

12



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## LMDS SISTEMA DE DISTRIBUCION LOCAL MULTIPUNTO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**  
P R E S E N T A :  
**ISIS C. ESPINOSA ARAUJO**

DIRECTOR DE TESIS: ING. JESUS REYES GARCIA  
CODIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR GARCIA GARDUÑO



MEX.CO, D. F.,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

JULIO DE 2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# PAGINACION DISCONTINUA

## **Agradecimientos.**

A mi madre por su tiempo y todo lo que me ha enseñado a lo largo de mi vida.

A mi padre por los buenos momentos a pesar de varias cosas...

A mis dos hermanos, Arturo y Miguel, con los que he compartido muchos momentos de mi vida y de los que he aprendido mucho, debido a la gran diversidad de pensamiento existente entre nosotros. La vida nos llevará por caminos diferentes pero siempre estarán presentes.

Gracias a la Escuela Nacional Preparatoria No. 9 donde inicié mi formación en la UNAM y compartí en las aulas diversas formas de pensamiento.

Agradezco a todos los que compartieron conmigo el emocionante viaje por la Facultad de Ingeniería, compartiendo sus experiencias y amistad, especialmente a Ramiro, Jaime, Heidy, Alejandro.

También agradezco a todos los que han compartido en algún momento de su vida su amistad conmigo, particularmente a Isabel.

Un agradecimiento especial a Oscar por escucharme, compartir alegrías, tristezas, sueños conmigo, creer en mí, apoyarme e impulsarme a no rendirme cuando parecía que el túnel nunca terminaría. Siempre quedará algo en el tintero...

Gracias al Ing. Jesús Reyes García por la confianza, el tiempo y los consejos que me proporcionó para la realización de esta tesis.

Mi agradecimiento al Dr. Víctor García Garduño por su apoyo y su tiempo.

Mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y a todos los profesores que imparten en ella cátedra.

Gracias a mis sinodales que son parte de la culminación de una etapa, por su tiempo y consejos, Dr. Miguel Moctezuma Flores, Ing. Rodolfo Arias Villavicencio, Ing. Juan Fernando Solórzano Palomares.

Un agradecimiento especial a la Fundación Telmex.

Mi más profundo y sincero agradecimiento para la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser un miembro orgulloso de esta institución y por los ideales que son inherentes a ésta y que espero que continúen a través del tiempo.

# CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS.....	i
CONTENIDO .....	ii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Alcance de la tesis.....	1
1.3 Descripción de LMDS.....	1
1.4 Conceptos básicos.....	5
1.4.1 Servicio fijo y servicio móvil.....	5
1.4.2 Sistemas punto a punto y punto multipunto.....	6
1.4.3 Arquitectura de los sistemas fijos de banda ancha.....	6
1.4.4 Redes de Banda Ancha.....	7
1.4.5 Situación de las redes de acceso actuales.....	8
1.5 Referencias.....	8
<b>2. TECNOLOGÍA DE LMDS.....</b>	<b>10</b>
2.1 Asignación del espectro y algunas características relacionadas.....	10
2.2 Arquitectura de la red.....	17
2.3 Aspectos generales de LMDS.....	20
2.3.1 Acceso.....	20
2.3.2 Modulación.....	22
2.3.3 Capacidad del sistema.....	23
2.3.4 Otros aspectos.....	24
2.3.4.1 Recepción de la señal.....	24
2.3.4.2 FDD Y TDD.....	24
2.3.4.3 Gestión de red.....	27
2.3.4.4 QoS.....	28
2.4 Planeación de la red.....	29
2.5 Equipo.....	33
2.5.1 Equipo del nodo de la red.....	33
2.5.2 Equipo de radiofrecuencia.....	34
2.5.3 Equipo de la interfaz de la red.....	35
2.5.4 Antenas.....	37
2.6 Integración con las tecnologías existentes.....	40
2.7 Referencias.....	46

<b>3. SERVICIOS Y APLICACIONES DE LMDS.....</b>	<b>48</b>
3.1 Clases de usuarios de LMDS previstos.....	48
3.2 Servicios previstos de LMDS.....	50
3.3 Definición de algunas aplicaciones y servicios.....	54
3.4 Configuración de LMDS para la prestación de algunos servicios.....	59
3.5 Referencias.....	60
<b>4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED LMDS EN MÉXICO Y EN ALGUNAS PARTES DEL MUNDO .....</b>	<b>61</b>
4.1 Situación en México.....	61
4.2 Situación en algunas partes del mundo.....	64
4.3 Prueba piloto (28-31GHz).....	69
4.4 MINI-LINK™ BAS y Alcatel Evolium™ LMDS 7390.....	77
4.5 Estándares y Especificaciones.....	83
4.5.1 DAVIC.....	83
4.5.2 ETSI.....	83
4.5.3 IEEE.....	84
4.6 Referencias.....	85
<b>5. COMPARACION DE LMDS CON LOS MERCADOS ALÁMBRICOS RELACIONADOS .....</b>	<b>87</b>
5.1 RTPC y RDSI.....	87
5.2 XDSL.....	88
5.3 Cable módem.....	91
5.4 Referencias.....	94
<b>6. LMDS Y LA EDUCACION A DISTANCIA .....</b>	<b>95</b>
6.1 Antecedentes.....	95
6.2 Elementos claves en la educación a distancia.....	95
6.3 Herramientas de la educación a distancia.....	97
6.4 Pruebas.....	97
6.4.1 RAI/FUB: Salón de clases virtual usando sistemas de telecomunicaciones interactivos.....	98
6.4.4.1 El experimento de campo.....	100
6.4.4.2 Resultados.....	101
6.4.4.3 Conclusiones.....	104
6.4.2 Telenor. Lillestrom Videregaende skole.....	105
6.5 Referencias.....	105
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>

<b>8. APÉNDICES.....</b>	<b>110</b>
Apéndice A. Subdivisión del espectro radioeléctrico en bandas de frecuencias.....	110
Apéndice B. Fichas de descripción de servicios.....	111
Apéndice C. Diagrama del sistema de acceso de banda ancha inalámbrico basado en la solución Alcatel Evolium LMDS 73906.2.....	119
<b>9. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>120</b>
<b>10. GLOSARIO.....</b>	<b>124</b>

# **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS).**

## **1. INTRODUCCIÓN.**

---

### **1.1 Objetivo.**

El objetivo de este trabajo es investigar y analizar la tecnología LMDS (Local Multipoint Distribution System - Sistema de Distribución Local Multipunto), presentando los conceptos básicos para describirla y comprender su funcionamiento e implementación. En particular, se busca determinar si es conveniente emplear LMDS en educación a distancia.

Adicionalmente, se presentará un análisis de esta tecnología inalámbrica frente a los mercados alámbricos relacionados. Y se mostrará el estado actual de esta tecnología en México y la situación en algunas otras partes del mundo donde este sistema esta siendo utilizado.

### **1.2 Alcance de la tesis.**

Aunque LMDS es una tecnología prometedora y se perfila como una de las mejores soluciones para proporcionar servicios integrados de alta velocidad y resolver el problema de última milla, esta tecnología está cambiando con gran rapidez y dicho cambio se encuentra ligado al desarrollo de nuevos productos de los fabricantes de tecnología LMDS.

En este trabajo se presenta una descripción general de LMDS que opera alrededor de los 28GHz, ya que en México se desplegará en torno de esta frecuencia. Existen otros sistemas a nivel mundial que están operando alrededor de otras frecuencias pero no se hará una descripción detallada de éstos porque quedan fuera del alcance de este trabajo.

### **1.3 Descripción de LMDS.**

LMDS es un sistema de comunicación de banda ancha inalámbrico punto a multipunto que opera arriba de los 10 GHz (dependiendo de la licencia del país). Este sistema puede ser utilizado para transmitir voz digital bidireccional, datos, Internet y servicios de video.



El acrónimo LMDS deriva de:

- L (local) – Denota que las características de propagación de las señales en este rango de frecuencia, delimita el área potencial de cobertura de una sola célula. El rango de un transmisor LMDS (a 28 GHz) es aproximadamente 8 km según pruebas realizadas en áreas metropolitanas.
- M (multipoint) - Indica que las señales son transmitidas punto a multipunto es decir la señal se envía de un punto central (estación base) hacia los puntos remotos (suscriptores). El retorno de la señal, del suscriptor a la estación base, se realiza mediante una transmisión punto a punto.
- D (distribution) – Se refiere a la distribución de señales, las cuales pueden ser voz bidireccional, datos, Internet y video.
- S (system) – Señala la naturaleza de la relación entre el proveedor y el cliente. Ya que los servicios ofrecidos por una red LMDS dependen completamente del campo de negocios del proveedor [1].

LMDS emplea microondas como medio de transporte fundamental. Ésta no es esencialmente una tecnología nueva sino una adaptación de la tecnología existente para la implementación de nuevos servicios, lo que permite que múltiples usuarios accedan el mismo espectro de radio.

El sistema se basa en una concepción celular, este sistema utiliza estaciones base distribuidas a lo largo de la zona que pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, generando así de una manera natural una estructura basada en células, también llamadas áreas de cobertura [2,3].

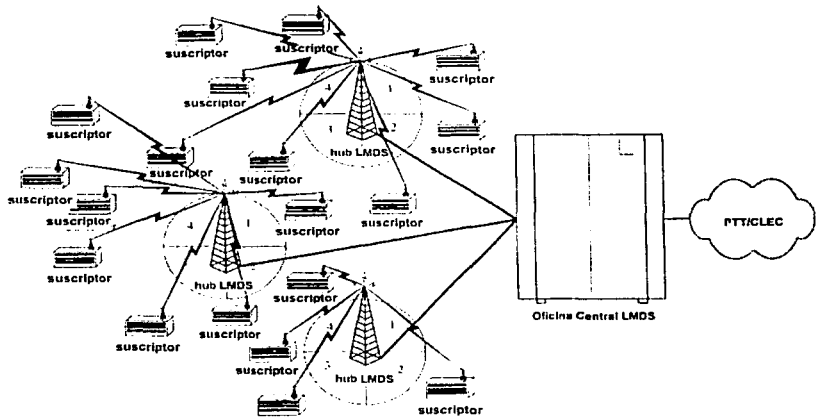


Figura 1. Sistema LMDS genérico [3].

LMDS consta de dos elementos fundamentales: la capa de transporte física y la capa de servicio. La capa física de transporte involucra tanto a las plataformas de radio y de conmutación de circuitos/paquetes. La plataforma de radio consiste en una serie de estaciones base que proveen el enlace de radiocomunicación entre los clientes y el punto de concentración principal, usualmente la oficina central del operador LMDS. La figura 1 es un diagrama genérico del sistema LMDS. El diagrama mostrado tiene un diseño similar al sistema móvil celular o PCS, excepto que los suscriptores están fijos y operan a diferentes frecuencias.

El diagrama del sistema muestra múltiples suscriptores o clientes rodeando al hub LMDS o la estación base. El sitio donde se encuentra la estación base está configurado normalmente de forma sectorizada con el propósito de reusar frecuencias, lo que permite asignar múltiples suscriptores a cada sector. La cantidad de canales y el plan de frecuencias general para el sistema está dado por el espectro disponible en cualquier mercado dado y la capacidad requerida en cualquier zona geográfica.

Un sistema LMDS es diferente de un sistema móvil en varios aspectos. El primero es que la cobertura ubicua no se requiere lo que es una ventaja importante. Si LMDS se despliega correctamente, el operador del sistema sólo dará el servicio donde realmente se encuentren localizados los clientes, lo que maximizará la efectividad de la infraestructura y minimizará los costos de operación.

Otro aspecto está relacionado con el equipo empleado en un lugar geográfico para suministrar el servicio a los suscriptores. Mientras que en un sistema móvil es necesario un equipo de radio para cada suscriptor, en LMDS es posible tener múltiples suscriptores utilizando un mismo equipo de radio debido a que es un sistema fijo, lo que reduce el costo de adquisición para el cliente. Este concepto se ve claramente cuando el servicio se despliega en un edificio, ya que debido a que se puede considerar que los clientes se encuentran en el mismo lugar físicamente, emplearan el mismo equipo de radio; cuando se instala el equipo en estos casos debe evaluarse el ancho de banda potencial.

Finalmente, aunque el sistema LMDS está basado en una concepción celular, no existe handoff y los suscriptores están fijos[3].

### Origen de LMDS.

El origen de LMDS se atribuye a Bernard Bosssard, quién trabajó en el área de microondas para el ejército de los EE.UU. y fue en 1986 cuando se le ocurrió diseñar un sistema de distribución de video punto a multipunto, utilizando la banda de 28 GHz. No empleó tecnología de baja frecuencia y alta potencia, sino todo lo contrario: alta frecuencia y baja potencia en distancias cortas[4]. Esto le dio un carácter innovador a esta tecnología basado en el hecho de que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, tradicionalmente reservado a sectores muy especializados como defensa o espacial debido a sus costos elevados[5].

Bossard formó la empresa "Cellular Vision" que daba servicio en Nueva York. El primer desarrollo comercial de CellularVision, basado en tecnología analógica, apareció en 1991. Se trataba de una red experimental inalámbrica de televisión por cable para la ciudad de Nueva York, concretamente en Brighton Beach, para la que la FCC concedió una licencia especial. [4,6] En ese lugar existen varios obstáculos naturales (como árboles y diversas torres de iglesias), no obstante, la empresa CellularVision les brindaba 40 canales de TV a través de una nueva tecnología punto a multipunto que había desarrollado y que funcionaba: el LMDS.

Otros siguieron a estos pioneros. En la Unión Americana, Puerto Rico y Venezuela se desarrollaron nuevos sistemas de TV de paga mientras que en Brasil, Bellsouth y la misma CellularVision instalaron sus redes de prueba. Para entonces, el desarrollo de Internet y la transmisión de datos en banda ancha aprovechó el potencial de este sistema y cambió su destino en los años siguientes de esta corta historia.

Entre otros países que se consideran pioneros en la utilización de este tipo de sistemas se encuentran Canadá y Rusia, en donde las licitaciones ya se han llevado a cabo[5,7].

Al final de 1997 los grandes proveedores de equipos de telecomunicaciones salieron a dar respuesta, comprando o estableciendo alianzas con los fabricantes pioneros de LMDS. Entre ellos Bosch Telecom —que después sería adquirida por Marconi Communications— adquirió el LMDS de Texas Instruments; Alcatel acordó con Stanford Telecom; Nortel Networks compró a BNI y Lucent la unidad de banda ancha de Hewlett Packard; Siemens realizó una empresa conjunta con P-Com, y Newbridge firmó una alianza con Millitech.

El LMDS se tornó digital y de doble vía, una herramienta fundamental para los nuevos competidores locales en momentos en que el mercado mundial de las telecomunicaciones se abría a la competencia. En Canadá adaptaron ese cambio a la denominación del sistema, que ya no era simplemente para distribución, lo llamaron LMCS (Local Multipoint Communication System; Sistema de Comunicación Local Multipunto).

Así, en 1998, Winstar y Teligent, las compañías que desarrollaron la "fibra inalámbrica" y las redes inalámbricas punto a punto de banda ancha en los Estados Unidos, registraron las primeras experiencias para migrar sus sistemas a punto-multipunto utilizando la remozada tecnología LMDS. Ese año se desató la fiebre de los proveedores de telecomunicaciones que querían utilizar esta variante nacida para televisión de paga.

Por su parte, la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (FCC por sus siglas en inglés), lanzó la subasta de frecuencias en las bandas de 28-31 GHz, que atrajo el interés de nuevos operadores. Los fondos de inversión especializados en alta tecnología crearon compañías de servicios inalámbricos, como Dignet y Formus, que más tarde solicitaron frecuencias experimentales en los mercados de América Latina que iniciaron su apertura.

La transición de servicios de TV de paga a transmisión de datos tuvo su momento simbólico al inicio de 1999, cuando CellularVision cesó sus operaciones y abrió paso a SpeedUs, una nueva firma que ofrece conexión a Internet a alta velocidad, con retorno telefónico. En este mismo año, Motorola incorporó el desarrollo punto-multipunto en 28 GHz de Bosch Telecom, y posteriormente Newbridge fue adquirida por Alcatel.

En 1999 y 2000 se procedió en muchos países europeos a la adjudicación de licencias para nuevos operadores de LMDS [6,7].

## **1.4 Conceptos básicos.**

### **1.4.1 Servicio fijo y servicio móvil.**

El Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT incluye el cuadro de atribución de bandas de frecuencias a los distintos servicios radioeléctricos, cuya definición y significado concreto figura en el propio Reglamento. El RR obliga a las administraciones miembros de la UIT que se comprometen, a cumplir esta reglamentación a escala internacional y, dado que las ondas electromagnéticas no tienen fronteras, también en el interior de los países, en particular cuando el radioenlace se utiliza para comunicaciones internacionales o corre el riesgo de interferir a servicios de otros países. El RR es un anexo al Convenio de la UIT que ratifican los diferentes parlamentos nacionales y por ello tiene carácter de ley.

Entre los servicios definidos en el RR, son de particular relevancia para el acceso local inalámbrico los dos siguientes:

- Servicio fijo (SF): servicio de radiocomunicaciones entre puntos fijos determinados.
- Y Servicio móvil (SM): Servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles terrestres o entre estaciones móviles.

La nueva recomendación sobre terminología del acceso inalámbrico define el acceso inalámbrico como "conexión(es) radioeléctrica(s) entre el usuario final y una red básica", entendiéndose por red básica la primera estación con conexión a la red pública con conmutación (por ejemplo, la red telefónica pública conmutada (RTPC), la red digital de servicios integrados(RDSI), Internet etc...). El acceso inalámbrico se puede considerar desde distintas perspectivas, como las siguientes:

- Movilidad del terminal: fijo sin ninguna movilidad, nómada (el terminal se puede utilizar en diferentes lugares, pero debe estar estacionario mientras se utiliza), móvil con movilidad restringida (por ejemplo, dentro de una sola célula);
- Capacidades de transporte de datos: de banda estrecha, banda ancha, multimedia;
- Tipo de servicio de telecomunicación: telefonía, transmisión de datos, recuperación de información; Conectividad: dependiendo de la red conmutada a la que accede el terminal (RTPC, RDSI, etc.);
- Tecnología de transmisión: técnica de acceso (por división de frecuencia - FDMA, tiempo -TDMA, o código -CDMA); técnica de modulación (analógica o digital); técnica dúplex (FDD o TDD), etc [8].

### **1.4.2 Sistemas punto a punto y punto multipunto.**

#### **Definiciones.**

**Punto a punto.** Es una topología en la que el enlace de radio se establece entre dos estaciones.

**Multipunto.** Es un término genérico para punto a multipunto (PMP), multipunto a multipunto (MP-MP) y sus variantes o híbridos de éstas. Multipunto es una topología inalámbrica en la que un sistema provee servicio a múltiples estaciones de suscriptores con cierta distribución geográfica.

**PMP.** En los sistemas inalámbricos, una topología en la que la estación base da servicios simultáneos múltiples, en donde las estaciones de los suscriptores están separadas geográficamente y cada estación del suscriptor está permanentemente asociada con una sola estación base.

**MP-MP.** Una topología de red inalámbrica, conocida también como mesh, en la que un número de estaciones del suscriptor en un área geográfica están conectadas entre sí y pueden ejercer como estaciones repetidoras. Lo anterior permite una variedad de rutas entre la red de cobre y cualquier estación del suscriptor y que no tengan colocadas las estaciones bases en la forma convencional de los sistemas punto a multipunto.

### **1.4.3 Arquitectura de los sistemas fijos de banda ancha.**

Los sistemas fijos de banda ancha frecuentemente emplean arquitecturas multipunto.

#### **Sistemas PMP.**

Los sistemas PMP están formados por estaciones base, estaciones del suscriptor y, en algunos casos, por repetidores. Las estaciones base utilizan antenas de haz relativamente ancho, divididas en uno o más sectores para lograr una cobertura de 360 grados con una o más antenas. Para lograr la cobertura completa de un área se requiere más de una estación base. La conexión entre estaciones base no es parte de la red fija de banda ancha, se emplean enlaces de radio, fibra óptica o medios equivalentes.

Los enlaces entre las estaciones base algunas veces podrán emplear parte de la misma asignación de frecuencias de la red fija inalámbrica de banda ancha.

Las estaciones del suscriptor usan antenas direccionales orientadas hacia la estación base y comparten el canal de radio. Esto puede realizarse por varios métodos de acceso, incluyendo división de frecuencia, división de tiempo, o división de código.

### Sistemas MP-MP (Mesh).

Los sistemas multipunto a multipunto tienen la misma funcionalidad de los sistemas PMP. Las estaciones bases proveen conexión a las *core networks* en un lado y en el otro una conexión de radio para las otras estaciones. Una estación del suscriptor podrá ser una terminal de radio o (comúnmente) un repetidor con acceso de tráfico local. El tráfico podrá pasar a través de uno o más repetidores para llegar al suscriptor y las antenas son generalmente de tipo direccional de haz estrecho [9].

#### 1.4.4 Redes de Banda Ancha.

A muchas de las tecnologías emergentes se les designa como redes multiaplicaciones o multimedia (como se les conoce en la industria) de banda ancha. El propósito de estas redes es proporcionar un servicio de transporte para cualquier tipo de aplicación, debido a lo anterior se les asigna el término "red multiaplicaciones o multimedia". Una red multiaplicaciones de banda ancha apoya el servicio telefónico, de video, de datos, las compras a distancia, facsímil, etc, como se muestra en la figura 2:

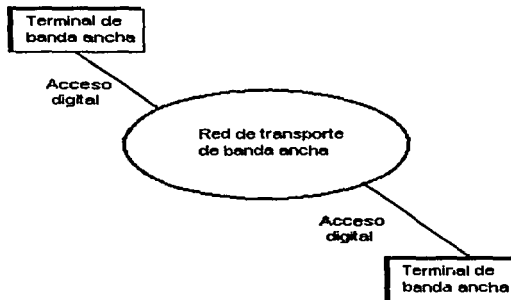


Figura 2. Apoyo a aplicaciones con redes de banda ancha.

A las tecnologías emergentes generalmente se les califica como *redes de banda ancha*. El término "banda ancha" se ha utilizado desde hace varios años y a lo largo de estos se han propuesto varias definiciones:

- Una red que utiliza tecnología analógica de alta frecuencia como mecanismo de transporte para el tráfico de usuarios.
- Cualquier red que opera por encima del intervalo de frecuencias de la voz.
- Cualquier red que opera arriba de la tasa primaria de ISDN (1.544 Mbit/s en Norteamérica y 2.048 Mbit/s en Europa)[10].
- Una red que soporta una muy alta tasa de transmisión

En este trabajo se empleará el término de red de banda ancha para describir a una red de alta capacidad (del orden de megabit/s) que ofrece un sistema de transporte para multimedia.

#### 1.4.5 Situación de las redes de acceso actuales.

Existen diversas opciones actualmente en las redes de acceso. Las telefónicas tienen mucho cobre tendido y en algunos países el cobre no reúne las características de calidad que se requieren para trabajar en banda ancha, por lo que se está haciendo un esfuerzo tremendo para adaptarse a esto, incluso se tienen telefónicas en todo el mundo tendiendo fibra para poder llegar a las velocidades requeridas por usuarios de alta demanda, las compañías de cable están resultando en muchos países, incluido México, una excelente opción para la última milla, ya que puede dar el ancho de banda que no se está logrando por otros medios; sin embargo, las compañías de cable no tienen experiencia vendiendo telecomunicaciones ya que se dedican al área de entretenimiento, de la difusión, y los niveles de servicio a los que están acostumbrados a trabajar son totalmente diferentes a los de una telefónica.

Los operadores en competencia, en este sector del mercado en plena ebullición en México no cuentan con la última milla. Por último, en muchos países ya se están licitando y en otros ya se encuentra funcionando el sistema LMDS que permite a los operadores y a los usuarios acceder a servicios de banda ancha sin la necesidad de tendidos alámbricos [11].

#### 1.5 Referencias.

- [1] "Tutorial Local Multipoint Distribution System (LMDS)", IEC.  
<<http://www.iec.org/online/tutorials/lmds/index.html>>
- [2] "Comunicaciones inalámbricas de banda ancha LMDS"  
<<http://www.ispjae.cu/gicev/Boletines/bol46.htm>>
- [3] Smith, C., "LMDS", McGraw-Hill, U.S.A. 2000.
- [4] Berrocal, R.; Domínguez, F.J.; Fernández, J.F.; Rosa, O. A.; "Análisis del Sistema LMDS"  
<<http://www.gtlic.ssr.upm.es/INSC/trabajos/trab98-99/lmds/t2/LMDS.html>>
- [5] "LMDS, Historia". Sky Point. Telecomunicaciones de banda ancha.  
<<http://www.skypoint.es>>
- [6] Nordbotten, A., "LMDS systems and their application", IEEE Communications Magazine, Vol. 38, No. 6, 2000, pp. 150-154.
- [7] Luna, R., "LMDS: la comunicación del futuro cercano", Revista Red en línea, 2000.<<http://www.red.com.mx/scripts/redArticulo.php?idNumero=42&articuloID=7142>>
- [8] Casado, L., "Radiocomunicaciones de la UIT".  
<<http://www.iies.es/teleco/publicac/publbit/bit115/ts2.html>>

- [9] "IEEE recommended practice for local and Metropolitan area networks. Coexistence of fixed broadband wireless access systems", IEEE Std 802.16.2-2001, Septiembre 2001, pp.i-88.
- [10] Black, U., "Tecnologías Emergentes para Redes de Computadoras", 2ª Edición, Prentice Hall Hispanoamerican, S.A., México 1999.
- [11] Martínez, V., "Soluciones inalámbricas de banda ancha".  
<<http://www.ahciet.net/inalambricas/11facticms/014.pdf>>



## 2. TECNOLOGÍA DE LMDS

---

### 2.1 Asignación del espectro y algunas características relacionadas.

#### Asignación del espectro.

El LMDS utiliza frecuencias en el mundo en torno a 28 Ghz o 40 Ghz. El territorio a cubrir se divide en células de radio de 3-9 km en la banda de los 28 Ghz y de 1-3 km en la banda de los 40 Ghz.

En México, el Área General de Ingeniería y Tecnología de la COFETEL realizó una serie de análisis técnicos sobre los Sistemas de Distribución Local Multipunto y sus respectivas bandas de frecuencias de operación, considerando el creciente interés mundial de operadores e inversionistas en estos sistemas de acceso de banda ancha.

En particular, observó tanto el desarrollo tecnológico como de mercado en otros países, para tomar la mejor decisión sobre las bandas de frecuencias a licitar para la prestación de los servicios correspondientes.

Así por ejemplo, en relación con los socios comerciales de México en el Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLC), los Estados Unidos de América han identificado el uso del espectro en las bandas de 27.50-28.35 GHz, 29.10-29.25 GHz y 31.0-31.3 GHz y Canadá se ha identificado el uso del espectro de 25.35 a 28.35 GHz. En general, todos estos planes de división de frecuencias prevén la compartición entre sistemas satelitales y los LMDS y están basados en estudios de la UIT y Recomendaciones de la CITEL.

Considerando que el desarrollo de los LMDS se ha dado en mayor medida en las bandas de frecuencias alrededor de los 28 GHz y 31GHz, se estimó conveniente que el despliegue de estos sistemas se llevase a cabo en México de manera inicial en estas mismas bandas, siendo deseable por la naturaleza de los servicios que potencialmente pueden prestarse y las características de propagación radioeléctrica de esas bandas, que se otorguen concesiones por Áreas Básicas de Servicio (ABS's) o regiones.

No obstante, algunas concesiones pudieran otorgarse para áreas geográficas más grandes (compuestas por más de una ABS), ya que existen zonas cuya densidad de habitantes es elevada y las poblaciones se encuentran muy cerca unas de otras; tal podría ser el caso de la región conformada por las ABS de México, D.F., Toluca, Cuernavaca, Pachuca y Cuautla.

Al obtener las frecuencias correspondientes, los concesionarios podrían ofrecer a los suscriptores una gran diversidad de servicios de una o dos vías, como pueden ser la difusión de video, las videoconferencias, la telefonía local inalámbrica, la transmisión de datos y otros servicios de banda ancha, particularmente el acceso a Internet de alta velocidad.

La segmentación propuesta para la licitación de frecuencias para el Sistema de Distribución Local Multipunto, aprobada por el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones el 22 de marzo de 2000, aparece en la figura 1, consistente en dos concesiones A y B por región, cada una de ellas con dos bloques de 425 MHz y 150 MHz, totalizando 575 MHz por concesión.

Se propuso asimismo reservar dos bloques de 75 MHz cada uno, para futuras extensiones y/o eventuales requerimientos de uso oficial en esta banda.

La segmentación propuesta tiene la ventaja de coincidir con la adoptada por otros países, en particular por los Estados Unidos de Norteamérica, lo que facilitaría la coordinación fronteriza y favorecería las economías de escala en materia de equipo.

Asimismo, presenta una separación conveniente entre los dos bloques que integran cada concesión, permitiendo adecuar el ancho de banda a los requerimientos de tráfico de zonas con mayor o menor demanda[1,2,3].

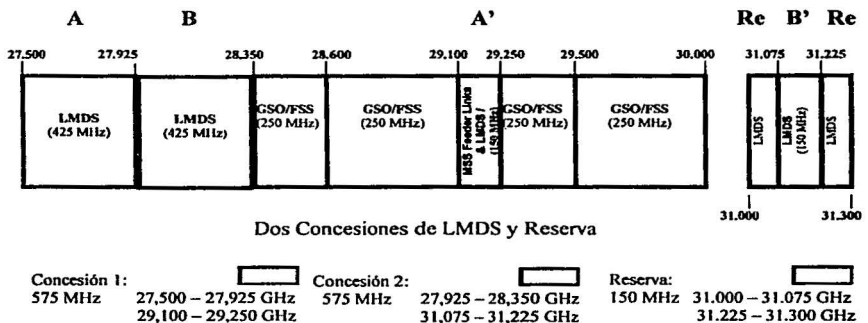


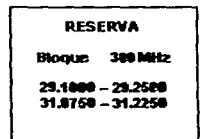
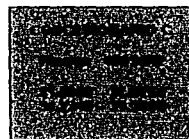
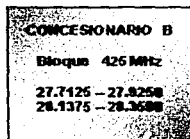
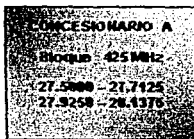
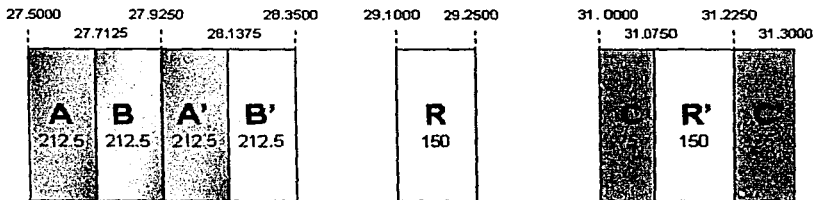
Figura 1. Propuesta de segmentación [2].

Los resultados de las consultas llevadas a cabo hasta el día 22 de marzo de 2001 y la propuesta presentada y aprobada por el Pleno de la Comisión, fueron publicados en la página de Internet de la COFETEL, con la finalidad de dar transparencia al proceso y dar reconocimiento a las aportaciones de todos los participantes.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Durante los primeros días del mes de abril del año 2001, la sección III de la CANIETI, presentó un escrito por el que manifestaba que las empresas proveedoras de equipo de telecomunicaciones, afiliadas a esa Cámara, no estaban de acuerdo con la decisión de la COFETEL, argumentando que ninguna de las empresas contaba con equipo disponible para operar los servicios de LMDS con la segmentación propuesta y solicitaban que se organizara a la brevedad un foro de discusión sobre el tema.

En virtud del planteamiento anterior, el 26 de abril del 2001, el Comisionado de Ingeniería y Tecnología llevó a cabo el Foro de discusión sobre la segmentación de las bandas de frecuencias a licitar para servicios de LMDS, misma que contó con la asistencia de casi cien participantes interesados en el tema. En dicho foro se escucharon y recibieron las propuestas y comentarios vertidos en cuanto a la segmentación de las bandas, destacando el presentado por la sección III de la CANIETI, ya que agrupaba la opinión de la mayoría de las empresas proveedoras de equipos de telecomunicaciones con presencia en México. En esta reunión se acordó que la COFETEL, crearía un nuevo foro abierto virtual, con el fin de que todos los interesados en participar se pudieran manifestar al respecto, y a su vez, pudieran conocer las opiniones vertidas por los demás interesados, sean estos operadores, inversionistas y/o empresas proveedoras, fortaleciendo con ello la transparencia en la toma de una decisión en cuanto a la segmentación.



Nota: Ancho de banda en MHz  
Límites de los segmentos en GHz

Figura 2. Segmentación de las bandas[3]

El foro abierto virtual, se llevó a cabo del 8 de mayo al 14 de julio del año del 2000 y tuvo una participación tanto de inversionistas como de proveedores y operadores. En este foro la COFETEL, recibió 17 documentos con comentarios y sugerencias de los cuales, en 15 de ellos, se manifestó opinión favorable para realizar la licitación.

El Área General de Ingeniería y Tecnología habiendo analizado las distintas observaciones, comentarios y sugerencias resultantes de las consultas y en especial los recibidos en el foro abierto virtual, consideró que la segmentación más conveniente con la que debiera de llevarse a cabo la licitación de las bandas de frecuencias de 28 y 31 GHz para servicios de LMDS, debe consistir en dos segmentos de 425 MHz, uno de 150 MHz y otro más para reserva de 300 MHz, como se muestra en la figura 2.

La COFETEL indica que en fecha próxima, aún no definida, se abrirá una nueva etapa para la recepción de comentarios para la propuesta anterior [3,4].

Debido a lo anterior se observa que el despliegue de LMDS en México se realizará en torno a los 28 GHz, por esa razón este trabajo se enfocará a presentar las características de dicho sistema en esa frecuencia.

### **Características de propagación relacionadas con las microondas.**

Un área de investigación continua para los sistemas LMDS está ligada al comportamiento de la propagación de las microondas. Los sistemas LMDS a 28 GHz son susceptibles a los efectos de la lluvia causando una reducción en el nivel de la señal. El UIT-R tiene procedimientos de estimación de la atenuación por precipitación; sin embargo, existen datos y experiencia limitados en sistemas punto a multipunto de celdas pequeñas. La precipitación causa la despolarización de las señales, principalmente reduce el nivel de la señal y el aislamiento a la interferencia entre sectores y células adyacentes. Cuestiones adicionales a la propagación están relacionadas con el follaje.

La principal propiedad de propagación en las bandas de baja frecuencia es el desvanecimiento por multitrayectorias. A las frecuencias de LMDS, el desvanecimiento por multitrayectorias no es un efecto importante. Primero, las frecuencias de LMDS son más dependientes de línea de vista, lo que significa que las zonas de sombra y la difracción no ocurren tan a menudo a bajas frecuencias. Segundo, los sistemas LMDS tienen colocadas las antenas del cliente a gran altura, generalmente en los techos. La altura de la antena del cliente juega un punto importante en reducir los efectos de multitrayectorias. Tercero, los sistemas LMDS utilizan antenas altamente direccionales; el uso de antenas direccionales reduce el efecto de multitrayectorias. Cuarto, las antenas de LMDS se encuentran fijas en el techo, cuando una antena se fija, los instaladores pueden escoger la mejor localización en el techo con lo que se mejora el desempeño.

Considerando estos factores, la distancia de cobertura de la célula puede variar dependiendo de las estadísticas de precipitación en un área particular. La altura del follaje con relación a las alturas de los edificios residenciales y comerciales también debe examinarse para determinar el porcentaje de techos de edificios que pueden ser irradiados por todo un sector de la antena de la estación base.

Es importante considerar el tamaño aproximado de las células posible en los sistemas LMDS. Con el tiempo el tamaño de las células aumentará basado en los avances de la tecnología de los amplificadores de potencia de microondas. El tamaño de las células esta fuertemente afectado por la propagación en el entorno. Cuestiones como el follaje, tasa de precipitación, la altura de transmisión (célula) de la antena y la altura de la antena del cliente son los principales factores que deben ser considerados. Cuando se elabora una planeación detallada del área de cobertura de la célula, es necesario considerar las obstrucciones locales y los detalles de la topología y el terreno que pueden afectar la distancia que la célula puede cubrir.

Las siguientes máximas son válidas:

- Al aumentar la disponibilidad del enlace requerido, la distancia disminuye. Por ejemplo, si un operador del servicio provee un servicio que requiere 99.9 por ciento de disponibilidad, la distancia del enlace podría ser de hasta 14 km. Los clientes a una distancia de 14 km de la célula no recibirán el servicio ocho horas un año y los clientes más cercanos a la célula tendrán la disponibilidad. Sin embargo, si el operador del sistema escogiera proveer un servicio que requiere 99.99 por ciento de disponibilidad, la distancia de cobertura de la célula podría reducirse a 5 km. Si el operador del sistema quisiera proveer un servicio que requiriera 99.999 por ciento de disponibilidad, la distancia de cobertura de la célula se reduciría a 2.5 km. Los números anteriores son aproximados y dependen de los detalles específicos para cada diseño del vendedor del sistema.
- La modulación escogida afecta a la distancia. Por ejemplo, distancias de cobertura para QPSK y 4-QAM podrían ser 10 km, mientras que para 16-QAM la distancia de cobertura podría ser de 5 km y para 64-QAM de 2.5 km.
- La distancia de cobertura depende también de la región de lluvia. Lo que implica que la economía del proveedor de servicios de telecomunicaciones empleando la tecnología LMDS varía de acuerdo al área a la que de servicio [5].

A continuación se explicaran de una forma mas detallada algunos de los factores que influyen en torno a la frecuencia de 28 GHz.

### **Lluvia.**

La atenuación debida a la precipitación será en varios casos la causa de pérdidas más significativa para la disponibilidad y la QoS. Es necesario incluir márgenes de lluvia en el cálculo del enlace. La atenuación depende del tamaño de la gota, forma de la gota, tasa de lluvia y la sección transversal de la lluvia. Estos factores dependen del clima y de los mapas de regiones de lluvia que han sido propuestos por la ITU-R. Los mapas indican el nivel de atenuación por lluvia que debe ser incluido en cierta región y la respectiva disponibilidad del sistema.

La dispersión debida a la lluvia es insignificante en estas frecuencias, por ejemplo, no hay introducción de multitrayectorias por lluvia. Sin embargo, cuando las gotas no son esféricas, la atenuación depende de la polarización de la señal y es mayor en la polarización vertical que en la polarización horizontal. Por lo tanto, la lluvia induce la despolarización que podría causar problemas cuando se emplea diversidad de polarización para incrementar la capacidad del sistema [6].

Debido a que las moléculas de agua afectan al comportamiento de las señales de frecuencia elevada en términos de la transferencia de parte de la energía de la señal a la molécula de agua, lo que produce un efecto de degradación de la señal conocido como "rain fade", la lluvia constituye en principio un problema para LMDS ya que provoca la pérdida de la potencia de las señales. Esto se soluciona básicamente aumentando la potencia de transmisión, reduciendo el tamaño de la célula o mediante ambos métodos a la vez. En el primer caso se utilizan normalmente sistemas de potencia variable que, asociados a equipos de detección de lluvia, aumentan la potencia de transmisión de forma automática cuando se produce la lluvia; cuando la optimización en la variación de potencia no resulta suficiente, se disminuye el tamaño de la célula para conseguir más potencia. De hecho, en células con radio menor de 8 km el rain fade no aparece. Otros agentes meteorológicos, como la nieve o el hielo, no introducen ningún tipo de deterioro en la señal [7].

### **Absorción por gases atmosféricos.**

Arriba de los 25 GHz, los efectos de las moléculas individuales llegan a ser importantes ya que las longitudes de onda son lo suficientemente pequeñas.

Los efectos más importantes son del oxígeno molecular y del vapor de agua, éstos conducen a una atenuación adicional, la cual varía lentamente con la temperatura, presión y humedad. El espectro de oxígeno y el vapor de agua tienen líneas de absorción a 23, 69 y 120 GHz (ver figura 3). Los picos que se observan en la figura 3 dejan unas "ventanas" que pueden ser empleadas para comunicaciones, notablemente a 38 GHz y 98 GHz [6,8].

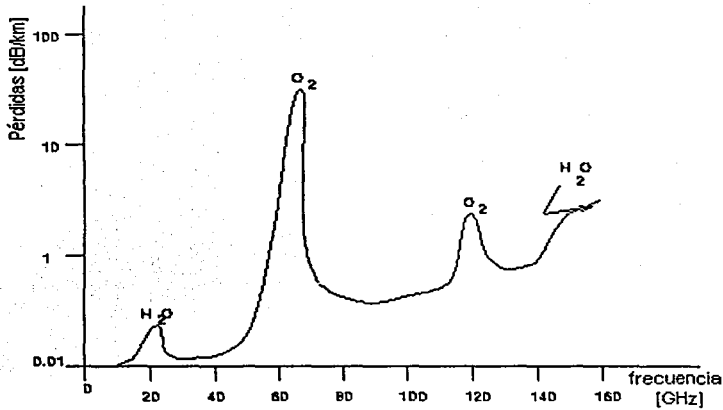


Figura 3. Gráfica de la atenuación debida al agua y al oxígeno para microondas y ondas milimétricas [ 8].

La tabla 1 ilustra el efecto de la absorción por aire claro como una función de la temperatura y la humedad relativa. También indica que los efectos deben ser tomados en cuenta, en especial, en áreas calurosas y húmedas.

Tabla 1. Absorción por aire claro en dB/km a 28 GHz [6]

Temperatura °C	Humedad Relativa 0%	Humedad Relativa 50%	Humedad Relativa 100%
0	0.02	0.05	0.08
10	0.02	0.08	0.14
20	0.02	0.12	0.25
30	0.02	0.20	0.44
40	0.01	0.33	0.79

### Vegetación.

Un gran número de publicaciones tratan el efecto de la vegetación en la transmisión de microondas. La atenuación por metro puede ser encontrada por tipo y densidad de la vegetación. Para enlaces típicos de LMDS, las antenas receptoras y transmisoras podrán ser colocadas relativamente altas con respecto a la tierra. Los árboles altos, sin embargo, podrían obstruir el camino de propagación, llevando a una degradación importante de la señal. Las mediciones con coníferas y árboles de hoja caduca indican que la pérdida es del orden de 1 dB/m a 2 dB/m para los primeros metros del follaje; la pérdida por metro disminuye con la profundidad del follaje.

### **Estructuras sólidas y el terreno.**

Las estructuras sólidas y el terreno obstruyen la línea de vista lo que generalmente hace la recepción imposible. La difracción prácticamente es inexistente en esta banda de frecuencias, ya que las "sombras" están muy bien definidas, sólo en los casos especiales, por ejemplo, en donde el techo de una casa es tangente a la línea de vista ocurre la difracción. La atenuación es grande, del orden de 10 dB a 20 dB dependiendo de la distancia del punto de difracción y la antena receptora.

Las reflexiones de las superficies podrían crear problemas en forma de multirayectorias discretas. Esto puede ocurrir si las antenas están localizadas cerca del nivel de la tierra, o si las estructuras como los edificios están colocados cerca del camino de transmisión directa. La alta ganancia de las antenas con un haz estrecho ( $2^\circ$  a  $5^\circ$ ) suprime la interferencia por multirayectorias que viene de otras direcciones.

Las superficies reflejantes podrían también emplearse para crear caminos de transmisión fuera de la línea de vista para cubrir áreas que no poseen una línea de vista directa al transmisor. El aumento en las pérdidas debido a la reflexión depende de la rugosidad de la superficie y del ángulo de incidencia. Una superficie de ladrillo o concreto podría causar pérdidas de 7 dB a 15 dB y una de vidrio causaría pérdidas mucho menores [6].

### **2.2 Arquitectura de la red.**

Varias arquitecturas de red son posibles dentro del diseño del sistema LMDS. La mayoría de los operadores de este sistema usarán diseños de acceso inalámbrico punto a multipunto, aunque se pueden proporcionar sistemas punto a punto y de distribución de TV.

La arquitectura de la red LMDS consiste de cuatro partes principales: el centro de operaciones de la red (Network Operations Center – NOC), la infraestructura basada en fibra, la estación base y el equipo de las instalaciones del cliente (Customer Premises Equipment – CPE).

El NOC contiene el sistema de gestión de la red ( Network Management System – NMS) del equipo que administra grandes regiones de la red del cliente; múltiples NOCs pueden ser interconectados. La infraestructura basada en fibra típicamente consiste de la red óptica síncrona (SONET) con señales OC-12, OC-3 y enlaces DS-3; equipo de la oficina central (central office – CO); sistema de conmutación ATM e IP; e interconexiones con Internet y las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPCs). En la *estación base* se realiza la conversión de la infraestructura de fibra a la inalámbrica. El equipo de la estación base incluye la interfaz de la red para la terminación de la fibra; las funciones de modulación y demodulación; el equipo de transmisión y recepción de microondas comúnmente localizados sobre el techo o en un poste. Algunas funciones clave pueden no estar presentes en los diferentes diseños incluyendo la conmutación. Si se dispone de



conmutación local, los clientes conectados a la estación base pueden comunicarse con otros sin entrar a la infraestructura, lo que implica que las funciones de cobro, gestión del canal de acceso, registro, y autenticación ocurran localmente en la estación base.

La arquitectura alternativa para la estación base simplemente provee conexión a la infraestructura de fibra. Esto fuerza a todo el tráfico a terminar en switches ATM o equipo de la oficina central (CO) en algún lugar de la infraestructura de fibra. De esta forma, si dos clientes conectados a la misma estación base desean comunicarse con el otro, deberán realizar una localización centralizada. Las funciones de cobro, autenticación, registro y gestión del tráfico se realizan centralmente.

En la siguiente figura 4 se puede ver gráficamente el concepto de la estación base y sus clientes/suscriptores:

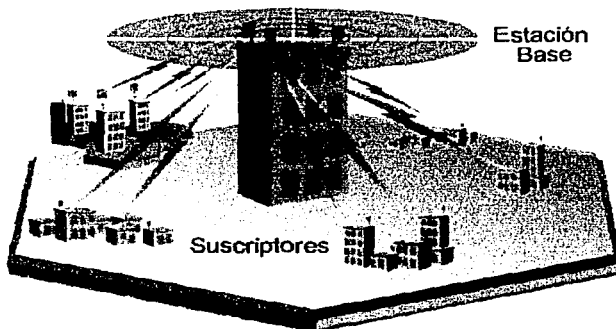


Figura 4. [9]

Las configuraciones en las instalaciones del cliente varían de acuerdo al vendedor. Principalmente, todas las configuraciones incluirán equipo de microondas montado en el exterior y un equipo digital interior suministrando modulación, demodulación, control y funcionalidad a la interfaz de las instalaciones del cliente. El CPE puede incorporarse a la red utilizando: acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) o acceso múltiple por división de código (CDMA). Las interfaces del cliente serán válidas para una gama de señales digitales, DS-0, POTS, 10 Base T, Frame Relay, DS-3, OC-3 y OC-1. La localización de las instalaciones del cliente irá desde grandes empresas (oficinas en edificios, hospitales, campus), en los cuales el equipo de microondas se comparten entre los usuarios, centros comerciales y residencias, en los cuales una sola oficina requerirá 10BaseT y/o dos líneas POTS para ser conectada. Obviamente, las diferentes localizaciones de las instalaciones del cliente requieren diferentes configuraciones de equipo y diferentes precios.

**Opciones de arquitectura.**

Los operadores de los sistemas LMDS ofrecen diferentes servicios y tienen diferentes sistemas, socios financieros y estrategias de negocios. Como resultado, la arquitectura que emplean diferirá entre los operadores de los sistemas. El tipo de arquitectura comúnmente empleado utiliza el equipo de la estación base situado en el mismo lugar. El equipo digital interior que conecta a la infraestructura de la red y el equipo de microondas exterior instalado en la azotea están ubicados en el mismo lugar (ver figura 5). Comúnmente, la planeación de radiofrecuencia (RF) para estas redes emplea sistemas de microondas con múltiples sectores, en los cuales las antenas de sector reciben y transmiten para dar servicios con un ancho de haz de 90°, 45°, 30°, 22.5° o 15°. El área de cobertura circular ideal alrededor de una célula se divide en 4, 8, 12, 16 o 24 sectores.

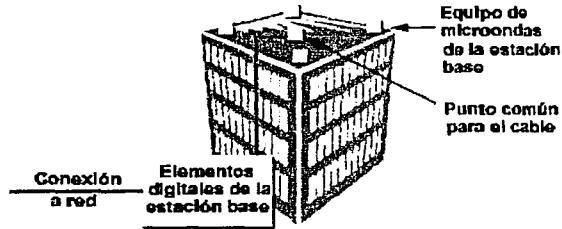


Figura 5. [5]

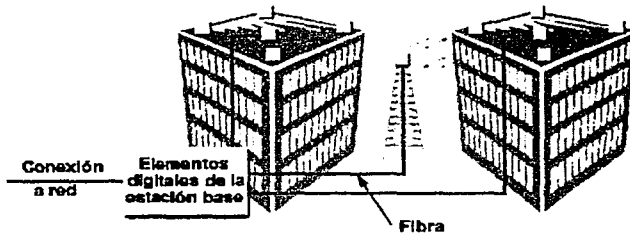


Figura 6. [5]

Las arquitecturas alternativas incluyen conexión a la unidad interior de la estación base a múltiples sistemas de recepción y transmisión de microondas remotos con conexión de fibra entre la unidad de datos interior (indoor data unit – IDU) y la unidad de datos exterior (outdoor data unit – ODU). Este enfoque consolida del equipo digital, proveyendo aumento en la redundancia, reducción en el costo de los servicios y permitiendo compartir los recursos digitales sobre un área extensa; una de la dificultad que común es la falta de recursos de fibra. Usando equipo de microondas remoto, puede

haber un requerimiento de sectorización reducido en cada ubicación remota. Esta segunda opción de arquitectura es la primera en el proceso de diseño para la mayoría de los vendedores y los estándares (ver figura 6).

### 2.3 Aspectos generales de LMDS.

#### 2.3.1 Acceso.

Los diseños de sistemas inalámbricos se construyen alrededor de tres principales metodologías de acceso: TDMA, FDMA y CDMA. Estos métodos de acceso se emplean en la conexión del cliente a la estación base, es decir, la dirección de subida (uplink). Actualmente, la mayoría de los operadores del sistema y las actividades de los estándares se dirigen a los métodos TDMA y FDMA.

En la dirección de bajada, de la estación base al cliente, la mayoría de las compañías suministran multiplexión por división de tiempo (time division multiplexed – TDM) a un usuario específico (conexión punto a punto) o a múltiples usuarios (sistema punto a multipunto). A continuación se ilustra en la figura 7 un esquema FDMA en el cual múltiples clientes comparten el downlink, se utiliza una asignación de frecuencias separadas del cliente a la estación base.

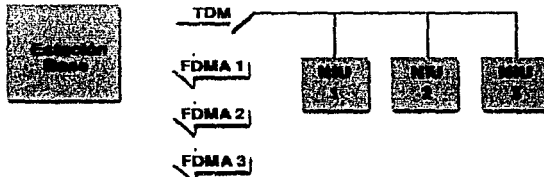


Figura 7. Acceso FDMA[5]

La figura 8 muestra un esquema TDMA en el cual múltiples clientes comparten el canal de subida y de bajada.

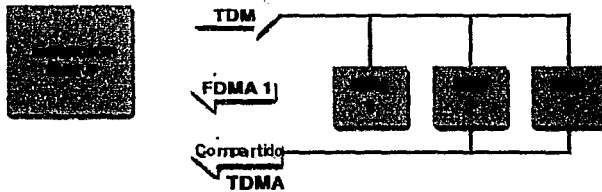


Figura 8. Acceso TDMA [5]

Si se realizan con los accesos FDMA y TDMA los enlaces de subida o de bajada, hay varios factores que afectan su eficiencia y su uso. Para enlaces FDMA, el cliente tiene asignado un ancho de banda prácticamente constante. Y en los enlaces TDMA, el cliente tiene un ancho de banda diseñado para responder a las ráfagas de tráfico de éste.

Estos dos métodos de acceso proveerán probablemente la mayoría de los enlaces de acceso de los sistemas LMDS en los próximos años. La elección de los enlaces de acceso está directamente relacionado al tipo de negocio del operador del servicio, la estrategia de servicio y al mercado al que va dirigido.

Varios clientes pueden requerir un DS-3 inalámbrico o múltiples conexiones DS-1. Un cliente podría comprar el uso de esta conexión inalámbrica entendiendo que el ancho de banda está disponible las 24 horas del día. En este caso, es adecuado emplear enlaces de acceso FDMA, porque el cliente está pagando y recibiendo ancho de banda dedicado sobre el sistema de acceso inalámbrico por lo que también lo es para la infraestructura de red. Comúnmente los enlaces TDMA terminan en un circuito demodulador en la estación base.

El otro extremo podría ser un cliente que requiere un solo puerto 10BaseT para acceso a Internet. Este tipo de usuarios tiene muy bajos requerimientos de datos de uplink (tráfico principalmente de petición de datos y reconocimiento de paquetes) pero podría tener grandes requerimientos de datos de downlink. En este caso, TDMA es la mejor elección, permitiendo a múltiples usuarios de baja velocidad de datos compartir un solo canal. Además, la estación base termina el enlace de acceso TDMA en un solo módem lo que permite a múltiples clientes compartir un módem en la estación base.

Característica	TDMA	FDMA
Eficiencia de las ráfagas del usuario	TDMA permite respuesta a ráfagas.	Los enlaces FDMA siempre están disponibles, sin considerar si el usuario envía datos o no.
MAC inalámbrico	Los rangos de eficiencia del MAC van del 60 al 90 por ciento o más dependiendo de las características de las ráfagas de los usuarios y el diseño MAC.	La eficiencia estimada es de un 100 por ciento, no MAC.
Mezcla de clientes	Los sistemas TDMA y FDMA conceden una alta prioridad al tráfico de usuario que debe enviarse primero.	Los dos sistemas multiplexan varios flujos a través del mismo canal inalámbrico
Eficiencia del canal	La eficiencia se estima en 88 por ciento	Eficiencia del 100 por ciento.
Porcentaje FEC	75 a 85 por ciento	91 por ciento
Tasa de datos máxima	TDMA permite ráfagas a la máxima tasa del canal, basada en los algoritmos de limpieza para el MAC inalámbrico y el multiplexor del cliente.	FDMA provee un canal constante, las ráfagas ocurren basadas en los algoritmos de limpieza en el multiplexor del cliente.

Tabla 2. [ 5 ]

La mayoría de los operadores del sistema tendrá un servicio mixto y el mercado al que va dirigido estará entre los dos casos. La elección de los métodos de acceso TDMA y/o FDMA en el sistema se realiza entre el diseñador del sistema y el operador del sistema.

Existen características adicionales del sistema relacionadas con la elección de TDMA y FDMA por ejemplo la eficiencia del control de acceso al medio (medium access control – MAC) inalámbrico, eficiencia de la multiplexión en las instalaciones del cliente, eficiencia de la estructura del canal, la cantidad de FEC empleada en el canal, la máxima tasa de datos durante las horas pico, el equipo compartido de la estación base en las horas que no son pico, los niveles de bloqueo asignados a los enlaces de acceso inalámbricos, las mezclas de tráfico simétrico y asimétrico, y la distancia del enlace que pueden ser sustentados por los distintos métodos de acceso. Estas características se discuten en la tabla 2.

### 2.3.2 Modulación.

Los métodos de modulación de LMDS están separados generalmente en: modulación por desplazamiento de fase (phase-shift keying –PSK) y modulación en amplitud (amplitude modulation – AM). Las opciones de modulación para los métodos de acceso TDMA y FDMA son casi las mismas.

Los métodos de modulación para el enlace TDMA típicamente no incluyen a QAM-64, aunque podría llegar a estar disponible en el futuro. Los métodos de modulación de acceso FDMA se listan en la tabla 3 y están tasados en una escala estimada a la cantidad de ancho de banda que requieren para una conexión de una CBR (constant bit rate – tasa de bits constante) de 2 Mbps (sin considerar el encabezado debido a ATM y FEC), los valores son aproximados.

Nombre	Método de modulación	MHz para una conexión CBR de 2 Mbps
<b>BPSK</b>	Modulación por desplazamiento de fase binaria	2.8
<b>DQPSK</b>	QPSK diferencial	1.4
<b>QPSK</b>	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura	1.4
<b>8PSK</b>	Modulación por desplazamiento de ocho fases	0.8
<b>4-QAM</b>	Modulación de Amplitud en Cuadratura, 4 estados	1.4
<b>16-QAM</b>	Modulación de Amplitud en Cuadratura, 16 estados	0.6
<b>64-QAM</b>	Modulación de Amplitud en Cuadratura, 64 estados	0.4

Tabla 3. Métodos de modulación de acceso TDMA [5]

### 2.3.3 Capacidad del sistema.

La capacidad del sistema de LMDS puede ser medida en términos de tasa de datos o el máximo número de clientes.

#### *Acceso FDMA – Capacidad de tasa de datos*

Para realizar el cálculo de la tasa de datos, la capacidad del sistema LMDS es igual al número de células en el sistema multiplicadas por la capacidad de cada célula. La capacidad de la célula es igual al número de sectores en la célula por la capacidad de cada sector.

En la tabla 4, se muestran algunos valores obtenidos al considerar 1000 MHz de espectro útil con una frecuencia de reuso de 2, por lo que el sistema provee 500 MHz de espectro útil por sector. Asumiendo que los enlaces de subida y de bajada son simétricos, hay 250 MHz por cada sector. Se emplearon los valores contenidos en la tabla 4 de eficiencia espectral para los diferentes esquemas de modulación; la eficiencia espectral se mide en bits por segundo por Hertz (b/s/Hz) y es una cifra básica de la utilidad de los esquemas mostrados.

Modulación	Eficiencias espectrales [b/s/Hz]
4 – QAM	1.5
16 – QAM	3.5
64 – QAM	5.0

Tabla 4. Eficiencias Espectrales [5]

Enlace	Modulación del enlace de subida y de bajada	Mbps por cliente, de uplink y downlink.	Enlaces en cada dirección por sector	Mbps totales de uplink y downlink
5 MHz FDMA	4 – QAM	7.5	50	375
5 MHz FDMA	16 – QAM	17.5	50	875
5 MHz FDMA	64 – QAM	25	50	1250

Tabla 5 [5].

Es posible tener mayor capacidad por sector que puede ser usada en las áreas de cobertura. Por esta razón, los sistemas LMDS probablemente estarán limitados por alcance mas que por capacidad. Una opción para incrementar el alcance es cambiar a baja modulación. Los valores mostrados en la tabla 4 son solo ejemplos y no reflejan la capacidad completa del equipo.

En la tabla 5 se tiene por cada canal FDMA con un ancho de banda de 5 MHz a 50 usuarios por sector, el número de sectores dicta el número total de sitios de clientes por célula. El sitio del cliente podría ser una gran oficina con varias oficinas, todas conectadas a la estación base a través del mismo canal de 5 MHz.

**Acceso TDMA - Capacidad de tasa de datos.**

Los sistemas TDMA tienen una capacidad de tasa de datos reducida comparada con la de los sistemas FDMA en el rango de 80 por ciento. Además, los sistemas no usan modulación 64 - QAM, por lo que, no se dispone de las muy densas tasas de datos alcanzadas en FDMA.

Sin embargo, la modulación 64-QAM es útil solamente en enlaces mas cortos debido a los altos niveles de señal requeridos para esta operación. Por lo tanto, el acceso FDMA 64-QAM es útil únicamente cuando los clientes que requieren densas tasas de datos están cerca de la estación base [5].

**2.3.4 Otros Aspectos.**

**2.3.4.1 Recepción de la señal.**

El que el sistema LMDS trabaje en frecuencias tan altas exige la existencia de *línea de vista* entre el transmisor y receptor para que la señal no sufra reflexiones. En los lugares donde no es posible la línea de vista directa, es posible simular conectividad a través de repetidores pasivos o activos.

De esta manera el suscriptor recibe la señal mediante una de las tres vías posibles: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre este y el receptor; desde un repetidor, en zonas de sombra; y mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores, repetidores pasivos, etc.). Esta técnica no es diferente en modo alguno a la usada en tecnologías celulares o microondas [10,11]

**2.3.4.2 FDD y TDD.**

Para realizar la planeación del espectro para la comunicación bidireccional es esencial resolver el problema de la partición del espectro de LMDS en el enlace de subida (uplink) y el enlace de bajada (downlink). Los tipos de duplexaje (duplexing) empleados son: FDD (Frequency Division Duplex - Duplex División de Frecuencia) y TDD (Time Division Duplex - Duplex División de Tiempo).

FDD y TDD definen métodos diferentes para hacer posible un enlace de radio dúplex bidireccional, es decir, un simultáneo intercambio de información entre dos dispositivos.

Las soluciones disponibles para las comunicaciones punto a multipunto son separar las comunicaciones en frecuencia o en tiempo. El criterio de diseño crucial para seleccionar el duplexaje apropiado es el tipo de tráfico que será transportado y el entorno en el que el sistema operará.

El punto más importante vinculado al duplexaje es la relación de capacidad de tráfico de uplink y downlink. Para uso residencial el tráfico es altamente asimétrico debido al Internet y las posibles aplicaciones de video. Y en los negocios el tráfico puede ser más simétrico, pero puede variar considerablemente de acuerdo al tipo de aplicaciones requeridas, por ejemplo el acceso a una base de datos o una biblioteca puede ser altamente asimétrico. Cuando se dan servicios en un área urbana densa, tales como telefonía y videoconferencia, la simetría del tráfico es difícil de predecir. Generalmente, dependiendo de las aplicaciones dominantes, el tráfico es predominantemente asimétrico en el downlink [13,14].

### FDD punto a multipunto.

Frequency Division Duplex (FDD) emplea dos bandas de frecuencia distintas para la comunicación entre la estación base y el host terminal. En la figura 9 se muestra, un sistema FDD, un canal de radio,  $f_1$ , se utiliza en el enlace de comunicación de bajada (downlink), de la estación base a la terminal host. El otro canal de radio,  $f_2$ , es el enlace de comunicación de subida (uplink), de la terminal host a la estación base. La capacidad de los dos canales es fija.

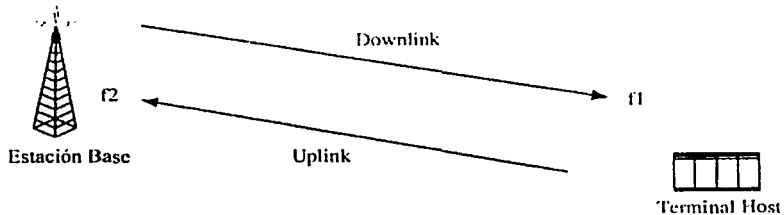


Figura 9. Sistema FDD [12]

Las dos bandas son comúnmente de igual tamaño y están separadas por una "banda de guarda", que es un bloque de frecuencias sin uso que puede ser más grande en relación con el tamaño de las bandas de uplink y downlink. La banda de guarda provee el aislamiento necesario para los enlaces de subida y bajada lo que permite que el sistema opere apropiadamente. La figura 10 muestra un ejemplo de asignación de espectro FDD. En el caso de querer emplear FDD para una comunicación bidireccional y de que solo se cuente con la asignación de una banda de frecuencias sin banda de guarda; entonces, debe dedicarse una porción de esta banda de frecuencias para una banda de guarda y como consecuencia las frecuencias utilizadas en la banda de guarda no se usan y se desperdician.

Varios de los sistemas LMDS desarrollados utilizan sistemas FDD. El esquema de acceso particular que se usa con los sistemas FDD es muy variado, algunas de las variantes implican un canal TDMA de downlink y un canal FDMA de uplink [12,13,14].



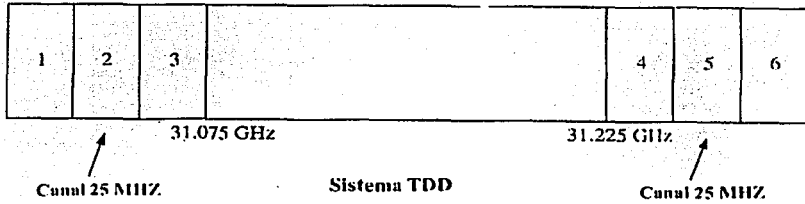


Figura 10. Ejemplo de asignación del espectro FDD [12]

**TDD punto a multipunto.**

Time Division Duplex (TDD) emplea un canal de radio para la comunicación entre la estación base y la terminal host. El duplexaje se hace basado en el tiempo, no la frecuencia como en el sistema FDD y por tanto, la separación entre lo que se transmite y lo que se recibe ocurre en el dominio del tiempo. El mismo canal  $f_1$  se utiliza para la comunicación uplink y downlink entre la estación base y la terminal host (ver figura 11).

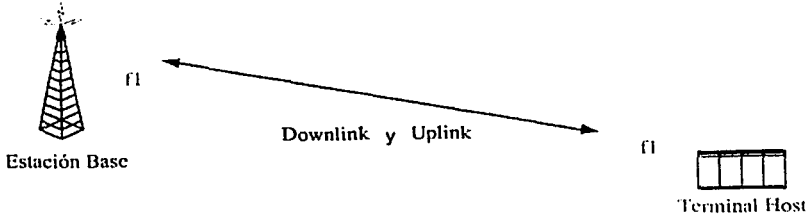


Figura 11. Sistema FDD [12]

Además la dirección de transmisión se alterna entre el uplink y el downlink lo que permite que el ancho de banda asignado para cada dirección sea flexible. Es posible emplear una parte del canal o la capacidad completa en una dirección u otra de acuerdo a la demanda.

Debido a su naturaleza, TDD es más eficiente espectralmente que el sistema FDD cuando se trata de una comunicación de datos no simétrica como el tráfico de Internet. Por ejemplo, el tráfico de Internet IP, (donde el downlink cuenta con el 75% del tráfico) entonces los cuatro canales son usados por TDD, que es lo mismo que emplear dos canales de FDD, como se puede observar en la figura 12.

Aunque no se asigna una "banda de guarda" en el espectro, se requiere una o "tiempo de guarda", entre la transmisión y recepción de los enlaces [12,13,14,15].

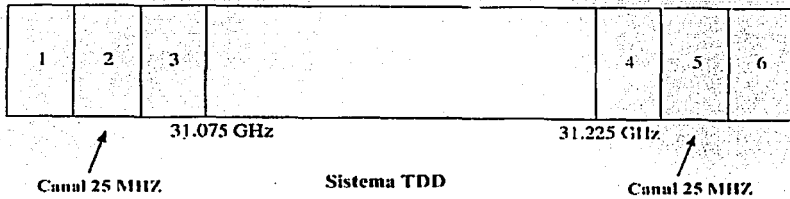


Figura 12. Ejemplo de asignación del espectro TDD[12]

### FDD vs TDD.

Donde el tráfico es relativamente simétrico y predecible, como en las áreas backbone de la red, FDD es un método eficiente de duplexaje. Sin embargo, en las redes punto a multipunto, en la cuales se lleva tráfico por la última milla al usuario final, el tráfico es impredecible y varía con el tiempo, TDD es un método más eficiente de duplexaje para la última milla.

Debido a que en FDD se tienen anchos de banda fijos para los canales de downlink y uplink, si el ancho necesario varía con el tiempo el ancho de banda inevitablemente será desperdiciado durante periodos de baja demanda y puede llegar a ser inadecuado en periodos de alta demanda. En cambio TDD puede emplear la capacidad completa del canal en una dirección o en otra.

El tráfico asimétrico de subida o bajada puede o no ser generalmente asimétrico, dependiendo del tipo de usuarios y el tipo de datos que se estén enviando o recibiendo. Los canales FDD pueden ser divididos asimétricamente, por lo que la asimetría no es un argumento de TDD sobre FDD; sin embargo, debido a que la asimetría varía con el tiempo es un argumento para TDD [13,14,15].

### 2.3.4.3 Gestión de red.

La gestión de red está diseñada para satisfacer los objetivos de negocios de un operador de la red proporcionando servicios de gestión de la red altamente fiables.

La aplicación de la gestión en la estación base no debe ser una aplicación de gestión aislada; ésta debe proveer un mecanismo de incremento de la información basada en la célula en la base de información de gestión del nodo. En los próximos años, plataformas especializadas pueden ser requeridas para proveer gestión del sistema completo.

La gestión de la red requiere de:

**Gestión de fallas.** Es necesaria para identificar, localizar y corregir errores o fallas en la red. Cada dispositivo dentro de una red inalámbrica debe ser monitoreado para

permitir la solución de problemas o de su funcionamiento. Todos los dispositivos de LMDS recogen y reportan las estadísticas relacionadas al rendimiento total de tráfico, las violaciones de las condiciones límite y las actividades de gestión.

**Gestión de la configuración.** Permite proveer, inventariar, iniciar y respaldar los recursos de la red. El equipo LMDS debe ser autodetectado cuando conecta a un nodo, lo que minimiza la cantidad de recursos necesarios para instalar o actualizar el equipo.

**Gestión de la contabilidad.**

Es necesario recopilar y procesar la información del cobro. Cada nodo administrado la parte inalámbrica de la red debe conservar una colección de estadísticas que puedan ser consultadas por el sistema de cobro. Los usuarios deben ser identificados por la red en una base de usuarios.

**Gestión del funcionamiento.**

Es importante recoger, filtrar y analizar las estadísticas de los recursos de la red, ya que es necesario vigilar y configurar en cada nodo de red cierto número de parámetros. La estación de gestión debe observar los parámetros y ajustarlos para mejorar el funcionamiento.

**Gestión de la seguridad.**

La información transmitida a través del entorno inalámbrico debe estar encriptada entre cada nodo en la red. La función de gestión de seguridad debe generar y coordinar automáticamente las contraseñas usadas para encriptar y desencriptar, así como la autenticación de los usuarios[12].

#### 2.3.4.4 QoS.

La calidad de servicio o fiabilidad se mide por medio del porcentaje de tiempo que el sistema funciona correctamente. Los valores típicos varían entre el 99.9% y el 99.999%, si se requiere aumentar este porcentaje es posible emplear técnicas de diversidad. Las técnicas de diversidad se pueden realizar en el dominio espacial, frecuencial o temporal y consisten en proporcionar distintas rutas para transmitir y recibir información redundante. La idea se basa en que ahora es necesario que ocurra un desvanecimiento de la señal simultáneamente en todas las posibles rutas para cortar el enlace. De esta forma, suponiendo que se dispone de dos rutas diferentes con una QoS del 99.9%, la calidad resultante empleando diversidad llegaría hasta el 99.9999% [16].

## 2.4 Planeación de la red.

### Configuración de las células.

Existen numerosas configuraciones posibles de células por lo que es importante escoger la óptima para llevar a cabo una combinación rentable con altas prestaciones.

Las células aisladas no reutilizan las frecuencias, por lo que no hay interferencias en las emisiones. Lo que se busca es definir una configuración que consiga el alcance máximo de la célula con el equipo mínimo y pueda llegar al tráfico requerido (con flexibilidad para aumentar la capacidad). La máxima cobertura se consigue utilizando antenas de sector (de mayor ganancia) en la estación base, y antenas remotas de gran diámetro y mínimo ancho de banda en la parte superior del enlace.

El dimensionado de las configuraciones de células múltiples requiere la gestión eficaz de tres parámetros principales: capacidad de tráfico, espectro requerido de anchura de banda y superficies de interferencia. El diseño de la red es generalmente guiado por el tráfico. Llevar al máximo la capacidad sobre un espectro limitado requiere que las frecuencias de los canales sean reutilizadas, siempre que sea posible, sobre un conjunto de células, mientras se limitan las superficies críticas de interferencia. Un modelo regular de reutilización de frecuencias es altamente recomendado ya que ofrece varias ventajas: incremento de la inmunidad a interferencias, mayor probabilidad de realizar la LOS con los suscriptores e, incrementar el uso de la banda ancha.

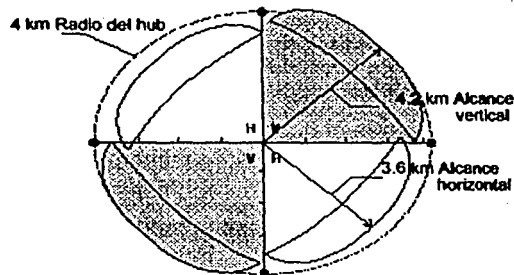


Figura 13. Alcance relativo de la célula [17]

Dentro de la célula, varios factores afectan las opciones de reutilización de frecuencias y la capacidad de las células. Por ejemplo:

Emplear polarizaciones tanto horizontal (H) como vertical (V) aumenta la discriminación de la señal, capacitando a algunos canales para ser reutilizados en sectores y células adyacentes, aumentando la eficacia del espectro conjunto de una red de células múltiples. También proporciona mayor protección de interferencias en las redes de células múltiples el emplear varios canales. Sin embargo, el canal descendente tiene un decrecimiento en cobertura de un 20% (dependiendo de la zona

de lluvia) en los sectores que utilizan polarización horizontal, comparada con los sectores que utilizan polarización vertical (figura 13).

Debido a lo anterior, existen numerosas opciones cuando se despliega una red LMDS. A continuación se dan algunas directrices y ejemplos para realizar un despliegue exitoso de la red.

Una arquitectura de células de cuatro sectores (figura 14), proporciona la realización óptima para despliegues de células simples y múltiples, así como la mejor rentabilidad y aumento de tráfico. Además, es sencilla de colocar en terrazas y proporciona la máxima línea de vista.

Una arquitectura de estación base normalizada se propone generalmente de cuatro sectores, cubriendo cada uno  $90^\circ$ . Esta configuración tiene las siguientes ventajas:

- **Prestaciones óptimas:**  
*Configuraciones de células múltiples.* Los ángulos más bajos permiten que sean utilizadas antenas de ganancia más alta, para mejorar el alcance y el posible incremento de la reutilización de frecuencias por estación base. Desgraciadamente, los ángulos más bajos también producen una interferencia más alta en la misma célula y adyacentes, creando unas superficies significativas de exclusión múltiples.

*Células aisladas.* Los ángulos más altos reducen el alcance, pero puede mejorarse fácilmente reduciendo los costos del hardware para configuraciones de baja capacidad de células aisladas.

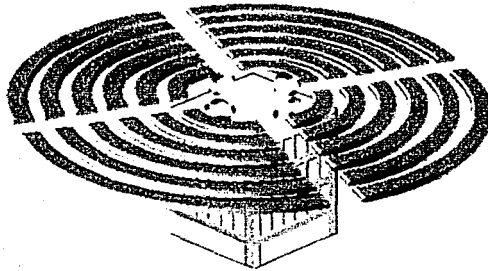


Figura 14. Arquitectura de células de cuatro sectores[17]

- **Rentabilidad.** La realización de cada configuración tiene que ser juzgada y comparada con su costo. Cuatro sectores llevan a cabo la cobertura total con solamente cuatro radios en el establecimiento de una estación base, y permiten que la capacidad sea aumentada paulatinamente conforme aumenta la carga de la red. Con más radios y más sectores, los proveedores hacen frente desde el

comienzo a mas hardware y mayores costos de mantenimiento. Además, se tienen que enfrentar otras cuestiones de infraestructura, como el alquiler de espacio en terrazas.

- Construcción fácil en terrazas con eficacia de LOS óptima. La configuración de cuatro sectores permite que una estación base sea instalada en cada esquina o a lo largo de cada lado de una terraza cuadrada. Con menos radios (por ejemplo, dos antenas a 180°), las sombras causada por obstrucciones de tejados se hacen críticas y el proveedor tiene que instalarlas en una torre para conseguir el suficiente espacio libre desde la estructura construida.

En un entorno de celdas múltiples, la elección de la configuración óptima es muy importante. El modelo de reutilización de frecuencia esta basado en esta configuración y es repetido por toda la red con el menor número de cambios posibles, con objeto de evitar los problemas de interferencias.

#### **Reutilización de frecuencias e interferencias.**

En zonas de tráfico de alta densidad, el proveedor de servicios tiene que desplegar numerosas celdas contiguas de alta capacidad. Como el espectro asignado al proveedor de servicios esta limitado, los canales disponibles tienen que ser reutilizados tanto como sea posible para: ofrecer cobertura de células múltiples y proveer canales de reserva en capas con cobertura de celdas múltiples, permitiendo de esta forma que sean desplegadas otras capas (de mayor capacidad).

Reutilizar las mismas frecuencias de radio portadoras (RF) en células contiguas puede producir interferencias, las cuales pueden afectar la utilización de la señal de la portadora, si la relación portadora interferencia (C/I) es más alta que la admisible en el sistema de radio. Por esto, la reutilización de frecuencias está limitada por las interferencias, siendo esencial una cuidadosa planificación de los modelos de reutilización de frecuencias.

#### **Entorno de celdas múltiples.**

Dependiendo de los requisitos de tráfico y superficies admisibles de interferencia, son posibles las siguientes opciones de reutilización de frecuencias:

- Configuración de reutilización básica (figura 15-a):  
Cuatro frecuencias, una para cada uno de los cuatro sectores a 90°. La capacidad total por estación base corresponde a cuatro portadoras. Esta configuración da la interferencia más baja en una red de celdas múltiples. Utilizando polarización cruzada, se puede añadir otra capa para doblar la capacidad.
- Configuración de reutilización optimizada (figura 15-b):  
Dos frecuencias, cada una de las cuales es reutilizada para cubrir los cuatro sectores. La capacidad total por estación base corresponde de nuevo a cuatro

portadoras. Utilizando polarización cruzada, la superficie de exclusión del servicio causada por ala interferencia crítica es solamente el 1% comparada con el 5% de la polarización cruzada. Esta configuración puede, por lo tanto, conseguir una realización muy alta utilizando solo dos frecuencias en una plena red de celdas múltiples. Además siempre que sea aceptable un 5% de superficie de exclusión del servicio, este modelo de reutilización ofrece un factor de reutilización de frecuencia de 1, permitiendo un incremento posterior en la capacidad de la red. El principio es añadir capas, mientras se utiliza la polarización cruzada:

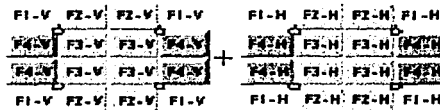
Únicamente, con dos frecuencias, se pueden superponer dos capas para elevar la capacidad a ocho portadoras por celda. El mismo principio puede utilizarse con 4,6... frecuencias. Con cuatro frecuencias se pueden desplegar cuatro capas, dando una capacidad correspondiente a 16 portadoras por celda.

(a)



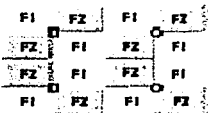
Frecuencias: 4  
Portadoras/celda: 4  
Interferencia crítica: 136

Patrón básico reutilizado



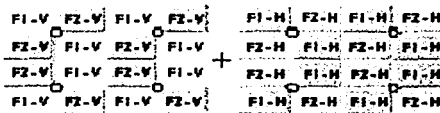
2 capas en polarización cruzada  
Frecuencias: 4  
Portadoras/celda: 8(2x4)  
Interferencia crítica: 196

(b)



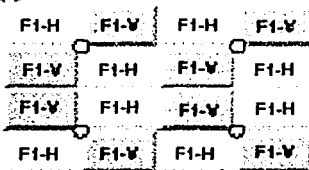
Frecuencias: 4  
Portadoras/celda: 4  
Interferencia crítica:  
196 con polarización cruzada  
596 sin polarización cruzada

Patrón optimizado reutilizado



2 capas en polarización cruzada  
Frecuencias: 4  
Portadoras/celda: 8(2x4)  
Interferencia crítica: 596

(c)



Frecuencias: 1  
Portadoras/celda: 4  
Interferencia crítica: 596

Figura 15. Reutilización de frecuencias en un entronco de células múltiples[17].

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Configuración de reutilización máxima (figura 15-c): Una frecuencia es reutilizada, con polarización cruzada, sobre los cuatro sectores. Esto da un factor de reutilización de frecuencias de 1 con una simple capa, resultando una capacidad de cuatro portadoras por celda, con una superficie de interferencia asociada del 5%.

Varias capas basadas en diferentes modelos de reutilización pueden ser desplegadas (mientras que cada capa utilice el mismo modelo para todas las celdas).

### Celda aislada.

En el caso de celdas aisladas, es posible reutilizar simplemente la misma frecuencia con polarización cruzada sobre los cuatro sectores, sin interferencia alguna entre sectores. Debido a esto, un aumento en la capacidad se logra añadiendo capas (una por frecuencia) en el sitio de la estación base.

Las células asiladas son usadas generalmente para cubrir superficies de baja densidad, las opciones de diseño se dirigen más a la cobertura que a la capacidad.

Los requisitos de capacidad pueden cumplirse generalmente sin problemas en las celdas aisladas de la red[17].

## 2.5 Equipo.

### 2.5.1 Equipo del Nodo de la Red.

El equipo del nodo de la red (NNE) provee la entrada a la red básica para conectar el tráfico de la red alámbrica a LMDS (ver figura 16). El NNE es equivalente al equipo digital de la estación base. El equipo del nodo de red puede proveer procesamiento, multiplexión demultiplexión, compresión, detección de errores, codificación, decodificación, enrutamiento (routing), modulación y demodulación, también puede suministrar conmutación ATM.

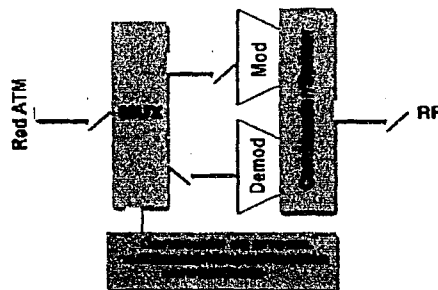


Figura 16. Arquitectura del nodo de red [5]



Las siguientes funciones pueden realizarse en el nodo de la red:

- **Compresión de la señal digital.** Se realiza la conversión de las señales de televisión analógica a señales digitales altamente comprimidas por el sistema de microondas.
- **Interfaz de protocolos inalámbricos/alámbricos.** Dependiendo del servicio que un operador ofrezca, el NNE puede ser configurado para ampliar los servicios de video, IP y voz en el ancho de banda de LMDS. (ATM esta apareciendo como un probable estándar para prestar servicios de voz, datos Internet y video sobre LMDS.)
- **Modulación y demodulación.** Las señales provenientes del sistema de multiplexión de voz, datos y video están moduladas antes de que la transmisión inalámbrica ocurra. Del mismo modo, el tráfico procedente del receptor de microondas se demodula antes de la transmisión alámbrica.

**Modulación.** Un modulador digital acepta un flujo digital y proporciona una señal de frecuencia intermedia (IF) 64-QAM, 16-QAM o 4-QAM por reparto sobre el ancho de banda LMDS. El modulador desempeña todas las funciones requeridas para modular video digital, voz y datos a una IF estándar para la entrada a los transmisores inalámbricos.

**Demodulación.** Un demodulador QAM contiene dos canales demoduladores direccionables por separado, cada uno es capaz de aceptar señales 64-QAM, 16-QAM o 4-QAM a tasas teóricas entre 1Mbps a 10 Mbps. Los sistemas TDMA emplearían modulación QPSK.

### 2.5.2 Equipo de radiofrecuencia.

#### Nodo de la red.

El equipo RF del nodo de la red LMDS incluye transmisores y receptores además de los transceptores y las antenas que lo alimentan. Si se tiene una portadora por transmisor se dice que el sistema esta canalizado y si se tienen múltiples portadoras por transmisor, se dice que el sistema es de banda ancha.

#### Transmisores.

Las señales moduladas individualmente se combinan y se le aplican al transmisor de banda ancha, dentro del transmisor, las señales de VHF son convertidas a la frecuencia portadora deseada, amplificada y aplicada a la antena para la transmisión. Por separado los transmisores, receptores y las antenas pueden utilizarse para minimizar los efectos de la diafonía entre las señales transmitidas y recibidas.

**Receptores.**

Un receptor de banda ancha recibe la banda completa a la frecuencia de la portadora y convierte las señales a la banda VHF. Las señales de VHF entonces son enviadas por el cable coaxial o de fibra para la distribución al NNE.

**Transceptores.**

En un solo transceptor de banda ancha se combinan las funciones que pueden ser provistas por el transmisor y el receptor.

**Sistema de Antenas.**

Las antenas se eligen basándose en la cobertura deseada de suscriptores potenciales, tomando en consideración el terreno, objetos de interferencia, el patrón de azimuth de la antena, el patrón de elevación de la antena y la ganancia de la antena.

**Instalaciones del cliente (Customer Premises Site).**

**Transceptor.**

Para las aplicaciones de la red de datos bidireccionales el transceptor se utiliza para proveer un canal de retorno para los servicios de LMDS. La antena podría ser una parte integral del transceptor, este último puede ser de banda ancha o canalizado.

**Sistemas de Antenas del cliente.**

La elección típica de la tecnología disponible incluye el diseño de microcinta, reflectores parabólicos y de corneta. La selección es una decisión de ingeniería basada en la ubicación del cliente. También, los vendedores tendrán varios niveles de integración con tecnologías de antenas específicas.

**2.5.3 Equipo de la Interfaz de la Red (Instalaciones del cliente).**

En el sitio de las instalaciones del cliente, una unidad de la interfaz de red (network interface unit -NIU) provee el gateway entre la componente RF y los dispositivos dentro del edificio. Los NIUs son gestionados por el sistema de gestión de la red provisto en el centro de control de la red (ver la figura 17). De acuerdo a los requerimientos del cliente los NIUs están disponibles en formas escalables y no escalables.

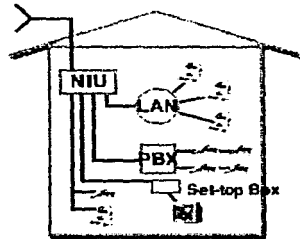


Figura 17. [12]

*NIU Configurable/ Completamente Escalable.*

Un NIU escalable es flexible, completamente configurable y basado en un solo módulo (chassis-based). Este se encuentra en el lugar del suscriptor y soporta comunicaciones inalámbricas bidireccionales para uso comercial y de negocios. El NIU puede ser configurado con 10BaseT, voz analógica, T1/E1, comunicaciones de fibra OC-1, OC-3/STS-3; ATM 25.6 y comunicaciones de video en un solo módulo.

Como parte de la red de banda ancha inalámbrica el NIU se comunica con el equipo de la estación base a través de un transceptor bidireccional estableciendo una parte de la solución de red punto a multipunto. Esta solución permite a los operadores de la red desplegar sus servicios inmediatamente sin necesitar construir la infraestructura alámbrica del suscriptor.

Los bloques básicos de los NIUs consisten de los siguientes componentes:

- Un módulo de radiomódem que soporte QAM-4, 16 y 64
- Un módulo procesador de datos (Data Processor Module -DPM) que soporta varios servicios, por ejemplo T1/E1, 10BaseT y servicios ATM 25.6 a través de un ATM SARing processor
- Un módulo interfaz-chassis
- Una fuente de alimentación

El diseño modular del NIU permite a los operadores de la red satisfacer las necesidades de cada suscriptor eficientemente. El operador de la red puede configurar los múltiples radio módems para soportar el ancho de banda total requerido para la configuración de los servicios. El NIU debe trabajar conjuntamente con el sistema de microondas de banda ancha para maximizar el uso de los recursos del espectro RF disponible.

*NIU no escalable.*

Un NIU no escalable autónomo, es una pieza de costo efectivo del CPE que provee combinación fija de interfaces. La combinación se diseña para satisfacer los requerimientos del segmento de mercado de negocios pequeños a medianos. Los servicios pueden incluir T1/E1, T3/E3, 10BaseT, video, POTS, Frame Relay, ATM 25 e ISDN a la interfaz de datos básica (BRI) y la interfaz de datos primaria (PRI). Empleando esta unidad de interfaz, los suscriptores pueden desplegar varias aplicaciones: voz unidireccional y bidireccional, video, Internet y/o multimedia en un chasis utilizando una sola portadora de frecuencia del espectro.

El NIU no escalable se comunica con la estación base a través de un transceptor bidireccional formado por los siguientes componentes:

- Un radio módem de ancho de banda variable (soporta QAM-4, 16 y 64, TDMA o FDMA dependiendo del tipo de servicios provisto por el NIU)
- Una unidad de ATM SAR (segmentation and reassembly) (los tipos de ATM SAR dependen de los tipos de servicios provistos por el NIU)
- Una interfaz del equipo del suscriptor

El servicio de mezclado y de las interfaces provistas por el NIU no son configurables por el usuario y por consiguiente se reduce el costo del producto en el mercado. Este tipo de NIU no escalable permite a los operadores servicios ofrecer costos convenientes en los entornos SOHO. Los diferentes vendedores tendrán diferentes productos NIU y estrategias [12].

#### 2.5.4 Antenas.

El rápido crecimiento de nuevos sistemas punto a punto y punto a multipunto en bandas de frecuencias milimétricas ha generado una demanda por nuevos diseños de antenas. Cada sistema posee sus propios requisitos. Así, unos requieren antenas muy directivas con haces de tipo pincel, mientras que otros requieren cobertura sectorial u omnidireccional. A continuación se describen algunos de los principales tipos de antenas utilizadas en estos sistemas.

##### Enlaces punto a punto.

Las frecuencias milimétricas se han utilizado tradicionalmente en enlaces punto a punto de alta capacidad. Se emplean principalmente para manejar el tráfico entre las estaciones base y los centros de conmutación, o bien directamente entre las estaciones base. Frente a soluciones basadas en fibra óptica, la gran ventaja de estos sistemas es su rapidez de instalación, ya que se elimina la necesidad de obra civil.

Las antenas típicas que se utilizan en aplicaciones punto a punto son las basadas en reflector parabólico. Estas antenas consisten en un reflector parabólico directamente iluminado por un alimentador, o indirectamente por medio de un subreflector. Las antenas que se emplean habitualmente como alimentadores son bocinas o guías de onda. En el caso de alimentación indirecta se tienen configuraciones "Cassegrain" o "Gregorianas". En la figura 18 se muestran esquemáticamente éstas posibilidades.

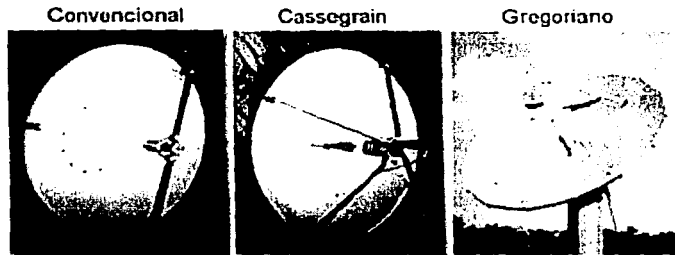


Figura 18. Distintas posibilidades de reflectores parabólicos [18].

Conforme crece el número de radioenlaces instalados, aumenta potencialmente el peligro de interferencias entre sistemas. Para reducir estos efectos, los organismos reguladores dictan una serie de normas que deben cumplir los diagramas de radiación de las antenas en aplicaciones punto a punto. En particular, las especificaciones indican que los lóbulos secundarios de la antena (radiación espúrea en otras direcciones distintas del lóbulo o haz principal) deben encontrarse por debajo de ciertos niveles.

La reducción del nivel de los lóbulos secundarios de la antena puede conseguirse empleando diversas técnicas. El método tradicional consiste en colocar una cubierta absorbente a lo largo del perímetro del reflector que se encargue de absorber la radiación indeseada que provoca la aparición de lóbulos secundarios (figura 19). No obstante, con las modernas herramientas de simulación actuales es posible diseñar otras alternativas que alcanzan las mismas prestaciones que los métodos tradicionales pero con ventajas funcionales. Una de ellas se basa en la utilización de un alimentador de banda ancha y un reflector con distancia focal muy reducida, obteniéndose una reducción significativa en la profundidad de la antena y, por lo tanto, en la carga al viento y en el costo de la antena. Al mismo tiempo, la antena resulta más estética, lo cual es importante considerando el creciente rechazo popular que están sufriendo este tipo de elementos radiantes.

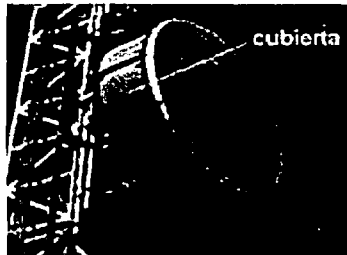


Figura 19. Cubierta utilizada para reducir el nivel de los lóbulos secundarios (Gabriel Electronics)[18].

Como alternativa a los reflectores parabólicos se tienen las agrupaciones de perfil reducido que proporcionan antenas mucho más planas, aunque para que sean realmente competitivas la agrupación debe tener un costo, unas prestaciones eléctricas y mecánicas, y una fiabilidad comparables. Por ello, los materiales de fabricación deben ser robustos, consistentes y de bajo costo.

Las agrupaciones sobre circuito impreso no resultan prácticas para obtener ganancias superiores a 30 dB (microcinta) o 35 dB (cinta). Para aplicaciones donde se requiere mayor ganancia es necesario utilizar como alimentadores guías de onda de bajas pérdidas. Adicionalmente, para satisfacer los límites impuestos en el nivel de los lóbulos secundarios por los organismos reguladores, se requieren precisiones de amplitud y de fase en la alimentación de cada elemento de la agrupación que resultan extremadamente difíciles de alcanzar para producciones de gran volumen.

Las agrupaciones sobre circuito impreso que se utilizan habitualmente para productos trabajando a frecuencias menores no son válidas a frecuencias milimétricas debido a las características de los materiales empleados como sustrato. Los errores que se obtienen para estas aplicaciones son muy grandes. Por lo tanto, a frecuencias milimétricas las agrupaciones no son una alternativa rentable frente a los reflectores parabólicos de alta ganancia.

### Enlaces punto a multipunto.

En el caso de enlaces punto a multipunto, como el de los sistemas LMDS y debido a que éstos trabajan en bandas de frecuencias distintas dependiendo del país, las antenas utilizadas serán ligeramente diferentes. Las antenas utilizadas en las estaciones base tienen ganancias menores, pudiendo emplearse bien antenas omnidireccionales (6-15 dB) o bien sectoriales (15-25 dB). En cambio, la antena de usuario es bastante directiva y, por lo tanto, de ganancia elevada (30-35 dB).

En el caso de las antenas de la estación base, interesa radiar las señales de tal forma que todos los usuarios de la celda reciban un nivel comparable de potencia, al mismo tiempo que fuera de la celda se reciba la menor potencia posible por cuestiones de interferencia. Suponiendo un esquema sectorial, la mejor solución para ello es emplear una antena con un determinado diagrama de radiación en elevación y lóbulos secundarios acimutales muy bajos. Suele especificarse también en este caso una plantilla donde se limita el nivel de los lóbulos secundarios en los sectores adyacentes, y de la radiación de polarización cruzada. En la figura 20 se muestra el aspecto de una de estas antenas.

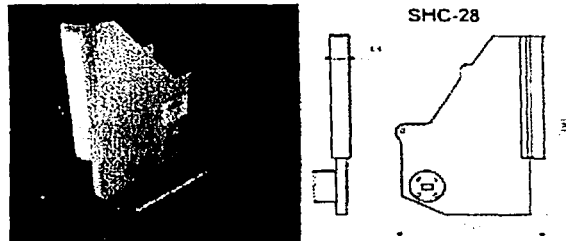


Figura 20. Antena sectorial para estación base LMDS (Dorado Internacional)[18].

Los clientes LMDS requieren antenas similares a las empleadas en los enlaces punto a punto comentados anteriormente, aunque con diferencias notables en cuanto a costo y fiabilidad. Esto se traduce en antenas e instalaciones menos sofisticadas y de menor coste, similares a las de TV satélite[18].

## **2.6 Integración con las tecnologías existentes.**

La capa de red es la responsable de las funciones de control de flujo y enrutamiento. Hay dos tipos principales de técnicas de enrutamiento: datagramas y circuitos virtuales. Con un circuito virtual la ruta de la sesión es fija. Si los datagramas se emplean, no hay una ruta fija continua para los paquetes de datos, es decir cada paquete de un grupo que se dirige al mismo destino puede ser enrutado diferente; los datagramas no requieren la fase de conexión al inicio de la sesión.

La conexión virtual es lo opuesto a los servicios de datagramas, todos los paquetes son entregados en orden y una fase de conexión se requiere al inicio de la sesión.

Existe otro problema importante en la capa de red además del enrutamiento y es la congestión o control de flujo. La congestión ocurre cuando los usuarios en una red requieren más recursos de los que la red tiene para ofrecer. Las dos técnicas de enrutamiento y una adecuada gestión del buffer en los nodos puede ayudar a aminorar este problema. El último propósito de la capa de red es controlar el flujo de paquetes en la red, lo que podría hacerse colocando buffers adecuados en la red. El tamaño del buffer se podría basar en el número de clientes estimados y los tipos de tráficos esperados.

Se darán dos ejemplos de técnicas que podría desempeñar roles importantes en el control del flujo y enrutamiento sobre toda la arquitectura del sistema, como ATM e IP.

A continuación, se explicará de manera resumida como funcionan ATM e IP, lo que permitirá determinar el protocolo que debe emplearse de acuerdo a las necesidades de cada red. Posteriormente se hará una comparación entre ATM e IP y finalmente se darán algunos ejemplos de su uso en LMDS.

### **Protocolo de Internet (IP).**

La capa del protocolo de Internet ha llegado a conocerse actualmente como la capa 3.5 o la subcapa que existe entre la capa de red y la capa de transporte. Así, al discutir el rol de IP se debe mencionar al Protocolo de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol - TCP). IP tiene las propiedades de los datagramas previamente descritas.

IP realiza un "esfuerzo especial" para entregar todos los paquetes. Lo anterior es de gran importancia e implica que Internet no se deshace de los paquetes frívolamente. Comúnmente solo se deshace de los paquetes cuando los recursos disponibles (por ejemplo, el ancho de banda) esta agotados o la capa subyacente falla.

Las fallas en la capa de red se presentan debido a las condiciones del canal en la capa física, así como de la capa de datos y de red.

## 2. Tecnología de LMDS.

IP tiene tres funciones principales. La primera es definir la unidad básica de transferencia de datos (datagrama de Internet) empleando para todo el sistema de Internet TCP/IP. La segunda es llevar a cabo la función de enrutamiento o la selección del mejor camino para enviar los datos. La tercera es que IP incluye una serie de reglas que indica la forma en que los hosts y los routers deben procesar los paquetes, cómo y cuándo deben crearse los mensajes de error y las condiciones en las que los paquetes deben ser desechados. El datagrama IP especifica el formato del encabezado incluyendo las direcciones IP fuente y destino, sin embargo, éste no especifica el formato del área de datos. Así, IP puede transportar varios tipos de datos.

Los datagramas de IP se someten a un proceso de encapsulamiento, el cual acomoda el datagrama o datagramas en una estructura de red. Durante el proceso de encapsulamiento, la red física trata al datagrama completo, incluyendo el encabezado, como datos.

Idealmente se quisiera tener un datagrama IP colocado en una estructura física, el cual haría la transmisión a través de la red física totalmente eficiente. Sin embargo, el hardware de la red coloca un límite superior, la unidad de transferencia máxima (Maximum Transfer Unit - MTU), en la cantidad de datos que puede ser transferido en una estructura física. Cuando un datagrama viaja a través de la red con un MTU más pequeño que el MTU original, los paquetes de datos deben ser divididos en paquetes conocidos como fragmentos y vuelven a colocarse en el último destino.

Así, el proceso de encapsulamiento de múltiples paquetes de datagramas IP es una opción para la transmisión de datos en la red inalámbrica de LMDS. Otra opción es usar ATM o una combinación híbrida de IP/ATM.

### ATM.

El propósito del modo de transferencia asíncrono (Asynchronous Transfer Mode - ATM) es proporcionar una red con multiplexión y conmutación, alta velocidad y bajo retardo para apoyar cualquier tipo de tráfico de usuario.

ATM se utiliza cuando se necesita la multiplexión de una variedad de aplicaciones con diversos requerimientos de red, por ejemplo, de garantías de ancho de banda y de QoS, sobre una sola interfaz física en una red de alta rapidez.

Conceptualmente, ATM implementa la funcionalidad al protocolo de la capa de red; sin embargo este tiene un modelo de referencia de protocolo similar a las siete capas del modelo OSI. ATM puede ser dividida en cinco capas:

- 1) La capa física. Especifica el medio de transmisión y un esquema de codificación de la señal. Es la capa responsable de la generación de la estructura de la transmisión y recuperación, la capacidad de transmisión de bits y otras. Las tasas de transmisión especificadas en la capa física son 155.52 Mbps y 622.08 Mbps, siendo posibles velocidades superiores e inferiores



- 2) **Capa MAC.** Esta capa es opcional, pero esta diseñada para el control de flujo genérico y las funciones de control de acceso al medio.
- 3) **Capa ATM.** Define la transmisión de datos en celdas de tamaño fijo. En esta capa ocurre la traducción a identificador de camino virtual (Virtual Path Identifier - VPI)/identificador de circuito virtual (Virtual Circuit Identifier -VCI).  
El VPI es un campo de enrutamiento para la red y el VCI se emplea para el enrutamiento a y desde el usuario final, funcionando como un punto de acceso al servicio.  
Además, la multiplexión y demultiplexión de células y generación del encabezado y extracción están implementadas.
- 4) **Capa de adaptación ATM (AAL).** Es una capa de adaptación para admitir compatibilidad con protocolos de transferencia de información no basados en ATM. AAL agrupa información de capas superiores en celdas ATM para enviarlas a través de una red ATM, al tiempo que extrae la información de las celdas ATM y las transmite a las capas superiores.
- 5) **Capa superior.** Esta capa esta compuesta por varias funciones además pertinente a ATM, como protocolos de transporte (TCP), selección de aplicaciones y los protocolos de trabajo de Internet (IP).

También, las funciones de señalización de los protocolos de la capa ATM estan implementados en esta capa [19,20]

**Técnica de transporte (ATM vs IP).**

Actualmente, en la industria existe gran polémica en si ATM o IP provee la mejor infraestructura común. Esto se debe tomar en consideración cuando se selecciona el formato de paquetes óptimo para la transmisión. Aunque el canal de transporte es inalámbrico en LMDS se debe elegir un formato que sea adaptable a otras redes con las que podría conectarse. La siguiente tabla da una comparación breve de las ventajas de ATM contra IP.

Características	ATM	IP
Capaz de servicios multiplexados (video, datos y telefonía).	Ya existe.	Trabajando hacia una red portadora IP multiservicio.
QoS conocida	Si	Trabajando hacia este servicio.
Tasas de transporte de acuerdo a las tasas de transporte de telefonía estandar	Si	Quizá en el futuro
Conocimiento de la industria de la tecnología	Esta tecnología no es tan conocida como IP.	Si
Redes existentes (en general)	Las redes existen y están actualmente de acuerdo a una estructura.	Existen redes IP (transporte de datos).

Tabla 6. Características de IP vs ATM.

En la actualidad existe la tendencia de migrar a una red portadora IP multiservicio. El objetivo de esta red es proveer la misma Qos provista por ATM. IP es principalmente conocido por soportar aplicaciones de datos, sin embargo, desde que la mayoría de las redes transportan tráfico IP se ha estado estudiando la posibilidad de utilizar IP para transportar voz, video y datos simultáneamente. Debido a que los atributos de IP están asociados principalmente con el uso de datagramas esto debe ser resuelto si IP quiere ser usada como la siguiente infraestructura común.

Aunque ATM fue originalmente diseñada para trabajar en desarrollos de alta velocidad alámbricos, ha sido propuesto y probado para trabajar en el ámbito inalámbrico. Desde que IP es de los más populares transportes para datos, otra solución posible es el uso del prototipo IP/ATM. Este daría por sí mismo a conocer los requerimientos para todo tipo de tráfico (por ejemplo, voz, video y datos) [19].

### Red IP.

La red IP ha adquirido un amplio uso con la introducción de la interfaz gráfica para la navegación en Internet.

Una red IP puede ser una LAN, WAN, Intranet, o Internet. Básicamente una red IP es otro protocolo que hace posible que más información pueda ser transportado, la forma y el lugar en que ésta es transportada puede hacerse de varias formas.

Existen numerosos diseños en los libros que consideran a las redes IP y cada uno tiene su propio enfoque, dependiendo si es un proveedor de servicio o es un manejador-vendedor.

Un operador LMDS puede proveer diferentes niveles de QoS para tráfico usando IPv4. El método utilizado, dependiendo de la infraestructura que el vendedor escoja, es a través de VPNs. La QoS puede ser garantizada principalmente si el tráfico permanece en la red, pero cuando se encuentre fuera de la red, por ejemplo en Internet, la QoS no se puede asegurar.

A continuación se muestra en la figura 21 una configuración de la plataforma IP general como referencia. En ésta se ilustra un ofrecimiento de servicio LMDS a usuarios residenciales o pequeños negocios que requieren solo acceso web.

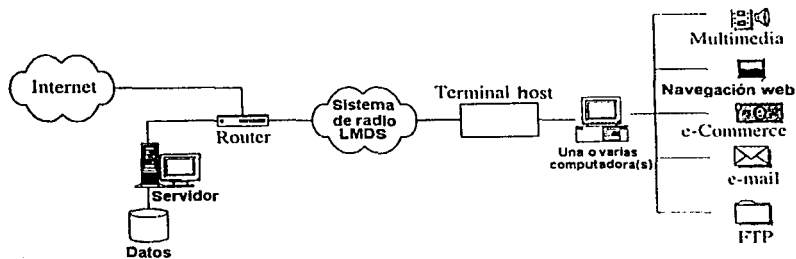


Figura 21. Servicio IP simple.

Existen varias configuraciones IP disponibles. El desarrollo de datos IP y sus beneficios asociados de su plataforma están disponibles con todos los proveedores de LMDS, la diferencia radica en la forma de entregar los datos IP.

### Red ATM.

Una red ATM puede consistir de un solo *switch* ATM o múltiples *switches* ATM. Cuando se quiere salir de los medios de ATM, se requerirá convertir al protocolo apropiado como TDM o IP, lo que se hace usualmente con un edge switch ATM.

Las siguientes son algunos arreglos sencillos de la red ATM posibles que se emplearán probablemente con plataformas ATM conjuntamente con LMDS.

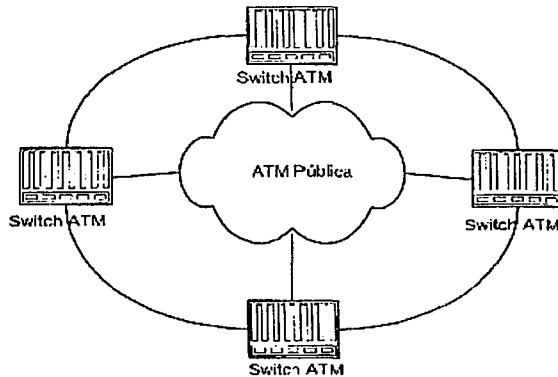


Figura 22. Red core ATM [12].

La figura 22 es un ejemplo simple de un sistema ATM que supone un *core backbone ATM* para un operador LMDS. Un *core backbone ATM* es raramente utilizado al principio, pero esta planeado utilizarlo cuando el tráfico se incrementa y sea necesaria la gran capacidad de plataformas de conmutación ATM. El aumento del tráfico por sí mismo no es la única razón para la expansión a un backbone ATM. El factor clave para el backbone ATM es el volumen de tráfico a ráfagas requiriendo una mejor gestión del ancho de banda que no está disponible con el backbone TDM. Un backbone IP puede manejar tráfico a ráfagas, pero con IPV4, la QoS no está disponible, con lo que se pierden algunas de las características que los datos de banda ancha pueden proveer al usuario final.

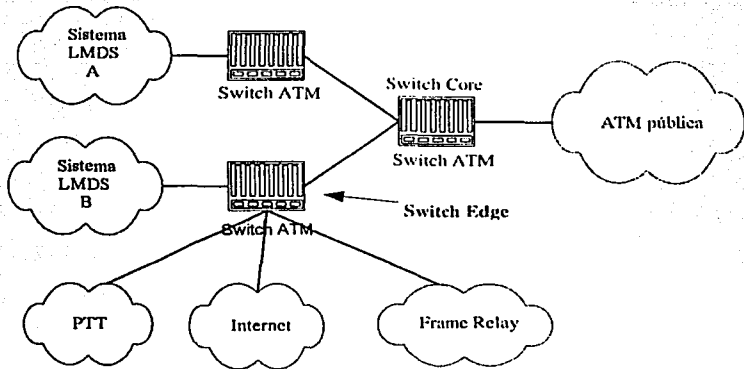


Figura 23. Backbone ATM LMDS con switch edge [12].

Se muestra en la figura 23 una situación donde las diferentes partes del sistema LMDS están conectadas a una red core ATM. El edge switch ATM no sólo es el switch ATM principal para los sistemas LMDS regionales, sino que también provee conexión a Internet, Frame Relay, y a la PTT. El edge switch tiene la capacidad de convertir del formato ATM a otros formatos requeridos mediante la emulación de circuitos.

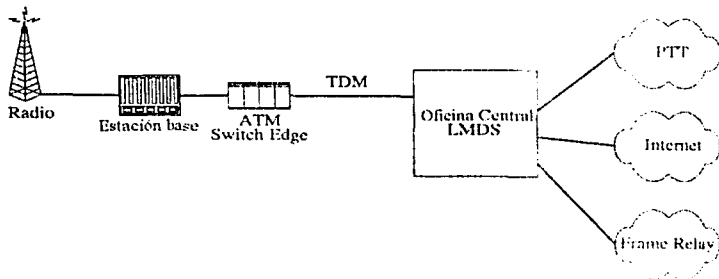


Figura 24 [12].

En la figura 24 se muestra una representación de un edge switch ATM que se encuentra localizado en la estación base LMDS o cerca de ella. La ventaja con esta configuración es la reducción de costos al inicio del despliegue debido a los pequeños anchos de banda requeridos. La oficina central desempeña fácilmente la concentración que se necesita o desea para proveer costos de interconexión bajos [12].

## 2.7 Referencias.

- [1] "Recomendación para la licitación de bandas de frecuencias LMDS", 5 abril de 2000. < [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [2] "Acta del foro de discusión sobre segmentación de bandas de frecuencias para sistemas LMDS", 26 abril de 2000. < [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [3] "Resultados de los comentarios recibidos en el foro virtual de consulta para la licitación de bandas de frecuencias para LMDS", 18 de julio de 2000. < [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [4] "Lineamientos para el foro virtual de consulta", 8 de mayo de 2000. < [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [5] "Tutorial Local Multipoint Distribution System (LMDS)", IEC. <<http://www.iec.org/online/tutorials/lmds/index.html>>
- [6] Hakegård, J. E., "Coding and Modulation for LMDS and Analysis of the LMDS Channel", Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Volume 105, Number 5, September–October 2000, pp.721-754
- [7] Grado, C. M y Grado, A., "Comunicaciones inalámbricas de banda ancha LMDS (Local Multipoint Distribution Service)", Comunicaciones World electrónica, Núm.127, 01/10/1998. <<http://www.idg.es/comunicaciones/mainart.asp?artid=57855>>
- [8] Bathi, S, "The Electromagnetic spectrum; propagation in free-space and the atmosphere; noise in free-space", 1995. <<http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/S.Bhatti/D51-notes/node22.html>>
- [9] Tecnología LMDS: el caso de NEO <<http://www.tecnomarkets.com/servicios/tecnonews/research3.htm>>
- [10] Alonso, A; Alvarez, M.; Picazo, A.; Reyes, A; Sacristán, J.C. "Alternativas para el acceso de banda ancha". <<http://www.gtlic.ssr.upm.es/INSC>>
- [11] Palacio, D.; Lloreda, A.; Trosa, D.; Nieto, M.A., "Acceso en Banda Ancha", 2000. <<http://www.gtlic.ssr.upm.es>>
- [12] Smith, C., "LMDS", McGraw-Hill, U.S.A. 2000.
- [13] Roman, V.I., "Frequency Reuse and System Deploynt in Local Multipoint Distribution Service", IEEE Personal Communications, December 1999, pp. 20-27.

## 2.Tecnología de LMDS.

- [14] O'Neal, C., "How do you maximize useable bandwidth?", America's Network, July 99, pp. 20-22.
- [15] Foster, R., "The art of asymmetry", Telephony, Vol. 237, No.16,1999, pp.74-80.
- [16] "LMDS. Planificación celular en sistemas de acceso radio punto a multipunto" <<http://personales.ya.com/pagina/lmds.htm#planificacion>>
- [17] Rouvrais,P., "Combatir el cuello de botella con tecnología inalámbrica de banda ancha", Revista de Telecomunicaciones de Alcatel, 4º trimestre del 2000, pp. 269-276
- [18] Ramos,F., "Antenas para bandas de frecuencias milimétricas" <<http://www.gigatronic.net/articulos/radioenfases14.htm>>
- [19] Stallings, W., "Comunicaciones y redes de Computadores", 5º ed., Prentice Hall Iberia, Madrid, 1997.
- [20] Reece, K. R., Master's Thesis "A proposed architecture for a high-data rate mobile LMDS network", Blacksburg, Virginia, december 1999. <<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-01212000-08460040/ETD.pdf>>

### 3. SERVICIOS Y APLICACIONES DE LMDS.

La capacidad de LMDS para comunicar en los dos sentidos y el ancho de banda disponible (en torno a 1 GHz) permite proveer una variedad de servicios; servicios de carácter interactivo (videoconferencia, VoD, Internet de alta velocidad, etc), además de servicios convencionales como, por ejemplo, telefonía bidireccional digital, datos y entretenimiento (figura 1).

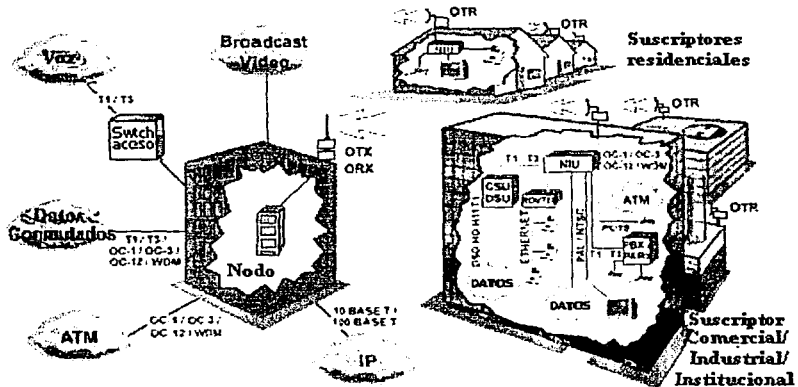


Figura 1 [1].

En general, LMDS aparece como una alternativa tecnológica dentro del escenario general de la convergencia en las comunicaciones, en el que todos los servicios y aplicaciones se puedan proporcionar a través de una única plataforma [1,2,3].

#### 3.1 Clases de usuarios de LMDS previstos.

A continuación se indican algunos de los posibles entornos en los que el sistema LMDS se desplegará y prestará servicios. Se espera que LMDS genere una alta competitividad en el mercado en el que diferentes tecnologías en cierta forma desarrollarán los mismos servicios.

Por consiguiente, los sistemas LMDS deben ser capaces de proporcionar calidad de servicio (y disponibilidad) con una relación de precio y calidad competitiva, cubriendo los regímenes regulatorios, oscilando entre un solo servicio hasta una

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

configuración de servicio multimedia completo. En el mercado mundial se encontrarán varias combinaciones de clases de usuarios con diferentes requerimientos en el mercado mundial.

**Clases de usuarios.**

Los usuarios se dividen generalmente en dos categorías: negocios y usuarios residenciales. Los usuarios de negocios son diferentes a los usuarios residenciales en varios aspectos, la mayor parte de los usuarios de negocios requieren conexiones simétricas mientras que la mayor parte de los usuarios residenciales se caracterizan por una demanda asimétrica de servicios desde el punto de vista de servicios de banda ancha. Además existe una gran diferencia en inversión y capacidad para el pago de tarifas.

De las variaciones en cada categoría se obtiene la representación usual de clientes, cada categoría de usuarios se divide en dos clases. Los usuarios de negocios están seccionados en usuarios corporativos (CORP) y empresas pequeñas y medianas (SME – small and medium-sized enterprises) mientras que los usuarios residenciales están divididos en oficinas pequeñas y del hogar (SOHO - small-office and home-office) y hogares privados (HH-private households). Una representación gráfica de las solicitudes de capacidades máximas de uplink y downlink por estas clases de usuarios se muestra en la figura 2.

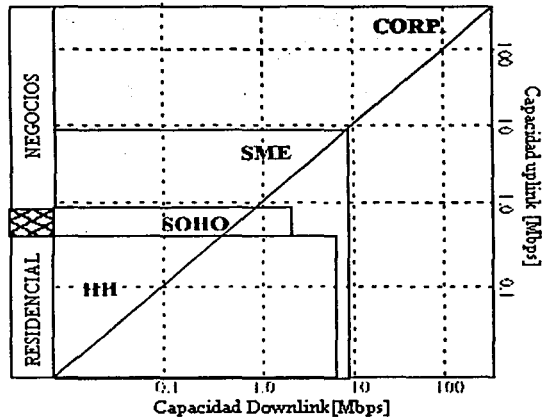


Figura 2. División en clases de usuarios LMDS [4].



### 3. Servicios y aplicaciones de LMDS.

#### **Corporativos (grandes negocios).**

Los corporativos tienen una gran demanda de capacidad de conexiones simétricas de hasta 155 Mbps y ocasionalmente superiores. Estas conexiones usualmente llevan tráfico completo con un factor de ráfagas bajo, frecuentemente empleadas para la interconexión de LANs y PABXs para el uso de líneas arrendadas. Una nueva e interesante aplicación es la conexión a alta velocidad de Internet.

#### **Pequeñas y medianas empresas(SME).**

Las pequeñas y medianas empresas están definidas generalmente como negocios hasta con 250 empleados. Debido al número considerable de empleados las conexiones llevan tráfico total generalmente hasta capacidades de 2 a 8 Mbps simétricas en su mayor parte para líneas arrendadas. Finalmente esta clase tendrá o tiene ya que migrar a altas capacidades simétricas como 34 Mbps o 155 Mbps.

#### **Oficinas pequeñas y del hogar (SOHO).**

En la práctica, la clase SOHO contiene usuarios residenciales y de negocios pero tiene más en común con los usuarios residenciales si se consideran sus características de tráfico. Debido, al bajo número de individuos involucrados, el factor de ráfagas es relativamente alto y las conexiones conmutadas son preferidas en vez de las líneas arrendadas. Para incluir varios servicios simultáneos incluyendo diversos tipos de videoconferencia y navegación web, la capacidad de conexión deberá ser al menos 768 kbps de uplink y 2 Mbps de downlink.

#### **Hogares privados(HH).**

La capacidad de la conexión requerida por los hogares privados está en gran medida determinada por los servicios de entretenimiento. La recepción de difusión digital de TV requiere 6 Mbps de downlink para asegurar la calidad. En el uplink se espera una demanda de calidad media, videoconferencia o conexiones simultáneas de varios tipos, requiriendo una capacidad de conexión máxima del orden de 384 kbps.

### **3.2 Servicios previstos de LMDS.**

A continuación se dará una visión general de los servicios previstos para los sistemas LMDS, pero debe tenerse en cuenta que estos servicios no son específicos de este sistema. Más bien las características específicas de LMDS podrían ser los atributos para los servicios reales que se entregan al cliente. Las características de los servicios que se están empleando en el siguiente enfoque son las tasas de transmisión de uplink y downlink y la disponibilidad de la red.

### 3. Servicios y aplicaciones de LMDS.

Las tasas de transmisión están especificadas de acuerdo con los estándares establecidos como el E1 fraccional (n\*64 kbps), E1, E2 y E3, con la finalidad de hacerlo compatible con los equipos existentes y no excluye el uso de otras tasas de transmisión.

El último atributo es la disponibilidad de la red que se refiere al porcentaje al año que la red está disponible para entregar los servicios con un desempeño específico. Lo anterior no garantiza la disponibilidad del servicio porque esto depende de las condiciones de tráfico, etc.

Clases de servicios		Downlink [kbps]		Uplink [kbps]		Red
		Media	Pico	Media	Pico	Disponibilidad
Videoconferencia	Bajo calidad	64	64	-	64	99.99 %
	Media calidad	2048	2048	384	384	99.99%
	Alta calidad	8448	8448	2048	2048	99.99%
Video/TV	Bajo demanda	3200	4096	16	64	99.99%
	Radiodifusión	8192	8448	-	-	99.9%
	Variantes	64	64	8192	8192	99.99%
Voz	Basada en IP	16	64	16	64	99.9%
	PSTN/BRI-ISDN	64	64	64	64	99.99%
	Interconexión PABX	2048	2048	2048	2048	99.99%
Acceso a Internet	Grado bajo	64	512	8	64	99%
	Grado medio	512	2048	64	512	99.9%
	Grado alto	2048	8192	512	2048	99.99%
Transporte	Backhaul celular	2048	2048	2048	2048	99.99%
	Interconexión LAN	8448	8448	8448	8448	99.99%
	ATM 25.6	25600	25600	25600	25600	99.99%
	Distribución TV	34368	34368	-	-	99.9%

Tabla 1. Clasificación de servicio por capacidad de enlace y disponibilidad de la red[4].

#### Clasificación de los servicios previstos.

##### Servicios de video.

Se espera que los servicios de video lleguen a ser una característica muy importante en el panorama de la siguiente generación de banda ancha. Los sistemas de banda ancha están previendo, en general, habilitar la transición de las comunicaciones basadas en voz a video entre individuos y entre productores y consumidores.

La mayoría de los servicios de video requieren una alta disponibilidad de la red excepto la radiodifusión de TV la cual usualmente opera con una disponibilidad media (99.9%). La videoconferencia es un caso típico donde se espera una distinción en la calidad de servicio, por lo que se han propuesto tres grados de servicio para las diferentes clases de usuarios y configuraciones. Para las opciones de medio a alto grado de videoconferencia se sugiere emplear configuración asimétrica.

#### **Servicios de voz.**

El servicio relacionado con la voz ha sido y será parte importante en el entorno de servicios. Además de la tradicional PSTN/ISDN basada en telefonía para comunicación entre individuos de grado bajo a medio, una opción está llegando a estar disponible mediante la telefonía basada en IP.

PSTN/ISDN requerirán ocasionalmente disponibilidad de la red muy alta (alrededor 99.995%). Desde un punto de vista de mercado parece haber una considerable demanda para agregar tráfico de voz por ejemplo interconexión de PABXs.

#### **Acceso a Internet.**

El servicio más importante de LMDS se cree será el acceso a Internet y a la World Wide Web (WWW). Para atender la diversidad esperada de servicio requerido se han propuesto tres niveles de grado de servicio, distinguidos por la tasa de transmisión y la disponibilidad de la red. La razón pico a promedio (peak-to-average ratio; PAR) de tasa de transmisión se propone sea más grande para el servicio de parcialmente de grado medio y bajo reflejando los usuarios de baja interactividad. Los usuarios de alto grado serán más interactivos y podrán solicitar mayor capacidad y transferencia de archivos grandes tanto de uplink como de downlink, por lo tanto, la PAR de tasa de transmisión es generalmente más baja.

#### **Red de transporte.**

Es posible dar servicio de transporte para las aplicaciones de backhaul celular actuales y en el futuro cercano a redes UMTS, además de interconexión de LANs. Los servicios anteriores se caracterizan por una alta disponibilidad de red y conexiones simétricas.

Para aplicaciones de backhaul, LMDS tiene una ventaja importante, ya que permite una asignación dinámica de alta capacidad (20-30 Mbps) entre estaciones base. Y UMTS requiere de redes de gran capacidad debido a las velocidades de transferencia entre 384 kbps a 2 Mbps.

En el caso de la difusión de TV satelital, la posibilidad de redistribuir una conexión multiplexada MPEG-2 completa que contenga por ejemplo 4 o 8 canales de TV digital es una opción interesante.

#### **Configuración del servicio por clase de usuarios.**

Los diferentes tipos de usuarios especificados anteriormente solicitarán una configuración diferente de los servicios definidos en la tabla 1. Cada conjunto de clases de usuarios y segmentos demandará una configuración de servicio distinta de

### 3. Servicios y aplicaciones de LMDS.

acuerdo a sus requerimientos. Una propuesta para la configuración del servicio de clases de usuarios definidos se muestra en la tabla 2; la numeración indica una clasificación en servicios primarios (2), secundarios(1) y opcionales (3). La propuesta anterior no excluye la operación de otras configuraciones de servicio simplemente constituye una propuesta de la estructura para el sistema LMDS.

#### Pequeñas y medianas empresas (SME).

Las pequeñas y medianas empresas se caracterizan por ser un grupo de personas desempeñando algún tipo de actividad de producción la cual usualmente genera una fuente de ingresos importante. Su uso principal de servicios está relacionado al entorno profesional y por consiguiente solicitaran principalmente servicios de banda ancha de alta calidad. Se espera que las pequeñas y medianas empresas sean las que utilicen más el servicio de video de banda ancha interactivo en dos variantes: video bajo demanda y varios tipos de videoconferencia. Además éstas tendrán instalaciones con computadoras modernas y probablemente serán los mayores usuarios de la telefonía IP debido a su demanda de llamadas telefónicas de larga distancia. Debido a su tamaño podrían también requerir instalaciones de red de transporte. En la mayoría de los países existe un monopolio en los servicios de banda ancha simétricos, por lo que se prevé que el sistema LMDS tiene potencial para darle servicio de arrendamiento de líneas a este grupo.

Clases de servicios		HH		SOHO	SME	
		Bajo	Alto		Bajo	Alto
Videoconferencia	Baja calidad	1	1	0	0	0
	Medía calidad	0	2	2	1	0
	Alta calidad	0	0	1	2	2
Video/TV	Bajo demanda	0	1	2	2	1
	Transmisión	2	2	1	0	0
	Variantes	0	0	0	1	2
Voz	Basada en IP	0	1	1	2	2
	PSTN/BRI-ISDN	2	2	2	1	0
	Interconexión PABX	0	0	0	1	2
Web	Grado bajo	2	1	0	0	0
	Grado medio	1	2	2	1	0
	Grado alto	0	0	1	2	2
Transporte	Backhaul celular	0	0	0	1	2
	Interconexión LAN	0	0	1	2	2
	ATM 25.6	0	0	0	1	2
	TV	0	0	0	0	1

Tabla 2. Configuración del servicio por clases de usuarios típicos de acuerdo a servicios primarios(2), secundarios(1) y opcionales(0) [4].

#### Oficinas pequeñas y del hogar (SOHO).

Las oficinas pequeñas y del hogar tienen mucho en común con el extremo inferior de la clase de las pequeñas y medianas empresas. El elemento profesional está presente en los negocios independientes o en las oficinas en los hogares conectadas a las

### 3. Servicios y aplicaciones de LMDS.

pequeñas y medianas empresas o a los corporativos. Por consecuencia, se espera que servicios medios o secundarios de alto grado sean solicitados y que el acceso a Internet y la videoconferencia serán importantes. La telefonía IP será empleada si las llamadas telefónicas de la larga distancia son fundamentales. Los usuarios de las oficinas pequeñas y del hogar también tienen mucho en común con el extremo alto de la clase de usuarios HH.

#### **Hogares privados (HH).**

Para los hogares privados hay tres servicios principales: telefonía PSTN/ISDN, grado bajo y medio de Internet y transmisión de TV. Posteriormente se tendrá una mayor fuente de ingresos de banda ancha en esta clase de usuarios pero todavía es algo lejano.

Los usuarios del extremo superior tendrán mayores requerimientos alrededor del servicio de datos además de la videoconferencia como servicio primario[4,5].

#### **3.3 Definición de algunas aplicaciones y servicios.**

A continuación se definen algunos servicios y aplicaciones que podrá brindar LMDS, dentro de ellos, se incluyen los que pertenecen al entorno multimedia y que se espera que sean de uso frecuente en un futuro cercano.

Un servicio multimedia es aquél que permite manejar desde una terminal todas las formas de información electrónica conocidas, es decir: textos, gráficos, audio y video. Esto incluye fotografías, películas, música y comunicaciones telefónicas. La interactividad es una característica distintiva, ésta permite la interacción con otras personas, quienes se encuentran a su vez utilizando sus propios terminales, o con servidores. La terminal de usuario puede ser una computadora personal, un televisor con teclado, un teléfono con pantalla, etc.

#### **Juegos.**

Las aplicaciones de juegos permiten al usuario jugar mediante un servicio de envío por red. Al usuario final se le presentará un menú con los juegos disponibles por el proveedor de servicio. Tras la selección por parte del usuario del juego; éste se cargará en el equipo terminal de usuario o en una máquina de juegos situada en el proveedor de servicios. Todas las entradas de información que se produzcan desde el usuario final, alterarán el estado del juego, que se traducirán en cambios en el flujo de datos de vídeo/gráficos que el usuario final verá. Los requerimientos de la aplicación dependerán en gran medida del grado de interactividad del juego. Los juegos se descargarán y se jugarán en local.

### **Telecompra.**

La telecompra permite al usuario navegar a través de catálogos de video o tiendas virtuales para la adquisición de productos y servicios. El usuario puede seleccionar artículos para obtener más información, que se ofrecerá sobre cualquier soporte multimedia: video, texto, video con audio o animación gráfica. Tras haber seleccionado el usuario un producto, se puede ordenar un pedido. El modo de envío depende del proveedor de servicios y la elección del usuario final.

### **Telemedicina.**

Dentro del concepto de Telemedicina se engloba toda una serie aplicaciones y servicios, que en su concepción más amplia incorporaría: obtención de información multimedia de los pacientes, tanto en tiempo real con éste presente como sus datos clínicos almacenados en un servidor, el flujo de datos entre centros de salud y hospitales y el trabajo cooperativo entre médicos en diagnóstico y quirúrgica.

### **Teletrabajo.**

El usuario establecerá una sesión por medio del proveedor de servicio, activando y controlando aplicaciones locales y distantes, comunicándose con un colaborador a través de audio, video o datos. La aplicación provee al usuario de los servicios de directorio y de envío de mensajes, conferencia en tiempo real, distribución de datos uno a uno y trabajo en grupo multimedia.

### **Televisión.**

El servicio tradicional de televisión ha sido:

- *Recepción de canales de TV.*  
El usuario recibe un conjunto de programas de televisión. Estos suelen agruparse en "paquetes" y el usuario paga diferente cuota mensual según el "paquete".
- PPV (Pago por evento).  
El usuario paga una cantidad por estar autorizado a ver un programa de TV que será emitido en un momento determinado.

### **Televisión Interactiva.**

El acceso a estos servicios se realiza a través de un set-top box avanzado ya que sus funciones serán mucho más amplias que la simple sintonización de programas como en el servicio de distribución de TV.

- Recepción de video / audio bajo demanda.

### 3. Servicios y aplicaciones de LMDS.

El usuario recibe contenidos vídeo y audio bajo petición pero en este caso el usuario es quien decide cuando desea acceder al contenido. Estos serían los servicios de VOD o audio bajo demanda. Estos servicios permiten a cada espectador seleccionar un programa determinado, a una hora determinada, y con un control total del programa.

- **Aplicaciones Interactivas.**

El usuario accede a través del televisor a aplicaciones de acceso a información, juegos, e incluso acceso a Internet, siempre a través de la pantalla de TV.

#### **Video bajo demanda.**

Se refiere a un servicio de red que ofrece las funcionalidades que tiene un reproductor de video, sin tener una copia del material. El usuario tiene la posibilidad de: seleccionar, reproducir, pausa (con o sin imagen congelada), avance, retroceso, mostrar contadores, etc.

Entre otras funciones se incluyen la navegación interactiva y la posibilidad de ver por adelantado fragmentos del material audiovisual a descargar. El flujo de datos que se presenta al usuario puede incluir otras informaciones, como el número de cuenta de cliente.

#### **Videoconferencia.**

Es un servicio en el que están involucrados dos o más personas situadas en lugares geográficos diferentes, conectados por medio de un proveedor de servicios multipunto. Uno de los usuarios anuncia, establece y controla la videoconferencia. Durante ésta se pueden intercambiar diferentes tipos de información: datos, fax, ficheros, etc. La videoconferencia ofrece intercambio bidireccional y en tiempo real de audio, vídeo y datos entre múltiples usuarios.

Al final de este trabajo se encuentran en el apéndice B una serie de fichas resumen de las características principales que describen algunos de los servicios en el entorno multimedia interactivo. Estas fichas constan de los siguientes campos:

- Nombre del servicio
- Descripción del servicio
- Agentes involucrados: principalmente proveedor de servicio, proveedor de contenidos, proveedor de transporte y usuario final
- Funciones propias de cada agente
- Características del servicio

Los servicios seleccionados que se describen son: juegos, videoconferencia, video bajo demanda (VOD), casi video bajo demanda (NVOD), telecompra, teletrabajo, telemedicina [6,7].

### **Terminal de usuario.**

Las señales distribuidas por la red deben ser interpretadas por algún tipo de dispositivo, la unidad de acceso, y presentadas al usuario en una "terminal".

Las terminales de telecomunicaciones tienden a incorporar progresivamente capacidades multimedia. Sin embargo, también existe la posibilidad de que el procesamiento multimedia se realice en la propia infraestructura del servicio, encargada de convertir la información en formatos procesables por las distintas terminales. Desde este punto de vista, es posible diferenciar dos enfoques en cuanto al desarrollo de las futuras terminales multimedia:

*Terminales autónomas del funcionamiento de la red.* Las terminales son computadoras con alta capacidad de procesamiento, que usan las redes de telecomunicación para intercambiar datos con información multimedia, que son procesados posteriormente de manera local. La evolución de estas terminales se da simultáneamente al de las computadoras personales (PC), que se basan en la acumulación progresiva de mayor potencia de procesado en el hardware. Ejemplos de este tipo de terminales son las PC multimedia y las estaciones de trabajo.

*Terminales de funcionamiento en red.* En este caso, las terminales recogen de la red no sólo la información multimedia, sino también el software que utilizan y las aplicaciones. No funcionan de manera autónoma, necesitando del funcionamiento de la red de telecomunicaciones a la que están conectados. Un ejemplo de este tipo de terminales es el Set Top Box (STB).

Frente a la proliferación de terminales de acceso provocada por la extensión de los servicios multimedia, se están haciendo grandes esfuerzos de estandarización que permitan el diseño y realización de terminales genéricas con propósito de multiservicio. El principal obstáculo para la implantación de una terminal universal multimedia es la existencia de diferentes ámbitos de utilización con necesidades y prioridades distintas:

- *Acceso desde el hogar:* para la mayoría de los servicios multimedia a los que se acceda desde el hogar, y en especial para los servicios típicos de entretenimiento (VOD, telecompra, teleguegos, etc.) las terminales más apropiadas son los del tipo STB, mientras que la PC se utilizará en aplicaciones o servicios más específicos.
- *Acceso para aplicaciones de negocios:* en este ámbito los terminales que resulten de la evolución de las computadoras disponibles en el puesto de trabajo tienen clara ventaja sobre la creación de una planta de terminales completamente nueva.
- *Entornos de uso público:* se utilizará la solución más adecuada en función de cada aplicación concreta. Por ejemplo, en el caso de los cajeros automáticos multimedia resulta adecuado usar una PC, mientras que para los puntos de información multimedia en lugares públicos el uso de STB será probablemente la solución más conveniente.



A continuación se muestra la tabla 3 comparativa de las principales soluciones en cuanto a la terminal de acceso disponible:

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b>PC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia</li> <li>- Fácilmente ampliable</li> <li>- Total compatibilidad con Internet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesita configuración y mantenimiento de HW y SW</li> <li>- Necesita usuarios familiarizados con su funcionamiento</li> <li>- Caro y sujeto a obsolescencia tecnológica</li> </ul>
<b>STB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil de usar</li> <li>- Presente siempre en aplicaciones multimedia VOD</li> <li>- Bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesita de actualización de entrada de texto y dispositivo apuntador para navegación Web</li> <li>- Calidad de vídeo limitada al estándar de TV, aunque permite la visualización en grupo</li> </ul>

Tabla 3. Comparación de las distintas soluciones en cuanto a la terminal de acceso disponible [6].

Conviene aclarar que los STBs no pretenden reemplazar a las PC pues están dirigidos a cubrir necesidades de mercado diferentes.

Las tres etapas posibles de un escenario de evolución futuro en cuanto a la terminal del usuario son:

- Separación: STB (+TV) y PC coexisten en casa del usuario
- Convergencia: hardware híbrido STB y PC, por ejemplo STB ampliado o con interfaz de conexión a PC
- Integración: TV interactiva con acceso completo a Internet

*Aplicaciones en función de la terminal de usuario.*

Existirán aplicaciones que han sido diseñadas para ser utilizadas en la PC, en el televisor, o en ambos. La tendencia en la actualidad es que las aplicaciones se puedan correr en ambos.

Típicas para TV: Video bajo demanda, casi video bajo demanda

Para PC: Teletrabajo, Telemedicina, Videoconferencia, Correo electrónico, acceso a red de área local

Válidas para ambas terminales: telecompra, telebanca, juegos, educación a distancia [6].

### 3.4 Configuración de LMDS para la prestación de algunos servicios.

#### Servicios de datos.

##### Interconexión LAN.

La interconexión LAN provee la tecnología básica para la conexión de LAN separadas físicamente sobre una WAN (podría ser Internet). El servicio de Interconexión de LAN debe ser seguro, costo efectivo, alta capacidad y escalable con posibilidad de ofrecer diferentes QoS a los usuarios finales.

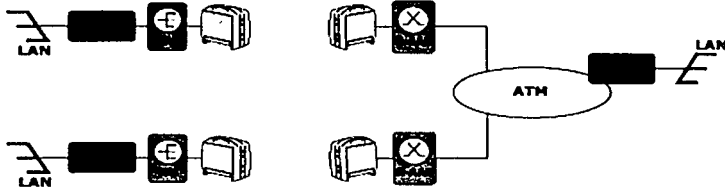


Figura 3. Interconexión LAN [5].

##### Conexión a Internet.

La conexión de Internet a llegado tener un lugar en el mercado y es una fuente de información para los clientes SME y los usuarios residenciales, por lo que se necesita una alta calidad de conexión. A continuación se presenta una configuración (ver figura 4) para el acceso a última milla que permite compartir al operador recursos como el espectro.

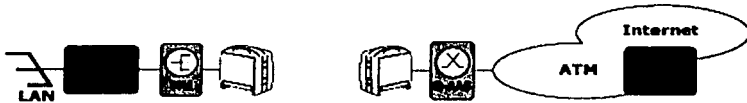


Figura 4. Conexión a Internet [5].

##### Servicio de voz.

En la figura 5 se muestra la solución de voz sobre IP. Esta solución permite servicios de teléfono a teléfono, de fax a fax, de teléfono a PC y de PC a PC sobre redes IP. La ventaja principal de utilizar la solución de voz sobre IP e telefonía IP es posible obtener un costo mas eficaz que con la telefonía PSTN ya que VoIP involucra

técnicas de compresión. Además, los paquetes de voz sobre IP puede ser manejados dinámicamente en LMDS con lo que se obtiene un empleo eficiente del ancho de banda.

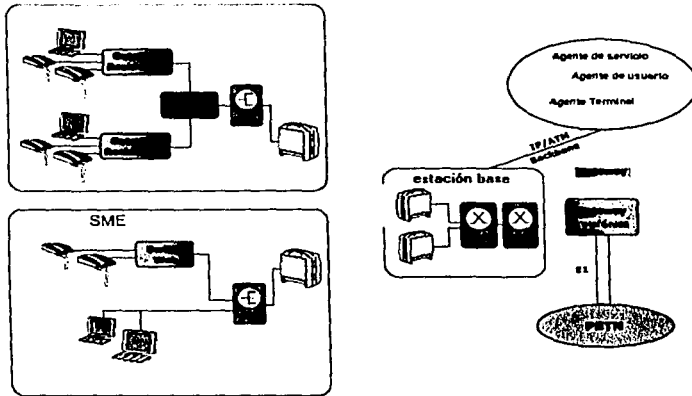


Figura 5. Voz sobre IP [5].

### 3.5 Referencias.

- [1] "Tutorial Local Multipoint Distribution System (LMDS)", IEC.  
<<http://www.iec.org/online/tutorials/lmds/index.html>>
- [2] Alonso, A; Alvarez, M.; Picazo, A.; Reyes, A; Sacristán, J.C. "Alternativas para el acceso de banda ancha".<<http://www.gtcc.ssr.upm.es/INSC>>
- [3] Palacio, D.; Lloreda, A.; Trosa, D.; Nieto, M.A., "Acceso en Banda Ancha", 2000.<<http://www.gtcc.ssr.upm.es>>
- [4] Loktu, H. (Ed.), "Specification of next-generation of LMDS architecture", February 1999. <[www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs/d2p1b.pdf](http://www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs/d2p1b.pdf)>
- [5] "LMDS, Wireless Broadband Access. System Description".  
<<http://www.ericsson.com/transmission/wba/system.shtml>>
- [6] "Análisis tecnológico y de servicios para redes de Cable". 1998.  
<<http://www.setsi.mcyt.es/sat/pista/cable/analisis.htm>>
- [7] Valle, L.E., "Tesis de Maestría: Los servicios "wireless multimedia" ", Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 1997.  
<<http://www.geocities.com/wm2001ar/tesis.html>>

#### **4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED LMDS EN MÉXICO Y EN ALGUNAS PARTES DEL MUNDO.**

---

LMDS (Servicio de Distribución Local Multipunto) es el nombre americano para los sistemas de comunicaciones punto a multipunto terrestres que transmiten arriba de 10 GHz, generalmente alrededor de los 28 GHz. En Canadá a estos sistemas se les conoce como LMCS (Local Multipoint Communications System – Sistema de Comunicaciones Locales Multipunto), lo que es más apropiado para indicar que se ofrecen servicios bidireccionales. En Europa a sistemas similares se les llama MVDS (Multipoint Video Distribution Services – Servicios de Distribución de Video Multipunto), lo que es menos apropiado que LMDS, ya que se transmite video tanto como datos y audio. Recientemente, la notación LMDS ha llegado a usarse ampliamente, aun en Europa.

##### **4.1 Situación en México.**

La Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) ha realizado una serie de análisis sobre el desarrollo operativo y de mercado de los Sistemas de Distribución Local Multipunto (LMDS) y sus respectivas bandas de frecuencias, con el propósito de promover la disponibilidad de los diversos servicios de telecomunicaciones, de ofrecer más y mejores opciones a los consumidores, de tener precios internacionalmente competitivos en estas actividades, y en respuesta al creciente interés mundial de operadores e inversionistas en estos sistemas.

Por tal motivo, esta Comisión invitó a la industria de telecomunicaciones en México a comentar sobre ciertos puntos específicos, relativos a la segmentación de bandas y cobertura de los servicios, para poder elevar a la decisión del Pleno de la Cofetel una recomendación de licitación pública de bandas de frecuencias para la prestación de servicios LMDS, que refleje cabalmente los intereses de la industria y se apegue a los parámetros técnicos de operabilidad y disponibilidad de los sistemas correspondientes, asegurando una competencia leal y rentable para los operadores, así como la disponibilidad de equipo en el mercado.

La importancia de los Sistemas de Distribución Local Multipunto (LMDS), de acuerdo a al COFETEL, radica en que se trata de sistemas de telecomunicaciones punto a multipunto y de acceso inalámbrico de banda ancha, mediante el cual un concesionario puede ofrecer servicios públicos en la gama de 28 GHz, 31 GHz y otras bandas cercanas. La banda de operación en la que los fabricantes internacionales de equipos oscila entre los 25.35 GHz y los 31.3 GHz. LMDS funciona de manera similar a una red celular con acceso a usuarios fijos, y es capaz de prestar servicios de

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

comunicación básica y avanzada, como televisión por cable "inalámbrico", Internet de alta velocidad, videoconferencias y otros servicios de multimedia y difusión. Estas redes locales son nuevas e independientes, y serán completamente competitivas con las redes existentes.

En México, el AGIT de la COFETEL llevó a cabo varias consultas con las empresas proveedoras, con objeto de determinar la factibilidad técnica en cuanto a la disponibilidad de equipos, así como con inversionistas y operadores del servicio local y de larga distancia, a fin de conocer el grado de interés por invertir en México en estos sistemas.

La primera consulta formal se llevó a cabo en los meses de noviembre y diciembre de 1999, con la participación de las principales empresas proveedoras en el país, con el propósito de conocer el interés del mercado en la licitación y de saber si se contaba con equipos desarrollados en los rangos de frecuencias de 28 y 31 GHz para LMDS. En el documento para comentarios elaborado por esta Área para ese fin, se presentaban básicamente 3 opciones diferentes de segmentación de banda, tabla 1.

Opción A	Opción B	Opción C
Concesión 1: 1150 MHz 27.500 - 28.350 GHz 29.100 - 29.250 GHz 31.075 - 31.225 GHz	Concesión 1: 300 MHz 27.50 - 27.65 GHz 27.99 - 28.14 GHz	Concesión 1: 850 MHz 27.50 - 28.35 GHz
Concesión 2: 150 MHz 31.000 - 31.075 GHz y 31.225 - 31.300 GHz	Concesión 2: 300 MHz 27.65 - 27.80 GHz 28.14 - 28.29 GHz	Concesión 2: 300 MHz 29.100 - 29.250 GHz y 31.075 - 31.225 GHz
	Concesión 3: 300 MHz 29.100 - 29.250 GHz 31.075 - 31.225 GHz	Concesión 3: 150 MHz 31.00 - 31.075 GHz 31.225 - 31.30 GHz

Tabla 1.

Consulta de la cual se determinó, basándose en la documentación recibida, que la mayoría de las empresas consultadas contaban con equipos disponibles para operar con la tecnología LMDS, coincidiendo con la opinión de la Comisión en que las bandas de 28 y 31 GHz serían las más apropiadas a licitar.

La segunda consulta formal, se llevó a cabo a partir de las opiniones vertidas previamente por los proveedores y del documento del Comisionado de Ingeniería y Tecnología publicado en la página de Internet de la COFETEL, con la intención de que todos aquellos interesados en participar en la consulta manifestaran sus puntos de vista y opiniones, principalmente respecto de la oportunidad, conveniencia y modalidades para llevar a cabo la licitación de frecuencias para LMDS y para pronunciarse sobre las cuatro diferentes propuestas de segmentación que incluía dicho documento.

De esa segunda consulta formal, el Área General de Ingeniería y Tecnología, analizó las 31 opiniones escritas que se recibieron con comentarios y sugerencias sobre los temas planteados, concluyendo el AGIT, que existía una clara mayoría a favor de llevar a cabo la licitación en fecha próxima y que respecto a la segmentación, al

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

número de concesionarios y a la preferencia sobre una licitación por ABS's o por Regiones, existían opiniones divididas, motivo por el cual el AGIT procedió a someter a la consideración del Pleno de la COFETEL la recomendación de agregar al programa de licitaciones del año 2000 la licitación de las bandas de frecuencias de 28 y 31 GHz para servicios de LMDS, por regiones y con una segmentación tentativa de dos bloques de 575 MHz y un tercero de 150 MHz que quedaría como reserva, en virtud de que dicha segmentación conjugaba las opiniones mejor fundamentadas de la consulta. Ésta Propuesta fue aprobada por el Pleno de la COFETEL, con Acuerdo número P/220300/065, de fecha 22 de marzo del 2000.

Además, en esta segunda consulta formal, varias empresas que se pronunciaron a favor de los sistemas LMDS sugirieron que se excluyera de dicha licitación al operador dominante.

Se publicaron en la página de Internet de la COFETEL los resultados de las consultas llevadas a cabo hasta el 22 de marzo de 2000 y la propuesta presentada y aprobada por el Pleno de la comisión, para dar reconocimiento a las aportaciones de todos los participantes y transparencia completa al proceso.

Los resultados de las consultas llevadas a cabo hasta el 22 de marzo de 2000, así como de la propuesta presentada y aprobada por el Pleno de la Comisión, fueron publicados en la página de Internet de la COFETEL, con la finalidad de dar plena transparencia al proceso y dar reconocimiento a las aportaciones de todos los participantes.

Al principio del mes de abril del 2001, la sección III de la CANIETI, argumento por escrito que las empresas de equipo de telecomunicaciones afiliadas a esa Cámara no estaban de acuerdo con la decisión de la COFETEL, ya que dichas empresas no contaba con equipo disponible para operar los servicios de LMDS con la segmentación propuesta por lo que solicitaban que a la brevedad se organizará un foro de discusión sobre el tema.

Durante los primeros días del mes de abril del 2001, la sección III de la CANIETI, presentó un escrito por el que manifestaba que las empresas proveedoras de equipo de telecomunicaciones, afiliadas a esa Cámara, no estaban de acuerdo con la decisión de la COFETEL, argumentando que ninguna de las empresas contaba con equipo disponible para operar los servicios de LMDS con la segmentación propuesta y solicitaban que se organizara a la brevedad un foro de discusión sobre el tema.

En virtud del planteamiento anterior, el 26 de abril del 2001, el Comisionado de Ingeniería y Tecnología llevó a cabo el Foro de discusión sobre la segmentación de las bandas de frecuencias a licitar para servicios de LMDS, misma que contó con la asistencia de casi cien participantes interesados en el tema. En dicho foro se escucharon y recibieron las propuestas y comentarios vertidos en cuanto a la segmentación de las bandas, destacando el presentado por la sección III de la CANIETI, toda vez que agrupaba la opinión de la mayoría de las empresas proveedoras de equipos de telecomunicaciones con presencia en México. En esta reunión se acordó que la COFETEL, crearía un nuevo foro abierto virtual, con el fin

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

de que todos los interesados en participar se pudieran manifestar al respecto, y a su vez, pudieran conocer las opiniones vertidas por los demás interesados, sean estos operadores, inversionistas y/o empresas proveedoras, fortaleciendo con ello la transparencia en la toma de una decisión en cuanto a la segmentación.

El foro abierto virtual, se llevó a cabo del 8 de mayo al 14 de julio del año en curso, y tuvo una participación tanto de inversionistas como de proveedores y operadores. En este foro la COFETEL, recibió 17 documentos con comentarios y sugerencias de los cuales, en 15 de ellos, se manifestó opinión favorable para que se realice la licitación. Dentro de éstas 15 opiniones favorables, 12 de ellas son coincidentes en una segmentación consistente en dos bloques de 425 MHz, uno de 150 MHz y uno más de 300 MHz, siendo ésta propuesta acorde con la presentada por la sección III de la CANIETI el 26 de abril de éste año, en el foro que sobre el tema se realizó en esa fecha.

Por lo anteriormente planteado, el Área General de Ingeniería y Tecnología, habiendo analizado las distintas observaciones, comentarios y sugerencias resultantes de las consultas celebradas en los pasados meses y en especial los recibidos en el foro abierto virtual, y con apego al Reglamento Interno en vigor de la Comisión, ha considerado que la segmentación más conveniente con la que debiera de llevarse a cabo la licitación de bandas de frecuencias de 28 y 31 GHz para servicios de LMDS, aprobada por Acuerdo de Pleno número P/220300/065, debe consistir en dos segmentos de 425 MHz, uno de 150 MHz y otro más para reserva de 300 MHz, que se puede ver gráficamente en la sección 2.1.

La COFETEL indica en su página electrónica que en fecha próxima, aun no definida, se abrirá una nueva etapa para la recepción de comentarios para la propuesta anterior[1,2].

#### 4.2 Situación en algunas partes del mundo.

##### Situación en Estados Unidos.

Al aparecer LMDS en Estados Unidos como un proyecto viable tanto desde el punto de vista técnico como económico gracias a los resultados del proyecto piloto de CellularVision, empezó a generarse una notable expectación en la industria de las telecomunicaciones; y empresas como Wytech, Marconi, Hewlet-Packard o Biztel iniciaron desarrollos en esta tecnología. Sin embargo, en aquellos momentos existían problemas de regulación y de competencia que impedían que los trabajos en curso produjeran resultados operativos. La FCC tenía que asignar frecuencia al sistema para su explotación y despliegue, además la banda Ka (28 GHz) ha sido utilizada tradicionalmente para aplicaciones militares y posteriormente para comunicaciones por satélite fijas y móviles civiles.

Se produjo un importante enfrentamiento entre las distintas partes que estaban implicadas en este nuevo escenario del margen superior del espectro: la parte de

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

satélites, la parte terrestre (LMDS) y la parte de política pública (la FCC). La FCC se inclinaba por conseguir un acuerdo entre ambas partes, satélite y LMDS, para compartir ancho de banda, pero esa solución conllevaba la modificación tecnológica en una de las dos partes con sus costos asociados que nadie estaba dispuesto a asumir. Al no obtenerse ningún acuerdo, a principios de 1996 la FCC determinó asignar a LMDS 850 MHz de ancho de banda no restringida (27.5 a 28.35 GHz) y 150 MHz adicionales de ancho de banda restringida (29.2 a 29.325 GHz). Sin embargo, esta solución no resultaba viable en su totalidad debido a que la restricción en ancho de banda impedía implementar servicios dúplex que, precisamente, constituyen la ventaja competitiva de LMDS. Finalmente, y con el objetivo de garantizar la libre competencia, la FCC asignó a LMDS dos bloques de frecuencia, como se indica en la tabla 2.

Bloque	Banda del espectro
A (1150 MHz)	27.500 - 28.350 GHz
	29.100 - 29.250 GHz
	31.075 - 31.225 GHz
B ( 150 MHz)	31.000 - 31.075GHz
	31.225 - 31.300 GHz

Tabla 2. Asignación del espectro LMDS.

Con esta asignación, el ancho de banda dejaba de ser un problema para el desarrollo de LMDS ya que 1.3 GHz es una cifra realmente importante frente a los anchos de banda actualmente en uso. Este ancho de banda salió a concurso público el día 18 de febrero de 1998.

#### Subasta del Espectro en EE.UU:

El proceso de subasta en EEUU se desarrolló entre el 18 de Febrero y el 25 de Marzo de 1998, levantando gran expectación por el enorme ancho de banda involucrado (1300 MHz). A cada BTA (Basic Trading Area -Área de Mercado Básica) o a cada una de las 493 zonas homogéneas desde el punto de vista de mercado en que se divide Estados Unidos, le correspondieron dos licencias: una para 1150 MHz de espectro correspondiente al bloque A y otra para 150 MHz correspondiente al bloque B. En total se concedieron 986 licencias por un período de diez años sin ningún tipo de restricción en lo que se refiere a que una misma entidad pueda adquirir varias licencias.

Con objeto de garantizar la libre competencia, la FCC restringió el acceso a las licencias sobre el bloque A durante tres años (hasta el 30 de Junio de 2000) a las compañías de cable y a las "carriers" establecidas en cada zona (ILEC: Incumbent Local Exchange Carriers). Sin embargo, estas compañías han podido acceder desde el primer momento, sin ningún tipo de restricción, al bloque B.

A grandes rasgos, el resultado de esta subasta viene dado por una importante presencia de un grupo de capital riesgo, denominado WNP Communications, que ha conseguido dominar el bloque A. Otras empresas con importante presencia e impacto han sido US West, Ecilpse Communications, Vanguard LMDS, Actel y ARNet. CellularVision, la firma pionera en la industria LMDS, no ha participado en la



#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

subasta. La estrategia de CellularVision consistirá en una política de expansión por todo el país basándose en proporcionar asesoramiento técnico a los adjudicatarios de licencias mediante servicios de integración de sistemas y asistencia técnica. Los resultados de la subasta se pueden ver en la tabla 3 [3,4].

Empresa	N° Licencias
WNP Communications Inc.	40
NEXTBAND Communications	42
Winstar LMDS, L.L.C	15
Baker Creek Communications	232
Cortelyou Communications	15
BTA Associates	7
ALTA WIRELESS, INC.	4
Eclipse Communications, Corp.	51
ARNET, Inc.	16
CoServ, L.L.C.	6
Otros	

Tabla 3. Resultados de la subasta en Estados Unidos

#### Situación en Canadá.

El Sistema de Comunicaciones Locales Multipunto (LMCS) es un servicio de telecomunicaciones inalámbrico de banda ancha ofrecido por una empresa prestadora de servicios públicos en la gama de 28 GHz, que opera de manera similar a una red celular, y puede prestar servicios de comunicación básica y avanzada, tales como televisión por cable "inalámbrico", acceso a Internet, video, teleconferencias y otros servicios de multimedia y radiodifusión. Estas redes locales para servicios de telecomunicaciones son completamente nuevas e independientes y pueden ser completamente competitivas con las redes existentes.

El gobierno de Canadá alentó el establecimiento de una tercera red local de distribución para servicios de radiodifusión y telecomunicación empleando LMCS, lo que permitiría ofrecer distintas alternativas a los consumidores de Canadá. Con la finalidad anterior, se inició el anuncio de los procedimientos de regulación y autorización para LMCS.

Antes de este proceso, los canadienses estaban atendidos por dos redes locales de distribución que proporcionaban una serie de servicios de radiodifusión y telecomunicaciones a clientes, tanto consumidores como comerciales; la red local de televisión por cable y la red local de teléfonos.

#### Antecedentes.

El 24 de Diciembre de 1994, Industry Canada, emitió el aviso de la Gazette Notice DGTP-013-94 titulado "Políticas del Espectro Propuestas para Acomodar Sistemas de Radiocomunicaciones de Microondas, incluyendo la Distribución de Banda Ancha

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

**Local y Satélites de Comunicación Avanzada en Ciertas Bandas Sobre los 20 GHz**", el que invitaba a hacer comentarios sobre un número de temas relacionados con las bandas de frecuencia en 22, 28 y 38 GHz, incluyendo los tipos de aplicaciones de sistemas de radiocomunicaciones en las áreas de comunicaciones de microondas por satélite y terrestres, incluyendo LMCS.

En respuesta a este aviso, se recibieron veinticinco presentaciones las cuales posteriormente fueron reducidas a trece. Algunos de los puntos clave que prevalecieron en el proceso de consulta incluyeron:

- 1) Los servicios y la tecnología de LMCS podrían evolucionar considerablemente durante los próximos años.
- 2) El uso de la banda 27-28 GHz con expansión debajo 27 GHz fue la opción del espectro preferida.
- 3) El requerimiento de aproximadamente 1 GHz de espectro para la distribución inicial de un sistema LMCS; y,
- 4) Y que se esperaba que la introducción del LMCS en Canadá, traería oportunidades de desarrollo y fabricación de sistemas.

#### **Atribución del Espectro para LMCS en la Banda de 28 GHz.**

El espectro designado para aplicaciones LMCS es esencialmente para sistemas de comunicación multipunto de alta capacidad, teniendo cobertura de transmisión unidireccional y/o bidireccional sobre áreas locales que proveen amplio acceso a clientes residenciales y empresariales. Dentro de la atribución de espectro de 25.35-28.35 GHz, se crearon seis bloques de frecuencia de 500 MHz para permitir a las entidades autorizadas a proporcionar el servicio en áreas locales, así como apoyar los requerimientos de espectro de más de un prestador de servicios.

El plan de frecuencias y disponibilidad de bloques implementado para el LMCS se muestra en la tabla 4.

<b>Bloque</b>	<b>Banda de frecuencias</b>
A (500 MHz)	27.85-28.35 GHz
B (500 MHz)	27.35-27.85 GHz
C (500 MHz)	26.85-27.35 GHz (reservado)
D (500 MHz)	26.35-26.85 GHz (reservado)
E (500 MHz)	25.85-26.35 GHz (reservado)
F (500 MHz)	25.35-25.85 GHz (reservado)

Tabla 4.

Industry Canada hizo que los bloques de espectros A y B estuviesen disponibles para ser autorizados a través de un proceso de selección y autorización comparativo. Los bloques de espectro C, D, E y F están actualmente disponibles para su experimentación en LMCS en base a primero-en-presentarse, primero-en-atenderse. Los siguientes bloques se autorizarían para uso comercial subsecuentemente,

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

empezando no antes de 18 meses y no después de los 36 meses después de finalizar la autorización de los bloques A y B que se llevó a cabo en octubre 29, de 1996.

Se definieron 66 áreas de servicio en las cuales había bloques de espectro A y B disponibles para ser autorizados. Los aspirantes interesados en dar servicio a áreas no definidas podían hacerlo, pero deberían incluir con su solicitud una descripción detallada de la(s) área(s) de servicio propuesta(s). Estas áreas no podían incluir ninguna porción de las sesenta y seis áreas de servicio antes mencionadas, y además tenían que estar localizadas completamente fuera de los límites de aquellas designadas.

Una entidad era elegible para prestar el servicio LMCS en 28 GHz para los bloques A y B como parte de este llamado para aplicaciones, si esta entidad, incluyendo sus afiliados:

- 1) No era una empresa de telecomunicaciones prestadora de servicios públicos que prestase servicio telefónico local a cualquier parte de Canadá
- 2) O no tenía licencia para prestar servicios públicos en la distribución de cable contratado de acuerdo con la ley de radiodifusión en cualquier parte del Canadá.

Los criterios para la adjudicación de licencias LMCS, incluyeron: la estrategia competitiva, la innovación, y los beneficios económicos así como la investigación y el desarrollo, la cobertura y la competencia demostradas. El 29 de octubre de 1996, de las trece solicitudes recibidas, se eligieron tres y se concedieron tres licencias de espectro de 1 GHz para 33 mercados cada uno a Cellular Vision Canada Ltd., y a Max Link Communications, y una licencia similar para prestar el servicio en 127 pequeñas comunidades a Regional Vision Inc. para asegurarse de que la creciente super carretera de la Información "Information Highway" continúe hasta alcanzar las más remotas comunidades de Canadá.

Industry Canada, no indicó los tipos de servicios que se ofrecerían por los prestadores del servicio LMCS fuera de que el sistema propuesto debe ser un sistema de comunicación multipunto de banda ancha de alta capacidad. Además la tecnología a implementar dependería del sistema diseñado, y de las telecomunicaciones y servicios de radiodifusión que emplearán [5].

#### Situación en Europa.

En Europa, el sistema homólogo a LMDS es el llamado MVDS (Multipoint Video Distribution System), que funciona en la banda 40.5 GHz - 42.5 GHz, sobre el que existe ya una recomendación (T/R 52-01) y una especificación (ETS 300 019-2-4) emitidas por la ETSI (European Telecommunications Standard Institute). Actualmente también es conocido con el término LMDS.

El creciente impacto de la tecnología inalámbrica de banda ancha a nivel mundial ha propiciado que las agencias de regulación europeas empiecen a ocuparse del asunto y a asignar frecuencias específicas (ver tabla 5).

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

País	Banda de frecuencias.
Alemania	24.5 a 26,5 GHz
Francia	27.5 a 29.5 GHz
Inglaterra	40.5 a 42.5 GHz
España	26 GHz

Tabla 5.

Como se puede observar en la tabla 5, la situación en Europa no es la idónea para el desarrollo de este tipo de tecnologías, ya que parece que cada país soluciona el problema individualmente. De esta forma la implantación del sistema LMDS lleva asociados costos más elevados por no estar totalmente normalizado, lo que le hace perder su gran atractivo de bajo esfuerzo económico en comparación con las tecnologías tradicionales.

En Europa, en algunos países se ha optado en exclusiva por la banda de 40 GHz, lo que puede ser un error, ya que es una banda claramente inferior a la de 28 GHz (a 40 GHz existe una mayor dificultad a vencer en emisión y propagación de señal, y la tecnología disponible está mucho menos desarrollada), cuestión que está siendo revisada por dichos países.

Por otro lado, los países del Este de Europa representan un entorno especialmente atractivo para el desarrollo de la tecnología LMDS debido a la falta de infraestructuras de comunicaciones y a la obvia necesidad de optimizar costes. En esta zona de Europa, Rumania es el país más activo y ya ha asignado un margen de frecuencias de 27.35 GHz - 28.35 GHz. Moscú también cuenta con una frecuencia asignada en la banda de 28.5 GHz.

A pesar de lo indicado anteriormente, en líneas generales se puede afirmar que la tecnología LMDS se adapta bien al mercado europeo dado que las zonas urbanas presentan una elevada densidad de población y además, en esas zonas, la altura de los edificios es más bien uniforme, lo que reduce la aparición de zonas de sombra y facilita el despliegue de la red [3,6].

#### 4.3 Prueba piloto (28-31GHz).

El 2 de marzo de 1998, la empresa TTT y el Grupo de Tecnologías de la Información del Dpto. SSR de la UPM recibieron la comunicación oficial de la Secretaría General de Comunicaciones por la que se le otorgaba una licencia temporal de utilización del espectro (500 Mhz en 28 GHz y 300 Mhz en 31 GHz), con el objetivo de implantar en Madrid un piloto experimental del sistema LMDS.

España se convertía en el primer país europeo que autorizaba estos experimentos, iniciativa que meses después sería imitada por otros países de su entorno. De esta manera ratificaba su liderazgo en la regulación de estas bandas de frecuencia, pues en

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

esa fecha era el único país de la UE que en su CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias) había reservado espectro para este tipo de sistemas.

En septiembre de 1998 se integran los prototipos alfa (de laboratorio) de las plataformas de "ancho de banda compartido" y "ancho de banda bajo demanda", desarrolladas para TTT por InfoGLOBAL y Stanford Telecom. A principios de noviembre se instalan en el Faro de Moncloa los equipos transmisores multiportadora de potencia (5 W por portadora de 40 Mhz) y los CPEs "two way" (estaciones de usuario emisoras-receptoras) desarrollados para TTT por Cable AML.

Las pruebas realizadas sobre los sistemas de RF, los sistemas de acceso, las aplicaciones y los servicios alcanzan, a juicio de LUVISA (actualmente Telecomunicaciones Operadas por Radio, "TOR"), suficiente madurez técnico-económica para que el 2 de Diciembre de 1998, al amparo de la nueva LGTel, TOR solicite una licencia para prestar comercialmente servicios avanzados de telecomunicaciones utilizando estos desarrollos. Meses después se le comunicará al operador la intención del Ministerio de Fomento de sacar a licitación pública este tipo de sistemas.

Tras obtener una prórroga de la licencia experimental, durante los primeros meses de 1999 se procede a completar los sistemas de gestión de red y servicios, a integrar las aplicaciones más sofisticadas (telefonía IP, multivideoconferencia, servicios Internet/Intranet de última generación, etc.) y a probar los primeros prototipos de estaciones de usuario de alta eficiencia espectral (modulación 64QAM) desarrollados para TTT por el Grupo de Microondas y Radar del dpto. SSR de la UPM.

En marzo de 1999 TOR y el GTIC-SSR-UPM, de acuerdo al compromiso adquirido, presenta el sistema integrado completo, a los departamentos ministeriales e instituciones reguladoras competentes. En junio de 1999 se presenta públicamente por primera vez el piloto de Madrid de Hiperacceso en 28-31 Ghz.

#### **Descripción del piloto.**

El piloto de Madrid fue diseñado para evaluar las tecnologías, redes y servicios capaces de satisfacer la parte más sofisticada de la demanda de acceso a comunicaciones de banda ancha. Es decir:

- Para proporcionar infraestructuras de acceso al usuario, a otros operadores con autorizaciones y licencias para prestar los servicios finales de telefonía y datos de alta velocidad ("carrier to carrier").
- Para proporcionar redes privadas y servicios finales multimedia a grandes instituciones, empresas y "SOHOs", situados fundamentalmente en zonas de alta densidad de población.

La solución técnica adoptada se basa en lo que el grupo BRAN del organismo de estandarización ETSI ha denominada HIPERACCESO, por lo que para referirse al

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

sistema desarrollado se adopto el nombre de "Hiperacceso Multimedia Radioeléctrico". Sus principales características son:

- Empleo de multipotadoras de alta potencia (TWT) en la estación base de la célula. Lo que permite radios de cobertura elevados para portadoras moduladas en QPSK y posibilita la utilización de portadoras con modulaciones de alta eficiencia espectral (64QAM). La realización práctica de estos sistemas exige la utilización de al menos 500 + 150 Mhz de ancho de banda.
- Sistema multiplataforma (enlaces dedicados, compartidos y bajo demanda) capaz de asignar la plataforma más adecuada a las características de tráfico del servicio requerido por el usuario.
- Despliegue de un sistema integrado completo que incluye la estación base, la cabecera de servicios, el centro de gestión y las estaciones de usuario.

La figura 1, muestra gráficamente la realización práctica del piloto que se describe a continuación.

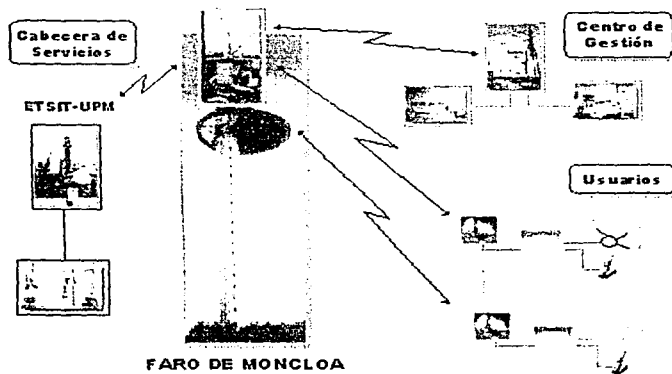


Figura 1. Despliegue del Piloto [7]

#### Estación base.

Situada en el Faro de Moncloa, recibe a través de un radioenlace la información de la cabecera de servicios y la retransmite a los usuarios después de amplificarla y trasladarla a la banda de frecuencias asignada (5 volts por portadora en la banda de 27.75-28.25 Ghz). Por otro lado, recibe las señales procedentes de las estaciones de usuario situadas en la banda 30.85-31.15 Ghz y las retransmite a la cabecera de servicios. Cuenta con una unidad automática de redundancia, así como con dos

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

transceptores sectoriales de  $180^\circ$  que proporcionan una cobertura de  $360^\circ$  en un radio de 8 Km para portadoras moduladas en QPSK y de 3.5 Km para portadoras moduladas en 64QAM. La figura 2, muestra una imagen en la que pueden observarse el radioenlace que une la estación base con la cabecera de servicios y uno de los transceptores de alta potencia.

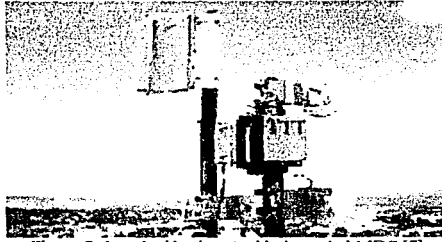


Figura 2. Instalación de estación base de LMDS [7]

Los datos de cobertura facilitados fueron calculados con la finalidad de cumplir las recomendaciones de la UIT para los servicios tradicionales y corresponden a las especificaciones de las estaciones de usuario desarrolladas. Las figuras 3 y 4 muestran respectivamente la cobertura del piloto con portadoras QPSK y una posible cobertura de Madrid con cinco celdas que utilizan portadoras 64 QAM.



Figura 3. Cobertura del Piloto [7]



Figura 4. Cobertura de Madrid con cinco celdas y portadoras 64QAM [7]

#### Cabecera de servicios.

Situada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM, cuenta con la infraestructura de servicios y gestión de red completa. Esto incluye el acceso a todas las redes a las que se van a conectar los usuarios; la captación y generación de la información que se va a distribuir y su enrutamiento a través de alguna de las plataformas de red que permite comunicar dos o más usuarios

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

entre sí. Además, se realizan la modulación de las portadoras a FI y su conversión a RF para las señales que van desde el usuario a la cabecera. En la cabecera se da acceso a las siguientes redes:

- A la red IRIS a través de la subred del GTI-SSR-UPM.
- A las redes del departamento de Ingeniería telemática y del Grupo de Bioingeniería de la ETSIT de la UPM para la investigación de aplicaciones de banda ancha en el campo de la multiconferencia y la telemedicina respectivamente.
- A una red "ad hoc" Ethernet de altas prestaciones donde se investigan aplicaciones sofisticadas (servidores de video, telefonía IP, Intranet seguras, etc.)
- Acceso directo al nodo neutro de Internet en Washington a través del satélite Orlón.

Por otro lado, se captan y se generan las siguientes señales:

- Señales de TV digital procedentes de los satélites Astra, Hispasat y Eutelsat.
- Se genera un canal de TV digital propio.

Los flujos de datos procedentes de estas redes y sistema se empaquetan a través de cuatro tipos de plataformas de red:

1. Plataforma de ancho de banda dedicado
2. Plataforma de ancho de banda compartido
3. Plataforma de ancho de banda bajo demanda
4. Plataforma de difusión de TV digital

La explotación integrada de este conjunto, proporciona al operador una plataforma multiservicio de gran ancho de banda. La figura 5 muestra un diagrama de la realización práctica de estas plataformas en el piloto.

##### *1) Plataforma con ancho de banda dedicado.*

El ancho de banda dedicado, utiliza una portadora para enviar y recibir tráfico simétrico con un ancho de banda fijo permitiendo velocidades específicas de transmisión y de recepción.

Esta plataforma realiza un uso eficiente del espectro cuando se necesita intercambiar volúmenes fijos de información de forma simétrica y constante. Es la plataforma más fácil de realizar, pues solo requiere parejas de módem entre cada usuario y la cabecera. Se evaluaron módems de 2 y 10 Mbps con modulaciones QPSK y 16QAM.

Esta plataforma está especialmente indicada para los servicios siguientes: interconexión de grupos cerrados de telefonía, videoconferencia cooperativa, y todos aquellos servicios de conectividad que requieran un flujo de datos dedicado y simétrico.



#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

##### 2) Plataforma con ancho de banda compartido.

Mediante esta plataforma, el ancho de banda puede ser compartido por varios usuarios, permitiendo abaratar el ancho de banda utilizado. De esta forma se puede asegurar un caudal mínimo estadístico más los picos que permita esta compartición de ancho de banda. Esto permite gestionar el ancho de banda de forma flexible, asignando un caudal medio a cada usuario, garantizando así una determinada calidad estadística. Además se puede agrupar a los usuarios por clase de servicio y ancho de banda contratado. De esta forma se pueden establecer listas con distinta prioridad, a las que se va distribuyendo el ancho de banda existente según esta prioridad.

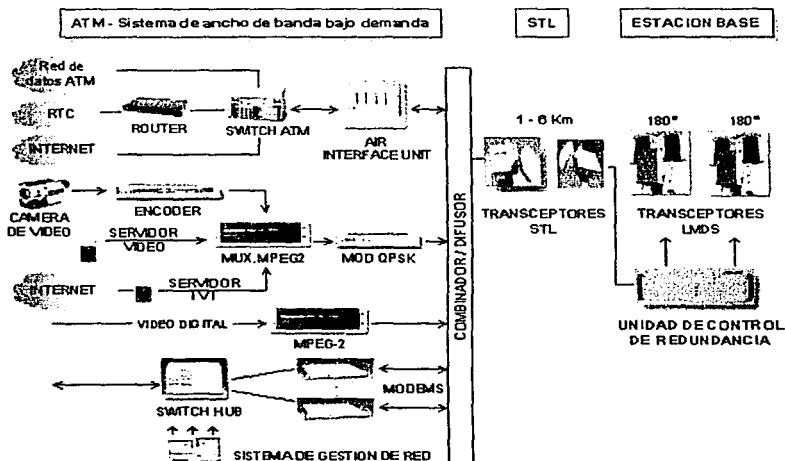


Figura 5. Diagrama simplificado de la cabecera y estación base.

Esta plataforma se basa fundamentalmente en la tecnología IVI de InfoGLOBAL, la cual realiza la integración de los distintos caminos de comunicaciones en una única interfaz para que no sea necesaria la ayuda de hardware adicional. A su vez, la separación de los caminos de transmisión y recepción posibilita la comunicación asimétrica entre los nodos. Gracias a esta característica es posible utilizar distintos caminos de retorno como puede ser la RTC, RDSI o módems a través del sistema de radiofrecuencia.

Esta plataforma está especialmente indicada para el tráfico IP asimétrico ya que se puede multiplexar asimétricamente. Esta compartición y asimetría de los flujos permite hasta 30 Mbps de bajada y de 33 Kbps hasta 2.5 Mbps de subida.

Esta plataforma ha sido utilizada con éxito para realizar redes privadas virtuales (Intranet) con capacidad de ofrecer telefonía IP, acceso de alta velocidad (hasta 800 Kbytes) a las distintas LAN que constituyen la red privada, Internet sin limitación de

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

velocidad por la red de acceso, vídeo bajo demanda y TV digital de negocios en una misma portadora QPSK de 40 Mhz. El sistema utiliza la norma DVB.

En la actualidad se están probando sobre esta plataforma las estaciones que permitirán trabajar con modulaciones 64QAM, multiplicando por cuatro la capacidad del sistema.

##### **3) Plataforma con ancho de banda bajo demanda**

El ancho de banda bajo demanda se realiza a través del sistema de conmutación ATM. Debido a esto, este ancho de banda bajo demanda puede realizarse de forma permanente, ocasional e incluso dinámica. Una vez establecido el circuito virtual necesario, el sistema gestiona la introducción del circuito en cuestión en una portadora que maneja un gran ancho de banda (típicamente, 34 Mbps), es decir, se establece una concentración de tráfico de acceso en "canales" de 34 Mbps, que es mucho más eficiente que el sistema de líneas dedicadas de acceso hasta el abonado final. A su vez, el espectro total disponible, gracias a la tecnología TDMA en el retorno, se agrupa reasignando dinámicamente las propias portadoras (que a su vez, llevan grupos de circuitos) en "huecos" de espectro. Es decir, se gestionan en realidad flujos de información de forma dinámica en lugar de circuitos permanentes. El resultado es un sistema de "capacidad en pull" en lugar de capacidad fija y asignada permanentemente a los usuarios. De esta forma se puede determinar y garantizar el caudal mínimo asignado a un usuario, y determinar cuánto caudal va a compartir.

El núcleo del sistema ha sido realizado por Stanford Telecom bajo especificaciones concretas para este piloto. Es de resaltar que ha sido en el piloto de Madrid, donde se ha probado por primera vez en el mundo este tipo de sistema.

##### **4) Plataforma de difusión de TV digital.**

Consiste en la captación de las señales de TV digital procedentes de los diversos transpondedores de los satélites que prestan este servicio y su adecuación al sistema mediante un proceso simple de conversión de las portadoras de satélite en portadoras del Hiperacceso, o añadiendo un proceso intermedio de transmodulación según se difundan las señales en QPSK o en 64QAM. Las señales son descodificadas por "set-top-box" comerciales utilizados en la recepción directa de TV digital por satélite (QPSK) o en la distribución comunitaria (64QAM).

#### **Centro de Gestión.**

Situado en la sede de TOR en la calle Serrano, se encarga de llevar a cabo la monitorización de los servicios. La comunicación entre el centro de gestión y la cabecera se realiza mediante un enlace dedicado del propio sistema.

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

El sistema de gestión es uno de los elementos críticos del sistema ya que entre otras cosas, debe realizar la provisión del servicio al usuario, asegurar la calidad de servicio, redireccionar los tráficos en función de la ocupación de las portadoras o las posibles caídas del sistema y ajustar el nivel de portadoras en las estaciones de usuario en función de la distancia a la estación base o el cambio de las condiciones climáticas.

#### Estaciones de usuario.

Constan de transceptores CPE, los cuales captan la señal en la banda de 28 GHz y mediante un divisor la distribuyen entre los equipos correspondientes: gateway, set top box, módem, etc.

Existen dos posibles soluciones en el retorno: simétrica es la que realiza la transmisión sobre ATM con ancho de banda bajo demanda o mediante enlaces dedicados. El sistema asimétrico es una solución más económica pensada para usuarios residenciales, o con una demanda de tráfico claramente asimétrica. El diagrama general del sistema completo puede verse en la siguiente figura 6 [7].

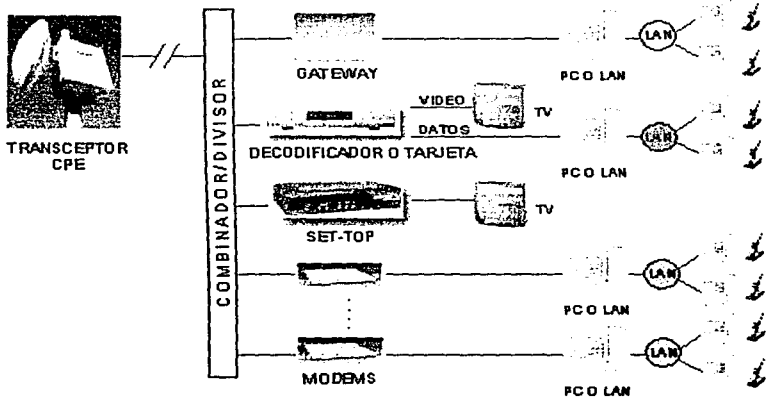


Figura 6. Diagrama simplificado de los equipos de usuario [7]

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

##### 4.4 MINI-LINK™ BAS y Alcatel Evolium™ LMDS 7390.

En los siguientes párrafos se describen brevemente dos soluciones basadas en la tecnología LMDS desarrolladas por dos compañías con reconocimiento mundial.

##### **El sistema de Ericsson: MINI-LINK™ BAS -WBA (Wireless Broadband Access- Acceso de Banda Ancha Inalámbrico).**

MINI-LINK™ BAS es un sistema de acceso de banda ancha inalámbrico relacionado con los sistemas LMDS y opera en las bandas de frecuencia de 24 a 31 GHz (ETSI-Europeo, LMDS-Estados Unidos y LMCS-Canadá). Esta principalmente diseñado para proveer enlaces de transmisión inalámbrica de datos para usuarios de negocios corporativos (pequeñas y medianas empresas con especialidades diversas, oficinas localizadas en lugares lejanos, etc.) que requieren accesos de alta velocidad para fuentes de información y bases de datos de la compañía principal (head office) y para los proveedores de servicios (PSTN, ISP). El sistema se desplegó basado en la arquitectura ATM y el principio de TDMA.

El sistema de Ericsson es compacto, modular y flexible de comunicación inalámbrica de banda ancha que combina la tecnología mas sofisticada de comunicación de radio de microondas junto con IP y ATM. Esta diseñado para proporcionar un excelente manejo en capacidad de tráfico y de servicios para negocios. El sistema de transmisión punto a multipunto representa un adelanto en el desarrollo mundial de las famosas series MINI-LINK de Ericsson y actualmente presenta el sistema mas confiable del mercado de equipo de comunicación de radio de microondas. El promedio de vida de servicio del sistema es de más de 30 años.

MINI-LINK™ BAS es un componente clave para proporcionar un rápido y eficiente sistema de acceso de banda ancha para redes de la próxima generación. MINI-LINK™ BAS soporta redes de Internet/Intranet de alta velocidad, LAN-LAN y otras aplicaciones de alta velocidad, con tasas de transmisión alrededor de los 37 Mbps para cada usuario. La eficiencia de uso del espectro se logra a través de TDMA y F-DCA (Fast Dynamic Capacity Allocation – Asignación de Capacidad Dinámica Rápida) permitiendo compartir por instantes los recursos de radio. La telefonía es soportada eficientemente por ATM, lo que permite al operador proporcionar alta calidad de servicios y soportar servicios de telefonía tradicional (POTS), mientras se sigue manteniendo un buen balance costo-beneficio para la red.

El sistema MINI-LINK BAS (ver figura 7) consiste de una terminal de acceso de cliente (access terminal -AT), comunicándose mediante un enlace de radio común con un nodo localizado centralmente (Radio Node-RN).

##### **Componentes del sistema.**

**Radio nodo (Radio Node, RN).** Las partes internas de los radio-nodos están alojados en un anaquel de radio (Radio Shelf ; R-AAS) que concentra el tráfico y proporciona la cross-conexión del trafico local dentro del sitio central (Hub). El anaquel para

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

concentración (Concentration Shelf;C-AAS), conecta diferentes R-AAS y proporciona algo más que concentración. El tráfico telefónico puede ser alojado dentro de cualquier anaquele ó en uno dedicado a la emulación de circuitos (CE-AAS Circuit Emulation Shelf).

El tráfico de usuario es dinámicamente designado entre los subscriptores en una configuración punto a multipunto, proporcionando el uso eficiente del espectro disponible, utilizando un sistema múltiplex estadístico sobre la interfaz de radio. Las conexiones punto a punto se emplean para usuarios con alta capacidad de tráfico o en grandes distancias. Las interconexiones entre las diferentes unidades y el núcleo de la red son hechas mediante interfaces estándares PDH y SDH.

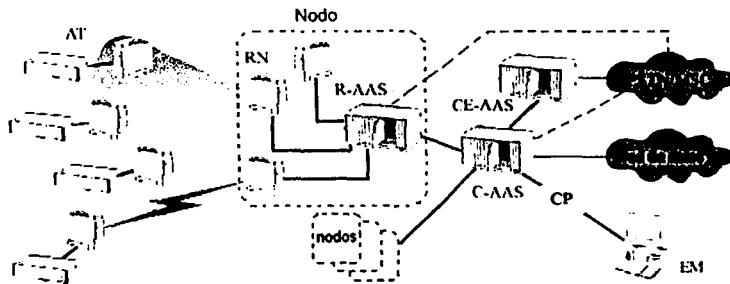


Figura 7. Diagrama de un sistema de banda ancha inalámbrico basado en la solución MINI-LINK BAS de Ericsson [9].

**Terminal de acceso (AT).** Provee una gran variedad de servicios, desde un PBX hasta conexiones LAN-LAN y acceso de alta velocidad a Internet, proporcionando diferentes tipos de interfaces tales como E1/T1 y Ethernet 10/100 Base T.

El equipo localizado en el cliente está diseñado con tarjetas de interfaz opcionales para diferentes requerimientos de servicio, lo que permite que los nuevos servicios puedan ser fácilmente agregados sin interrupción de otros servicios. La transferencia y actualización de software habilita nuevos servicios y protocolos sin interrupciones.

**Sistema de gestión.** El EM (element manager) se conecta al sistema a través del procesador de control (controlling processor- CP), proporcionando una administración común de configuración de equipos, cross-conexión de tráfico, alarmas y datos entrantes para el control de la calidad de la operación del equipo. Una interfaz SNMP (Simple Network Management Protocol) hacia sistemas de administración de mayor nivel, habilita el manejo de fallas y desempeño a través de toda la red[8,9,10,11] .

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

En la figura 8 se muestran las imágenes de algunos equipos mencionados anteriormente.

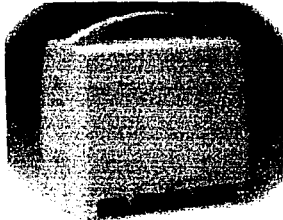
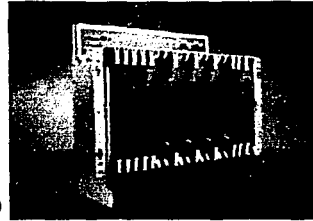


Figura 8.a) Parte externa de la terminal de acceso(AT)



b) Anaquel de radio (R-AAS)

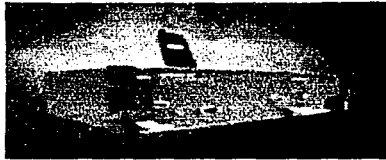


Figura 9. Parte interna de la terminal de acceso (AT)

**Alcatel Evolium™ LMDS 7390** - el sistema de acceso de banda ancha inalámbrico de Alcatel.

El LMDS 7390 de Alcatel es un sistema punto a multipunto diseñado para dar una solución económica para la conexión de banda ancha en el entorno urbano/suburbano a altas frecuencias, en el rango de 10 a 43 GHz. Éste ha sido desarrollado para proveer infraestructura inalámbrica utilizando enlaces con línea de vista para distancias hasta de 10 km en la banda de frecuencias de 10 GHz y hasta 5km en las frecuencias mas altas.

Este provee servicios de telecomunicaciones a pequeñas y medianas empresas (SME), SOHO y clientes residenciales. El sistema ha sido diseñado par satisfacer la demanda de servicios de banda ancha. Puede proveer servicios de conmutación de voz, datos o una mezcla de voz/datos; arquitectura distribuida o centralizada, líneas privadas (T1/E1 o 64 kbps), IP, Internet de alta velocidad, transmisión de datos a alta velocidad, Ethernet, ATM, Frame Relay, interconexión LAN, aplicaciones PBX, ancho de banda por demanda; o combinaciones de los servicios anteriores de acuerdo a las necesidades del suscriptor. Y ofrece múltiples interfaces para el usuario final: T1,E1, ISDN, BRI,X.25,OC-3,STM-1,10 BaseT y 100BaseT.

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

LMDS 7390 combina la funcionalidad de ATM con las ventajas de TDM (e.g. bajo retraso) a través de una trama de radio ATM/TDM patentada, lo que le permite mezclar servicios de voz y datos. Alcatel emplea un sistema basado completamente en TDMA. Además la solución EVOLIUM™ LMDS de Alcatel asegura una completa interoperabilidad con las infraestructuras existentes, incluyendo las tecnologías de transmisión SDH/SONET (fibra o radio), switches de banda ancha/banda angosta, nodos de acceso remoto de banda ancha, productos WLL/celulares.

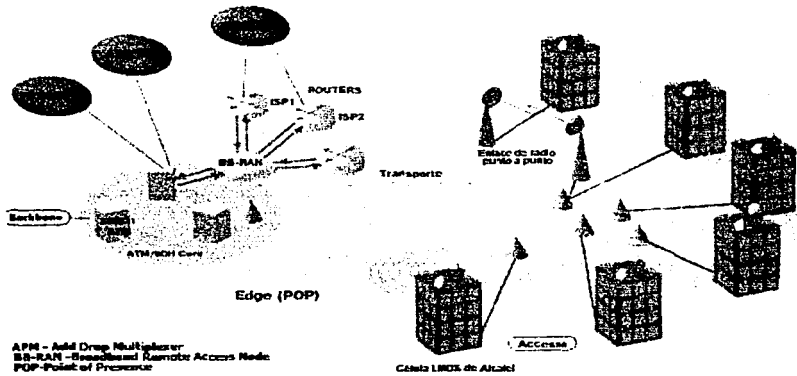


Figura 10. Diagrama del sistema de acceso de banda ancha inalámbrico basado en la solución Alcatel Evolium™ LMDS 7390. [8] \*

Esta solución de Alcatel permite tasas de transmisión de hasta 40 Mbps. Una sola estación base de LMDS 7390 puede dar servicio hasta 150 CPEs en una célula de cuatro sectores y con una interfaz a la red de hasta nx155 Mbps (dependiendo de la canalización). En la figura 10 se muestra un diagrama del sistema de acceso de banda ancha inalámbrico basado en la solución Alcatel Evolium™ LMDS 7390 [8,12,13,14,15].

Alcatel 7390 LMDS tiene sus principales clientes en: Norteamérica (Canadá, Estados Unidos), Latinoamérica (Argentina, Colombia, Uruguay), Europa (Bélgica, Alemania, España, Francia, Polonia, Portugal), Asia (Corea, Hong Kong, Singapur) y Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) [16].

#### Componentes del sistema.

Los tres componentes esenciales del sistema de acceso de banda ancha inalámbrico de Alcatel son: la estación base, la estación terminal (e.g. instalaciones del cliente) y la Gestión de la red (ver figura 11) [8,15].

\*Es posible consultar la figura en un tamaño mayor en el apéndice C.

4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

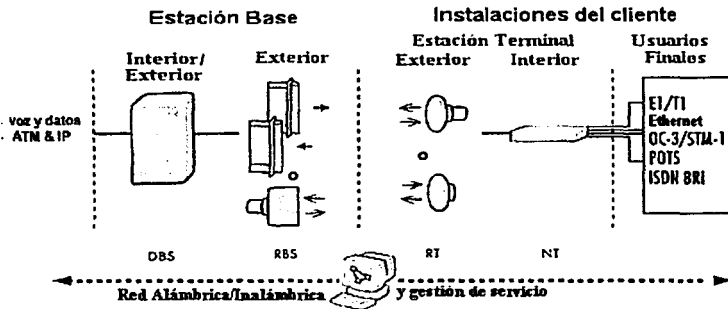


Figura 11. Elementos esenciales del acceso de banda ancha inalámbrico [17].

**Estación base.** Cada estación base (base station – BS) consiste en una estación base de radio (radio base station – RBS) y una estación base digital (digital base station – DBS), estas partes se pueden observar en la figura. La estación base ofrece prácticamente una variedad infinita de servicios de transmisión de voz y datos a alta velocidad, por lo que puede integrarse fácilmente a las redes de telefónicas y de transmisión de datos actuales. Y ésta opera como un hub hasta 4000 terminaciones de red (NTs).

Se transmite en un enlace de radio la señal se codifica al habilitar el encriptado Ried-Solomon para mantener el parámetro de la tasa de error de bits a un nivel cercano a  $10^{-14}$ . La potencia de salida de los transmisores es menor de 100 mW. Cada uno de los transceptores con su respectiva antena provee servicio para un sector de 90°. La separación dúplex del transmisor/recpetor esta adaptada a un amplio rango de estándares geográficos (e.g. 500 MHz en Latinoamérica y Norteamérica; 723 y 1008 MHz en Europa y 855 MHz en Asia) [8,18].

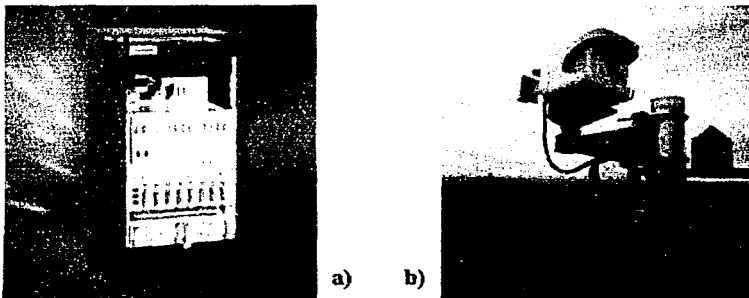


Figura 12 [8,18]. a) DBS b) Transceptor de estación base digital equipado con una antena de sector



#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

**Estación terminal.** Cada estación terminal (terminal station – TS) consiste de una antena (diámetro de 26 cm) de estado sólido pequeña (terminación de radio) con polarización vertical u horizontal y una unidad de interfaz simple (terminación de red). La estación terminal del cliente (ver figura )se conecta a la estación base mediante un enlace de radio digital con línea de vista y esta formada al menos por dos componentes principales: una terminación de radio (radio termination – RT) y una terminación de red (network termination – NT). Cada RT es capaz de proveer recepción/transmisión a tasas de 8 Mbps y puede soportar hasta 8 NT's conectadas.

Cada NT es capaz de ofrecer 2 Mbps (downlink). En la misma NT se podrán incluir interfaces como E1, T1, Ethernet, ISDN BRI, 10 Base T, 100 Base T, X.25, STM-1/OC-3 POTS. La distancia máxima entre el RT y el NT puede ser hasta 210 metros [8,18,19].



Figura 13.CPE (terminación de radio con antena y terminación de red) [8]

#### Gestión de la red.

La gestión de la red incluye el sistema de gestión de servicio de la red LMDS brindando oportunidades de gestión completas sobre todos los elementos de la red (network elements – NE) -administración, operación, monitoreo, mantenimiento y soporte -.

La gestión de servicio de la red LMDS soporta infraestructura distribuida, e.g. permite dividir la red completa en varias unidades funcionales en las cuales pueden ser instaladas varias plataformas. El sistema puede ser distribuido entre varios dispositivos de control basados en el principio "cliente-servidor". El sistema esta compuesto de tres componentes principales en una sola plataforma o en varias plataformas:

- 1) **Componentes principales.** Soportan todo los procesos de gestión del sistema y maneja las señales de alarma y funciones de supervisión de la capacidad.
- 2) **Componente gestor de servicio de los elementos del nivel de red.** Realiza funciones de gestión y la función de comunicación con los elementos de red gestionados.
- 3) **Componente de la presentación.** Ofrece la interfaz gráfica para la comunicación hombre-máquina.

Los componentes anteriores pueden ser iniciados en un servidor conectado mediante un lazo Ethernet local a una estación de trabajo con una entrada de datos y hacia un bridge/router que gestiona los enlaces de comunicación y a una red de computadoras distribuida (distributed computer network – DCN) [8,12].

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

##### 4.5 Estándares y Especificaciones.

Las organizaciones que han publicado estándares para los sistemas LMDS: DAVIC, ETSI y la IEEE. La versión 1.0 del estándar DAVIC fue finalizada en 1996, la versión 1.5 y final esta disponible en Internet desde finales de 1999. Las diferencias entre la versión 1.1 y la versión 1.5 son menores en lo que concierne a la interfaz física. El estándar LMDS de ETSI fue finalizado en 1998 y es una extensión del estándar DVB de 1997 para satélites que emplean la banda de 11 GHz a 12 GHz [20].

A continuación se describirá brevemente el contenido de cada uno de los estándares mencionados anteriormente.

##### 4.5.1 DAVIC.

DAVIC (Digital Audio-Visual Council) fue una asociación no lucrativa registrada en Génova, Suiza. Formado por 222 miembros de 25 países estaban fabricantes, operadores de servicio además de un número de agencias de gobierno y organizaciones de investigación. El propósito de DAVIC fue especificar protocolos e interfaces abiertos que maximizaran la interoperabilidad a través de los países, aplicaciones y servicios; de acuerdo a sus estatutos. DAVIC fue cerrada en 1999 después de 5 años de actividad. La versión 1.5 fue la final que realizó (junio 1999).

El estándar DAVIC incluye tres tecnologías de comunicaciones inalámbricas: comunicaciones por satélite, MMDS y LMDS. Además, se incluyen las comunicaciones de banda ancha sobre cobre, fibra y cable coaxial. DAVIC define a LMDS como comunicaciones terrestres de banda ancha arriba de 10 GHz. Las especificaciones contienen 14 partes, estas proveen interfaces para redes *core* de banda estrecha (PSTN, ISDN) y de banda ancha (SDH, SONET, PDH). Dos estructuras de trama se proporcionan, una las cadenas de transporte de MPEG-2 y otra para la transferencia de células ATM. El formato de modulación empleado es QPSK, QPSK diferencial y 16QAM.

##### 4.5.2 ETSI.

El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) es una organización no lucrativa cuya misión es reglamentar y producir telecomunicaciones. Es un fórum abierto que reúne 490 miembros de 34 países, representados por administradores, operadores de red, fabricantes, proveedores de servicios y usuarios.

ETSI promueve el proceso de estandarización alrededor del mundo siempre que sea posible. El programa de trabajo se basa y se coordina con las actividades de estandarización de los cuerpos internacionales, principalmente la ITU-T y la ITU-R.

La ETSI consiste de una Asamblea General, una Junta Directiva, una Organización Técnica y una Secretaría. La Secretaría central de ETSI esta localizada en Sophia Antipolis en el sur de Francia. La Organización Técnica produce y aprueba estándares técnicos.

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

##### **Especificaciones LMDS de la ETSI.**

El título de estas especificaciones es "Digital Video Broadcasting (DVB); Local Multipoint Distribution Service". Los estándares DVB son generalmente desarrollados para transmisiones satelitales a 11/12 GHz. El propósito de LMDS es proveer interactividad en el entorno DVB.

ETSI distingue entre el canal de emisión (broadcast channel – BC) y el canal de interacción (interaction channel – IC):

- El BC es unidireccional y de banda ancha, y se emplea para video, audio y datos.
- El IC es bidireccional, consiste de un camino de interacción de ida (forward interaction path) y un camino de regreso (return interaction path).
- El camino de ida puede ser introducido en el BC. Este se utiliza para proveer la información y comunicación requerida del proveedor de servicio al usuario.
- El camino de interacción de regreso es usado para hacer petición al proveedor de servicio o respuestas.

Estas especificaciones son las mejores ubicadas para sistemas que ofrecen TV y acceso de Internet principalmente a un gran número de usuarios residenciales y dan servicio a un número pequeño de grandes negocios que necesitan comunicaciones rápidas bidireccionales.

El sistema interactivo esta basado en la señalización OOB o IB. Los dos sistemas pueden proveer la misma QoS.

- Señalización OOB: Una interacción del camino de ida adicional, reservada para datos interactivos y de control de información, es obligatoria. La alta tasa de datos de bajada puede ser transmitida a través del canal DVB-MS (DVB-Microwave Satellite).
- Señalización IB: La información del camino de ida es introducida en la MPEG2-TS o el canal DVB-MS. Sin embargo, no es obligatorio poner un camino de ida de información en todos los canales DVB-MS.

La información de bajada se transmite por radiodifusión a todos los usuarios. La asignación de direcciones permite al hub enviar información a un usuario particular.

Los esquemas de modulación son QPSK, QPSK diferencial y 16QAM.

##### **4.5.3 IEEE.**

En agosto de 1998 N-WEST (National Wireless Electronic Systems Testbed), una iniciativa de dos agencias del departamento de comercio de los Estados Unidos: el NIST (National Institute of Standards and Technology) y el NTIA (National Telecommunications and Information Administration), fue desechada. Uno de los objetivos de N-WEST fue promover la estandarización de los sistemas LMDS. Cinco meses mas tarde, el esfuerzo dio como resultado en grupo de estudio ("802.N-WEST") bajo el nombre de "IEEE 802 LAN/MAN Standardas Committee". En marzo de 1999, la IEEE creo el grupo de trabajo 802.16 de acceso inalámbrico de

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

banda ancha. El estándar especificaría la capa física y la capa de control de acceso al medio (MAC) de la interfaz aire de la interoperabilidad de los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha PMP fijos. Esta se concentraría en los sistemas que operan alrededor de los 30 GHz, pero también se aplicaría a los sistemas que operaran en frecuencias entre los 10GHz y 60 GHz. Mas de 100 compañías, incluyendo fabricantes, integradores de sistemas y operadores están apoyando a N-WEST, y el número se incrementa.

Se cree que este grupo de estandarización es crucial para le futuro de LMDS. Este podría ser el primer estándar LMDS que reúna los tipos de servicios y mercados relevantes para los sistemas LMDS en los próximos cinco o 10 años. Debido a que varias compañías líderes están involucradas en este trabajo de estandarización, es posible, que sea reconocido ampliamente y cumplido por la industria [20].

#### 4.6 Referencias.

- [1] Resultados de los comentarios recibidos en el foro virtual de consulta para la licitación de bandas de frecuencias para LMDS", 18 de julio de 2000.  
< [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [2] "Lineamientos para el foro virtual de consulta", 8 de mayo de 2000.  
< [http:// www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx) >
- [3] Berrocal, R.; Domínguez, F.J.; Fernández, J.F.; Rosa, O. A., "Análisis del Sistema LMDS.  
<<http://www.gtlic.ssr.upm.es/INSC/trabajos/trab98-99/lmds/t2/LMDS.html>>
- [4] Local Multipoint Distribution Service Auction (Auction No. 17)", 25 Marzo 1998. <<http://www.fcc.gov/Bureaus/Wireless/Factsheets/lmds.html>>
- [5] Comité Consultivo Permanente III: Radiocomunicaciones de la CITEL, "Sistema locales de comunicación / distribución multipunto (LMDS/LMCS) operando alrededor de la banda 27 GHz ANEXO 2 CCP.III/REC.35 (IX-97).  
<[www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx)>
- [6] Alonso, A.; Alvarez, M.; Picazo, A.; Reyes, A.; Sacristán, J.C., "Alternativas para el acceso de banda ancha"  
<<http://www.gtlic.ssr.upm.es/INSC>>
- [7] Pérez, J., "El piloto de hiperacceso multimedia radioeléctrico (28-31 GHz) de Madrid" Artículo publicado en la revista BIT número 115 Mayo-Junio 1999  
<<http://www.cableam1.com/elpiloto.html>>
- [8] Ukrainian High Technologies LMDS  
<[http://www.uht.com.ua/LMDS\\_e.html#review](http://www.uht.com.ua/LMDS_e.html#review)>

#### 4. Situación actual de LMDS en México y en algunas partes del mundo.

- [9] MINI LINK BAS  
<[www.ericsson.com](http://www.ericsson.com)>
- [10] Soluciones de Acceso y Transporte con Microondas.  
<<http://www.ericsson.com.mx/wireless/products/mobsys/soluciones/soluciones.shtml>>
- [11] Punto-Multipunto - MINI-LINK™ BAS  
<<http://www.ericsson.com.mx/wireless/products/mobsys/soluciones/multipunto.shtml>>
- [12] Alcatel 7390 LMDS Broadband Wireless Access System  
<<http://www6.alcatel.com/products/productsbynonprioritytechnology.jhtml>>
- [13] Alcatel LMDS solution  
<<http://www.alcatel.com/wireless/solution/lmds.htm>>
- [14] Evolium - LMDS  
<<http://www.alcatel.com> >
- [15] Broadband wireless Access Alcatel 7390 LMDS. Your Broadband Wireless Route to the Last Mile.  
<[www.cid.alcatel.com](http://www.cid.alcatel.com)>
- [16] Alcatel 7390 LMDS and 7385 Wireless IP Major Customers  
<<http://www.alcatel.com>>
- [17] Solución ALCATEL 7390 LMDS: Diagrama de Red  
<<http://www.coasin.cl/html/publicacion/tecnico/7390.html>>
- [18] Alcatel 7390 LMDS Co-Polarized Radio Termination  
<<http://www.alcatel.com/products>>
- [19] Alcatel 7390 LMDS Network Termination  
<<http://www.alcatel.com/products>>
- [20] Hakegård, J. E., "Coding and Modulation for LMDS and Analysis of the LMDS Channel", Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Volume 105, Number 5, September–October 2000, pp.721-75

## 5. COMPARACIÓN DE LMDS CON LOS MERCADOS ALÁMBRICOS RELACIONADOS.

---

Existen dos desarrollos tecnológicos que tienden a aprovechar las líneas de cobre de las compañías telefónicas, de las redes privadas de una empresa que cuente con PBX, o bien, de las redes híbridas de televisión por cable conformadas por cable coaxial y fibra óptica: el cable módem y XDSL.

Los desarrollos de los cable módems y la rica y variada familia XDSL permiten la diversificación de los servicios a través del cobre con el fin de transmitir no sólo voz sino también datos y video, usando la infraestructura existente [1].

XDSL y los cable módems son las tecnologías alámbricas de banda ancha que compiten con LMDS, debido a lo anterior, se les describirá. Adicionalmente, se presentarán otras dos tecnologías alámbricas existentes: la RTPC y RDSI.

### 5.1 RTPC y RDSI.

Con el fin de que se pueda realizar una comparación entre las redes de banda ancha y la RTPC y RDSI, que son tecnologías que actualmente se encuentran prestando servicios, se hará una descripción breve de éstas.

#### RTPC.

A pesar de que es una tecnología de bajas tasas de transmisión, el sistema es una base mundial, la alternativa más confiable y económica para telefonía de voz y transmisión de datos elemental. Este es un sistema, después de todo, a través del cual el Internet en uso se desarrolló mediante un acceso general de módems de diferentes rapidezces (la máxima alrededor de 56 Kbps). Además, es de interés el hacer notar que es posible ofrecer una variedad de servicios con una simple llamada (vía RTPC).

Sin embargo, el futuro de la RTPC no es claro cuando se presentan requerimientos de gran ancho de banda, ya que es dudoso que alguna tecnología de compresión pueda ser capaz de reducir los requerimientos de transmisión lo suficiente para garantizar la transmisión de los servicios básicos equiparables sobre la RTPC en un futuro cercano.

## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

### **RDSI.**

La RDSI emplea la infraestructura de cobre telefónica tradicional permitiendo la transmisión de voz y datos.

Sin embargo, RDSI está definida como una tecnología de rango medio. Su velocidad máxima se encuentra alrededor de los 128 Kbps. Además, RSDI puede ser difícil de configurar y el marketing del servicio ha sido escaso. Finalmente, la RDSI es rara vez una solución considerada en el desarrollo de sistemas futuros.

En suma, RDSI representa una corriente hacia un alto ancho de banda. Ésta provee al usuario un incremento moderado en el ancho de banda, permitiéndole un acceso a Internet a una mayor velocidad y el desarrollo de otros servicios. A corto plazo, el empleo de la RDSI se incrementará pero a largo plazo las limitaciones del sistema harán que sea suplantada [2].

### **5.2 XDSL.**

El término XDSL (Digital Subscriber Line; Línea digital del suscriptor) es el concepto genérico que se utiliza para denominar a la familia DSL. La letra X es sustituida por la inicial de las diferentes tecnologías de este grupo, las cuales han sido desarrolladas para prestar distintas soluciones sobre el cobre.

XDSL define un conjunto de tecnologías que permiten el uso de una línea de cobre para la transmisión de datos a alta velocidad y el uso normal de la línea telefónica simultáneamente, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública y difieren en varios parámetros como tasa de transmisión, simetría en del tráfico saliente y entrante al usuario, distancia operativa, etc.

Debido a que las diversas tecnologías XDSL representan una verdadera competencia para los sistemas LMDS se explicarán de manera más amplia las características de esta tecnología.

De la familia XDSL, la tecnología que ha dado buenos resultados por las distintas aplicaciones que puede brindar, según la opinión de los expertos, es el ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line; Línea de abonado digital asimétrico) y ya está siendo utilizada en México[1,3,4,5].

#### **Familia XDSL.**

La gama de tecnologías DSL se pueden agrupar en configuraciones simétricas y asimétricas para soportar requerimientos de tasa de transmisión en uno o dos sentidos. En las configuraciones simétricas la tasa de transmisión necesaria o provista es la

## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

misma en las dos direcciones ("upstream": sentido cliente-red, y "downstream": sentido red-cliente), mientras que en las asimétricas se tiene mayor necesidad de una tasa de transmisión en una dirección que en la otra, por lo que la tasa de transmisión necesaria o provista en cada dirección es distinta, generalmente mayor de downstream.

Las cinco principales variantes de XDSL son:

**IDSL:** ISDN Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor Digital ISDN.

**HDSL:** High Bit Rate Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor Digital de Alta Velocidad ó DSL de Alta velocidad.

**SDSL:** Symmetric (or single par) Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor (o un solo par) Digital Simétrica.

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor Digital Asimétrico

**VDSL:** Very High Bit Rate Digital Subscriber Line - Línea digital de tasa muy alta al suscriptor [4,6].

Uno de los principales factores que determina las velocidades que se pueden alcanzar en XDSL es la atenuación; las cuestiones que determinan esta limitante son el calibre del cobre y la lejanía del suscriptor. Por lo que entre más alejado esté un suscriptor de la red, menor tasa de transmisión se le puede brindar.

Dentro de las configuraciones simétricas:

**IDSL** está basada en ISDN y es completamente interoperable con ésta, tiene una tasa de transferencia de 128 o 144 Kbps. Este tipo de servicios se enfoca al mercado de la gente que trabaja desde su casa, la cual tiene una línea telefónica pero quiere una mayor tasa de transferencia, aunque es importante mencionar que esta tecnología no puede ofrecer una línea POTS adicional debido a que sólo transporta datos por el mismo par telefónico. Y tiene un alcance máximo de 5.4 km.

La carga útil está integrada usualmente por 2 canales B de 64 kbit/s cada uno más un canal D de señalización de 16 kbit/s, el cual puede a veces ser utilizado para transmitir datos. Esto da al usuario un acceso de 128 kbit/s más la señalización (144 kbit/s).

Diferencias entre IDSL y RDSI:

IDSL permite estar siempre conectado mientras el ordenador está encendido, mientras que para RDSI es necesario establecer conexión telefónica mediante marcación. IDSL es un servicio dedicado para cada usuario, al contrario que RDSI [6,7,8].

**HDSL.** La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma. Se implementa principalmente en las PBX y tiene la característica de emular la capacidad de un E1. Esta solución ofrece tasas entre 1.544 Mbps y 2.048 Mbps (full duplex) sobre distancias de hasta 3.6 km.



## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

Las compañías telefónicas están encontrando en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa, respectivamente [2, 7,9].

**SDSL** está basada en HDSL y es full dúplex. Permite tasas de transmisión de 1.544 Mbps o 2.048 Mbps hasta distancias de 3.048 km. SDSL tiene una ventaja importante comparada con HDSL ya que emplea solo una línea y las instalaciones de los suscriptores individuales frecuentemente están equipados con una sola línea.

Dentro de los esquemas asimétricos están:

**ADSL** es el tipo más común de DSL y, es un sistema que bajo condiciones ideales tendrá un downstream de 8 Mbps y un upstream de 800 Kbps. El termino asimétrico se debe a que la velocidad de recepción de información es más rápida que la de envío, situación que para aplicaciones como Internet representa una ventaja ya que normalmente la información que envía el cliente es mucho menor a la que recibe de la red.

Su velocidad de upstream va de los 16 Kbps hasta los 640 Kbps y de downstream de 1.5 Mbps a 8 Mbps. Actualmente los productos individuales incorporan una variedad de adaptaciones, que van de un mínimo fijo de 1.544/2.048 Mbps de bajada y 16 Kbps de subida a un máximo de 8 Mbps de bajada y 640 Kbps de subida. Y ADSL puede soportar una distancia máxima de 5.5 km.

Entre sus características más resaltantes de ADSL están:

- Es posible hablar por teléfono mientras se transmiten datos, gracias a filtros que distinguen entre voz y datos
- Se puede ofrecer a cada suscriptor servicios con altas velocidades a Internet, videoconferencia, voz sobre IP, VOD, etc.

**VDSL** es una tecnología en vías de desarrollo que promete brindar tasas de 52 Mbps de downstream y 32 Mbps, cuya limitante es la distancia, entre 0.3 y 1.4 km. VDSL es la modalidad más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede llegar a alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el suscriptor y de 1.5 a 2.3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica. La principal limitante es la distancia, entre 0.3 y 1.4 km.

Aunque el estándar VDSL aún no ha sido concluido, se estima que esta tecnología proporcionará en las conexiones desde la red de fibra óptica hasta los clientes. Las velocidades (desde la red al cliente) proyectadas alcanzarán:

12.96 Mbps (1/4 STS-1) 1.4 km de cable  
25.82 Mbps(1/2 STS-1) 0.91 km de cable  
51.84 Mbps(STS-1) 0.34 km de cable

## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

Se prevé que VDSL puede surgir un poco después de que ADSL se despliega ampliamente y coexista con él [7,9].

La Tabla 1 muestra un resumen de las principales características de la familia XDSL.

Tipo	Tasa de datos (upstream)	Tasa de datos (downstream)	Alcance máximo del lazo local (km)	Línea de voz
IDSL	128 kbps	128 kbps	5.4	No
HDSL	1.544 – 2.048 Mbps	1.544 – 2.048 Mbps	3.6	No
SDSL	1.544 – 2.048 Mbps	1.544 – 2.048 Mbps	3	No
ADSL	16-640 kbps	1.5 – 8 Mbps	5.5 a 3.4	Si
VDSL	1.5 – 2.3 Mbps	13- 52 Mbps	1.4 a 0.3	Si

Tabla 1.

### Ventajas:

- XDSL incrementa el ancho de banda del suscriptor empleando el cableado de cobre instalado en la infraestructura RTPC.
- Tiene XDSL diferentes versiones que varían su capacidad de transporte y alcance.
- Algunas de sus versiones de tecnología permiten tráfico simétrico y otras asimétrico.
- Actualmente, una de las versiones más empleadas es ADSL.

### Desventajas:

Existe una relación inversa entre capacidad y alcance, por lo que a menor distancia se tiene una mayor capacidad de transporte.

La dificultad de su instalación como la no existencia de una normalización. Ésta dificulta la compatibilidad entre los equipos de los distintos fabricantes por lo que es difícil introducir competencia en los equipos terminales.

## 5.3 Cable módem.

Otra tecnología de banda ancha es el uso del cable y los cable módems. Un cable módem es un dispositivo que modula y demodula señales, usando una conexión de cable coaxial. Tiene la capacidad de que a través de un solo ambiente de cable se puede transmitir voz, video y datos, y puede realizar –a diferencia de los módems telefónicos– funciones de sintonización, encriptado y desencriptado, bridge, router, interfaz de red.

Actualmente existen dos principales tecnologías en lo referente a los cable módems: la de retorno telefónico y la de doble vía. Generalmente los operadores de cable empiezan a dar sus servicios con la modalidad de retorno telefónico, pero paulatinamente van cambiando su red para que sea de doble vía.

La modalidad de retorno telefónico consiste en que el usuario recibirá la señal mediante cable módem, pero si desea mandar algún dato lo tiene que hacer a través de la línea telefónica. La red de CATV debe poseer un equipo específico en la

## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

cabecera que envía la señal a través del cable para que puedan llegar del lado del usuario. Éste último debe estar provisto de un cable módem y un módem tradicional que se encargará de que las señales de ascenso (upstream) viajen a través de la red conmutada.

En la tecnología de doble vía, el funcionamiento es muy similar al anterior en cuanto a que la red de CATV debe poseer un equipo específico en la cabecera y el usuario final un cable módem. Sin embargo, en esta tecnología se presupone que el tendido de fibra óptica es bidireccional para así enviar y recibir datos y video sobre ella, y hacerlos llegar al usuario final en el coaxial de la última milla. De esta forma, se envía y recibe la información a través del cable coaxial y no se requiere otra conexión [10, 11].

Con ambas se pueden garantizar servicios con diferentes tasas de transmisión de acuerdo a las necesidades del cliente. Así, un proveedor de servicios de voz, datos y video sobre CATV puede cobrar en base a los criterios de velocidad o ancho de banda que cada caso en particular requiera.

Esta tecnología puede proporcionar una tasa de 30 Mbps de bajada como máximo, pero los módems normalmente están fabricados con una capacidad de bajada de 10 Mbps y 2 Mbps de subida. De cualquier forma, los operadores de cable normalmente limitan las tasas máximas para cada usuario a niveles muy inferiores a estos, sobre todo en la dirección de subida.

La mayoría de los cable módems en el mercado fueron regidos por el estándar DOCSIS versión 1.0, pero actualmente ya se está trabajando con equipos de la versión 1.1 y está por implementarse la versión 1.2 en donde ya estará definida la voz sobre IP para que esta aplicación se sume a otras como acceso a Internet, comercio y correo electrónico, videoconferencia, multimedia, juegos en línea, conexiones con instituciones gubernamentales, de educación o de salud, sólo por mencionar algunas.

A continuación se enumeran las ventajas de los cable módems para el usuario:

- Mayor velocidad que los módems telefónicos convencionales.
- Acceso a Internet de alta velocidad.
- Puede elegir entre una tarifa ilimitada de Internet o ajustarla a sus necesidades.
- Excelente calidad.
- Gran ancho de banda.
- Se pueden descargar canciones y videojuegos con varias personas a la vez, y pago por evento.
- No hay intentos de conexión fallidos.
- La línea telefónica queda libre.
- Ahorro del costo telefónico.
- Conexión continua: permite estar conectado continuamente a Internet.
- Se garantiza un alto nivel de seguridad.
- Interactividad y bidireccionalidad: aunque no de muy buena calidad, las redes tienen canal de retorno, lo que permite interactividad.

## 5. Comparación de LMDS con los mercados alámbricos relacionados.

- Ofrece sus servicios por medio de la red de cable coaxial y en algunas partes la infraestructura ya esta dada.
- Broadcast y multicast: permiten difundir información a todos los usuarios o a grupos de usuarios.

Las desventajas, los cable módems comparten capacidad entre los usuarios del sistema local. Así, si uno de los usuarios utiliza el sistema solo tendrá acceso al ancho de banda completo; sin embargo, se hay varios usuarios, o si un usuario sólo emplea aplicaciones que requieren grandes cantidades de ancho de banda los otros usuarios tiene acceso a un ancho de banda bajo.

### Desventajas:

- Altos costos de despliegue: es necesario abrir todas las calles para introducir el cable, lo que acarrea un alto precio en obra civil, en las zonas donde la infraestructura no exista.
- Cobertura: debido a que es necesario hacer grandes inversiones solo son rentables determinadas zonas.
- Incertidumbre: es una tecnología que tiene grandes incertidumbres debido a que hasta hace poco no había estándares. Actualmente ya hay estándares, pero no están probados y los equipos resultan mas caros, por lo que algunos operadores optan por comprar la tecnología que se usa en EEUU.
- Capacidad compartida entre los usuarios: los cable módems comparten capacidad entre los usuarios del sistema local. Así, si uno de los usuarios utiliza el sistema solo tendrá acceso al ancho de banda completo; sin embargo, se hay varios usuarios, o si un usuario solo emplea aplicaciones que requieren grandes cantidades de ancho de banda los otros usuarios tiene acceso a un ancho de banda bajo.
- Calidad en el canal ascendente: las redes tienen un gran ancho de banda de bajada pero tienen limitados el de subida.
- Doble vía: muchos operadores de cable no tienen su cableado de doble vía y, por lo tanto, el usuario tendrá que mandar información a través de su línea telefónica.

Las razones más comunes por las cuales esta tecnología no ha tenido el posicionamiento esperado son las siguientes: la industria de televisión por cable está muy fragmentada, los cableeros pequeños no tienen el suficiente dinero para invertir en este negocio, los proveedores de televisión por cable no están muy adentrados en la cuestión de Internet, sólo han invertido en tecnologías como paliativos y por lo tanto, siguen estancados muchas veces en la modalidad de retorno telefónico[2,12,10,13].

#### 5.4 Referencias.

- [1] García, M., "La revancha del cobre: XDSL, ADSL y cable módems", Revista Red en línea, enero 2000. <[http:// www.red.com.mx](http://www.red.com.mx) >
- [2] Ling, R. (Ed.), "User and service aspects of LMDS", 15 January 1999. <[http:// www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs](http://www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs)>
- [3] "Universidad de Alicante" <[http:// www.disc.ua.es](http://www.disc.ua.es) >
- [4] "High-Speed Digital Subscriber Line (xDSL) Soportando las necesidades para un acceso flexible y de gran ancho de banda". <<http://www.redescomm.com/thxdsl.htm> >
- [5] "[xDSL].Análisis en torno a la tecnología de módem ADSL" <<http://www.conectronica.com/articulos/xdsl30.htm>>
- [6] Cid, I., "ADSL: El sabor favorito de los carriers. ADSL vs cable módems", Revista Red en línea. <[http:// www.red.com.mx](http://www.red.com.mx) >
- [7] Gea, J. M., "XDSL", abril 2001. <<http://www.disc.ua.es/asignaturas/std/trabajos/xDSL/tecnicas/index.htm>>
- [8] Diccionario tecnológico de AHCIET. <<http://www.ahciet.net/tecnologia/diccionario>>
- [9] "General Introduction to Copper Access Technologies", ADSL Forum 2001.
- [10] Cid, I. "Adiós a las líneas telefónicas ... llegaron los cable módems", Revista Red en línea, marzo 2001. <<http://www.red.com.mx>>
- [11] García, M., "La revancha del cobre: XDSL, ADSL y cable módems", Revista Red en línea, enero 2000. <<http://www.red.com.mx>>
- [12] "Tipos de conexión a Internet". <[http://www.cnice.mecd.es/ayudas/tipo\\_conexion.htm](http://www.cnice.mecd.es/ayudas/tipo_conexion.htm)>
- [13] Palacio, D.; Lloreda, A.; Trosa, D.; Nieto, M.A., "Acceso en Banda Ancha", 2000. <<http://www.gtfc.ssr.upm.es>>

## 6. LMDS Y LA EDUCACIÓN A DISTANCIA.

---

### 6.1 Antecedentes.

Se define la educación a distancia como la acción o proceso de educar o ser educado, cuando este proceso se realiza a distancia. Esta educación se caracteriza por la separación entre el profesor y el alumno en el tiempo y/o en el espacio y por el empleo de una combinación de medios para transmitir información y para facilitar los intercambios inherentes al aprendizaje.

En cuanto a la modalidad de educación, lleva varias generaciones evolucionando, sobre todo en función de los tipos de tecnología empleados. La primera fase, empleaba el correo y se caracterizó por haber sido la más larga pero no prestaba un apoyo suplementario a los estudiantes. La segunda fase, la cual comenzó a finales de la década de 1960, se caracterizó por un enfoque casi industrial en materia de elaboración y organización de cursos, con la mezcla de medios impresos y audiovisuales (televisión y radio) y por la gran importancia que se dio a los servicios de apoyo al estudiante.

Los educadores a distancia empezaron a experimentar con las nuevas tecnologías electrónicas en los años ochenta, pero la última generación, caracterizada por el aprendizaje "interactivo", es en parte consecuencia de la capacidad surgida en los años noventa al combinar los beneficios de la tecnología de multimedia de alta calidad que tiene como soporte los dispositivos DVD's y los CD-ROM's. Con la facilidad de contar con una conexión a Internet lo que posibilitó el intercambio de información casi simultánea y una gama cada vez más amplia de medios de enseñanza y aprendizaje. La diferencia que existía entre la educación a distancia y la enseñanza en aulas se ha venido desvaneciendo a gran velocidad al ir apareciendo dispositivos de enseñanza y aprendizaje más dinámicos.

### 6.2 Elementos claves en la educación a distancia.

Se definió la educación como un proceso y como tal tiene elementos fundamentales que desempeñan papeles dentro del proceso. A continuación se analizan los elementos claves del proceso de Educación a Distancia y los cambios que han experimentado sus papeles por los efectos de la tecnología.

*Estudiantes:* Independientemente del contexto en que se desarrolle la educación, el papel de los estudiantes es aprender. Esta es una tarea generalmente intimidante que en la mayoría de los casos requiere motivación, planeación y la habilidad para analizar y aplicar los conocimientos que aprende. Cuando la educación es a distancia

## 6. LMDS y la educación a distancia.

tienen una carga especial por que se encuentran separados de sus compañeros, y no tienen cerca de ellos con quién compartir sus intereses y conocimientos. Por otro lado, con las nuevas tecnologías, tienen ahora la posibilidad de interactuar con otros compañeros que viven en medios muy posiblemente distintos al suyo, y enriquecer su aprendizaje con las experiencias de los demás, además de la experiencia de sus maestros.

**Maestros:** La efectividad de cualquier proceso de educación a distancia descansa firmemente en los maestros. En un salón de clases tradicional, las responsabilidades del maestro incluyen además de determinar el contenido específico del curso, entender y atender las necesidades particulares de los estudiantes. En la educación a distancia los maestros deben además:

- Desarrollar una comprensión y conocimiento de las características y necesidades de sus estudiantes a distancia con muy poco o ningún contacto personal.
- Adaptar los estilos de enseñanza, tomando en consideración las necesidades y expectativas de una audiencia múltiple y diversa.
- Conocer la forma de operar de la tecnología educativa mientras conserva su atención en su papel de educador.
- Funcionar como facilitador y como proveedor de contenidos.

**Asesores:** Es un nuevo personaje en la educación a distancia que se utiliza, en los sitios remotos, para apoyar al maestro o instructor principal, proporcionando asesoría y apoyo a los estudiantes y siendo un puente entre los estudiantes y el maestro principal. Desarrollan funciones como instalación de equipo y software, reúnen los trabajos y tareas, aplican exámenes y son los ojos y oídos del maestro en los sitios distantes.

**Personal de Soporte:** Son los encargados de que los innumerables detalles técnicos y de comunicación requeridos en un proceso de educación a distancia funcionen efectivamente. Generalmente se encargan del registro de los estudiantes, duplicación y distribución de los materiales, envío de los libros de texto, control y distribución de la correspondencia entre alumnos y maestros, calendarización de los cursos, control de las calificaciones, seguimiento del desarrollo de los cursos. En la parte técnica de la tecnología educativa, se encargan de la instalación y funcionamiento de las redes de comunicación, de la instalación o desarrollo del software requerido para el proceso de educación a distancia, de la asistencia técnica de las dudas de los alumnos o de la corrección de las fallas y problemas de comunicación, o de funcionamiento.

**Administradores:** Los administradores están directamente relacionados con la planeación e instrumentación de los programas de educación a distancia. Una vez que están en operación los programas logran la coordinación entre el personal de soporte, técnico y académico para asegurar que existan los recursos materiales, tecnológicos y humanos para alcanzar los objetivos de la institución. Mantienen el enfoque académico de los programas de educación a distancia[1].

### 6.3 Herramientas de la educación a distancia.

En la actualidad se utilizan una gran variedad de medios electrónicos para enviar o recibir los materiales de apoyo para la educación a distancia. Cada institución determina los medios más convenientes, dentro de los que tiene a su alcance y sus alumnos también, y con ellos realiza las combinaciones que mejor se adapten a sus posibilidades. Los medios se pueden clasificar dentro de cuatro grandes categorías:

**Voz.** Las herramientas educativas relacionadas con la voz se pueden dividir en interactivas y pasivas. Entre las primeras encontramos el teléfono, la audioconferencia, correo electrónico con voz y radio de onda corta. Las herramientas tecnológicas pasivas de voz son los audiocasetes y el radio. Las tecnologías interactivas permiten la comunicación simultánea en los dos sentidos, enviar y recibir, en tanto que en las pasivas el alumno solamente recibe el mensaje y no puede contestarlo en ese momento.

**Video:** Dentro del video encontramos las imágenes fijas, como las presentaciones de computadoras (diapositivas, etc.), las imágenes con movimiento filmadas (películas, videos, películas digitalizadas, etc.) y las imágenes con movimiento transmitidas en tiempo real, como las que se envían a través de las computadoras en videoconferencias de escritorio o videoconferencias interactivas.

**Datos:** Corresponde a la información enviada y recibida a través de computadoras.

**Impresos:** Ha sido la forma básica de los programas de educación a distancia, a partir de la que evolucionaron los actuales sistemas. Incluye los libros de texto, guías de estudio, cuadernos de trabajo, programas de estudio, casos de estudio, etc. En la actualidad algunas de las formas impresas han sido desplazadas por datos enviados a través de computadoras y puestas a disposición de los alumnos a través de Internet, en donde es común encontrar los programas de las clases, las lecturas, las guías de estudio y algunos materiales más. El alumno puede ahora consultarlos en Internet, pasarlos a su computadora o imprimirlos si lo desea.

**Multimedia:** Es un importante medio, aún en desarrollo, que integra todas las formas de información electrónica conocidas, es decir: textos, gráficos, audio y video. Esto incluye fotografías, películas, música y comunicaciones telefónicas [2].

### 6.4 Pruebas.

A continuación se describen dos actividades orientadas a educación a distancia que se incluyeron en el proyecto CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services). Éstas fueron el salón de clases virtual de RAI/FUB y el trabajo de Telenor con la "Lillestrøm High school".



## 6. LMDS y la educación a distancia.

El proyecto CRABS es un proyecto europeo que desarrollo y mostró el funcionamiento del Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS) a finales de 1999. CRABS trabajó en sistemas en la CEPT (y la ITU) adoptando la banda de frecuencias de 40.5 a 40.2 GHz.

Aunque las pruebas que se describirán a continuación fueron realizadas en frecuencias alrededor de 40 GHz, se trata de un sistema LMDS y las características técnicas utilizadas para la realización de estas pueden ser igualadas por un sistema LMDS a 28 GHz.

### 6.4.1 RAI/FUB: Salón de clases virtual usando sistemas de telecomunicaciones interactivos.

El experimento de campo investigó el uso de los sistemas de banda ancha celular interactivos en el salón de clases virtual como se describe a continuación. Cuatro lugares remotos fueron conectados empleando una célula a 40 GHz y 2Mbps de canal de retorno. Los nodos fueron un lugar para el profesor y tres lugares para los estudiantes. El experimento principal resultó en términos de evaluación de la lección, utilidad del sistema para los estudiantes y desempeño de los estudiantes se relatan abajo.

La educación a distancia es una de las más prometedoras aplicaciones que han surgido de la integración de la informática y las telecomunicaciones. Estas tecnologías hacen posible "un salón de clases virtual" que es, una distribución temporal y/o espacial en el proceso de conocimiento enseñanza/aprendizaje. Una de las principales oportunidades provistas para un salón de clases virtual interactivo es la posibilidad de que el profesor emplee las metodologías de enseñanza cooperativas en la cuales la interacción entre los estudiantes es de importancia fundamental. Las investigaciones recientes en el campo educacional hace evidente que un correcto uso de estas metodologías innovadoras podrán aumentar el desempeño y ambiente de aprendizaje. Estos sistemas, obtenidos por la integración de la comunicación del video con las computadoras personales, permite:

- Comunicación en tiempo real entre un número de lugares remotos empleando diferentes medios para presentar la información: voz en tiempo real, música, texto, dibujo, imágenes, imágenes en movimiento, etc. Esto permite comunicación multimedia entre el profesor y los estudiantes y entre los mismos estudiantes.
- El empleo del profesor de una cátedra multimedia que le provee los recursos para manejar apoyos didácticos, por ejemplo: transparencias, diapositivas, materiales de video grabados, etc.

Sin embargo, existe evidencia de que la simple disposición del sistema multimedia no asegura el uso real de la educación a distancia. De hecho, estudios recientes han mostrado que las principales barreras a la difusión de la educación a distancia están relacionadas a las dificultades de la interacción entre los usuarios y las tecnologías. Además, la investigación muestra que hay resistencia de parte de los estudiantes y

## 6. LMDS y la educación a distancia.

profesores a los cambios, a los métodos de educación tradicional. En el tratamiento de estos problemas una contribución muy útil es provista por la investigación de los factores humanos. Las herramientas disponibles para la investigación de los factores humanos permiten evaluar la utilidad y los aspectos psicológicos para maximizar el desempeño de los estudiantes en el salón de clases virtual.

Para investigar los factores humanos de la situación en el salón de clases virtual, un experimento fue desarrollado utilizando un sistema de banda ancha celular creándose una cooperativa entre RAI y la Fondazione Ugo Bordoni (FUB) en el proyecto CRABS.

El objetivo general de la investigación fue un examen del uso real de un salón de clases virtual. En particular, los principales propósitos podrían ser resumidos como sigue:

- Evaluar la utilidad y los aspectos psicológicos del sistema de educación a distancia multimedia en términos de facilidad de uso, clima de aprendizaje, satisfacción de los usuarios, etc.
- Evaluar el desempeño de los estudiantes en el salón de clases virtual.
- Identificar la configuración de un sistema multimedia para maximizar la utilidad para los profesores y los estudiantes.
- Identificar los procedimientos adecuados para la formación de los profesores y estudiantes que empleen el equipo del salón de clases virtual.

La investigación inicio en 1997 y fue desarrollada en dos fases principales:

**Fase 1: un experimento de laboratorio (1997).** Con la finalidad de preparar el experimento de campo (fase 2), se llevo a cabo un experimento de campo emulando un sistema de banda ancha en el laboratorio de factores humanos en FUB e involucrando una muestra de usuarios potenciales. Este experimento proporcionó los siguientes resultados:

- La experiencia con el desarrollo de una configuración de un sistema multimedia para un salón de clase virtual involucrando cuatro lugares remotos.
- El desarrollo de un procedimiento para la formación de profesores que interactúan con el sistema multimedia y envían la lección.
- El desarrollo de un procedimiento para la formación de los estudiantes con un sistema multimedia.

Los resultados provistos fueron muy útiles para la segunda fase de la investigación.

**Fase 2: un experimento de campo (1998).** Tomando los resultados de la fase 1 del proyecto, un experimento de campo fue establecido usando un sistema de banda ancha celular proporcionado por RAI. El principal propósito del sistema fue evaluar la utilidad para los estudiantes y los profesores, los aspectos psicológicos de emplear el sistema y el desempeño de los estudiantes en el campo. Esto fue hecho tomando en cuenta las restricciones debidas al empleo de un sistema de telecomunicaciones por radio. Otra característica importante fue la extensión y validación de lo encontrado en la fase 1 del experimento.

#### 6.4.1.1 El experimento de campo.

Para proveer un gran interactividad entre el maestro y los estudiantes y entre estudiantes, se empleó un sistema de telecomunicaciones empleando una célula a 40 GHz y con un canal de retorno de 2Mbps para cada lugar remoto usado.

Para evaluar la utilidad del sistema multimedia y de los aspectos psicológicos, la configuración usada en este experimento de campo fue muy similar a la usada en el experimento del laboratorio. Además, el desempeño del experimento en el experimento de campo del estado del salón de clases virtual fue comparado con el desempeño de los estudiantes en un salón de clases virtual emulado en el laboratorio y con el desempeño de los estudiantes en el estado cara a cara.

La hipótesis planteada fue que la utilidad del sistema multimedia empleando el experimento de campo fuera comparable al sistema multimedia emulado en el laboratorio, a pesar de unas alteraciones menores del audio y el video. Es decir, esta hipótesis planteaba que estas alteraciones, para este entorno particular, para esta particular tarea de aprendizaje y con este particular tipo de usuarios, no tendría influencia en la evaluación de la lección, la utilidad del sistema o el desempeño de los estudiantes. En otros entornos de aprendizaje sin embargo, estos aspectos podrían ser influenciados por las restricciones del sistema de radiocomunicación (e.g. en el entorno de radiología médica donde una muy alta calidad de video es requerida).

Además, fue planteada la hipótesis de que el desempeño de los estudiantes en el campo era comparable al desempeño de los estudiantes cara a cara y las situaciones de laboratorio.

Se adoptó un diseño experimental de grupos independientes. Cada sujeto fue incluido en solo una de las condiciones experimentales (A o B o C). El experimento se realizó con 54 sujetos, se formaron tres grupos de 18 sujetos y se seleccionó un grupo distinto para cada una de las condiciones experimentales.

**Condición A: clase cara a cara.** Esta condición fue llevada a cabo cara a cara en un salón de clases electrónico. En este salón de clases virtual había cuatro lugares de trabajo: un lugar de trabajo del profesor y tres lugares de trabajo de los estudiantes. El profesor y los estudiantes emplearon aplicaciones compartidas en la computadora

**Condición B: salón de clases virtual en el campo.** La situación de un salón de clases virtual fue desarrollada usando un sistema multimedia y un sistema de telecomunicaciones de radio de banda ancha. Cuatro sitios remotos fueron conectados: un lugar para el profesor y tres diferentes lugares para los estudiantes.

La configuración del sistema multimedia elaborada durante el experimento de laboratorio de la fase 1 fue reproducido en el campo. El sistema multimedia permitía:

- Comunicación de video y audio en tiempo real entre el profesor y los estudiantes y entre los estudiantes.
- El uso de una cátedra multimedia por el profesor.

- Como en la condición A, el profesor y los estudiantes emplearían aplicaciones compartidas en la computadora.

**Condición C: Salón de clases virtual en el laboratorio.** En esta condición, el entorno de un salón de clases virtual usando una red de banda ancha se reproduce en un laboratorio. Las principales características de la configuración del sistema fueron las mismas de la condición B.

La selección de los estudiantes fue realizada mediante un cuestionario que fue distribuido al gran número de empleados de RAI. De los 200 cuestionarios recibidos, 54 sujetos fueron seleccionados basándose en su experiencia previa con el uso de la computadora; actitud de cooperación, actitud hacia la computadora y el curso. De los seleccionados, 27 fueron hombres y 27 mujeres. Los sujetos estaban en el rango de edad de 28 a 49 años (edad promedio=37.02). Dos de los sujetos tenían educación secundaria, 48 habían completado la preparatoria y 4 la educación universitaria. El mismo profesor empleado en la fase I fue incluido en todas las sesiones experimentales.

Para manejar los efectos de la tecnología, otros factores fueron controlados como fue posible. En cada estado (salón de clases virtual en el campo, salón de clases virtual en el laboratorio y el salón de clases cara a cara) el profesor y los estudiantes cubrieron el mismo material educacional en el cual la metodologías de aprendizaje cooperativas fueron utilizadas. En cada sesión, el profesor dio la misma lección con una duración aproximada de una hora. El tema de la lección fue "Intercambio de datos entre Word y Excel".

Los datos acerca del desempeño del aprendizaje fueron recopilados empleando la misma prueba entregándola antes y después de la lección. La formación y los aspectos psicológicos fueron recogidos por un cuestionario preliminar que se les administro a los alumnos antes de la lección. Los datos acerca de la utilidad del sistema, los aspectos psicológicos y la evaluación de la lección por los estudiantes fueron recolectados usando un segundo cuestionario que se les entregaba a los estudiantes al final de la lección. La observación y el video grabado fueron también usados para recolectar datos cualitativos del comportamiento de los usuarios durante las lecciones experimentales. Finalmente, otro dato cualitativo fue obtenido de la entrevista con el profesor, realizada al final de todas las lecciones experimentales.

#### **6.4.1.2 Resultados.**

Es esta parte se resumen los principales resultados.

La tabla 1 muestra que antes del experimento, los sujetos tenía una familiaridad intermedia con la PC, actitud positiva hacia el aprender los contenidos de la lección, además, cierta capacidad propia de aprendizaje y normas subjetivas para aprender con lo que se obtuvieron valores promedio muy positivos. A estos valores se les hizo un análisis de varianza que mostró que no había diferencia entre las condiciones, lo que confirmando que los sujetos asignados a las condiciones eran homogéneos con respecto a las variables.

## 6. LMDS y la educación a distancia.

Variables	Valores promedio			
	A	B	C	Total
Familiaridad con la PC	4.78	4.44	4.61	4.61
Actitud hacia el aprendizaje	7.93	7.32	7.81	7.69
Capacidad propia para el aprendizaje	5.76	5.74	6.02	5.84
<b>Normas subjetivas para el aprendizaje</b>	<b>6.70</b>	<b>6.35</b>	<b>6.53</b>	<b>6.53</b>

Tabla 1. Valores promedio de las características medidas antes de la prueba en diferentes condiciones experimentales [3].

En la tabla 2 se muestra un resumen de los resultados promedio de todas las variables después del experimento.

Variables	Valores promedio			
	A	B	C	Total
Clima de aprendizaje	7.71	8.24	8.18	8.04
Factor estructural de la conversación	8.83	7.94	7.83	8.20
Factor emocional-social de la conversación	7.57	7.19	7.53	7.43
Autoevaluación del aprendizaje	7.31	7.97	7.67	7.65
Aspectos de la comunicación no verbal	6.13	5.70	5.28	5.70
Calidad de la comunicación	8.25	7.58	7.82	7.89
Evaluación de la formación de los estudiantes	8.17	8.42	7.82	8.14
Evaluación del software	7.19	8.03	7.19	7.47
Satisfacción	7.79	7.89	8.04	7.91
Comodidad del cuarto experimental	6.17	6.33	6.00	6.17
Evaluación del profesor	8.15	8.76	8.62	8.51
<b>Conciencia de los otros participantes</b>	<b>9.02</b>	<b>8.74</b>	<b>8.11</b>	<b>8.62</b>

Tabla 2. Valores promedio después de la prueba, medidas en todas las condiciones (n=54) [3].

La conclusión más evidente de estos resultados es que no hay diferencias entre las condiciones. Hay solo un caso con una diferencia significativa marginalmente, que fue la evaluación del software que fue mejor en la condición B (experimento de campo) que en las otras dos condiciones. Considerando estos resultados se puede afirmar que el sistema en todas las condiciones fue considerado igual. Dada esta falta de diferencia, la atención se centra en los resultados promedio de cada una de las variables. La mayoría de las variables muestran valores promedios altos, la mayor excepción fueron los aspectos no verbales de la comunicación.

En general, la evaluación positiva de estas variables es particularmente importante como soporte de la hipótesis de que las tecnologías de banda ancha representan una opción eficiente para el desarrollo de salones de clases virtuales.

Otra variable, relacionada a la evaluación de la lección por los estudiantes que fue medida en todas las condiciones fue los recursos para el aprendizaje. Es fácil notar que todos los sujetos convergieron a indicar que fue el profesor la mayor fuente de

aprendizaje. Sin embargo, en la condición del experimento de laboratorio la interacción con los estudiantes en otros cuartos fue también considerada que desempeñaba un papel importante.

Algunas variables fueron medidas solamente en las condiciones B y C, por ejemplo, las condiciones de educación a distancia. La tabla 3 provee un resumen de estas variables. En estos datos no hay diferencia entre las condiciones. Sin embargo, con los resultados obtenidos en la condición de campo fueron tan buenos como los obtenidos en la condición del laboratorio, esto se nota porque todos los valores están en la parte más alta del rango. Estos resultados implican que los usuarios están muy satisfechos con el sistema de educación a distancia, encontrándolo útil, agradable y fácil de usar, además mostraron la intención de usarlo de nuevo pronto si tuvieran la oportunidad.

La única diferencia encontrada es respecto a la calidad de audio/video. En efecto, esta diferencia es muy notable y muestra que la calidad de audio/video fue considerablemente baja en la situación de campo (condición B) mas que en la situación del laboratorio (condición C). Algunas de estas variables, fueron la capacidad propia para el aprendizaje (preprueba) contra la capacidad propia para un aprendizaje futuro (postprueba). Un aumento substancial fue observado en la capacidad propia para el aprendizaje antes y después de la lección, lo que implica que la lección fue muy efectiva en la inducción de un sentimiento subjetivo de ser capaz de controlar el uso del sistema de educación a distancia para aprender en ocasiones futuras. Este efecto se presentó de igual manera en la condición experimental del campo y en el laboratorio.

Variables	Valores promedio		
	B	C	Total
Utilidad del sistema	8.50	8.15	8.32
Proximidad	6.96	6.76	6.86
Calidad de audio/video	4.67	8.22	6.44
Utilidad	8.89	8.70	8.80
Facilidad de uso	7.20	8.02	7.61
Satisfacción de uso	8.19	8.33	8.26
Capacidad propia para un aprendizaje futuro	6.94	7.24	7.09
Satisfacción del usuario acerca del sistema	7.87	7.90	7.88
Uso futuro del sistema de educación a distancia	7.72	7.33	7.53

Tabla 3. Valores promedio después de la prueba de las variables medidas en las condiciones B y C (n=36).

Finalmente, se considera una variable muy interesante llamada desempeño de los estudiantes. Los resultados muestran diferencias significativas en el desempeño de los estudiantes antes y después de la lección en todas las condiciones experimentales. La diferencia fue muy alta y en la dirección esperada (ver tabla 4). Esto significa que la lección mejoró el porcentaje de respuestas correctas para cada condición y que la lección es altamente efectiva en aumentar el desempeño de los estudiantes, en todas las condiciones.

	Preprueba	Postprueba
Condición A	17.13	46.76
Condición B	25.00	54.63
Condición C	31.02	54.63

Tabla 4. Porcentaje de respuestas correctas (desempeño) pre y post en cada condición (n=54).

Si se observa la comparación entre las diferentes condiciones, del desempeño puede ser considerado similar en todas las condiciones. Esto vale al notar que una fuerte diferencia se presenta entre la autoevaluación de aprendizaje y el desempeño de los estudiantes. Esta diferencia fue constante en todas las condiciones e indican que los sujetos sistemáticamente sobrestiman su aprendizaje actual. Estos resultados además sugieren que hubo fuertes discrepancias entre que sujetos creyeron que aprenderían y su desempeño real.

#### 6.4.1.3. Conclusiones.

Las principales conclusiones del estudio fueron las siguientes:

- El resultado básico de este experimento validó la configuración del sistema multimedia.
- La configuración fue evaluada positivamente en términos de utilidad por los estudiantes y el profesor. En particular, los estudiantes reconocieron que el sistema trabajó bien desde un punto de vista técnico y fue percibido positivamente desde el punto de vista psicológico.
- Los estudiantes mostraron un desempeño aceptable mediante el uso del sistema.
- Por lo tanto, debido a los puntos previos se concluyó que la configuración se validó en términos de utilidad y desempeño de los estudiantes.
- Debido a las restricciones del sistema de radiocomunicación, la calidad del audio/video fue evaluada como debajo del estándar. Las alteraciones de imagen y voz fueron observadas por los estudiantes. Sin embargo, estas alteraciones no influenciaron la evaluación de la lección, la utilidad del sistema o el desempeño de los estudiantes.
- Un resultado importante de esta investigación es el desarrollo y la prueba de campo de los procedimientos de formación del profesor y los estudiantes.
- Los resultados obtenidos en el experimento de campo se emplearan como punto de inicio en investigaciones futuras. Los propósitos principales de estas investigaciones era probar el uso de las situaciones de un salón de clases virtual empleando sistema de telecomunicaciones de radio de banda ancha en diferentes entornos de aprendizaje, para diferentes tareas de aprendizaje y con diferentes tipos de usuarios.

#### **6.4.2 Telenor, Lillestrom Videregaende skole.**

Además de los cuatro usuarios privados en Noruega, una escuela local, la preparatoria Lillestrom también fue un lugar para un experimento LMDS. La escuela tiene 840 alumnos divididos en tres clases. Las dos áreas de interés a la que se enfocó fueron: son educación general, y música, danza y drama.

Las principales aportaciones de esta prueba se dieron al realizar la discusión sobre la evaluación del sistema, los usuarios notaron que la velocidad de la conexión fue de interés. Cuando compararon los sistemas basados en RDSI, el sistema LMDS fue mucho más rápido y también al parecer más estable [3].

#### **6.5 Referencias.**

- [1] Educación a distancia – Capítulo 1 en línea, enero 2000.  
<<http://www.sld.cu/servicios/pg50cap1.htm#cap1>>
- [2] Valle, L.E., “ Tesis de Maestría: Los servicios "wireless multimedia" ”, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 1997.  
<<http://www.geocities.com/wm2001ar/tesis.html>>
- [3] Ling, R. (Ed.), “User and service aspects of LMDS”, 15 January 1999.  
< [http:// www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs](http://www.telenor.no/fou/prosjekter/crabs)>



## 7. CONCLUSIONES.

---

A continuación se presentan las conclusiones de la investigación realizada de la tecnología LMDS. Se incluyen las ventajas y desventajas del sistema y de emplear LMDS en educación a distancia.

### **Ventajas de LMDS.**

- El ancho de banda disponible en torno a 1 GHz de LMDS permite ofrecer una gran variedad de servicios. Además permite la sectorización de células y la reutilización de frecuencias con alternancia de la polarización horizontal y vertical en sectores contiguos. Lo anterior permite el aumento de la capacidad del sistema y un mayor número de abonados y/o tipos de servicios.
- Es posible establecer comunicaciones bidireccionales simétricas o asimétricas con este sistema.
- No es necesario tener infraestructuras permanentes como las tecnologías alámbricas, lo que reduce costos de instalación y mantenimiento. Además de ser plataformas fácilmente actualizables en términos de servicios y distribución de usuarios.
- El tiempo de despliegue es muy inferior al de los sistemas alámbricos, ya que no es necesario llegar hasta cada usuario debido a que se realiza empleando células, éstas se diseñan adecuadamente en los lugares a los cuales se quiere dar el servicio y sólo es necesaria la inversión en equipos cada vez que se realiza una nueva alta de servicio. Por consiguiente se amortizan por sí mismos.
- Soluciona el problema de acceso que actualmente es el cuello de botella de las redes globales. LMDS soluciona el problema del último kilómetro en forma relativamente barata incluso en zonas de baja densidad de población.
- La capacidad de LMDS para comunicar en los dos sentidos y el ancho de banda disponible permite proveer una variedad de servicios: servicios de carácter interactivo (videoconferencia, VoD, Internet de alta velocidad, etc), además de servicios convencionales, por ejemplo, telefonía bidireccional digital, datos y entretenimiento.

### **Desventajas.**

- Es una tecnología nueva que no está lo suficiente madura y no se conocen aún todas sus posibilidades.
- Requiere de línea de vista y su cobertura se limita a distancias alrededor de 8 Km en la banda en torno a 28 GHz.
- La distancia de cobertura depende también de la región de lluvia, lo que implica que la economía del proveedor de servicios de telecomunicaciones empleando la tecnología LMDS varía de acuerdo al área a la que se de servicio.

### **LMDS vs tecnologías alámbricas relacionadas.**

XDSL requiere menor inversión que LMDS y se obtienen resultados aceptables, pero sólo en parte, ya que con este tipo de acceso no es posible conseguir comunicación dúplex con gran ancho de banda en los dos sentidos (uplink y downlink).

Otra desventaja de XDSL es que no es posible dar el servicio a todos los usuarios, ya que depende de la ubicación del usuario la posibilidad de darle o no el servicio.

Un punto importante es que este tipo de sistemas tiene actualmente un gran despliegue con ADSL a nivel mundial y sus tarifas competitivas en el mercado.

En el caso del cable se trata de un tipo de acceso que presenta un gran inconveniente debido a su elevado costo de instalación y mantenimiento, ya que es necesario llevar el cable hasta cada colonia y edificio a los cuales se espera dar servicio, además de llegar hasta la ubicación del usuario que realmente adquiere el servicio. Por otra parte, la implantación del cable requiere mucho tiempo de instalación, por lo que el cable es una inversión arriesgada si el mercado no responde, ya que las inversiones son muy altas.

Ya que se vieron las ventajas e inconvenientes más importantes de los modos de acceso alámbricos relacionados, se podría inferir que la tecnología que podría considerarse como la más conveniente para dar acceso en el último tramo es el LMDS, ya que presenta prestaciones competitivas con costos aceptables y menor tiempo de despliegue.

Finalmente, aunque existen ventajas y desventajas entre LMDS, XDSL y cable módem considero que en el futuro las tres tecnologías compartirán el mercado de banda ancha y cada una se aplicará al sector para el que sea más rentable.

### **Situación en algunas partes del mundo y en México.**

En Europa, la situación no ha sido, y no es, la idónea para el despliegue de esta tecnología, ya que en algunos países se ha optado en exclusiva por la banda de 40 GHz (banda inferior a la de 28 GHz, ya que a 40 GHz existe una mayor dificultad en la emisión y propagación de señal, y la tecnología disponible está mucho menos desarrollada) y en otros en torno de los 28 GHz; de esta forma la implantación del sistema LMDS lleva asociados costos más elevados por no estar totalmente normalizado, lo que le hace perder su gran atractivo de bajo esfuerzo económico en comparación con las tecnologías tradicionales.

Sin embargo, los países del este de Europa representan un entorno especialmente atractivo para el desarrollo de la tecnología LMDS debido a la falta de infraestructuras de comunicaciones y a la obvia necesidad de optimizar costos. En esta zona de Europa, Rumania es el país más activo y ya ha asignado un margen de frecuencias de 27.35 GHz - 28.35 GHz. Moscú también cuenta con una frecuencia asignada en la banda de 28.5 GHz.

Por lo anterior se puede afirmar que, en general, la tecnología LMDS se adapta bien al mercado europeo dado que las zonas urbanas presentan una elevada densidad de población y además, en esas zonas, la altura de los edificios es más bien uniforme, lo que reduce la aparición de zonas de sombra y facilita el despliegue de la red.

En los países vecinos de México, Estados Unidos y Canadá, la tecnología LMDS está obteniendo un desarrollo considerable. En Estados Unidos se debe principalmente a los resultados del proyecto piloto de CellularVision que generaron una notable expectativa en la industria de las telecomunicaciones y en Canadá se ha establecido una tercera red local de distribución para servicios de radiodifusión y telecomunicación empleando éste sistema. Además, ya que el despliegue se hizo en torno a los 28 GHz se considera que no existirán grandes obstáculos para su normalización.

En México, debido a la elección de Canadá, Estados Unidos y las bandas de frecuencias en la que los proveedores de equipo para este tipo de tecnología tienen equipo disponible se decidió realizar el despliegue en torno a 28 GHz. La COFETEL ha realizado una serie de consultas para determinar la frecuencias que se licitarán para LMDS y se espera que dicha licitación se realice pronto.

### **Educación a distancia.**

Debido a las características propias de LMDS y con base en las pruebas realizadas a nivel mundial y documentadas en sistemas de educación a distancia (capítulo 4) se puede concluir que el Sistema de Distribución Local Multipunto es adecuado para emplearse en educación a distancia, ya que es un sistema de comunicación de banda ancha, lo que

permite llegar a lugares donde no se cuenta con infraestructura de cable y realizar el despliegue en un corto periodo de tiempo; también, permite una fácil actualización en términos de usuarios y distribución de servicios.

La educación a distancia presenta ventajas económicas para los usuarios finales y de ahorro de tiempo de transporte. Además se ha demostrado que se obtienen resultados satisfactorios con este tipo de educación y lo que la mejorará en un futuro cercano es el empleo de video en tiempo real, lo cual es posible empleando LMDS.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos de educación a distancia el profesor es la mayor fuente de aprendizaje por lo que es importante disponer de un sistema de educación a distancia interactivo.

### **Otros aspectos.**

Actualmente, la mayoría de los operadores del sistema y las actividades de los estándares se dirigen a los métodos TDMA y FDMA.

Se considera que el servicio más importante que LMDS puede brindar será el acceso a Internet. Además de brindar otros servicios y el distribución de TV con el que inicialmente se inició la operación de LMDS.

Un punto crucial para que LMDS pueda desarrollarse y ser competitivo en el mercado con otras tecnologías de acceso es que pueda competir con éstos desde el punto de vista económico, es decir, que sea rentable para el usuario.

Finalmente, en este trabajo se presentan los conceptos de la tecnología LMDS existente en general pero cada tipo de sistema LMDS implantado en diversos países presenta características que difieren del otro, ya que se adapta a las necesidades de cada mercado en particular.

Una aportación importante de este trabajo es la información contenida sobre la tecnología LMDS en el idioma español, ya que esta tecnología estará presente en los próximos años a nivel mundial. Además de concluirse que tendrá un uso importante la educación a distancia, que promete tener un gran desarrollo en los próximos años, principalmente en la parte del acceso.

**Apéndice A. Subdivisión del espectro radioeléctrico en bandas de frecuencias.**

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo a la siguiente tabla:

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriámétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Ondas decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12		300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Nota 1: «La banda N» (N= número de la banda) se extiende de  $0.3 \times 10^N$  Hz a  $3 \times 10^N$  Hz.

Nota 2: Prefijos k= kilo ( $10^3$ ), M ( $10^6$ ), G ( $10^9$ ).

A nivel internacional se ha convenido utilizar los símbolos o abreviaturas en inglés para cada banda de frecuencias; por lo que no se deberán utilizar símbolos ni abreviaturas distintas de las especificadas en la tabla anterior.

**Apéndice B. Fichas de descripción de servicios.**

A continuación se muestran una serie de fichas resumen de las características principales que describen algunos servicios. Estas fichas constan de los siguientes campos:

- Nombre del servicio
- Descripción del servicio
- Agentes involucrados: principalmente proveedor de servicio, proveedor de contenidos, proveedor de transporte y usuario final
- Funciones propias de cada agente
- Características del servicio

Los servicios seleccionados que se describen son:

Juegos

Telecompara

Telemedicina

Teletrabajo

Video bajo demanda (VOD: Video On Demand)

Casi Video Bajo Demanda (NVOD: Near Video On Demand)

Videoconferencia

<b>Nombre del servicio: Juegos</b>			
<p><b>Descripción del servicio:</b> Las aplicaciones de juegos permiten al usuario jugar mediante un servicio de envío por red. Al usuario final se le presentará un menú con los juegos disponibles por el proveedor de servicio. Tras la selección por parte del usuario del juego, este se cargará en el equipo terminal de usuario o en una máquina de juegos situada en el proveedor de servicios. Todas las entradas de información que se produzcan desde el usuario final, alterarán el estado del juego, que se traducirán en cambios en el flujo de datos de vídeo/gráficos que el usuario final verá. Los requerimientos de la aplicación dependerán en gran medida del grado de interactividad del juego. Los juegos se descargarán y se jugarán en local.</p>			
<p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio, Proveedores de contenidos, usuario final y proveedor de transporte (red)</p>			
<b>Funciones propias de cada agente</b>			
<b>Proveedores de servicio</b>	<b>Proveedores de contenidos</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
<p>Descarga del juego en equipo terminal de usuario.</p> <p>Reaccionar frente a las entradas del usuario a la máxima velocidad posible</p> <p>Proveer al procesador de facturación de información de uso.</p> <p>Información al usuario de nuevos juegos.</p> <p>Almacenamiento de información del usuario (puntuación, pantallas avanzadas).</p> <p>En entornos multiusuario: procesar múltiples entradas simultáneamente, manteniendo el estado de cada usuario actualizado.</p>	<p>Provisión continuada de nuevos juegos al proveedor de servicios.</p> <p>Provisión de anuncios para inserción comercial.</p>	<p>Conexión asimétrica.</p> <p>Selección de servicio (despliegue de opciones de juego)</p> <p>Gestión de la sesión-conexión del usuario al proveedor de servicio.</p> <p>Transporte del canal de control.</p> <p>Transporte del flujo de vídeo.</p> <p>Flujo multicast de vídeo/gráficos.</p> <p>Conexión de múltiples usuarios a un solo juego, en el caso de juego cooperativo.</p> <p>Procedimientos de excepción-recuperación de errores de red.</p>	<p>Presentación de opciones de juego.</p> <p>Paneles de ayuda para comienzo/fin de juego.</p> <p>Controles de juego.</p> <p>Control de acceso y validación de usuario.</p> <p>Aprobación de lo facturado.</p> <p>Perfil de usuarios (puntuaciones, número de juego)</p> <p>En caso de juego cooperativo, información sobre los otros participantes</p>
<p><b>Características del servicio:</b></p> <p>Tiempo de respuesta bajo desde la entrada del usuario a la muestra de modificaciones en su pantalla.</p> <p>Posibilidad de conexiones multiusuario a un juego (usuarios múltiples podrán acceder y manejar un único juego).</p> <p>Interactividad alta entre usuario y juego</p> <p>La máquina de juegos puede ser ha de ser un dispositivo que se conecte al set-top box o máquinas situadas en el proveedor de servicio.</p>			

<b>Nombre del servicio: Telecompra</b>			
<p><b>Descripción del servicio:</b> La telecompra permite al usuario navegar a través de catálogos de video o tiendas virtuales para la adquisición de productos y servicios. El usuario puede seleccionar ítems para obtener más información, que se ofrecerá sobre cualquier soporte multimedia: video, texto, video con audio o animación gráfica. Tras haber seleccionado el usuario un producto, se puede ordenar un pedido. El modo de envío depende del proveedor de servicios y la elección del usuario final.</p> <p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio de valor añadido, Proveedores de contenidos, usuario final y proveedor de transporte (red).</p>			
<b>Funciones propias de cada agente</b>			
<b>Proveedores de servicio de VA</b>	<b>Proveedores de contenidos</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
<p>Provisión del entorno de la tienda.</p> <p>Petición de clips multimedia para ser enviado al usuario.</p> <p>Envío de clips multimedia al usuario.</p> <p>Procesado de órdenes del usuario.</p> <p>Mantener una lista intermedia de ítems adquiridos.</p>	<p>Provisión de clips multimedia para cada producto.</p> <p>Provisión de la información sobre precio, disponibilidad, tiempo de envío y otras condiciones especiales.</p> <p>Clasificación del material multimedia para la selección electrónica</p> <p>Diseño de la apariencia de la tienda virtual</p> <p>Asignación de los productos a departamentos virtuales</p>	<p>Transporte de diferentes formatos de datos hacia usuario final: video, imágenes congeladas, audio, texto y gráficos.</p> <p>Transporte de la información entre los proveedores de contenidos al servidor para hacer rápidas actualizaciones de la información sobre productos.</p> <p>Permitir la adición dinámica de conexiones entre el usuario final y posibles servidores adicionales.</p>	<p>Movimiento a través del entorno de la tienda virtual.</p> <p>Seleccionar ítems de interés.</p> <p>Obtener imágenes, textos y audio explicativos de los ítems, con la posibilidad de funcionalidades típicas del reproductor de video.</p> <p>Posibilidad de hablar con un vendedor por audio o audio- video, como interfaz de la tienda virtual.</p> <p>Autorización de pago en la compra de productos.</p> <p>Obtención de copia de las especificaciones de los productos, en cualquier soporte audiovisual, para consultar posteriormente.</p> <p>Selección de modo de pago.</p> <p>Reserva de productos/servicios.</p>
<p><b>Características del servicio:</b></p> <p>Todas las acciones del usuario final deben de ser confirmadas inmediatamente.</p> <p>Ha de ser posible el envío dinámico por el canal descendente de diferentes objetos multimedia, con diferentes tamaños.</p>			



<b>Nombre del servicio: Telemedicina</b>			
<p><b>Descripción del servicio:</b> Dentro del concepto de Telemedicina se engloba toda una serie aplicaciones y servicios, que en su concepción mas amplia incorporaría: obtención de información multimedia de los pacientes, tanto en tiempo real con éste presente como sus datos clinicos almacenados en un servidor, el flujo de datos entre centros de salud y hospitales y el trabajo cooperativo entre médicos en diagnóstico y quirúrgica.</p> <p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio, usuario final y proveedor de transporte (red). Existe la posibilidad de la existencia de un proveedor de servicios, que suministre información médica en línea: acceso a literatura científica localizada en servidores, etc.</p>			
<b>Funciones propias de cada agente</b>			
<b>Proveedores de servicio</b>	<b>Proveedores de contenidos</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
<p>Ofrecer contenidos a usuarios finales</p> <p>Obtener estadísticas de uso de aplicaciones para mejorar el acceso a ellas.</p>	<p>Hacer disponibles contenidos e informar de que contenidos están disponibles.</p> <p>Suministrar los contenidos al proveedor de servicios</p> <p>Clasificar contenidos para su selección.</p> <p>Actualizar contenidos con la suficiente anticipación.</p>	<p>Transporte de audio/video/datos al usuario final</p> <p>Proveer una red de banda ancha, suficiente para desplegar los servicios multimedia con la seguridad y fiabilidad requerida.</p> <p>Soporte técnico al proveedor de servicio para el perfecto funcionamiento de las aplicaciones.</p> <p>Despliegue de red con la calidad requerida hasta los centros de salud de atención primaria.</p> <p>Dar capacidad de backup/redundancia de líneas si el proveedor de servicio lo requiriese.</p> <p>Suministro de información sobre el uso de la red al proveedor de servicios para la gestión de los recursos disponibles, si lo pudiese. En caso contrario, el proveedor de red debe de ser el responsable de esa función.</p>	<p>Obtención de información sobre historiales clinicos del paciente entre distintos centros y posibilidad de obtener datos en tiempo real del paciente para el diagnóstico</p> <p>Posibilidad de modificar y procesar la información a la que se accede, con las pertinentes medidas de seguridad.</p> <p>Selección de diferentes grados de calidad de imagen y video.</p> <p>Capacidad de hacer selecciones en un menú de aplicación sobre los diferentes formatos de presentación: resolución, filtrado de imagen, selección de presentación por diferentes variables, etc.</p> <p>Posibilidad de tener información del estado de la red antes, después y durante la utilización de la aplicación.</p> <p>Intercambio de flujos de información multimedia entre 2 o más usuarios, compartiendo un entorno de trabajo común (trabajo cooperativo), y con opción de apertura de un canal de audio video.</p>
<p><b>Características del servicio:</b></p> <p>Aplicación punto a punto punto a multipunto.</p> <p>Fuerte restricción en cuanto a confidencialidad fidelidad seguridad autenticación.</p> <p>Calidad de imagen es un parámetro crítico existiendo algunos problemas de aceptación relacionados con los formatos de presentación.</p>			

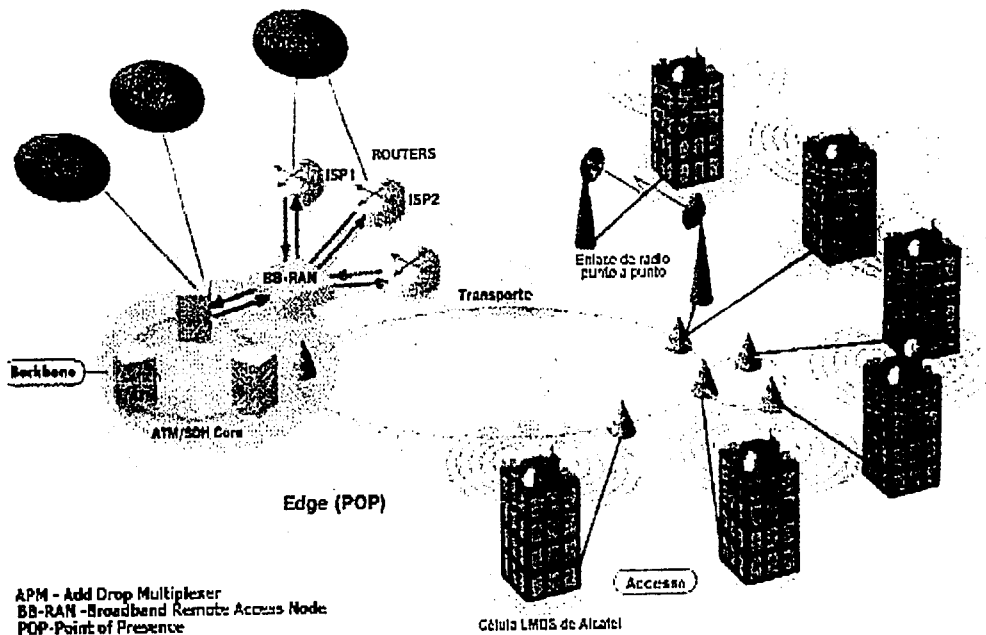
<b>Nombre del servicio: Teletrabajo</b>		
<p><b>Descripción del servicio:</b> El usuario establecerá una sesión por medio del proveedor de servicio, activando y controlando aplicaciones locales y distantes, comunicándose con un colaborador a través de audio, video o datos. La aplicación provee al usuario de los servicios de directorio y de envío de mensajes, conferencia en tiempo real, distribución de datos uno a uno y trabajo en grupo multimedia.</p>		
<p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio, usuario final (teletrabajador) y proveedor de transporte (red)</p>		
<b>Funciones propias de cada agente</b>		
<b>Proveedores de servicio</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
<p>Provisión del directorio de servicios.</p> <p>Aceptación de la programación de sesión.</p> <p>Aceptación y distribución de correo multimedia.</p> <p>Establecimiento de sesiones de colaboración con los colaboradores requeridos.</p> <p>Gestión y control de sesiones de colaboración</p> <p>Sincronización de las aplicaciones de control y gestión de salida.</p> <p>Seguridad de acceso y de sesión.</p> <p>Envío de información de facturación.</p> <p>Provisión de acceso de servicios de telecomunicaciones y servicios en línea.</p> <p>Anuncio de correo al usuario final.</p>	<p>Establecer enlaces de conexión a los colaboradores que se requieran.</p> <p>Negociado de parámetros de conexión (ancho de banda, protocolo).</p> <p>Establecimiento de conexión.</p> <p>Control de conexión durante la sesión.</p> <p>Proveer la información de facturación.</p> <p>Provisión de acceso a servicios de telecomunicaciones y servicios en línea.</p>	<p>Establecimiento de sesión a través del proveedor de servicios</p> <p>Envío de la identificación (PIN) para permiso de acceso, así como envío y aceptación de firma electrónica</p> <p>Selección de colaborador.</p> <p>Envío de mensajes y visualización del tablon de anuncios, recepción de e-mail.</p> <p>Activación/desactivación de la información en formato de video.</p> <p>Acceso conjunto a las aplicaciones con diferente grado de control sobre ellas: sincronización o sin sincronización</p> <p>Capacidad de editar conjuntamente aplicaciones compartidas, hacer peticiones, accesos o denegaciones de acceso a aplicaciones.</p> <p>Funciones de LAN con acceso rápido a datos almacenados en remoto.</p> <p>Acceso integrado a servicios de telecomunicaciones y a servicios en línea.</p>
<b>Características del servicio:</b>		
<p>Gestión de conexión multipunto a multipunto con canal bidireccional de audio/video a alta velocidad.</p> <p>Conexión en tiempo real para el canal de audio/video y el de aplicación, y sincronización de las aplicaciones compartidas con bajo tiempo de respuesta.</p>		

<b>Nombre del servicio: video bajo demanda</b>			
<p><b>Descripción del servicio:</b> Se refiere a un servicio de red que ofrece las funcionalidades que tiene un reproductor de video, sin tener una copia del material. El usuario tiene la posibilidad de: seleccionar, cancelar, play, stop, pausa (con o sin imagen congelada), avance, retroceso, mostrar contadores, etc.</p> <p>Entre otras funciones se incluyen la navegación interactiva y la posibilidad de ver por adelantado fragmentos del material audiovisual a descargar. El flujo de datos que se presenta al usuario puede incluir otras informaciones, como el número de cuenta de cliente.</p> <p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio, Proveedores de contenidos, usuario final y proveedor de transporte (red).</p>			
<b>Funciones propias de cada agente</b>			
<b>Proveedores de servicio</b>	<b>Proveedores de contenidos</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
<p>Ofrecer contenidos a usuarios finales</p> <p>Manejar la facturación de suscriptor</p> <p>Actuar como intermediario entre el usuario y el proveedor de contenidos</p> <p>Ofrecer servicios basados en la información de usuario: películas vistas, marcadores de comienzo de visibilidad, etc.</p>	<p>Hacer disponibles contenidos e informar de que contenidos están disponibles.</p> <p>Suministrar los contenidos al proveedor de servicios</p> <p>Clasificar contenidos para su elección</p>	<p>Transportar audio/video/datos al usuario final</p> <p>Transportar señales de control desde y hacia el usuario</p> <p>Soportar la funcionalidad de facturación.</p>	<p>Selección y orden del contenido</p> <p>Visión interactiva del contenido</p> <p>Elección de lengua para subtítulos audio-video</p> <p>Reservas de contenidos en caso de disponibilidad limitada</p> <p>Control de acceso a determinados contenidos</p> <p>Ajuste de volumen, color, contraste.</p> <p>Acceso a datos relacionados con el servicio, facturación, acciones de suscripción ...</p> <p>Selección formato de presentación de texto</p>
<p><b>Características del servicio:</b></p> <p>Aplicación punto a punto</p> <p>Tiempo limitado desde que se encarga un contenido, hasta que se entregue (parámetro QoS)</p> <p>El usuario ha de ser capaz de escoger dinámicamente entre diferentes calidades de servicio y velocidades de transmisión</p>			

Nombre del servicio: Casi video bajo demanda (Nearly video on demand-NVOD)			
<p><b>Descripción del servicio:</b> Es una aplicación de broadcast que mejora la disponibilidad típica de películas sin que sea necesaria una conexión punto a punto con cada usuario. Generalmente ofrece broadcast de video de forma multiplexada, sin interactividad real entre el usuario final y el proveedor de servicio/transporte.</p> <p>El usuario selecciona el canal en el que el servicio comenzará mas pronto. Cuando el usuario desee hacer una pausa en la visión, lo que hace es seleccionar una copia del mismo titulo que haya comenzado a una hora diferente (el retardo típico suele ser de 15 min).</p> <p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio de valor añadido, Proveedores de contenidos, usuario final y proveedor de transporte (red)</p>			
Funciones propias de cada agente			
Proveedores de servicio	Proveedores de contenidos	Proveedor de transporte	Usuario Final
<p>Definición del tiempo en el que el contenido esta disponible para verlo.</p> <p>Definición del tiempo de comienzo del mismo contenido desde la vez anterior.</p> <p>Definición del tiempo máximo que el usuario puede ver un contenido que se ha contratado. Suele definirse menor al doble de la duración del contenido.</p> <p>Definición de hora de comienzo de la nueva copia.</p> <p>Definición del tiempo máximo que un usuario puede ver un contenido sin ser cobrado por él.</p> <p>Cantidad de tiempo del contenido que se repite tras la pausa.</p>	<p>Hacer los contenidos disponibles, definir durante cuanto tiempo y bajo que condiciones.</p> <p>Envío del contenido al proveedor de contenidos.</p> <p>Envío del contenido al usuario final si el proveedor de servicios es un simple intermediario</p> <p>Cobro del dinero del usuario final.</p> <p>Cobro del dinero del proveedor de servicios.</p> <p>Pago de los servicios que el proveedor de servicios haya realizado al de contenidos.</p>	<p>Transporte de audio/video y datos hasta el usuario.</p> <p>Transporte de señales de control al y desde el usuario.</p> <p>Dar soporte a la facturación y el acceso condicional.</p>	<p>Posibilidad de selección y de compra.</p> <p>Posibilidad de cancelar una selección, antes de ser vista o en un periodo específico durante el uso del servicio (tiempo de cancelación)</p> <p>Posibilidad de parar el titulo que se está viendo, con la opción de congelar la imagen.</p> <p>Posibilidad de volver a ver el contenido otra vez, después de una pausa.</p> <p>Posibilidad de moverse rápidamente a través del contenido elegido, sin verse.</p>
<p><b>Características del servicio:</b></p> <p>Aplicación punto-multipunto.</p> <p>Amplio canal downstream y posibilidad de canal upstream en sistemas mejorados.</p> <p>El tiempo de respuesta es un factor crítico.</p>			

<b>Nombre del servicio: Videoconferencia</b>		
<p><b>Descripción del servicio:</b> Es un servicio en el que están involucrados dos o más personas situadas en lugares geográficos diferentes, conectados por medio de un proveedor de servicios multipunto. Uno de los usuarios anuncia, establece y controla la videoconferencia. Durante ésta se pueden intercambiar diferentes tipos de información: datos, fax, ficheros, etc. La videoconferencia ofrece intercambio bidireccional y en tiempo real de audio, video y datos entre múltiples usuarios.</p>		
<p><b>Agentes involucrados:</b> Proveedores de servicio, usuario final y proveedor de transporte (red)</p>		
<b>Funciones propias de cada agente</b>		
<b>Proveedores de servicio</b>	<b>Proveedor de transporte</b>	<b>Usuario Final</b>
Ofrecer una aplicación con interfaz de usuario sencilla de uso y con diferentes parámetros de servicio.	Ofrecer un red de transporte con parámetros de calidad suficientes para los requerimientos específicos de videoconferencia	Posibilidad de ajustar los parámetros de audio y video para la videoconferencia, tanto previamente, como durante la misma.
Ofrecer un servicio de gestión de ancho de banda para cada establecimiento.		Posibilidad de interactuar con el resto de integrantes en cualquier momento de la videoconferencia.
Ofrecer un servicio de tarificación / cobro		Posibilidad de selección del ancho de banda requerido para la calidad de la transmisión
<b>Características del servicio:</b>		
Aplicación punto a punto		

Apéndice C. Diagrama del sistema de acceso de banda ancha inalámbrico basado en la solución Alcatel Evolium™ LMDS 7390



**9. Abreviaturas y Acrónimos.**

**A**

<b>AAL</b>	Capa de adaptación ATM
<b>ABR</b>	Available Bit Rate
<b>ABS</b>	Áreas Básicas de Servicio
<b>ACTS</b>	Advanced Communication Technologies and Services
<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor Digital Asimétrico
<b>AGIT</b>	Área General de Ingeniería y Tecnología
<b>APM</b>	Add Drop Multiplexer
<b>ASP</b>	Application Service Provider
<b>AT</b>	Access Terminal; Terminal de acceso
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode; Modo de Transferencia Asíncrono

**B**

<b>BNI</b>	Broadband Networks, Inc.
<b>BS</b>	base station ; estación base
<b>BTA</b>	Basic Trading Area --Área de Mercado Básica

**C**

<b>CANIETI</b>	Cámara Nacional de la Industria Electrónica. de Telecomunicaciones e Informática
<b>CATV</b>	Televisión por cable (Cable TV)
<b>CBR</b>	Constant Bit Rate; tasa de bits constante
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access; Acceso Múltiple por División de Código
<b>CITEL</b>	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
<b>CO</b>	Central Office; Oficina Central
<b>CORP</b>	corporativos
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment; Equipo en las Instalaciones del Cliente o Equipo del Cliente
<b>CRABS</b>	Cellular Radio Access for Broadband Services

**D**

<b>DS-0</b>	Digital Signal, level 0; Señal digital, nivel 0
<b>DPM</b>	Data Processor Module; Modulo Procesador de Datos

**E**

<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standard Institute
-------------	--

## 9. Abreviaturas y acrónimos.

### F

<b>FCC</b>	Federal Communications Commission
<b>FDD</b>	Frequency Division Duplex; Duplex División de Frecuencia Duplex
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access; Acceso Múltiple por División de Frecuencia
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol; Protocolo de Transferencia de Archivos
<b>FUB</b>	Fondazione Ugo Bordonì

### H

<b>HDSL</b>	High Bit Rate Digital Subscriber Line; Línea de Suscriptor Digital de Alta Velocidad ó DSL de Alta velocidad.
<b>HH</b>	private households; hogares privados

### I

<b>IDSL</b>	ISDN Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor Digital ISDN
<b>IDU</b>	Indoor Data Unit; Unidad de Datos Interior
<b>IEC</b>	International Engineering Consortium
<b>ILEC</b>	Incumbent Local Exchange Carriers
<b>IP</b>	Internet Protocol; Protocolo de Internet
<b>ISP</b>	Internet Service Provider; Proveedor de servicios de Internet

### L

<b>LMCS</b>	Local Multipoint Communications System; Sistema de Comunicaciones Locales Multipunto
<b>LMDS</b>	Local Multipoint Distribution System; Sistema de Distribución Local Multipunto

### M

<b>MAC</b>	Medium Access Control; Control de Acceso al Medio
<b>Mesh</b>	MP-MP
<b>MP-MP</b>	multipoint-to-multipoint; multipunto a multipunto
<b>MTU</b>	Maximum Transfer Unit; Unidad de Transferencia Máxima
<b>MVDS</b>	Multipoint Video Distribution System; Sistema de Distribución de Video Multipunto



## 9. Abreviaturas y acrónimos.

<b>N</b>	
<b>NE</b>	Network Elements; Elementos de la red
<b>NGSO</b>	Órbita NO-Geoestacionaria
<b>NIU</b>	Network Interface Unit; Unidad de la Interfaz de Red
<b>NNE</b>	Network Node Equipment; Equipo del Nodo de la Red
<b>NOC</b>	Network Operations Center; Centro de Operaciones de la Red
<b>NMS</b>	Network Management System; Sistema de Administración de la Red
<b>NT</b>	Network Termination; Terminación de red
<b>O</b>	
<b>OC</b>	Optical Carrier
<b>P</b>	
<b>PAR</b>	peak-to-average ratio; razón pico a promedio
<b>PC</b>	Personal Computer; computadora personal
<b>PMP</b>	PMP point-to-multipoint; punto a multipunto
<b>POTS</b>	Plain Old Telephone Service; Servicio Telefónico Ordinario
<b>R</b>	
<b>RBS</b>	Radio Base Station; Estación base de radio
<b>RDSI</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>RF</b>	Radio Frequency; Radio Frecuencia
<b>RR</b>	Reglamento de Radiocomunicaciones
<b>RT</b>	Radio Termination; Terminación de radio
<b>RTPC</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>S</b>	
<b>SAR</b>	Segmentation And Reassembly
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy; Jerarquía Digital Síncrona
<b>SDSL</b>	Symmetric (or single par) Digital Subscriber Line - Línea de Suscriptor (o un solo par) Digital Simétrica.
<b>SF</b>	Servicio fijo
<b>SME</b>	Small and Medium-sized Enterprises; Empresas Pequeñas y Medianas
<b>SOHO</b>	Small Offices/Home Offices
<b>SONET</b>	Synchronous Optical Network; Red Óptica Síncrona
<b>STB</b>	Set Top Box

## 9. Abreviaturas y acrónimos.

### T

**TDD** Time Division Duplex; Duplex División de Tiempo  
**TDMA** Time Division Multiple Acceso; Acceso Múltiple por División de Tiempo  
**TOR** Telecomunicaciones Operadas por Radio

### U

**UE** Unión Europea  
**UIT** Unión Internacional de Telecomunicaciones  
**UIT-R** UIT Sector de Radiocomunicaciones

### V

**VBR** Variable Bi Rate; Tasa de bits variable  
**VC** Virtual Circuit Identifier; Identificador de Circuito Virtual  
**VPI** Virtual Path Identifier; Identificador de Camino Virtual  
**VDSL** Very High Bit Rate Digital Subscriber Line; Línea digital de tasa muy alta al suscriptor.  
**VHF** Very High Frequency

### X

**XDSL** Digital Subscriber Line; Línea digital del suscriptor

**Glosario.**

**B**

**backbone** Núcleo estructural de la red, que conecta todos los componentes de la red de manera que se pueda producir la comunicación.

**C**

**CATV** Un sistema de televisión comunitaria, servida por cable y conectada a una antena (o grupo de antenas) común.

**CBR** Es la velocidad fija a la que se envían los bits en un flujo mantenido. La CBR es útil para aplicaciones que requieran una transmisión constante aunque pequeña, por ejemplo, el monitoreo remoto de sitios.

**carrier (operador)** En la industria de las telecomunicaciones y trabajos relacionados con Internet, el término operador presenta un significado especial y se refiere a una organización o empresa que ofrece para su venta servicios de transmisión electromagnética y que realiza parte de dicha transmisión (denominado "envío de tráfico") a través del funcionamiento de equipos e instalaciones.

**E**

**enlace** Canal de comunicaciones de red que se compone de un circuito o ruta de transmisión y todo el equipo relacionado entre un emisor y un receptor.

A veces se denomina línea o enlace de transmisión.

**F**

**FTP** Como su nombre lo indica, es un protocolo que define los mecanismos y reglas para transferir archivos entre las diversas computadoras de la red.

**LAN** Red de datos de alta velocidad y bajo nivel de errores que cubre un área geográfica relativamente pequeña (hasta unos pocos miles de metros). Las LAN conectan estaciones de trabajo, periféricos, terminales y otros dispositivos en un solo edificio u otra área geográficamente limitada. Los estándares de LAN especifican el cableado y señalización en las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI.

**N**

**navegar** Término empleado cuando se salta entre documentos de hipertexto en el World Wide Web.

**P**

**PBX** Conmutador de un teléfono analógico o digital ubicado en las instalaciones del suscriptor y que se usa para conectar redes telefónicas privadas y públicas.

**POP** Punto de interconexión entre las instalaciones de comunicación suministradas por la compañía telefónica y el servicio de distribución principal del edificio.

**Q**

**QoS** Medida de desempeño de un sistema de transmisión que refleja su calidad de transmisión y disponibilidad de servicio.

**S**

**Set-top box** Es el dispositivo que permite la descodificación de las señales de televisión provenientes de la cabecera, ya sean estas analógicas o digitales.

**X**

**X.25** Estándar UIT-T que define la manera en que las conexiones entre los DTE y DCE se mantienen para el acceso a la terminal remota y las comunicaciones en computadores en las redes de datos públicas