

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

## **IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES PARA LAS REDES DE DATOS DE LAS EMPRESAS PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL PAÍS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**LUIS EDUARDO GUANOLUISA QUINGA**

**luchitog\_22@hotmail.com**

**DIRECTORA: ING. MONICA VINUEZA RHOR**

**monivinueza@yahoo.com.ar**

**Quito, enero, 2012**

## DECLARACIÓN

Yo, Luis Eduardo Guanoluisa Quinga, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

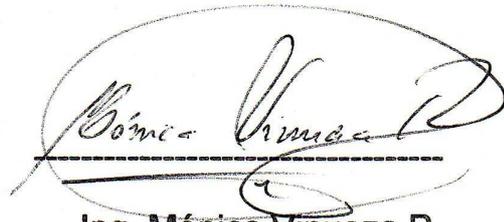
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Luis Guanoluisa Q.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo fue desarrollado por Luis Eduardo Guanoluisa Quinga, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Mónica Vinuesa R.'. Below the signature is a horizontal dashed line.

Ing. Mónica Vinuesa R.

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la salud y vida, a mis padres quienes con su esfuerzo, dedicación y consejos supieron guiarme para llegar a culminar un objetivo propuesto en mi vida.

Luis

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres, así como también a mis hermanos y cuñados, quienes con su ejemplo de superación, estima, honradez, me han guiado en mi vida personal y estudiantil. Así como también a Verónica A. quien me ha alentado en momentos de dureza y decepciones que a veces se cruzan en la vida.

A los Ing. Freddy Leon y Boris Garaicoa de la empresa TOTALTEK y al Ing. Henry Andosilla de la empresa NEW ACCESS, quienes me extendieron las facilidades para desarrollar este proyecto.

A mis profesores que cada día en las aulas impartieron sus conocimientos, en especial a la Ing. Mónica Vinueza por el apoyo brindado a lo largo de la realización de este proyecto de tesis.

Luis

## ÍNDICE

<b>Tema</b>	<b>Pag.</b>
1. QUÉ ES UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES <sup>[1]</sup> .....	9
1.1 CARACTERÍSTICAS <sup>[2]</sup> .....	9
1.1.1 Dispositivos que se utiliza <sup>[3]</sup> .....	9
1.1.2 Medios de transmisión <sup>[7]</sup> .....	10
1.1.3 Medios de transmisión guiados <sup>[9]</sup> .....	11
1.1.4 Medios de transmisión No Guiados <sup>[29]</sup> .....	27
1.1.5 SISTEMAS INÁLAMBRICOS .....	28
1.2 CANAL DE COMUNICACIÓN <sup>[30]</sup> .....	34
1.3 RADIO BASE <sup>[31]</sup> .....	35
1.4 ANTENAS <sup>[32]</sup> .....	36
1.4.1 Tipos de antenas <sup>[33]</sup> .....	36
1.4.2 Agrupación de antenas <sup>[33]</sup> .....	37
1.4.3 Parámetros de antenas de transmisión <sup>[33]</sup> .....	37
1.4.4 Características de apuntamiento <sup>[36]</sup> .....	53
1.5 MICROONDAS .....	55
1.5.1 Microondas terrestres <sup>[37]</sup> .....	55
1.5.2 Funcionamiento <sup>[39]</sup> .....	57
1.5.3 Antenas y torres de microondas <sup>[39]</sup> .....	58
1.5.4 Lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microonda <sup>[40]</sup> .....	59
1.5.5 Modulación de microondas <sup>[41]</sup> .....	60
1.5.6 Equipos que constituyen un enlace de microondas <sup>[41]</sup> .....	61
1.5.7 Transmisión de microondas <sup>[42]</sup> .....	62
1.5.8 Confiabilidad de sistemas de radiotransmisión por microondas <sup>[39]</sup> .....	63
1.6 ACCESOS DE ÚLTIMA MILLA <sup>[43]</sup> .....	64
1.6.1 Características <sup>[44]</sup> .....	64
1.6.2 Tipos de accesos de última milla <sup>[43]</sup> .....	65

1.6.3 Tecnologías guiadas <sup>[43]</sup> .....	66
1.6.4 Comparación de las tecnologías de acceso <sup>[43]</sup> .....	67
1.7 INTERFACES <sup>[45]</sup> .....	68
1.7.1 Frame Relay <sup>[45]</sup> .....	68
1.7.2 Standard V35/ V11 <sup>[46]</sup> .....	69
1.7.3 E1 <sup>[47]</sup> .....	70
1.7.4 Tarjetas Ethernet <sup>[48]</sup> .....	70
1.8 DIRECCIONES IP <sup>[49]</sup> .....	73
1.8.1 Las redes de clase A .....	74
1.8.2 Las redes de clase B .....	74
1.8.3 Las redes de clase C .....	74
1.8.4 Las redes de clase D .....	74
1.8.5 Las redes de clase E .....	74
1.9 MÁSCARAS DE RED .....	75
1.10 PING <sup>[52]</sup> .....	77
1.12 SITE SURVEY .....	77
CAPÍTULO 2.....	79
2.1 VERIFICACIÓN DE LOS CANALES DE TELECOMUNICACIONES.....	79
2.2 ANTENA TIPO CERAGON <sup>[50]</sup> .....	79
2.2.1 Instalación de las antenas en la radio base Guajalo y el cliente ANETA.....	80
2.2.2 Pasos para configurar un enlace ceragon .....	87
2.3 ANTENA TIPO COMBA <sup>[51]</sup> .....	98
2.3.1 Ensamblaje de las antenas Comba .....	99
2.3.2 Instalación de las antenas en la radio base llumbisi y el cliente USFQ.....	103
2.3.2 Pasos para configurar un enlace comba .....	108
2.4 ANTENAS SATELITALES VSAT .....	117
2.4.1 Instalación del mástil .....	117
2.4.2 Ensamblaje de la antena .....	118
2.4.3 Línea de vista.....	119
2.4.4 Configuración del modem.....	119
2.4.5 Alineamiento de la antena .....	122
CAPÍTULO 3.....	124

3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN.....	124
3.1 Desde el cliente hasta la ODU de la antena, mediante direcciones IP.....	124
3.2 Desde el cliente hasta la ODU de la antena en Radio Base. ....	125
3.3 Desde la PC del cliente hasta la red de la empresa proveedora del servicio.....	126
CAPÍTULO 4.....	129
4.1 CONCLUSIONES.....	129
4.2 RECOMENDACIONES.....	130
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	132
4.4 ANEXOS.....	135
4.4.1 Site survey Aneta Villaflora.....	135
4.4.2 Introducción al programa Pathlos.....	135

# CAPÍTULO 1

## 1. QUÉ ES UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES <sup>[1]</sup>

Telecomunicaciones, es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos

### 1.1 CARACTERÍSTICAS <sup>[2]</sup>

- Buena fidelidad.
- Potencia de la señal.
- Transmitir una gran cantidad de información.
- Ocupar un ancho de banda pequeño.
- Bajo costo (complejidad).
- Las operaciones digitales complejas se han hecho mucho mas baratas.

#### 1.1.1 Dispositivos que se utiliza <sup>[3]</sup>

Con el diagrama de bloques mostrado en la fig 1.1 se pueden describir los sistemas de comunicación. No importa cual sea la aplicación particular, todos los sistemas de comunicación implican tres subsistemas principales: el Transmisor, el canal y el receptor

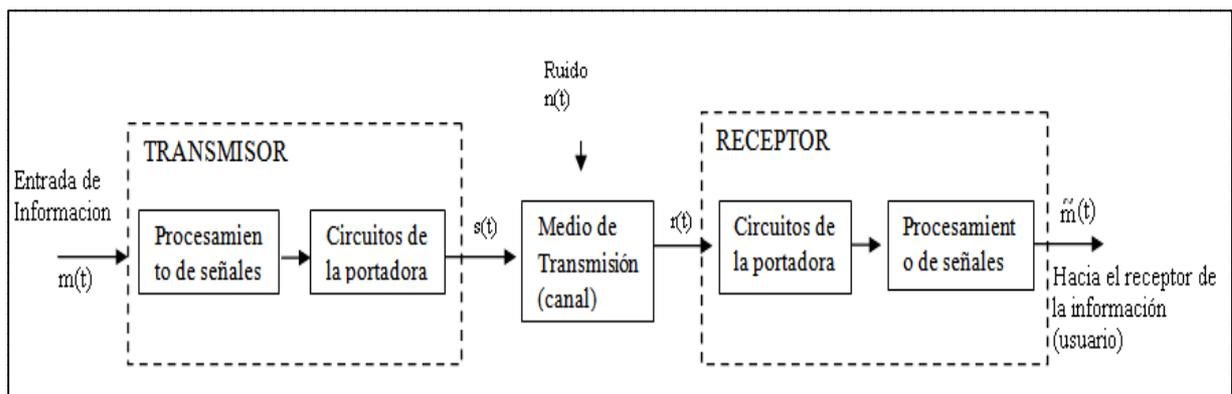


Fig 1.1 Sistemas de comunicación <sup>[3]</sup>

#### *1.1.1.1 Transmisor* <sup>[4]</sup>

El transmisor pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante de estas operaciones es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

#### *1.1.1.2 Canal de transmisión* <sup>[5]</sup>

El canal de transmisión o medio es el enlace entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una onda de radio o un rayo laser. Todos caracterizados por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia. La magnitud de la atenuación puede ser pequeña o muy grande, depende de la distancia.

#### *1.1.1.3 Receptor* <sup>[6]</sup>

La función del receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente débiles, resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación.

### **1.1.2 Medios de transmisión** <sup>[7]</sup>

La comunicación es la transferencia de información de un lugar a otro, mientras que la información es un patrón físico al cual se le ha asignado un significado comúnmente acordado. El patrón debe ser único, separado y distinto, capaz de ser enviado por un transmisor y de ser detectado y entendido por un receptor. Así, la información es transmitida a través de señales eléctricas u ópticas utilizando un canal de comunicación o medio de transmisión.

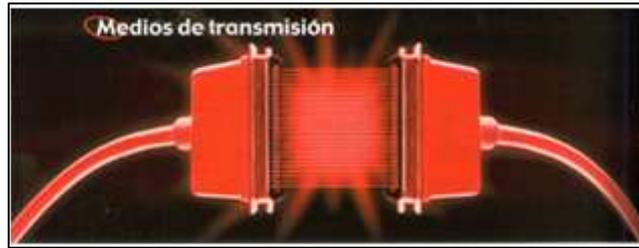


Fig 1.2 Medios de transmisión <sup>[8]</sup>

El medio de transmisión es el enlace (eléctrico u óptico) entre el transmisor y el receptor, y sirve de puente de unión entre la fuente y el destino.

Este medio de comunicación puede ser un par de alambres, un cable coaxial o hasta el aire mismo. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, el ruido, la interferencia, el desvanecimiento y otros elementos que impiden que la señal se propague libremente por el medio; son factores que hay que contrarrestar al momento de transmitir cualquier información al canal.

### **1.1.3 Medios de transmisión guiados <sup>[9]</sup>**

Los medios de transmisión guiados están constituidos por un cable que se encarga de la conducción (o guiado) de las señales desde un extremo al otro.

Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

#### *1.1.3.1 Cable de par trenzado <sup>[10]</sup>*

El cable de par trenzado es una forma de conexión en la que dos conductores son entrelazados para cancelar las interferencias electromagnéticas (IEM) de fuentes externas y la diafonía de los cables adyacentes.

El entrelazado de los cables disminuye la interferencia debido a que el área de bucle entre los cables, la cual determina el acoplamiento magnético en la señal, es reducida. En la operación de balanceado de pares, los dos cables suelen llevar señales iguales y opuestas (modo diferencial), las cuales son combinadas mediante sustracción en el destino. El ruido de los dos cables se cancela mutuamente en esta sustracción debido a que ambos cables están expuestos a IEM similares.

La tasa de trenzado, usualmente definida en vueltas por metro, forma parte de las especificaciones de un tipo concreto de cable. Cuanto mayor es el número de vueltas, mayor es la atenuación de la diafonía.

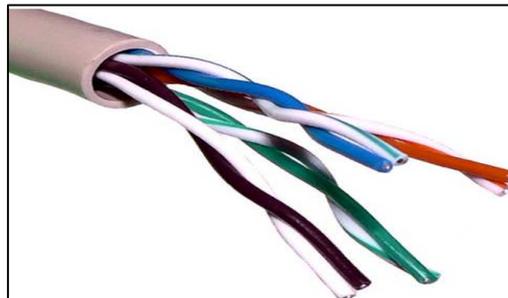


Fig 1.3 Cable de par trenzado <sup>[11]</sup>

➤ *Estructura del cable* <sup>[10]</sup>

Este tipo de cable, está formado por el conductor interno el cual está aislado por una capa de polietileno coloreado. Debajo de este aislante existe otra capa de aislante de polietileno la cual evita la corrosión del cable debido a que tiene una sustancia antioxidante.

Normalmente este cable se utiliza por pares o grupos de pares, no por unidades, conocido como cable multipar. Para mejorar la resistencia del grupo se trenzan los cables del multipar.

Los colores del aislante están estandarizados, en el caso del multipar de cuatro pares (ocho cables), se tiene la siguiente distribución.

1. Azul/ Blanco-Azul
2. Naranja/ Blanco-Naranja
3. Verde/ Blanco-Verde
4. Marrón/Blanco-Marrón.

Cuando ya están fabricados los cables unitariamente y aislados, se trenzan según el color que tenga cada uno. Los pares que se van formando se unen y forman subgrupos, estos se unen en grupos, los grupos dan lugar a súper unidades, y la unión de súper unidades forma el cable.

➤ *Tipos de conexionado* <sup>[10]</sup>

Los cables UTP forman los segmentos de Ethernet y pueden ser cables rectos o cables cruzados dependiendo de su utilización.

➤ *Cable directo (pin a pin)* <sup>[10]</sup>

Estos cables conectan un concentrador a un nodo de red. Cada extremo debe seguir la misma norma (EIA/TIA 568A o 568B) de configuración. La razón es que el concentrador es el que realiza el cruce de la señal.

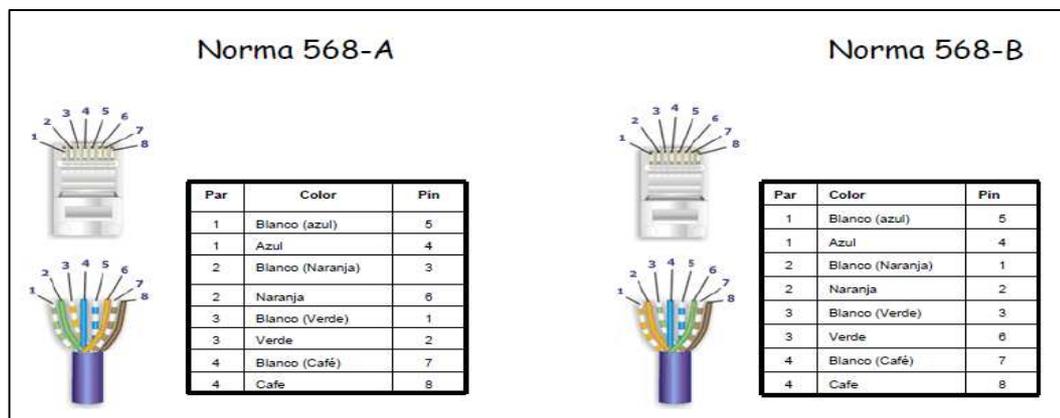


Fig 1.4 Norma 568-A y 568-B <sup>[12]</sup>

➤ *Cable cruzado (cross-over)* <sup>[10]</sup>

Este tipo de cable se utiliza cuando se conectan elementos del mismo tipo, dos enrutadores, dos concentradores. También se utiliza cuando conectamos 2 ordenadores directamente, sin que haya enrutadores o algún elemento de por medio. Para hacer un cable cruzado se usará una de las normas en uno de los extremos del cable y la otra norma en el otro extremo.

➤ *Tipos de cable de par trenzado* <sup>[10]</sup>

Hay varios tipos de cables y cada uno posee unas ventajas y unos inconvenientes, esto quiere decir que ninguno de estos tipos de cables es mejor que otro.

Sobre todo se diferencian en su ancho de banda, y en como les afectan las interferencias electromagnéticas.

➤ *Cable UTP* <sup>[13]</sup>

Acrónimo de *Unshielded Twisted Pair* o Cable trenzado sin apantallar. Son cables de pares trenzados sin apantallar que se utilizan para diferentes tecnologías de red local. Son de bajo costo y de fácil uso, pero producen más errores que otros tipos de cable y tienen limitaciones para trabajar a grandes distancias sin regeneración de la señal.

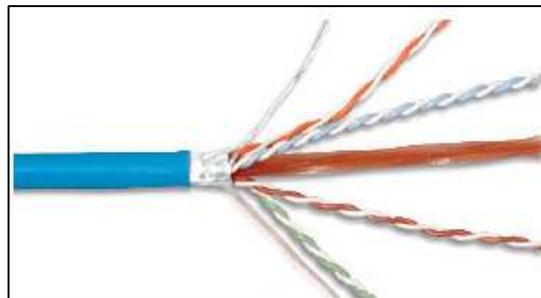


Fig 1.5 Cable UTP <sup>[14]</sup>

➤ *Categorías del cable UTP* <sup>[13]</sup>

Cada categoría especifica unas características eléctricas para el cable: atenuación, capacidad de la línea e impedancia. En Noviembre de 1991, la EIA/TIA 568 define las siguientes categorías de cable: Categoría 3 hasta 16MHz, Categoría 4 hasta 20 MHz y la Categoría 5, hasta 100MHz.

- *Categoría 1*

Esta categoría consiste del cable básico de telecomunicaciones y energía de circuito limitado. Este tipo de cable es el idóneo para las comunicaciones telefónicas, pero las velocidades requeridas hoy en día por las redes necesitan mejor calidad. La categoría 1 debería ser usado para voz y velocidades muy pequeñas para la transmisión como el RS-232.

- *Categoría 2*

Esta categoría se utilizan para la transmisión de datos de baja capacidad. Los productos de la categoría 2 deben de ser usados a una velocidad de transmisión menor a 4 Mbps para datos

- *Categoría 3*

Esta es la designación del cable de par trenzado y elementos de conexión los cuales en base al desempeño pueden soportar frecuencias de transmisión hasta 16 MHz y rangos de datos de 10 Mbps. Los cables de categoría 3 han sido diseñados para velocidades de transmisión de hasta 16 Mbps. Se suelen usar en redes IEEE 802.3 10BASE-T y 802.5 a 4 Mbps. El cable de categoría 3 y las conexiones del Hardware han sido probados y certificados, para que cumplan ciertas especificaciones a una velocidad máxima de 16 MHz y una agradable velocidad de transmisión de datos de 10mbps.

- *Categoría 4*

Esta es la designación del cable de par trenzado y conectores los cuales se desempeña hasta 20 MHz y rangos de datos de 16 Mbps. Los cables de categoría 4 pueden proporcionar velocidades de hasta 20 Mbps. Se usan en redes IEEE 802.5 Token Ring y Ethernet 10BASE-T para largas distancias. Los productos categoría 4 han sido probados y certificados a una velocidad máxima de 20 mhz y agradable velocidad de datos de 16mbps .

- *Categoría 5*

Esta es la designación del cable de par trenzado y conectores los cuales se desempeñan hasta 100 MHz y rangos de datos de 100 Mbps. Los cables de categoría 5 son los UTP con más prestaciones de los que se dispone hoy en día. Soporta transmisiones de datos hasta 100 Mbps para aplicaciones como TPDDI (FDDI sobre par trenzado). Cada cable en niveles sucesivos maximiza el traspaso de datos y minimiza las cuatro limitaciones de las comunicaciones de datos: atenuación, crosstalk, capacidad y desajustes de impedancia. Los productos categoría 5 han sido probados y certificados a una velocidad máxima de 100 mhz y pueden soportar una velocidad de transmisión de datos de 100mps.

- *Categoría 5e*

En nuevas instalaciones no es habitual trabajar con componentes de cableado de Categoría 5e puesto que las categorías superiores son muy competitivas a nivel económico y funcional y se puede decir que las categorías 5 y 5e son categorías que han pasado a una segunda línea tecnológica, aun así en una gran parte de las empresas se dispone de cableados de red en Cat5e que perfectamente pueden soportar aplicaciones a 1Gbits de velocidad.

Los requisitos de cableado de Categoría 5e/Clase D se publicaron por primera vez en 2000 y tenían por objeto normalizar la característica adicional a la CAT5 de transmisión para aplicaciones como 1000BASE-T, que utilizan esquemas de transmisión bidireccionales y enteramente de cuatro pares.

La norma añadió margen de maniobra a los límites del estándar de la Categoría 5 y caracterizó varios criterios nuevos de transmisión que se requerían para el soporte de

Ethernet Gigabit en el caso más desfavorable de un canal de cuatro conectores (la aplicación 1000BASE-T fue originalmente destinada a operar con canales de Categoría 5, que sólo tienen dos conectores).

Para asegurar el cumplimiento de los márgenes adicionales del estándar CAT5, las especificaciones de la Categoría 5e/Clase D añadieron margen de maniobra a los parámetros de pérdida NEXT, pérdida ELFEXT y pérdida de retorno, y presentaron la caracterización de la diafonía utilizando suma de potencias, lo que aproxima la diafonía total presente cuando todos los pares están trabajando, como en un esquema de transmisión de cuatro pares.

- *Categoría 6*

Los Cableados que cumplen la categoría 6, o Cat 6 o Clase E(ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1) son instalaciones de cableado que cumplen lo especificado en el estándar de cables para Gigabit Ethernet y otros protocolos de redes que son compatibles con versiones anteriores, con los estándares de categoría 5/5e y categoría 3.

La categoría 6 posee características y especificaciones para crosstalk y ruido. El estándar de cable es utilizable para 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-TX (*Gigabit Ethernet*) y alcanza frecuencias de hasta 250 MHz en cada par. El cable de categoría 6 contiene 4 pares de cable de cobre trenzado, al igual que estándares de cables de cobre anteriores.

- *Categoría 6a*

La Categoría 6a es una propuesta 10Gigabit Ethernet (10-GbE) para transmisión por cobre al estándar CAT6.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó un proyecto de norma (Estándar 803.3an) en octubre de 2004. El proyecto establece la transmisión de datos de 10-Gigabits a través de un cable de cobre de 4 pares hasta una distancia de 100 metros en cableado de cobre de Clase F o Clase E aumentada.

El cableado de Clase e requiere un esquema de codificación de línea y un sistema electrónico para obtener la transmisión de 10-Gpbs hasta 100 metros.

Los sistemas de Cableado CAT6 actuales admiten Ethernet de 10 Gigabits en distancias cortas.

La norma preliminar amplia las especificaciones técnicas del CAT6 de 250Mhz a 500Mhz y también proponen una nueva medición: *Power Sum Alien Crosstalk* a 500 Mhz.

*Alien Crosstalk* (ANEXT) es una señal acoplada en un par perturbado que se origina en la señal de un cable adyacente.

Para la eliminación practica del problema ANEXT, se puede utilizar un cable de CAT6a F/UTP.

La F indica recubrimiento exterior de lámina. Es un cable también muy adecuado para situaciones que requieren seguridad, ya que no emite señales.

El cable CAT6a F/UTP funciona bien en entornos con mucho ruido e IEM.

#### ➤ *Categoría 7*

En cableados, la Categoría 7 o Clase F (ISO/IEC 11801:2002) especifica una gama de frecuencias de 1 a 600 Mhz en 100 metros de cableado de par trenzado totalmente apantallado.

Los cables que cumplen la Categoría 7 o Clase F, contienen cuatro pares individualmente apantallados en el interior y un apantallado general, son los llamados Cables de par Trenzado Apantallado/Lamina (S/FTP) o Cable de par Trenzado Lamina/Lamina (F/FTP).

Existe una Clase Fa pendiente, que se basa en el uso de cable S/FTP a 1000Mhz admitiendo así transmisiones a 10GBase-T.

En los dos tipos de cable, cada par trenzado está envuelto en una lámina.

En el cable S/FTP, los cuatro pares están cubiertos con una malla metálica general y en el cable F/FTP, los cuatro pares están recubiertos por una lámina.

El cable de Categoría 7 o Clase F se puede terminar con los conectores especificados en IEC 6063-7-7 e IEC 61076-3-104. Uno es un conector GC-45 compatible con el RJ-45 y el otro es el conector TERA, es un conector más habitual.

Los cables que están totalmente apantallados eliminan prácticamente todas las interferencias entre cables. Además, los cables son resistentes al ruido, por lo que los sistemas de cableado instalados cumpliendo la Categoría 7 o Clase F son idóneos para zonas de alta interferencia electromagnética, como por ejemplo instalaciones industriales o instalaciones para medicina

- *Cable STP* <sup>[13]</sup>

Acrónimo de *Shielded Twisted Pair* o Par trenzado apantallado. Se trata de cables cobre aislados dentro de una cubierta protectora, con un número específico de trenzas por pie. STP se refiere a la cantidad de aislamiento alrededor de un conjunto de cables y, por lo tanto, a su inmunidad al ruido. Se utiliza en redes de ordenadores como Ethernet o *Token Ring*. Es más caro que la versión no apantallada o UTP.

- *Cable FTP* <sup>[13]</sup>

Acrónimo de *Foiled Twisted Pair* o Par trenzado con pantalla global, En este tipo de cable sus pares aunque no están apantallados, tienen una pantalla global (formada por una cinta de aluminio) que provoca una mejora en la protección contra interferencias externas.

Se suele utilizar para aplicaciones que se van a someter a una elevada interferencia electromagnética externa, ya que este cable tiene un gran aislamiento de la señal.

Una de las ventajas que tiene el FTP es que puede ser configurado en topologías diferentes, como son la de estrella y la de bus, además es de fácil instalación.

También tiene algunas desventajas como: muestra gran sensibilidad al ruido y las grandes velocidades de transmisión no las soporta.

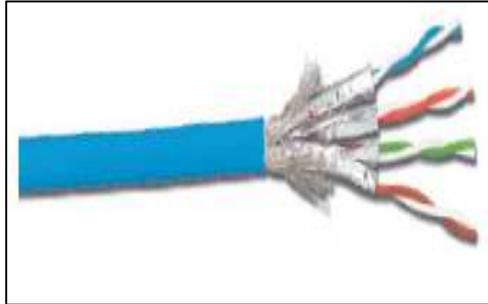


Fig 1.6 Cable FTP <sup>[15]</sup>

➤ *Tipos de conectores para cables de par trenzado*

- *Conectores RJ-45 <sup>[10]</sup>*

El RJ45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e, 6, 6e y 7). RJ es un acrónimo inglés de *Registered Jack* que a su vez es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Posee ocho conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado. Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines. Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares). Otras aplicaciones incluyen terminaciones de teléfonos (4 pines o 2 pares) por ejemplo en Francia y Alemania, otros servicios de red como RDSI y T1 e incluso RS-232.



Fig 1.7. Terminal RJ-45 <sup>[16]</sup>

### 1.1.3.2 Cable Coaxial<sup>[17]</sup>

Inicialmente se utilizó en conexión de redes con topología de Bus como Ethernet y ArcNet, es llamado así porque su construcción es de forma coaxial, se tiene el conductor central, un recubrimiento bio-eléctrico, una malla de alambre y un recubrimiento externo (que funge como recubrimiento y como aislante). La construcción del cable debe ser firme y uniforme, ya que si no es así no se tiene un funcionamiento adecuado por factores que se mencionarán a continuación.

Cuando hay refracción alrededor del coaxial, esta es atrapada, y esto evita posibles interferencias. Una de las cosas más importantes del coaxial es su ancho de banda y su resistencia (o impedancia); estas funciones dependen del grosor del conductor central, si varía la malla, varía la impedancia también.

El ancho de banda del cable coaxial está entre los 500Mhz, esto hace que el cable coaxial sea ideal para transmisión de televisión por cable por múltiples canales.

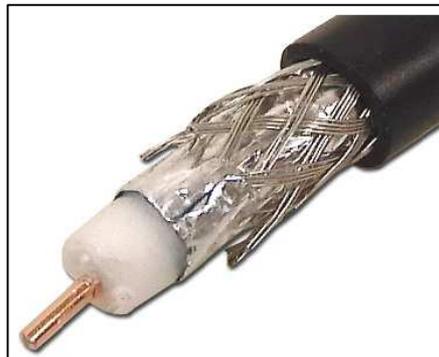


Fig 1.8. Cable Coaxial<sup>[18]</sup>

- *Estándares*<sup>[19]</sup>

La mayoría de los cables coaxiales tienen una impedancia característica de 50, 52, 75, o 93  $\Omega$ . La industria de RF usa nombres de tipo estándar para cables coaxiales.

- *Tipos*<sup>[19]</sup>

Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes. El cable coaxial no es habitualmente afectado por interferencias externas, y es capaz de lograr altas velocidades de transmisión en largas distancias. Por esa razón, se utiliza en redes de comunicación de banda ancha (cable de televisión).

- *Apantallados*<sup>[20]</sup>

Se llama cable apantallado a un tipo de cable recubierto por una malla o un tubo metálico, que actúa de jaula para evitar el acople de ruidos y otras interferencias, tanto del entorno hacia el cable, como del cable al entorno.

La pantalla no tiene porque ser única, y un cable puede contener en su interior varios conductores apantallados, para evitar diafonía entre ellos.

- *No Apantallado*<sup>[20]</sup>

Este no es inmune a ruidos e interferencias

- *El cloruro de polivinilo (PVC)*<sup>[19]</sup>

Es un tipo de plástico utilizado para construir el aislante y la clavija del cable en la mayoría de los tipos de cable coaxial. El cable coaxial de PVC es flexible y se puede instalar fácilmente en cualquier lugar. Sin embargo, cuando se quema, desprende gases tóxicos

- *Plenum*<sup>[19]</sup>

El plenum contiene materiales especiales en su aislamiento y en una clavija del cable. Estos materiales son resistentes al fuego y producen una mínima cantidad de humo; esto reduce los humos tóxicos. Sin embargo, el cableado plenum es más caro y menos flexible que el PVC.

- *Tabla de comparación de los medios de transmisión*

Medios de Transmisión	Razón de datos total	Ancho de Banda	Separación entre repetidores
Par Trensado	4 Mbps	3Mhz	1 a 100 m
Cable Coaxial	500 Mbps	350 Mhz	1 a 10 km
Fibra Óptica	2 Gbps	2Ghz	10 a 100 km

Tabla 1.1 Cuadro de comparación de medios de transmisión <sup>[21]</sup>

- *Tipos de conectores para cable coaxial* <sup>[22]</sup>

Para conectar el cable a la antena y a los dispositivos inalámbricos, se utilizan los conectores. Tanto la antena como algunos equipos wireless (sobre todo los que llevan interfaz PCI, las USB y las PCMCIA muy pocas, y las antenas pequeñas ya lo llevan directamente acolado el cable y conector, no así las mas grandes las cuales estas si suelen llevar conector del tipo N-Hembra) disponen de un conector donde se deben enchufar sus correspondientes conectores de los extremos de cable. Para poder llevar a cabo esta operación, existen unos conectores conocidos como de tipo macho y otros como de tipo hembra.

- *Tipos de conectores.* <sup>[22]</sup>

La utilización de los conectores parece muy sencilla, pero todo se complica por el hecho de que no existe una regulación que especifique como deben ser los conectores. Esto trae consigo que existan muchos modelos distintos de conectores. Algunos muy extendidos como los Polaridad Inversa – Sub Miniatura Versión A (*Reverse polarity. RP-SMA*) y otros específicos de un fabricante, los llamados conectores propietarios. Por ejemplo algunos usan conectores TNC, otros BNC, otros SMA y/o RP-SMA (SMA Reverse) y algunos conectores de diseño propio. El hecho se complica aun más si se tiene en cuenta que el tipo

de conector de la antena suele ser distinto del conector de las tarjetas inalámbricas. A partir de cierta potencia suelen ser del tipo N-Hembra.

- *Conector Tipo N - Navy (marina)* <sup>[22]</sup>

Es el conector más habitual en las antenas de 2.4 GHz (recordar que esta frecuencia es la específica para el estándar 802.11b/g, para el estándar 802.11a se encuentra con la 5Ghz. Dicho estándar esta en desuso y en el mercado la mayoría de dispositivos se centran en el 802.11g. Trabaja bien con frecuencias de hasta 10GHz. Es un conector de tipo rosca. Estos conectores tienen un tamaño apreciable y, a veces se confunden con los conectores UHF. La gran diferencia es que estos últimos (los UHF) no son válidos para frecuencia de 2.4GHz. Es muy raro e inusual encontrarse tarjetas y punto de acceso con este tipo de conectores, al contrario que en las antenas. Es muy fácil de trabajar con él. Y muy útil para el montaje propio de antenas caseras, sobre todo el de tipo chasis para ensamblarlo en el cuerpo de la antena, y su alojamiento para soldar un trozo de cobre grueso que habitualmente se usa para montar la parte activa más importante de la antena.



Fig 1.9 Conector tipo N <sup>[23]</sup>

- *Conector Tipo BNC (Bayonet Navy Connector)* <sup>[22]</sup>

Conector tipo bayoneta de la marina. Es un conector barato utilizado en las redes Ethernet del tipo 10Base2. Es un tipo de conector muy común, pero poco apto para trabajar en la frecuencia de 2.4GHz.



Fig 1.10 Conector tipo BNC <sup>[24]</sup>

- *Conectores tipo TNC (Threaded BNC)* <sup>[22]</sup>

Conector BNC roscado. Es una versión roscada del conector BNC. Este tipo de conector es apto para frecuencias de hasta 12GHz.



Fig 1.11 Conector tipo TNC <sup>[25]</sup>

- *Conectores tipo SMA (Sub-Miniature Connect)* <sup>[22]</sup>

Conector subminiatura. Son unos conectores muy pequeños, van roscados y trabajan adecuadamente con frecuencias de hasta 18GHz. Dentro de este tipo, se encuentra con una subclase que son los llamados reverse (RP-SMA), y estos últimos son las más utilizadas en la mayoría de las tarjetas inalámbricas con interfaz PCI.



Fig 1.12 Conector tipo SMA <sup>[26]</sup>

- *Conectores tipo SMC* <sup>[22]</sup>

Se trata de una versión todavía más pequeña de los conectores SMA. Son aptos para frecuencias de hasta 10GHz. Su mayor inconveniente es que solo son utilizables con cables muy finos (con alta pérdida). El conector SMB es una versión del SMC con la ventaja que se conecta y desconecta fácilmente.



Fig 1.13 Conector tipo SMC <sup>[27]</sup>

- *Conectores tipo APC-7 (Amphenol Precision Connector)* <sup>[22]</sup>

Conector Amphenol de precisión. Se trata de un conector con muy poca pérdida, y muy caro, fabricado por la empresa que lleva su nombre (Amphenol).



Fig 1.14 Conector tipo APC-7 <sup>[28]</sup>

#### **1.1.4 Medios de transmisión No Guiados <sup>[29]</sup>**

##### *1.1.4.1 Bucle inalámbrico <sup>[29]</sup>*

Los medios de transmisión no guiados son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío.

Tanto la transmisión como la recepción de información se llevan a cabo mediante antenas. A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

La configuración para las transmisiones no guiadas puede ser direccional y omnidireccional.

En la direccional, la antena transmisora emite la energía electromagnética concentrándola en un haz, por lo que las antenas emisora y receptora deben estar alineadas.

En la omnidireccional, la radiación se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones pudiendo la señal ser recibida por varias antenas. Generalmente, cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible confinar la energía en un haz direccional.

La transmisión de datos a través de medios no guiados, añade problemas adicionales provocados por la reflexión que sufre la señal en los distintos obstáculos existentes en el medio. Resultando más importante el espectro de frecuencias de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en si mismo.

Según el rango de frecuencias de trabajo, las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres tipos: radio, microondas y luz (infrarrojos/láser).

En estas redes los clientes se conectan a la red usando señales de radio en reemplazo del cobre, en parte o en toda la conexión entre el cliente y la central de conmutación.

Esta técnica de acceso es muy utilizada en regiones donde las redes están aún en desarrollo, además resulta ideal para un rápido despliegue de red.

La ventaja clara de este tipo de sistemas es la reducción de los costos de infraestructura, además del pequeño margen de tiempo necesario para su funcionamiento, puesto que en el momento en que se dispone de la radio base, se llega inmediatamente a miles de usuarios a través de sus antenas receptores.

Los sistemas requieren línea de vista y reutilización de frecuencias del espectro.

## **1.1.5 SISTEMAS INÁLAMBRICOS**

### *1.1.5.1 WLL (Wireless local loop, lazo local inalámbrico) <sup>[29]</sup>*

El término “Wireless Local Loop”, es la concatenación de los términos “wireless” y local loop, se refiere al hecho de transferencia de información sin la utilización de cables, lo que significa el uso del espectro radioeléctrico y “local loop” es la parte de la red de telecomunicaciones que conecta a los abonados con el punto de distribución o switch más cercano.

El WLL utiliza estaciones llamadas radio bases conectadas a centrales comunes de conmutación pública para, vía radio, alcanzar el terminal fijo del abonado en su residencia u oficina.

Un sistema WLL se asemeja a un sistema celular móvil; cada radio base utiliza una “celda” que garantiza la cobertura de la región de interés, estos sistemas no permite la movilidad total del usuario.

La arquitectura de un sistema de la red WLL consiste principalmente de cuatro partes: centro de operaciones de la red, *Network Operations Center* (NOC), infraestructura de fibra óptica, radio base en la estación base y equipo para el cliente o CPE (*Customer premises equipment*).

El NOC contiene el equipo del sistema de administración de la red que está encargado de administrar amplias regiones de la red del consumidor teniendo la oportunidad de conectar varios NOCs.

La infraestructura basada en fibra óptica, típicamente consiste en redes ópticas, equipos de oficina central, sistemas de conmutación, conexiones con la red Internet y la red telefónica pública (PSTN).

Generalmente, tanto los CPEs como las radio bases tienen unidades internas (IDU) y unidades externas (ODU), el equipo terminal en el lado del suscriptor está formado por una unidad externa o antena exterior ubicada en una parte alta (necesita línea de vista hacia la radio base) y una unidad interior que es la interfaz con el usuario, por medio de la cual recibe los diferentes servicios.

En la estación base es donde se realiza la conversión de la infraestructura de fibra hacia la infraestructura inalámbrica. Los equipos que permiten la conversión incluyen la interfaz de red para la terminación de fibra, funciones de modulación y demodulación, equipos de transmisión y recepción de microondas ubicados típicamente en techos o postes.

El número de radio bases depende de anticipar el tráfico para el cuál se va a utilizar, la capacidad del sistema, la disponibilidad del sitio, el rango de cobertura que se va a

proporcionar y las características de propagación local, además del ancho de banda a ser usado por la red WLL.

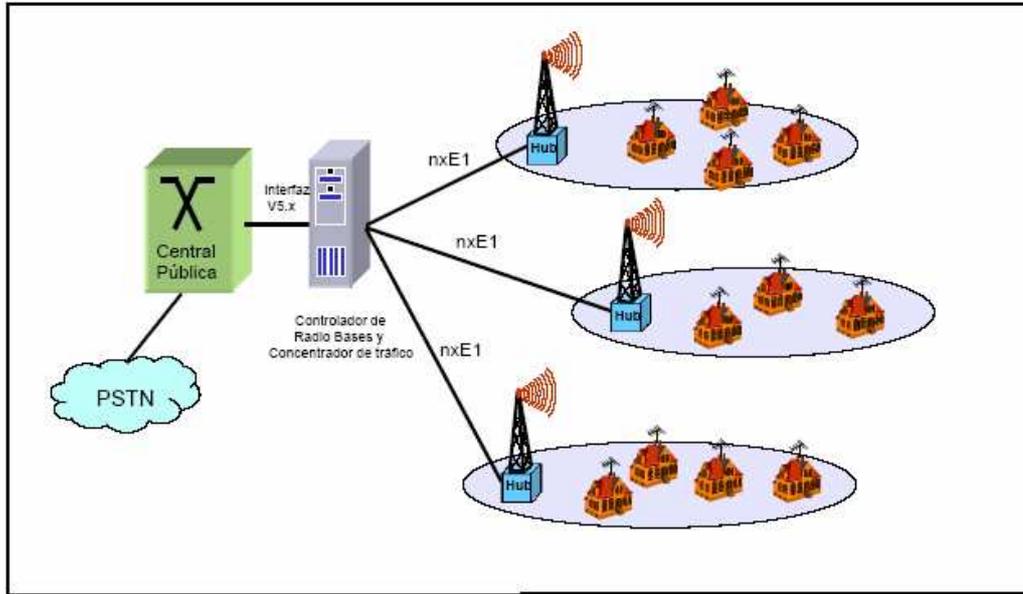


Fig 1.15 Acceso inalámbrico fijo (WLL) multi – sitio <sup>[29]</sup>

#### 1.1.5.2 MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System, sistema de distribución multipunto multicanal*) <sup>[29]</sup>

MMDS como su nombre lo indica, es un “servicio múltiple (o multipunto) multicanal de distribución de señales”, es decir se puede distribuir varias señales simultáneamente a varios usuarios. El servicio es proporcionado utilizando radio transmisores omnidireccionales localizados en lugares a gran altura (necesita línea de vista), opera en la banda de frecuencias 2.5 a 2.686 GHz, tiene alcance de hasta 50 Km desde la estación base.

Los sistemas MMDS utilizan diversos esquemas para la transmisión de información digital: el acceso múltiple por división de código o del inglés *Code Division Multiple Access* (CDMA), QPSK, Modulación de banda lateral vestigial o del inglés *Vestigial Sideband* (VSB) y Modulación de amplitud en cuadratura o del inglés (QAM), actualmente se los utiliza para proporcionar acceso a Internet.

### *1.1.5.3 LMDS (Local Multipoint Distribution System, sistema de distribución multipunto local )<sup>[29]</sup>*

La tecnología LMDS se utiliza para proporcionar servicios dentro de áreas específicas o locales, es un sistema de comunicación de punto a multipunto a altas frecuencias en torno a 28 Ghz ó 40 Ghz, el área de cobertura se divide en células de varios kilómetros de radio ( 3-9 Km en la banda de 28 Ghz, 1-3 Km en la banda de 40 Ghz).

Se pueden dar servicios de voz, datos y vídeo, combinados con diferentes velocidades de comunicación simétricas y asignación dinámica del ancho de banda, utiliza el método de modulación QPSK o Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados (16-QAM).

### *1.1.5.4 Redes MAN/LAN inalámbricas<sup>[29]</sup>*

Permite la interconexión de ordenadores en área local (hot spots) la mayoría trabaja en bandas que no requieren licencia, norman su funcionamiento varios estándares IEEE 802 entre las principales limitaciones se puede citar la seguridad, calidad de servicio e interferencia con otras redes.

Wi-Fi es un sistema diseñado para proporcionar acceso inalámbrico a distintos dispositivos de computación como PCS, portátiles, Asistente Digital Personal o del inglés *Personal Digital Assistant* (PDAs) etc., Diseñado para distancias cortas tienen seguridad limitada, utilizan Acceso Múltiple por Detección de Portadora o del inglés (*Carrier Sense Multiple Access* (CSMA/CA), protocolo de contención de red que escucha a la red y evita colisión de transmisiones, y se tiene la siguiente evolución:

802.11a Utiliza la banda de 5 Ghz y alcanza velocidades de 54 Mbps, utiliza Modulación por división ortogonal de frecuencia o en inglés *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)

- 802.11b trabaja en la banda de los 2.4 Ghz a 5.5 y 11 Mbps usa *Spread Spectrum*.
- 802.11g Combina las técnicas de modulación de codificación de 802.11a
- 802.11b para proveer servicios a varias velocidades.

Se puede tener un acceso de última milla utilizando antenas de alta ganancia porque trabajan mejor para enlaces punto – punto entre edificios.

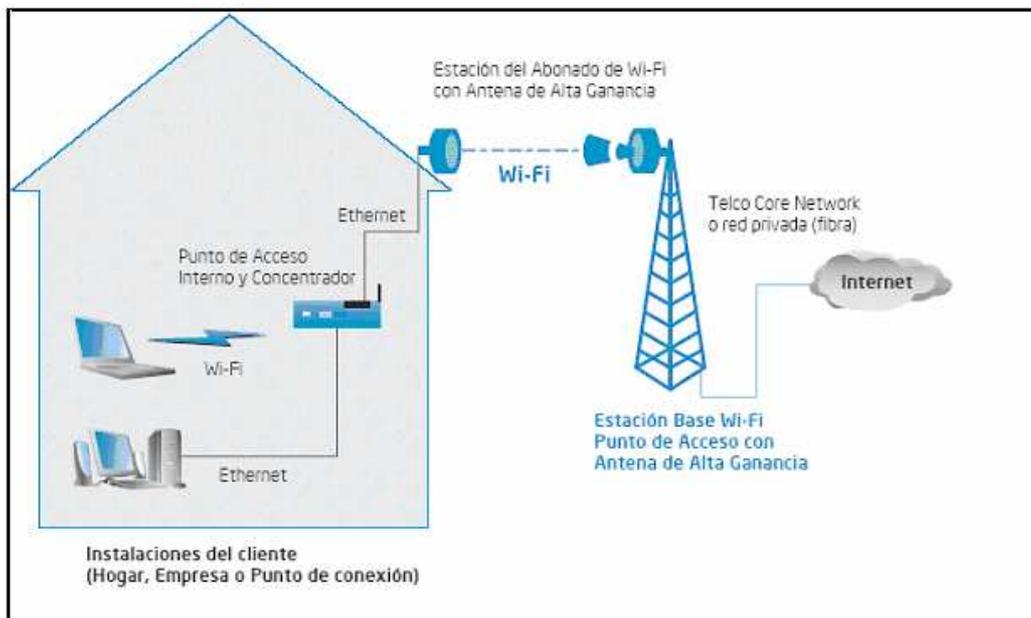


Fig 1.16 Redes de última milla 802.11 [29]

La tecnología WiMax se utiliza en enlaces de última milla, puede brindar banda ancha por demanda en áreas urbanas sin planta externa y en zonas rurales, además permite la conectividad a Internet para redes de fidelidad inalámbrica o del inglés wireless fidelity (Wifi), el sistema global para las comunicaciones móviles o del inglés *Global System for Mobile Communications* (GSM), o Servicio General de Paquetes vía Radio *General Packet Radio Service* (GPRS).

Las redes WiMax soportan niveles de servicios para usuarios particulares y empresas, tiene la posibilidad de aumentar el ancho de banda en función de las necesidades del usuario y permite la transmisión simultánea de voz, datos y video.

WiMax utiliza antenas inteligentes para aumentar la densidad espectral (la cantidad de bits que pueden comunicarse sobre un determinado canal en un determinado momento) y la relación señal a ruido, trabaja en bandas con o sin licencia, utiliza modulación OFDM para prevenir interferencias.

Existen los siguientes espectros de frecuencia:

- Basado en IEEE.16-2004
- Para enlaces fijos punto – multipunto:
- 802.16a - comunicación entre antenas (2-11 GHz)
- 802.16b – entre 5 y 6 GHz con QoS
- 802.16c – entre 10-66 GHz

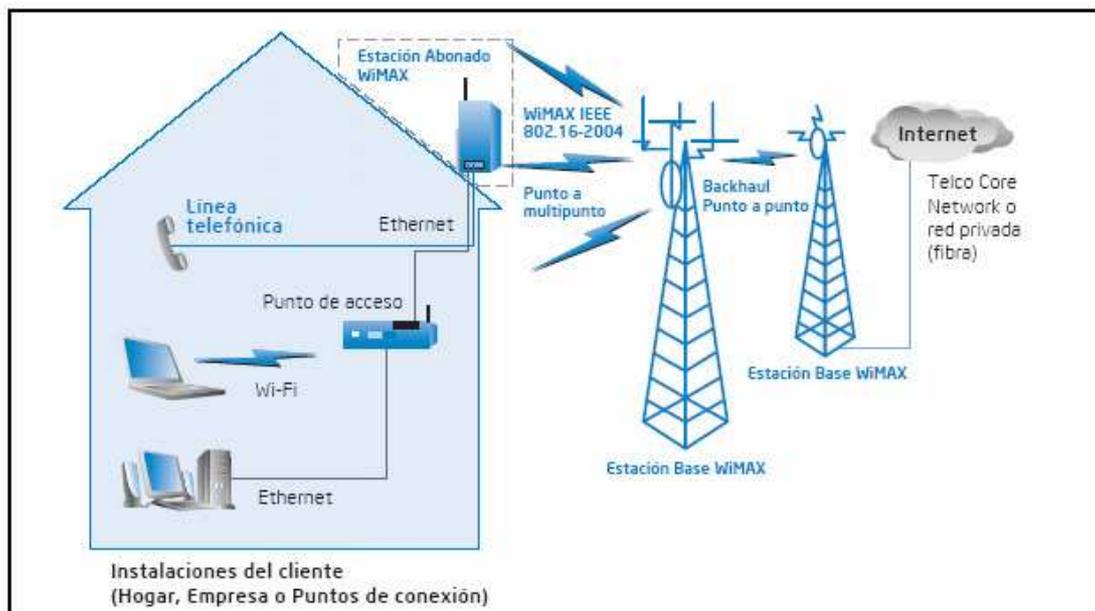


Fig 1.17 Topología de red WiMax <sup>[29]</sup>

➤ *WiFi y Wimax* <sup>[29]</sup>

A continuación en la tabla 1.2 se presenta las principales diferencias entre WiFi y Wimax

<b>Parámetro</b>	<b>Wi - fi</b>	<b>Wimax</b>
Estándar	802.11	802.16
Velocidad	11/54 Mbps	Más de 75 Mbps
Eficiencia espectral	2.7 bps/Hz	5 bps/hz
Máxima distancia	Optimizado para 100 m	Hasta 50 km
Calidad de servicio	limitado	Cuatro tipos de QoS, buen soporte para voz y video interactivo
Acceso al medio	Acsma/ca (aleatorio)	TDM/TDMA/OFDMA

Tabla 1.2 Principales diferencias entre Wi-fi y WiMax <sup>[29]</sup>

## 1.2 CANAL DE COMUNICACIÓN <sup>[30]</sup>

Un canal de comunicaciones es el medio físico utilizado para transportar información entre dos extremos. Este medio físico puede ser cableado, inalámbrico (es decir, por medio del espectro radioeléctrico), o una combinación de ambos.

Existen muy diferentes tipos de canales de comunicaciones, originados históricamente en función de las características particulares del proceso de comunicaciones en cuestión. Así hay canales de comunicaciones diseñados para voz (telefonía fija o telefonía móvil), para información audio de calidad (radio), para información audiovisual (televisión en sus diferentes formas) y para datos (que en virtud de sus propiedades pueden incluir algunos de los anteriores). En cualquier caso, con la digitalización los modernos canales de comunicaciones pueden transportar (con las adaptaciones necesarias) cualquier clase de

información. Por tanto, se suelen caracterizar en función de su capacidad de transmisión (velocidad de transmisión) y otras propiedades como retardo (latencia), o probabilidad de error.

### **1.3 RADIO BASE** <sup>[31]</sup>

En la rama de las telecomunicaciones se utiliza ondas electromagnéticas de baja intensidad para poder comunicarse con una red de transmisores y receptores radioeléctricos que se llaman Estaciones Base.

La conexión entre las diferentes Estaciones Base que componen una red de Telefonía Móvil hace posible la comunicación con cualquier lugar del mundo.

Una Estación Base es el primer eslabón en la conexión entre un teléfono móvil y otro teléfono, ya sea fijo o móvil. Su principal función es la de proporcionar cobertura y capacidad.



Fig 1.18 Radio Base <sup>[31]</sup>

## 1.4 ANTENAS <sup>[32]</sup>

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa. En el caso que las antenas estén conectadas por medio de guía de ondas, esta función de transformación se realiza en el propio emisor o receptor.

Existe una gran diversidad de tipos de antena, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio generalista o la central de los teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radioenlaces). También es una antena la ferrita que permite oír un radio-receptor a transistores, o la que está integrada en la computadora portátil para conectarse a las redes Wi-Fi.

### 1.4.1 Tipos de antenas <sup>[33]</sup>

#### 1.4.1.1 Antenas Alámbricas <sup>[33]</sup>

Se distinguen por estar construidas con hilos conductores que soportan las corrientes que dan origen a los campos radiados. Pueden estar formadas por hilos rectos (dipolo, V, rómbica). Espiras (circular, cuadrada o de cualquier otra forma arbitraria) y hélices.

#### 1.4.1.2 Antenas de apertura y reflectores <sup>[33]</sup>

En ellas la generación de la onda radiada se consigue a partir de una distribución de campos soportada por la antena y se suelen excitar con guías de ondas.

Son antenas de apertura las bocinas (pirámides y cónicas), las aperturas y las ranuras sobre planos conductores, y las bocas de guía.

El empleo de reflectores asociados a un alimentador primario, permite disponer de antenas con las prestaciones necesarias para servicios de comunicaciones a grandes distancias, tanto terrestres como espaciales. El reflector más común es el parabólico.

#### **1.4.2 Agrupación de antenas** <sup>[33]</sup>

En ciertas aplicaciones se requieren características de radiación que no pueden lograrse con un solo elemento; sin embargo, con la combinación de varios de ellos se consigue una gran flexibilidad que permite obtenerlas. Estas agrupaciones pueden realizarse combinando, en principio, cualquier tipo de antena.

#### **1.4.3 Parámetros de antenas de transmisión** <sup>[33]</sup>

Una antena formará parte de un sistema más amplio, de radiocomunicaciones o radar, por ejemplo. Interesará, por lo tanto, caracterizarla con una serie de parámetros que la describan y permitan evaluar el efecto sobre el sistema de una determinada antena, o bien especificar el comportamiento deseado de una antena para incluirla en ese sistema.

A efecto de definición de los parámetros, conviene diferenciarlos inicialmente según se relacionen con transmisión o recepción; posteriormente, como consecuencia del teorema de reciprocidad, se establece la equivalencia entre ambas situaciones.

##### *1.4.3.1 Impedancia* <sup>[33]</sup>

La antena se conectará a un transmisor y radiará el máximo de potencia posible con el mínimo de pérdidas. La antena y el transmisor se deben adaptar para una máxima transferencia de potencia. Normalmente, la antena estará a una cierta distancia del transmisor y se conectará mediante un cable o una guía de ondas que participa también en la adaptación, teniendo en cuenta su impedancia característica, la atenuación y la longitud.

El transmisor produce corrientes y campos que pueden ser medidos en puntos característicos de la antena.

A la entrada de la antena se puede definir la impedancia de entrada  $Z_e$  mediante relaciones tensión-corriente. La impedancia de una antena se define como suma de una parte real  $R_e$  ( $\omega$ ) y una parte imaginaria  $X_e$  ( $\omega$ ) dependientes de la frecuencia. Si  $Z_e$  ( $\omega$ ) no presenta una parte reactiva a una frecuencia dice que es una antena resonante. Dado que la antena radia energía hay una pérdida neta de potencia hacia el espacio debida a la radiación, que puede ser asignada a una resistencia de radiación  $R_r$ , definida como el valor de la resistencia que disipa únicamente la misma potencia que la radiada por la antena.

Además se tendrá que considerar las pérdidas introducidas por los conductores de la antena. Todas las pérdidas pueden englobarse en una resistencia de pérdidas  $R_\Omega$ . La resistencia de entrada es la suma de la resistencia de radiación y de pérdidas.

La impedancia de entrada es un parámetro de gran trascendencia, ya que condiciona las tensiones que hay que aplicar al generador para obtener valores de corrientes en la antena, y en consecuencia, una determinada potencia radiada. Si la parte reactiva es grande, se aplicará tensiones altas para obtener corrientes apreciables, y si la resistencia de radiación es baja, se necesitan corrientes grandes para obtener una potencia radiada importante.

La aparición de pérdidas en la antena provoca que no toda la potencia liberada por el transmisor sea radiada, por lo que se define el rendimiento o eficiencia de la antena  $\eta_l$ , mediante de relación entre la potencia radiada y la liberada.

$$\eta_l = \frac{P_{radiada}}{P_{liberada}} = \frac{R_r}{R_r + R_\Omega}$$

$R_r$  = Resistencia de radiación

$R_\Omega$  = Resistencia de pérdidas

### 1.4.3.2 Patrón de radiación <sup>[34]</sup>

El patrón de radiación de una antena se puede definir como la representación espacial de la energía que es radiada por una antena. Esta representación generalmente se hace en el campo lejano y puede llevarse a cabo en dos o tres dimensiones. Cuando se habla de un patrón de radiación en tres dimensiones existen dos planos sobre los cuales se grafican los puntos correspondientes a la energía radiada de la antena: el plano acimutal y el plano de elevación

El plano Acimutal es aquel que está en función del ángulo  $\phi$  ( $f(\phi)$ ) y puede verse como un plano horizontal, mientras que el plano de elevación es aquel que está en función del ángulo  $\theta$  ( $g(\theta)$ ) y puede verse como un ángulo vertical (figura 1.19). En dicha figura se pueden apreciar también las dimensiones para considerar el patrón de radiación de una antena (coordenadas esféricas): el radio donde se mide la radiación ( $r$ ), el diferencial del plano azimutal ( $d\phi$ ), el diferencial del plano de elevación ( $d\theta$ ), el diferencial de área esférica ( $dA$ ) así como los vectores unitarios de las coordenadas esféricas ( $\hat{a}_r$ ,  $\hat{a}_\phi$  y  $\hat{a}_\theta$ ).

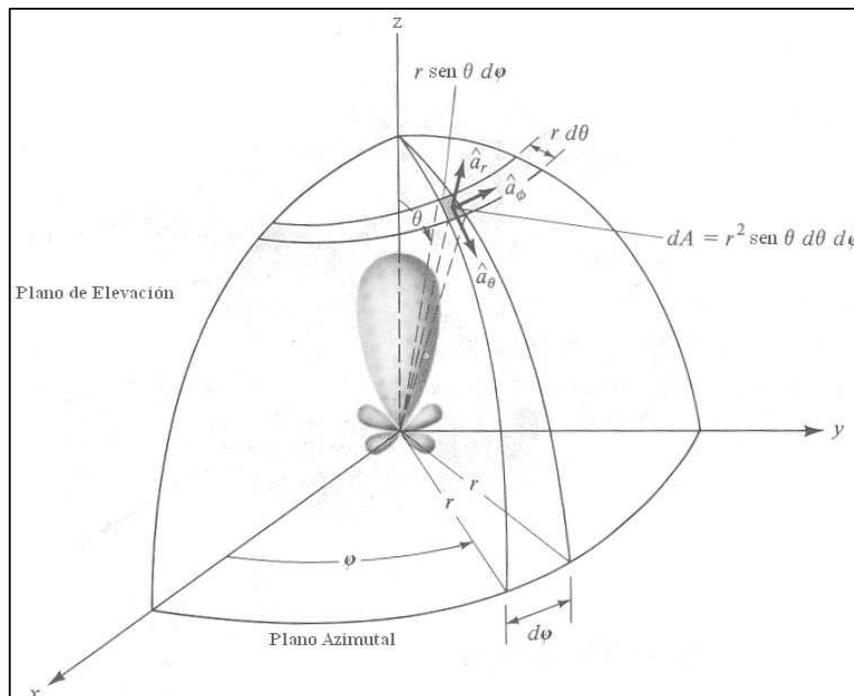


Fig 1.19 Patrón de radiación tridimensional <sup>[34]</sup>

En el estudio de los patrones de radiación de las antenas se presentan 3 casos, los cuales se definen a continuación: patrón isotrópico (aquel en el cual una antena hipotéticamente sin pérdidas irradia igual energía hacia todas las direcciones), patrón direccional (la energía puede depender de la dirección angular en el plano Azimutal ( $f(\varphi)$ ), en el plano de elevación ( $g(\theta)$ ) o ambos) y patrón omnidireccional (presenta un patrón no direccional en un plano y un patrón direccional en otro). En la figura 1.20 se muestran los 3 tipos de patrones mencionados.

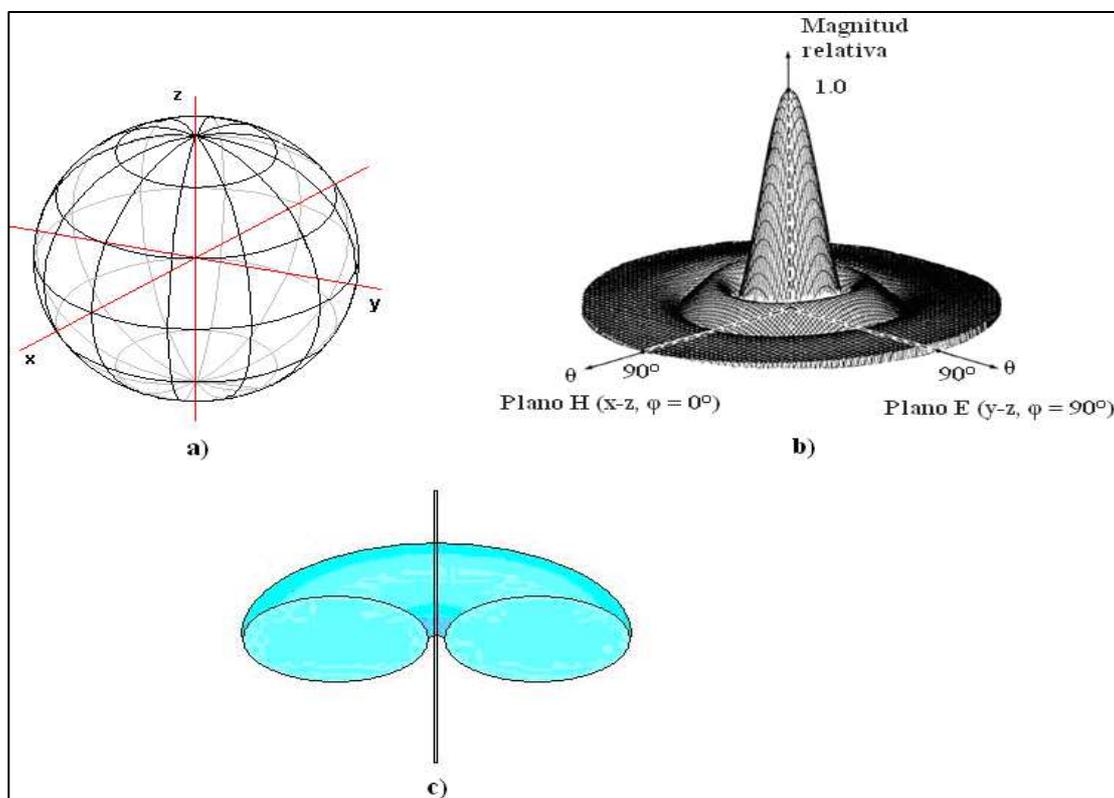


Fig 1.20 Patrones de radiación: a) Patrón isotrópico, b) patrón direccional y c) patrón Omnidireccional <sup>[34]</sup>

### 1.4.3.3 Lóbulos de radiación <sup>[34]</sup>

En el patrón de radiación de cualquier antena se pueden apreciar los llamados lóbulos de radiación, los cuales se definen como “el área del patrón de radiación rodeada por regiones de relativamente baja intensidad de radiación”. Los lóbulos de radiación de las antenas se pueden clasificar en dos tipos: lóbulos principales (*main lobes*) y lóbulos secundarios (*minor lobes*). A su vez los lóbulos secundarios pueden subdividirse en lóbulos laterales (*side lobes*) y lóbulos posteriores (*back lobes*). En la figura 1.21 se muestra un patrón de radiación direccional conteniendo su lóbulo principal, lóbulos secundarios, lóbulos laterales y lóbulo posterior.

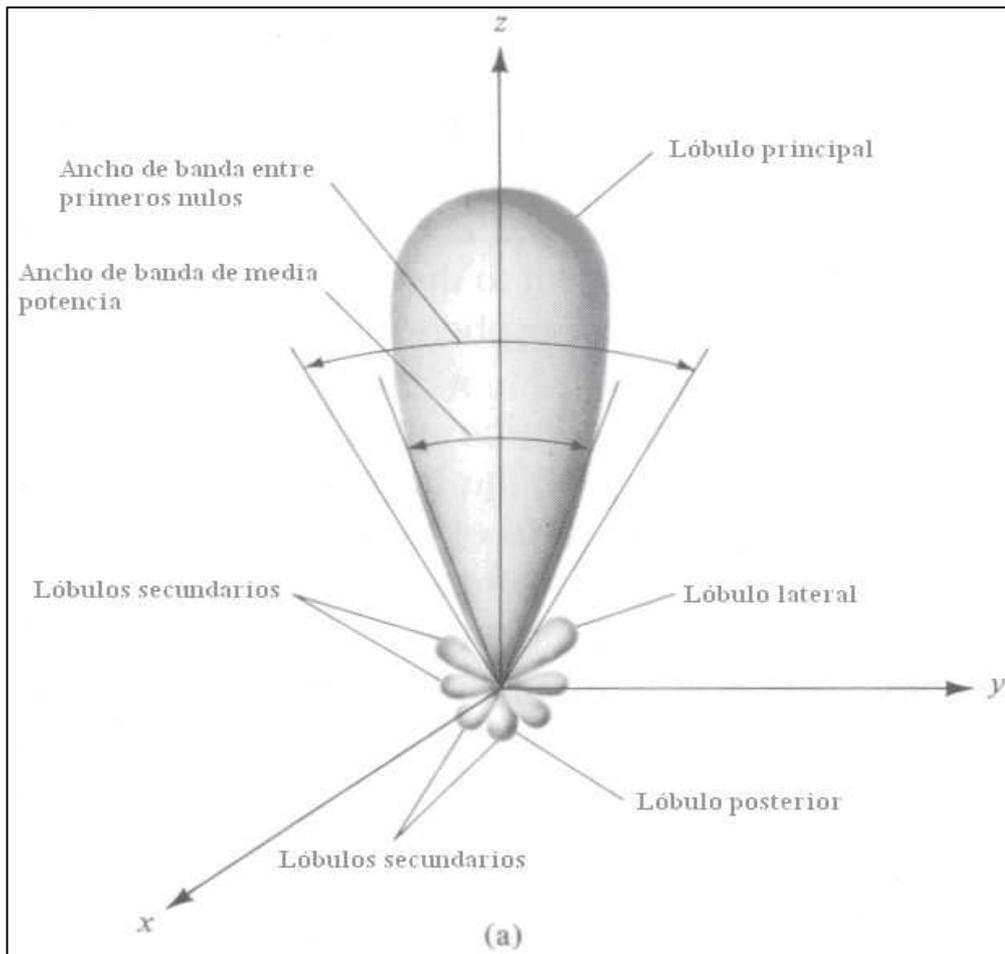


Fig 1.21 Lóbulos de un patrón de radiación direccional. <sup>[34]</sup>

#### 1.4.3.4 Regiones de campo <sup>[34]</sup>

En una antena la potencia radiada está compuesta por una parte real y una parte imaginaria. La parte real es la llamada potencia radiactiva, la cual puede ser transferida a un medio y por lo tanto es la que se puede utilizar. La potencia reactiva es la parte imaginaria de la potencia radiada y esta no puede ser transferida a los medios, simplemente permanece oscilando entre los campos. La potencia radiactiva y reactiva se presenta en diferentes proporciones dependiendo de la distancia donde se midan a partir de la antena, es por ello que se han definido las llamadas regiones de campo.

El espacio que rodea a una antena se puede dividir en tres regiones de forma esférica: la región del campo cercano reactivo, región del campo cercano radiante también conocida como región de Fresnel y la región del campo lejano también conocida como Fraunhofer. La región del campo cercano reactivo es aquella inmediatamente cercana a la antena donde la potencia radiada esta constituida en su mayoría por potencia reactiva. Para la mayoría de las antenas esta región se a definido en el rango:

$$R < 0.62 \sqrt{D^3 / \lambda}.$$

R: Radio alrededor de la antena.

$\lambda$ : Longitud de onda.

D: Dimensión mayor de la antena.

Para dipolos muy cortos o antenas similares esta región queda delimitada por:

$$R < \frac{\lambda}{2\pi}$$

En esta región la potencia reactiva es aproximadamente igual a la potencia radiactiva. La región de campo cercano radiante se encuentra limitada en los rangos:

$$R \geq 0.62 \sqrt{D^3 / \lambda} \text{ y } R < 2D^2 / \lambda$$

Para antenas cortas se puede considerar a esta región para el rango:

$$R \geq \lambda/2\pi$$

La región de campo lejano o de *Fraunhofer* es aquella en que la potencia radiada esta constituida en su mayoría por potencia radiactiva. La región de campo lejano se extiende en el rango de:

$$R > 2D^2/\lambda$$

Para antenas de cortas dimensiones el rango para este campo se puede considerar como:

$$R \gg \lambda/2\pi$$

En la figura 1.22 se muestran las tres regiones en que se divide el espacio que rodea a una antena.

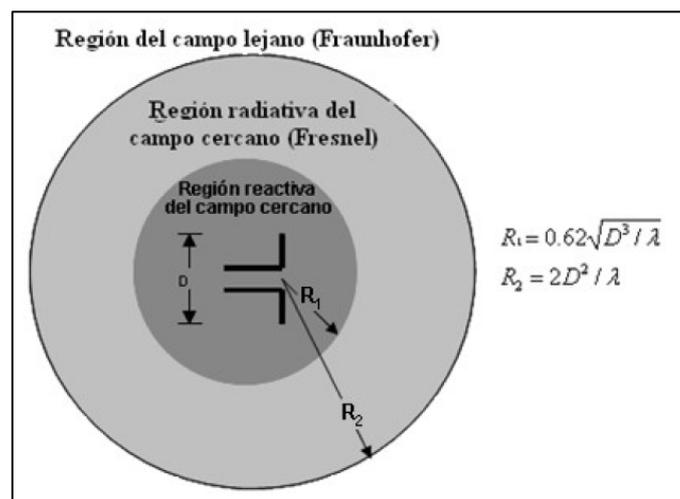


Fig 1.22 Regiones de Campo <sup>[34]</sup>

#### 1.4.3.5 Intensidad de radiación. <sup>[33]</sup>

Una de las características fundamentales de una antena es la capacidad de radiar en una dirección del espacio, es decir, para concentrar la energía radiada en ciertas direcciones del espacio. Antes de definir este parámetro, es conveniente definir un plano de referencia

donde está situada la antena que se quiera caracterizar, por ello se definen un sistema de coordenadas. El sistema de coordenadas que se utiliza habitualmente en antenas son las coordenadas esféricas, ya que así se puede definir una dirección del espacio.

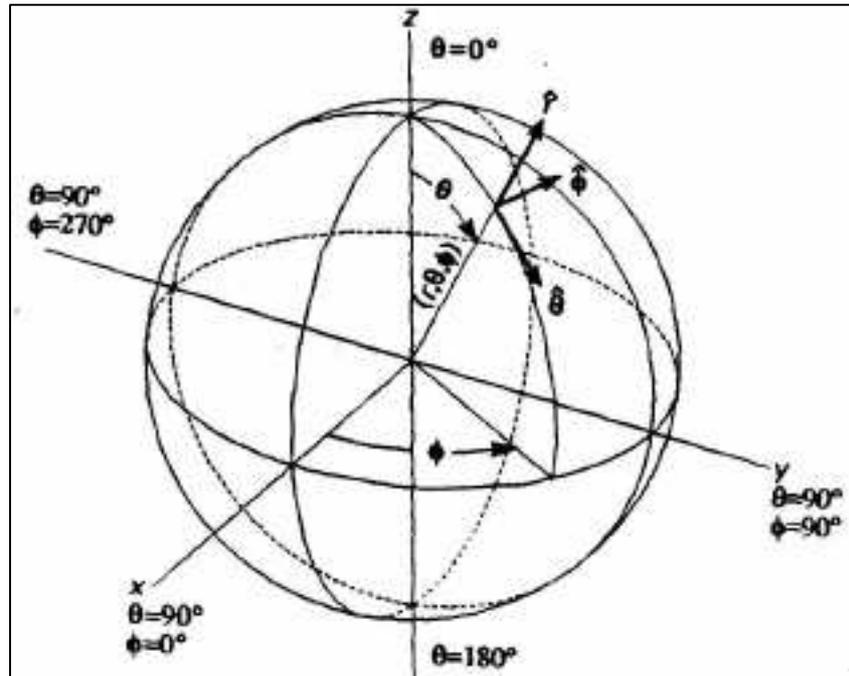


Fig 1.23 Sistema de coordenadas esféricas.<sup>[33]</sup>

La onda electromagnética radiada se compone de un campo eléctrico  $E$  (V/m) y de un campo magnético  $H$  (A/m) (ecuaciones de Maxwell).

#### 1.4.3.6 Diagrama de radiación<sup>[33]</sup>

Un diagrama de radiación es una representación grafica de las propiedades de radiación de la antena, en función de las diferentes direcciones del espacio. Una antena no radia del mismo modo en todas las direcciones del espacio, sino que según su geometría, dimensiones o forma de excitación es capaz de orientar la energía en unas determinadas direcciones del espacio. El diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades direccionales de radiación de una antena en el espacio.

Un ejemplo de diagrama de radiación de un dipolo elemental en la Figura 1.24 representado en tres dimensiones, y en la Figura 1.25 se representa el mismo modelo de antena pero en dos dimensiones y en coordenadas polares para una mejor identificación de los parámetros de radiación. A partir de los diagramas de radiación, se puede identificar las prestaciones de una antena. Dependiendo del tipo de utilidad que se le vaya a dar a una antena, la cual será que sea más o menor directiva, sectorial, etc. por lo que se fija a primera vista en el diagrama de radiación.

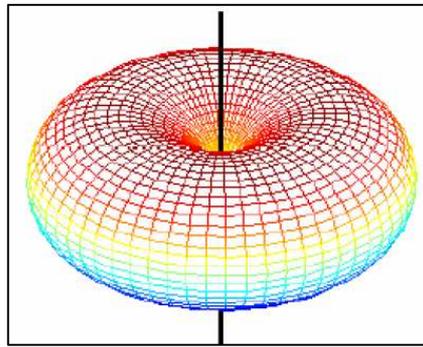


Fig 1.24. Diagrama de radiación de un dipolo elemental.

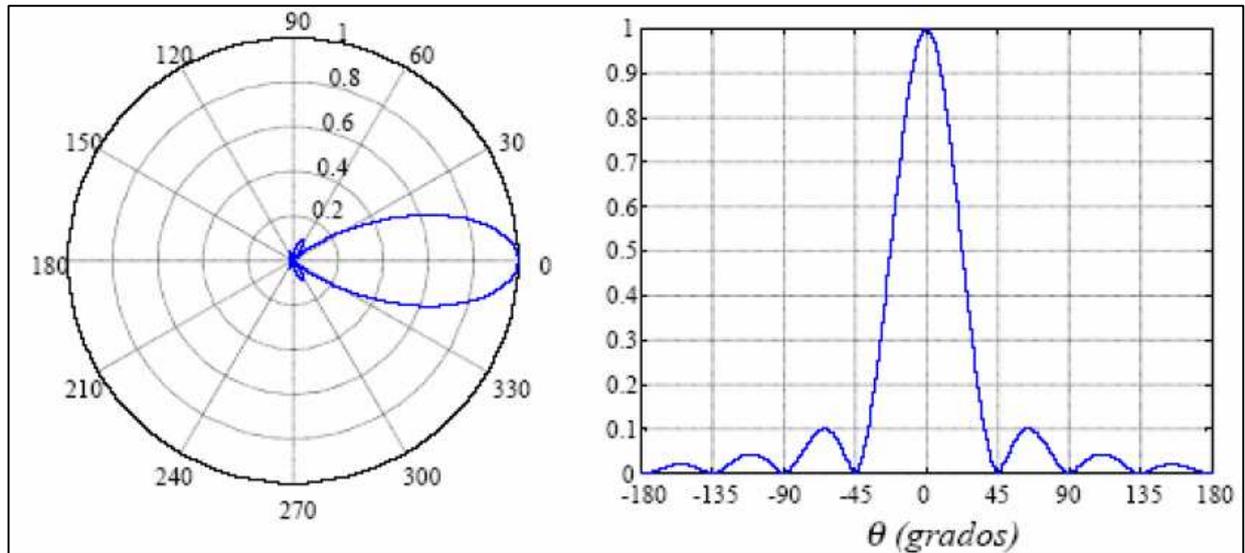


Fig 1.25 Diagrama de radiación de un dipolo elemental en polares y en dos dimensiones <sup>[33]</sup>

- *Parámetros del diagrama de radiación*

Asociados al diagrama de radiación, se definen una serie de parámetros, que son los que habitualmente se utilizan a la hora de especificar el comportamiento de una antena. Para ello, se define un lóbulo de radiación como la porción del diagrama delimitada por regiones de menor radiación (nulos). Los lóbulos que se suelen definir son:

- *Lóbulo principal*

Aquel que contiene la dirección de máxima radiación.

- *Lóbulos secundarios*

Todos aquellos distintos al principal.

- *Lóbulos laterales*

Los adyacentes al principal, que generalmente son los más altos de todos los secundarios.

- *Lóbulo posterior*

El que se encuentra en la dirección opuesta al principal.

Una vez definidos los lóbulos se determinan los siguientes parámetros que se especifican en la Figura 1.26.

- *Nivel de lóbulos secundarios*

El nivel del mayor lóbulo secundario respecto al principal. A veces se utiliza la relación de lóbulo principal a lóbulo secundario, que coincide con el negativo del anterior (en dB).

Los lóbulos secundarios radian potencia indeseada en direcciones no controladas, que pueden dar lugar a interferencias en sistemas de comunicaciones.

- *Ancho del haz principal a -3 dB*

Es el ancho del lóbulo principal entre puntos de potencia mitad, en el plano considerado.

- *Ancho del haz principal entre nulos*

Es el ancho del lóbulo principal completo. Para el mismo plano, la relación entre los dos parámetros anteriores está comprendida entre 2 y 3, dependiendo de la distribución de corriente o de campo sobre la antena. A nivel práctico se suele utilizar:

$$BW_n \approx 2.25 \cdot BW_{-3dB}$$

- *Relación delante-atrás*

Es la relación entre el lóbulo principal y el lóbulo posterior. La radiación posterior puede ser causa de interferencias en radio enlaces, ya que muchas veces, debido a la simetría de los reflectores parabólicos, la radiación posterior asociada a la difracción en los bordes de éstos es elevada.

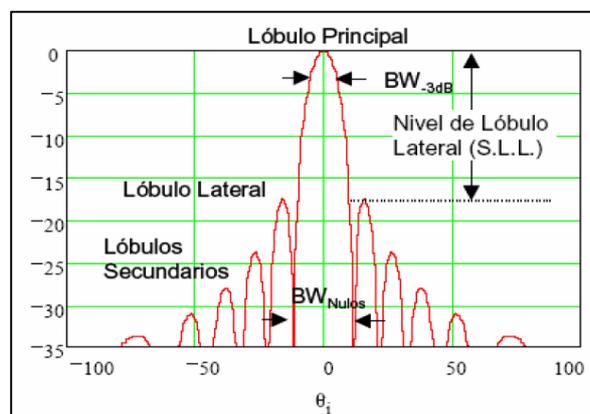


Fig 1.26 Parámetros del diagrama de radiación. <sup>[33]</sup>

En radiocomunicaciones, los lóbulos secundarios representan radiaciones indeseadas que pueden lugar a interferencias con otros sistemas. En el caso de las estaciones terrenas de comunicaciones por satélite hay una normativa internacional de obligado cumplimiento para los gálibos que deben cumplir los lóbulos secundarios de las mismas (Normas UIT-R 580-1 a 580-5 y 465).

#### 1.4.3.7 Directividad<sup>[34]</sup>

La directividad constituye probablemente el parámetro de mayor importancia a la hora de juzgar el patrón de radiación de una antena. La directividad se define como la razón de intensidad radiada en una dirección a la intensidad de radiación promedio en todas las direcciones. En otras palabras la directividad se puede considerar como la razón de la intensidad radiada en una dirección a la intensidad de radiación de una antena con patrón isotrópico. Entre mas alta sea la directividad, el haz de radiación será más afilado. La directividad está dada por:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}}$$

U: Intensidad de radiación

P: Potencia de radiación

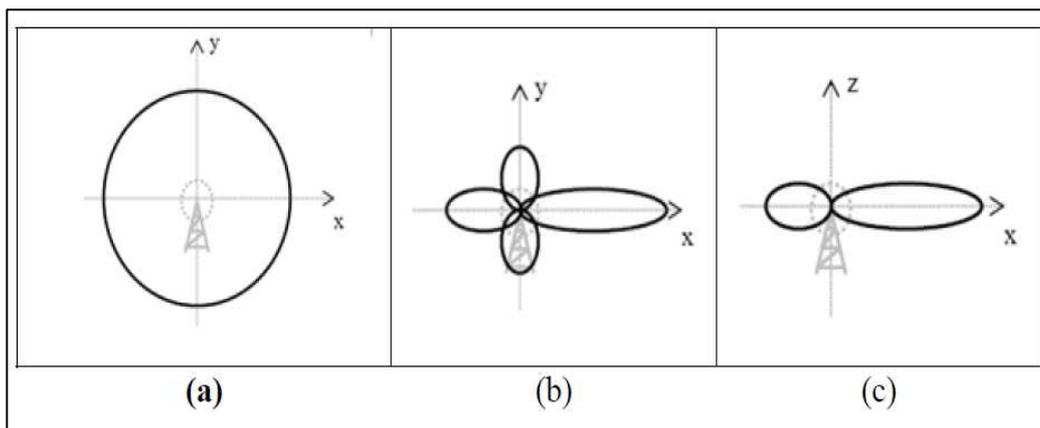


Fig 1.27 (a) Diagrama de radiación de una antena isotrópica, (b) y (c) diagrama de radiación de antenas directivas en la dirección x. <sup>[33]</sup>

#### 1.4.3.8 Polarización <sup>[35]</sup>

La polarización (E), se define como la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética. En general la polarización se describe por una elipse. Dos casos especiales de la polarización elíptica son la polarización lineal y la polarización circular. La polarización inicial de una onda de radio es determinada por la antena.

Con la polarización lineal, el vector del campo eléctrico se mantiene en el mismo plano todo el tiempo. El campo eléctrico puede dejar la antena en una orientación vertical, horizontal, o en algún ángulo entre los dos. La radiación polarizada verticalmente se ve ligeramente menos afectada por las reflexiones en el camino de transmisión. Las antenas omnidireccionales siempre tienen una polarización vertical. Con la polarización horizontal, tales reflexiones causan variaciones en la intensidad de la señal recibida.

Las antenas horizontales tienen menos probabilidad de captar interferencias generadas por el hombre, normalmente polarizadas verticalmente.

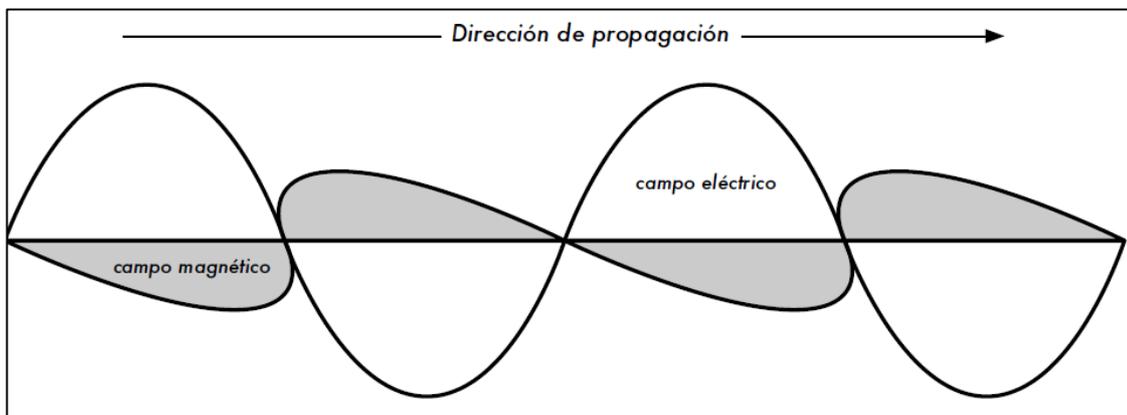


Fig 1.28 La onda senoidal eléctrica se mueve perpendicular a la onda magnética en la dirección de la propagación <sup>[35]</sup>

En la polarización circular el vector del campo eléctrico aparece rotando con un movimiento circular en la dirección de la propagación, haciendo una vuelta completa para

cada ciclo de RF. Esta rotación puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda. La elección de la polarización es una de las elecciones de diseño disponibles para el diseñador del sistema de RF.

#### *1.4.3.9 Desadaptación de polarización <sup>[35]</sup>*

Para transferir la máxima potencia entre una antena transmisora y una receptora, ambas antenas deben tener la misma orientación espacial, el mismo sentido de polarización y el mismo coeficiente axial. Cuando las antenas no están alineadas o no tienen la misma polarización, habrá una reducción en la transferencia de potencia entre ambas antenas. Esto va a reducir la eficiencia global y las prestaciones del sistema. Cuando las antenas transmisora y receptora están polarizadas linealmente, una desalineación física entre ellas va a resultar en una pérdida por desadaptación de polarización, que puede ser determinada utilizando la siguiente Fórmula:

$$\text{Pérdida (dB)} = 20 \log_{10} (\cos \beta)$$

Donde  $\beta$  es la diferencia en el ángulo de alineación entre las dos antenas. Para  $15^\circ$  la pérdida es de aproximadamente 0.3dB, para  $30^\circ$  perdemos 1.25dB, para  $45^\circ$  perdemos 3dB y para  $90^\circ$  tenemos una pérdida infinita.

Cuanto más grande la desadaptación de polarización entre una antena transmisora y una receptora, más grande la pérdida aparente. En el mundo real, la pérdida debida a una desadaptación en polarización de  $90^\circ$  es bastante grande pero no infinita. Algunas antenas como las Yagis, o las antenas de lata, pueden rotarse  $90^\circ$  de forma sencilla para corresponder con la polarización del otro extremo del enlace. La polarización puede aprovecharse en un enlace punto a punto. Use una herramienta de monitoreo para observar la interferencia desde redes adyacentes, y rote una antena hasta que se minimice la señal recibida. Luego instale su enlace utilizando la polarización en la que había medido interferencia mínima en ambos extremos. Esta técnica puede ser utilizada a veces para construir enlaces estables, aún en medio ambientes con mucho ruido RF.

#### 1.4.3.10 Ancho de banda <sup>[33]</sup>

Debido a la geometría finita de la antena, estas limitadas a operar satisfactoriamente en una banda o margen de frecuencias. Este intervalo de frecuencias es conocido como ancho de banda.

Lo podemos definir a partir de varios parámetros, como son el diagrama de radiación, la directividad, la impedancia, etc.

Los parámetros descritos a continuación están referidos al receptor, pero tanto en transmisión como en recepción estos parámetros son recíprocos, son tanto equivalentes en transmisión como en recepción. Una antena hace las funciones de transmisor como de receptor. Cuando no esta transmitiendo, esta recibiendo.

#### 1.4.3.11 Adaptación <sup>[33]</sup>

Desde los terminales de la antena, el receptor se ve así mismo como una impedancia de carga  $Z_L = R_L + jX_L$ , mientras que el receptor ve a la antena como un generador ideal de tensión  $V$  e impedancia  $Z_a = R_a + jX_a$ . La transferencia de potencia sea máxima cuando haya adaptación conjugada ( $Z_L = (Z_a)^*$ ), y entonces la potencia liberada por la antena a la carga será:

$$P_{L \max} = \frac{|V_{co}|^2}{4R_a}$$

$P_L$ : Potencia liberada

$V$ : Tensión

En general, si no hay adaptación se tiene:

$$P_L = P_{L \max} C_a$$

Ca es el coeficiente de desadaptación dado por:

$$C_a = 1 - |\rho_L|^2 = \frac{4R_a R_L}{(R_a + R_L)^2 (X_a X_L)^2}$$

RL+jXL: es la impedancia de carga

Ra+jXa; es la impedancia de tensión

#### 1.4.3.11 Área y longitud efectiva<sup>[33]</sup>

La antena extrae la potencia del frente de ondas incidentes, por lo que presenta una cierta área de captación o área efectiva A<sub>ef</sub>, definida como la relación entre la potencia que libera la antena a su carga y la densidad de potencia de la onda incidente que representa la porción del frente de onda que la antena ha interceptado y de la cual ha entregado toda la potencia a la carga.

$$A_{ef} = \frac{P_L}{\wp}$$

A<sub>ef</sub>: Área efectiva

P<sub>L</sub>: Potencia liberada

D: Densidad de potencia

La definición anterior lleva implícito la dependencia el área efectiva con la impedancia de carga, la adaptación y la polarización de la onda.

$$\wp = |E|^2 / \eta \quad A_{ef} = \frac{|V_{co}|^2}{4R_r \wp} = \frac{|V_{co}|^2 \eta}{|E|^2 4R_r} = \frac{l_{ef}^2 \eta}{4R_r}$$

E: polarización

Donde se ha introducido un nuevo parámetro, la longitud efectiva LEF, mediante la relación entre la tensión inducida en el circuito en bornes de la antena y la intensidad de campo incidente.

La longitud y el área efectiva están definidas a partir de magnitudes eléctricas y no coinciden necesariamente con las dimensiones reales de las antenas. De nuevo esta definición lleva implícito una dependencia con la polaridad de la onda.

$$l_{ef} = \frac{|V_{co}|}{|E|}$$

$l_{ef}$ : longitud efectiva

#### 1.4.4 Características de apuntamiento <sup>[36]</sup>

La orientación y montaje de una antena para transmisiones microondas depende del modelo concreto de antena, aunque el cálculo de los parámetros para su orientación es muy similar, y los conceptos son iguales en todos los tipos.

El máximo error de ángulo admisible para captar la señal del satélite adecuadamente es muy pequeño, del orden de 0,2°. Por ese motivo, luego de la orientación en base a los cálculos previos, generalmente hay que realizar un ajuste fino moviendo un poco la antena hasta encontrar el máximo nivel de señal satelital.

Para determinar la orientación de una antena, hay que tener en cuenta la localización geográfica del lugar de recepción (latitud y longitud) y la ubicación de la radio base a la cual se va a instalar.

Las divisiones en planos paralelos al ecuador son los paralelos, y el ángulo considerado se llama latitud, bien norte o bien sur, según sea del hemisferio norte o del hemisferio sur.

Las divisiones en planos que pasan por el eje terrestre (como el de Greenwich) son los meridianos, y el ángulo considerado se llama longitud, bien este o bien oeste.

La elevación es el ángulo al que hay que elevar la antena desde el horizonte para localizar la antena que ya fue instalada en la radio base o a su vez en el cliente.

El azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar el eje de la antena, desde el polo norte geográfico terrestre hasta encontrar la otra antena. A veces se indica este ángulo con relación al polo sur.

El desplazamiento de la polarización es el ángulo al que hay que girar el convertidor de la antena para que la polarización horizontal y vertical incida perfectamente en el convertidor.

*Los ángulos de orientación de la antena se pueden determinar básicamente de tres formas:*

- a) Mediante cálculo matemático, a partir de los datos de la latitud y longitud del punto de recepción, tomados con un GPS.
- b) Mediante tablas o gráficos realizados por el programa Pathloss.
- c) Mediante ábacos preparados a partir de las expresiones del apartado (a).

Generalmente, para instalar la antena se utiliza una brújula, que indica el polo norte magnético, el cuál no coincide con el polo norte geográfico. Por tanto habrá que tener en cuenta esta diferencia y corregirla; a dicho error se lo denomina declinación magnética, y varía para cada lugar del planeta e incluso para cada época del año.

Las antenas de recepción para radio frecuencias se fabrican con diferentes métodos de montaje y orientación. En todos los casos, se deben sujetar al suelo o algún elemento fijo suficientemente resistente para soportar la acción de la lluvia y el viento en el sitio de emplazamiento.

Las antenas de radio frecuencia tienen dos movimientos de rotación, coincidentes con el azimut y la elevación.

Para orientar esta antena, previamente se deben efectuar los cálculos de azimut y elevación. Con esos datos, se utilizan dos instrumentos:

- Brújula para medir el azimut.
- Inclinómetro para medir la elevación; también se mide el desplazamiento de la polarización.

Con la brújula se ajusta el valor del azimut al calculado en el apartado anterior, incluyendo la declinación magnética correspondiente. Para el ajuste con la brújula, no se debe acercarse mucho a superficies metálicas, pues podría dar un error al medir.

Para ajustar la elevación se utiliza el inclinómetro, que como su nombre lo indica, es un medidor de inclinación. Como el inclinómetro se coloca en la superficie de la antena, lo que realmente se mide es el ángulo complementario. Para el ajuste con el inclinómetro, se suele colocar una regla recta en los extremos de la superficie de la parábola para obtener un plano recto y fiable. En algunos modelos, el inclinómetro viene provisto con la antena.

A continuación se ajusta el desplazamiento de la polaridad al valor necesario.

Una vez orientada la antena, se procede a medir el nivel de señal que se recibe, con un medidor de campo adecuado, y se reajusta la antena para obtener el máximo nivel de señal.

Para orientar la antena offset se procede prácticamente igual que en el apartado anterior, a excepción de la elevación, ya que el offset indica un ángulo de inclinación que ya dispone la antena (el ángulo de offset es un dato suministrado por el fabricante de la antena).

Este tipo de antenas, son de menor tamaño que las de foco primario, al tener mayor rendimiento. Su ajuste es menos delicado que las de foco primario al ser de menor superficie y tener un haz algo más ancho.

## **1.5 MICROONDAS**

### **1.5.1 Microondas terrestres <sup>[37]</sup>**

El medio de comunicación conocido como microondas terrestres se compone de todas aquellas bandas de frecuencia en el rango de 1 GHz en adelante. El término "microondas"

viene porque la longitud de onda de esta banda es muy pequeña (milimétricas o micrométricas), resultado de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia en Hertz. Pero por costumbre el término se asocia a la tecnología conocida como microondas terrestres, que utilizan un par de radios y antenas de microondas.



Fig 1.29. Antena para transmisiones vía microonda tipo SAF <sup>[38]</sup>

Tanto los operadores de redes fijas como los móviles utilizan las microondas para superar el cuello de botella de la última milla de otros medios de comunicación.

Éste es un medio de transmisión que ya tiene muchas décadas de uso: en el pasado las compañías telefónicas se aprovechaban de su alta capacidad para la transmisión de tráfico de voz.

Las microondas terrestres siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas para interconectar bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases celulares.

Las estaciones de microondas consisten en un par de antenas con línea de vista -conectadas a un radio transmisor- que radian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 10-15 GHz, 18, 23 y 26 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 kilómetros de distancia una de la otra. Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2-8GHz, puede transmitir a distancias de entre 30 y 45 kilómetros. La única limitante de estos enlaces es la curvatura de la Tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender su cobertura a más kilómetros.

Debido a que todas las bandas de frecuencias de microondas terrestres ya han sido subastadas, para utilizar este servicio son necesarias frecuencias autorizadas por las autoridades de telecomunicaciones; es muy frecuente el uso no autorizado de este tipo de enlaces en versiones punto-punto y punto-multipunto.

### **1.5.2 Funcionamiento** <sup>[39]</sup>

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: El Transmisor, El receptor y El Canal Aéreo. El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, El Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

### 1.5.3 Antenas y torres de microondas <sup>[39]</sup>

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y re direccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos. En la figura 1.30 se muestra como trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de poder dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

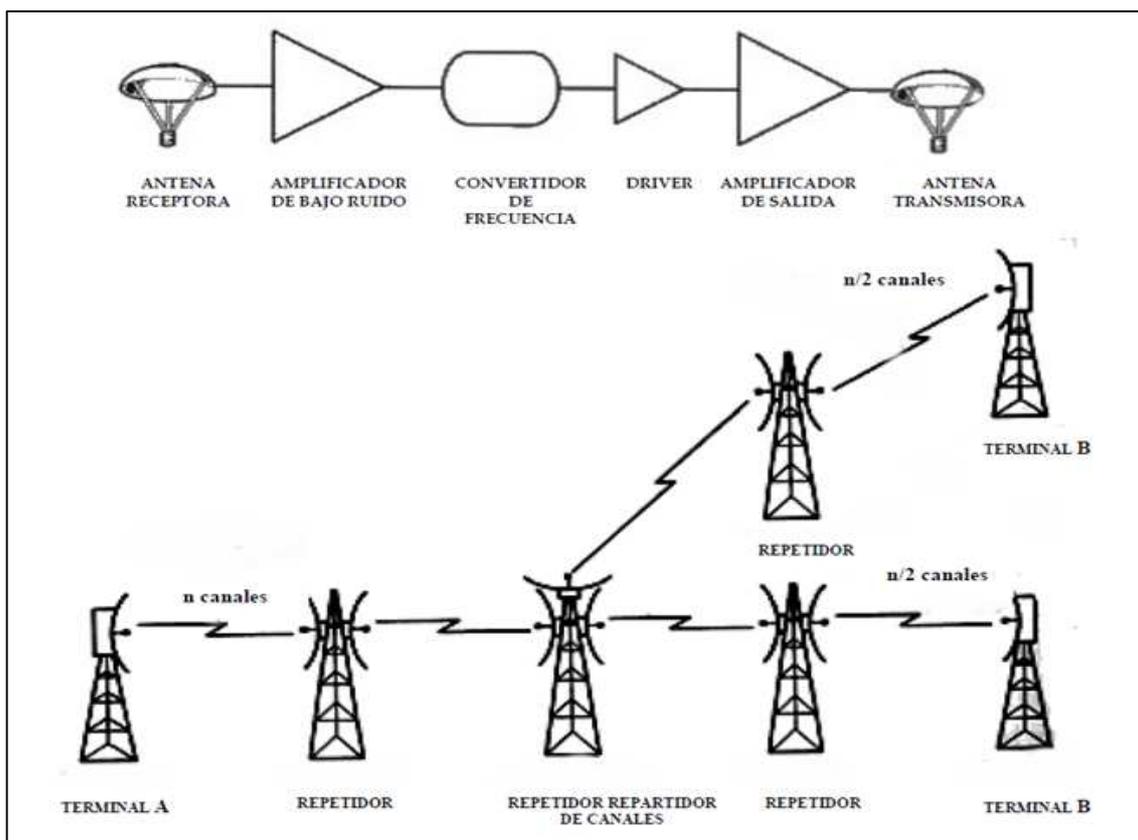


Fig 1.30 Como trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos. <sup>[39]</sup>

### 1.5.4 Lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microonda <sup>[40]</sup>

Banda de Frecuencia	Nombre	Modulación	Razón de Datos	Aplicaciones Principales
30-300 kHz	LF (low frequency)	ASK, FSK, MSK	0,1-100 bps	Navegación
300-3000 kHz	MF (medium frequency)	ASK, FSK, MSK	10-1000 bps	Radio AM Comercial
3-30 MHz	HF (high frequency)	ASK, FSK, MSK	10-3000 bps	Radio de onda corta
30-300 MHz	VHF (very high frequency)	FSK, PSK	Hasta 100 kbps	Televisión VHF, Radio FM
300-3000 MHz	UHF (ultra high frequency)	PSK	Hasta 10 Mbps	Televisión UHF, Microondas terrestres
3-30 GHz	SHF (super high frequency)	PSK	Hasta 100 Mbps	Microondas terrestres y por Satélite
30-300 GHz	EHF (extremely high frequency)	PSK	Hasta 750 Mbps	Enlaces cercanos punto a punto experimentales

Tabla 1.3 Banda de frecuencias para microondas <sup>[40]</sup>

Debido al uso de las frecuencias antes mencionadas algunas de las ventajas son:

- Antenas relativamente pequeñas son efectivas.
- A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por ello la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas de embudo, además pueden ser reflejadas con reflectores pasivos.
- Otra ventaja es el ancho de banda, que va de 2 a 24 GHz.

Como todo en la vida, el uso de estas frecuencias también posee desventajas:

Las frecuencias son susceptibles a un fenómeno llamado Disminución de Multicamino, lo que causa profundas disminuciones en el poder de las señales recibidas.

A estas frecuencias las pérdidas ambientales se transforman en un factor importante, la absorción de poder causada por la lluvia puede afectar dramáticamente la performance del canal.

### **1.5.5 Modulación de microondas <sup>[41]</sup>**

Los generadores de microondas son generadores críticos en cuanto a la tensión y la corriente de funcionamiento.

Uno de los medios es no actuar sobre el generador o amplificador pero si utilizar un dispositivo diodo pin en la guía de salida, modulada directamente la amplitud de la onda.

Otro medio es utilizar un desfasador de ferrita y modular la onda en fase. En este caso es fácil obtener modulación en frecuencia a través del siguiente proceso:

En una primera etapa, se modula en FM una portadora de baja frecuencia, por ejemplo 70 Mhz.

En una segunda etapa, esta portadora modulada es mezclada con la portadora principal en frecuencia de Ghz, por ejemplo 10 Ghz.

Un filtro de frecuencias deja pasar la frecuencia suma, 10070 Mhz con sus bandas laterales de 3 Mhz y por lo tanto la banda pasante será de 10067 a 10073 Mhz que es la señal final de microondas.

En el receptor se hace la mezcla de esta señal con el oscilador local de 10 Ghz seguido de un filtro que aprovecha la frecuencia de diferencia 70 Mhz la cual es amplificada y después detectada por las técnicas usuales en FM.

Ventaja de los radio enlaces de microondas comparados con los sistemas de línea metálica

- Volumen de inversión generalmente más reducido.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

Desventajas de los radio enlaces de microondas comparados con los sistemas de línea metálica

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación. Se han hecho ensayos para utilizar generadores autónomos y baterías de células solares.
- La segregación, aunque es posible y se realiza, no es tan flexible como en los sistemas por cable
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

### **1.5.6 Equipos que constituyen un enlace de microondas <sup>[41]</sup>**

Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser:

- Activos
- Pasivos

En los repetidores pasivos o reflectores.

- No hay ganancia
- Se limitan a cambiar la dirección del haz radioelectrónico.

Planes de frecuencia - ancho de banda en un radioenlace por microondas

En una estación terminal se requieran dos frecuencias por radiocanal.

- Frecuencia de emisión
- Frecuencia de recepción

Es una estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, es absolutamente necesario que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas, debido a:

- La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
- La necesidad de evitar los acoples entre ambos sentidos de transmisión.
- La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

### **1.5.7 Transmisión de microondas** <sup>[42]</sup>

Un sistema en el que se utilizan localmente las microondas. Constará fundamentalmente de un generador y del medio de transmisión de la onda hasta la carga; en caso contrario, se tendrá la necesidad de un sistema emisor y otro receptor, estando el emisor compuesto por los elementos anteriormente citados, donde la carga será una antena emisora, mientras que el receptor será otra antena, medio de transmisión y detector adecuado.

Además de estos elementos existirán otras componentes como pueden ser atenuadores, desfasadores, frecuencímetros, medidores de onda estacionaria, etc.; se va a circunscribir fundamentalmente a la guía de onda, como elemento fundamental de transmisión a éstas frecuencias.

Como ya se ha indicado, la guía de onda es en esencia una tubería metálica, a través de la cual se propaga el campo electromagnético sin prácticamente atenuación, dependiendo esta del material de que la misma esté fabricada; así, a una frecuencia determinada, y para una geometría concreta, la atenuación será tanto menor cuanto mejor conductor sea el material. A diferencia de lo que ocurre en el medio libre, en el que el haz de ondas electromagnéticas es más o menos divergente y sus campos transversales electromagnéticos (ondas TEM, ya citadas), en una guía el campo está confinado en su interior, evitándose la radiación hacia el exterior, y sus campos ya no pueden ser TEM sino que han de hacer necesariamente del tipo TE (campo eléctrico transversal a la dirección de propagación), o bien TM (campo magnético transversal) o bien híbridos, es decir, mezcla de TE y TM.

La configuración de la geometría, tipo de excitación de la guía y frecuencia, ocurriendo además que ciertas configuraciones de campo, denominadas modos, solo son posibles a frecuencias superiores a una determinada, denominada frecuencia de corte, existiendo un modo de propagación de dichos campos, el modo fundamental, que posee la frecuencia de corte mínima. Por debajo de esta frecuencia la guía no propaga la energía electromagnética.

#### **1.5.8 Confiabilidad de sistemas de radiotransmisión por microondas <sup>[39]</sup>**

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez. Por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km. de longitud, lo que equivale a permitir solo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del Comité

Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), los enlaces, deben tener una longitud media de 50 Km.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los resultados de dichos cálculos generalmente se dan como Tiempo Fuera de Servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

## **1.6 ACCESOS DE ÚLTIMA MILLA** <sup>[43]</sup>

La última milla es la conexión entre el usuario final y la estación local/central/hub. Esta puede ser guiada o no guiada, se conecta individualmente a los usuarios con la red de conmutación, es una red que puede ser más sencilla en cuanto a que necesita menor capacidad de ancho de banda por nodo.

### **1.6.1 Características** <sup>[44]</sup>

La gran carretera de la información que transporta toda la red de telecomunicaciones a través del mundo, se asemeja mucho al concepto descrito anteriormente, siendo la red de transporte la que provee los enlaces entre ciudades o nodos de la red y la red de acceso aquella que cubre la denominada “última milla”. Dado que los medios de transmisión en la red de acceso, con las posibilidades que ofrecen las actuales tecnologías, se pueden entremezclar en forma híbrida y ofrecer altas velocidades, será finalmente el cliente quien elija el medio y la tecnología que más le convenga de acuerdo a sus requerimientos en tiempo, cantidad de información y dinero que esté dispuesto a gastar.

Hoy los medios de transmisión a elegir son básicamente cuatro, el primero es el aire, que mediante sistemas no guiados utiliza una banda del espectro de frecuencia; en segundo

lugar está la fibra óptica, llegando directa o indirectamente al cliente, otra alternativa es por cable coaxial; y finalmente mediante el par de cobre.

Las soluciones híbridas fibra-coaxial y fibra-cobre, se encuentran ampliamente difundidas. Ahora bien, cuáles son los servicios que solicitan normalmente los clientes, Las necesidades van desde la más básica, como la telefonía (servicio de voz), otros como telefonía más banda ancha con acceso a Internet, (voz más datos) y los más exigentes: telefonía, banda ancha y televisión, (voz, datos y video). Claro está que para cada servicio se requiere de velocidades distintas y en consecuencia tendrán costos diferentes.

Las actuales tecnologías (XDSL, Línea de Abonado Digital Asimétrica o del inglés *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL), ADSL2+, muy alta tasa de transferencia o del inglés *Very high bit-rate Digital Subscriber Line* (VDSL) que utilizan el par de cobre, permiten ciertamente dar mayor velocidad y, por ende, hay menores retardos en la última milla, mayor calidad y múltiples servicios.

### **1.6.2 Tipos de accesos de última milla <sup>[43]</sup>**

En esta parte de la red son frecuentes las etapas de concentración empleando multiplexores o concentradores, con el objeto de ahorrar medios de transmisión, lo que requiere de una perfecta sincronización dentro de la red mediante el empleo de protocolos de señalización adecuados. De manera muy general, se pueden considerar cuatro modalidades de acceso en función del medio de conexión:

- Las redes de acceso vía cobre, entre las que se destacan las tecnologías XDSL;
- Las redes de acceso vía radio, tales como celular, WLL (*Wireless local loop*, lazo local inalámbrico), LMDS (*Local Multipoint Distribution System*, sistema de distribución multipunto local ), MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System*, sistema de distribución multipunto multicanal), y satélite;
- Las redes híbridas fibra – coaxial;

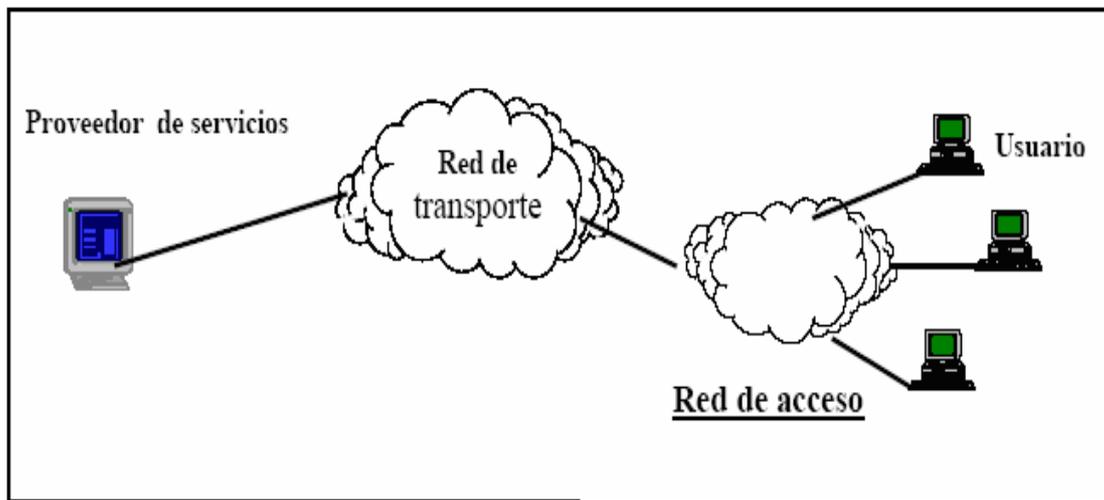


Fig 1.31 Redes de transporte y acceso <sup>[43]</sup>

### 1.6.3 Tecnologías guiadas <sup>[43]</sup>

#### 1.6.3.1 Acceso por vía cobre <sup>[43]</sup>

Para acceder al nodo del proveedor del servicio se puede realizar a través de la red telefónica, se tiene tres alternativas:

Empleando la Red telefónica Conmutada (RTC) mediante módems, la información digital se convierte en una señal analógica que puede transportarse en el ancho de banda reservado para la voz, se considera que la velocidad máxima es bastante baja (56 Kbps) en comparación con otras tecnologías de acceso.

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), proporciona un camino de transmisión digital durante toda la duración de la llamada y es adecuada para voz (que se envía digitalmente), videoconferencia, acceso remoto a redes, acceso a Internet. Con RDSI, un solo par de cobre permite transportar voz y datos simultáneamente, así como conexiones de

datos de mayor velocidad que la que permite un acceso analógico. Hay dos modalidades de RDSI:

- Acceso básico (2B+D) que es una conexión de dos flujos de datos de 64 Kbit/s (canales B) y un flujo de señalización a 16 Kbps (Canal D).
- Acceso primario (30B+D) que ofrece una velocidad máxima de 2048 kbps, para usuarios de empresas, esto es un acceso de 30 canales B y un canal común de señalización a 64 Kbps.

### 1.6.3.2 Redes VSAT<sup>[43]</sup>

La conmutación y el proceso a bordo, transforman al satélite en un conmutador virtual capaz de proveer ancho de banda en demanda a las estaciones de los usuarios.

Cuando se requiere atender una cobertura extensa en zonas remotas de difícil acceso o con usuarios muy disperso, ésta es una de las mejores alternativas, la amplia cobertura que proporciona los sistemas satelitales.

Las redes de terminales de apertura muy pequeña o del inglés *Very small Apertura terminals* (VSAT), son redes privadas de comunicación de datos por satélite para intercambiar información punto – punto, punto – multipunto (broadcasting) o interactiva, permite transferencia de datos, voz y video a velocidades disponibles en el orden de 500 Kbps a 2 Mbps.

### 1.6.4 Comparación de las tecnologías de acceso<sup>[43]</sup>

En la siguiente tabla muestra un breve resumen de las ventajas, desventajas, velocidades, difusión, costos y complejidad de las diferentes tecnologías de acceso, siendo éstas tecnologías alámbricas e inalámbricas.

Tecnologías	Ventajas	Desventajas	Difusión	Velocidad
Bucle inalámbrico: WLL, MMDS, LMDS	Fácil despliegue de Infraestructura	Transmisión sujeta a licencias del uso del espectro.	Media	256 Kbps/4 Mbps
Redes MAN/LAN Inalámbricas	Generalmente está ofrecido en áreas rurales que no tiene acceso a DSL, con WiFi en áreas llamadas "hot spots" principalmente en áreas urbanas.	Baja velocidad e interferencia en 802.11 En WiMax esta sujeta a licencias del uso del espectro.	Bajo	Wi fi – 11M/ 54M, Wi Max más de 75 M.
Celular	Permite la movilidad del usuario	Alto costo de la comunicación	Alta	115 Kbps-1024 Kbps
Satélite (Redes VSAT)	Coberturas extensas	Alto costo, retardo en transmisiones	Alta	64 Kbps-20 Mbps

Tabla 1.5 Comparación de las tecnologías de acceso inalámbricos <sup>[43]</sup>

## 1.7 INTERFACES <sup>[45]</sup>

Para comunicarse con el resto de la red, cada computadora debe tener instalada una tarjeta de interfaz de red (*Network Interface Card, NIC*). Se les llama también adaptadores de red o sólo tarjetas de red.

### 1.7.1 Frame Relay <sup>[45]</sup>

Frame Relay es un protocolo de acceso que define un conjunto de procedimientos y formatos de mensajes para la comunicación de datos a través de una red, sobre la base del establecimiento de conexiones virtuales entre 2 corresponsales.

Es un servicio orientado a conexión, sin mecanismos para la corrección de errores o el control de flujo, que permite una asignación dinámica del ancho de banda basada en los principios de la concentración y multiplexación estadística empleada en la X.25, pero a la vez provee la baja demora y alta velocidad de conmutación que caracteriza a los multiplexores por división de tiempo (TDM).

### 1.7.2 Standard V35/ V11 <sup>[46]</sup>

V.35 es una norma originalmente desarrollada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones o del inglés *International Telecommunication Union* (ITU) que hoy día se considera incluida dentro de la norma V.11

V.35 es una norma de transmisión sincrónica de datos que especifica:

- Tipo de conector
- Pin out
- Niveles de tensión y corriente

Las señales usadas en V35 son una combinación de las especificaciones V.11 para clocks y data) y V.28 (para señales de control).

Utiliza señales balanceadas (niveles de tensión diferencial) para transportar datos y clock (alta velocidad).

Utiliza señales desbalanceadas (niveles de tensión referidos a masa) para la señalización y control (baja velocidad).

Utiliza clocks de transmisión y recepción independientes.

La velocidad varia entre 56 Kbps hasta 2 Mbps (puede llegar hasta 10 Mbps), dependiendo el equipamiento y los cables utilizados. Los valores típicos son 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps etc.

Típicamente se utiliza para transportar protocolos de nivel 2 como Control de Enlace Síncrono de Datos o del inglés *High-Level Data Link Control* (HDLC), X.25, *Systems*

*Network Architecture* (SNA), Protocolo Punto a Punto o del inglés *Point-to-point Protocol* (PPP), etc.

El conector tradicional es el MRAC-34, pudiéndose también utilizar conectores DB-15 o de alta densidad (standard o propietario, por ejemplo Cisco).

### 1.7.3 E1 <sup>[47]</sup>

Es un formato de transmisión digital; su nombre fue dado por la administración de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT).

El formato de la llamada y desmonte de acuerdo a varios protocolos estandar de telecomunicaciones. Esto incluye señalización de canales asociados (*Channel Associated Signaling* - CAS) en donde un juego de bits es usado para replicar la apertura y cerrada del circuito. (Como si se para circuitos de llamadas de datos, sin riesgos de pérdidas de información).

Mientras que el estándar CEPT G703 especifica muchas opciones para la transmisión física, se utiliza de forma casi exclusiva el formato HDB3.

La trama E1 consta en 32 divisiones (*time slots*) PCM (*Pulse Code Modulation*) de 64k cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales de señalización, en cuanto a conmutación. Señalización es lo que usan las centrales para hablar entre ellas y decirse que es lo que pasa por el E1.

El ancho de banda se puede calcular multiplicando el número de canales, que transmiten en paralelo, por el ancho de banda de cada canal:

$$canales \times (\text{ancho por canal}) = 32canales \times 64kb = 2048kb$$

### 1.7.4 Tarjetas Ethernet <sup>[48]</sup>

Las tarjetas de red Ethernet utilizan conectores RJ-45, BNC, AUI, MII, GMII. El caso más habitual es el de la tarjeta o NIC con un conector RJ-45, aunque durante la transición del

uso mayoritario de cable coaxial (10 Mbps) a par trenzado (100 Mbps) abundaron las tarjetas con conectores BNC y RJ-45 e incluso BNC / AUI / RJ-45. Con la entrada de las redes Gigabit y el que en las casas sea frecuente la presencia de varios ordenadores comienzan a verse tarjetas y placas base (con NIC integradas) con 2 y hasta 4 puertos RJ-45, algo antes reservado a los servidores.

Pueden variar en función de la velocidad de transmisión, normalmente 10 Mbps ó 10/100 Mbps. Actualmente se están empezando a utilizar las de 1000 Mbps, también conocida como Gigabit Ethernet y en algunos casos 10 Gigabit Ethernet, utilizando también cable de par trenzado, pero de categoría 6, 6e y 7 que trabajan a frecuencias más altas.

Los elementos de una red Ethernet son: tarjeta de red, repetidores, concentradores, puentes, los conmutadores, los nodos de red y el medio de interconexión. Los nodos de red pueden clasificarse en dos grandes grupos: equipo terminal de datos (DTE) y equipo de comunicación de datos (DCE).

Los DTE son dispositivos de red que generan el destino de los datos: los PC, routers, las estaciones de trabajo, los servidores de archivos, los servidores de impresión; todos son parte del grupo de las estaciones finales. Los DCE son los dispositivos de red intermediarios que reciben y retransmiten las tramas dentro de la red; pueden ser: conmutadores (switch), concentradores (hub), repetidores o interfaces de comunicación. Por ejemplo: un módem o una tarjeta de interfaz.

#### *1.7.4.1 NIC, o Tarjeta de Interfaz de Red*

Permite que una computadora acceda a una red local. Cada tarjeta tiene una única dirección MAC que la identifica en la red. Una computadora conectada a una red se denomina nodo.

#### *1.7.4.2 Repetidor o repeater*

Aumenta el alcance de una conexión física, recibiendo las señales y retransmitiéndolas, para evitar su degradación, a través del medio de transmisión, lográndose un alcance

mayor. Usualmente se usa para unir dos áreas locales de igual tecnología y sólo tiene dos puertos. Opera en la capa física del modelo OSI.

#### *1.7.4.3 Concentrador o hub*

Funciona como un repetidor pero permite la interconexión de múltiples nodos. Su funcionamiento es relativamente simple pues recibe una trama de ethernet, por uno de sus puertos, y la repite por todos sus puertos restantes sin ejecutar ningún proceso sobre las mismas. Opera en la capa física del modelo OSI.

#### *1.7.4.4 Puente o bridge*

Interconecta segmentos de red haciendo el cambio de frames (tramas) entre las redes de acuerdo con una tabla de direcciones que le dice en qué segmento está ubicada una dirección MAC dada. Se diseñan para uso entre LAN's que usan protocolos idénticos en la capa física y MAC (de acceso al medio). Aunque existen bridges más sofisticados que permiten la conversión de formatos MAC diferentes (Ethernet-Token Ring por ejemplo).

#### *1.7.4.5 Conmutador o Switch*

Funciona como el bridge, pero permite la interconexión de múltiples segmentos de red, funciona en velocidades más rápidas y es más sofisticado. Los switches pueden tener otras funcionalidades, como Redes virtuales, y permiten su configuración a través de la propia red. Funciona básicamente en la capa 2 del modelo OSI (enlace de datos). Por esto son capaces de procesar información de las tramas; su funcionalidad más importante es en las tablas de dirección. Por ejemplo, una computadora conectada al puerto 1 del conmutador envía una trama a otra computadora conectada al puerto 2; el switch recibe la trama y la transmite a todos sus puertos, excepto aquel por donde la recibió; la computadora 2 recibirá el mensaje y eventualmente lo responderá, generando tráfico en el sentido contrario; ahora el switch conocerá las direcciones MAC de las computadoras en el puerto 1 y 2; cuando reciba otra trama con dirección de destino de alguna de ellas, sólo transmitirá la trama a

dicho puerto disminuyendo así el tráfico de la red y contribuyendo al buen funcionamiento de la misma.

## 1.8 DIRECCIONES IP<sup>[49]</sup>

Las direcciones IP *Internet Protocol*, son únicas para cada máquina. Para ser precisos, cada dirección es única para cada una de las interfaces de red IP de cada máquina. Si una máquina dispone de más de una interfaz de red, necesitará una dirección IP para cada una.

Las direcciones IP tienen una longitud de 32 bits (4 bytes), IPV4

Para representar una dirección, se suele escribir los 4 bytes en decimal y separados por puntos. Por ejemplo:

212.45.10.89

La numeración en IP sigue una filosofía jerárquica. Cada dirección está formada por dos partes. Una corresponde a la red donde está la estación y la otra, a la propia estación.

Para conseguir que no haya ninguna dirección igual, Internet dispone de una organización denominada *Internet Network Information Center* o *InterNIC*, que se dedica a esta tarea. En la actualidad, esta entidad delega la responsabilidad de la asignación de direcciones a entidades regionales. Las direcciones se asignan por grupos o redes, no individualmente.

Los tipos de redes que tienen cabida en Internet se distinguen por la cantidad de estaciones que pueden soportar, y son los siguientes:

### **1.8.1 Las redes de clase A**

Reservan el primer byte como identificador de red y los tres restantes como identificadores de estación. El primer bit del primer byte vale 0, por tanto, en Internet sólo puede haber 128 redes de clase A.

### **1.8.2 Las redes de clase B**

Tienen 16 bits para cada campo; los dos primeros bytes del identificador de red valen 1 0, por tanto, hay 16.384 redes, como mucho, 65.536 estaciones.

### **1.8.3 Las redes de clase C**

Reservan 24 bits para el identificador de red (con los tres primeros bits 1 1 0) y los 8 restantes son para el identificador de estación.

### **1.8.4 Las redes de clase D**

Se creó para permitir multicast en una dirección IP. Una dirección multicast es una dirección exclusiva de red que dirige los paquetes con esa dirección destino hacia grupos predefinidos de direcciones IP. Por lo tanto, una sola estación puede transmitir de forma simultánea una sola corriente de datos a múltiples receptores.

### **1.8.5 Las redes de clase E**

Se ha definido una dirección Clase E. Sin embargo, la *Fuerza de tareas de ingeniería de Internet* (IETF) ha reservado estas direcciones para su propia investigación. Por lo tanto, no se han emitido direcciones Clase E para ser utilizadas en Internet. Los primeros cuatro bits de una dirección Clase E siempre son 1s. Por lo tanto, el rango del primer octeto para las direcciones Clase E es 11110000 a 11111111, o 240 a 255.

Una vez que se conoce una dirección, es fácil saber si corresponde a una red de clase A, B, C, D o E como se puede ver en el siguiente cuadro:

	Desde	Hasta
CLASE A	0.0.0.0	127.255.255.255
CLASE B	128.0.0.0	191.255.255.255
CLASE C	192.0.0.0	223.255.255.255
CLASE D	224.0.0.0	239.255.255.255
CLASE E	240.0.0.0	255.255.255.255

Tabla 1.5 Clases de direcciones IP <sup>[49]</sup>

La clase A está pensada para grandes empresas o corporaciones, con muchos terminales por identificar; la clase B, para corporaciones medianas; la clase C, para entornos mucho más pequeños; la clase D está destinada al tráfico multicast IP, y la clase E, de momento, no tienen ningún uso concreto.

## 1.9 MÁSCARAS DE RED

Cuando un administrador de sistemas recibe el encargo de gestionar un conjunto de direcciones, es posible que necesite configurar internamente red de área local, o LAN *Local Area Network*. Por ello, el mecanismo para distinguir distintas redes (LAN) entre sí no se puede basar exclusivamente en los bits identificadores de clase que se ha comentado con anterioridad.

La máscara de red constituye el mecanismo que permitirá conseguir más flexibilidad. Por medio de una máscara de 32 bits, se definirá los bits que identifican la red (bits en 1) y los que identifican la estación (bits en 0). Por norma general, los bits 1 y los 0 son consecutivos, pero no necesariamente.

El concepto *máscara* es capital para la comprensión del funcionamiento de las redes IP, permite a una estación decidir si el destino al que debe transmitir un paquete se encuentra dentro de la misma red de área local que este último o si, por el contrario, se encuentra en una LAN remota y, por tanto, debe delegar su transmisión a algún equipo de su misma LAN (el direccionador) para que se encargue de hacer llegar el paquete a su destino.

Todas las estaciones de una misma red de área local deben utilizar el mismo identificador de red y es preciso que todas las estaciones posean la misma máscara.

Si tiene dos estaciones con las direcciones 147.83.153.100 y 147.83.153.200, se puede deducir que están interconectadas directamente (por una LAN) si la máscara de su red es 255.255.255.0, también se puede determinar que no están conectadas con la misma LAN si la máscara fuese, por ejemplo, 255.255.255.128.

Una notación alternativa es proporcionar el número de bits 1 de la máscara. Así pues, la máscara 255.255.255.0 es una máscara de 24 bits y la 255.255.255.128 es una máscara de 25 bits.

En ocasiones, se puede ver una dirección con el añadido de la máscara; por ejemplo:

147.83.153.100/24. Sin embargo, esta notación sólo es útil para máscaras con 1 consecutivos.

## **1.10 PING<sup>[52]</sup>**

Es una utilidad diagnóstica en redes de computadoras que comprueba el estado de la conexión del host local con uno o varios equipos remotos por medio del envío de Protocolo de Mensajes de Control de Internet ó *Internet Control Message Protocol* (ICMP) de solicitud y de respuesta. Mediante esta utilidad puede diagnosticarse el estado, velocidad y calidad de una red determinada.

Ejecutando Ping de solicitud, el Host local envía un mensaje ICMP, incrustado en un paquete IP. El mensaje ICMP de solicitud incluye, además del tipo de mensaje y el código del mismo, un número identificador y una secuencia de números, de 32 bits, que deberán coincidir con el mensaje ICMP de respuesta; además de un espacio opcional para datos.

Muchas veces se utiliza para medir la latencia o tiempo que tardan en comunicarse dos puntos remotos.

## **1.12 SITE SURVEY**

El levantamiento de información o site survey son requeridos para la instalación de los sistemas de telecomunicaciones, con el objeto de recopilar información sobre la ubicación de los equipos, espacio disponible, infraestructura existente (torre, antenas, energía y puestas a tierra, canalizaciones entre otros). Asimismo, esta información permite la elaboración del informe de ingeniería previo a la instalación y de detalles de los sistemas a ser instalados.

El site survey se los realiza días antes de la instalación donde el técnico deberá tomar datos muy importantes, como de primer punto será si existe línea de vista entre el cliente y la radio base, lo cual determinara la altura a instalarse la antena en la radio base, metros de

cable para la antena hasta el cuarto de equipos, metros de cable de tierra para aterrizar la antena y tipo de conector a utilizar, recorrido del cableado desde la antena hasta la ubicación de la IDU en el rack de equipos el mismo se detallará con fotografías tomadas en el sitio, y para el lado del cliente se detallara si será necesario la instalación del mástil y altura de el mismo o a su vez la instalación de una torre triangular para tener línea de vista hacia la radio base, coordenadas obtenidas con la ayuda de un GPS, los cuales servirán para ingresar en el programa pathloss y obtener un perfil topográfico del lugar, en si muchos detalles útiles previo a la instalación del sistema de microondas.

Tomados todos los datos el técnico deberá llenar un formato de informe el cual es proporcionado por la empresa proveedora del servicio. Adjuntando fotografías que tomará en el cliente y radio base. Para mayor detalles se tomó en cuenta el site survey de la instalación del cliente Aneta Villaflora y está impreso en el anexo 1.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 VERIFICACIÓN DE LOS CANALES DE TELECOMUNICACIONES

Para verificar los canales de comunicación se debe asistir al lugar que se va a realizar la instalación de las antenas microondas con todos los equipos necesarios para dicha instalación, tanto como en Claro y Movistar se debe llenar un formato determinado por las operadoras.

Se tomará en cuenta varios tipos de antenas, ya sean de frecuencias libres o como de frecuencias licenciadas emitidas por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPATEL). Las antenas de tipo CERAGON y AISAI, son de bandas de frecuencias libres, y las de tipo COMBA que son utilizadas para bandas de frecuencia licenciada.

### 2.2 ANTENA TIPO CERAGON <sup>[50]</sup>

La familia de productos Ceragon FibeAir 4800 es la solución ideal para proveedores de servicios y empresas que requieren un despliegue inmediato y rápido retorno de la inversión. FibeAir 4800 es un bajo costo del sistema inalámbrico de punto a punto de banda ancha que opera en la sub 6 GHz sin licencia.

La familia de productos 4800 FibeAir lleva Fast Ethernet y servicios TDM sobre bandas exentas de licencia, efectivamente conectan voz y datos a través de un único enlace. El sistema asegura una BER *Basic Encoding Rules* o (Reglas de codificación básicas) baja, así como una baja latencia y el pleno cumplimiento de interfaz E1/T1.

FibeAir 4800 permite la conexión directa de los equipos existentes, como los sistemas LAN, eliminando así la necesidad de equipos externos adicionales.

- Datos de alta velocidad  
Hasta 48 Mbps
- Espectro exentos de licencia  
Bandas de 2,4 GHz y 4.9-5.8GHz
- Esquemas de modulación configurable

QPSK, 16 QAM, 64 QAM

- Multi-servicio de transporte  
Integrado Fast Ethernet y nx E1/T1 interfaces
- Amplia gama de funcionamiento  
Hasta 80 km / 50 millas
- Múltiples configuraciones  
Split-Monte, Todos los interiores y al aire libre
- Conformidad con las normas  
ETSI, FCC, IC, la UIT-T y IEEE y la frecuencia de los planes, para el funcionamiento de todo el mundo



Fig. 2.1 Antena Ceragon

Para este ejemplo se tomó la instalación de la Empresa Automóvil Club Del Ecuador (ANETA), ubicado en la Provincia de Pichincha, Ciudad de Quito, Av. Alonso de Angulo # 610 y Pedro de Alfaro

### **2.2.1 Instalación de las antenas en la radio base Guajalo y el cliente ANETA**

De acuerdo al informe de Survey (ANEXO A), el tipo de antena para este cliente es Ceragon de tipo Flat Panel.

Para realizar este tipo de trabajos el técnico deberá estar preparado con un curso de capacitación de trabajos en alturas, donde se le indicará la manera correcta de utilizar el arnez de seguridad, cazco de protección de la cabeza, guantes, calzado, gafas para protección de los ojos como principales medidas. Una vez aprobado este curso de capacitación el técnico estará preparado para la instalación de este tipo de antenas.

Se deberá acudir de forma personal al lugar de la Radio Base y ubicación del cliente para constatar algunos parámetros importantes para la instalación que se realizará.

Para la ubicación de la antena se deberá tomar en cuenta que exista línea de vista entre el cliente y la radio base que se utilizará es decir no exista obstrucción alguna como pueden ser montañas, árboles, edificios, casas, o algún objeto que pudiera evitar el paso de las ondas electromagnéticas emitidas por la antena, también se determinará la posición exacta de la antena en la torre ya que esta posee tres aristas identificadas con letras del alfabeto A, B, C, debido que es una torre auto soportada.

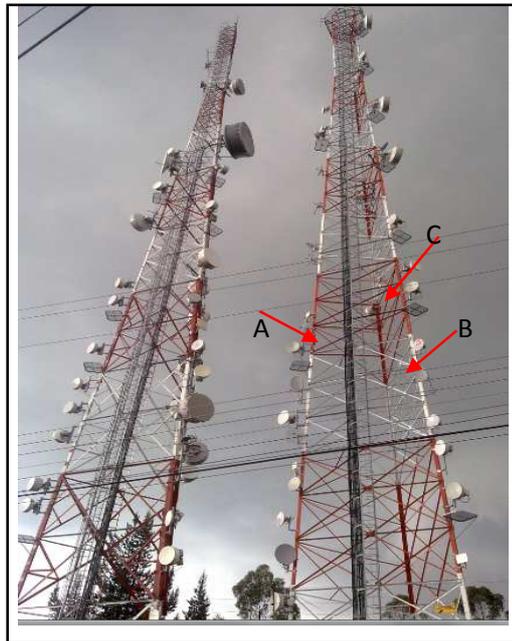


Fig 2.2 Aristas de torre auto soportada

Para este caso se ubicó la antena en una altura de cinco (5) metros tomados desde la base de la torre, la antena deberá ser sujeta a un polo tipo C, que llevará la forma y medidas de

la arista escogida ya que en la mayoría de torres auto soportadas las medidas del perfil varían de acuerdo a la altura que se encuentre la ubicación de la antena.



Fig 2.3 Antena instalada en la RBS Guajalo

Como en el sitio que asignó el cliente ANETA no existe un lugar apropiado para la instalación de la antena se procederá a instalar un mástil de tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, y una altura de 3 metros, el mismo deberá ser empotrado sobre la terraza de las oficinas del cliente.



Fig 2.4 Antena instalada en el cliente ANETA

El técnico deberá instalar la antena con una polarización correcta sea Vertical u Horizontal, para evitar interferencias con los demás enlaces instalados en el lugar. Para este caso se recomendó la polarización horizontal debido que son frecuencias libres y existe un 90 % aproximado de que exista interferencia alguna. En este tipo de antenas la polarización de las mismas se indica en la parte posterior con una flecha que se toma como referencia el nivel del piso.



Fig 2.5 Polarización de las antenas

En el siguiente cuadro se puede verificar alguno de los parámetros de la antena instalada

CARACTERISTICAS DE LA ANTENA INSTALADA					
MARCA	TIPO	MEDIDAS/DIAMETRO	PESO	GANANCIA	FECHA DE INSTALACIÓN
CERAGON	FLAT PANEL	305X305X19 (mm)	1.5 kgr	23 dBi	07/01/2011

Tab. 2.1 Características de la Antena Instalada

Una vez instalada la antena en la torre se debe proceder a realizar el cableado hacia el cuarto de equipos que posee la radio base y el cliente, el mismo deberá seguir la escalerilla que esta ubicada junto a la torre para evitar en un futuro la saturación de espacio y posibles daños por terceros. El cable que se utilizará es de tipo de par trenzado en FTP con

conexiones de cable directo en sus extremos de conectores RJ-45 de categoría 6 con la misma norma de configuración (EIA/TIA 568B). En la parte del cliente es recomendable que el cable vaya protegido con manguera anillada de protección de plástico, ya que esta es decorativa para la parte exterior y para el interior de oficinas se utilizará canaletas decorativas.



Fig. 2.6 Recorrido del cable de datos en la RBS Y Cliente

En la parte interior de las edificaciones es recomendable que el cable de datos tenga un recorrido el cual no se cruce con cables de energía para evitar interferencia con el ruido eléctrico que emiten dichos cables.



Fig. 2.7 Recorrido interno del cable en la RBS y Cliente

En la terminación del recorrido del cable de datos se recomienda cortar la medida exacta, ya que si es muy largo este saturará el espacio disponible del rack.



Fig. 2.8 Recorrido del cable hasta la ubicación del equipo IDU en la RBS y Cliente

Una vez que se encuentre realizado el cableado se procederá a instalar la Unidad Interior ó *Indoor Unit (IDU)*, para esto se deberá tomar en cuenta el espacio disponible en el rack de equipos, como el tamaño de la IDU es reducido se recomienda instalar una bandeja para posar sobre ella los equipos a instalarse. En el cliente se lo ubicará en el espacio que él designe. Tomando en cuenta las medidas de seguridad para que este no sea destruido por terceras personas.

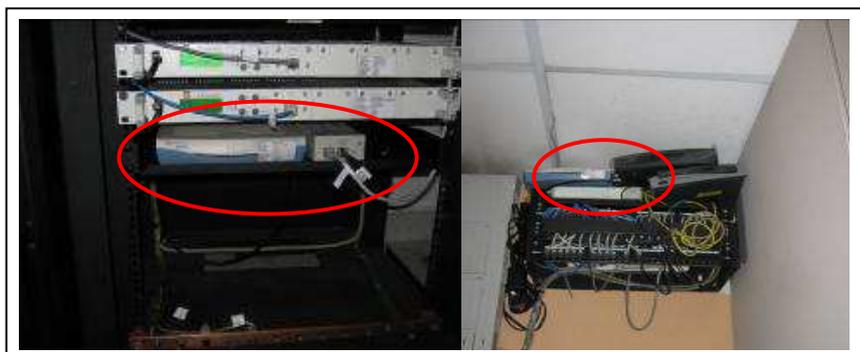


Fig. 2.9 Ubicación de la IDU en la RBS y Cliente

Cuando se encuentran instalados todos los equipos se deberán realizar las conexiones de aterrizajes a la barra de tierra para proceder a encender cada uno de los equipos, ya sea de la antena Fig. 2.10, en la barra de tierra que se encuentra en la base de la torre, y también se debe polarizar los equipos internos Fig. 2.11, en la barra de tierra que se encuentra en la parte inferior del rack de equipos instalados.

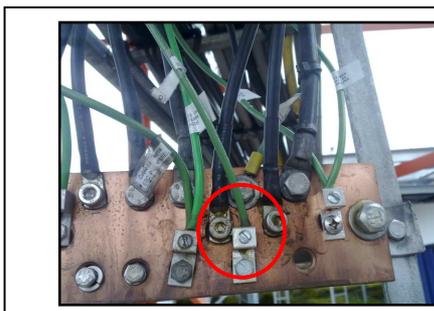


Fig. 2.10 Polarización de la Antena



Fig. 2.11 Polarización de la IDU

En este tipo de enlace microonda el cable que conecta la antena con la IDU es el cable FTP, con los terminales tipo RJ-45 con un ponchado de categoría 5 y la norma J68B. Para estos equipos la conexión de energía es mediante un adaptador que viene de fábrica junto a cada equipo a instalar y va conectado directamente a la toma de 110 voltios, en el caso que solo existiera voltajes de – 48 voltios se deberá utilizar un conversor de energía para obtener el valor de energía a utilizar. Es recomendable que la toma de energía provenga de un Sistema de alimentación ininterrumpida ó *Uninterruptible Power Supply* (UPS), para evitar daños en los equipos al instante que sufran un corte de energía. En las radio base existe un

sistema de bancos de baterías que son capaces de mantener encendidos todos los equipos instalados en ese lugar por un tiempo limitado ya que después pasa a funcionar el sistema de generador de energía eléctrica que es alimentado con motor de combustible, hasta que se restablezca el sistema de energía eléctrica.

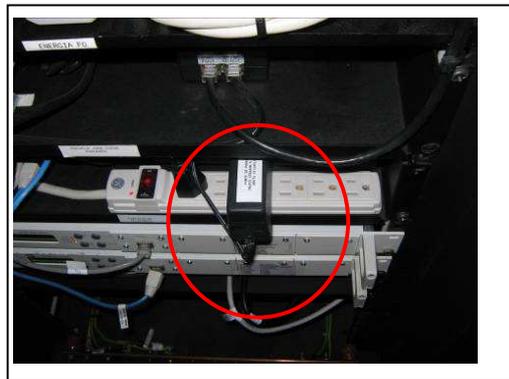


Fig. 2.12 Adaptador de Energía para la IDU

Se procederá a encender los equipo, para realizar las configuraciones necesarias que se detalla a continuación en cada una de las pantallas capturadas en esta instalación.

Para la configuración de este equipo se utiliza un software específico y es el FA480 manager que viene en un CD para instalar en el computador que va a ser utilizado para monitorear este tipo de enlace microonda.

### **2.2.2 Pasos para configurar un enlace ceragon**

- **SYSTEM**

Este parámetro es muy importante para la configuración de estos equipos, con estos detalles los equipos se logran sincronizar optimizando la utilidad que se los va aplicar, y así poder estar seguros que no se van a sincronizar con antenas del mismo tipo, donde se evitará las interferencias por frecuencias similares. Los parámetros deberán estar escritos con letras mayúsculas sin caracteres especiales, se ingresa el nombre de la Radio Base que se instaló, la empresa que realiza la instalación, y el nombre de la empresa que contrato este servicio.

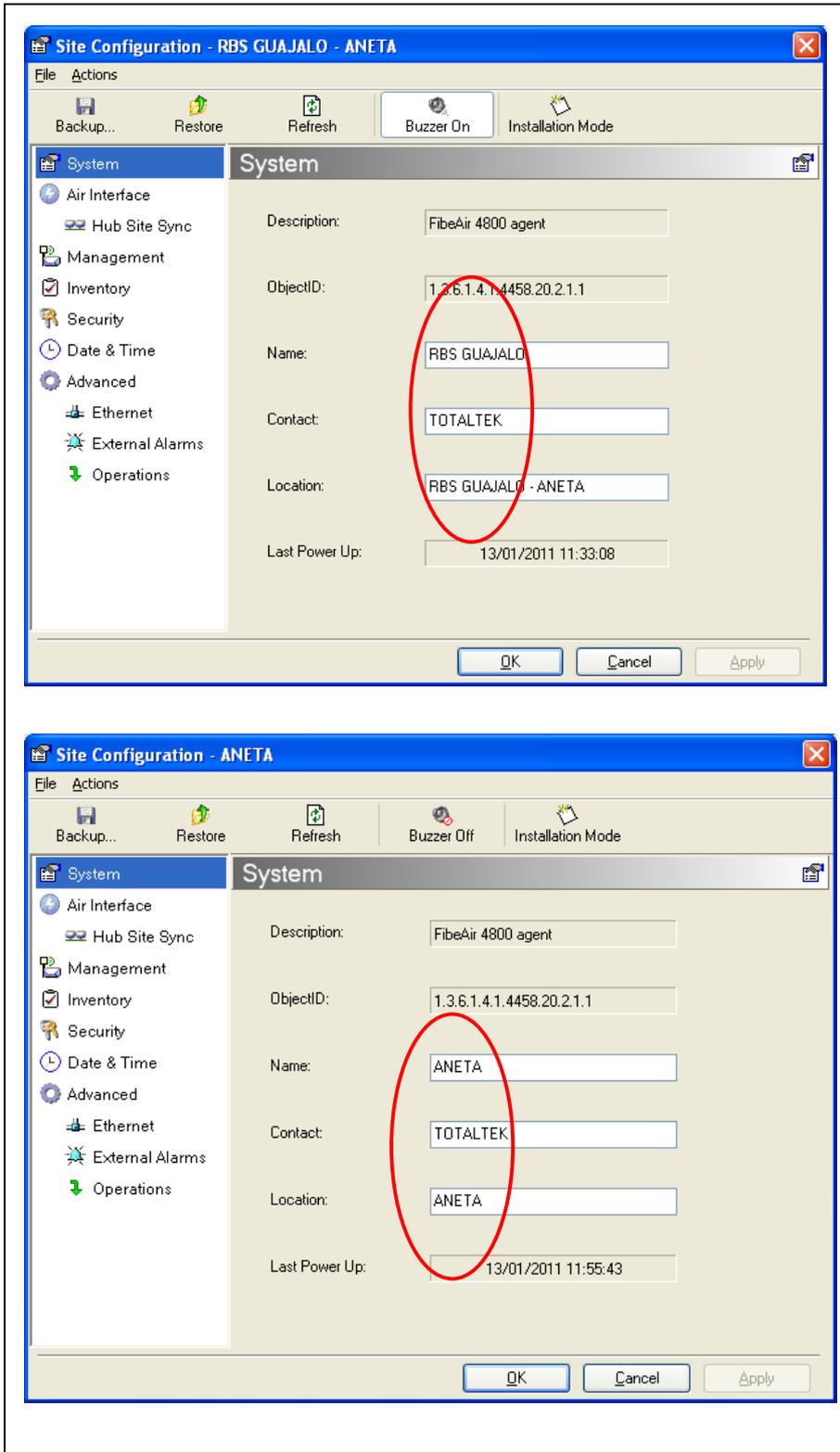


Fig. 2.13 Configuración de System en RBS Y Cliente

- AIR INTERFACE

Para ingresar los valores de potencia de transmisión se deberá escoger entre un rango de 12 dBm a 18 dBm, los cuales dependerán de la distancia entre las antenas instaladas, también se deberá configurar el canal de frecuencias en este caso es de 5.520 GHz y un Ancho de Banda de 10 MHz.

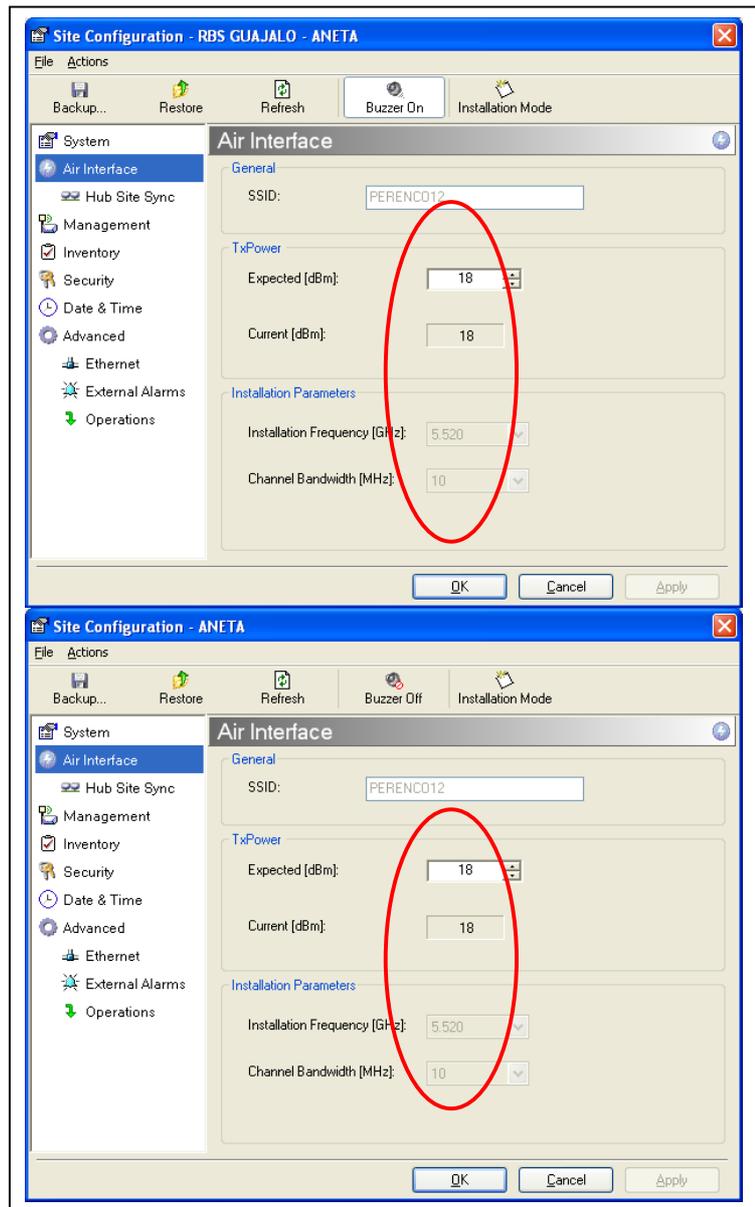


Fig. 2.14 Configuración de Air Interface



- INVENTORY

Indicará los parámetros de la unidad exterior u *Outdoor Unit* (ODU) y Unidad Interior o *Indoor Unit* (IDU), que se encuentran instalados en ese lugar.

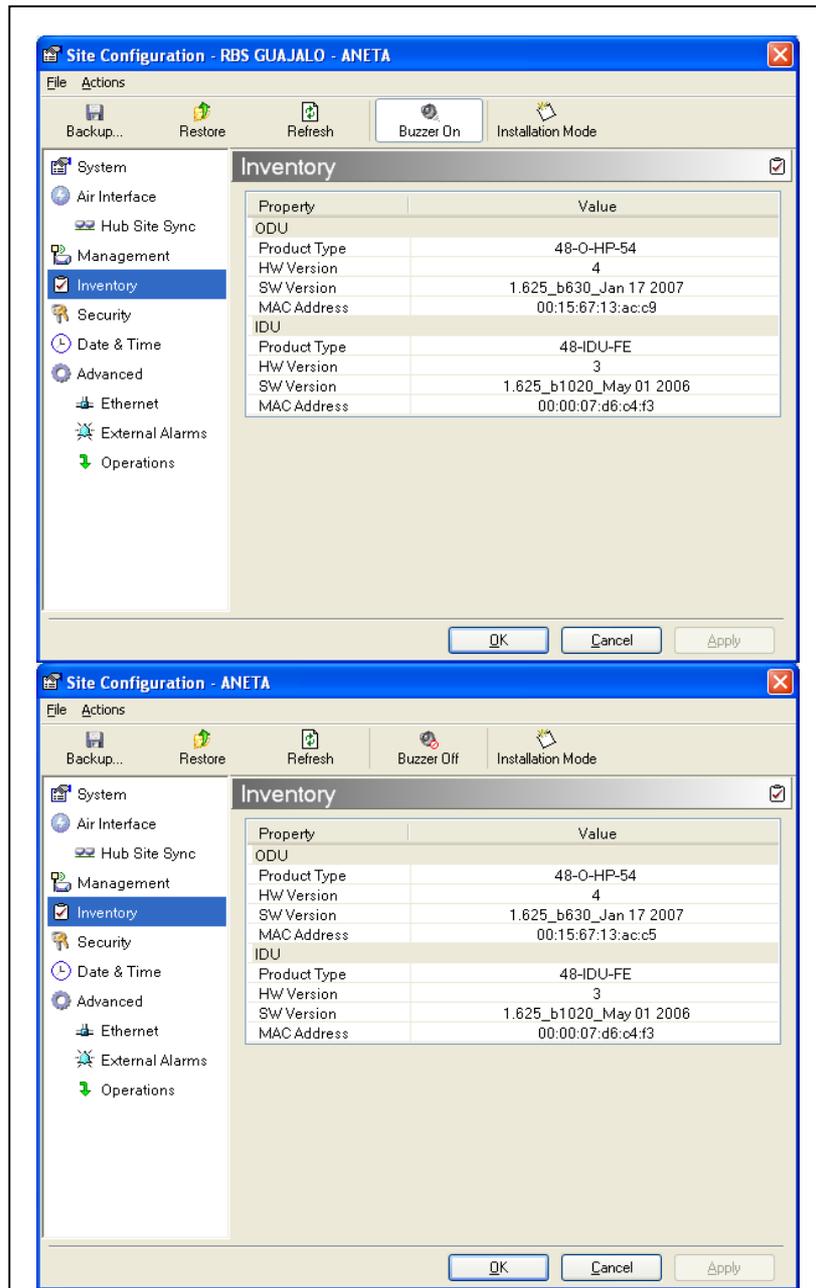


Fig. 2.16 Configuración de Inventory

- SECURITY

En este parámetro no se cambia los valores de contraseñas ya que estos equipos son monitoreados remotamente y no se podría ingresar al software para dar soluciones inmediatas a posibles problemas que presente el equipo.

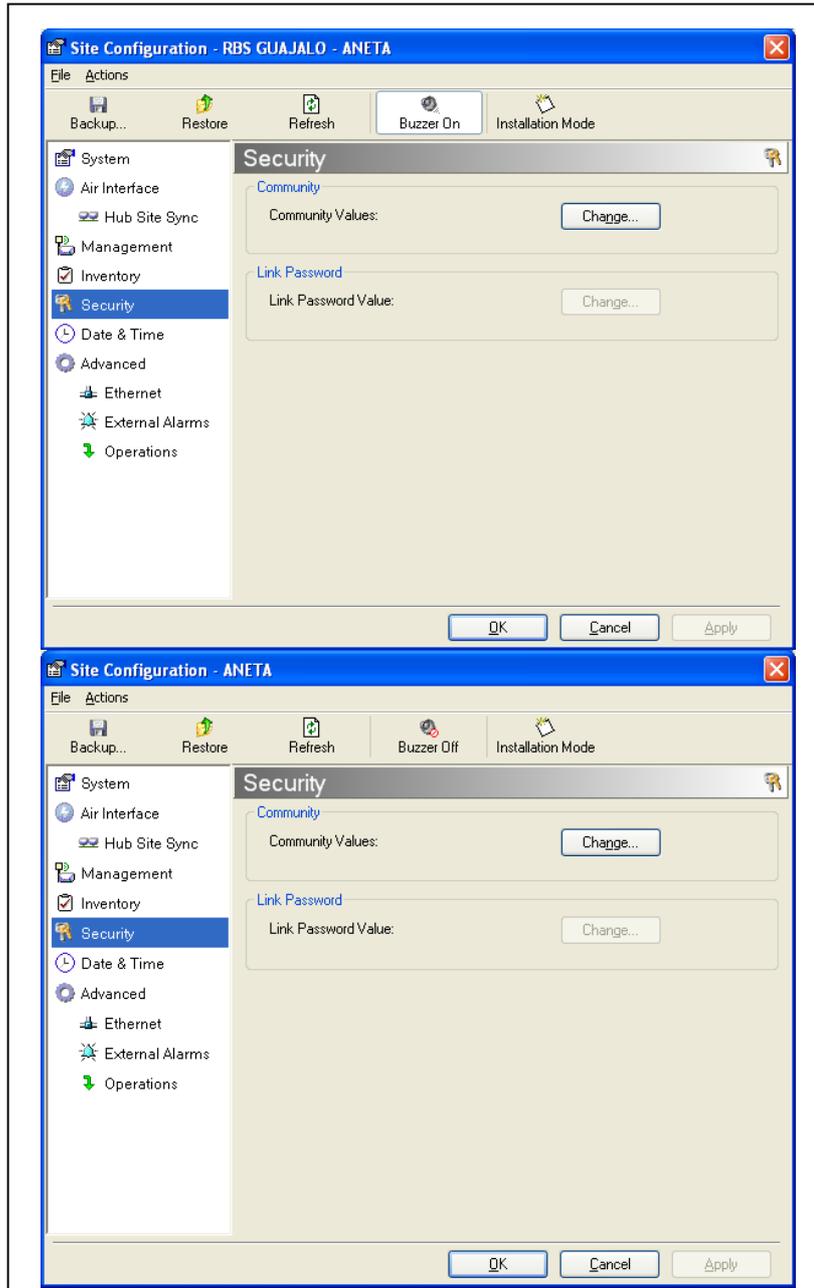


Fig. 2.17 Configuración de Security

- ADVANCED

Dentro de esta aplicación es muy importante los parámetros que indica el software del equipo. Se deberán configurar parámetros como Ethernet, External Alarms, Operations.

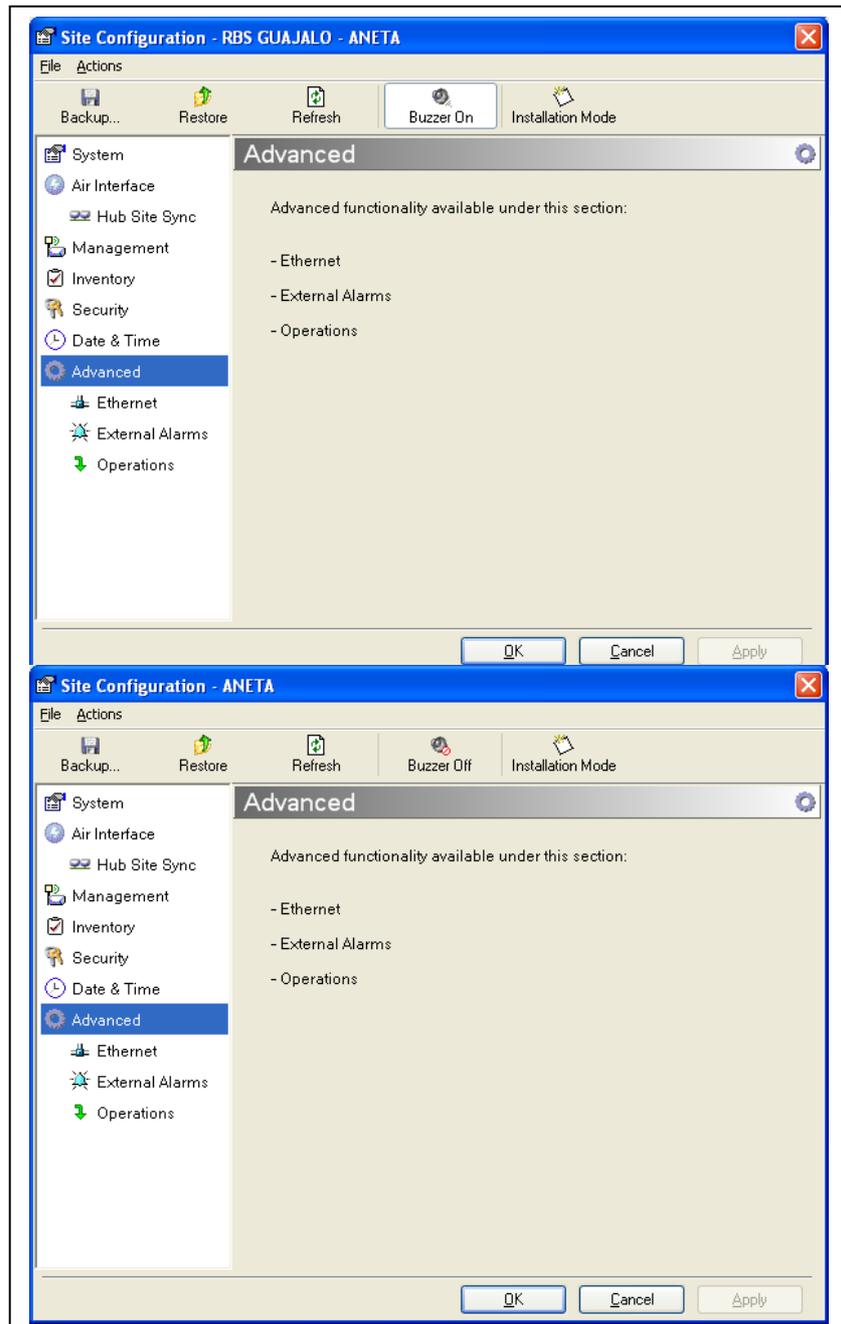


Fig. 2.18 Configuración de Advanced

- ETHERNET

En esta parte de la configuración se debe poner en ODU mode Bridge, para que este enlace funcione como un canal de comunicación, y al instante de conectar en los terminales un ordenador se puedan poner en cualquier tipo de red ya sea pública o privada.

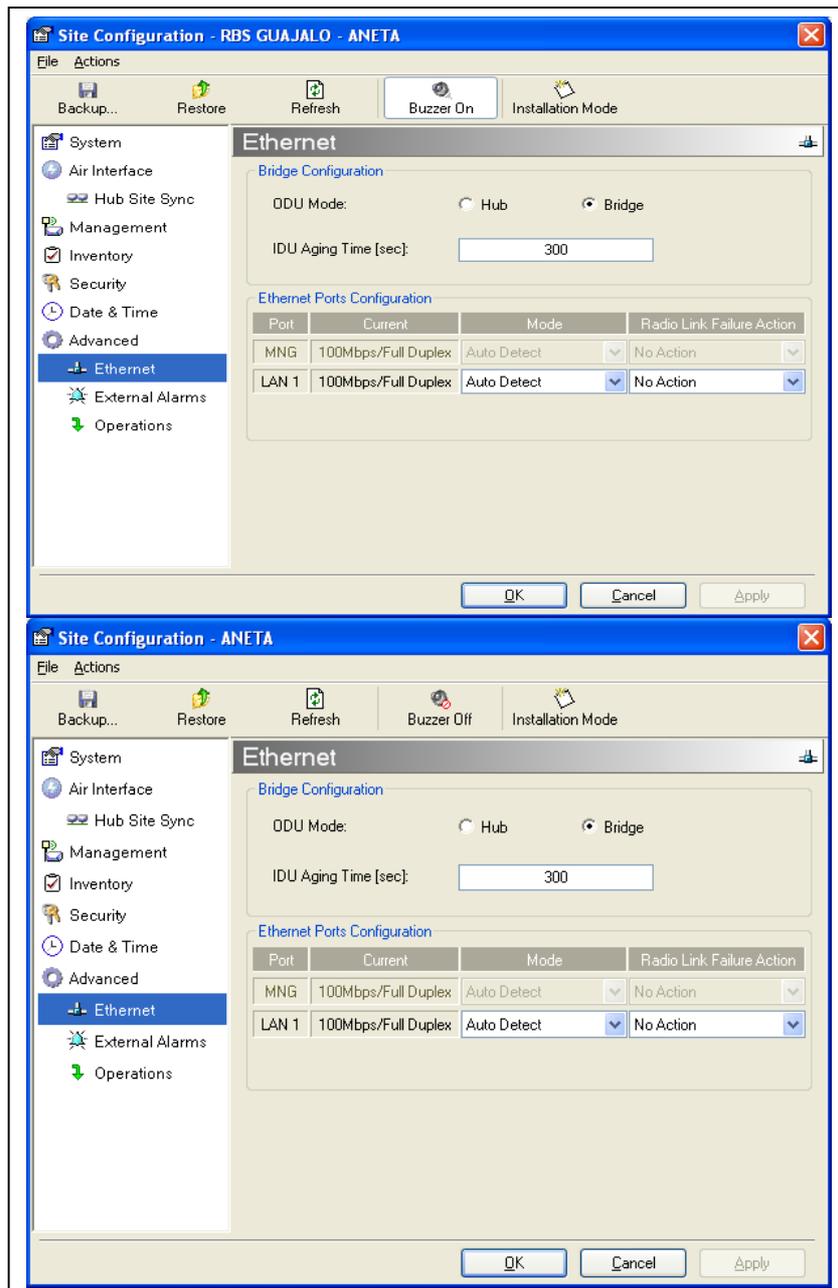


Fig. 2.19 Configuración de Ethernet

- EXTERNAL ALARMS

Esta pantalla indica las alarmas que se pueden originar si existieran errores en el enlace como el de ruido o interferencia con algún otro enlace instalado por ese lugar.

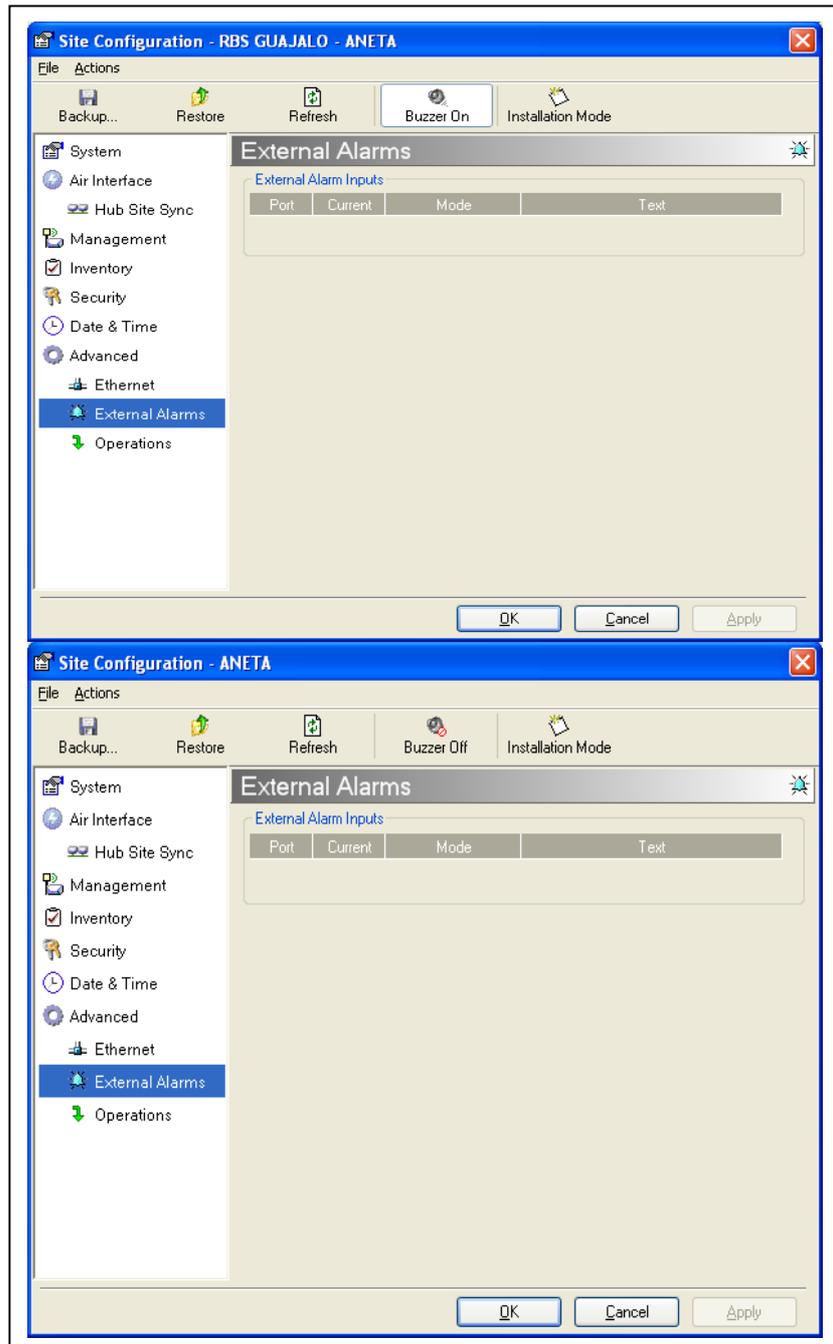


Fig. 2.20 Indicador de Alarmas

- OPERATIONS

En esta opción se puede borrar toda la configuración que se realiza al equipo es decir se restaura a configuraciones de fábrica y este equipo puede ser utilizado para otro cliente.

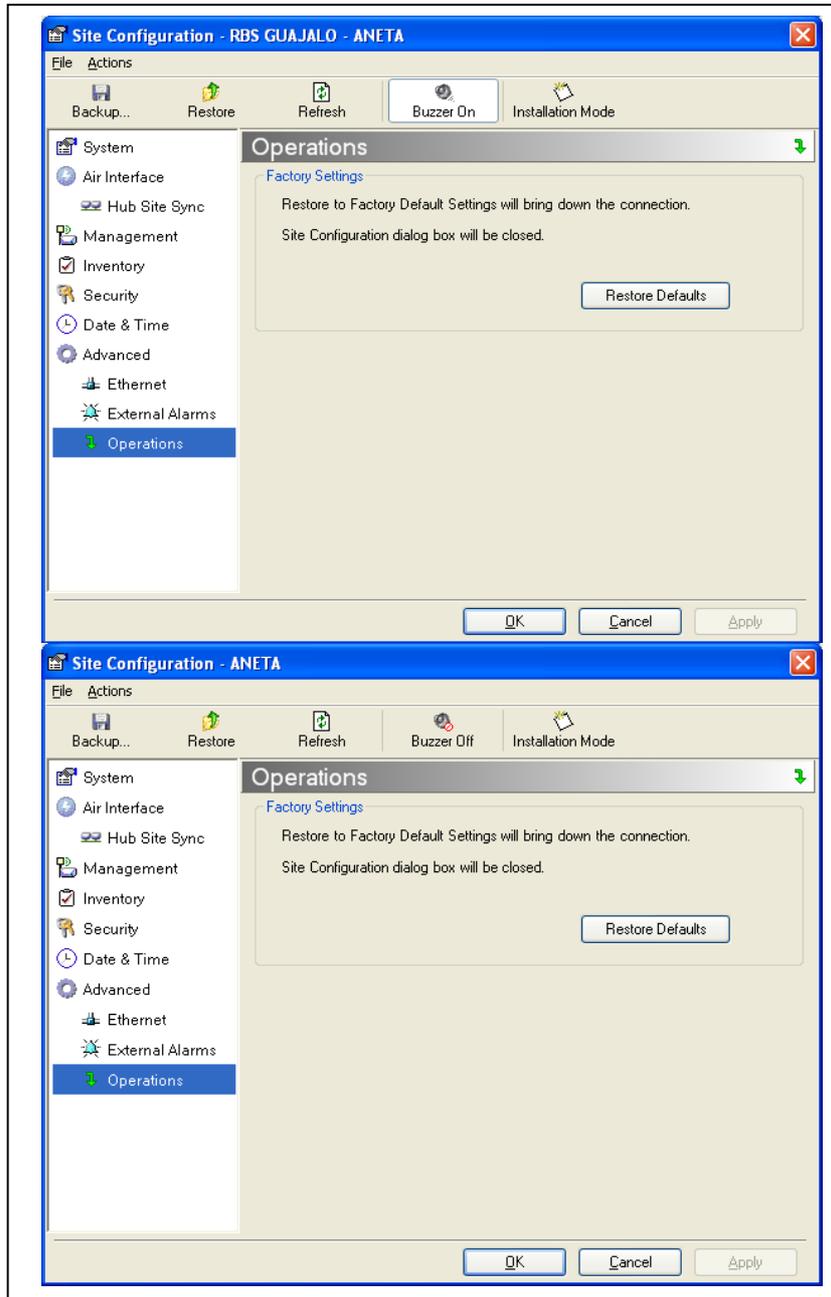


Fig. 2.21 Indicador de Operaciones

Cuando se ha terminado de configurar los equipos ya sea en la RBS y en el cliente se puede verificar el Indicador de fuerza de señal de recepción ó *Receive Signal Strength Indication*, (RSSI), que en este tipo de antenas es recomendable dejar entre los valores de (-55 dBm hasta -60 dBm), para un funcionamiento óptimo de este sistema. Esto se realizará con la ayuda del mismo software del sistema que posea la antena

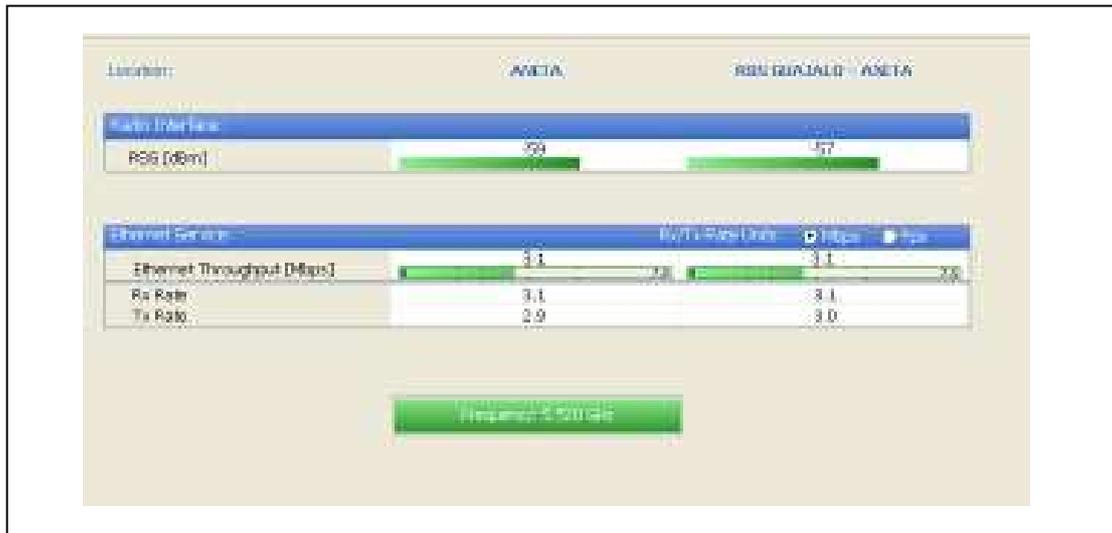


Fig. 2.22 Indicador de RSSI

Como es una antena de frecuencias libres es posible que existan errores o valores muy bajos en los indicadores de RSSI, para esto el técnico deberá cambiar los valores de frecuencias del canal de comunicación y ayudarse con el programa que posee la antena. Este proceso se deberá realizar en las dos antenas ya que si se cambia solo una estas no se sincronizan y se pierde la gestión de las antenas. Este paso se lo realizará hasta llegar a valores óptimos de funcionamiento del sistema.

## 2.3 ANTENA TIPO COMBA <sup>[51]</sup>

Comba proporciona un alto rendimiento, productos de bajo costo y servicios, incluyendo las unidades exteriores (ODU), antenas de microondas digitales y los acopladores y las unidades de interior (IDU).

Comba es la opción para las empresas que buscan un sistema de última milla con varias aplicaciones en su funcionamiento. Las aplicaciones en transmisiones con ancho de banda desde 1 Mbps hasta 100 Mbps, diseñadas para pequeñas empresas así como también para grandes empresas, con solo el cambio de la unidad interior se puede lograr estos cambios. Hasta la fecha, miles de productos de Comba han sido desplegados en todo el mundo en comunicaciones inalámbricas y redes de banda ancha.



Fig. 2.23 Antena tipo Comba

Para la instalación de este tipo de antenas se tomará en cuenta que se realizó una migración de equipos ya que antes se encontraba instalado un equipo Dart y por motivos de ampliación de ancho de banda se utilizará en enlace comba de 23 GHz con frecuencias licenciadas. Ese es el motivo que no existe informe de survey, ya que los equipos a instalarse se ubicarán exactamente en los lugares del equipo que saldrá de funcionamiento. El cliente es la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), sus edificaciones se encuentran ubicadas en la parroquia de Cumbayá.

### 2.3.1 Ensamblaje de las antenas Comba

Para la instalación de este tipo de antenas el técnico deberá tomar muy en cuenta el peso de la antena, ya que es de 23 kg sin incluir la unidad exterior (ODU) y el mástil por tal motivo se deberá ensamblar la antena en el piso ya que si lo realizaría en la altura de la torre sería muy complicado su ensamblaje.

Como se indica en la figura 2.24 la antena viene ensamblada de fábrica, de esa manera el técnico deberá realizar algunos cambios para la instalación.



Fig. 2.24 Antena tipo Comba

#### 2.3.1.1 Polarización de las antenas

La polarización de las antenas vienen ensambladas con polarización vertical para este caso como es una migración de debió utilizar la polarización horizontal ya que su instalación se lo realizara en forma paralela sin apagar el otro enlace que se encuentra en funcionamiento. La polarización está indicada en la parte de atrás con indicadores de Vertical (V) y Horizontal (H), la cual se debe especificar antes de la ubicación de la Unidad exterior (ODU)

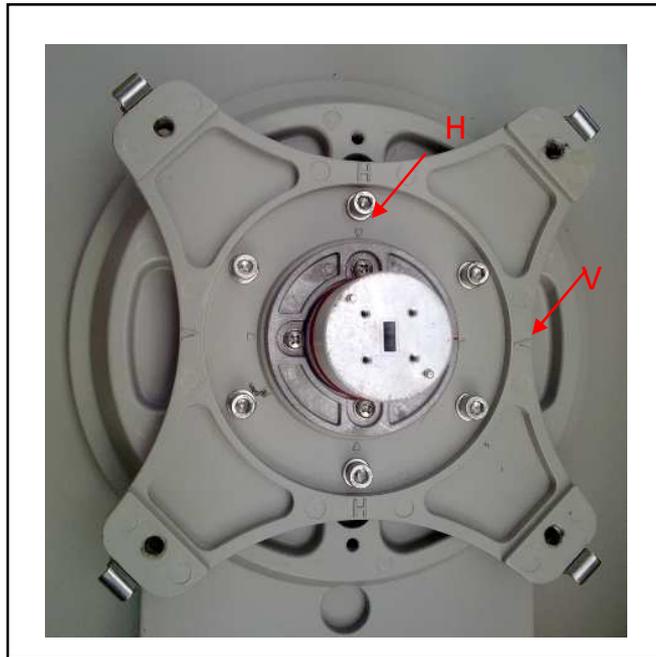


Fig. 2.25 Polarización de la antena comba

Para realizar el cambio de polaridad en este tipo de antenas se deberá aflojar los cuatro tornillos que sujeta al feed de la antena, y se girará en dirección de las agujas del reloj hasta que llegue la barra de marca de polaridad hasta la polarización deseada, que en este caso es de color rojo y se procederá al ajuste de los tornillos.

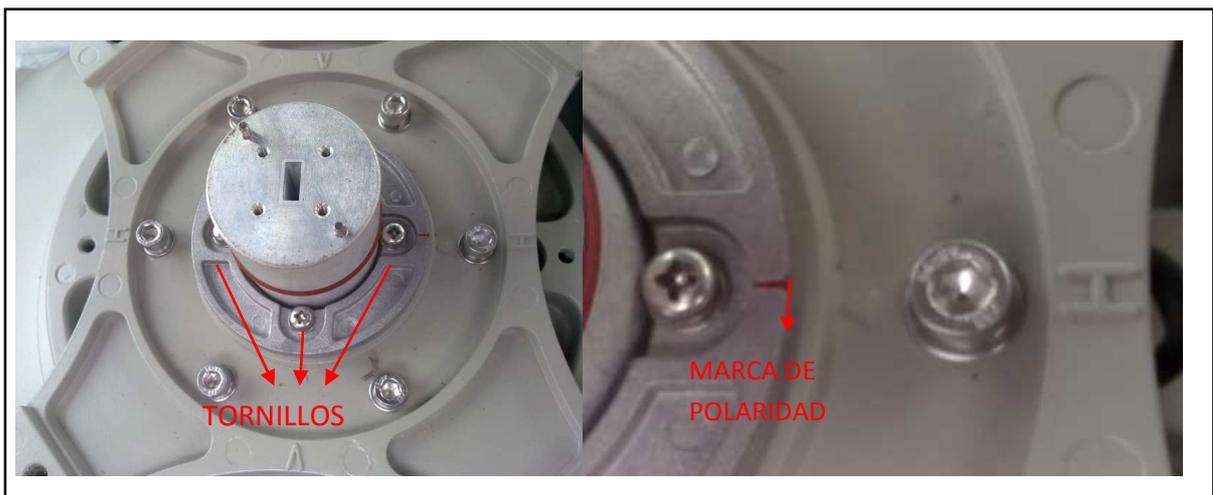


Fig. 2.26 Polarización Horizontal

### 2.3.1.2 Instalación de la ODU

Una vez instalada la posición de la polaridad se procederá a instalar la unidad exterior (ODU), tomando en cuenta que el orificio de la guía de onda de la ODU deberá quedar en la misma posición que el de la antena, y finalmente sujetando con las vinchas de seguridad que posee la misma antena.



Fig. 2.27 Instalación de la ODU

### 2.3.1.3 Instalación del herraje de soporte

Para la instalación de este herraje se tomará en cuenta que en el mismo existe un orificio incompleto, este deberá ir en la parte superior de la posición de la antena. Esta posición se debe a que cuando se afloje para realizar un apuntamiento fino evite la caída de la antena.

El orificio inferior deberá estar en la posición de cero grados de elevación y azimut ya que así se tendrá una referencia para el instante del apuntamiento. Estos tornillos deberán estar completamente ajustados ya que al instante de subir la antena a la torre podrían aflojarse y causar la caída de la antena.

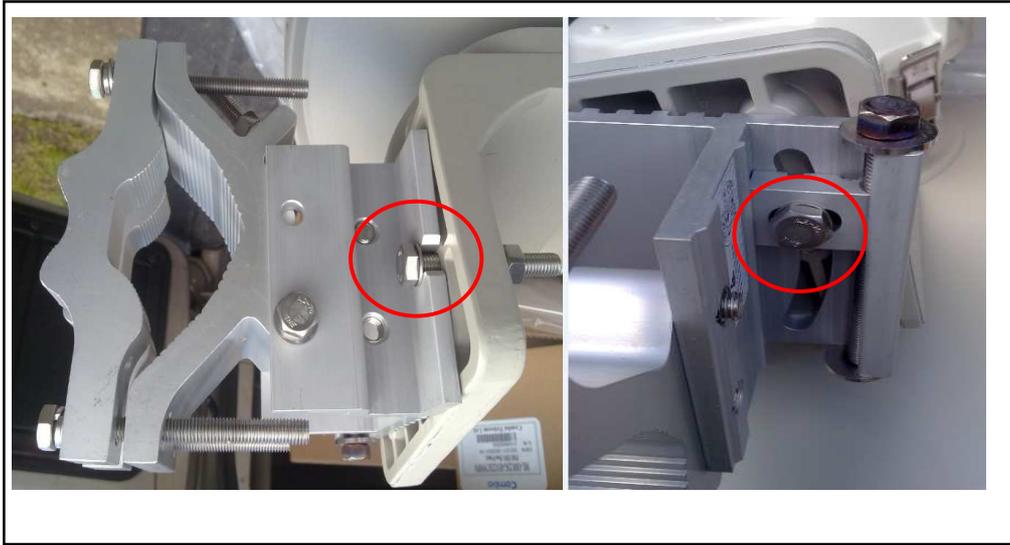


Fig. 2.27 Instalación del herraje de soporte

#### 2.3.1.4 Instalación de las abrazaderas para el ajuste del mástil

En este tipo de herrajes se podrá cambiar las abrazaderas para el ajuste de la medida del tubo del mástil o polo donde se vaya a instalar; se deberá aflojar los cuatro tornillos que soportan las abrazaderas. Para tubos de 3 y 4 pulgadas es recomendable utilizar la siguiente posición de las abrazaderas por lo general se instala en mástiles de 2 o 3 metros de altura ya que en el cliente no poseen torres auto soportadas y necesitan que sean regios por el peso del equipo a instalar.



Fig. 2.28 Abrazaderas para tubos de 3 y 4 pulgadas

Cuando se vaya a utilizar tubos de 1 y 2 pulgadas es recomendable usar la siguiente posición, estos tipos de tubos se utilizan en los polos que se sujetan a las torres auto soportadas.



Fig. 2.29 Abrazaderas para tubos de 1 y 2 pulgadas

### 2.3.2 Instalación de las antenas en la radio base Ilumbisi y el cliente USFQ

La instalación de la antena en la radio base se lo realizará a una altura de 15 metros desde la base de la torre, donde se encuentra la antena de tipo Dart; se utilizara un polo tipo C de 2 pulgadas de diámetro del tubo, en la arista A. Para subir la antena se deberá utilizar una polea ya que la antena pesa aproximadamente 45 kg.



Fig. 2.30 Antena instalada en la RBS Ilumbisi

En el cliente USFQ se instalará en un mástil de 4 pulgadas de diámetro y una altura de 2 metros que se encuentra sujeto en la terraza de las edificaciones, para este caso no es necesario poner templadores de tensión en el mástil ya que solo se utiliza en mástiles pasado los 3 metros de altura y así se evitaría la caída del mismo.



Fig. 2.30 Antena instalada en la USFQ

El cable que se utiliza en este tipo de enlaces es el cable coaxial RG -08 con terminales de tipo N, para los terminales el conector deberá ser realizado en el cuarto de equipos ya que para la realización de este conector será necesario que vaya soldado con un caudín y estaño al núcleo del cable para evitar pérdidas por resistencia de los terminales.

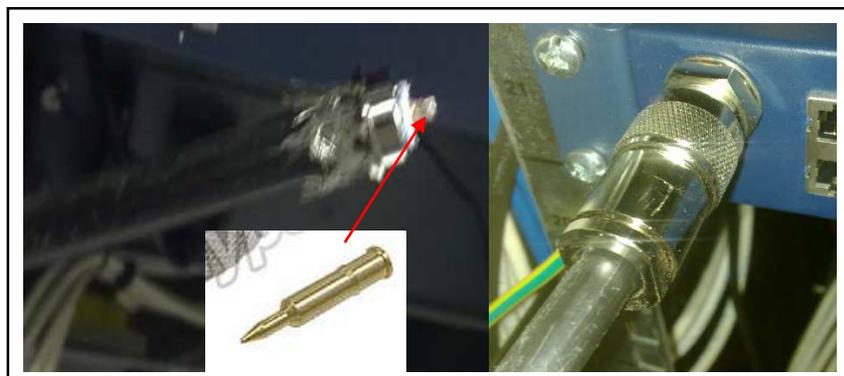


Fig. 2.31 Cable RG-08 con terminal tipo N

El cable deberá seguir el recorrido por las escalerillas de la radio base tomando en cuenta que es un cable muy rígido por su tamaño este no deberá tener curvatura menores de los 90 grados ya que esto podría romper el núcleo del mismo y se presentarían inconvenientes al instante que entre en funcionamiento.



Fig. 2.32 Recorrido del cable de datos en la RBS y USFQ

En el cuarto de equipos el cable deberá ser ubicado de la manera más formada posible ya que podría ser confundido por terceros con un cable de energía y podría ser cortado. Para evitar este inconveniente se lo debe etiquetar con el nombre de la empresa que adquirió el servicio.



Fig. 2.33 Recorrido interno del cable de datos en la RBS y USFQ

Para la instalación de la unidad interior (IDU) se recomienda que sea en un rack de equipos donde vaya sujetado con tornillos, ya que es de tamaño grande y podría caer fácilmente al piso.



Fig. 2.34 Ubicación de la IDU en la RBS y USFQ

Cuando se encuentran instalados todos los equipos se deberán realizar las conexiones de aterrizajes a la barra de tierra para proceder a encender cada uno de los equipos, ya sea de la antena Fig. 2.35, en la barra de tierra que se encuentra en la base de la torre, y también se debe polarizar los equipos internos Fig. 2.36, en la barra de tierra que se encuentra en la parte inferior del rack de equipos instalados. Para estas conexiones se recomienda utilizar cable número 12 AWG



Fig. 2.35 Polarización de la Antena



Fig. 2.36 Polarización de la IDU

Para estos equipos la energía es de  $-48$  voltios de corriente continua en el caso de la radio base se conecta directamente a la caja de breakers porque la mayoría de equipos utilizan este valor de voltaje. Es recomendable que la toma de energía provenga de un Sistema de alimentación ininterrumpida ó *Uninterruptible Power Supply* (UPS), para evitar daños en los equipos al instante que sufran un corte de energía. En las radio base existe un sistema de bancos de baterías que son capaces de mantener encendidos todos los equipos instalados en ese lugar por un tiempo limitado ya que después pasa a funcionar el sistema de generador de energía eléctrica que es alimentado con motor de combustible, hasta que se restablezca el sistema de energía eléctrica. Para la energización del cliente se usará un conversor de energía de 110 voltios de corriente alterna a  $-48$  voltios de corriente continua.



Fig. 2.37 Conexión de energía de la IDU

Se procederá a encender los equipo, para realizar las configuraciones necesarias que se detalla a continuación en cada una de las pantallas capturadas en esta instalación.

Para la configuración de este equipo se realiza mediante el software que viene en accesorios/comunicaciones/hyper terminal, de las herramientas de Windows. Denominado Hyper Terminal con la ayuda de un cable serial.

Hyper Terminal es un software para conectar con otros equipos, sitios telnet de internet, sistemas de pizarras electrónicas, servicios en línea y equipos host utilizando un módem o un cable de módem nulo.

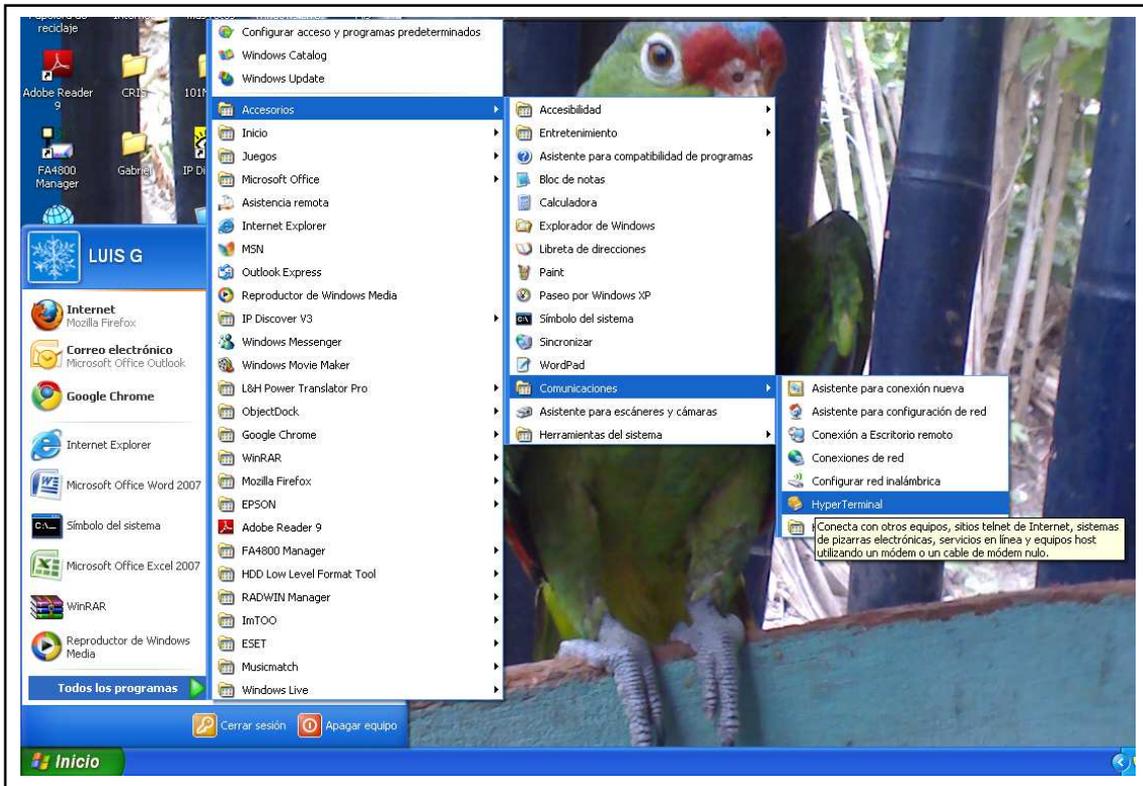


Fig. 2.38 Acceso a hyper terminal

### 2.3.2 Pasos para configurar un enlace comba

Cuando se ingresa mediante el software hyper terminal se despliega la siguiente pantalla. Para configurar los parámetros de la antena se deberá ingresar a cada enlace instalado una

vez que se logre la sincronización de los equipos se podrá ingresar de forma remota para lograr una alineación fina entre las antenas instaladas.

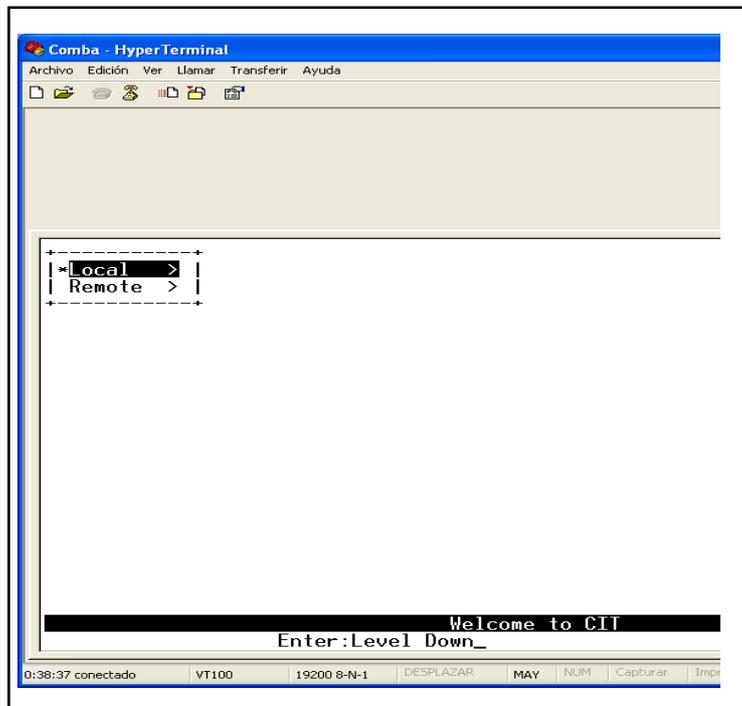


Fig. 2.39 Pantalla de inicio de un Enlace Comba

Para desplegarse por los ítems que proporciona este programa, se utilizará las flechas de desplazamiento arriba/abajo y derecha/izquierda del teclado del computador, con la tecla de F4 se actualiza los valores configurados y para aceptar los cambios a realizarse con la tecla del enter.

El primer parámetro a editar es la potencia de transmisión que varía desde los 6  $d_{Bm}$  hasta los 23  $d_{Bm}$ , este parámetro varía de acuerdo a la a la topografía del terreno o a su vez a la distancia entre las dos antenas. En distancias pequeñas es recomendable el valor de la potencia de transmisión sea bajo ya que este produce interferencias al enlace y produce muchos errores y le hace ineficiente. Este parámetro se lo puede controlar con el nivel de recepción de la señal ó *Received Signal Level (RSL)* que se detallará más adelante. Para

este ejemplo se lo configuró a la máxima potencia de transmisión de 23 dBm. Por que la topografía del terreno es rugosa y la distancia de los enlaces es de un valor aproximado de 15 km. Y además existen edificios y árboles que causan interferencias y los valores de (RSL) son muy bajos. Para ingresar este valor se debe colocar sobre el ítem Set e ingresar el valor deseado y luego grabar con un enter.

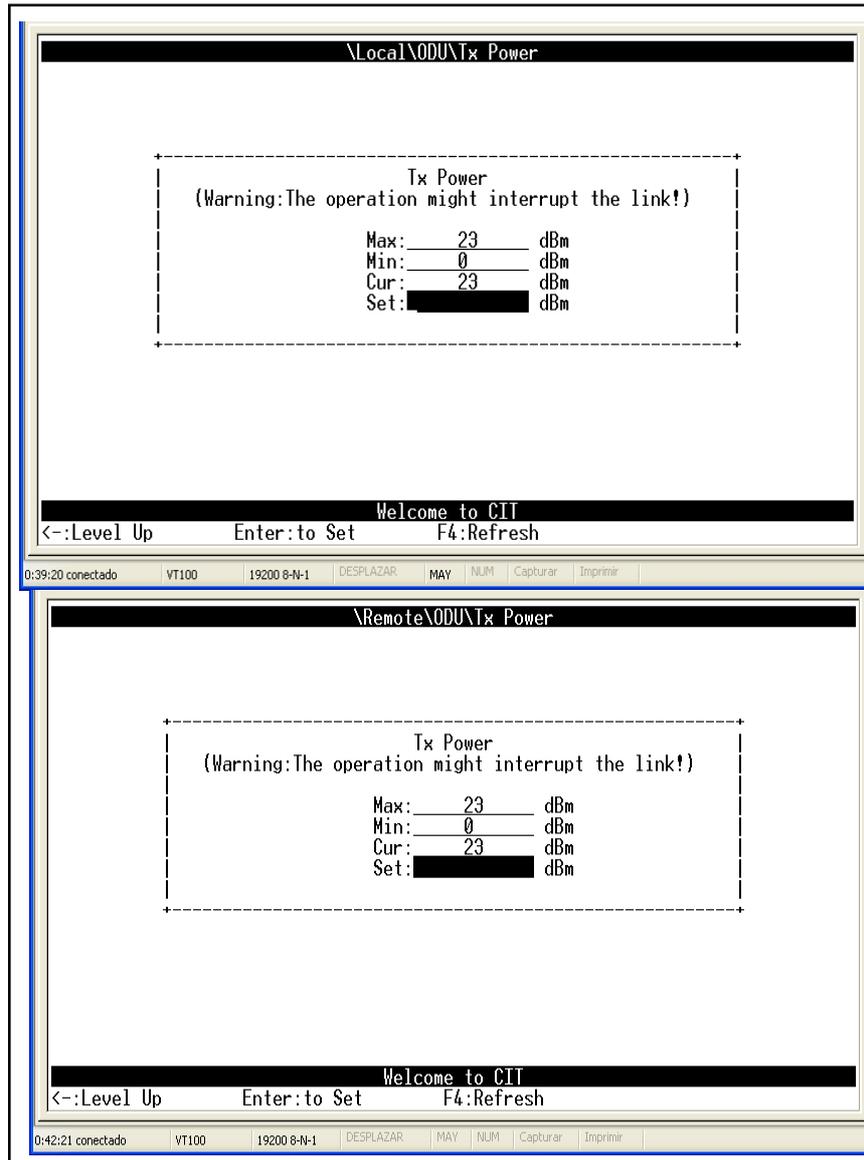


Fig. 2.40 Configuración de Potencia de Transmisión

Para lograr sincronización entre las antenas se configurarán los valores de frecuencia de transmisión y recepción, estos valores son muy importantes ya que son frecuencias licenciadas. En este ejemplo las frecuencias autorizadas son para transmisión de 23166500 KHz y la frecuencia de recepción es de 21934500 KHz, se debe tomar muy en cuenta, que los valores de las frecuencias se ingresan en el orden de los KHz.

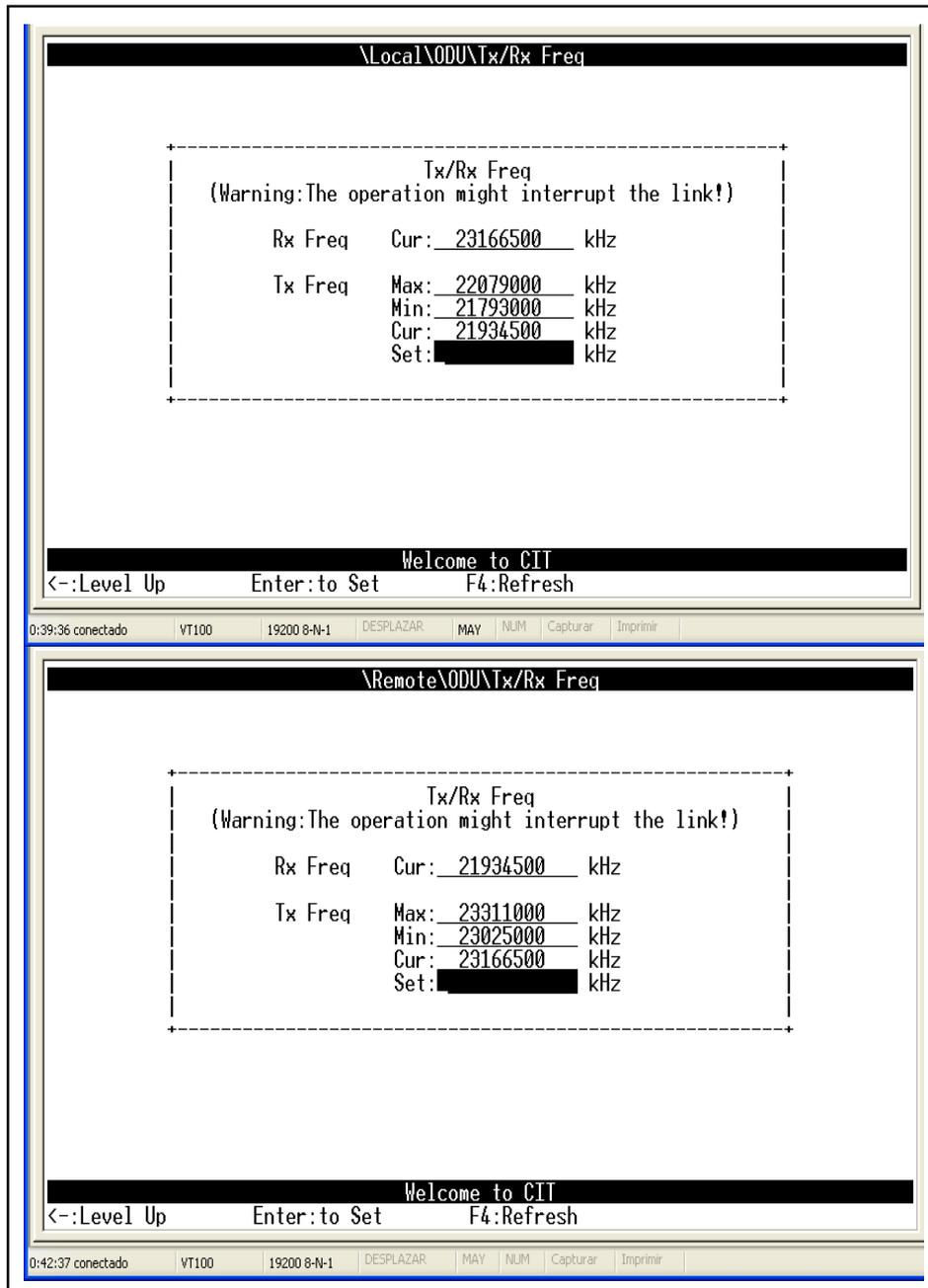


Fig. 2.41 Configuración de frecuencia de Transmisión y Recepción

En este tipo de enlaces soportan velocidades de 100 Mbps, para este caso se le configura una velocidad de 34 Mbps de capacidad. Ya que el enlace anterior soportaba una velocidad de 24 Mbps es por esa razón que se procedió a migrar este enlace.

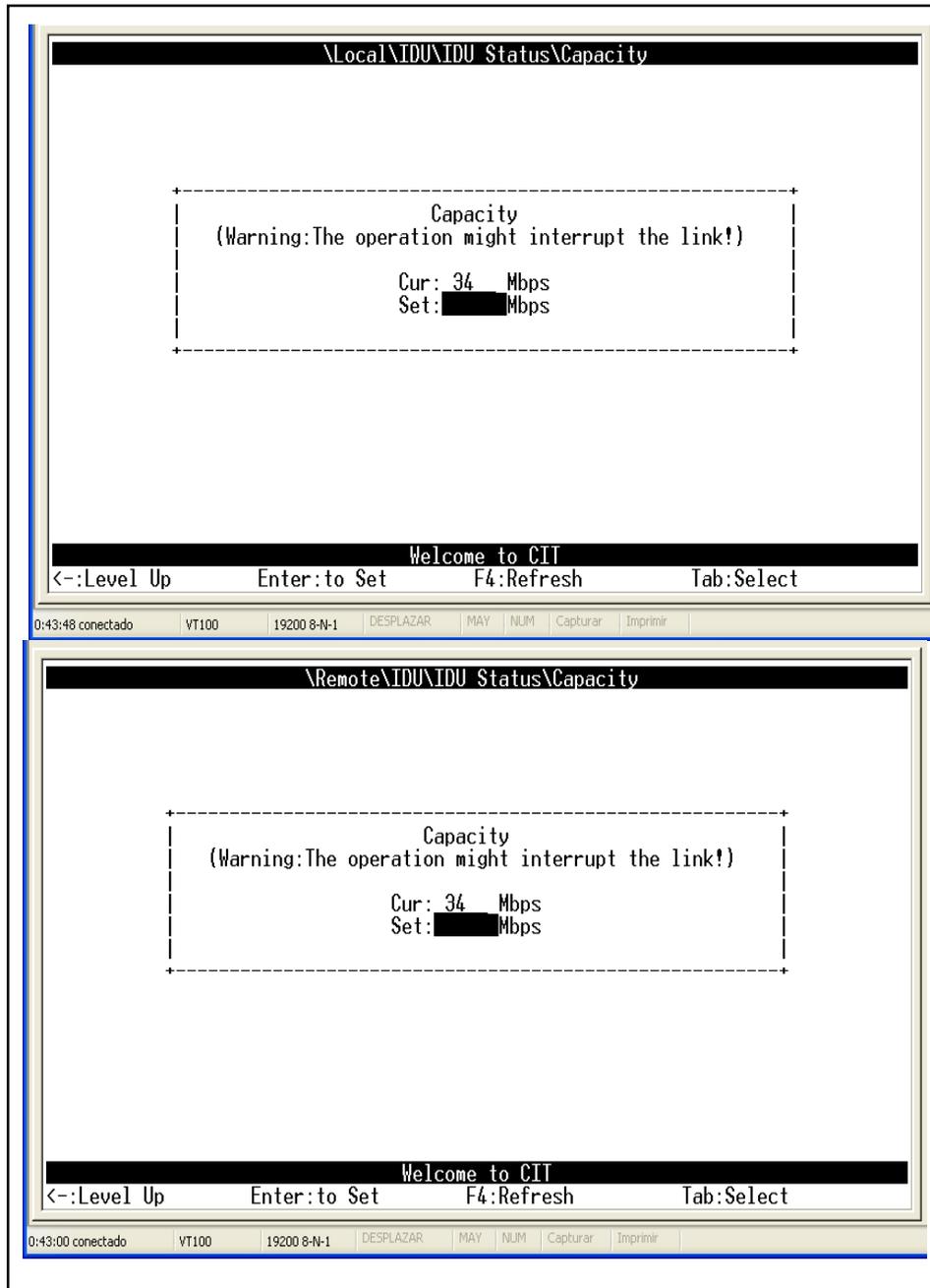


Fig. 2.42 Configuración del ancho de banda

El interfaz de salida de este enlace es vía Ethernet se deberá configurar si la salida será como E1 o LAN, este equipo tendrá la capacidad de transmisión de 2 E1 o 2 via LAN.

En teste caso se configurará como E1.

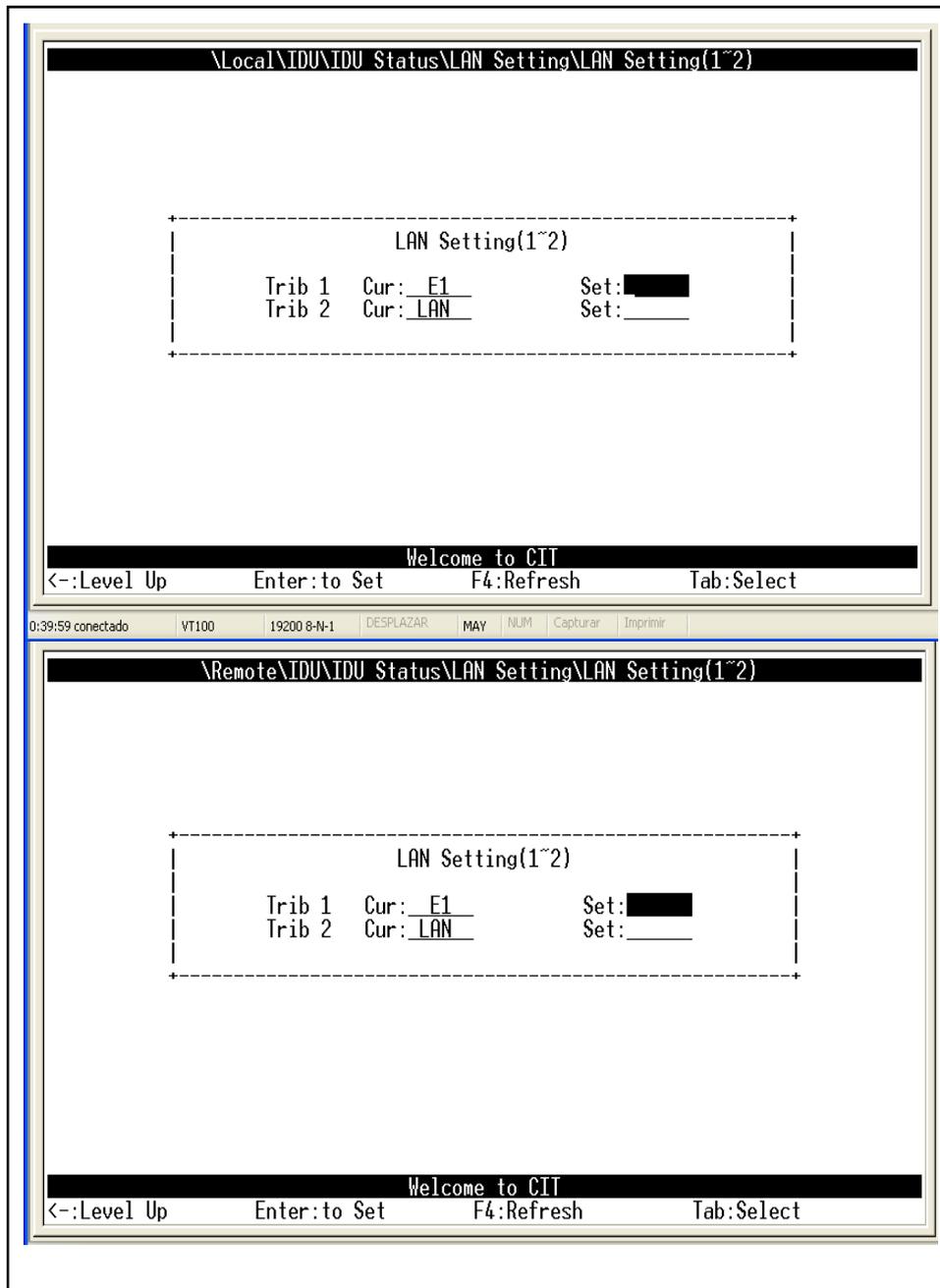


Fig. 2.43 Configuración del ancho de banda

Una vez configurados estos parámetros en el cliente y en la radio base el enlace deberá estar sincronizado, es decir se podrá ingresar de forma remota a los equipos, y servirá para realizar un apuntamiento fino a las antenas. Con la ayuda del mismo software se medirá el nivel de señal recibida ó Received Signal Level (RSL), este valor deberá estar entre los - 32  $d_{bm}$  hasta los - 42  $d_{bm}$  para que este en un funcionamiento óptimo; este valor se puede dejar con valores de hasta 55  $d_{bm}$ , pero el enlace funciona con errores y su velocidad de respuesta es lenta, estos problemas surgen cuando la distancias de los enlaces superan los 20 km de distancia. Para lograr valores óptimos en el nivel de la señal recibida se debe aumentar o disminuir el valor de la potencia de transmisión.

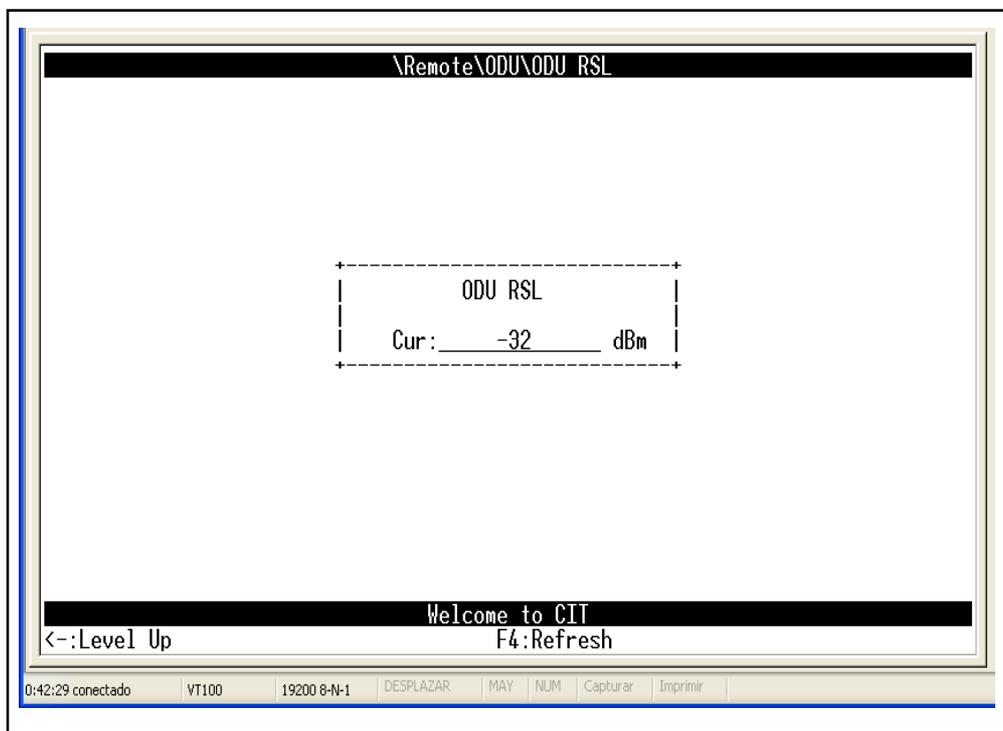


Fig. 2.44 Nivel de la señal recibida

Las siguientes pantallas indican la información de la IDU que queda instalada en el lugar para así poder llenar los informes de entrega a la operadora que está dando el servicio al cliente.

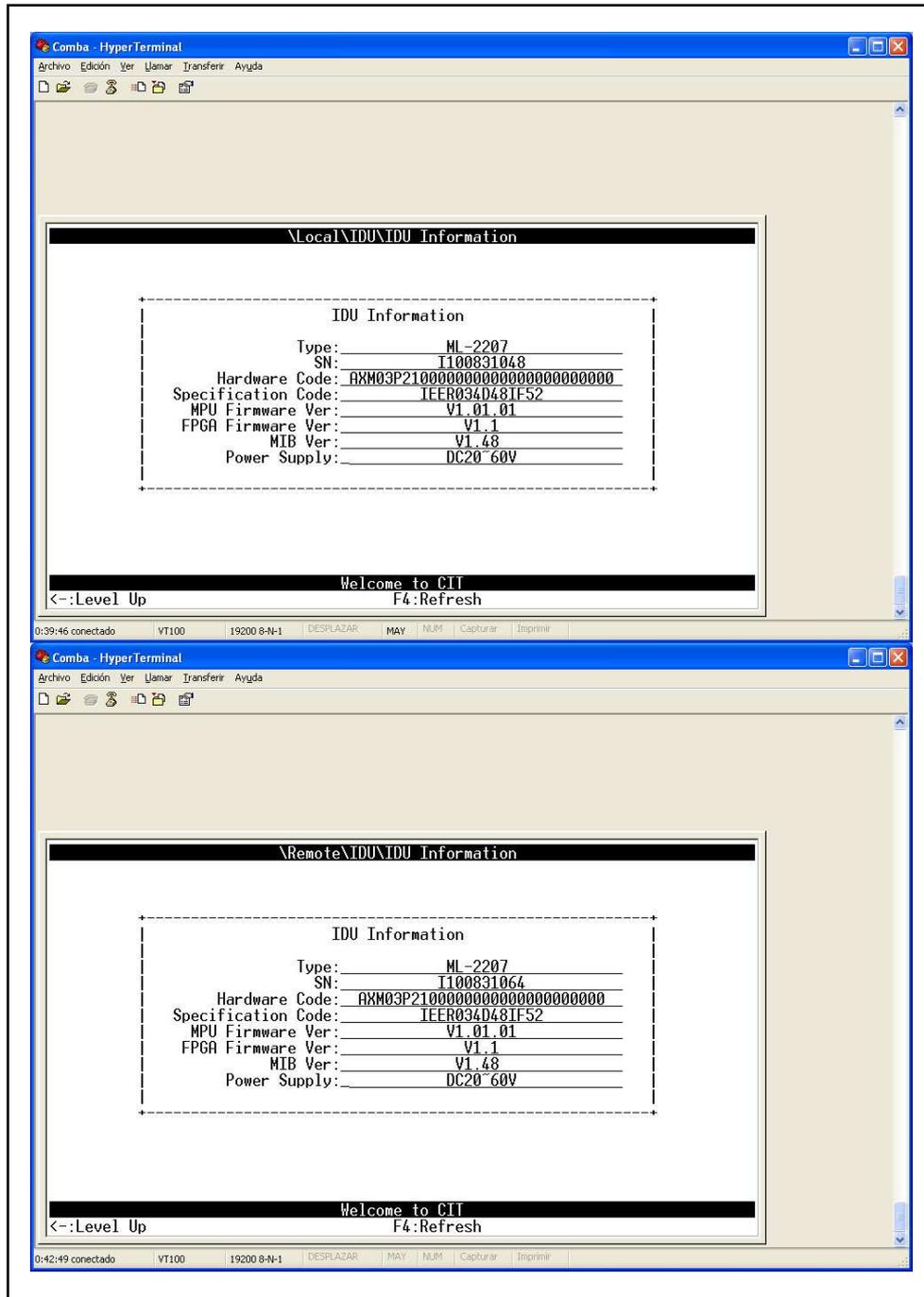


Fig. 2.45 Información de la IDU

Para verificar que el enlace queda en óptimas condiciones el programa de hyper terminal ayudará a dar un informe si existe error alguno. Con la pantalla de errores actuales se verificará cuales son los errores que podría estar fallando en el funcionamiento si fuera el caso.

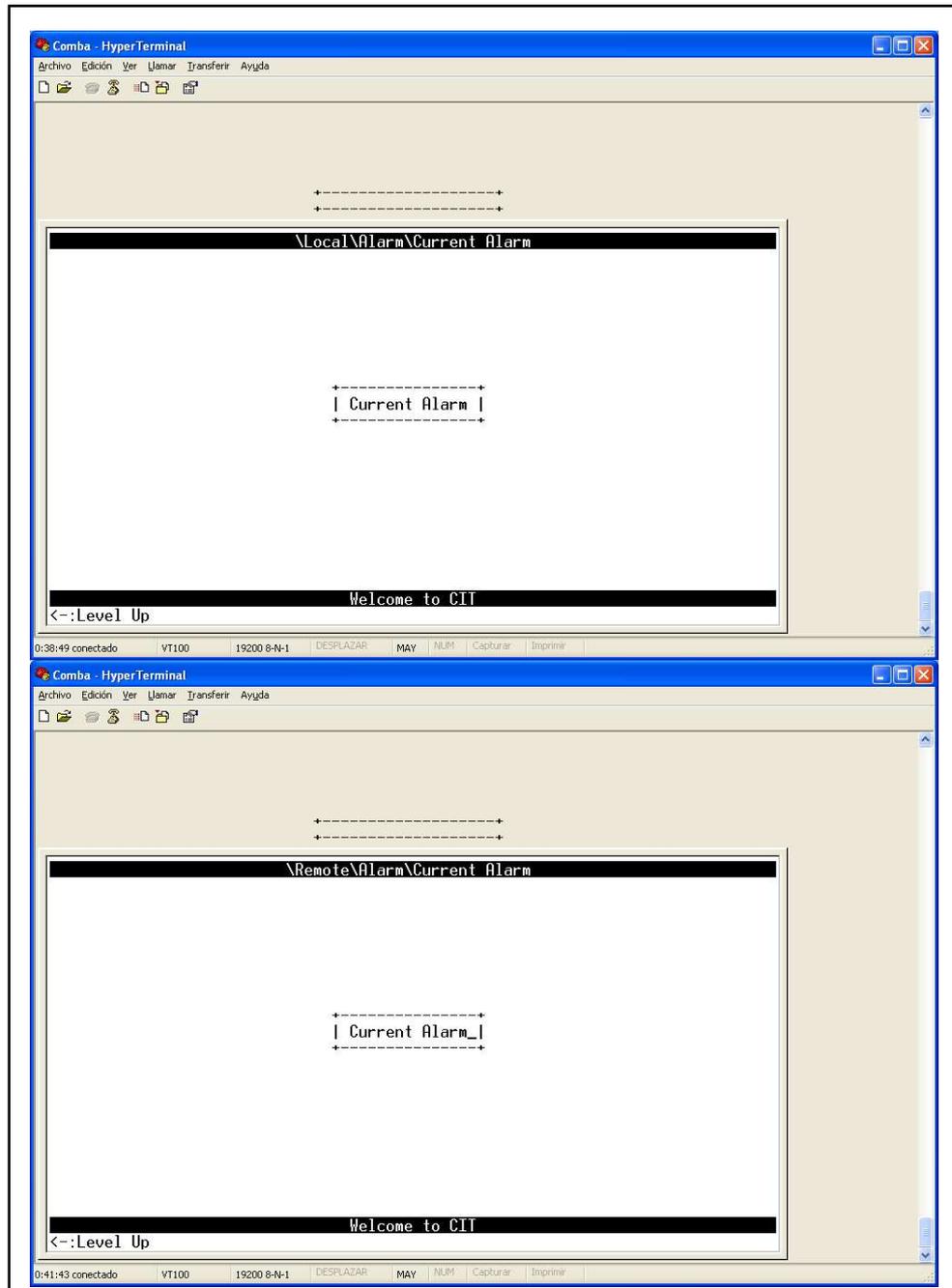


Fig. 2.46 Información de la IDU

## 2.4 ANTENAS SATELITALES VSAT

Este tipo de antenas es utilizado en lugares remotos donde no existe acceso a líneas telefónicas y peor el internet. Por lo cual se hace un servicio bastante caro para la empresa que lo contrate este tipo de acceso a ultima milla. Para este proyecto se tomará la instalación en la empresa CONSERMIN, la cual queda ubicada en la Av. Simón Bolívar, a 200 metros al sur del derrumbe de la forestal.

### 2.4.1 Instalación del mástil

El mástil diseñado para esta instalación es de Tipo Pie. Se utiliza para instalar la antena sobre planchas de concreto o vigas de más de 15 cm de grueso, para fijar este mástil en el piso el técnico tendrá que perforar el piso con una broca especialmente para concreto de ½ pulgada de diámetro, los cuales se introducirán pernos expansivos para ajustar el mástil y así soportar el peso aproximado entre 65 Kilos a 70 kilos que tiene la antena VSAT. La localización que se de a la antena en la edificación del cliente, deberá estar de común acuerdo con el mismo.

Este mástil deberá estar puesto a nivel ya que si existiere un desnivel este podría dar problemas en el apuntamiento de la antena.



Fig. 2.47 Mástil tipo pie

### 2.4.2 Ensamblaje de la antena

Para realizar el ensamblaje de este tipo de antenas el técnico deberá colocar el plato de 1.2 metros de diámetro con el canister lo cual servirá para sujetar al mástil y quedará fijo de esta manera.



Fig. 2.48 Ubicación del Canister

Existen tres brazos para soportar el feed los cuales deberán ser ajustados a los lados laterales e inferior de la antena, en estos brazos el técnico deberá ya tomar los valores de números de serie del LNB y RF out ya que una vez instalados estos equipos es imposible alcanzar a ver este tipo de datos. También irán conectados los cables coaxiales que salen para el modem, los mismos que serán blindados con cinta autofundente y type.



Fig. 2.49 Ubicación del Feed, LNB, Odu RF

### 2.4.3 Línea de vista

La red satelital de Axesat opera en el satélite geostacionario Instelsat 805 a 304.5 °E. El azimuth para este satélite en Ecuador varía entre 88° y 92° con respecto al norte, lo cual indica que la antena debe quedar apuntada hacia el oriente, el apuntamiento ajustado o fino de la antena se realiza en conjunto con el Telepuerto. La elevación de la antena varía de acuerdo a la ciudad donde se esté instalando y se ajusta con el tornillo de elevación ubicado en el cánister de la antena. En esta instalación el ángulo de elevación quedó a 78°



Fig. 2.50 Ángulo de elevación

### 2.4.4 Configuración del modem

Para la configuración de este tipo de modem el técnico deberá tomar muy en cuenta que los dos cables coaxiales no deberán estar conectados al equipo. Y deberá seguir los siguientes pasos.

1. Conectará directo a la IDU o MODEM satelital un computador, con un cable cruzado norma (EIA/TIA 568B)

2.- Colocar en el computador una dirección IP 192.168.1.x, máscara de subred: 255.255.255.0 y puerta de enlace predeterminada 192.168.1.1 para poder poner en red el modem y el computador.

3.- Acceder mediante el navegador de internet con la siguiente dirección IP 192.168.1.1 que es la del modem satelital.



Fig. 2.51 Acceso al modem satelital

4.- Una vez que ingrese al modem satelital se desplegará la siguiente pantalla (Fig. 2.51), donde deberá ingresar a la opción Installer.

5.- Al acceder a la opción Installer, esta pantalla pedirá el User y Pass los mismos que son: user: **inst**, pass: **\$\$Sat2598\$**, una vez ingresados esta claves se procederá a verificar o cambiar los siguientes datos que provee la empresa que está vendiendo este servicio.

El VSAT ID, es el que corresponda a cada cliente, los demás parámetros deben estar como lo muestra la siguiente pantalla (Fig. 2.52), y en la parte de latitud y longitud van los datos que correspondan a las coordenadas de cada localidad obtenidos con un GPS. Una vez ingresado estos valores se deberá guardar estos cambios realizados.

General	
VSAT ID *	<input type="text"/>
Management PID *	515
Software Group Address *	512
Parameters Group Addr (Workgroup) *	256
Inbound ID *	65
Outbound ID *	1
RF Downlink Frequency *	12545500 KHz
Modulation Type	DVB-S2
Symbol Rate *	7700000 sps
Boot-Time Options	
Software Download Timeout	30 sec
Software Download	Enable
DHCP Service	Disable
Console Port	Enable
SkyManage Web Site	
IP Address	192.168.1.1
BUC and LNB	
LNB L.O	11.3 GHz (Ku)
BUC L.O	13.05 GHz (Ku)
BUC 10MHz Reference Signal	ON
Location Coordinates	
Longitude	
Longitude Degrees *	78
Longitude Minutes *	29
Longitude Seconds *	2
East / West Flag	West
Latitude	
Latitude Degrees *	0
Latitude Minutes *	12
Latitude Seconds *	16
North / South Flag	South

Fig. 2.52 Configuración del modem satelital

6.- Al finalizar estos cambios y haberlos guardado, el técnico deberá reiniciar el modem desconectando el cable de energía y conectar los cables coaxiales RX, TX. Luego proceder a encender el MODEM Satelital el mismo que empezará a subir con los nuevos parámetros ingresados.

#### **2.4.5 Alineamiento de la antena**

Una vez que la antena se encuentra instalada y configurado el modem con los cables RG6 conectados del LNB al RF IN y de la ODU al RF OUT se enciende el modem y se procede al apuntamiento, para eso nos ayudamos con la pantalla del navegador ingresando en STATUS y TELEMETRY, ahí aparece una escala RX SIGNAL EB/NO con la cual se puede alinear la antena, para esto es necesario que el modem se encuentre junto a la antena para que el técnico instalador pueda mirar la PC y a la vez alinearla.

Cuando la antena no está apuntada la escala permanece al mínimo y solo los leds de Power y Ethernet están encendidos en el modem.

Para ubicar el satélite el técnico deberá realizar barridos de apuntamientos tanto en azimuth como en elevación, en escalas muy pequeñas, con la ayuda de una brújula de preferencia apuntando al Oriente; con los valores antes mencionados.

Una vez que ya se encuentra el satélite se enciende el led de RX en el modem y la escala empieza a subir, de ahí se calibra la antena con ayuda de los tornillos del canister primero en elevación y luego en azimuth, cuando en la barra del navegador en el RX SIGNAL EB/NO llegue a 12 o 13dBm la antena esta ya calibrada, luego con ayuda del Messenger se pregunta a New Acces Quito si la antena esta perfectamente apuntada, ellos verifican la potencia la misma que debe estar entre 27 y 30 dBm y dan por terminada la instalación de la antena.

Para terminar se procede a colocar las nuevas direcciones IPs y DNS entregadas por New Acces en el computador para realizar pruebas de navegación del internet.

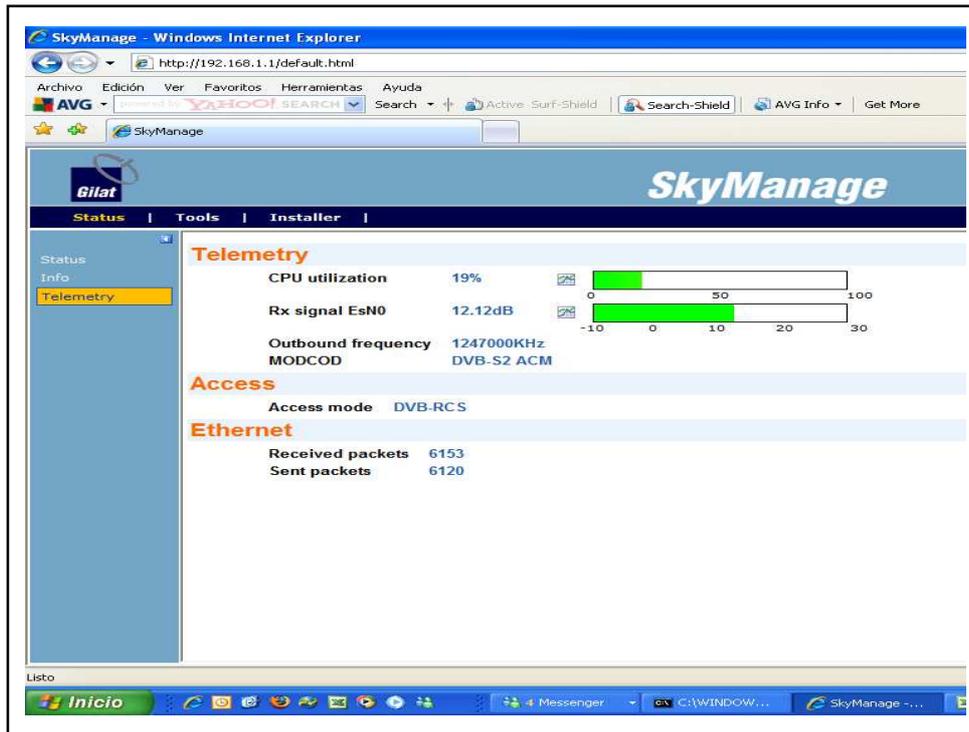


Fig. 2.53 Configuración del modem satelital

## CAPÍTULO 3

### 3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

Para realizar estas pruebas de funcionamiento de los enlaces microondas el técnico deberá contar con diferente software para cada tipo de antena, lo cual deberá instalar en el computador que lo utilizará como herramienta de trabajo, el cd de instalación de la aplicación de cada antena viene conjuntamente con el paquete de implementos de instalación. Y si no es el caso se lo puede descargar del internet.

#### **3.1 Desde el cliente hasta la ODU de la antena, mediante direcciones IP.**

Para realizar las pruebas de los equipos instalados el técnico deberá realizar pruebas de funcionamiento tanto en el Cliente como en la radio base. Las pruebas de conexión se realizan mediante el software de DOS que proporciona como herramienta Windows XP. Donde deberán ingresar los valores de las direcciones IP que se ingresaron a cada una de las antenas, en este ejemplo se ingresó en los equipos de la radio base la siguiente dirección IP 192.168.5.11 donde se ejecutará pruebas de ping a esta dirección dada por un tiempo prudente de alrededor de 20 minutos para poder establecer valores de tiempos de respuesta es decir desde la ODU hasta la computadora del cliente. Estos tiempos de respuesta son de alrededor de 1 mili segundos (ms) hasta 3 mili segundos (ms), si los tiempos de respuesta son mayores en esta parte del enlace quiere decir que el enlace presenta errores en su ensamblaje tal como conectores mal ponchados, cable demasiado largo es decir pasado los 100 metros de distancia entre la ODU e IDU, o el caso más crítico que no existiera tiempos de respuesta, es decir que no está conectado físicamente la ODU e IDU, lo cual no permite el paso de energía hacia la antena.

```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\LUIS G> ping 192.168.5.11 -t

Haciendo ping a 192.168.5.11 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.5.11: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.5.11:
    Paquetes: enviados = 47, recibidos = 47, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 6ms, Media = 2ms
Control-C
^C
```

Fig 3.1 Ping hacia la ODU del Cliente Aneta

### 3.2 Desde el cliente hasta la ODU de la antena en Radio Base.

Para realizar las pruebas desde la PC del cliente hasta la ODU de la radio base se deberá cambiar en el software de DOS a la dirección IP que se configuró en ese lugar, para este ejemplo la dirección IP es 192.168.5.10 en estas pruebas de funcionamiento los tiempos de respuesta son altos de alrededor de 5 mili segundos (ms) hasta 20 mili segundos (ms), esto se debe a la distancia entre las antenas. En algunos casos los tiempos de respuesta varían hasta 90 mili segundos (ms) esto se deberá a las condiciones climáticas que están en el momento de realizar las pruebas en este caso puede ser la lluvia torrencial o la neblina

```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\LUIS G> ping 192.168.5.10 -t

Haciendo ping a 192.168.5.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.5.10: bytes=32 tiempo=8ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.5.10:
    Paquetes: enviados = 52, recibidos = 52, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 6ms, Máximo = 16ms, Media = 7ms
Control-C
^C
```

Fig 3.2 Ping hacia la ODU de la RBS desde aneta

### 3.3 Desde la PC del cliente hasta la red de la empresa proveedora del servicio.

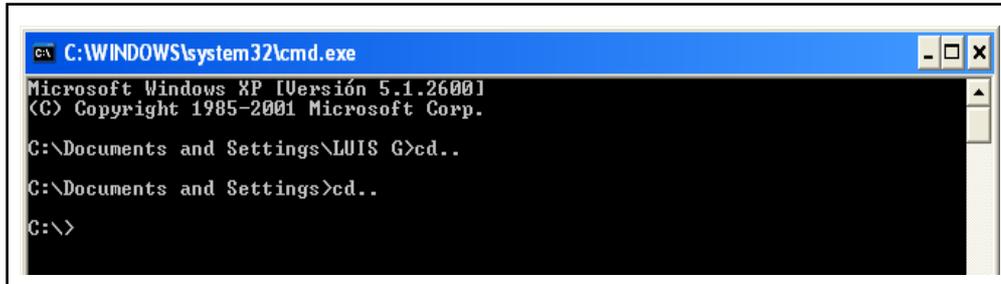
Para realizar esta prueba se tendrá que conectar en red dos computadores como terminales del sistema de microondas, un computador en cada lado; para eso se pasará una prueba de ping a la computadora que estará conectada en el lado de la radio base, en este la dirección IP del computador es 192.168.5.116. y en el lado del cliente se conectará un computador con la siguiente dirección IP 192.168.5.106, lo cual servirá para estar en una red y poder garantizar el buen funcionamiento del enlace de última milla con antenas microondas de tipo Ceragon .

```
caj Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=27ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=204ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=66ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=225ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=59ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=247ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=260ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=91ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=175ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=300ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=145ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=176ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=213ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=387ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=401ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=123ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=220ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=159ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=21ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=21ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=24ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=21ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=628ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=922ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=1023ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=265ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=63ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=17ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=36ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=21ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.168.116: bytes=1500 tiempo=19ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.168.116:
    Paquetes: enviados = 154, recibidos = 154, perdidos = 0
    (0% perdidos)
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 17ms, Máximo = 1023ms, Media = 118ms
Control-C
^C
```

Fig 3.3 Ping desde la PC del cliente hacia la PC de la RBS

Una vez terminadas las pruebas de conexión de los equipos se deberá realizar pruebas del ancho de banda con la ayuda de la herramienta de DOS; ingresando al directorio raíz se podrá ejecutar los siguientes comandos. Para ingresar al directorio raíz de DOS se deberá ejecutar dos veces el siguiente comando.



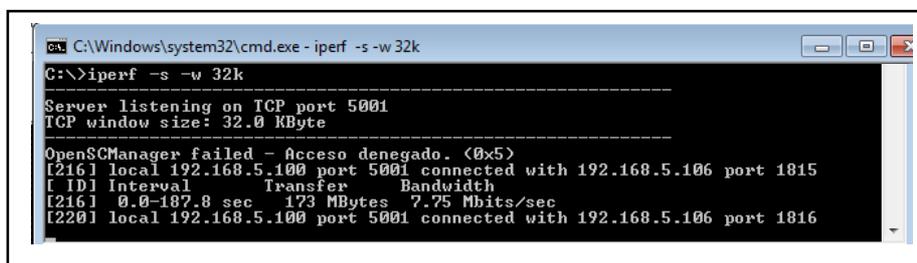
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
C:\Documents and Settings\LUIS G>cd..
C:\Documents and Settings>cd..
C:\>
```

Fig 3.3 Comando para realizar pruebas de ancho de banda

Una vez en el directorio raíz se ingresa el siguiente comando en cada una de las computadoras, para simular un tráfico de datos y así tener una prueba del ancho de banda que soportará el sistema de microondas. Para ejecutar los comandos se deberá instalar la aplicación del iperf en los archivos de programa del computador a utilizar.

En las dos computadoras se ejecutarán los siguientes comandos:

- Iperf -s -w 32k
- Iperf -c 192.168.5.116 -w 32k -i 0.5 -t 2400



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - iperf -s -w 32k
C:\>iperf -s -w 32k
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 32.0 KByte
-----
OpenSCManager failed - Acceso denegado. (0x5)
[216] local 192.168.5.100 port 5001 connected with 192.168.5.106 port 1815
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[216] 0.0-187.8 sec  173 MBytes   7.75 Mbits/sec
[220] local 192.168.5.100 port 5001 connected with 192.168.5.106 port 1816
```

Fig 3.4 Comando para realizar pruebas de ancho de banda

Para ejecutar este comando se deberá poner la dirección IP del computador que se encuentra en el otro terminal del sistema microonda

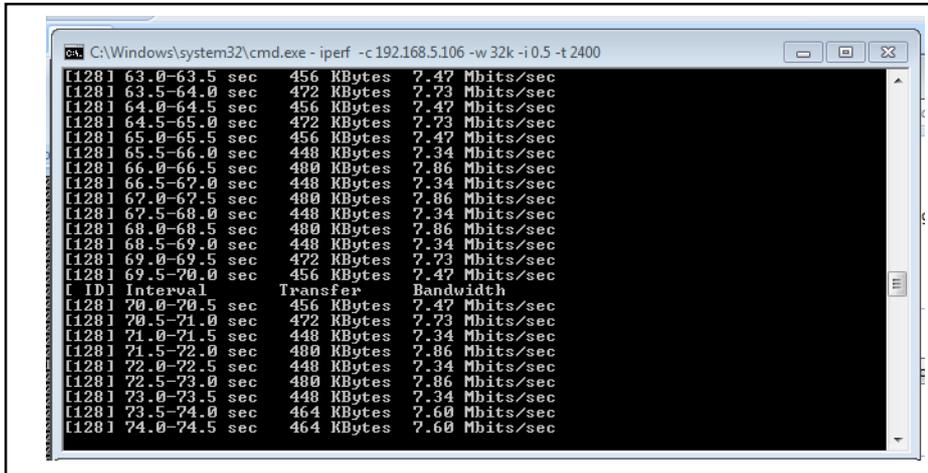


Fig 3.5 Comando para realizar pruebas de ancho de banda

Con la ayuda del software del NetPerSec que se puede descargar desde el internet. Este software ayudará de forma gráfica con el valor de ancho de banda que soporta el enlace de ultima milla, en este caso es de 9.0 Mbps.

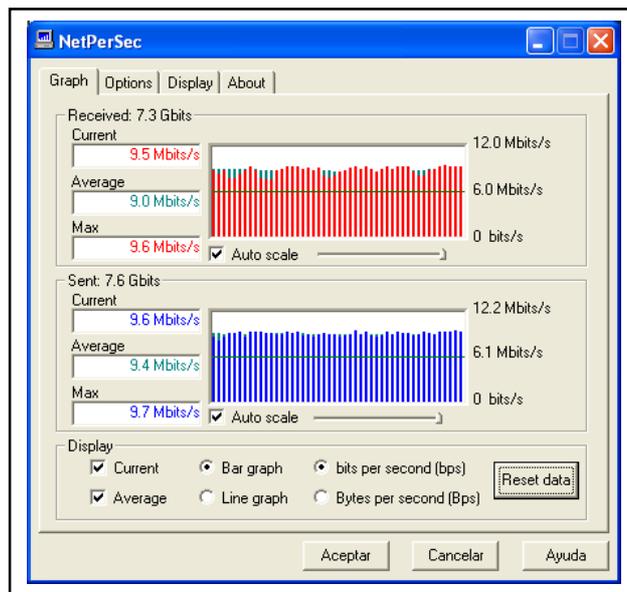


Fig 3.6 Ancho de banda que soporta el enlace de última milla.

## CAPÍTULO 4

### 4.1 CONCLUSIONES

- Los enlaces microondas son instalados porque tienen grandes distancias de cobertura, para la transmisión de voz, datos y video, son una alternativa para poner en red a las empresas públicas y privadas del país, ya que por costos es imposible que sea un servicio a nivel de hogares o pequeños empresarios.
- Los sistemas VSAT se instala en empresas que se encuentran en lugares remotos de acceso a cualquier tipo de tecnología de última milla. Lo cual le hace caro a este servicio pero es indispensable la utilización del sistema satelital porque se puede transmitir voz, datos y video. Algo muy fundamental en empresas que tienen sucursales a nivel nacional como es el caso del Consorcio Minero (*CONSERMIN*).
- Para el presente proyecto se tomó en cuenta a las antenas tipo COMBA, ya que estas antenas son adecuadas para enlaces de larga distancia, por las características técnicas de los mismos, capacidad de transmisión, potencia de transmisión y características eléctricas y mecánicas que poseen estos equipos. Su funcionamiento es alrededor de los 23 Ghz, las cuales son frecuencias licenciadas emitidas por la Superintendencia de Telecomunicaciones (*SUPTEL*), y son utilizadas en las empresas públicas del país porque su ancho de banda puede ser configurado desde 1 Mbps hasta 100 Mbps con solo su configuración en la IDU.
- Las antenas tipo CERAGON son utilizadas en enlaces de hasta 15 Mbps, para la transmisión de datos, ya que son equipos de bandas de frecuencias libres desde 5.2 Ghz hasta 5.8 Ghz, lo cual les hacen susceptibles a las interferencias entre otros enlaces similares, por eso se utiliza en enlaces de corta distancia y en empresas que solicitan anchos de banda pequeños.
- Los Cite Survey, son fundamentales previo a la instalación de cualquiera de los sistemas antes mencionados porque con este informe se puede determinar el tipo de instalación que puede ser implementado, tipo de información a ser enviada o

recibida, condiciones de la infraestructura que tiene la empresa que está contratando el servicio y lista de materiales a utilizarse. También se puede determinar lugares exactos tanto del cliente como de la Radio Base donde serán instalados los tipos de antenas así como también la línea de vista entre las antenas a instalár o en los sistemas satelitales que no haya obstrucción hacia el satélite a apuntar.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para el montaje de las antenas de radio frecuencias se recomienda instalarlas libres de obstáculos o conductores metálicos cercanos, que puedan deformar la forma espacial del diagrama de captación direccional de cada antena.
- Los cables deben ser de buena calidad, de manera que conserven sus parámetros característicos en toda su longitud, y en especial, los repartidores y derivadores no deben introducir ninguna discontinuidad en el valor de la impedancia que se presenta entre los conductores del coaxial.
- Para la instalación de antenas tipo Comba es recomendable utilizar mástiles de tres pulgadas, ya que el peso de la misma podría caer al piso y sufrir daños, y salir de funcionamiento
- En el ensamblaje de antenas tipo Comba el técnico deberá tomar en cuenta desde el inicio la arista de la torre en la que se instalará, debido que ésta es de gran tamaño y podría quedar junto a la arista, lo cual no le permitirá realizar movimientos en el ángulo acimutal para su apuntamiento.
- En las antenas ceragon el técnico debe realizar movimientos muy suaves para lograr un apuntamiento fino, ya que estas antenas tienen un funcionamiento muy directivo.
- Todo cable debe tener su finalización en una impedancia terminal de valor igual a la impedancia característica de la red de distribución.

- Para instalar las Antenas VSAT es recomendable la utilización de una brújula debido que este tipo de antenas se lo realiza en lugares remotos.

### 4.3 BIBLIOGRAFIA

#	TEMAS
[1]	<i>Concepto sobre sistema de telecomunicaciones</i> <a href="http://www.codepret.com.ec/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=44:las-telecomunicaciones&amp;catid=17:noticias&amp;Itemid=70">http://www.codepret.com.ec/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=44:las-telecomunicaciones&amp;catid=17:noticias&amp;Itemid=70</a>
[2]	<i>Características de los sistemas de comunicaciones</i> <a href="http://www.radiocomunicacion.com/ep/tit_a.htm">http://www.radiocomunicacion.com/ep/tit_a.htm</a>
[3]	<i>Diagrama de bloques de sistema de telecomunicaciones</i> Sistema de Comunicaciones Digitales y Analógicas, séptima edición, Leon W. Couch, II
[4]	<i>Transmisor</i> <a href="http://www.radiocomunicacion.com/ep/tit_a.htm">http://www.radiocomunicacion.com/ep/tit_a.htm</a>
[5]	<i>Canal de transmisión</i> <a href="http://www.buenastareas.com/ensayos/Se%C3%B1ales-Y-Ruidos-En-Sistemas-De/534168.html">http://www.buenastareas.com/ensayos/Se%C3%B1ales-Y-Ruidos-En-Sistemas-De/534168.html</a>
[6]	<i>Receptor</i> <a href="http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/unidad01/Modulo1GestTelec14oct03.pdf">http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/unidad01/Modulo1GestTelec14oct03.pdf</a>
[7]	<i>Medios de transmisión</i> <a href="http://www.eveliux.com/mx/medios-de-transmision.php">http://www.eveliux.com/mx/medios-de-transmision.php</a>
[8]	<i>Fig 1.2. Medios de transmisión</i> <a href="http://www.slideshare.net/electiva/medios-de-transmision-4644469">http://www.slideshare.net/electiva/medios-de-transmision-4644469</a>
[9]	<i>Medios de transmisión guiados</i> <a href="http://www.slideshare.net/andresjim/medios-de-transmision-1980950">http://www.slideshare.net/andresjim/medios-de-transmision-1980950</a>
[10]	<i>Cable de par trenzado</i> <a href="http://www.slideshare.net/amtv/01-cable-de-par-trenzado-presentation">http://www.slideshare.net/amtv/01-cable-de-par-trenzado-presentation</a>
[11]	<i>Fig1.3 Cable de par trenzado</i> <a href="http://1.bp.blogspot.com/_e4GaUbpMIdo/S9yPaaEV4qI/AAAAAAAAAGs/GnDFqFTmrUY/s1600/UTP_cable.jpg">http://1.bp.blogspot.com/_e4GaUbpMIdo/S9yPaaEV4qI/AAAAAAAAAGs/GnDFqFTmrUY/s1600/UTP_cable.jpg</a>
[12]	<i>Norma 568-A y Norma 568-B</i> <a href="http://www.iescopernic.com/mediawiki/upload/c/cb/Tia3.jpg">http://www.iescopernic.com/mediawiki/upload/c/cb/Tia3.jpg</a>
[13]	<i>Cable de par trenzado</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado">http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado</a>
[14]	<i>Fig 1.5 Cable UTP</i> <a href="http://e2vi.com/images/pro/CABLNEXT6.JPG">http://e2vi.com/images/pro/CABLNEXT6.JPG</a>
[15]	<i>Fig 1.5 Cable FTP</i> <a href="http://cablecom.es/images/Cable%20FTP%20C6%20SMP.jpg">http://cablecom.es/images/Cable%20FTP%20C6%20SMP.jpg</a>
[16]	<i>Conectores RJ-45</i> <a href="http://www.sistemaspcexpress.com/catalog/images/rj45.jpg">http://www.sistemaspcexpress.com/catalog/images/rj45.jpg</a>
[17]	<i>Cable Coaxial</i> <a href="http://halconia.org/escolar/redes/05010000.html">http://halconia.org/escolar/redes/05010000.html</a>
[18]	<i>Fig 1.8. Cable Coaxial</i> <a href="http://www.tangodelta.com/images/CO.jpg">http://www.tangodelta.com/images/CO.jpg</a>

[19]	<i>Estándares de Cable Coaxial</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_coaxial">http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_coaxial</a>
[20]	<i>Apantallados</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_apantallado">http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_apantallado</a>
[21]	<i>Tabla 1. Cuadro de comparación de medios de transmisión</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n">http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n</a>
[22]	<i>Tipos de conectores para cable coaxial</i> <a href="http://www.seguridadwireless.net/hwagm/conectores-cables.html">http://www.seguridadwireless.net/hwagm/conectores-cables.html</a>
[23]	<i>Fig 1.9. Conector tipo N</i> <a href="http://img.shoppydoo.com/es/tp_products/132/12475517.jpg">http://img.shoppydoo.com/es/tp_products/132/12475517.jpg</a>
[24]	<i>Fig 1.10. Conector tipo BNC</i> <a href="http://www.cablesonline.es/WebRoot/fucsio2/Shops/Cablesonline/4B7E/5361/EF79/F799/81A8/566D/6D38/CE4E/Conector_coaxial_BNC_Macho_75ohm_recto_crimpar_para_cable_Flex2_75.jpg">http://www.cablesonline.es/WebRoot/fucsio2/Shops/Cablesonline/4B7E/5361/EF79/F799/81A8/566D/6D38/CE4E/Conector_coaxial_BNC_Macho_75ohm_recto_crimpar_para_cable_Flex2_75.jpg</a>
[25]	<i>Conector tipo TNC</i> <a href="http://loja.tray.com.br/adm/editor/up/66984/ConectorTNCRosca.JPG">http://loja.tray.com.br/adm/editor/up/66984/ConectorTNCRosca.JPG</a>
[26]	<i>Conector tipo SMA</i> <a href="http://3.bp.blogspot.com/_3O_OH5V7jMU/SQWEYU7CtzI/AAAAAAAAACI/Png_mq-2yk/s400/sma.jpg">http://3.bp.blogspot.com/_3O_OH5V7jMU/SQWEYU7CtzI/AAAAAAAAACI/Png_mq-2yk/s400/sma.jpg</a>
[27]	<i>Conectores tipo SMC</i> <a href="http://www.epirsa.com/old/contenido/productos/pcoaxiales/fotos/coax/SMB-SMG-SMC_06.jpg">http://www.epirsa.com/old/contenido/productos/pcoaxiales/fotos/coax/SMB-SMG-SMC_06.jpg</a>
[28]	<i>Conectores tipo APC-7</i> <a href="http://www.buenosairesx.com/sat/images/conector_rg6_phillips_coaxil_fta_argentina.jpg">http://www.buenosairesx.com/sat/images/conector_rg6_phillips_coaxil_fta_argentina.jpg</a>
[29]	<i>Medios de transmisión No Guiados</i> <a href="http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/546/5/T10469CAP4.pdf">http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/546/5/T10469CAP4.pdf</a>
[30]	<i>Canal de comunicación</i> <a href="http://es.wikitel.info/wiki/Canal_de_comunicaciones">http://es.wikitel.info/wiki/Canal_de_comunicaciones</a>
[31]	<i>Radio base</i> <a href="http://www.vodafone.es/conocenos/responsabilidad-corporativa/RC-vodafone/movilysalud/att00025409/TripEstacionesBase.pdf">http://www.vodafone.es/conocenos/responsabilidad-corporativa/RC-vodafone/movilysalud/att00025409/TripEstacionesBase.pdf</a>
[32]	<i>Antenas</i> <a href="http://antenapringlespmf.blogspot.com/">http://antenapringlespmf.blogspot.com/</a>
[33]	<i>Tipos de antenas</i> <a href="http://www.carlosmezquida.com/word/wp-content/archive/Pagina_2_CAPITULO3.pdf">http://www.carlosmezquida.com/word/wp-content/archive/Pagina_2_CAPITULO3.pdf</a>
[34]	<i>Patrón de radiación</i> <a href="http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_a_r/capitulo2.pdf">http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_a_r/capitulo2.pdf</a>
[35]	<i>Polarización de una antena</i> <a href="http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter4-es.pdf">http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter4-es.pdf</a>
[36]	<i>Características de apuntamiento</i> <a href="http://televisioeducativa.blogspot.com/2005/09/instalacion-de-antena-satelital.html">http://televisioeducativa.blogspot.com/2005/09/instalacion-de-antena-satelital.html</a>

[37]	<i>Microondas Terrestres</i> <a href="http://elticus.com/diccionario/Microondas%20terrestres.html">http://elticus.com/diccionario/Microondas%20terrestres.html</a>
[38]	Antena para transmisiones vía microonda tipo SAF <a href="https://www.saftehnika.com/products/antennas">https://www.saftehnika.com/products/antennas</a>
[39]	<i>Funcionamiento de un sistema microondas</i> <a href="http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/531/7/T10455CAP1.pdf">http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/531/7/T10455CAP1.pdf</a>
[40]	<i>Lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microonda</i> <a href="http://sistemas-com.blogspot.com/2009/09/dispositivos-de-microondas-la.html">http://sistemas-com.blogspot.com/2009/09/dispositivos-de-microondas-la.html</a>
[41]	<i>Modulación de microondas</i> <a href="http://rugardalon.blogspot.com/2008/07/microondas-terrestres.html">http://rugardalon.blogspot.com/2008/07/microondas-terrestres.html</a>
[42]	<i>Transmisión de Microondas</i> <a href="http://www.monografias.com/trabajos12/comsat/comsat.shtml">http://www.monografias.com/trabajos12/comsat/comsat.shtml</a>
[43]	<i>Accesos de última milla</i> <a href="http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/546/3/T10469CAP4.pdf">http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/546/3/T10469CAP4.pdf</a>
[44]	<i>Características de Accesos de última milla</i> <a href="http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?sec=3&amp;num=366">http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?sec=3&amp;num=366</a>
[45]	<i>Interfaces</i> <a href="http://www.monografias.com/trabajos26/transmision-datos/transmision-datos.shtml">http://www.monografias.com/trabajos26/transmision-datos/transmision-datos.shtml</a>
[46]	<i>Standard V35</i> <a href="http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/RS232_V35.pdf">http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/RS232_V35.pdf</a>
[47]	<i>E1</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/E1">http://es.wikipedia.org/wiki/E1</a>
[48]	<i>Tarjetas Ethernet</i> <a href="http://www.slideshare.net/guest93465f/tarjeta-madre-4062776">http://www.slideshare.net/guest93465f/tarjeta-madre-4062776</a>
[49]	<i>Direcciones ip</i> <a href="http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/computer-networks/computer-networks/XP06_M2105_01496.pdf">http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/computer-networks/computer-networks/XP06_M2105_01496.pdf</a>
[50]	<i>Antenas de tipo Ceragon</i> <a href="http://www.ceragon.com/product.asp?ID=7">http://www.ceragon.com/product.asp?ID=7</a>
[51]	<i>Antenas de tipo Comba</i> <a href="http://www.comba-telecom.com/Prd_Channel.aspx?ClassID=3">http://www.comba-telecom.com/Prd_Channel.aspx?ClassID=3</a>
[52]	<i>Ping</i> <a href="http://www.ryohnosuke.com/foros/showthread.php?t=353">http://www.ryohnosuke.com/foros/showthread.php?t=353</a>

## **4.4 ANEXOS**

### **4.4.1 Site survey Aneta Villaflora**

### **4.4.2 Introducción al programa Pathlos**