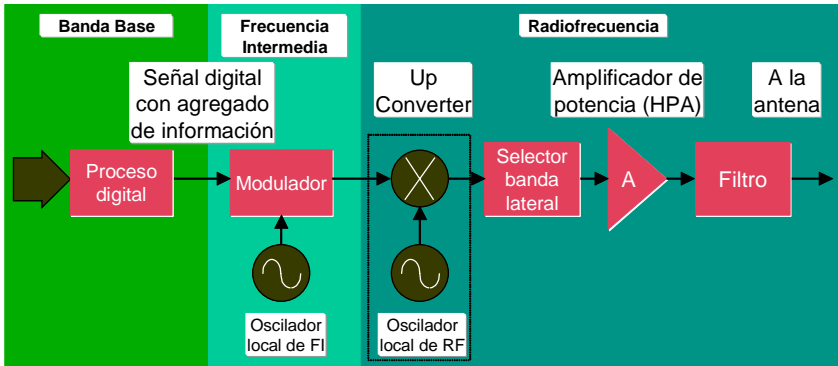


- Propagación de ondas electromagnéticas
- Modulación
- Métodos de corrección de errores
- Aspectos regulatorios en radioenlaces
- Estructura del radio digital
- Diseño de un radioenlace
- Nuevas aplicaciones con radioenlaces
- Funcionamiento y estructura del satélite
- Técnicas de acceso múltiple
- Cálculo de enlace satelital
- Equipo satelital terrestre
- Redes VSAT y Sistema GPS
- Servicios satelitales en México y en el mundo
- Nuevas aplicaciones con satélites



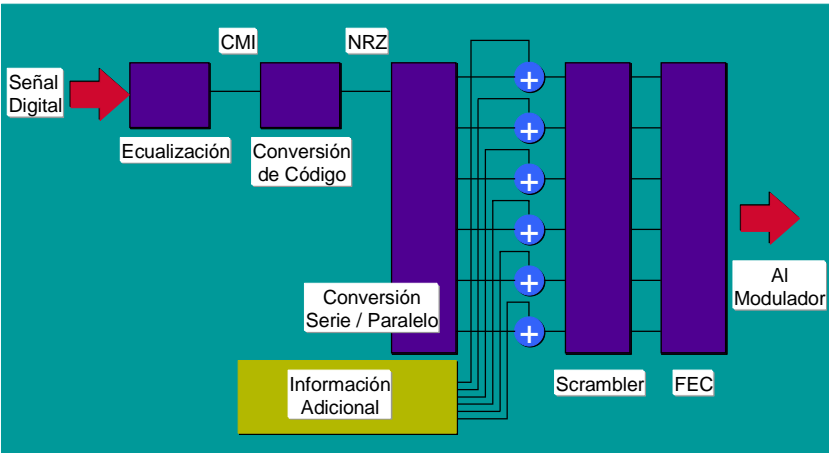
- ✓ Etapas de un radio digital
- ✓ Procesamiento digital
- ✓ Tipos de torres
- ✓ Antenas
- ✓ Características de equipos

Sistema de radio digital



Este es el diagrama común para la mayoría de los radios. Sin embargo, existen variantes como los que no tienen etapa de FI, por ejemplo.

Procesamiento digital en Tx



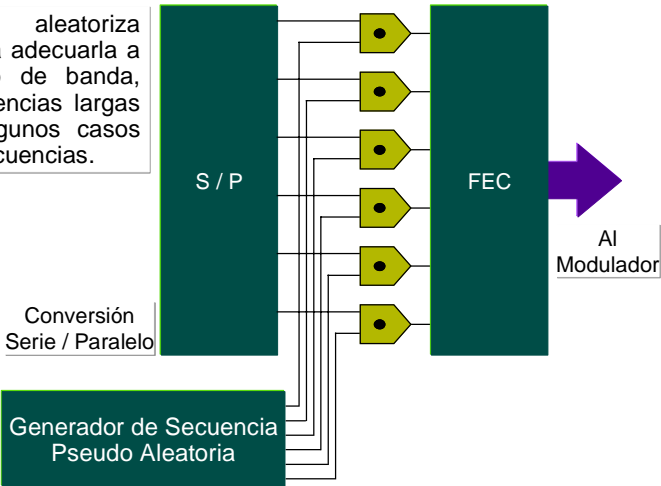
Nota : Este es un ejemplo para radio con modulación 64 QAM

- ✓ Además de la información útil, se debe transportar información como la siguiente :
 - Canales de servicio de voz y datos (RS-232).
 - Palabra de alineamiento de trama de radio.
 - Señal auxiliar de banda base.
 - Información para monitoreo de errores de paridad.
 - Información para conmutación a sistema de reserva.
 - Información para la identificación del canal de RF.

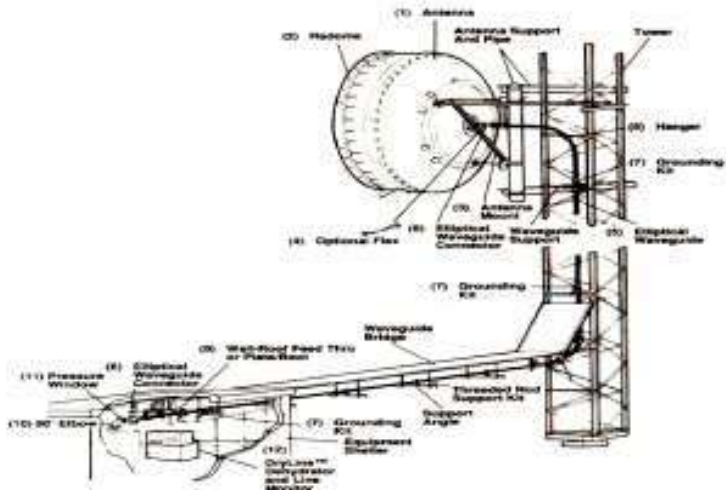
La trama resultante de este agregado de información, no está normada y varía entre los fabricantes y modelos de equipos.



La señal se aleatoriza (*scrambling*) para adecuarla a un cierto ancho de banda, para evitar secuencias largas de 0's y en algunos casos para reutilizar frecuencias.



Conexión del equipo a la antena



Cable coaxial con dieléctrico de aire

Cable coaxial con dieléctrico de esponja

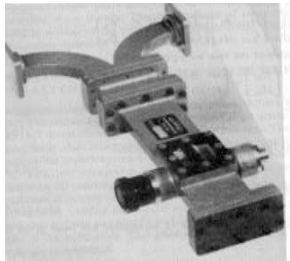
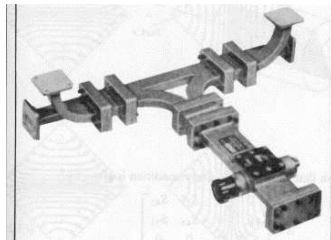
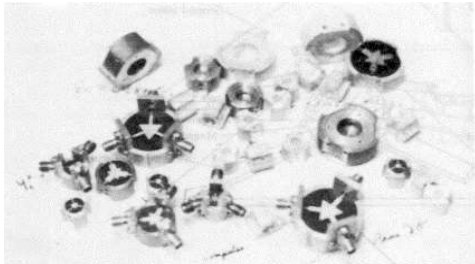
Guía de onda elíptica

Guía de onda rectangular

Guía de onda cilíndrica

- ✓ Cables coaxiales hasta 3.4 GHz
- ✓ Guías de onda desde 1.7 GHz hasta 23.6 GHz

Circuladores, Aisladores y Acopladores



- ✓ La antena se debe de considerar como un acoplador de impedancias entre el transmisor y el espacio libre.
- ✓ Se puede utilizar tanto para transmitir como para recibir, gracias a la característica denominada reciprocidad.
- ✓ Por debajo de 1 GHz se emplean las antenas dipolo, de arreglo de dipolos como la Yagi y las de Hélice.
- ✓ Por encima de 3 GHz se emplean las del tipo de reflexión con plato parabólico y alimentación directa.



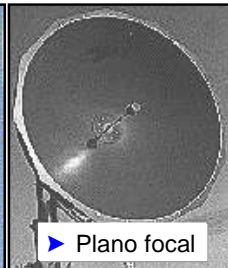
Tipos de antenas



▶ De rejilla



▶ Plato parabólico



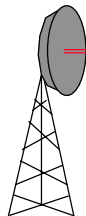
▶ Plano focal



▶ Ultra alto desempeño



▶ Súper alto desempeño

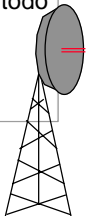


Características a considerar en las antenas

- ✓ Rango de frecuencia de operación
- ✓ Ganancia
- ✓ Patrón de radiación
- ✓ Razón de onda estacionaria (*VSWR*) y pérdidas por retorno
- ✓ Ancho del haz de radiación
- ✓ Discriminación de polarización cruzada
- ✓ Polarización dual o sencilla
- ✓ Razón frente a espalda
- ✓ Uso de Radome
- ✓ Presurización (arriba de 3.4 GHz todas)
- ✓ Resistencia al viento
- ✓ Dimensiones mecánicas, peso y montaje



- ✓ Existen dos grandes tipos de torres empleadas para el sostén de antenas de microondas:
- ✓ Torres autosoportadas
 - Se mantienen en pie gracias a su propia estructura en forma piramidal.
 - Pesan mucho, no son para poner en techos.
- ✓ Torres arriostradas
 - Constan de una estructura con las dimensiones a todo lo largo. Se sostienen mediante tensores.
 - El área requerida depende de la altura de la torre.
 - Se emplean sobre techos debido al poco peso.



✓ Datos del transmisor

- **Potencia de transmisión**, por ejemplo + 16 dBm. Muchos radios tienen versiones de alta potencia con hasta 30 dBm.
- Tipo de modulación, pueden ser PSK, FSK, MSK, QAM, etc. Este parámetro debe de estar de acuerdo a la capacidad y aplicación del radio.
- Frecuencia intermedia

✓ Datos del receptor

- Ganancia del sistema, por ejemplo de 103 dB. Este valor debe ser lo más alto posible pues da idea de la atenuación que se permitirá en el espacio que depende directamente de la longitud del enlace.
- Tipo de antena usada o recomendada. En la gran mayoría de los casos se usan antenas parabólicas. Más adelante se estudiarán los tipos de antenas con detenimiento.
- Figura de ruido del receptor
- **Umbral de nivel de recepción** para garantizar BER de 10^{-6}

✓ Protección y diversidad

- Posibilidad de tener protección, por ejemplo en modo 1+1 ya sea "Hot Stand by", "Warm Stand by" o "Cold Stand by"
- Diversidad de espacio o de frecuencia son los más comunes
- Posibilidad de contar con ecualizadores adaptativos
- Técnicas de detección y corrección de errores FEC (*Forward Error Correction*), paridad, entre otros.
- Sistema de control automático de potencia y calidad

✓ Información adicional de servicio

- Canales de voz de 0.3 a 3.4 kHz
- Canales de datos en interfaces V.24 / RS232 o V.11 de velocidades hasta 64 kbps
- Canales auxiliares de hasta 2 Mbps en interfaz G.703



Características de los equipos (3)

✓ Facilidades de operación

- Posibilidad de configuración remota de estaciones.
- Ajustes y configuraciones por software o mediante switches
- Facilidades de medición, por ejemplo pruebas de BER y realización de bucles de manera remota.
- Puntos de prueba y de monitoreo
- Bajo consumo de energía
- Almacenamiento de estadísticas de desempeño (G.821, alarmas, fallas internas, etc.)

✓ Requerimientos de instalación

- Conexión a la antena. A altas frecuencias las unidades de RF van junto a la antena en el exterior.
- Montaje en rack de 19", o en Slim Rack de 120 mm.
- Montaje en pared
- Requerimientos de alimentación
- Dimensiones mecánicas y peso
- Requerimientos de temperatura y humedad



Productos existentes en el mercado

	Radios de alta capacidad	Radios de media capacidad
Características generales	Grandes distancias, bajas frecuencias, ecualizadores, protección, etc.	Distancias cortas, frecuencias altas, operación sencilla.
Capacidades típicas	34Mbps, 140Mbps, 155Mbps, 2x155Mbps	64 kbps, 2Mbps, 2x2Mbps, 4x2Mbps, 16x2Mbps, 34Mbps
Fabricantes	Nortel, Harris, Alcatel, Ericsson, NEC, Siemens.	MNI, DMC, ATI, NOKIA, PICOM.