



## Introducción a los Sistemas de Comunicaciones por Microondas

### Capítulo 1

Ing. Marcial Antonio López Tafur  
mlopez@uni.edu.pe

2010-2

### Contenido:

- Equipo de Microondas
- La UIT
- ¿Por qué radiofrecuencias?
- Aplicaciones de las microondas
- Operador de enlaces fijos (Red troncal)
- Aplicaciones en Redes Privadas Utilitarias
- Red de distribución de Televisión
- Red troncal para móvil
- Proceso de diseño

Sistemas de MW

2

## Equipos de Microondas

- Enlaces punto a punto en modo duplex
- La señal de banda base contiene la información del usuario.
- Ancho de banda limitado, depende del esquema de modulación empleado.
- Se modula una portadora de RF y se transmite.
- Los enlaces van de 1GHz a 60 GHz

Sistemas de MW

3

Tabla 1.1 Uso del Espectro Electromagnético

Frecuencia	$\lambda$	Aplicación
10 KHz	30 Km.	Bajas frecuencias para comunicaciones submarinas.
100 KHz	3 Km.	Radiodifusión de ondas largas.
1 MHz	300 m	Radiodifusión AM
10 MHz	30 m	Ondas cortas de radio (Ionosfera)
100 MHz	3 m	Transmisión FM.
150 MHz	2 m	Radio Mobil.
300 MHz	1 m	Enlaces de microondas para difusión de TV UHF y UHF punto a punto.
3-60 GHz	10 cm - 0.5 cm	Enlaces de microondas.

Sistemas de MW

4

## Bandas de frecuencias para los enlaces de microondas

Bandas	Rangos	Comentario
2 GHz	1.7 - 2.7 GHz	Ahora designado como bandas móviles para PCS y DECT
4 GHz	3.8 - 4.2 GHz	Bandas típicas del operador, de alta capacidad
6 GHz	5.9 - 7.1 GHz	Bandas típicas del operador, de alta capacidad
7/8 GHz	7.1-8.5 GHz	Longitudes medias para altas capacidades
11 GHz	10.7-11.7 GHz	Bandas tradicionales publicas del operador de alta capacidad

Sistemas de MW

5

Bandas	Rangos	Comentario
13 GHz	12.7 - 13.3 GHz	Típicamente bajas capacidades a medio
15 GHz	14.4 - 15.4 GHz	Todas las capacidades
18 GHz	17.7-19.7 GHz	Banda tradicional del operador publico bajas para capacidades a medio
23 GHz	21.2 - 23.6 GHz	Todas las capacidades
26 GHz	24.5 - 26.5 GHz	Todas las capacidades
38 GHz	37 - 39.5 GHz	Todas las capacidades

Sistemas de MW

6

## Asignaciones de Frecuencias

- **GPS:** 1575.42 MHz /1227.60 MHz
- **Hornos de Microondas:** 2.45 GHz
- **DBS (US):** 11.7-12.5 GHz
- **ISM (US):** 902-928 MHz / 2.4-2.484 GHz  
5.725-5.850 GHz
- **UWB (US):** 3.1-10.6 GHz

Fuente: Microwave Engineering 3d Ed. John Wiley & Sons, Inc. 2005.

Sistemas de MW

7

## Designación de Bandas (Aprox)

Banda	Rango en GHz
L	1-2
S	2-4
C	4-8
X	8-12
Ku	12-18
K	18-26
Ka	26-40
U	40-60
V	50-75
E	60-90

**Fuente:**  
Microwave  
Engineering 3d  
Ed. John Wiley  
& Sons, Inc.  
2005.  
Otras fuentes  
dan a K de 18-  
27 y Ka de 27  
a 40 GHz

Sistemas de MW

8

## Ejemplos de bandas licenciadas para enlaces fijos en EE.UU

Frequency band (GHz)	Nombre del Servicio / Notas
2.150–2.156	MDS1 / Canal simple 6-MHz para MMDS
2.156–2.162	MDS2 / Canal simple 6-MHz para MMDS
2.156–2.160	MDS2A Narrow 4-MHz MMDS channel
2.500–2.690	MMDS/ITFS 31 canales de 6-MHz compartidos entre operadores de ITFS y MMDS.
3.8–4.2	Common carrier band for PTP link systems
5.9–7.1	Common carrier band for PTP link systems
10.7–11.7	Common carrier band for PTP link systems
12.7–13.25	CARS para servicio de repetición de CATV
24.25–25.25	DEMS = Digital Electronic Messaging Service.
28	LMDS = Local Multipoint Distribution Service.

**Notas:** MMDS = Multipoint Multi-channel Distribution Service.  
ITFS = Instructional Television Fixed Service.  
CARS = Cable Television Relay Service.

Sistemas de MW

9

## Banda Licenciada\*(GHz) — Nombre y/o descripción del Servicio

3.4 – 3.6 — Son empleados espaciamiento duplex de 50 ó 100 MHz. El limite superior de esta banda en algunos países es 3.7 GHz. (En otros países asignado al Wimax – Caso del Perú).

3.8 – 4.2 — Banda de operación publica de alta capacidad para sistemas de enlaces de PTP

5.9 – 7.1 — Banda de operación publica de alta capacidad para sistemas de enlaces PTP

7.1 – 8.5 — Banda de operación publica de media y alta capacidad para sistemas de tirada larga PTP

10.15 – 10.65 — 5 × 30-MHz canales con espaciamiento duplex de 350 MHz

10.7 – 11.7 — Banda de operación publica de alta capacidad para sistemas de enlaces PTP

\*En Europa

Sistemas de MW

10

## Banda Licenciada\*(GHz) — Nombre y/o descripción del Servicio

12.7 – 13.3 — Banda de operación publica de baja y media capacidad

14.4 – 15.4 — Operación de enlaces fijos de varios tipos

17.7 – 19.7 — Banda de operación publica para baja y media capacidad

21.2 – 23.6 — Banda de operación publica para sistemas de enlaces PTP de varios tipos

24.5 – 26.5 — Banda ETSI 26GHz .Canales FDD de 3.5 a 112MHz con espaciamiento duplex de 1008MHz. Variando el ancho del canal de un país a otro

37 – 39.5 — Banda de portadora común para sistemas de enlaces PTP

\*En Europa

Sistemas de MW

11

## Bandas Libres\*(GHz) – Nombre y/o descripción del Servicio

**2.4 – 2.483 ISM** (ISM = Industrial, científico y medico). Esta banda es donde opera las redes de IEEE 802.11b DSSS

**5.15 – 5.35 U-NII** (U-NII = Información Nacional de Infraestructura-Sin licencia). Esta banda es donde opera los sistemas IEEE 802.11a multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) en medio de varias otras normas propietarias. Los anchos de los canales son de 20 MHz, límites particulares de potencia aplicados para segmentos de esta banda pretendida para aplicaciones en interiores y exteriores

**5.725 – 5.825 U-NII** Igual que la banda U-NII 5.15 – 5.35 GHz excepto que esta banda es pretendida solamente para aplicaciones en exteriores con niveles de potencia de radiación de hasta 4 W

\*En EE.UU.

Sistemas de MW

12

**Bandas Libres\*(GHz) - Nombre y/o descripción del Servicio**

**2.4 – 2.483 ISM** (ISM = Industrial, científico y medico). Esta es la misma banda es donde opera las redes de IEEE 802.11b DSSS en los EE.UU.

**5.15 – 5.35 HiperLAN** (Es la red inalámbrica rápida para Europa). Esta banda es donde opera los sistemas IEEE 802.11a multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) esta banda propuesta para aplicaciones en interiores

**5.470 – 5.725 HiperLAN/2** Banda de frecuencia propuesta para aplicaciones en exteriores con niveles de potencia de radiación limitados a 1 W

\*En Europa.

Sistemas de MW

13



**La UIT**

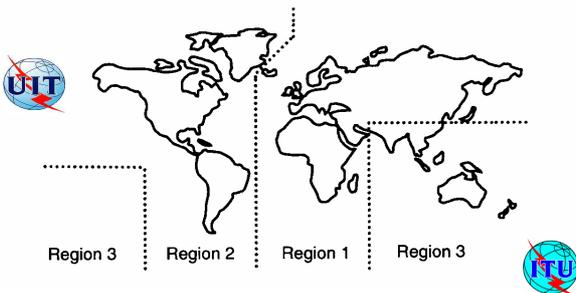


- Unión Internacional de Telecomunicaciones
- ITU-T Agencia de Telecomunicaciones (ex CCITT)
- ITU-R Agencia de Radiocomunicaciones (ex CCIR), coordina la radio frecuencias:
  - WARC: Conferencia Mundial Administrativa de Radio
  - RRB: Buró de Regulaciones de Radio

Sistemas de MW

14

**Mapa de las regiones de la ITU**



Sistemas de MW

15

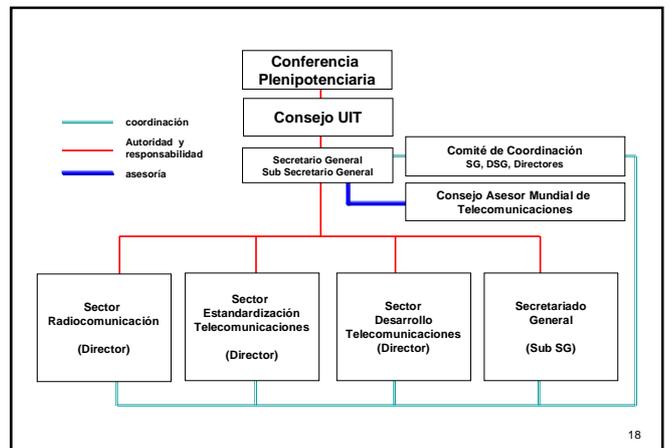
**Labores de la UIT**

- Ubicaciones en el espectro y registro
- Coordinación de planes nacionales de frec.
- Estandarización Internacional de telecoms
- Colaboración en el establecimiento tarifario
- Cooperación en desarrollo de las telecom.
- Medidas para asegurar la vida
- Revisión de políticas, intercambio de información
- Extensión en la universalidad del servicio

**Estructura de la UIT**

- Conferencia Plenipotenciaria
- Concilio
- World Radiocommunication Conferences/RRC
- Asambleas de radiocomunicaciones y grupos de estudio.
- Conferencias sobre estandarización de Telecomunicaciones
- Conferencias sobre desarrollo

17



18

### (UIT-R): Misión

- *“Asegurar el uso racional, equitativo, eficiente y económico del espectro de radio frecuencias para todos los servicios de radiocomunicaciones – incluidos aquellos que usan satélite de órbita geoestacionaria - y realizar estudios sobre temas de radiocomunicaciones ”*

### Radiocomunicaciones (UIT-R)

- Conferencias Mundiales / Regional sobre Radiocomunicaciones
- Junta de regulaciones de Radio
- Congresos de telecomunicaciones
- Grupos de estudio
- Grupo asesor en telecomunicaciones
- Agencia (Bureau - BR)

20

### Radiocomunicación (UIT-R)

- Grupo de Estudio Radiocomunicaciones
  - Equipo de expertos (radio) de sectores privados y públicos
    - 188 administraciones
    - 157 compañías sector privado (106 operadores, 51 organizaciones científicas e industriales)
    - 49 Organizaciones internacionales
  - Preparación de las Recomendaciones UIT-R

21

### Estandarización (UIT-T)

- World Telecommunication Standardization Conference (WTSC )
- Grupos de estudio
- Grupo asesor para la estandarización de Telecomunicaciones
- Agencia - Bureau (TSB)
  - Aspectos Técnicos
  - Temas operacionales
  - Temas tarifarios
  - Preparación de las Recomendaciones UIT-T

22

### Desarrollo (UIT-D)

- Conferencia Desarrollo Mundial
- Conferencia Desarrollo Regional
- Grupos de estudio
- Agencia (Bureau - BDT)
- Oficinas regionales

23

### Secretaría General - UIT

- Secretario-General & Sub Secretario
- Planificación estratégica
- Conferencias
- Financiamiento
- Personal
- Servicios de Información
- Servicios Comunes
- Telecomunicaciones

24

- La proliferación de nuevos servicios satelitales ha hecho que el WARC haya sacrificado muchas bandas fijas de MW terrestres, ejemplo la parte baja de la banda de 23 GHz ahora se usa para servicio satelital Direct-To-Home (Directo a casa) y las tecnologías de radio móvil y PCN (Redes Personales de Comunicaciones) amenazan severamente las bandas para enlaces debajo de los 3 GHz, por ejemplo el Wimax que opera en 3.5 GHz y la UWB.

Sistemas de MW

25

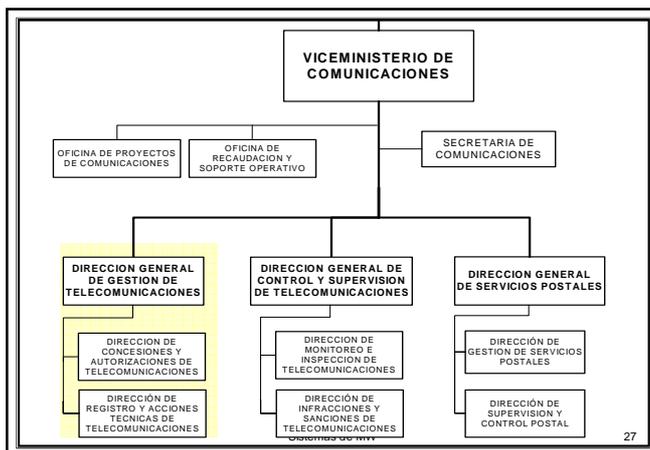
## En el Perú: el MTC

- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Sistemas de MW

26



27

## ¿Por qué radiofrecuencias?

- La demanda por sistemas de transmisión rentables y de alta calidad, está creciendo mundialmente con la creciente demanda para servicios de telecomunicaciones.
- El explosivo crecimiento de tráfico de datos de redes, ha resultado en demandas para nuevas redes digitales basadas en estándares tales como SDH, GSM, DECT, y el radio troncalizado terrestre (TETRA - Terrestrial Trunking RAdio).

Sistemas de MW

28

- Lo primero es definir el medio de transmisión a usar, bien sea operadores públicos (PTO Public Telecommunication Operator) que rentan líneas dedicadas. Otra opción es la fibra óptica (FO), sobre todo para la transmisión troncal (backbone) y el satélite.
- Las  $\mu$ O son más económicas que el satélite o el arriendo de troncales y tienen ventaja sobre la FO, su principal limitación es su ancho de banda en comparación a la FO

Sistemas de MW

29

- La  $\mu$ O es más económica para enlaces de baja capacidad, no requieren derechos de servidumbre que son caros y toman tiempo conseguirlos.
- Son fáciles de instalar y no impactan sobre el terreno
- La FO tiene un perfil de costo lineal: a mayor distancia más costo,
- Con la  $\mu$ O el costo es proporcional al número de repetidores requeridos, es más barato para grandes distancias.

Sistemas de MW

30

- La FO tiene que excavar caminos y la infraestructura existente perturba para la instalación.
- El éxito de la red depende a menudo cuán rápido el operador puede ponerla en funcionamiento y ofrecer sus servicios
- Otra ventaja de la  $\mu O$  es que la inversión en equipamiento tiene un costo fijo más bajo asociado con él, permitiendo extender los costos uniformemente sobre de la vida del sistema, reduciendo así el riesgo de la inversión

Sistemas de MW

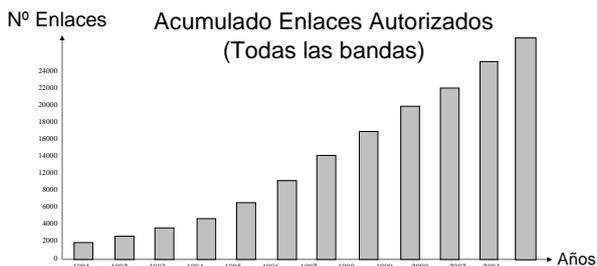
31

- La otra gran ventaja de las microondas es desde el punto de vista de retorno de la inversión, el equipo es re-utilizable.
- A menudo se instalan los sistemas de microondas para grandes proyectos donde la fibra es una buena solución a largo plazo.
- Para aprovechar al máximo su gran utilidad; una vez que la troncal de fibra se ha instalado, las microondas se retiran y son reinstaladas en otra parte.

Sistemas de MW

32

### Crecimiento de las redes de microonda en Inglaterra



Sistemas de MW

33

- Los enlaces de MW trabajan a menudo bastante bien en trayectos que no tiene claridad ó línea-de-vista completa (LOS: Line Of Sight).
- La tasa de error de fondo de los sistemas de microondas es ahora comparable con la de los sistemas de fibra, haciéndolos un medio de transmisión ideal para los servicios de datos tal como el Modo del Transferencia Asíncrono (ATM).

Sistemas de MW

34

- La limitación principal de los sistemas de  $\mu O$  (Microwave ó microonda) es que se requiere que exista línea de vista entre los sitios.
- La disponibilidad del espectro es a menudo limitada y cara, y el ancho de banda está limitado para aplicaciones de muy alta capacidad
- Las  $\mu O$  son a menudo la solución ideal para las redes de acceso: El backhaul de GSM, las aplicaciones del lazo local inalámbrico (WLL – Wireless Local Loop), y empresas utilitarias (electricidad, gas, y agua)

Sistemas de MW

35

### Aplicaciones de las microondas

- Anteriormente para troncales de alta-capacidad por los PTOs o carriers, estos las han reemplazado por FO.
- Los PTO ahora las usan en secciones de baja capacidad de la red.
- El crecimiento explosivo en las microondas ha sido en el acceso inalámbrico

Sistemas de MW

36

### Operador de enlaces fijos (Red troncal) ó Portador (Carrier)

- Suministran capacidad troncal con una adecuada calidad y capacidad de llevar todo el tráfico requerido, presente y futuro.
- Expansiones futuras deben considerarse cuidadosamente al inicio, incrementar la capacidad después puede ser costoso y causar interrupciones mayores.
- Incrementar la capacidad significa ocupar un ancho de banda más grande, nuevas frecuencias deben ser solicitadas.

Sistemas de MW

37

- Deben considerar donde probablemente el tráfico va a ser adherido a la red troncal (backbone) de tal manera de asegurar su acceso.
- Es un equilibrio entre prepararse para el futuro y optimizar el reembolso de la inversión del capital.
- Requerirán planificación por etapas, para reducir el gasto de capital inicial requerido y así maximizar el retorno de la inversión

Sistemas de MW

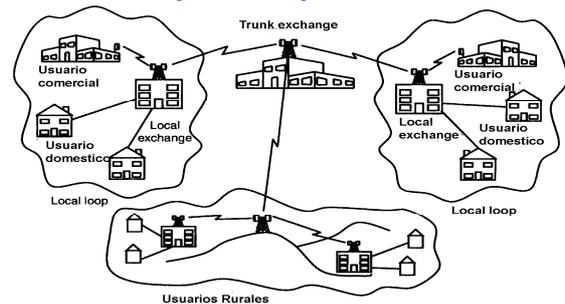
38

- Los operadores que provean nuevos sistemas necesitan especificar el número de circuitos primarios (p.e. E1) que tienen que ser transportados de un punto A hacia un punto B.
- Además, se debe especificar el número de circuitos a ser agregados y derivados en cada sitio a lo largo de la ruta.
- Flexibilidad a la capacidad de transmisión acomodada en él y su acceso a la red son las claves de la fortaleza de la misma.

Sistemas de MW

39

### Diagrama de bloques de una típica red portadora



Sistemas de MW

40

### Aplicaciones en Redes Privadas Utilitarias (eléctricas, agua o gas )

- No tienen requerimientos de grandes anchos de banda.
- Tienen sus propias redes de transmisión privadas debido a los requerimientos de alta confiabilidad requeridos por el tipo de información transportado (p.e. telemetría y control remoto)

Sistemas de MW

41

- La estabilidad de red de energía de un país depende de la calidad y confiabilidad de la red de las telecomunicaciones. A menudo se usan redes de VHF y UHF para propósitos de mantenimiento, y estas estaciones base necesitan conexiones de retorno a los varios centros de control.
- Los circuitos digitales (tipo TETRA) también necesitan ser conectados al centro del control principal

Sistemas de MW

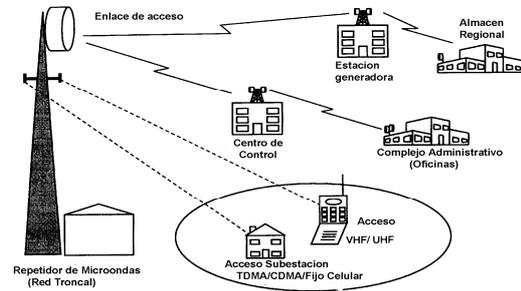
42

- Estos circuitos de la tele protección son así muy importantes - **el daño consiguiente que puede ocurrir como resultado del falla en las telecomunicaciones puede contarse por millones de dólares.**
- Los utilitarios llevan a menudo circuitos que tienen una importancia muy alta y no necesariamente con alta capacidad, razón porque los utilitarios tienen redes privadas.
- El nivel de calidad requerido es a menudo mayor que el proporcionado por la red pública (PTT).

Sistemas de MW

43

### Diagrama típico de una red utilitaria de energía



Sistemas de MW

44

### Red de distribución de Televisión

- Las redes de transmisión conectan diversas estaciones repetidoras de radio y TV a los lugares de transmisión nacional y regional.
- Los sitios de transmisión de TV están localizados generalmente en cumbres de cerros, con infraestructura de microondas tales como torres y ambientes ya disponibles.

Sistemas de MW

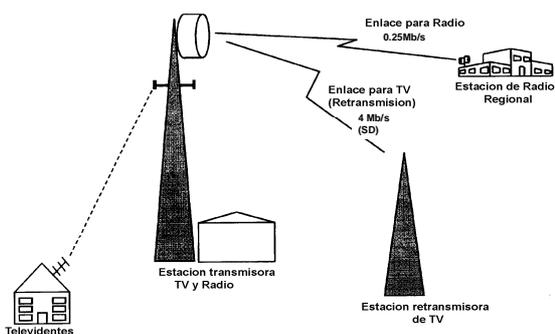
45

- Las señales de SDTV con mpeg2 son del orden de 4 a 9 Mbps, con mpeg4 se reduce aún más
- El video codificado en un tren de 4 ú 8 Mbps se conecta directamente a un enlace de microondas (se emplea  $n \times E1$ )
- La radio se comprime a 0.25 a 0.5 Mbps.
- Las redes de TV a menudo requieren de un arreglo de multi derivación para distribuir circuitos de TV para varios lugares.
- No es el caso del Perú donde se usa satélite

Sistemas de MW

46

### Diagrama de una típica red de distribución de TV



47

### Red troncal móvil (Backhaul network)

- Requieren de una red de transmisión para concentrar y enrutar el tráfico del repetidor a los centros de conmutación.
- En un entorno GSM, cada estación base transceptora (BTS – Base Transceiver Station) tiene radios en varios sectores.
- Cada uno requiere dos periodos de tiempo de 64-Kbps para transportar el tráfico del sector más un canal de 64-Kbps para señalización.

Sistemas de MW

48

- El sector usualmente emplea un substrato de canal de audio (16-Kbps) usando ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) esto permite hasta cuatro canales de audio por circuito de 64-Kbps. Hasta 10 transmisores pueden acomodarse en un solo circuito E1.
- Los BTS también pueden llevar normalmente dos circuitos E1 sin requerir multiplexación externa.

Sistemas de MW

49

- Los arreglos BTS en términos del número de sectores y radios por sector debe ser especificado además de los detalles de los radio GSM actuales. Esto determinara la capacidad real requerida para la interconexión de repetidores GSM.
- Esto determinara la capacidad real requerida para la interconexión de repetidores GSM.
- Se debe especificar el número de sitios de BTS requeridos a ser conectados a los controladores de las estaciones base (BSCs – Base Station Controllers) y su ubicación física.

Sistemas de MW

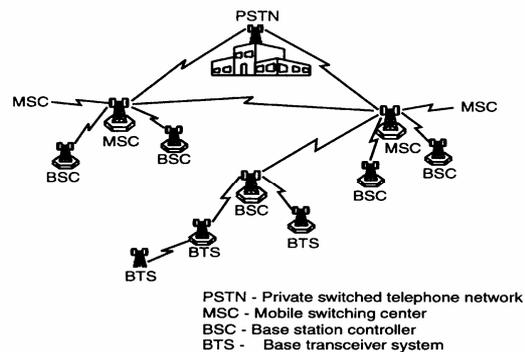
50

- Se debe también especificar el número de BSCs requerido para ser conectado al centro de conmutación móvil (MSC – Mobile Switching Center)
- Además, puede ser requerida conexión directa a la telefonía pública (PSTN – Public Switched Telephony Network) entre algunas de las BTSs y las MSC; debe especificarse también el número de conexiones y la capacidad requerida.

Sistemas de MW

51

### Diagrama típico de una red troncal celular



52

### Proceso de diseño

- Reglas basadas en fórmulas matemáticas, modelos empíricos, y complejos análisis son esenciales para la comprensión de un diseño, **“pero ningún juicio de la ingeniería reemplazará a la experiencia práctica”**.
- No empezar con un punto de vista equivocado Como: “¿Qué margen de desvanecimiento debo considerar?”

Sistemas de MW

53

- El punto de vista correcto es **“averiguar las necesidades reales del cliente”**.
- El punto de partida es transformar los requerimientos del cliente en un plan de transmisión que fije los objetivos de calidad.
- Un total entendiendo de lo que el cliente realmente quiere y necesita es uno de los aspectos más difíciles e involucra un acercamiento reiterativo, desde que el cliente a menudo no entiende el impacto en el costo de los requisitos especificados.

Sistemas de MW

54

- Todos los sistemas experimentan alguna degradación de la del la calidad y períodos de falla.
- Es esencial que el diseñador pueda explicar cuidadosamente el nivel de calidad que pueda ser esperado y el riesgo de falla en la transmisión debido a la topología de diseño empleada.
- Estos requerimientos del cliente necesitan ser trasladados a un diagrama de rutas antes que empiece el proceso de diseño en detalle.

Sistemas de MW

55

- El diseño detallado involucra transformar la ruta en un detallado plan de radio enlaces, identificando convenientemente los repetidores activos y pasivos.
- Se requiere detallada inspección de frecuencias para el plan de sitios y rutas.
- Cada salto debe diseñarse para alcanzar ciertos objetivos de calidad.
- Así, estos objetivos necesitan ser entendidos y aplicados.

Sistemas de MW

56

- Una completa comprensión de las características y configuraciones del equipo, permitirá escoger el equipo más apropiado para alcanzar los objetivos del diseño.
- Los enlaces sufren desvanecimientos por variadas anomalías en su propagación
- Un completo entendimiento de la propagación y los mecanismos de desvanecimiento permitirán diseñar un sistema que sea robusto bajo las condiciones más difíciles.

Sistemas de MW

57

- Se necesita identificar convenientemente las bandas de frecuencia sobre las cuales operarán los enlaces y tener que conseguir las autorizaciones de las frecuencias a usar ante la autoridad nacional competente.
- Se requiere un detallado conocimiento del plan de frecuencias y las características de las antenas a usar.

Sistemas de MW

58

- La fase final en el proceso de planificación -una que vez todos los aspectos de diseño topológico, objetivos de calidad, consideraciones de los equipos, y de los mecanismos de desvanecimiento son entendidos- es hacer el diseño detallada del enlace, Cubriendo aspectos tales como el margen de desvanecimiento, el tamaño de la antena, y la protección del equipamiento.
- Por último, el diseñador necesitará tomar decisiones fundamentales para la red, como que topología PDH o SDH empleará

Sistemas de MW

59

## Revisión de Conceptos

- Transmisiones inalámbricas  
Los tres tipos de medios (capa física) pueden ser usados para la transmisión de la información en el mundo de las telecomunicaciones:
- Líneas de cobre ( conductor doble trenzado y cable coaxial ) para transmisión de baja y media capacidad de sobre una corta distancia.

Sistemas de MW

60

## Tipos de Redes inalámbricas

- Redes punto a punto (PTP)
  - Un solo enlace o varios enlaces (utilitarios)
- Puntos consecutivos y redes tipo malla.
  - Troncales (Backbone) y
  - Redes con protección
- Redes Punto a Multipunto (MMDS y LMDS)
- Redes Punto a Multipunto con casi línea de vista (NLOS = Near Line Of Sight)

Sistemas de MW

61

- Transmisión de fibra óptica para la transmisión de alta capacidad sobre cualquier distancia.
- Transmisión Inalámbrica
  - Baja (radio móvil) y media capacidad (enlaces de microondas punto a punto) sobre distancias cortas y medianas
  - Satélite para transmisión de baja y media capacidad de sobre grandes distancias
- Para entender la tecnología inalámbrica, se requiere un concepto básico del espectro de radiofrecuencia (RF).

Sistemas de MW

62

- Las microondas y las ondas milimétricas ocupan frecuencias de 1 a 300 GHz, pero discutiremos las características de las bandas para los sistemas terrestres de microondas entre 1 a 60 GHz.
- Dentro del espectro RF, las bandas libres de licencia incluyen la banda industrial, científica, y médica (ISM) (la banda de mayor uso de libre licencia) y la banda Unlicensed National Information Infrastructure (UNII)

Sistemas de MW

63

## E1 y T1

Norteamérica

Nombre	Velocidades (kbps)
DS0	64
DS1	1.544
DS1C	3.152
DS2	6.312
DS3	44.736
DS4	274.176

Sistemas de MW

64

## Jerarquía Digital Japonesa

Designación	Tarifas de Bit (Mbps)	Números de canales de voz
DS1	1.544	24
DS2	6.132	96
DS3	32.064	480
DS4	97.728	1440
DS5	400.352	5760

Sistemas de MW

65

## Velocidades binarias UIT

Designación	Velocidad (kbps)
DS0	64
E1	2,048
E2	8,192
E3	34,368
D4	139,264

Sistemas de MW

66

## PDH, SDH Y SONET

- La señal de Plesiochronous Digital Hierarchy (**PDH**) tiene una característica especial de escalas de tiempos o señales tal que sus significativos correspondientes ocurren nominalmente a la misma tasa.
- El prefijo "plesio" es de origen griego que significa "casi igual pero no exactamente", lo cual significa que los niveles superiores de la jerarquía en la UIT

Sistemas de MW

67

- Synchronous Digital Hierarchy (**SDH**) es una tecnología mas reciente en el campo de la transmisión digital,
- La transmisión se realiza de manera síncrona, de ahí el nombre.
- La mayor ventaja al adoptar ésta tecnología síncrona es que la posibilita combinar diferentes usuarios con diferentes tasa dentro de la señal de transmisión principal, con lo que se eliminan varias etapas de multiplexación a diferencia del PDH.

Sistemas de MW

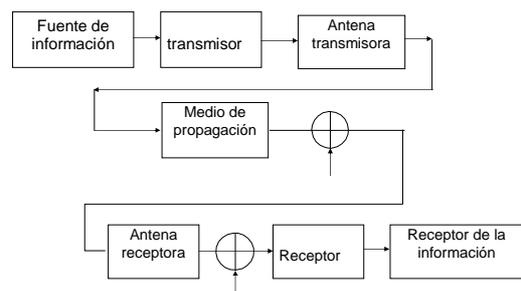
68

- En norteamérica se emplea Synchronous Optical Network (**SONET**) que es un protocolo de transporte digital óptico de segunda generación, la red de fibra opera de manera síncrona entre los diferentes componentes de la red tales como multiplexores, terminales y switches.

Sistemas de MW

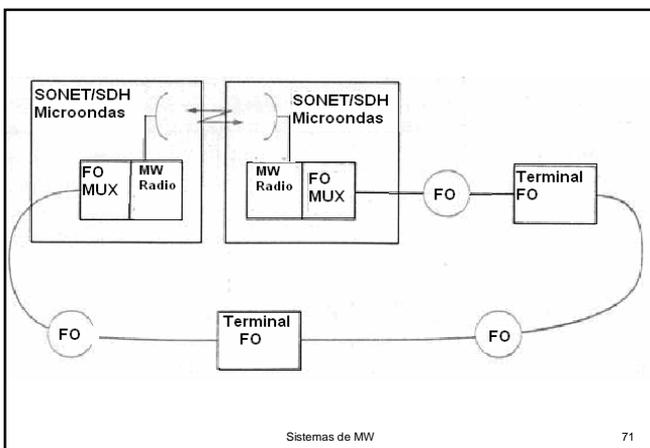
69

## Diagrama de bloques de un sistema básico de comunicaciones inalámbricas



Sistemas de MW

70



Sistemas de MW

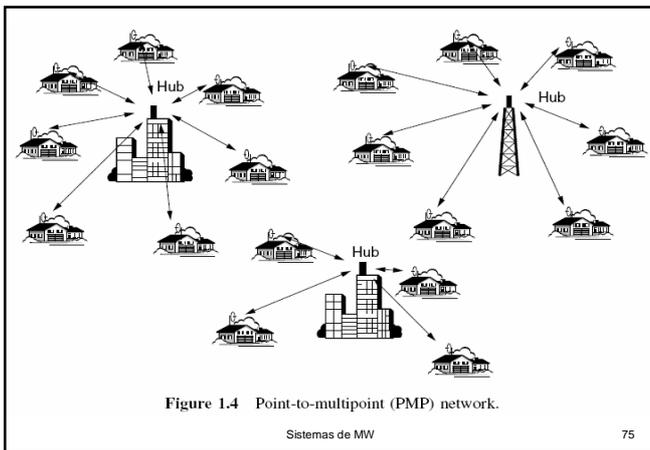
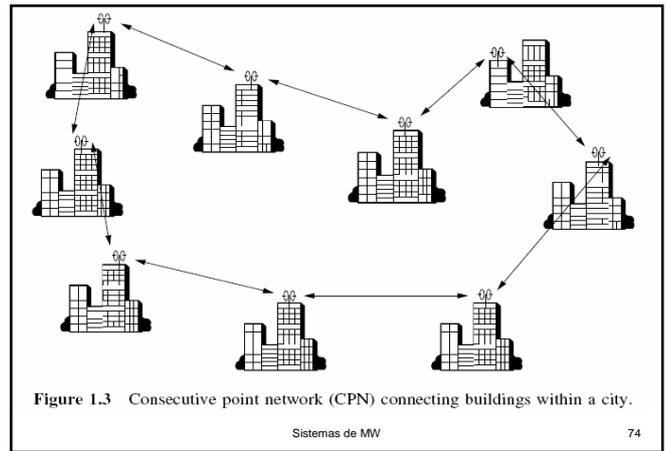
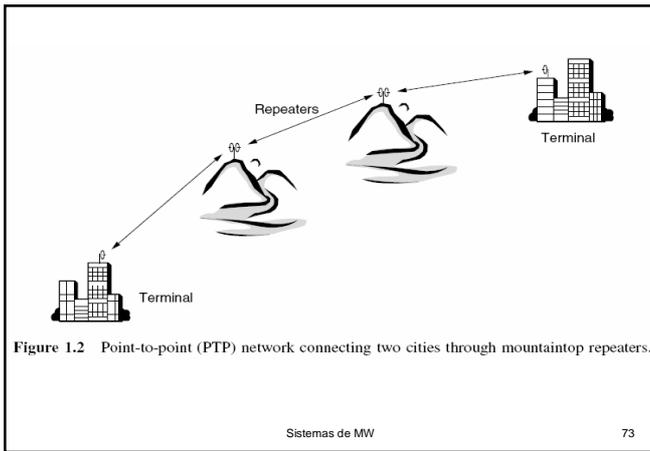
71

## Topología de la red

- Los principales objetivos de la red es conectar todos los puntos de interés, satisfacer las demandas con capacidad, y proveer servicios seguros usando diversos medios (microonda, cobre, fibras ópticas o satélites).
- Durante la construcción de la red, siempre importante establecer un plan que incluya todo el tráfico actual así como para una futura expansión

Sistemas de MW

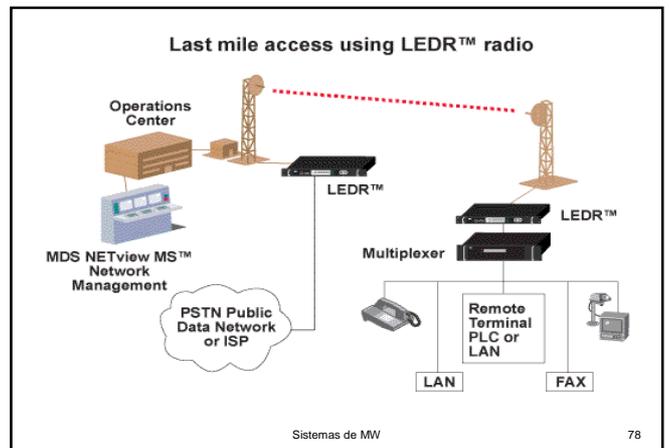
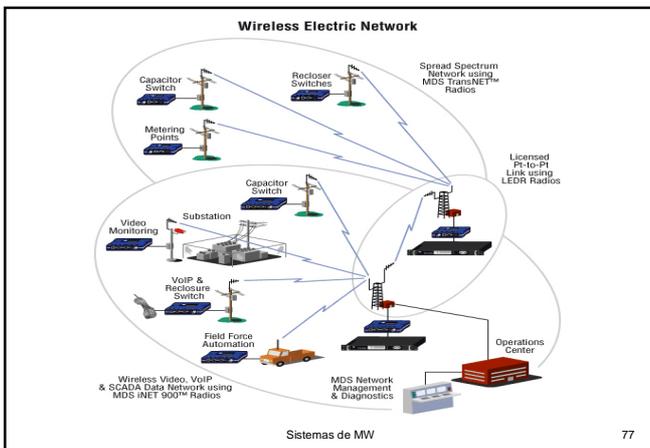
72

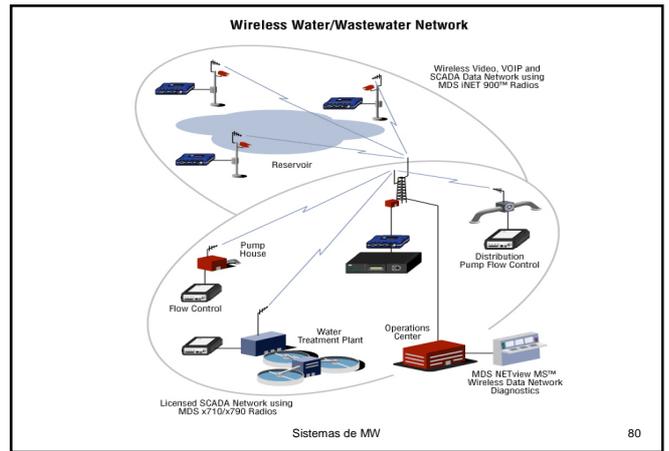
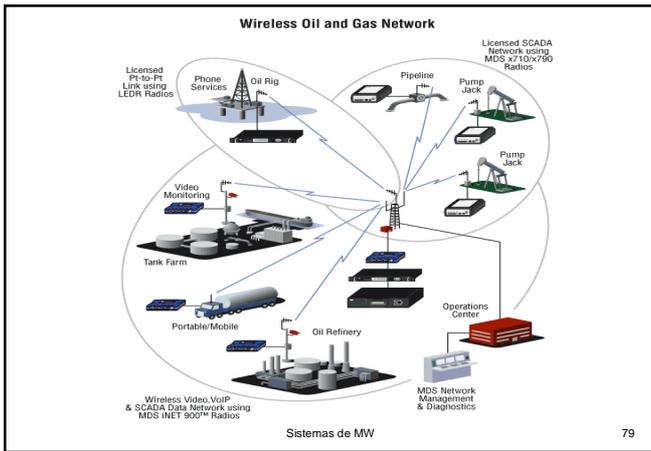


### Ejemplos

- A continuación ejemplos de redes de comunicaciones por microondas para:
  - Red automatizada con sistema SCADA
  - Red utilitaria eléctrica
  - Acceso de ultima milla
  - Red utilitaria de gas y petróleo
  - Red utilitaria de agua y tratamiento de aguas residuales

Sistemas de MW 76





### Aplicación: Plataformas petroleras

Sistemas de MW 81

### Lugares inaccesibles. - Condiciones extremas

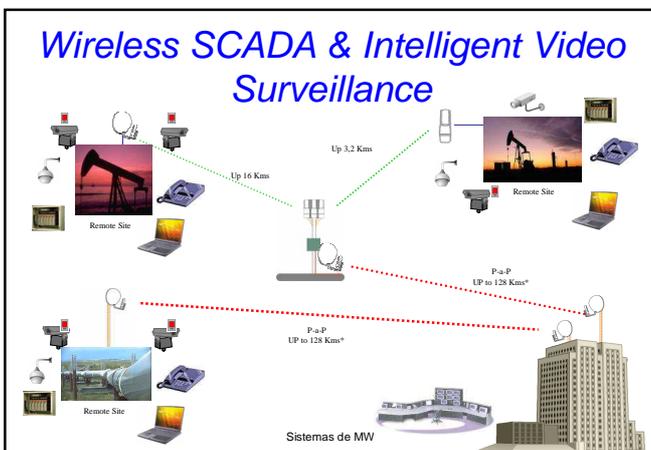
**Problema:** Necesidad de servicios de Voz y datos a 4,800 mts de altura sobre el nivel del mar en la cordillera de los Andes con temperaturas de -40°C y vientos que han superado los 140 Km/h

**Solución:** Se instaló un sistema multipunto con dos clusters a 4800mts y 4600mts sobre el nivel del mar para cubrir el área de oficinas, producción y campamento.

**Resultados:** Plena satisfacción del cliente en los servicios de telefonía y datos que se están brindando. Se planea expandir el sistema incorporando monitoreo remoto con camaras IP. Ya se han realizado las pruebas para la expansión.

Minería

Sistemas de MW 82



### Muchas gracias por su atención

Sistemas de MW 84