is initiated from a management station connected to the local unit.

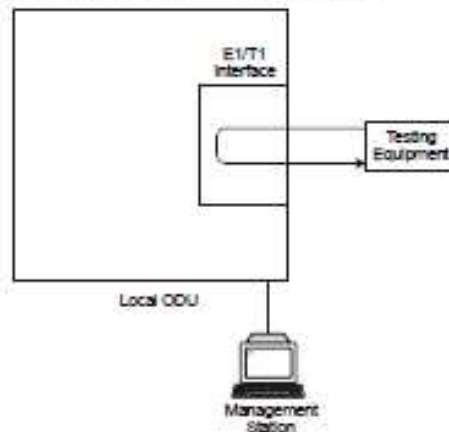
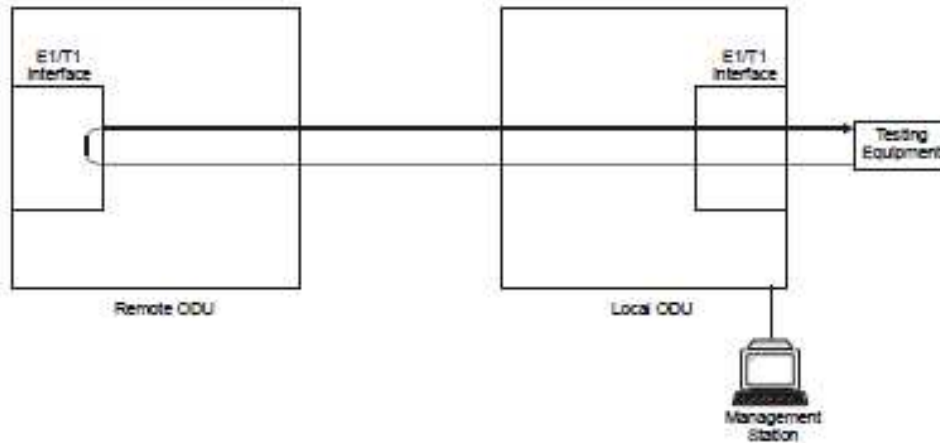


Figure 5-8. Local External Loopback



## Remote Internal Loopback

Remote Airmux-200 can be set to an internal loopback to test connection between the local and remote units, the local E1/T1 port and its connection to the local side user equipment. In this mode, data coming from the local Airmux-200 is looped back to it (see *Figure 5-9*). This loopback is initiated from a management station connected to the local unit.



*Figure 5-9. Remote Internal Loopback*

## Remote External Loopback

Remote Airmux-200 can be set to an external loopback to test the remote E1/T1 port and its connection to the remote side user equipment. In this mode, data coming from the remote user equipment is looped back to it (see *Figure 5-10*). This loopback is initiated by an inband command sent from a management station connected to the local unit.

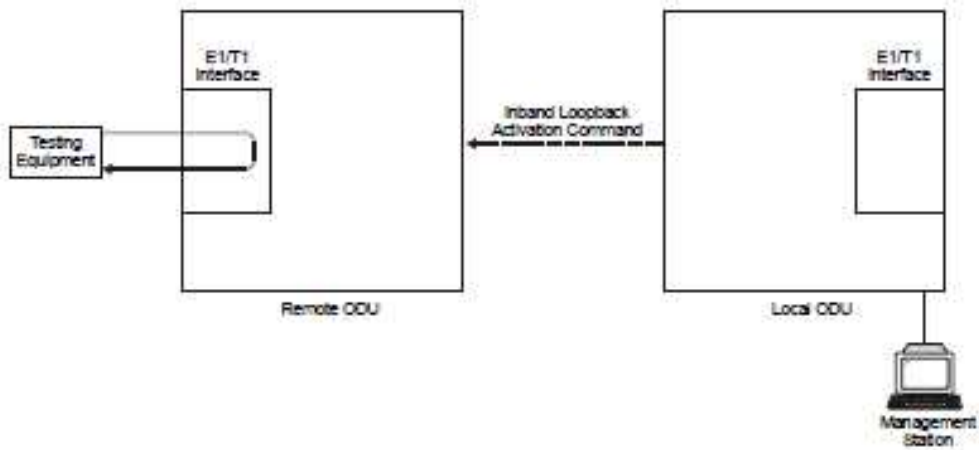


Figure 5-10. Remote External Loopback

### Local Internal Loopback

Local Airmux-200 can be set to close an internal loopback to test connection between the local and remote units, remote E1/T1 port and its connection to the remote side user equipment. In this mode, data coming from the remote user equipment is looped back to it (see Figure 5-11). This loopback is initiated by an inband command sent from a management station connected to the local unit.

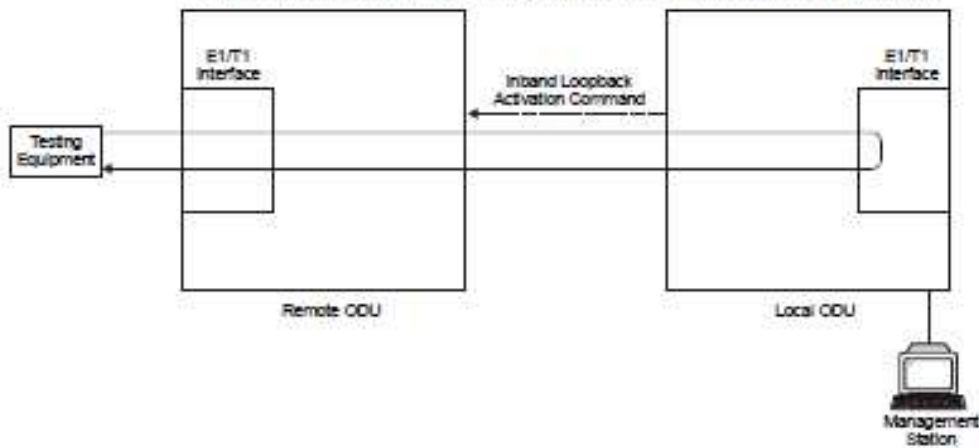


Figure 5-11. Local Internal Loopback

---

## 5.7 Troubleshooting

Use *Table 5-7* and *Table 5-7* to diagnose any faults in the system.

*Table 5-6. Troubleshooting*

Symptom	Remedy
No power	Verify that AC power is connected to the IDU. Verify that the ODU cable is properly wired and connected.
No signal	Complete the installation procedure from the management software. Verify the ODU alignment. Check that the radio configuration of both site A and site B units are the same (channel and SSID).
Weak signal	Verify the ODU alignment, reconfigure the link. Verify the beeper sounds the Best Signal sequence.

The Airmux-200 LEDs show faults in the system or the link.

*Table 5-7. Troubleshooting with Airmux-200 LEDs*

LED	Status	Remedy
PWR	Off	Check that AC adapter is connected to the IDU and the AC power outlet.
IDU	Orange	Check that the IDU/ODU cable is properly wired and connected.
ODU	Red	Check that the IDU/ODU cable is properly wired and connected.
AIR I/F	Orange	Complete the installation procedure from the management software.
	Red	Check the ODU Antenna alignment. Check that the radio configuration of both site A and site B units are the same (channel and SSID).
SERVICE	Off	Check the TDM service configuration in the NMS.
	Orange	Check that the system is not in loopback mode. Check the site B IDU ports and cables and site B external equipment.
	Red	Check the site A IDU ports, cables and external equipment.

---

## 5.8 Frequently Asked Questions

**Q: What performance issues will arise due to environmental conditions?**

**A:** Airmux-200 is not sensitive to environmental conditions. However if heavy rain or snowfall is expected ensure the performance by allowing a higher fade margin in the link budget planning calculations.

**Q: When using the Airmux-200, what is the potential for interference between our system and other cellular or wireless Networks devices?**

**A:** Airmux-200 is a robust system. However, since it operates in an unlicensed band there maybe some interference. Nevertheless, the fact that we can manually set the frequency gives us the flexibility to find a clear channel. In addition, each Airmux-200 link uses unique user configurable SSID code.

**Q: What protocol does the Airmux-200 use, i.e. 802.11?**

**A:** Airmux-200 uses a proprietary protocol; this protocol contains improved options that more efficiently support clock reconstruction from the TDM services.

**Q: What type of security is offered on Airmux-200?**

**A:** Airmux-200 has three levels of security:

1. vAES hardware mechanism
2. Each unit uses a unique SSID link-specific code (up to 24 alphanumeric characters)
3. Proprietary protocol protects from eavesdropping from other systems.

**Q: Can we use horizontal and vertical polarization on the same frequency to double the number of wireless links?**

**A:** Installing two Airmux-200 systems in the same band with cross polarization provides 20–25 dB separations. Nevertheless, since there are reflections, the cross polarization separation is decreased and spatial separation is recommended.

**Q: Could you add the frequency of 5.735 to the manual selection in order to increase the number of 20 MHz channels to six?**

**A:** Currently the system provides fixed channels, with one manual frequency setting. The manual setting provides flexibility of spectrum selection, including 5.735 MHz.

**Q: Can we manage Airmux-200 using SNMPc other than the supplied management software that comes with the units?**

**A:** Yes, Airmux-200 is SNMP-based and can be managed with other SNMP software after implementing RADWIN MIBs.

**Q: Can Airmux-200 be managed and configured via Telnet?**

**A:** No. Use only the Airmux-200 software manager.

---

**Q: Can I use Airmux-200 with any vendor's external antenna?**

**A:** Yes, RADWIN supplies the Airmux-200 external ODU with an N-type typical connector. Any vendor's external antenna that can be cascaded to our external unit can be used without problem. Please note that dB losses in the cascading cable between the external ODU and antenna should be taken into consideration. (In the supplied cascading cable of one meter we have 1 dB loss)

**Q: Do we need to add external arrestors on Airmux-200 cables?**

**A:** The Airmux-200 ODU includes arrestors and lightning protection. Therefore there is no need to add additional arrestors.

**Q: What is the actual Ethernet data rate and maximum throughput?**

**A:** The maximum net throughput of Airmux-200 is a symmetrical full-duplex 18 Mbps. See the following table:

Rate [Mbps]	Sensitivity [dB]
12	-84
18	-81
36	-74
48	-68

**Q: Does Airmux-200 withhold any MAC Addresses?**

**A:** Airmux-200 is a layer-2 Bridge (VLAN transparent). The built-in switch contains a MAC Address table with up to 2047 entries.

**Q: Can I use any category-5e cable in order to connect the IDU and ODU?**

**A:** You can connect the IDU and ODU with any shielded Category-5e cable suitable for outdoor use.

**Q: What are the BER values expected in the Airmux-200 link?**

**A:** 10<sup>-11</sup> (according to BER sensitivity threshold)

**Q: Does Airmux-200 use DSSS technique?**

**A:** No, Airmux-200 uses the advanced OFDM technique.

**Q: What are the main advantages of the Airmux-200 solution (e.g., wireline, wireless, etc.) over other possible alternatives?**

**A:**

- Easy and intuitive installation using audio indication.
- Easy configuration using the management software of overall link site-to-site, there is no need to travel between the two sites in order to change the configuration.
- Easy migration between transition channels site-to-site.

- Full backup option - backup and restore using ini files.
- Very light ODU (1.5 kg).
- No RF losses between IDU and ODU.
- Robust Air Interface Layer-2 ARQ insures error-free Ethernet service even in harsh conditions. Retransmit mechanism for TDM esures low BER.
- Integrated up to 4 E1/T1 and Ethernet radio over one single product.
- Supports a variety of applications voice and data over single radio - no need for external mediation device.
- Smooth migration to VoIP applications.
- Carrier class compliant with ITU standards for E1 and T1.
- Low and constant TDM latency (8 msec).
- Extremely accurate recovered clock low cost replacement to PDH radios.

---

## 5.9 Technical Support

Technical support for this product can be obtained from the local distributor from whom it was purchased.

For further information, please contact the RAD distributor nearest you or one of RAD's offices worldwide. This information can be found at [www.rad.com](http://www.rad.com) (offices - About RAD > Worldwide Offices; distributors - Where to Buy > End Users).

# Appendix B

## Mast and Wall Installation

### B.1 Mounting the ODU

The ODU can be mounted on a mast or a wall.

#### ODU Mounting Kit Contents

The ODU mounting kit includes the following items:

- 1 large clamp (see figure B-1)
- 1 small clamp (see figure B-2)
- 1 arm (see figure B-3)
- 4 hex head screws – M8x40
- 2 hex head screws – M8x70
- 4 flat washers – M8
- 3 spring washers – M8
- 2 nuts – M8.



*Figure B-1. Large  
Clamp*

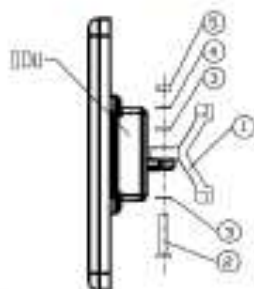


*Figure B-2. Small  
Clamp*



*Figure B-3. Arm*

## Mounting Airmux-200 on a Mast



ITEM	DESCRIPTION	QTY
1	Clamp	1
2	Screw hex head M8x40	1
3	Washer flat M8	4
4	Washer spring M8	3
5	Nut M8	1
6	Clamp	1
7	Screw hex head M8x40 (for 1 3/4" dia mast)	2
8	Screw hex head M8x70 (for greater size of mast)	2



1



2



3



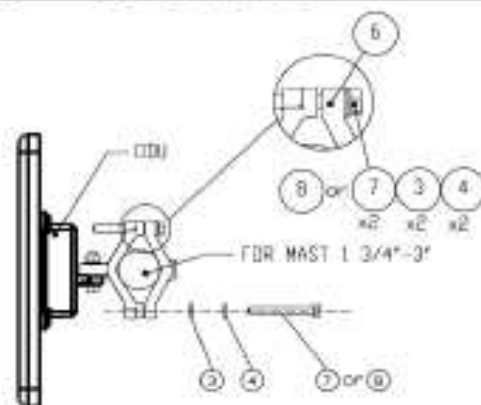
4



5

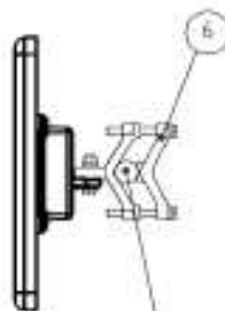
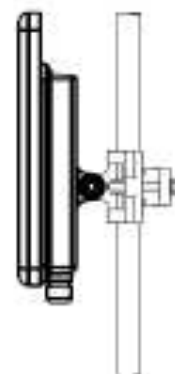
### STEP 1

Attach item 1 to the base  
(note beveled surfaces)  
using items 2, 3, 4, 5 as shown.  
Use tightening torque of 24 N/m.



### STEP 2

Tighten the antenna to the mast, using item 6,  
screws, and washers items 7, 3, 4 as shown.  
Use tightening torque of 14 N/m.



6



3



4



7

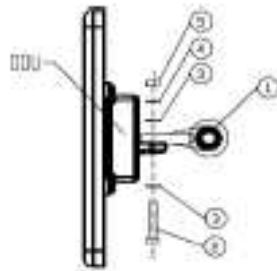


8

FOR MAST 1" - 1 3/4"



## Mounting Airmux-200 on a Wall

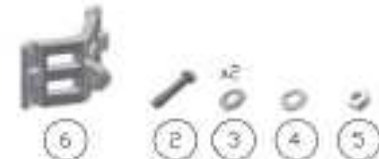
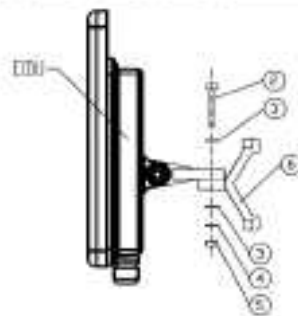


Installation Kit		
ITEM	DESCRIPTION	QTY
1	Arm	1
2	Screw hex head M3x30	2
3	Washer flat M3	4
4	Washer spring M3	2
5	Nut M3	2
6	Base wall	1



### STEP 1

Attach item 1 to the base  
(note knurled surfaces)  
using items 2, 3, 4, 5 as shown.  
Use tightening torque of 24 N/m.

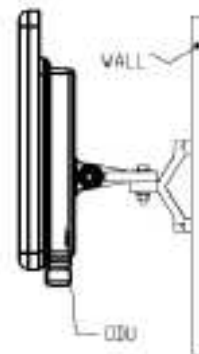


### STEP 2

Attach item 6 to the arm  
(note knurled surfaces)  
using items 2, 3, 4, 5 as shown.  
Use tightening torque of 24 N/m.

### STEP 3

Install ant. to wall  
(hardware supplied by customer)



---

## B.2 Mounting an External Antenna

The optional external antenna can be mounted on a mast.

The external antenna mounting kit includes the following items:

- 12 flat washers
- 8 spring washers
- 8 hex nuts
- 4 bolts
- 1 U-bracket
- 1 pivoting bracket
- 2 metal strap clamps.

➤ **To install the external antenna on the mast:**

1. Attach the U-bracket to the back of the antenna using four flat washers, four spring washers, and four hex nuts.
2. Attach the pivoting bracket to the U-bracket using eight flat washers, four spring washers, four hex nuts, and four bolts.
3. Pass both strap clamps through the vertical slots in the pivoting bracket.
4. Attach the antenna to the mast using the two strap clamps.
5. Adjust the required tilt using the angular scale and tighten all bolts and nuts at the required position.

# Appendix C

---

## Link Budget Calculator

---

---

### C.1 Overview

The Link Budget Calculator is a utility for calculating the expected performance of the Airmux-200 wireless link and the possible configurations for a specific link range.

The utility allows you to calculate the expected RSS of the link, and find the type of services and their effective throughput as a function of the link range and deployment conditions.

The Link Budget Calculator is supplied on the Airmux-200 Manager CD. After installation, it may also be accessed from the menu bar of the WinLink Manager (see *Figure C-1*).

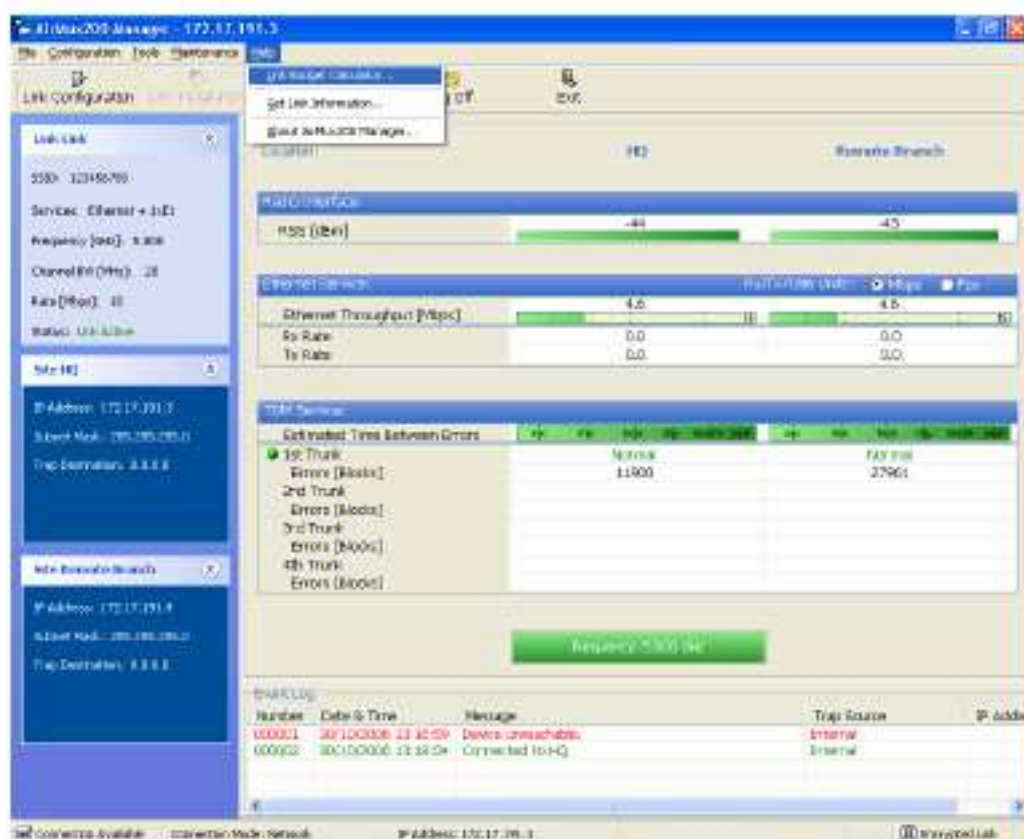


Figure C-1. Accessing the Link Budget Manager Calculator

## C.2 Using the Link Budget Calculator

The Link Budget Calculator comprises of one table where all the link parameters are defined.

## AirMux-200 - Link Budget

Product	AirMux-200/DBU/F58/FCC/DNT	
Channel / Frequency / Duplex	20 MHz	5.8 GHz / TDD
Rate	10Mbps	
Tx Power	18	dBm [ 4 - 18 ]
Tx Antenna Gain	0	dB
Rx Antenna Gain	0	dB
Cable Loss	0	dB
Fade Margin	5	dB
Tx Power EIRP	38 dBm / 6.3 Watt	
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles	
Max Range	48 Km / 29.6 Miles	
Expected Performance		
Distance/Climate	0.1 Km	Good (C=0.25) help
Expected RSS	-81 dBm	
Services	Ethernet Only	
Ethernet Rate (Full Duplex)	1.7 Mbps @ Ethernet Only	
Recommended antenna height	24 Meter / 79 Feet	
<input type="button" value="Calculate"/>		

*Figure C-2. Link Budget Screen*

➤ **To calculate the link budget**

1. Select your WinLink system product from the dropdown list of products.
2. Select the rate from the dropdown list. The rate defines the air-interface rate in Mbps. The system operates in TDD mode and has overhead of the air-interface protocol and therefore the accurate actual throughput is provided in the 'Service' Row and the effective Ethernet throughput is provided in the 'Ethernet Rate'.

---

**Note** *Throughput can be decreased as a function of range due to propagation delay.*

The remaining fields are completed automatically depending on the product selected in the product field. Standard Airmux-200 system parameters are entered as default. Fields in blue boxes may be edited if non-standard antennas and cables are used.

The fade margin is the minimum margin that is required for LOS conditions. For degraded link conditions, a larger fade margin should be taken into account.

The Tx power EIRP for the system is given in dBm and Watts.

3. Type the required link distance and select units of distance, kilometers or miles.

4. Select the general conditions.
5. Select the services required.
6. Click **Calculate**.

The Expected Performance parameters are calculated and displayed in the lower part of the table.

Expected RSS – this is the number that the Airmux-200 Manager software shows when the Airmux-200 ODUs are best aligned.

Ethernet Rate – Maximum throughput available with the chosen system.

7. If the expected performance is not suitable for your application, select a different data rate and re-calculate.

# Appendix D

---

## AIND Antenna Alignment Procedure

---

### D.1 Introduction

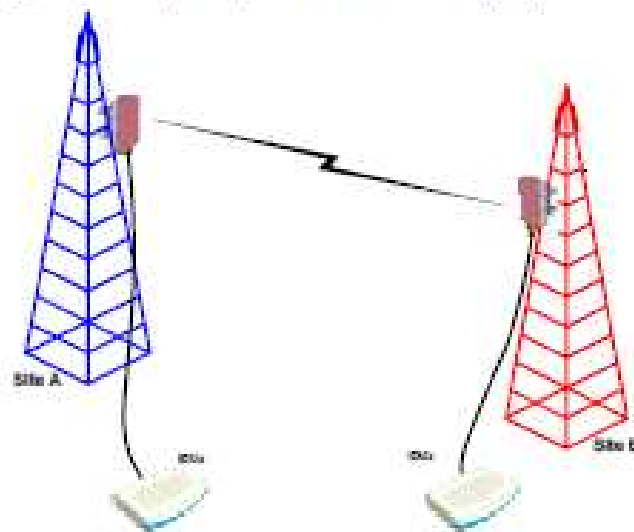
Use this procedure when using the All-Indoor Airmux-200-AIND system or manually aligning two Airmux-200 units.

To achieve the best benefit and link budget from the Airmux-200 installation, the link antennas must be aligned so that the two antennas exactly face each other.

For best performance, the line of sight between the two antennas must be as clear as possible from obstructions.

Before aligning Airmux-200, install the hardware and software in accordance with the *Airmux-200 Installation and Operation Manual*. *Figure D-1* shows the link setup. At least two people are needed to perform the alignment procedures.

Once the alignment is complete, you can evaluate the quality of the link.



*Figure D-1. Airmux-200 Link Setup*

Based on the link budget parameters of the Airmux-200 sites, you need to calculate the expected signal level that will arrive at the receiving site.

Use the Link Budget Calculator utility (supplied on the Airmux-200 Manager Software CD-ROM) to calculate the expected performance of the wireless link.

The utility allows you to determine the RSS of the link, and find the number of E1/T1 services available at various data rates, with the minimum and maximum distance.

---

## D.2 Aligning the Airmux-200-AIND Units

Locate the supervisor of the antenna alignment at the receive site with the spectrum analyzer (SA).

► **To set up the antenna alignment equipment:**

1. Coarsely align the two antennas. Use the compass readings taken during the Site Survey to point the antennas in the correct direction.
2. Connect the equipment as shown in *Figure D-1* but connect a spectrum analyzer in place of the remote Airmux-200-AIND.
3. Turn on the CW transmit signal from site A (from the Airmux-200 NMS).
4. At site B, tune the SA to the frequency transmitted.
5. Increase the SA sensitivity according to the expected receive signal.

---

**Note**

*Move only one antenna at a time and move them very slowly.*

---

► **To align the antennas:**

1. Lock the site B elevation axis. Slowly move the site B antenna azimuth axis until you receive the best signal on the SA. Lock the azimuth axis.
2. Lock the site A elevation axis. Slowly move the site A antenna azimuth axis until you receive the best signal on the SA. Lock the azimuth axis.
3. Keeping the site B azimuth axis locked, slowly move the site B antenna elevation axis until you receive the best signal on the SA. Lock the elevation axis.
4. Keeping the site A azimuth axis locked, slowly move the site A antenna elevation axis until you receive the best signal on the SA. Lock the elevation axis.
5. Repeat steps 1 to 4 until the reading on the SA is equal or as close as possible to the calculated receive signal (for Rx Power Level see *Expected Signal Level*).

When the SA reads the expected receive signal, the antennas are aligned and there is an indication of a good link between the sites.

6. Fully tighten the azimuth and elevation axes on the antenna.
7. Stop the CW function. The NMS will restart the system.
8. Connect Airmux-200-AIND unit to external antenna. See the *Airmux-200 Installation and Operation Manual* for details. The operational link is shown in *Figure 2-1*.
9. Configure the Airmux-200 NMS at both sites to operate at the pure channel frequency found in the RF survey. Airmux-200 is now ready for operation.



---

## D.3 Configuring the Link

Run the Installation Wizard of the Airmux-200 Manager Software to configure the link in accordance with the parameters calculated in the Link Budget Calculator.

Airmux-200 has a unique identification number, the SSID. Each side of the link looks for its partner with the same SSID. Therefore configure both sides of the link with the same SSID.

The Airmux-200 link is now ready for operation.

---

## D.4 Evaluating the Link

With the link operating at a pure channel as determined by the RF survey procedure, the recommended performance threshold of an Airmux-200 link is the following:

RSS: -84 dBm minimum

There are cases when there is no line of sight, but still the link is of an acceptable quality.

If the link is not within the acceptable limit, see *Troubleshooting*.

---

## D.5 Troubleshooting

If the link is not within the acceptable limit as defined in *Evaluating the Link*, perform the following:

- Verify that both antennas have the same polarization (horizontal/vertical).
- Check all the Airmux-200-AIND cable connectors for faulty connections.
- Verify that there are no obstacles in the Fresnel zone of the antenna path such as large buildings, trees, etc.
- Use a spectrum analyzer with suitable sensitivity to measure the signal at the distance between the sites.

If the receive power level has not improved, check the overall link as follows:

- Reduce the distance of the link—move the equipment from one site closer to the other site—where it is possible to actually see the antennas with the naked eye.
- If you now get the expected receive signal level, you can assume that the equipment is operational, and the problem arises from interference between the sites.