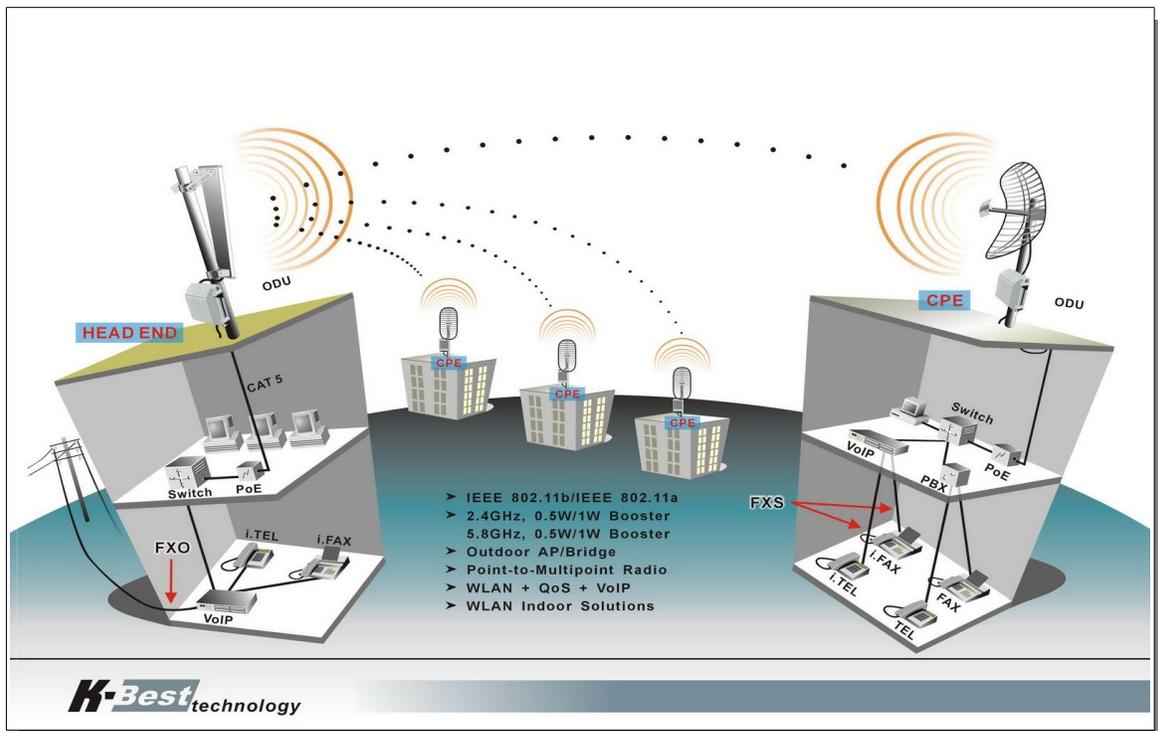


# RADIO ENLACES TERRESTRES | MICROONDAS

## QUE ES UN RADIOENLACE?

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.



Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción.

*Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal.*

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

## **QUE SON LAS MICROONDAS?**

Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja.

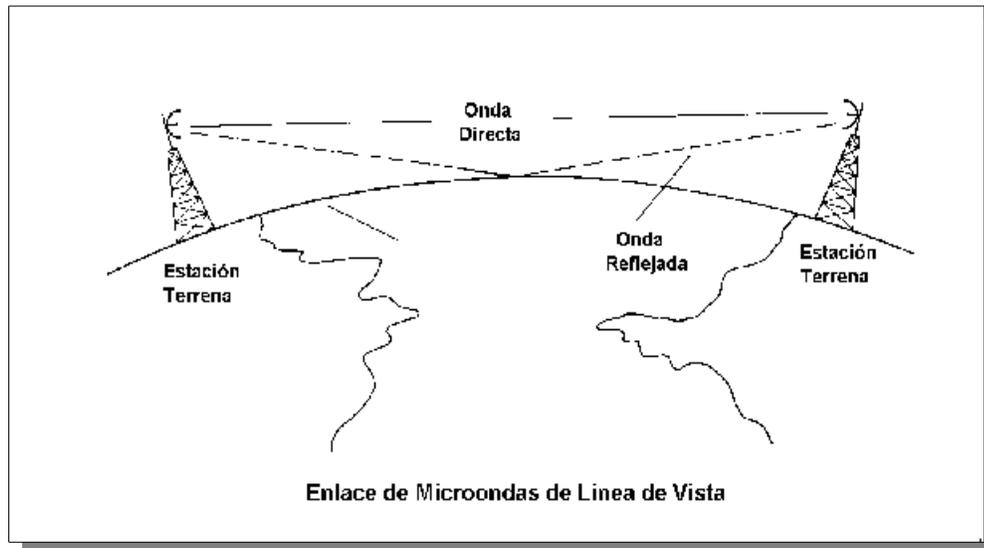
Se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

## **MICROONDAS TERRESTRES (*RADIO RELAY SYSTEM*).**

Un radioenlace terrestre o microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line – of - Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo / Telex / Facsímile
- Canales de Televisión.
- Vídeo
- Telefonía Celular (Troncales)
- Entre otros

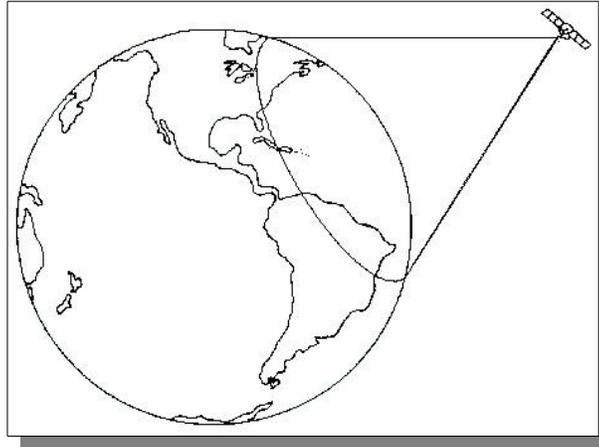


## MICROONDAS SATELITALES.

La idea de comunicación mediante el uso de satélites se debe a Arthur C. Clarke quien se basó en el trabajo matemático y las ecuaciones de Newton y de Kepler, y lo unió con aplicaciones y tecnología existente en esa época (1940's). La propuesta de Clarke en 1945 se basaba en lo siguiente:

- El satélite serviría como repetidor de comunicaciones
- El satélite giraría a 36,000 km de altura sobre el ecuador
- A esa altura estaría en órbita "Geoestacionaria"
- Tres satélites separados a 120° entre sí cubrirían toda la tierra
- Se obtendría energía eléctrica mediante energía solar
- El satélite sería una estación espacial tripulada.

Casi todos estos puntos se llevaron a cabo unos años después, cuando mejoró la tecnología de cohetes, con la excepción del último punto. Este no se cumplió debido al alto costo que implicaba el transporte y mantenimiento de tripulación a bordo de la estación espacial, por cuestiones de seguridad médica y orgánica en los tripulantes, y finalmente por el avance de técnicas de control remoto.



Un satélite actúa como una estación de relevación (relay station) o repetidor. Un transpondedor recibe la señal de un transmisor, luego la amplifica y la retransmite hacia la tierra a una frecuencia diferente. Debe notarse que la estación terrena transmisora envía a un solo satélite. El satélite, sin embargo, envía a cualquiera de las estaciones terrenas receptoras en su área de cobertura o huella (footprint).

La transmisión por satélite ofrece muchas ventajas para una compañía. Los precios de renta de espacio satelital es más estable que los que ofrecen las compañías telefónicas. Ya que la transmisión por satélite no es sensitiva a la distancia. Y además existe un gran ancho de banda disponible.

### **GUÍA DE ONDA (WAVE GUIDE)**

La guía de onda es otro medio de comunicación también muy usado y es cualquier estructura física que guía una onda electromagnética. Dependiendo de la frecuencia a utilizar pueden ser construidas con materiales dieléctricos ó conductores. Básicamente son del tipo Circular, Rectangular y Elíptica, el cual opera en el rango de las frecuencias comúnmente llamadas como microondas (en el orden de GHz). Su construcción es de material metálico por lo que no se puede decir que sea un cable. El ancho de banda es extremadamente grande y es usada principalmente cuando se requiere bajas perdidas en la señal bajo condiciones de muy alta potencia como el caso desde una antena de microondas al receptor/transmisor de radio frecuencia.

Las aplicaciones típicas de este medio está en las centrales telefónicas para bajar/subir señales provenientes de antenas de satélite o estaciones terrenas de microondas.



Helix Waveguide

## **VENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA**

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

## **DESVENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA**

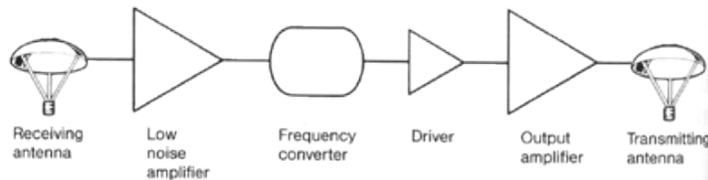
- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación. Se han hecho ensayos para utilizar generadores autónomos y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

## REPETIDORES DE MICROONDAS

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos. Las siguientes figuras muestran cómo trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos.

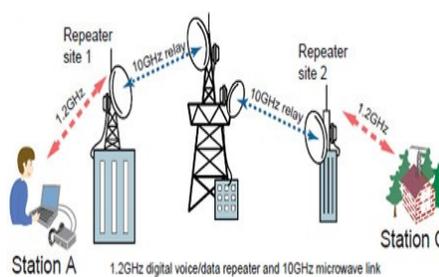
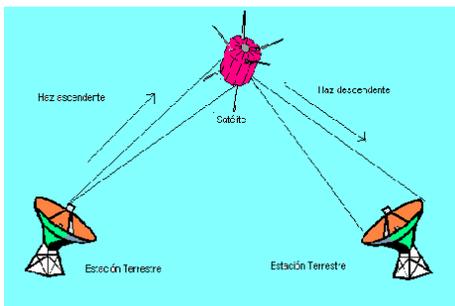
- **Activos:** En ellos se recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia (FI) para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.

*Un transceptor es un dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor que comparten parte de la circuitería o se encuentran dentro de la misma caja. Cuando el transmisor y el receptor no tienen en común partes del circuito electrónico se conoce como transmisor-receptor.*



Repetidor

- **Pasivos:** Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia.



## PLANES DE FRECUENCIA - ANCHO DE BANDA EN UN RADIOENLACE POR MICROONDAS

En una estación terminal se requieran dos frecuencias por radiocanal.

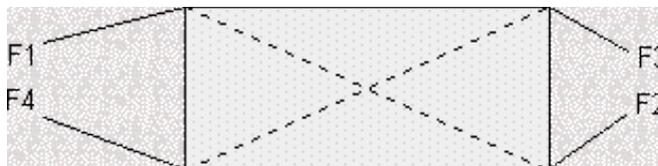
- Frecuencia de emisión
- Frecuencia de recepción

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

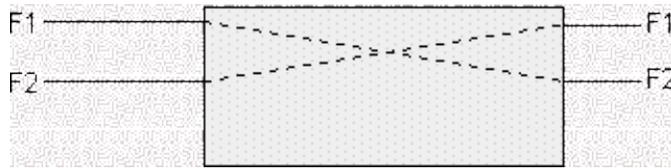
1. La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
2. La necesidad de evitar los acoples entre ambos sentidos de transmisión.
3. La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

Por consiguiente en ondas métricas (30-300 Mhz) y decimétricas (300 Mhz - 3 Ghz), conviene utilizar cuatro frecuencias (plan de 4 frecuencias).

En ondas centimétricas, la directividad es mayor y puede emplearse un plan de 2 frecuencias.

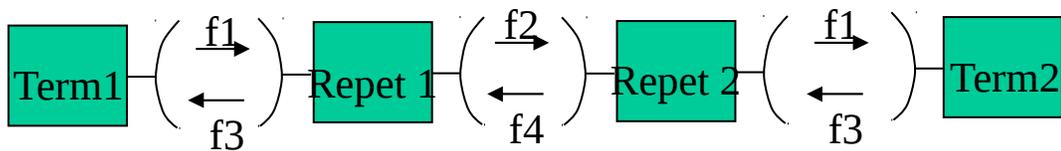


### ***Plan de 4 Frecuencias***

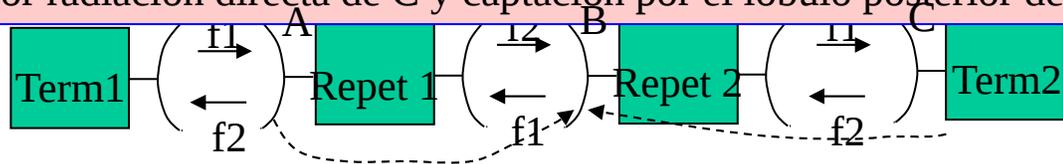


**Plan de 2 Frecuencias**

**PLAN A 4 FRECUENCIAS**  
 Por cada radiocanal se necesitan 4 frecuencias.  
 Suele utilizarse en frecuencias bajas cuando la directividad es baja



**PLAN A 2 FRECUENCIAS**  
 Por cada radiocanal se necesitan 2 frecuencias.  
 Las frecuencias de recepción son iguales en cada estación. Problemas:  
 Interferencia cocanal:  
 a) Por radiación hacia atrás de A y captación en B  
 b) Por radiación directa de C y captación por el lóbulo posterior de B



**TECNICAS DE DIVERSIDAD: ESPACIO, FRECUENCIA Y POLARIZACION.**

Se utilizan para disminuir los efectos de desvanecimientos por multitrayectoria. El objetivo de utilizar la técnica de diversidad es aumentar la confiabilidad del sistema, así como también aumentar su disponibilidad.

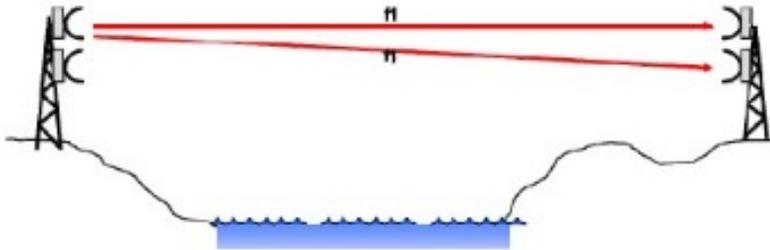
Los tipos son: De Espacio, De Frecuencia y De Polarización.

## ✓ DIVERSIDAD DE ESPACIO

Se denomina diversidad de espacio a la radiorrecepción mediante dos o más antenas que generalmente se colocan en una misma torre, en ambos extremos del trayecto, con una separación equivalente a varias longitudes de onda. La información se envía en una sola frecuencia pero se recibe por dos o más trayectos distintos. Las señales recibidas se alimentan a receptores individuales, los cuales suministran una señal combinada de salida esencialmente constante a pesar del desvanecimiento que pueda ocurrir durante la propagación.

Por lo general en los sistemas por diversidad de espacio se transmite una misma señal a dos antenas receptoras instaladas con cierta separación vertical. Las dos salidas de los receptores se combinan en la estación.

El sistema por diversidad de espacio funciona de acuerdo con el principio de que las dos componentes de una misma señal que corren dos caminos distintos no tendrán los mismos puntos de interferencia. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia en dos puntos espaciados verticalmente por que dicha onda llega a las antenas por dos caminos distintos.



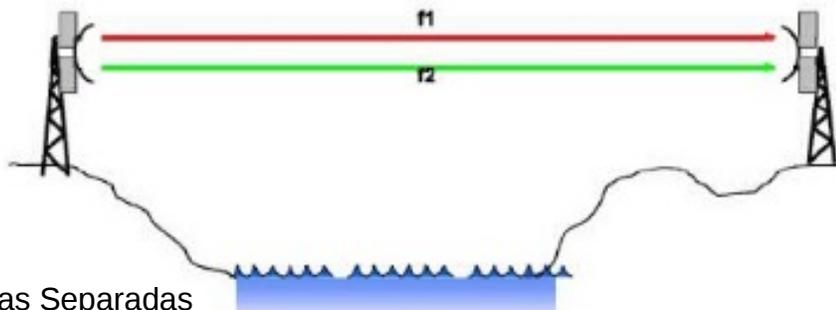
## ✓ DIVERSIDAD DE FRECUENCIA.

En la diversidad por frecuencia, solo consiste en modular dos portadoras de RF distintas con la misma información de FI (Frecuencias Intermedias), y transmitir. Entonces ambas señales de RF a un destino dado. En el destino, se demodulan ambas portadoras y la que produzca la mejor señal de FI (Frecuencias Intermedias) de mejor calidad, es la que se usa.

Cuando se usa diversidad de frecuencia, la información se transmite en más de una

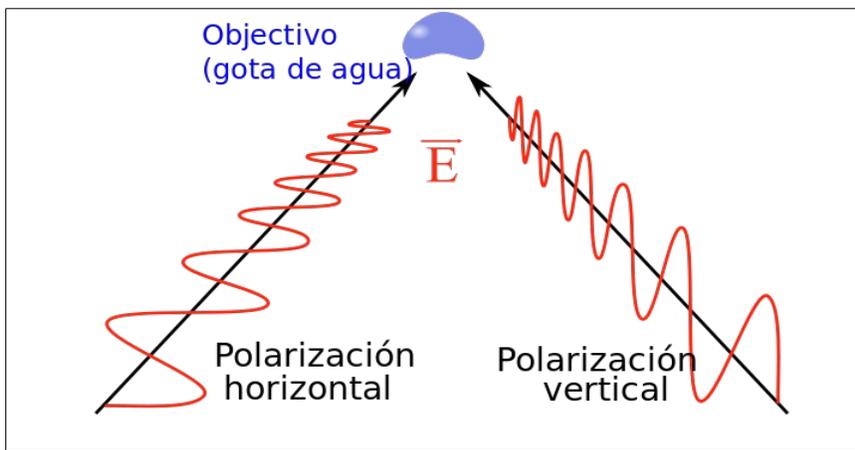
portadora, de tal forma que señales con una separación de frecuencia mayor que determinado valor no experimenten el mismo desvanecimiento, siendo la separación en frecuencia necesaria para que los canales estén parcial o totalmente decorrelados una función del ancho de banda de coherencia del canal. Este valor puede corresponder a una fracción importante del ancho de banda total utilizado, y por lo tanto, esta técnica tiene la desventaja de necesitar generalmente un ancho de banda significativamente mayor, con un número igual de receptores que de canales de diversidad. Sin embargo, la diversidad en frecuencia se emplea usualmente en enlaces por línea de vista que usan FDM (Multiplexación por División de Frecuencia) y para rutas críticas.

En sistemas de diversidad en transmisión es posible utilizar la diversidad de frecuencia a través de códigos espacio-frecuencia, con la misma metodología empleada por los códigos espacio-tiempo que se verán en apartados siguientes.



Dos Portadoras Separadas

✓ **DIVERSIDAD DE POLARIZACION**



En este método dos señales procedentes del radiotransmisor se envían simultáneamente por dos antenas separadas, una con polarización vertical y la otra horizontal. La diversidad de polarización resulta útil para la transmisión por onda indirecta en la parte baja del espectro de frecuencias.

En cambio, este método no da resultados en la transmisión de microondas por onda espacial debido a que generalmente ambas señales polarizadas se desvanecen al mismo tiempo.

- **CONFIABILIDAD.**

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

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del CCIR, los enlaces, deben tener una longitud media de 50 Km.

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

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos.

- **FALLAS DE PROPAGACIÓN.**

El número de fallas de propagación y al tiempo fuera de servicio del sistema de transmisión se basan en las siguientes características:

- ✓ Protección del sistema de transmisión mediante diversidad de espacio o frecuencia.
- ✓ Margen de 40 dB para contrarrestar el desvanecimiento, presencia de desvanecimiento de Rayleigh en ambas ramas del sistema de diversidad.
- ✓ Introducción de un factor de 100 a 1 por mejora de diversidad. El TFS se reducirá a unas 20 interrupciones anuales simultáneas (o sea en ambas ramas del sistema de diversidad al mismo tiempo), con una duración media de 1.5 segundos cada uno.

- **INCONVENIENTES QUE PUEDE PRESENTAR.**

- ✓ Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.

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

## • ESTACIONES DE MICROONDAS FM.

En esencia hay dos clases de estaciones de microondas FM:

Las terminales y las repetidoras. Las estaciones terminales son puntos en el sistema donde las señales de base se originan o terminan. Las estaciones repetidoras son puntos de un sistema donde se puede reconfigurar las señales de banda base, o donde simplemente se repiten o amplifican las portadoras de RF.

### ✓ ESTACIÓN TERMINAL

Una estación terminal consiste en cuatro partes fundamentales: la banda base, el enlace de entrada con línea de alambre, y las secciones de FM-FI y RF. Enlace de entrada con línea de alambre: las distancias de los equipos generadores de banda base y la sección FM-IF suelen estar a varios cientos de pies de distancia y en algunos casos a varias millas. Por esta razón se necesita el WLEL que sirve como interfaz entre estos equipos. Un WLEL consiste en un amplificador y un igualador, que juntos compensan las pérdidas en el cable de transmisión.

Sección de FI: el equipo terminal de FM genera una portadora de FI modulada en frecuencia. Esto se logra mezclando la salida de dos osciladores cuya frecuencia difiere en la cantidad que se desea en la portadora de FI.

## ✓ ESTACIÓN REPETIDORA

Cuando la distancia entre Tx y Rx es tan grande que no permite que la señal de RF sea de los niveles adecuados para ser demodulada eficientemente y no es posible incrementar los niveles de potencia, se hace uso de los repetidores, etapas de relevo de las señales ubicadas entre Tx y Rx originales.

Un repetidor de microondas es un receptor y un transmisor colocados espalda con espalda. Hay dos tipos de repetidores de microondas:

a) Repetidores de banda base

b) Repetidores de IF

**El modulador de IF** : Convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada e FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-banda) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada.

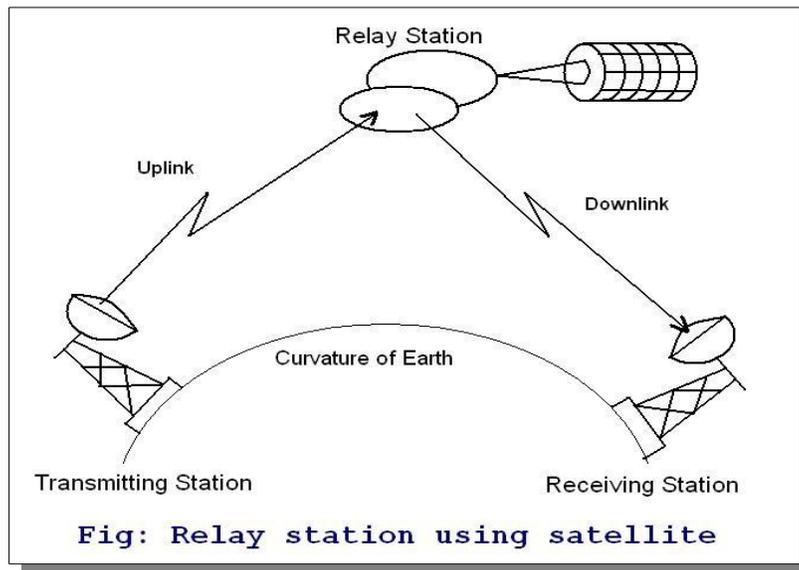
**Banda base** : Se refiere a la banda de frecuencias producida por un transductor, tal como un micrófono, un manipulador telegráfico u otro dispositivo generador de señales que no es necesario adaptarlo al medio por el que se va a transmitir.

Banda base es la señal de una sola transmisión en un canal, banda ancha significa que lleva más de una señal y cada una de ellas se transmite en diferentes canales, hasta su número máximo de canal.

## Glosario

**Una órbita geoestacionaria** : Es una órbita sincrónica con la rotación de la tierra, a 35.900 km por encima del ecuador terrestre. A esa distancia los objetos orbitan alrededor de la tierra en 24 horas, por lo que parecen estar fijos en un punto

**Relay Station – Estación de Relevación** : Sirve para enviar un documento a una estación de retransmisión, que luego realiza una difusión del documento a los destinatarios



**Reflectores Pasivos** : Interesante solución técnica para realizar redes microonda en áreas donde la visibilidad radioeléctrica entre los terminales está anulada, o muy reducida, por obstáculos interpuestos entre los tramos de radio (montañas, edificios, árboles, etc.). Los repetidores son "pasivos" porque, debido a su funcionamiento, no requieren ninguna fuente de energía eléctrica. Los repetidores pasivos han sido diseñados con la finalidad de garantizar ventajas en términos de instalación y mantenimiento, como por ejemplo:

- Amplia serie de modelos conforme a cada tipo de requerimiento
- Instalación simplificada gracias al uso de paneles reflectantes de poco peso y dimensiones pequeñas
- Amplia capacidad operativa (bandas de frecuencia de 2 a 23 GHz)
- Ángulos de orientación ampliados (para evitar errores de alineación)

**La superficie reflectante** está compuesta por paneles unidos entre sí que forman el área reflectante, con dimensiones de 2 a 120 m<sup>2</sup>. La superficie reflectante es extremadamente plana, de forma tal de garantizar el perfecto funcionamiento hasta bandas de 23 GHz de frecuencia. A pedido, se pueden proveer superficies aptas para frecuencias mayores.

**El decibelio** : Símbolo dB, es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

Con mayor frecuencia se emplea para relacionar magnitudes acústicas, pero también es frecuente encontrar medidas en decibelios de otras magnitudes, por ejemplo las eléctricas o las lumínicas.

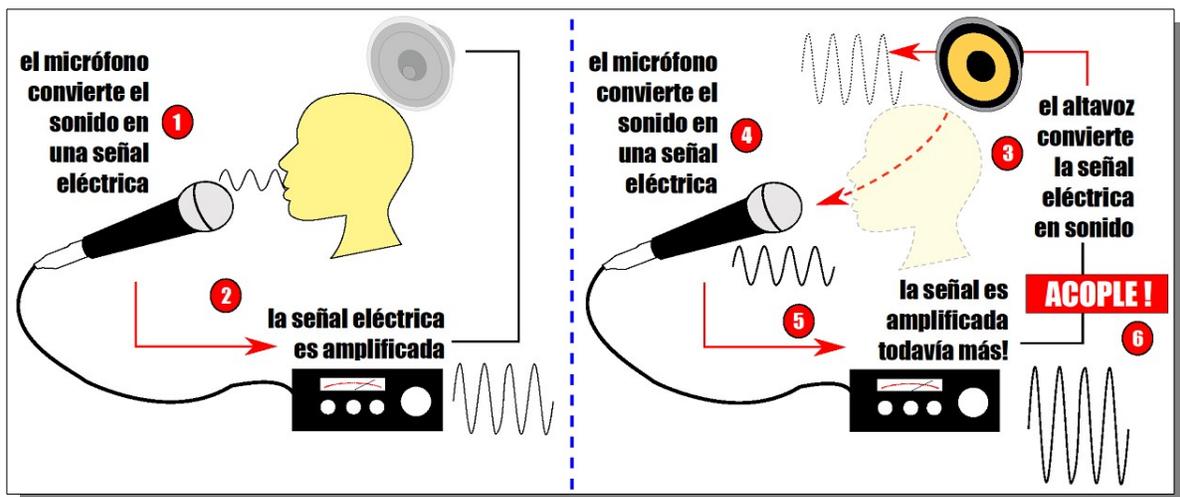
### ¿Qué son los acoples?

El acople es un fenómeno producido por la realimentación de un sistema cuando éste recoge su propia señal, reintroduciéndola una y otra vez sin parar. Cuando hablamos de una imagen, o una señal de video, entonces el acople se traducirá en la repetición de la imagen dentro de sí misma (espejos enfrentados). Para explicar cómo este problema afecta a la acústica abordaremos por separado el acople en micrófonos y guitarras.

### Acoples en micrófonos

Comenzaremos pues evaluando un sistema micrófono-altavoz con un ejemplo sencillo. (1) La voz emitida por el cantante es recogida por el

micrófono convirtiéndola en una señal eléctrica. (2) Esta señal viaja hasta nuestro sistema de amplificación dónde se incrementa su amplitud y se envía hacia los monitores. (3) El sistema de altavoces se encarga de transformar las potentes señales eléctricas en movimientos oscilatorios que dan lugar al sonido. (4) Parte del sonido producido por los altavoces es recogido de nuevo por el micrófono, creando una señal eléctrica, (5) que es otra vez es amplificada. Si la señal recibida por el micrófono es mayor que la señal original, entonces entraremos en un bucle sin fin en el que la señal eléctrica que alimenta al altavoz crecerá en cada ciclo, pudiendo llegar a causar graves daños tanto en los altavoces como por supuesto en los oídos de los presentes.



## Pitidos... ¿de dónde vienen?

¿por qué se escucha un pitido cuando hay un acople, de dónde viene? Cualquier sonido puede expresarse como la suma de una serie de tonos puros o frecuencias, algo así como una combinación de notas de guitarra que suenan al unísono con más o menos presencia. Por las características de la sala, micrófonos, altavoces y cadena de amplificación, la respuesta de nuestro sistema no es perfectamente uniforme, por lo que habrá frecuencias que se amplifiquen ligeramente más que otras. El acople es un fenómeno que se produce por la realimentación del sistema con su propia señal de forma iterativa, causando que el proceso de amplificación se aplique una y otra vez en un bucle sin fin. En cada uno de estos ciclos, se modificará la señal original aumentando más y más las frecuencias donde había máximos de ganancia. Esto provoca que, en un corto periodo de tiempo, la señal original sea modificada descontroladamente, aumentando ciertas frecuencias mucho más rápido que el resto. Cuando esto sucede, acabaremos obteniendo una señal formada por unas pocas frecuencias que sobresalen muy por encima del resto, dando lugar al característico pitido.

## Ondas Metricas

La clasificación de las ondas electromagnéticas a tenor de los tres parámetros:

Longitud de onda		Frecuencia		Siglas
Valores	Denominación	Valores	Denominación	
100km => 10km	ondas miriamétricas	3 khz => 30 khz	frecuencias muy bajas	V.L.F.
10 km => 1 km	ondas kilométricas	30 khz => 300 khz	Frecuencias bajas	L.F.
1000 m => 100 m	ondas hectométricas	300 Khz => 3000 Khz	Frecuencias medias	M.F.
100 m => 10 m	ondas decamétricas	3 Mhz => 30 Mhz	Frecuencias altas	H.F.
10 m => 1 m	ondas métricas	30 Mhz => 300 Mhz	Frecuencias muy elevadas	V.H.F.
100 cm => 10 cm	Ondas decimétricas	300 Mhz => 3000 Mhz	Frecuencias ultra-elevadas	U.H.F.
10 cm => 1 cm	Ondas centimétricas	3000 Mhz => 30000 Mhz	Frecuencias super-elevadas	S.H.F.

## PREGUNTAS PROPUESTAS PARA EL EXAMEN

1.- DEFINA RADIOENLACE.

2.- DEFINA MICROONDAS.

3.- DEFINA GUÍA DE ONDA

4.- DIGA LAS VENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA

5.- DIGA LAS DESVENTAJAS DE LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS COMPARADOS CON LOS SISTEMAS DE LÍNEA METÁLICA

6.- NOMBRE REPETIDORES DE MICROONDAS Y DEFINALOS

7.- DESCRIBA PLANES DE FRECUENCIA

8.- EXPLIQUE LA DIVERSIDAD DE ESPACIO

9.- EXPLIQUE LA DIVERSIDAD DE FRECUENCIA

10.- **CONFIABILIDAD**

11.- NOMBRE LAS FALLAS DE PROPAGACIÓN

12.- CUALES SON LAS ESTACIONES DE MICROONDAS FM