



Introducción a los Sistemas de Comunicaciones por Microondas

Capítulo 1

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

2006

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 300 MHz a 60 GHz

Sistemas de MW

3

Tabla 1.1 Uso del Espectro Electromagnético

Frecuencia	λ	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



La UIT

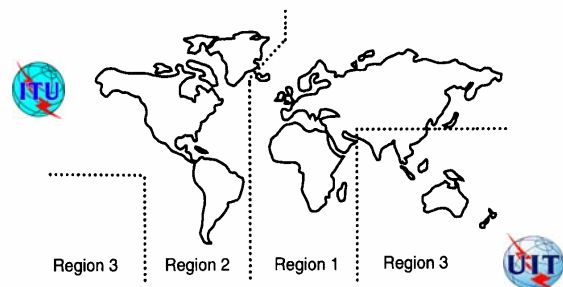


- Unión Internacional de Telecomunicaciones
- ITU-T Agencia de Telecomunicaciones (ex CCITT)
- ITU-R Agencia de Radiocomunicaciones (ex CCIR), coordina la radio frecuencias:
 - WARC: Conferencia Mundial Administrativa de Radio
 - RRB: Buró de Regulaciones de Radio

Sistemas de MW

5

Mapa de las regiones de la ITU



Sistemas de MW

6

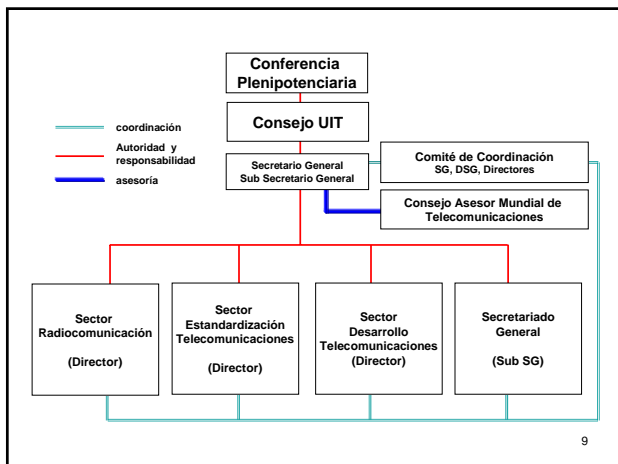
Labores de la UIT

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

Estructura de la ITU

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

8



9

(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)

11

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

12

Estandarización (ITU-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

13

Desarrollo (UIT-D)

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

14

Secretaría General - UIT

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

15

- 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.

Sistemas de MW

16

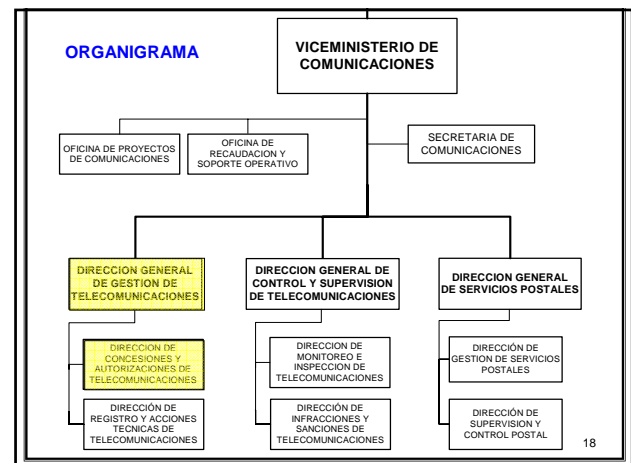
En el Perú el MTC



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Sistemas de MW

17



18

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

19

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

20

¿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

21

- 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 MW 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

22

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

Sistemas de MW

23

- 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 MW 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

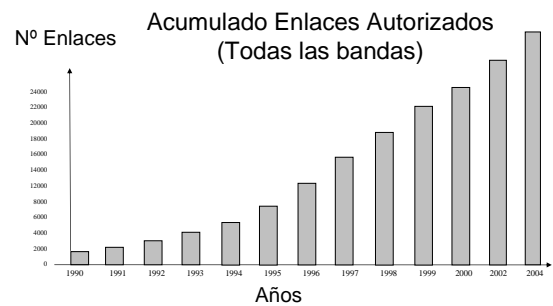
24

- 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 dónde 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

25

Crecimiento de las redes de microonda en Inglaterra



Sistemas de MW

26

- 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

27

- La limitación principal de los sistemas de MW (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 microondas 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

28

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

29

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

30

- 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

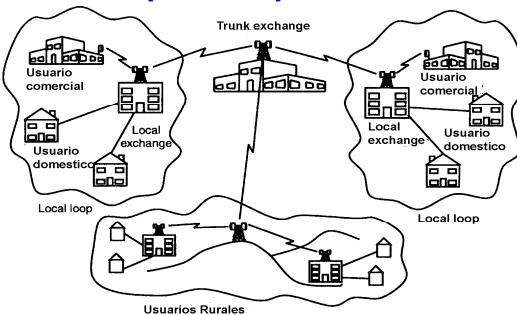
31

- 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

32

Diagrama de bloques de una típica red portadora



Sistemas de MW

33

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

34

- 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

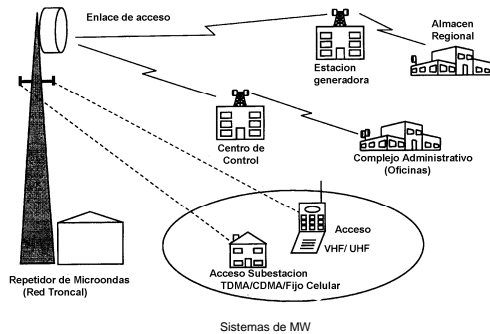
35

- 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

36

Diagrama típico de una red utilitaria de energía



Sistemas de MW

37

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

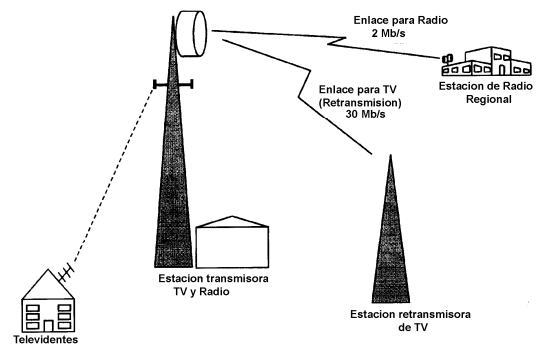
38

- Las señales de TV son del orden de 34 Mbps. (Con mpeg2 puede bajar a 6Mbps)
- El video se codifican (usando MPEG2) y el resultado un tren de 6 ú 8 Mbps se conecta directamente a un enlace de microondas (se emplea $n \times E1$)
- La radio se comprime a 2 Mbps.
- Las redes de TV a menudo requieren de un arreglo de multi derivación para distribuir circuitos de TV para varios lugares.

Sistemas de MW

39

Diagrama de una típica red de distribución de TV



0

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

41

- 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

42

- 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

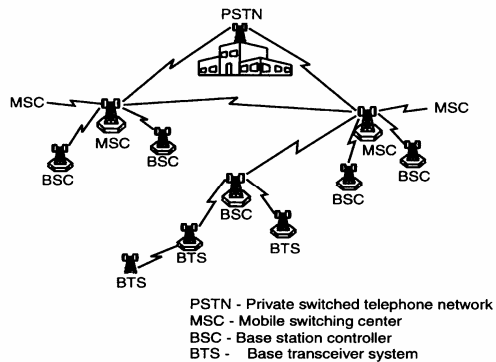
43

- 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

44

Diagrama típico de una red troncal celular



45

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

46

- 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 más difíciles aspectos 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

47

- 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

48

- 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

49

- 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

50

- 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

51

- 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

52

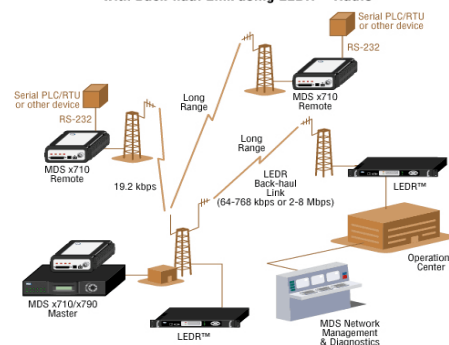
Ejemplos

- 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

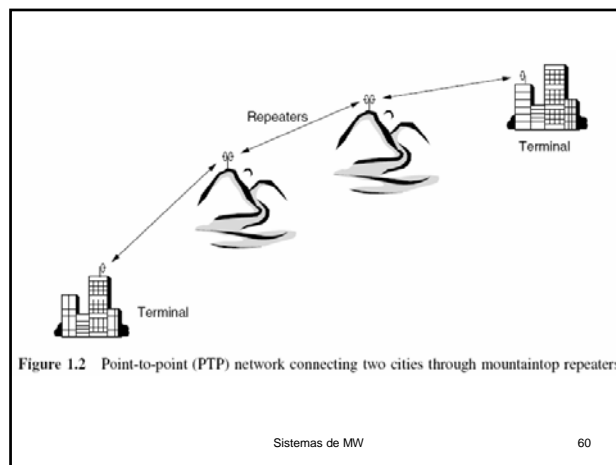
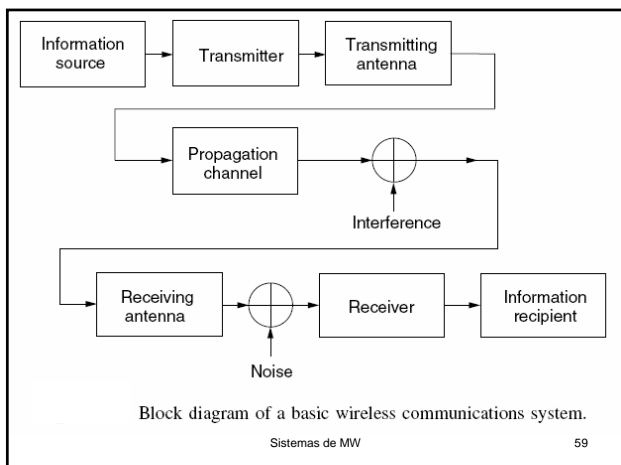
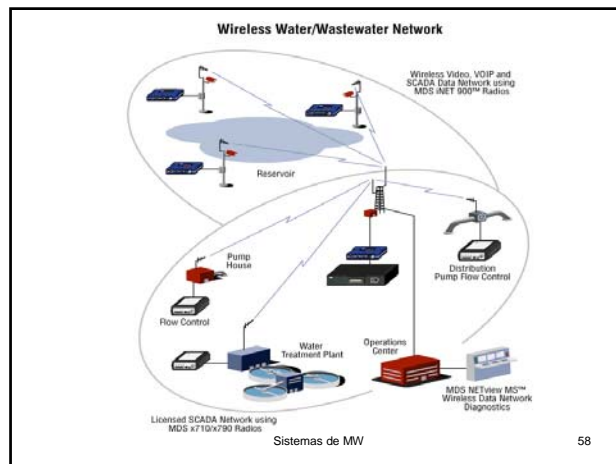
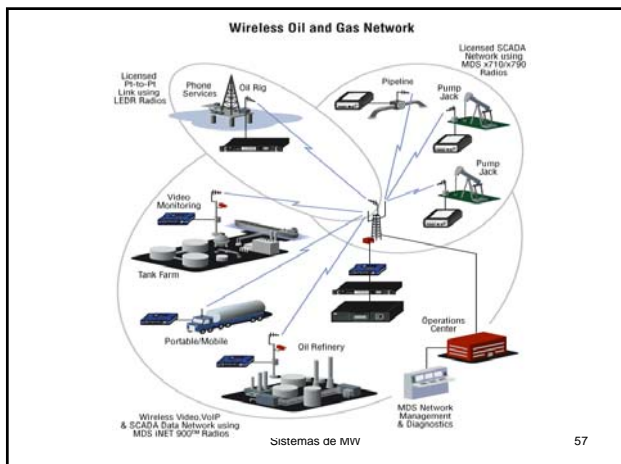
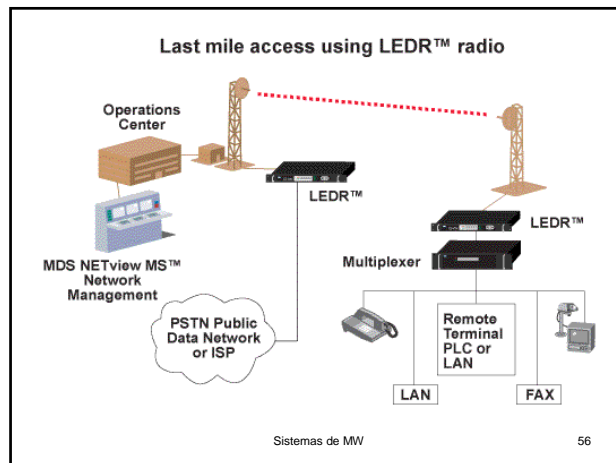
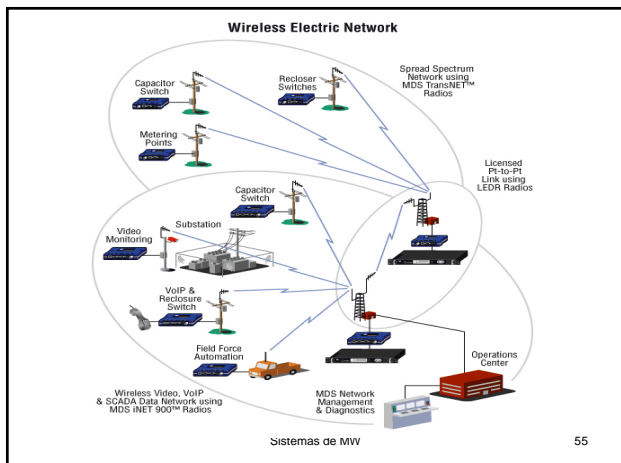
53

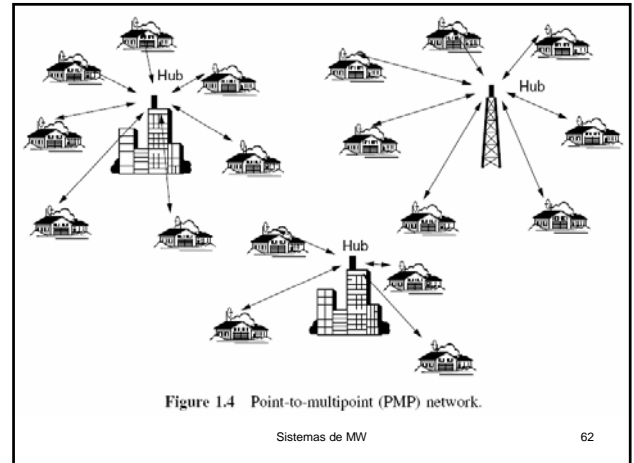
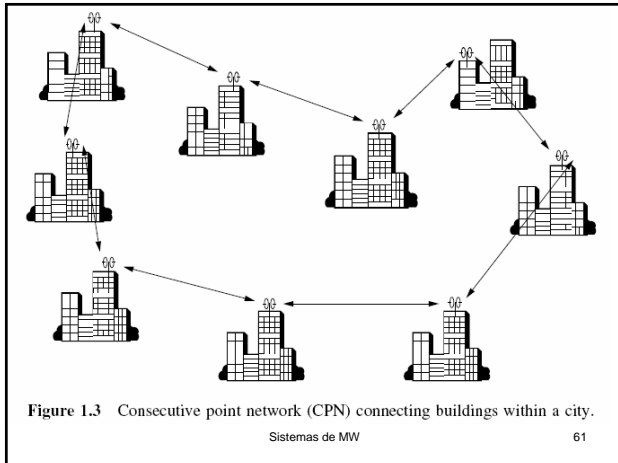
SCADA Automation Network using MDS x710, MDS x790 Radio with Back-haul Link using LEDR™ Radio



Sistemas de MW

54





Muchas gracias por su atención

Sistemas de MW 63