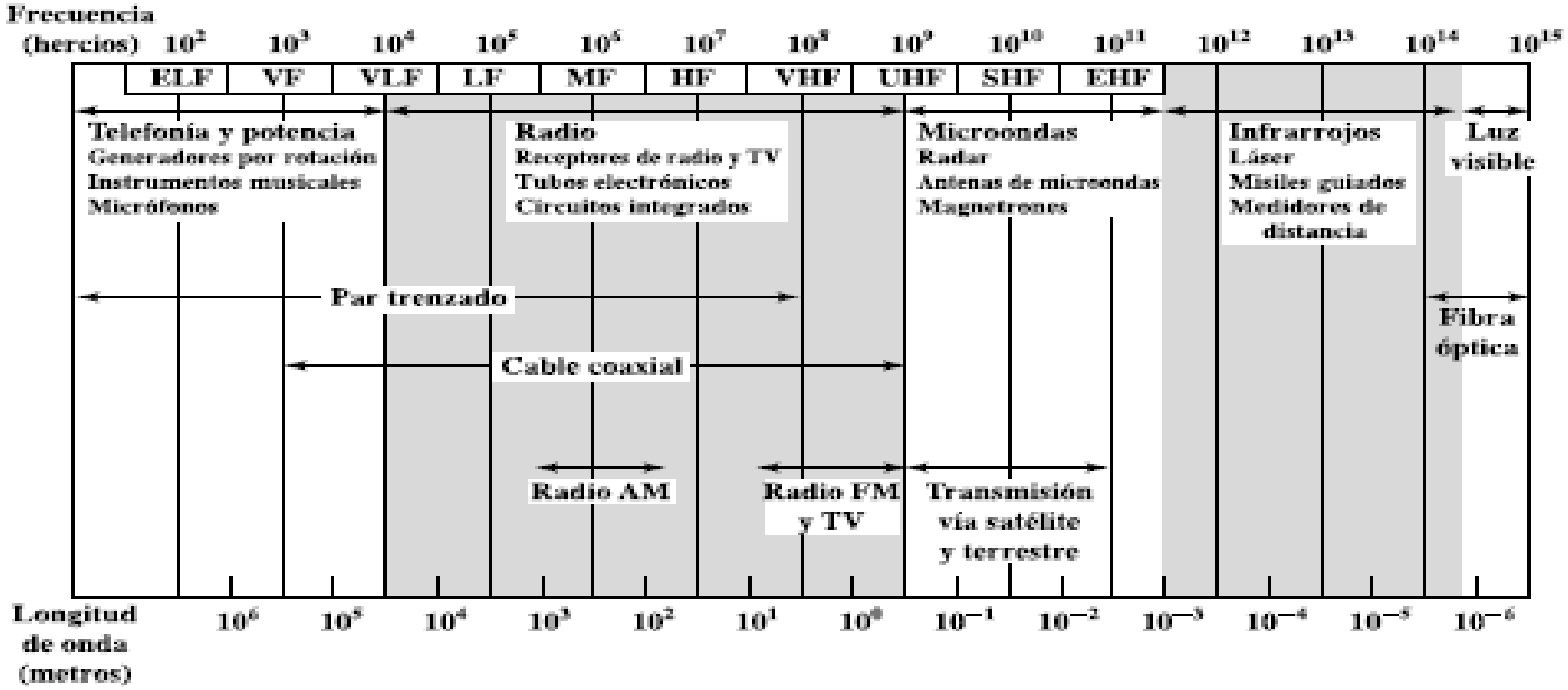
Medios de transmisión

- **El medio de transmisión** es el camino físico entre el transmisor y el receptor.
- En los **medios guiados** las ondas electromagnéticas se transmiten a través de un medio sólido, como por ejemplo un par trenzado de cobre, un cable coaxial o una fibra óptica.
- En los medios no guiados, la transmisión inalámbrica se realiza a través de la atmósfera, el espacio exterior o el agua.



ELF (*Extremely low frequency*) = Frecuencia extremadamente baja
VF (*Voice frequency*) = Frecuencia vocal
VLF (*Very low frequency*) = Frecuencia muy baja
LF (*Low frequency*) = Frecuencia baja
MF (*Medium frequency*) = Frecuencia media
HF (*High frequency*) = Frecuencia alta
VHF (*Very high frequency*) = Frecuencia muy alta
UHF (*Ultrahigh frequency*) = Frecuencia ultra alta
SHF (*Superhigh frequency*) = Frecuencia super alta
EHF (*Extremely high frequency*) = Frecuencia extremadamente alta

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

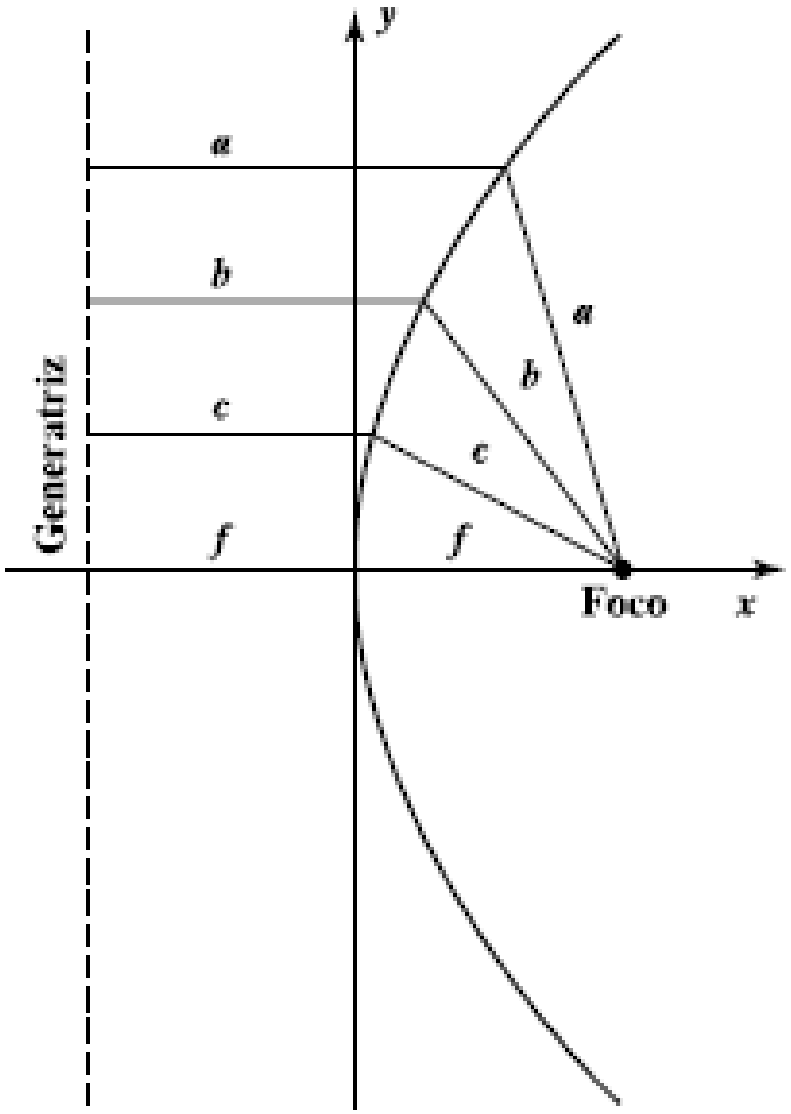
- En el estudio de las comunicaciones inalámbricas se van a considerar tres intervalos de frecuencias.
  - El primer intervalo definido, desde 1 GHz (Gigahercio%109 Hercios) hasta 40 GHz, se denomina de **frecuencias microondas**. En estas frecuencias de trabajo se pueden conseguir haces altamente direccionales, por lo que las microondas son adecuadas para enlaces punto a punto. Las microondas también se usan en las comunicaciones satelitales. Las frecuencias que van desde 30 MHz a 1 GHz son adecuadas para las aplicaciones omnidireccionales. A este rango de frecuencias lo denominaremos intervalo de **ondas de radio**.
  - Otro intervalo importante de frecuencias, para aplicaciones de cobertura local, es la zona infrarroja del espectro, definida aproximadamente por el rango de frecuencias comprendido entre $3x10_{11}$ y $2x10_{14}$ Hz. Los infrarrojos son útiles para las conexiones locales punto a punto, así como para aplicaciones multipunto dentro de áreas confinadas, por ejemplo dentro de una habitación.

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

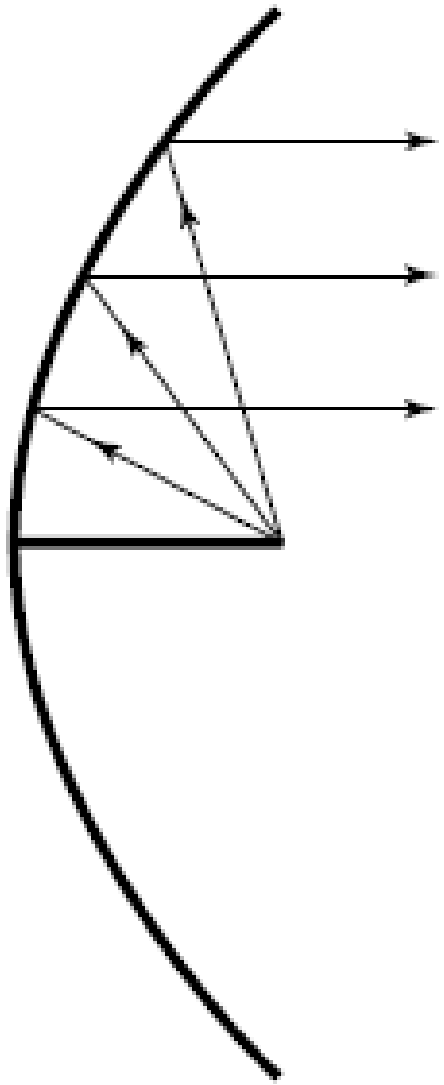
- **ANTENAS**
- Una antena se puede definir como un conductor eléctrico (o un conjunto de conductores) utilizado para radiar o captar energía electromagnética. Para transmitir la señal, la energía eléctrica proveniente del transmisor se convierte a energía electromagnética en la antena, radiándose al entorno cercano (la atmósfera, el espacio o el agua). Para recibir una señal, la energía electromagnética apturada por la antena se convierte a energía eléctrica y se pasa al receptor.

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

- **Ganancia de una antena**
- La **ganancia de una antena** es una medida de su direccionalidad. Dada una dirección, se define la ganancia de una antena como la potencia de salida, en esa dirección, comparada con la potencia transmitida en cualquier dirección por una antena omnidirecional ideal (o antena isotrópica). Por ejemplo, si una antena proporciona una ganancia de 3 dB en una dirección, esa antena mejora a la antena isotrópica en esa dirección en 3 dB, es decir, en un factor 2. El incremento de potencia radiada en una dirección dada se consigue a expensas de la potencia radiada en las otras direcciones.



(a) Parábola



(b) Sección transversal de una antena parabólica mostrando la reflexión

Antena parabólica de reflexión.

Es importante resaltar que la ganancia de una antena no se refiere al incremento de potencia transmitida respecto a la potencia de entrada, sino que es una medida de la direccionalidad.

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

MICROONDAS TERRESTRES

- **Descripción física**

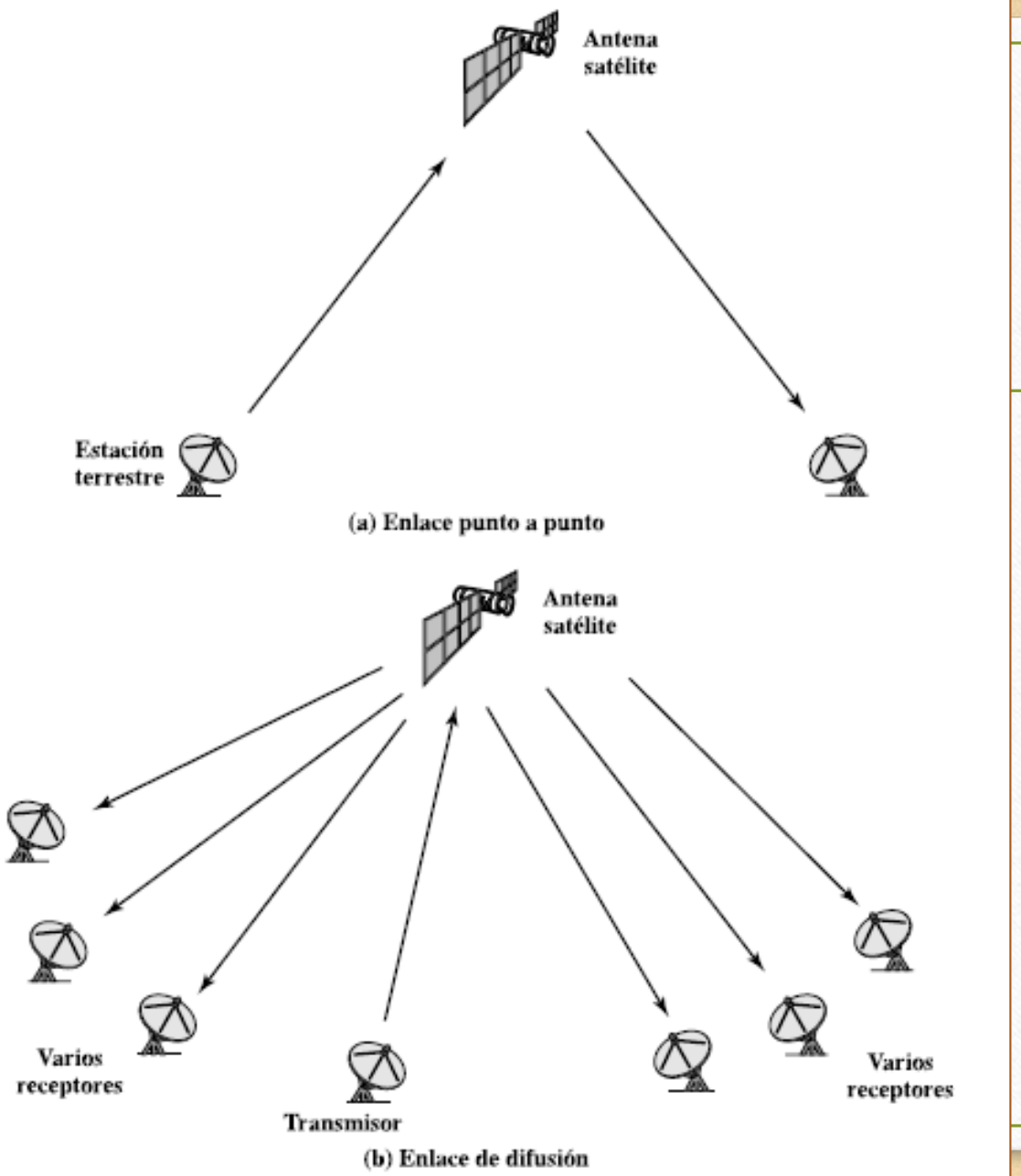
La antena más común en las microondas es la parabólica tipo «plato». El diámetro típico es de unos 3 metros. Esta antena se fija rígidamente de forma tal que el haz debe estar perfectamente enfocado siguiendo la trayectoria visual hacia la antena receptora. Las antenas de microondas se sitúan a una altura suficientemente elevada sobre el nivel del suelo para así conseguir una separación mayor entre ellas y evitar posibles obstáculos en la transmisión. Para conseguir transmisiones a larga distancia, se concatenan distintos enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres adyacentes, hasta cubrir la distancia deseada.

TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

- **Características de transmisión**

El rango de operación de las microondas cubre una parte sustancial del espectro electromagnético. Su banda de frecuencias está comprendida entre 1 y 40 GHz. Cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, mayor es el ancho de banda potencial y, por tanto, mayor es la posible velocidad de transmisión. En la Tabla se indican diversos valores de anchos de banda y velocidades de transmisión de datos para algunos sistemas típicos.

Banda (GHz)	Ancho de banda (MHz)	Velocidad de transmisión (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	135
18	220	274



MICROONDAS POR SATÉLITE

Descripción física

Un satélite de comunicaciones es esencialmente una estación que retransmite microondas. Se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres, denominados estaciones base. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica o repite y, posteriormente, la retransmite en otra banda de frecuencia (canal descendente). Cada uno de los satélites

geoestacionarios operará en una serie de bandas de recuencias llamadas **canales *transpondedores***, o simplemente **transpondedores (*transponders*)**.

Se muestra dos configuraciones usuales en las comunicaciones vía satélite. En la primera de ellas, el satélite se utiliza para proporcionar un enlace punto a punto entre dos antenas terrestres alejadas entre sí. En la segunda, el satélite se usa para conectar una estación base transmisora con un conjunto de receptores terrestres.

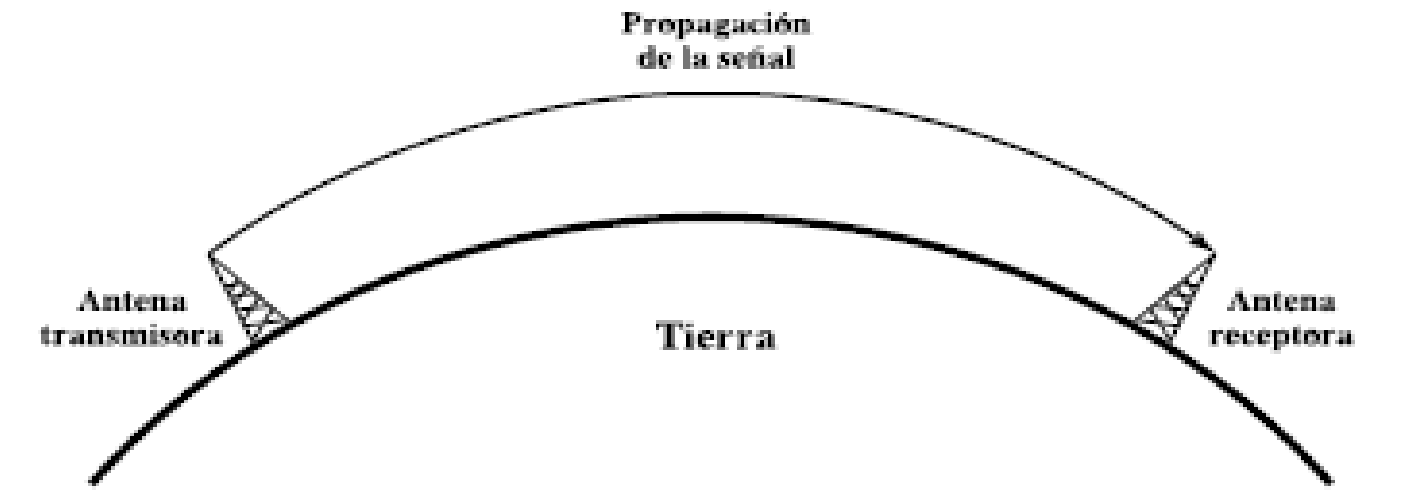
Para que un satélite de comunicaciones funcione con eficacia, generalmente se exige que se mantenga en una órbita geoestacionaria, es decir, que mantenga su posición respecto de la tierra. Si no fuera así, no estaría constantemente alineado con las estaciones base. El satélite, para mantenerse geoestacionario, debe tener un periodo de rotación igual al de la tierra y esto sólo ocurre a una distancia aproximada de 35.863 km sobre el Ecuador.

PROPAGACIÓN SUPERFICIAL DE ONDAS

La propagación superficial (GW, *Ground Wave*) sigue, con más o menos precisión, el contorno de la superficie terrestre, pudiendo alcanzar grandes distancias, más allá de la línea del horizonte visual. Este efecto se da para frecuencias de hasta 2 MHz. Hay varios factores que justifican la tendencia que tienen las ondas electromagnéticas con estas frecuencias a seguir la curvatura terrestre. El primer factor es que la onda electromagnética induce una corriente en la superficie terrestre que frena al frente de onda cerca de la superficie, haciendo que éste se curve hacia abajo, adaptándose así a la curvatura de la superficie terrestre. Otro de los factores es la difracción, la cual es un fenómeno que tiene que ver con el comportamiento de las ondas electromagnéticas en presencia de obstáculos.

Las ondas electromagnéticas a estas frecuencias son dispersadas por la atmósfera, de forma tal que no llegan a penetrar en las capas altas.

El ejemplo más conocido de propagación terrestre es la radio AM.

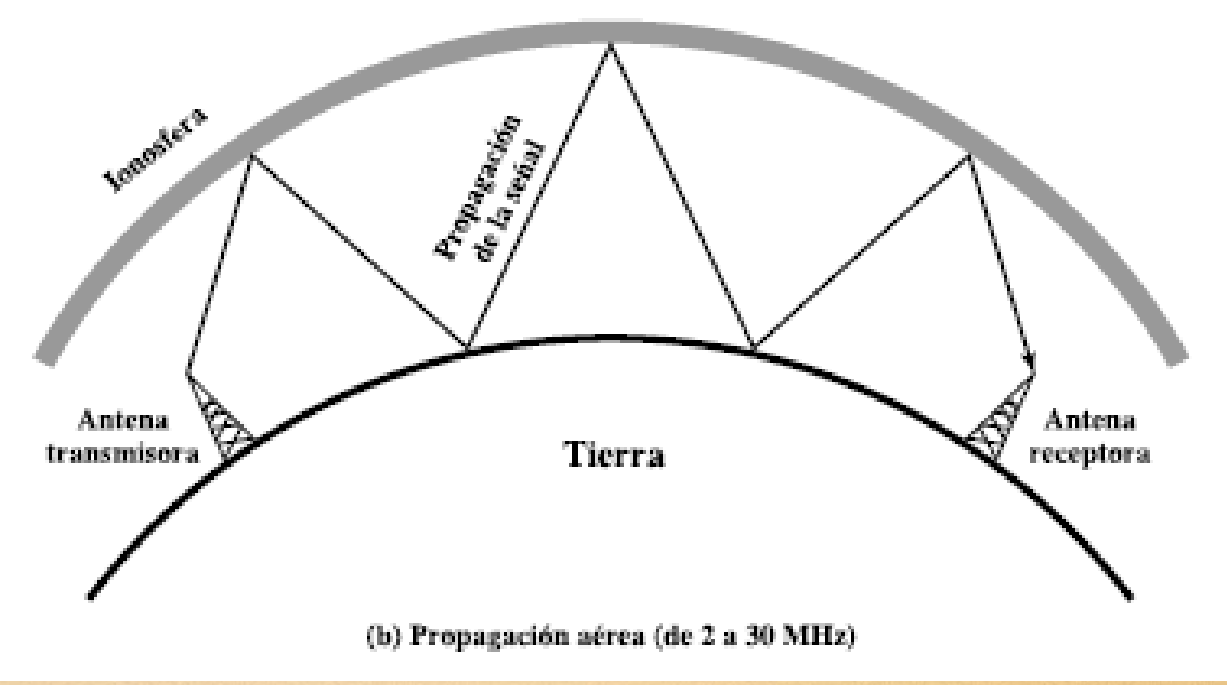


(a) Propagación superficial (por debajo de 2 MHz)

PROPAGACIÓN AÉREA DE ONDAS

La propagación aérea de ondas (SW, *Sky Wave*) se utiliza por los radio-aficionados (*amateur radio* o *CB radio*, en inglés) y en las emisiones internacionales de radio comercial, como la BBC o la «Voice of America». En este tipo de propagación, la señal proveniente de la antena terrestre se refleja en la capa ionizada de la atmósfera alta (la ionosfera), volviendo así hacia la tierra. Aunque así dicho pareciera que la onda se refleja en la ionosfera, como si se tratara de una superficie reflectante, el efecto, en realidad, es refractario. A continuación, se explica en qué consiste la refracción.

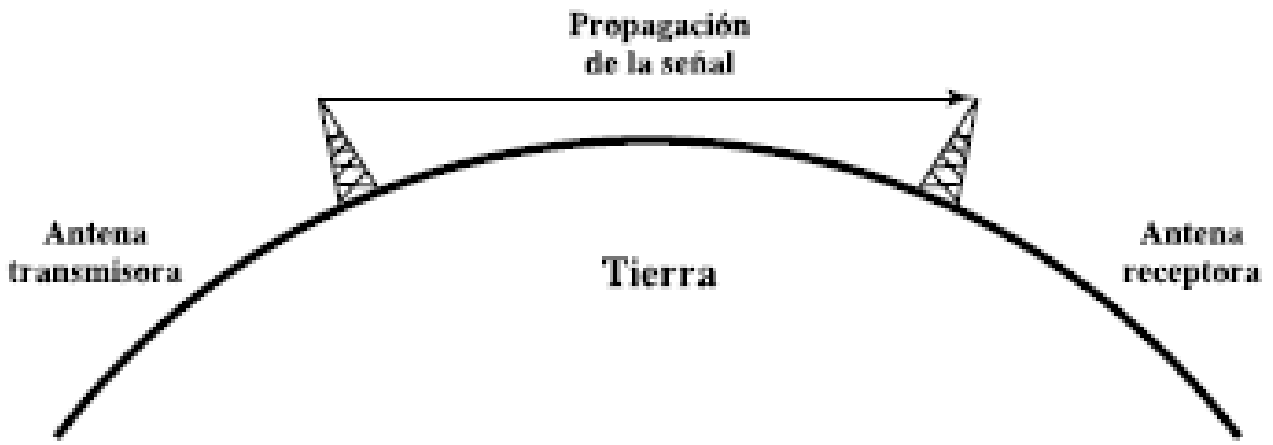
Una señal que se propague de esta manera se desplazará dando una serie de saltos, entre la ionosfera y la superficie terrestre. Utilizando este modo de transmisión se puede conseguir que la onda se reciba a miles de kilómetros del transmisor.



(b) Propagación aérea (de 2 a 30 MHz)

PROPAGACIÓN EN LA TRAYECTORIA VISUAL

Por encima de 30 MHz, los modos de propagación superficial o aérea no funcionan, por lo que las comunicaciones han de realizarse siguiendo la línea de visión (LOS, *Line-of-Sight)*. En las comunicaciones vía satélite, las señales por encima de 30 MHz no se reflejan en la ionosfera, por lo que para esas frecuencias no es posible transmitir entre estaciones terrestres y satélites que estén por debajo de la línea del horizonte. En comunicaciones superficiales, para este modo de transmisión, la antena emisora y la receptora deben estar alineadas según la trayectoria visual *efectiva*. Se usa el término *efectiva* ya que las microondas son pandeadas o refractadas por la atmósfera. La cantidad de pandeo, e incluso la dirección seguida, dependerá de las condiciones, aunque, por lo general, las microondas siguen la curvatura de la tierra, por lo que llegarán más lejos que si siguieran la línea de visión óptica.



(c) Propagación en la trayectoria visual (por encima de 30 MHz)

Línea de visión óptica y de radio

Si no hay obstáculos, la línea de visión óptica se puede expresar cómo:

$$d = 3{,}57\sqrt{h}$$

donde d es la distancia entre la antena y el horizonte en kilómetros y h es la altura de la antena en metros. La línea de visión efectiva, o de radio, se expresa como (*véase* Figura 4.9)

$$d = 3{,}57\sqrt{Kh}$$

donde K es un factor de ajuste que tiene en cuenta la refracción. Una buena aproximación es $K = 4/3$. Así, la distancia máxima entre dos antenas siguiendo propagación LOS es

$$3{,}57(\sqrt{Kh_1} + \sqrt{Kh_2})$$

donde h_1 y h_2 son respectivamente las alturas de las antenas.

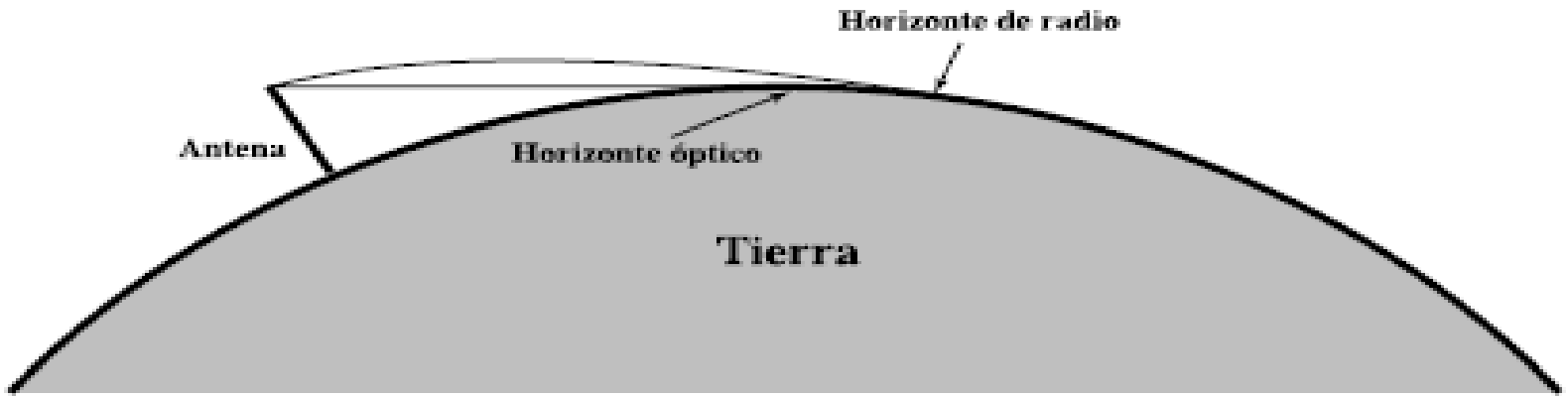


Figura 4.9. Horizonte óptico y de radio.

Ejemplo 4.3. La distancia máxima entre dos antenas para transmisión LOS, a una altura de 100 m y la otra situada a nivel de la superficie, es

$$d = 3{,}57\sqrt{Kh} = 3{,}57\sqrt{133} = 41 \text{ km}$$

Ahora, supóngase que la antena receptora está a una altura de 10 m. Para conseguir la misma distancia, ¿a qué altura debería estar la antena transmisora?

$$41 = 3{,}57(\sqrt{Kh_1} + \sqrt{13{,}3})$$

$$\sqrt{Kh_1} = \frac{41}{3{,}57} - \sqrt{13{,}3} = 7{,}84$$

$$h_1 = \frac{7{,}84^2}{1{,}33} = 46{,}2 \text{ m}$$

Esto implica un ahorro de 50 m en la altura de la antena emisora. Este ejemplo pone de manifiesto las ventajas que se pueden conseguir al elevar la antena receptora sobre la superficie, ya que se reduce la altura de la antena emisora.