

# *Objetivos*

- Conocer y comprender principios básicos de comunicaciones
- Poder realizar la configuración básica de sistemas
- Capacitarse para la detección primaria de fallas

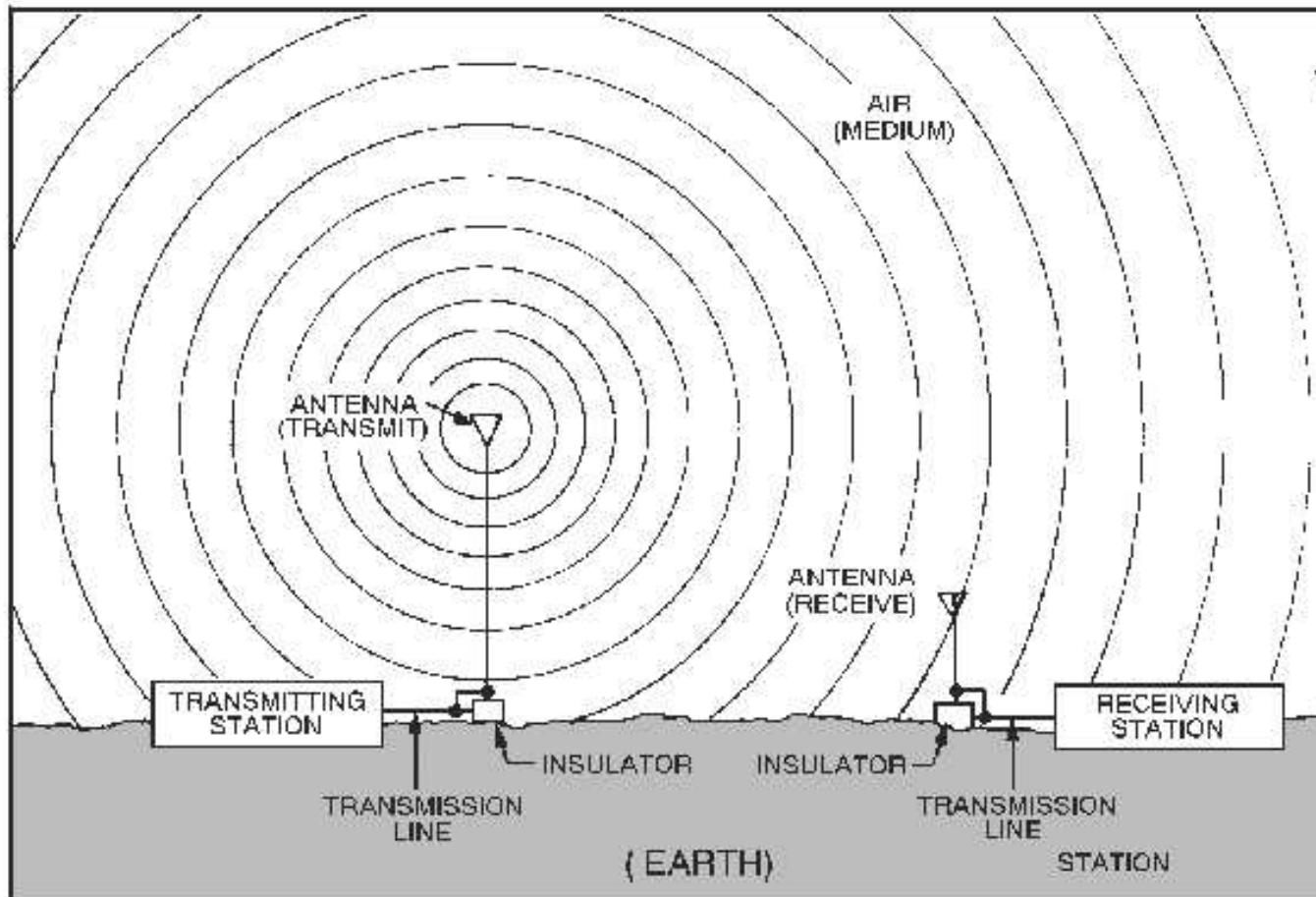


# *Objetivos*

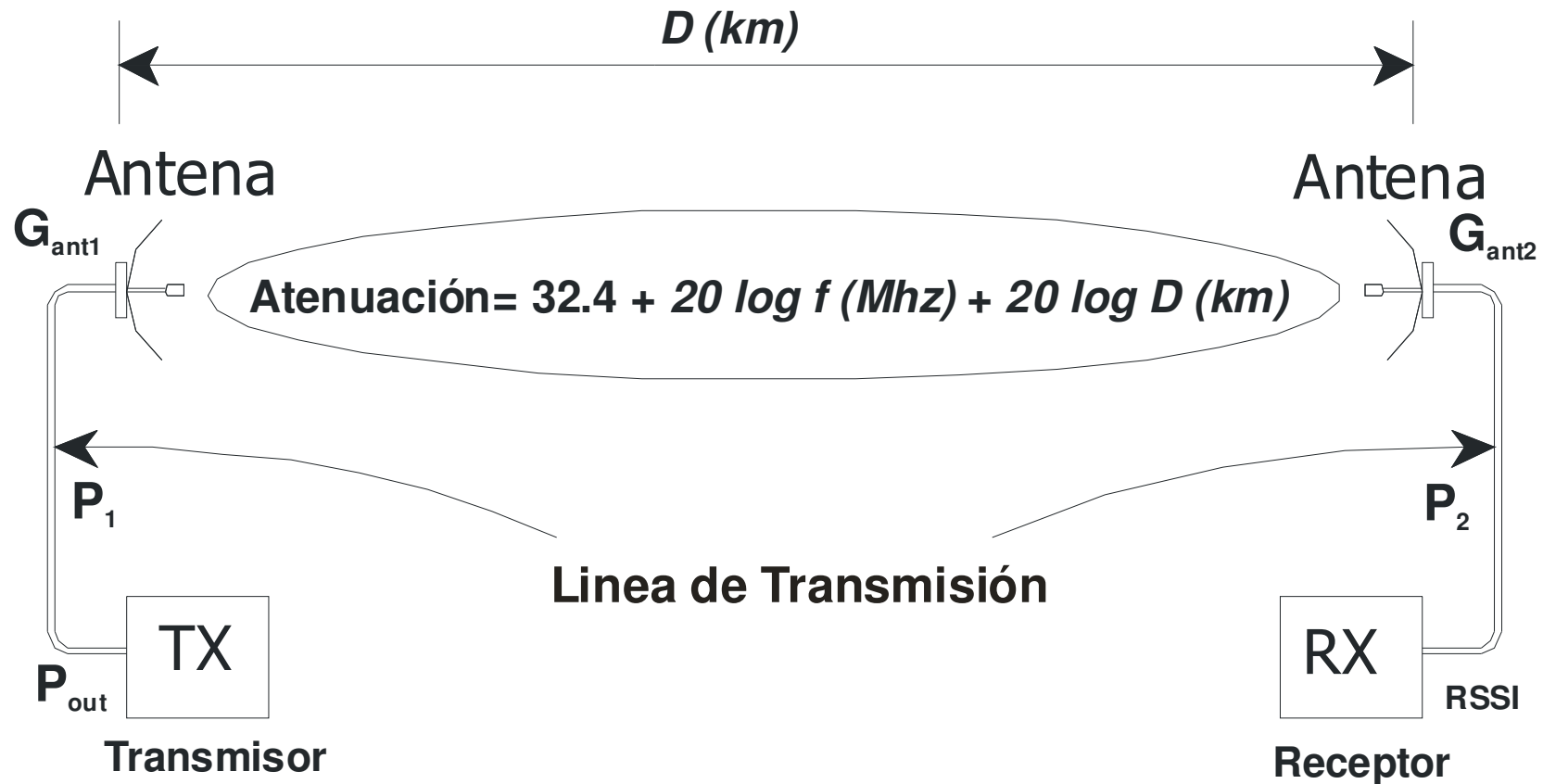
- Objetivos
- Diagrama general de un enlace
- Repaso de frecuencia y long de onda
- Atmósfera ionosfera
- Propagación



# *Sistema simplificado de una comunicación de radio*



# Diagrama de Enlace



$$RSSI = P_{out} - P_1 + G_{ant1} - P_{air} + G_{ant2} - P_2$$



## ***Bandas de Frecuencia de las OEM***

Las ondas electromagnéticas se agrupan para su estudio según su frecuencia al compartir características similares en su comportamiento:

Frecuencias extremadamente bajas (ELF): 30-300 Hertz.

Frecuencias muy bajas (VLF): 3-30 Kilohertz.

Frecuencias bajas (LF): 30-300 Kilohertz.

Frecuencias medias (MF): 300-3 000 Kilohertz.

Frecuencias altas (HF): 3-30 Megahertz.

Frecuencias muy altas (VHF): 30-300 Megahertz.

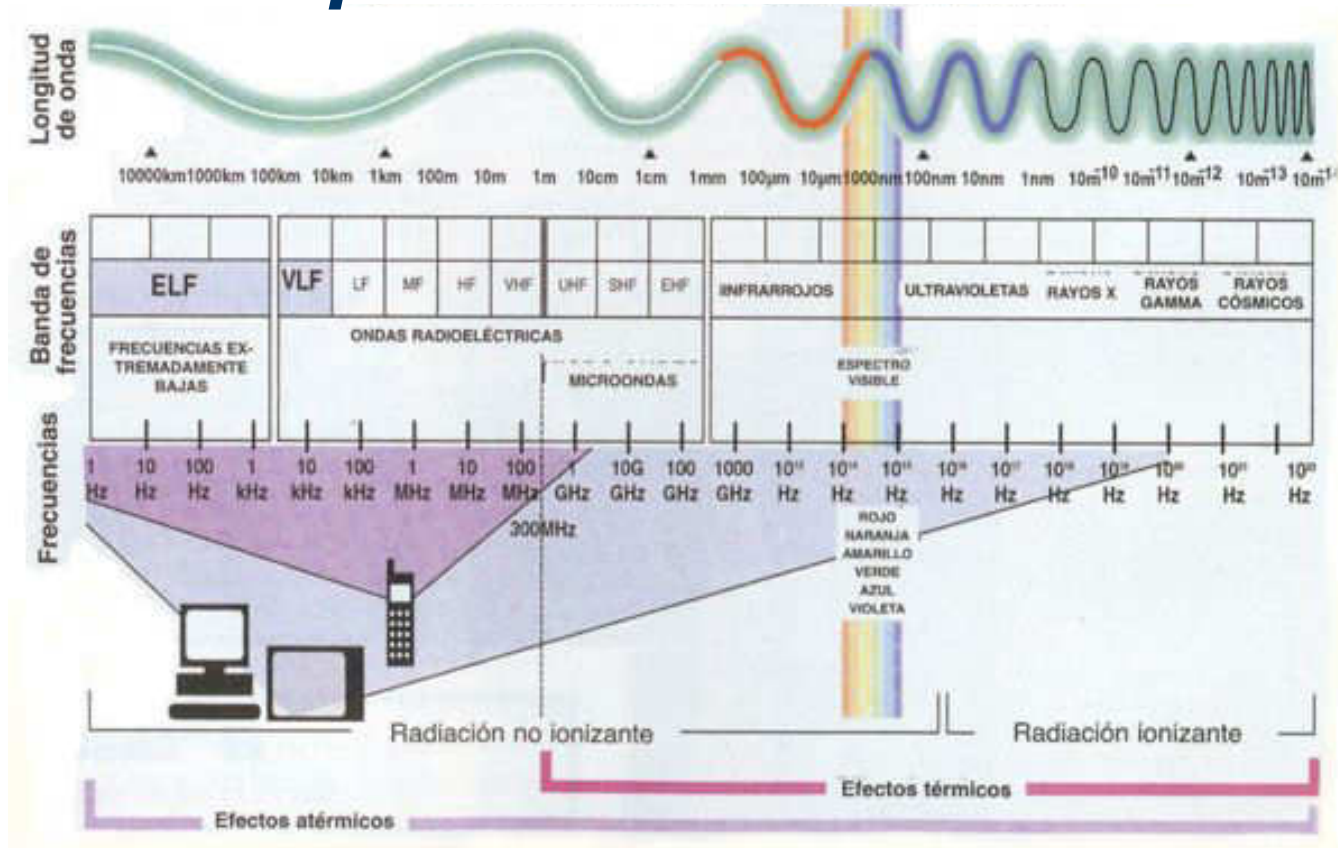
Frecuencias ultra altas (UHF): 300-3 000 Megahertz.

Frecuencias super altas (SHF): 3-30 Gigahertz.

Frecuencias extremadamente altas (EHF): 30-300 Gigahertz.



# Espectro de Frecuencia

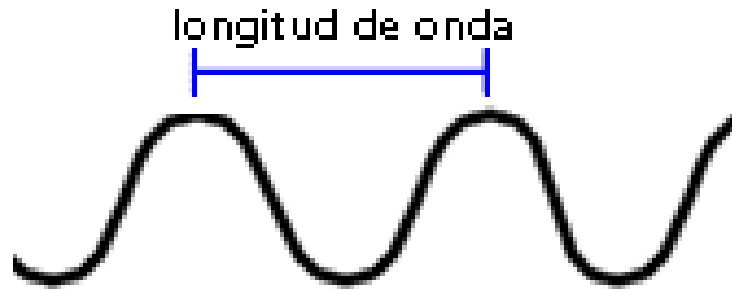


Las ondas de radio RF poseen una componente eléctrica y una magnética y como tales están expuestas a fenómenos que modifican el patrón de la propagación de ondas



## ***Longitud de Onda:***

( $\lambda$ ) es la distancia en el espacio dentro de la cual la función onda se repite a sí misma, en determinado tiempo.



El símbolo para la longitud de onda es  $\lambda$

$$\lambda = c / f$$

$c$  = Velocidad de propagación ( $3 \times 10^8$  m/seg)

# ***Unidades de Potencia: mW y dBm***

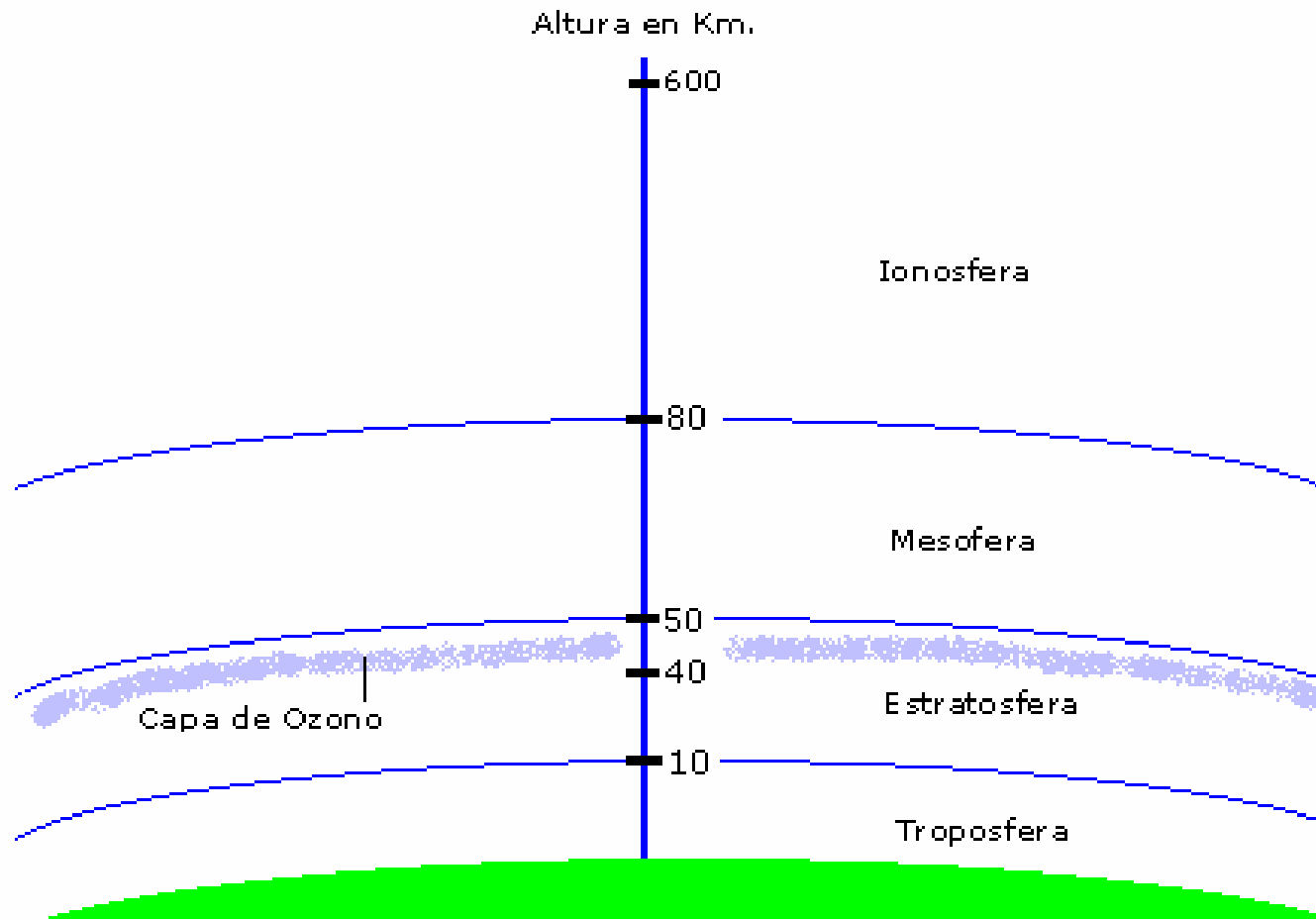
dBm es potencia expresada en dB referida a 1mW / 50 Ohms.

$$10 \times \log 100\text{mW} = 20 \text{ dBm}$$





# Capas de la Atmósfera

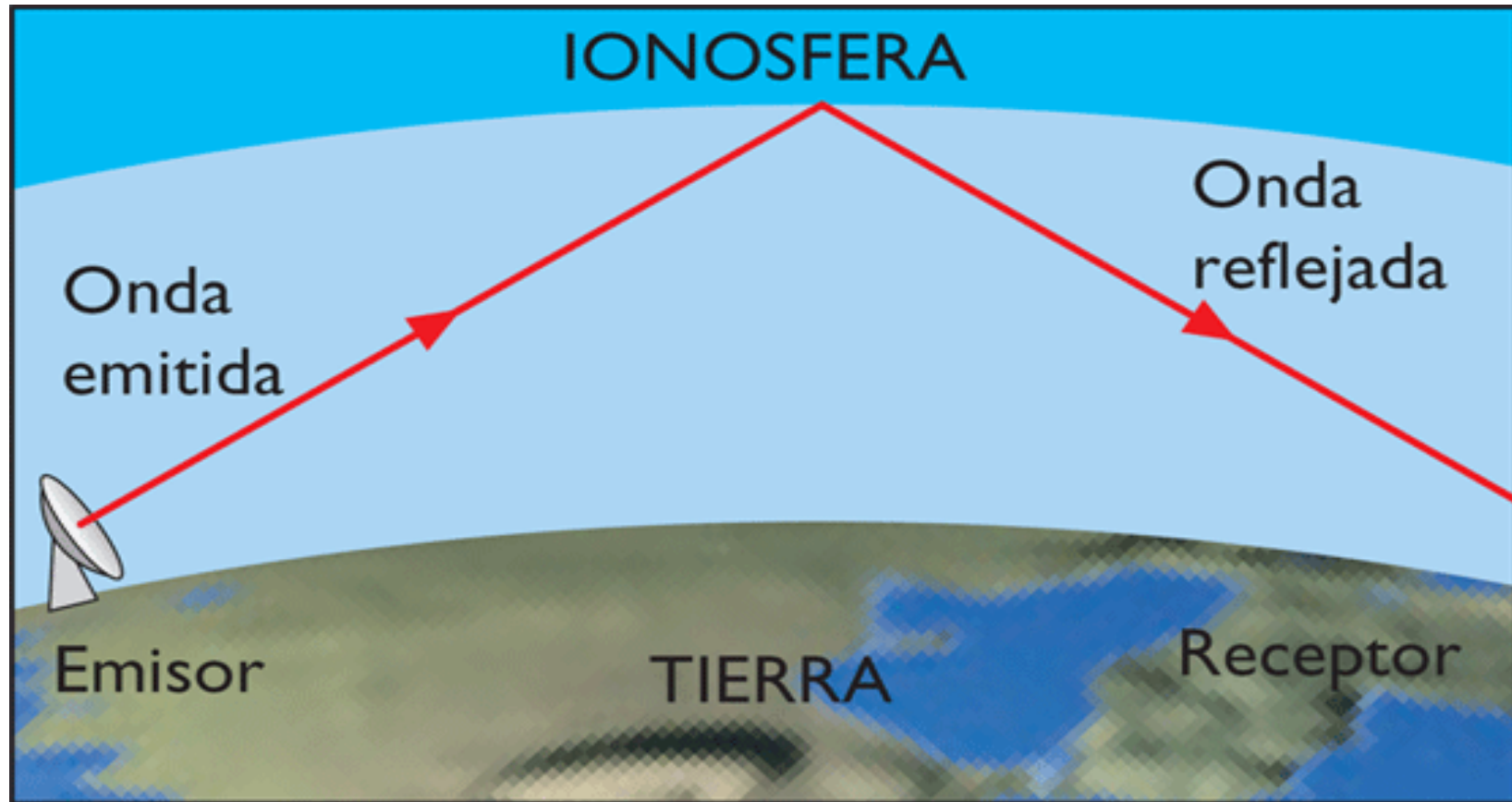


# ***Tipos de Propagación***

- **Ondas directas**
- **Terrestres**
- **Ionosféricas**

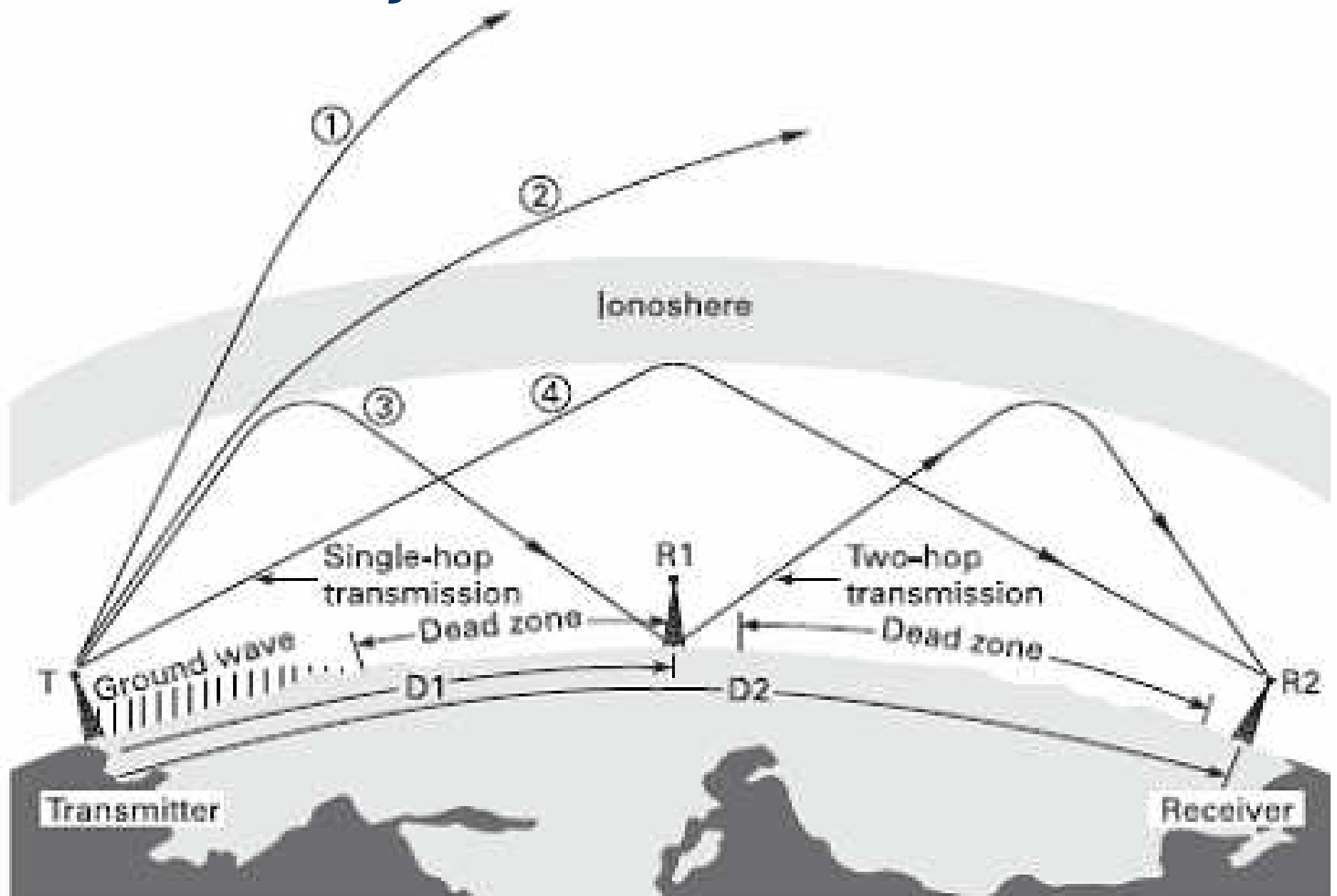


## ***Reflexión Ondas de RF***



- Las frecuencias de radio entre 3 y 30 Mhz son reflejadas en la atmósfera
- Las ondas de altas frecuencias VHF, UHF y SHF no se reflejan en la atmósfera, salvo en ciertas circunstancias

# Trayectorias de las Ondas



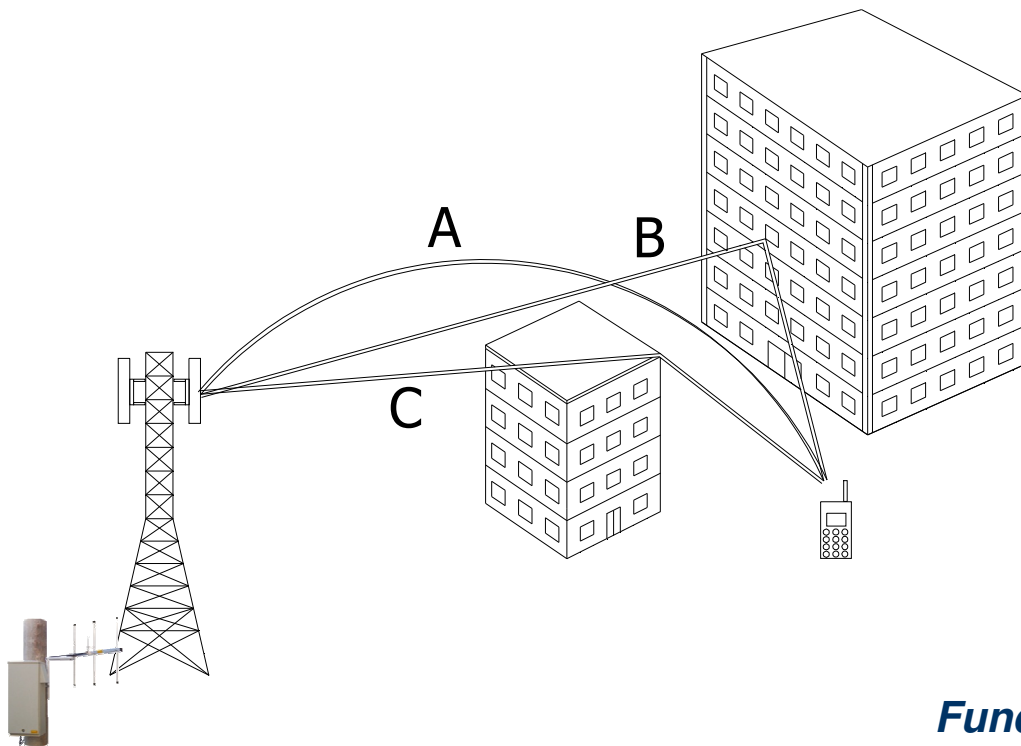
# ***Efectos Físicos Sobre la Señal***

- **Refracción**
- **Reflexión**
- **Dispersión**
- **Multiruta (Multipat)**
  
- **Interferencias**



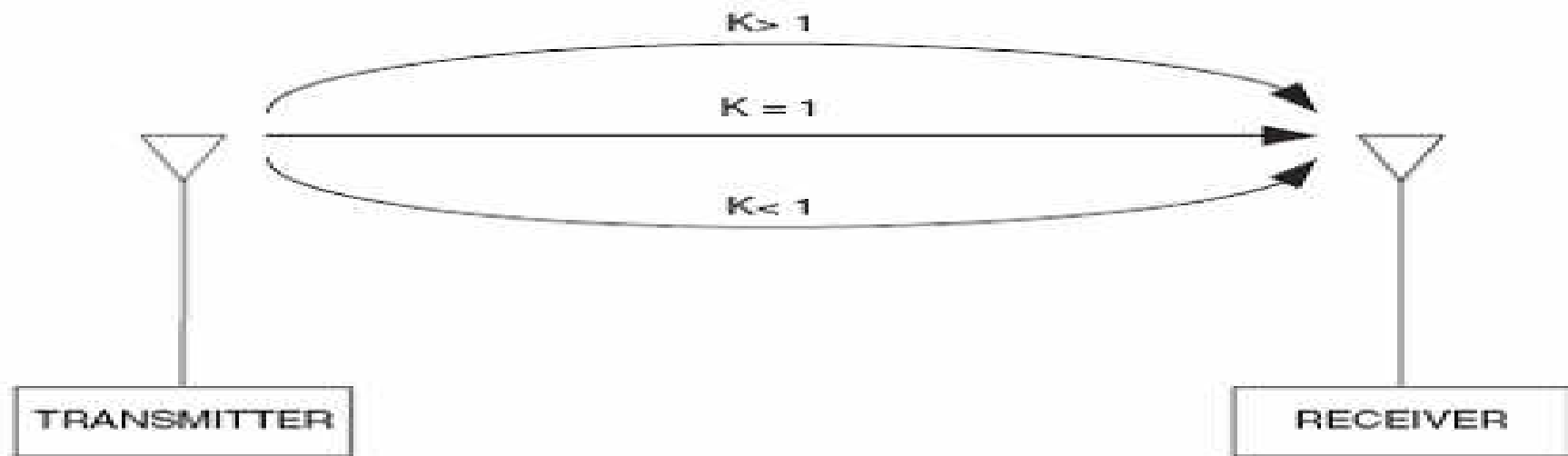
# *Trayectoria de las Ondas Directas*

- Las ondas portadoras de energía puede tomar varios caminos entre las antenas que componen un radioenlace.

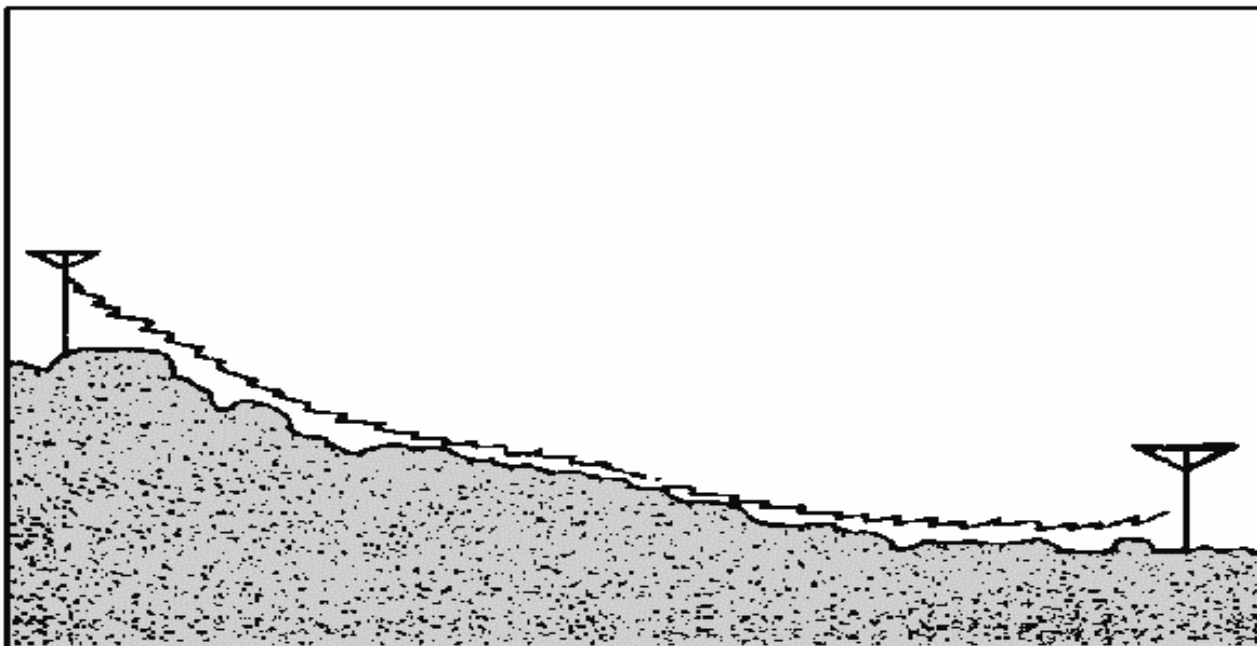


- A** Señal Difractada
- B** Señal Reflejada
- C** Señal Refractada

# *Difracción de las Ondas*



# *Propagación de Ondas Terrestres*



- Con ondas terrestres, el campo Eléctrico induce potenciales en la superficie de la Tierra, que produce corrientes inducidas.
- La superficie de la tierra también tiene resistencia y pérdidas dieléctricas, por lo que las ondas terrestres se atenúan a medida que se propagan.





# ***Propagación de Ondas Terrestres***

Buen conductor para una onda terrestres

**Agua salada de mar**

Mal conductor para una onda terrestre

**El desierto**

Las pérdidas de ondas terrestres se acentúan con la frecuencia. Generalmente se usan para transmisiones de frecuencias menores a 2MHz. (Ej. radio AM).



# Trayectoria de las Ondas Directas



- Las ondas directas incluyen tanto las ondas directamente transmitidas, como las indirectamente reflejadas.
- La intensidad del campo eléctrico depende de la distancia entre las dos antenas, por el efecto de atenuación y absorción, y de la interferencia que pueda haber entre las ondas directas y las ondas reflejadas.
- Para que este tipo de propagación sea efectivo se necesita que entre las antenas exista una línea de visión, es decir puedan verse una a la otra

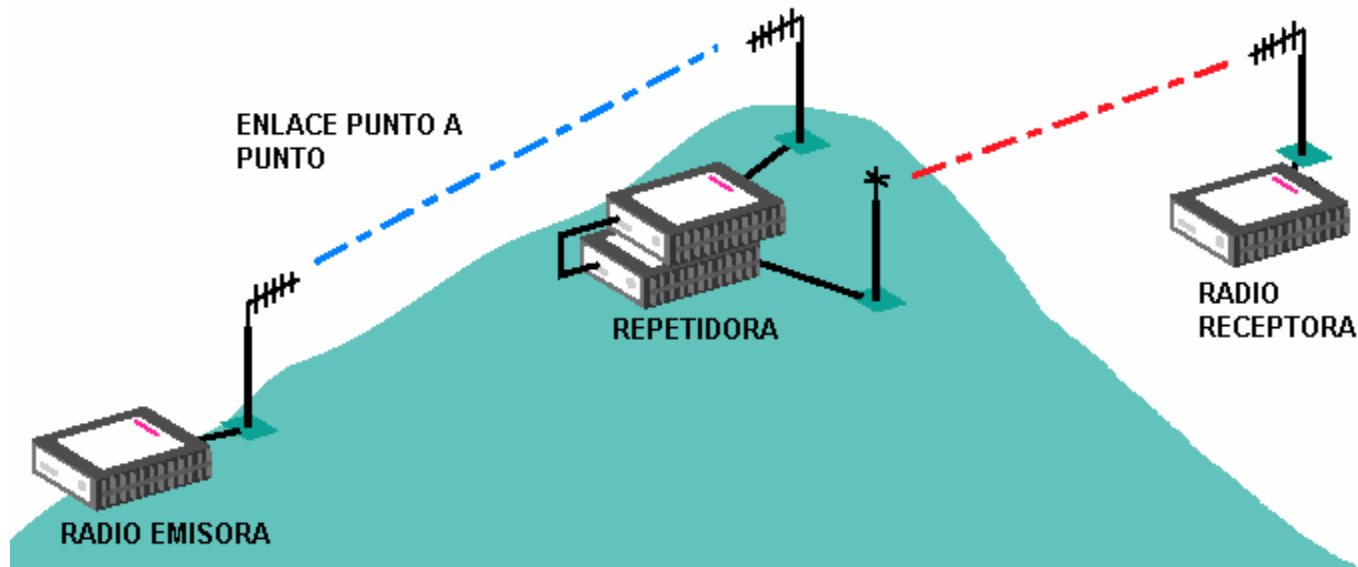
# *Trayectoria de las Ondas Directas*



- Para que este tipo de propagación sea efectivo se necesita que entre las antenas exista una línea de visión, es decir puedan verse una a la otra



# *Trayectoria de las Ondas Directas*

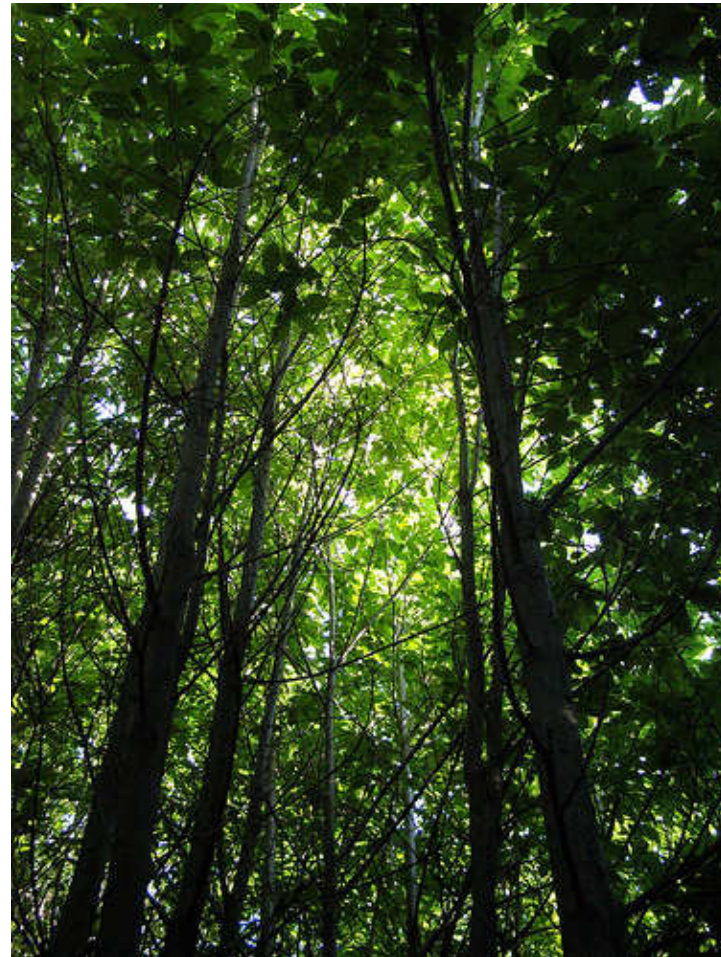


En el caso de que se presente un obstáculo entre las 2 antenas, es necesario colocar una estación repetidora



# ***Efectos De Las Arboledas En La Propagación***

**Los árboles y hojas son obstrucciones para las frecuencias 802.11 y como tales bloquearán entera o parcialmente la señal si no se busca cómo librar la obstrucción.**



# ***Líneas de Transmisión***

# *Líneas de Transmisión*

- Una Líneas de Transmisión es un sistema conductor metálico que se utiliza para transferir energía eléctrica de un lugar a otro.
- Pueden ser cortas, desde unos cuantos centímetros, o largas hasta centenas de kilómetros.
- Pueden utilizarse para transmitir CC o CA de baja frecuencia (50 Hz o Audio) o bien para transmitir señales de alta frecuencia.



# Características de las OEM

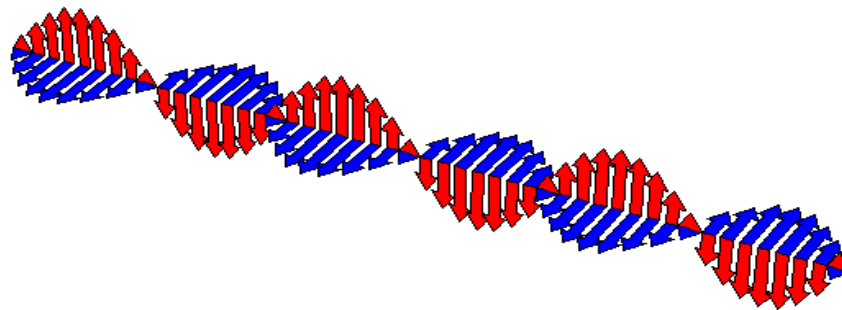
## • Velocidad de onda:

Las ondas viajan a distintas velocidades, dependiendo del tipo de onda y de las características del medio donde se propagan

Las ondas de sonido (que son mecánicas) viajan aproximadamente a 310 [m/s] en la atmósfera normal.

Las ondas OEM viajan mucho más rápido. En el vacío, las ondas TEM viajan a la velocidad de la luz:  **$c = 299.793.000$  [m/s]**.

Sin embargo, en el aire, las ondas TEM viajan ligeramente más despacio, y considerablemente más lento a lo largo de una línea de transmisión





# Características de las OEM

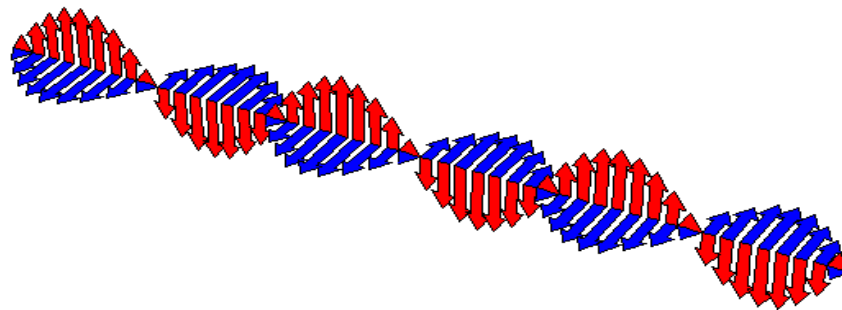
## •Velocidad de onda:

Las ondas viajan a distintas velocidades, dependiendo del tipo de onda y de las características del medio donde se propagan

Las ondas de sonido (que son mecánicas) viajan aproximadamente a 310 [m/s] en la atmósfera normal.

Las ondas OEM viajan mucho más rápido. En el vacío, las ondas TEM viajan a la velocidad de la luz:  **$c = 299.793.000$  [m/s]**.

Sin embargo, en el aire, las ondas TEM viajan ligeramente más despacio, y considerablemente más lento a lo largo de una línea de transmisión

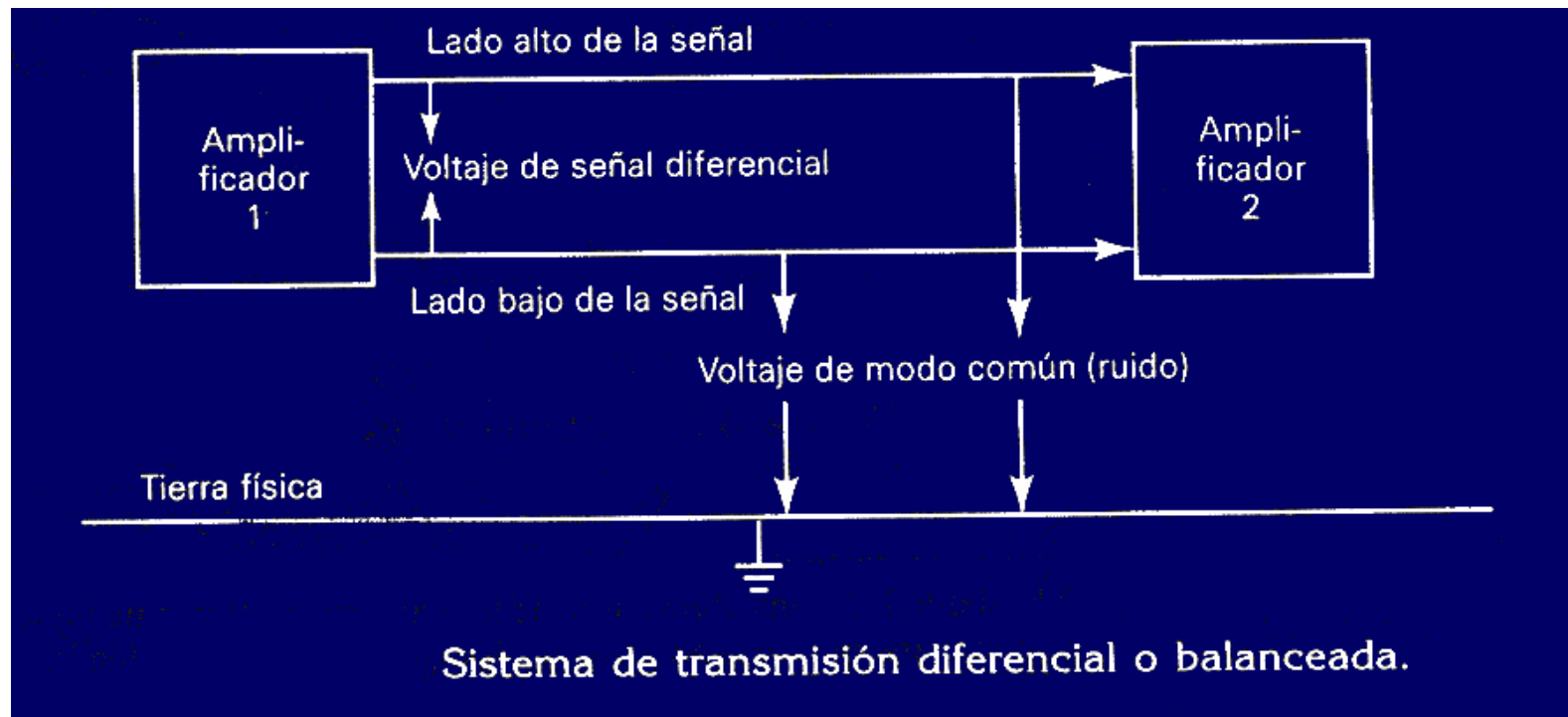


# ***Tipos de Líneas de Transmisión***

- **Balanceadas**
- **Desbalanceadas.**

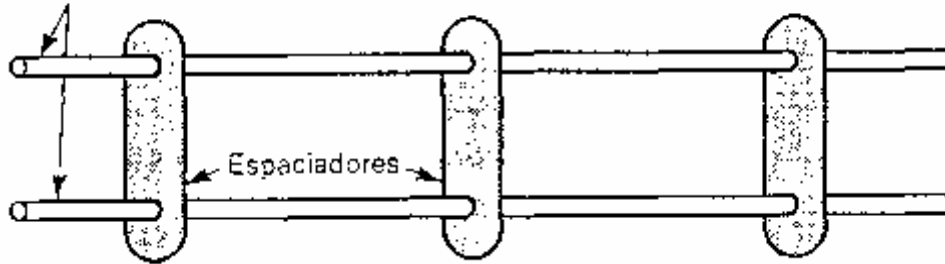


# Línea Balanceada

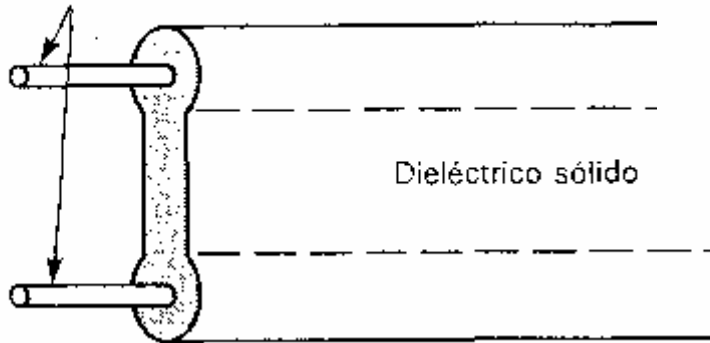


# Línea Balanceada

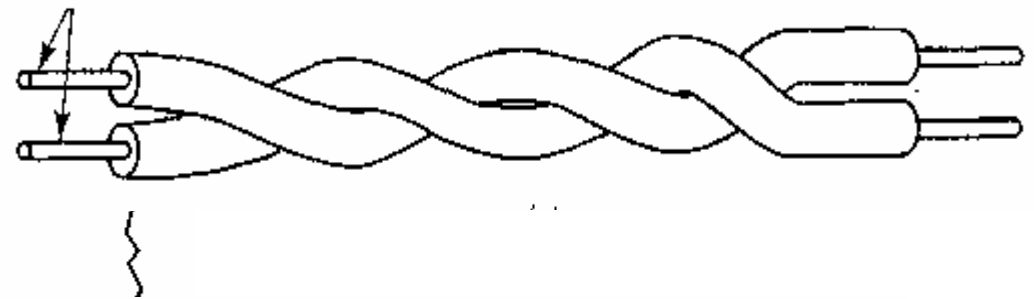
Conductores



Conductores



Conductores

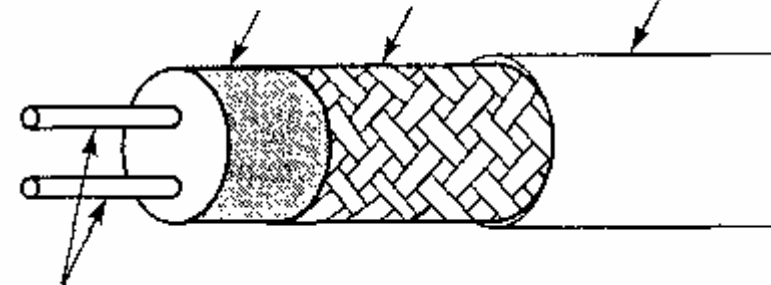


Dieléctrico sólido

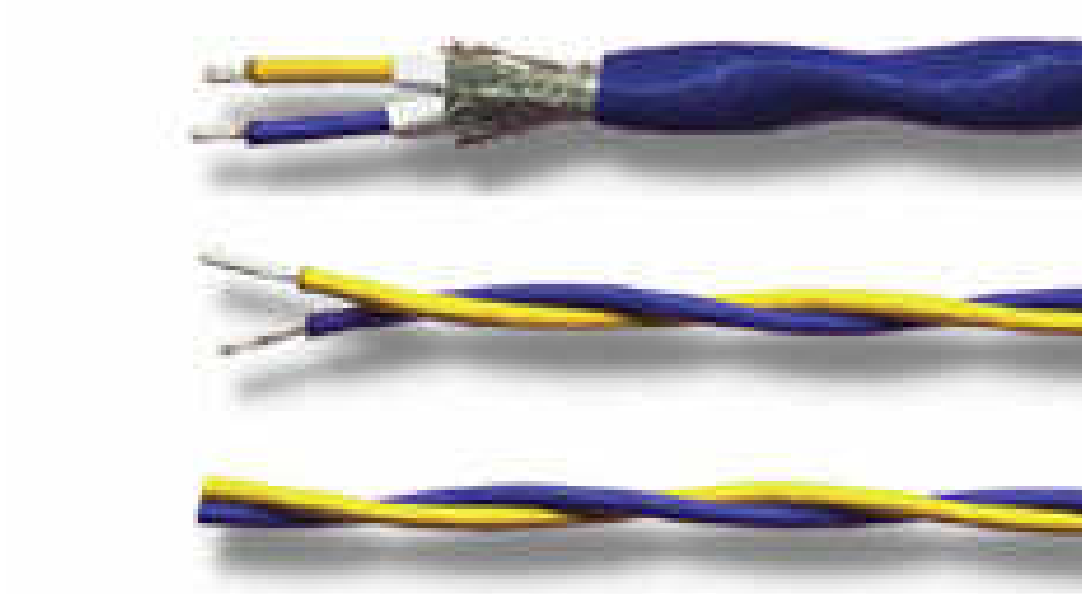
Trenza

Funda protectora

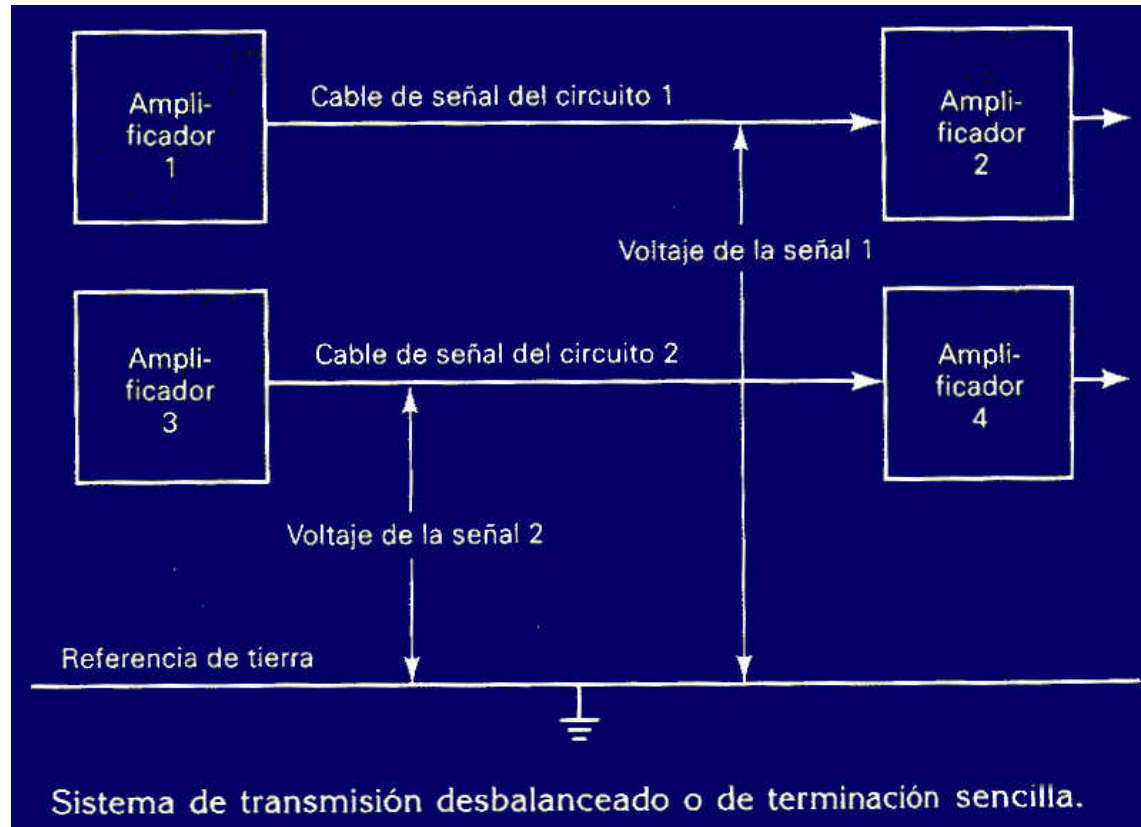
Conductores



# *Línea Balanceada*



# Línea Desbalanceada



## Líneas de Transmisión

# Tipos de Líneas de Transmisión

---

- **Línea Desbalanceada**

- Con una Línea de transmisión desbalanceada, un cable se encuentra en el potencial de tierra, mientras que el otro cable se encuentra en el potencial de la señal. Este tipo de transmisión se llama transmisión de señal desbalanceada o de terminación sencilla.
- Con la transmisión de señal desbalanceada, el cable de tierra también puede ser la referencia a otros cables que llevan señales. Si éste es el caso, el cable a tierra debe ir en donde va cualquiera de los cables de señal. A veces esto crea un problema porque una longitud de cable tiene resistencia, inductancia, y capacitancia, por lo tanto, puede existir una pequeña diferencia de potencial, entre cualquiera de los dos puntos, en el cable de tierra.
- En consecuencia, el cable de tierra no es un punto de referencia perfecto y es capaz de inducir un ruido en él. Un cable coaxial estándar de dos conductores es una línea desbalanceada. El segundo cable es la cubierta, que generalmente se conecta a tierra.

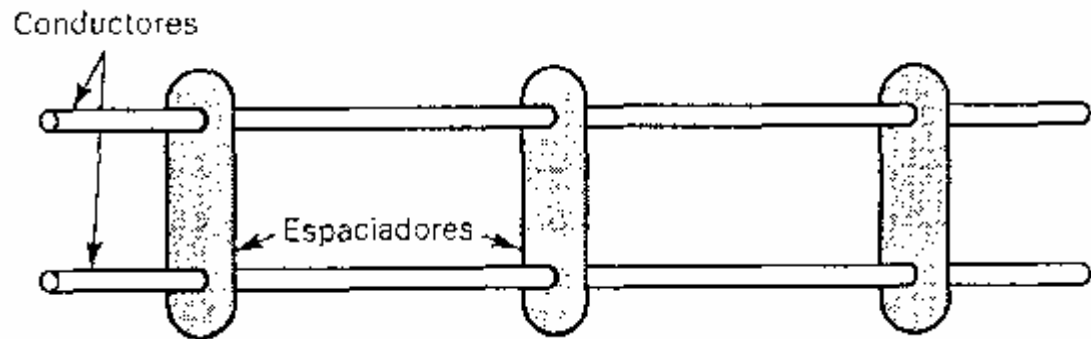


## Líneas de Transmisión – Tipos

# Líneas de Transmisión de Conductores Paralelos

- **Línea de transmisión de cable abierto.**

Una línea de transmisión de cable abierto es un conductor paralelo de dos cables. Consiste simplemente de dos cables paralelos, espaciados muy cerca y solo separados por aire. Los espaciadores no conductivos se colocan a intervalos periódicos para apoyarse y mantener se a la distancia, entre la constante de los conductores. La distancia entre los dos conductores generalmente está entre 2 y 6 pulgadas. El dieléctrico es simplemente el aire, entre y alrededor de los dos conductores en donde se propaga la onda TEM. La única ventaja real de este tipo de línea de transmisión es su construcción sencilla. Ya que no hay cubiertas, las pérdidas por radiación son altas y es susceptible a recoger ruido. Estas son las desventajas principales de una línea de transmisión de cable abierto. Por lo tanto, las líneas de transmisión de cable abierto normalmente operan en el modo balanceado.





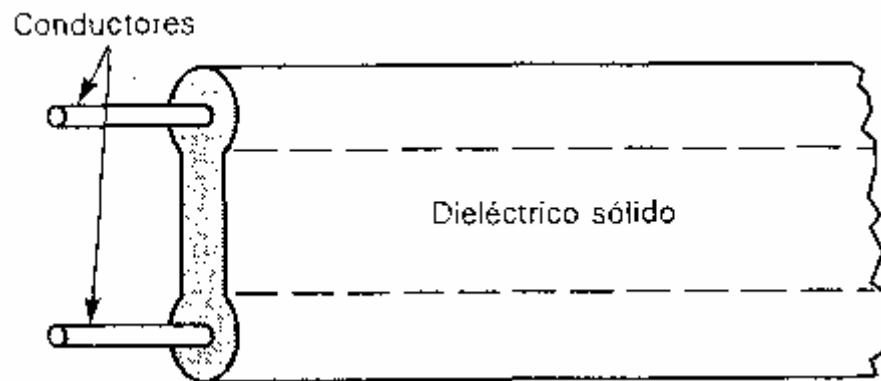
## Líneas de Transmisión – Tipos

# Líneas de Transmisión de Conductores Paralelos

- **Cables gemelos (doble terminal).**

Los cables gemelos son otra forma de línea de transmisión para un conductor paralelo de dos cables, y se muestra en la figura 8-6b. Los cables gemelos frecuentemente son llamados cable de cinta.

Los cables gemelos esencialmente son igual que una línea de transmisión de cable abierto, excepto que los espaciadores que están entre los dos conductores se reemplazan con un dieléctrico sólido continuo. Esto asegura los espacios uniformes a lo largo de todo el cable, que es una característica deseable por razones que se explicarán posteriormente en este capítulo. Típicamente, la distancia entre los dos conductores es de 5/16 de pulgada, para el cable de transmisión de televisión. Los materiales dieléctricos más comunes son el teflón y el polietileno.



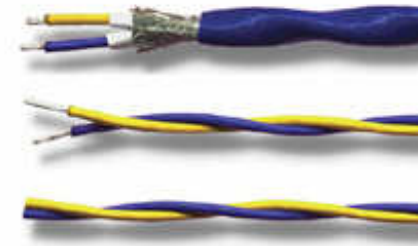
# Líneas de Transmisión – Tipos

## Líneas de Transmisión de Conductores Paralelos

- **Cables de par trenzado.**

Un cable de par trenzado se forma doblando (“trenzando”) dos conductores aislados juntos. Los pares se trenzan frecuentemente en unidades y las unidades, a su vez, están cableadas en el núcleo. Estas se cubren con varios tipos de fundas, dependiendo del uso que se les vaya a dar. Los pares vecinos se trenzan con diferente inclinación (el largo de la trenza) para poder reducir la interferencia entre los pares debido a la inducción mutua. Las constantes primarias del cable de par trenzado son sus parámetros eléctricos (resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia). Que están sujetas a variaciones con el ambiente físico como temperatura, humedad y tensión mecánica, y que dependen de las variaciones en la fabricación.

Conductores

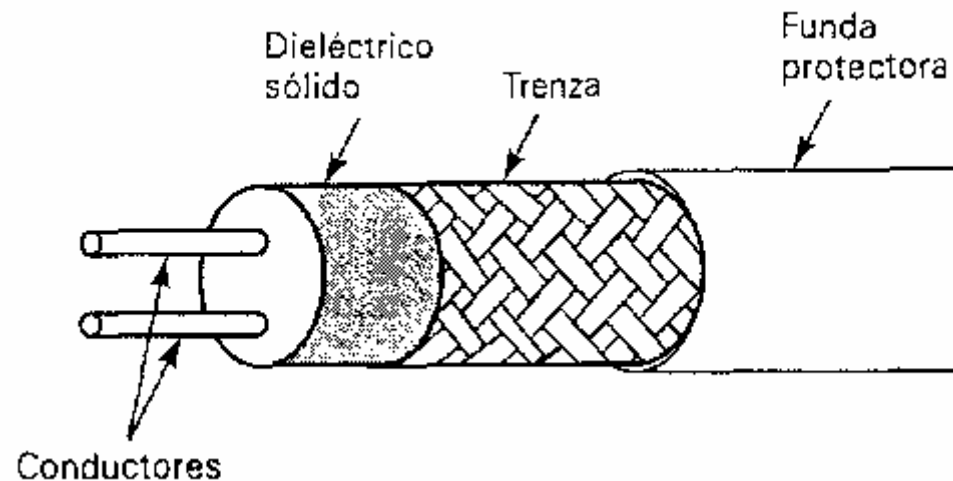


## Líneas de Transmisión – Tipos

# Líneas de Transmisión de Conductores Paralelos

- **Par de cables protegido con armadura.**

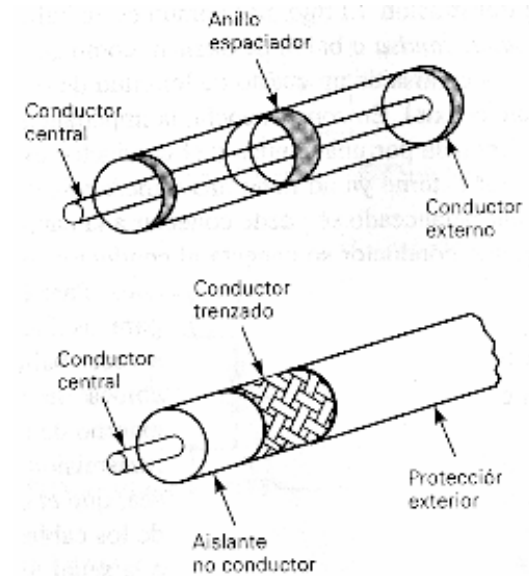
Para reducir las pérdidas por radiación e interferencia, frecuentemente se encierran las líneas de transmisión de dos cables paralelos en una malla metálica conductiva. La malla se conecta a tierra y actúa como una protección. La malla también evita que las señales se difundan más allá de sus límites y evita que la interferencia electromagnética llegue a los conductores de señales. Consiste de dos conductores de cable paralelos separados por un material dieléctrico sólido. Toda la estructura está encerrada en un tubo trenzado conductivo y luego cubierto con una capa protectora de plástico.



# Líneas de Transmisión – Tipos

## Líneas de Transmisión de Conductores Concéntricos

Las líneas de transmisión de conductores paralelos son apropiadas para las aplicaciones de baja frecuencia. Sin embargo, en las frecuencias altas, sus pérdidas por radiación y pérdidas dieléctricas, así como su susceptibilidad a la interferencia externa son excesivas. Por lo tanto, los conductores coaxiales se utilizan extensamente, para aplicaciones de alta frecuencia, para reducir las pérdidas y para aislar las trayectorias de transmisión. El cable coaxial básico consiste de un conductor central rodeado por un conductor exterior concéntrico (distancia uniforme del centro). A frecuencias de operación relativamente altas, el conductor coaxial externo proporciona una excelente protección contra la interferencia externa. Sin embargo, a frecuencias de operación más bajas, el uso de la protección no es coestable. Además, el conductor externo de un cable coaxial general mente está unido a tierra, lo que limita su uso a las aplicaciones desbalanceadas.



# *Circuitos Equivalentes*

---

- **Líneas distribuidas uniformemente.**

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor.

Estas propiedades a su vez determinan las constantes eléctricas primarias:

- Resistencia de corriente continua en serie (R).
- Inductancia en serie (L).
- Capacitancia en derivación (C).
- Conductancia en derivación.

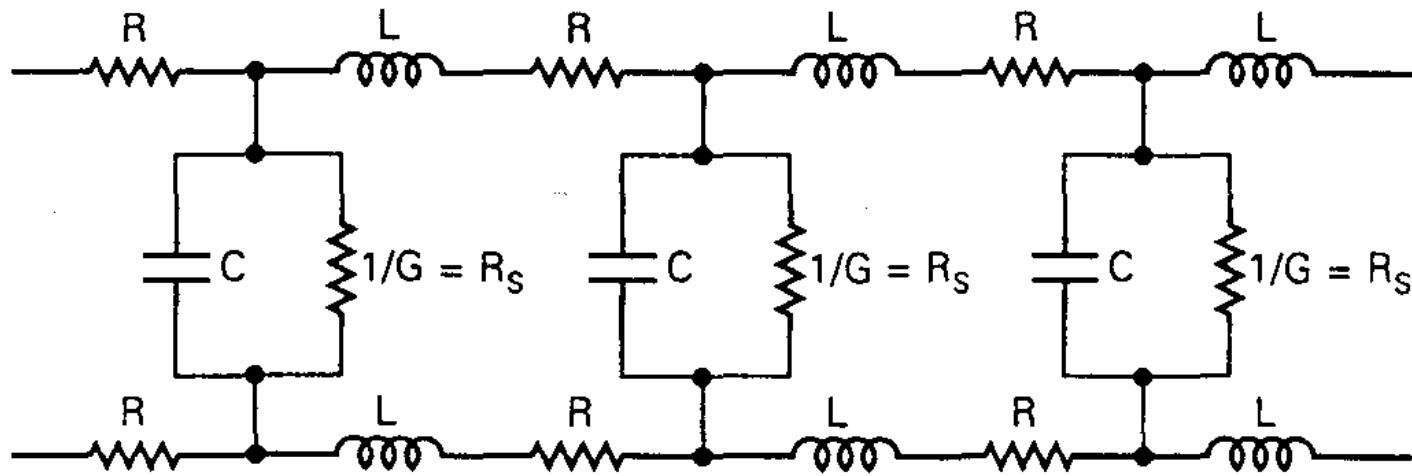
Las constantes primarias se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea y, por lo tanto, se les llama comúnmente *parámetros distribuidos*.

Para simplificar el análisis, los parámetros distribuidos se agrupan por unidad de longitud para formar un modelo eléctrico artificial de la línea.

A continuación se puede apreciar el modelo en la figura.



# Circuitos Equivalentes



- C = capacitancia – dos conductores separados por un aislante
- R = resistencia – oposición al flujo de corriente
- L = autoinductancia (inductancia propia)
- 1/G = resistencia de dispersión del dieléctrico
- $R_s$  = resistencia de dispersión en derivación



# *Características de una Línea*

---

Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con las cuatro constantes primarias. Las constantes secundarias son:

- **Impedancia Característica ( $Z_0$ ).**
- **Constante de propagación ( $\gamma$ ).**



# *Impedancia Característica de una Línea*

---

Para una máxima transferencia de potencia, desde la fuente a la carga (o sea, sin energía reflejada), una línea de transmisión debe **terminarse en una carga puramente resistiva igual a la impedancia característica de la línea.**

La  $Z_0$  de una línea de transmisión es una cantidad compleja expresada en Ohms que no se puede medir. Se define como la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga o la impedancia que se ve desde un largo finito de una línea terminada en una carga resistiva pura igual a la  $Z_0$ .





# *Impedancia Característica $Z_0$*

De un análisis detenido del circuito equivalente de la línea presentado anteriormente, se puede arribar al siguiente resultado:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Para frecuencias bajas, puede despreciarse la parte reactiva resultando:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R}{G}}$$

Para frecuencias altas, la parte resistiva se torna despreciable y obtenemos la fórmula aproximada:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$



# *Impedancia Característica $Z_0$*

---

La impedancia característica de una línea de transmisión también puede ser determinada utilizando la ley de Ohm. Cuando una fuente se conecta a una línea infinitamente larga y se le aplica una tensión, fluye una corriente. Aunque la carga esté abierta, el circuito está cerrado a través de las constantes distribuidas de la línea. La impedancia característica es simplemente la relación de la tensión de la fuente ( $E_0$ ) a la corriente de la línea ( $I_0$ ).

$$Z_0 = \frac{E_0}{I_0}$$

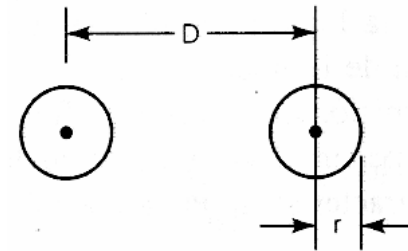


# Impedancia Característica $Z_0$

Impedancia Característica  $Z_0$  de líneas conocidas

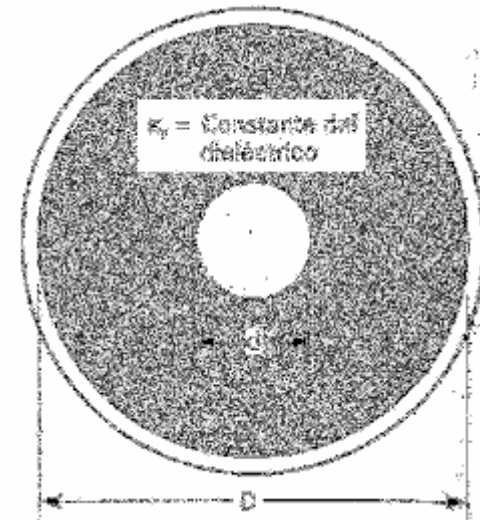
Dos cables paralelos con dieléctrico de aire ( $D \gg r$ ):

$$Z_0 = 276 \cdot \log\left(\frac{D}{r}\right)$$



Cable coaxial:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right)$$



# Resumen

- La impedancia de entrada de una línea infinitamente larga en radiofrecuencia es resistiva e igual a  $Z_0$ .
- Las ondas EM viajan a lo largo de la línea sin reflejarse; a una línea así se la llama no resonante.
- La relación entre tensión y corriente en cualquier punto de la línea es igual a  $Z_0$ .
- La corriente y la tensión incidente en cualquier punto a lo largo de la línea están en fase.
- Las pérdidas de la línea no resonante son mínimas por unidad de longitud.
- Una línea de transmisión terminada en una carga resistiva e igual a  $Z_0$  actúa como una línea infinita:  $Z_i = Z_0$



# *Resumen*

- No hay ondas reflejadas.
- $V$  e  $I$  están en fase.
- Hay una máxima transferencia de potencia de fuente a carga.



# ***Constante de Propagación $\gamma$***

- La *constante de propagación* (*coeficiente de propagación*) se utiliza para expresar la atenuación y el desplazamiento de fase por unidad de longitud de una línea de transmisión.
- Conforme se propaga una onda, a lo largo de la línea, su amplitud se reduce con la distancia. La constante de propagación se utiliza para determinar la reducción en tensión o corriente en función de la distancia.



# *Constante de Propagación $\gamma$*

- Para una línea infinitamente larga, toda la potencia incidente se disipa, en la resistencia del cable, conforme la onda se propague a lo largo de la línea.
- Por lo tanto, con una línea infinitamente larga o una línea que se ve como infinita (como una línea finita terminada en una carga  $Z_0$ ), no se refleja ni se regresa energía nuevamente a la fuente.



# Constante de Propagación $\gamma$

- Matemáticamente la constante de propagación es:

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

- Donde:
- $\alpha$  es el coeficiente de atenuación (nepers/m)
- $\beta$  es el coeficiente de desplazamiento de fase (rad/m)

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$





# Constante de Propagación $\gamma$

- Por lo tanto:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

En frecuencia s de radio  $\omega L \gg R$  y  $\omega C \gg G \Rightarrow$

$$\alpha = \frac{R}{2.Z_0} + \frac{G.Z_0}{2}$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC}$$



# *Propagación de la Onda en la Línea*

## **Factor de Velocidad**

El factor de velocidad (*constante de velocidad*) se define simplemente como la relación de la velocidad de propagación, a través de un medio determinado a la velocidad de propagación a través de un espacio libre. Matemáticamente, el factor de velocidad es:

$$V_f = \frac{V_p}{c}$$

$V_f$  = factor de velocidad.

$V_p$  = velocidad real de propagación.

$c$  = velocidad de propag. en el espacio libre,  $c = 3 \times 10^8 (m/s)$



# Propagación de la Onda en la Línea

- En forma aproximada puede calcularse como:  
Donde  $\epsilon_R$  es la permeabilidad relativa del dieléctrico.

$$V_f = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_R}}$$

- De un estudio más profundo se puede concluir que la velocidad de propagación para una línea sin pérdidas puede aproximarse por:

$$V_P = \frac{1}{\sqrt{LC}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

- La longitud de onda es directamente proporcional a la velocidad, y la velocidad de propagación de una onda varía con la constante dieléctrica. Por lo tanto, si el medio transmisión no es el espacio libre, la ecuación es:

$$\lambda = \frac{V_P}{f} = \frac{cV_f}{f} = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_R}}$$



# ***Pérdidas en la Línea de Transmisión.***

---

Para propósitos de análisis, las líneas de transmisión frecuentemente se consideran totalmente sin pérdidas, Sin embargo, en realidad, hay varias formas en que la potencia se pierde en la línea de transmisión.

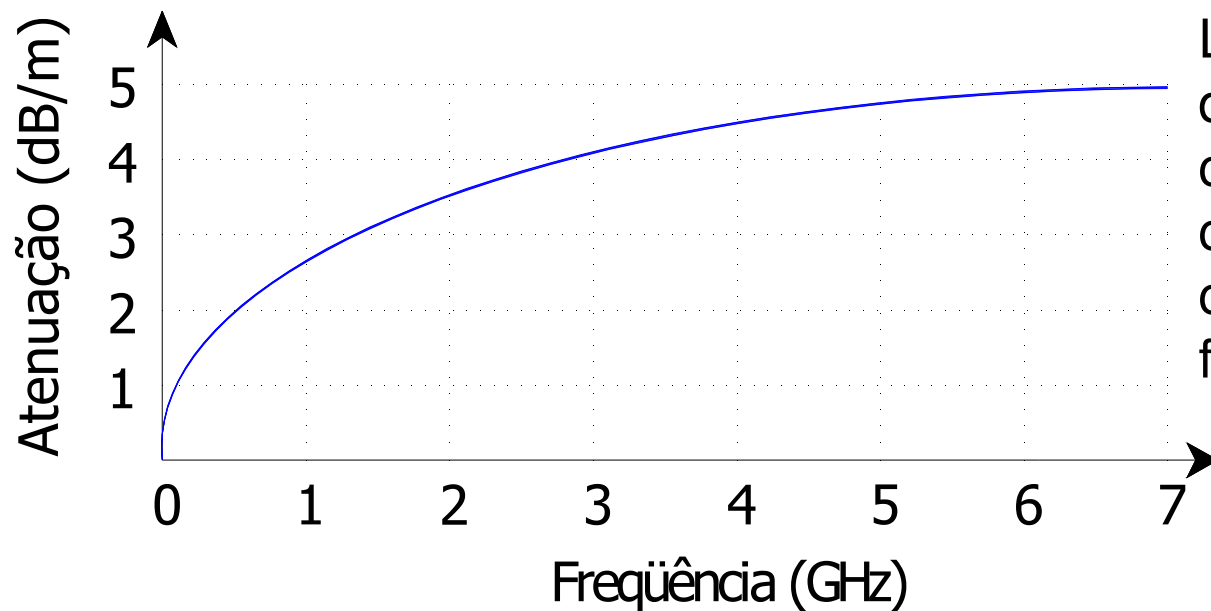
Estos son:

- Pérdidas por calentamiento y efecto skin (piel).
- Pérdidas por radiación.
- Pérdidas por calentamiento del dieléctrico.
- Pérdida por acoplamiento.
- Coronas (descargas luminosas)



# *Pérdidas en cables coaxiales*

El principio de una línea de transmisión es la de transportar la energía electromagnética con un mínimo de pérdidas. Debido a las características de cada línea la señal se atenúa a lo largo de la misma.



La atenuación depende de la longitud del cable, de sus características constructivas y de la frecuencia.



# Constantes de una Línea

Factores de Velocidad	
Material	Factor de Velocidad
Aire	0,95-0,975
Hule	0,56 - 0,65
Polietileno	0,66
Teflón	0,7
Espuma de Teflón	0,82
Pins de teflón	0,81
Espiral de teflón	0,81

Constantes Dieléctricas	
Material	$\epsilon_R$
Vacío	1.0
Aire	1.0006
Teflón	2.0
Papel, parafinado	2.5
Hule	3.0
Mica	5.0
Vidrio	7.5



# ***Pérdidas a 2.5 GHz en Cables Coaxiales***

<b>MODELO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>ATENUACION APROX (dB/100 m)</b>
RGC-213	KmP	45
RG-58	KmP	78,7@3GHz
Cellflex 1/2"	KmP	11,8
Cellflex 7/8"	KmP	6,9
LMR-195	Times Microwave	57
LMR-400	Times Microwave	20,4
LMR-600	Times Microwave	13,3



# *Cable Coaxil*

- ✓ Tipo
- ✓ Longitud
- ✓ Atenuación por metro
- ✓ Frecuencia de operación
- ✓ Impedancia característica
- ✓ Material Dieléctrico

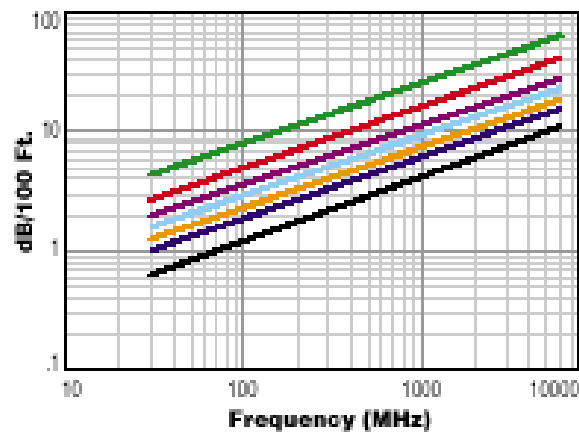




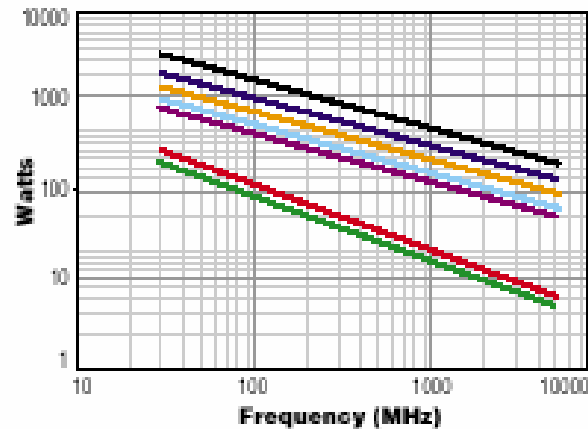
# Características Eléctricas

## Electrical Characteristics

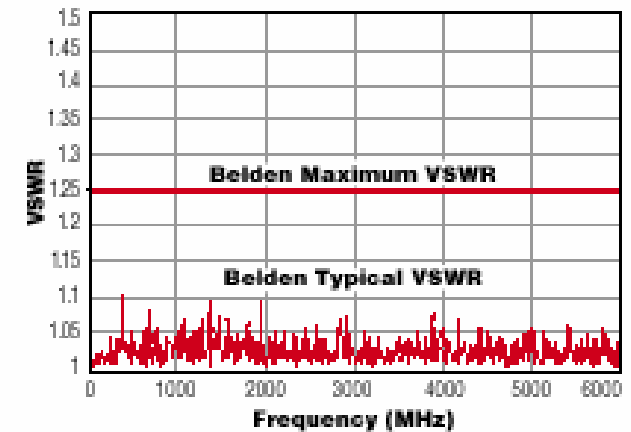
### Attenuation



### Power Rating



### Guaranteed VSWR



— RF100A — RF100LL — RF195 — RF200 — RF240 — RF300 — RF400

Note: Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) is a measurement of the reflected power in a cable or instrument. The higher the VSWR the poorer the transmission characteristics of the cable.

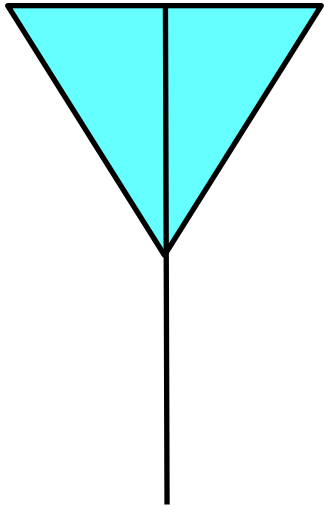


# *Antenas*

*Fundamentos de Telecomunicaciones*



# *Antenas*



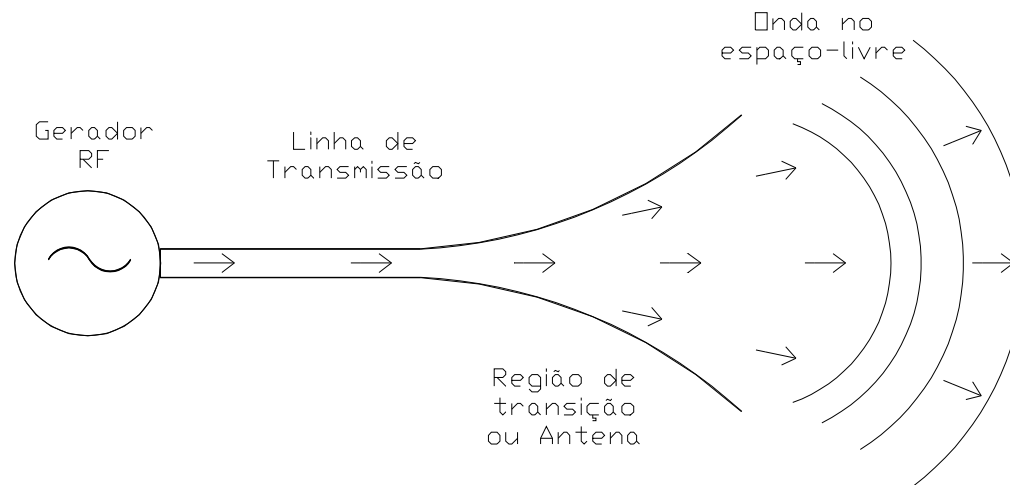
Una antena es un transductor de señal eléctrica a onda electromagnética, y viceversa, de manera que la señal pueda propagarse por el medio como onda y pueda ser convertida nuevamente a señal eléctrica.

La antena en sí presenta ciertas características eléctricas y electromagnéticas, las cuáles deben considerarse para efectuar de manera eficiente el proceso de conversión y de propagación.



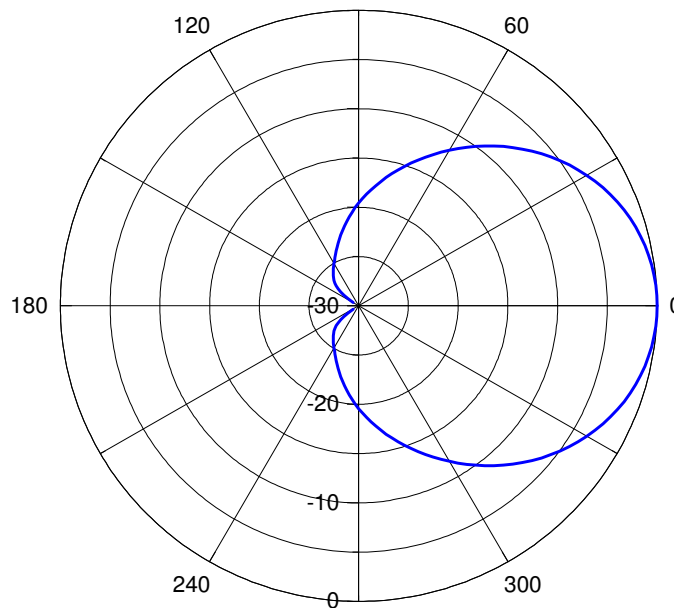
# Antenas

- La apertura física de una LT paralela que transporta una OEM, proporciona una variación senoidal del potencial (Volts) y de corriente (Amperes) entre conductores, provocando la aparición de líneas de campo magnético y eléctrico variables en torno del dipolo formado, dando origen a una onda eletromagnética que se propaga.



# Diagrama de Radiación de una Antena

Los resultados obtenidos son generalmente normalizados. La máxima señal recibida tiene dado el valor de 0 dB, facilitando la interpretación los lóbulos secundarios en relación al frente de los bordes.

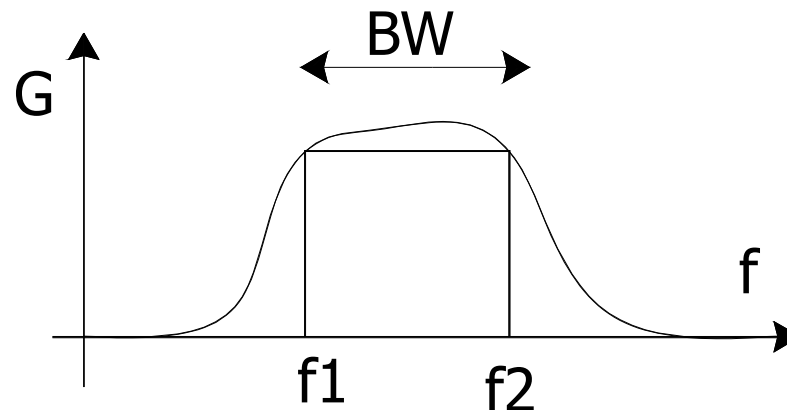


*Diagrama de radiación. La curva en azul representa la energía irradiada en cada dirección en torno de la antena.*



# ***Ancho de banda (BW)***

El ancho de banda es el intervalo de frecuencias en el cual la antena debe funcionar satisfactoriamente, dentro de normas técnicas vigentes a su aplicación.



Se espera que una antena posea todas las características especificadas por el fabricante, tales como su banda de operación, ganancia, impedancia, VSWR, RFD, Nivel de lóbulos secundarios, etc.



# ***dBd versus dBi***

Un radiador isotrópico es un modelo idealizado, es un diagrama de irradiación de una esfera con densidad de potencia uniforme.

Un dipolo de media onda en un espacio libre presenta una ganancia de 2.15 dBi, o sea, posee una capacidad de concentrar 2.15 dB más en una sola dirección de máxima irradiación cuando es comparado con una antena isotrópica.

$$***dBi = dBd + 2,15***$$

$$*Ganancia (dipolo  $\lambda/2$ ) = 0 dBd*$$

$$*Ganancia (dipolo  $\lambda/2$ ) = 2.15 dBi*$$



# Tipos de Antenas

- **Yagi**
- **Panel Sectorial**
- **Omnidireccional**
- **Parábolas**
- **Antenas Patch**
- **Logo – Periódicas**
- **Helicoidal**





# Antenas Yagis




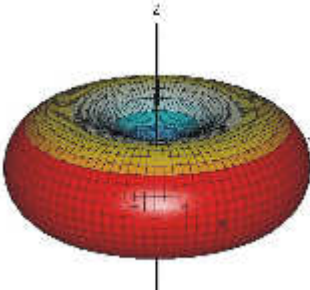
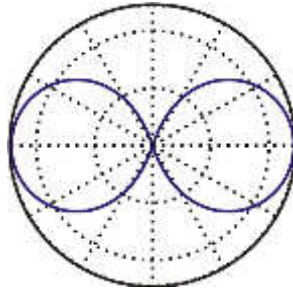
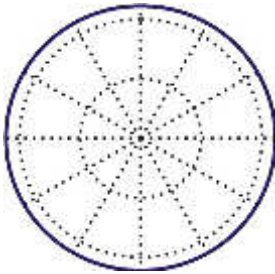
- Concepto:** Antena direccional compuesta de un reflector (una simple barra) un dipolo simple o doblado y varios directores.
- Puede ser instalada con polarización vertical u horizontal.
  - Algunas yagis de frecuencias por encima de 1.5 GHz necesitan el uso de cubiertas, para protección del agua de lluvia.
  - Son utilizadas generalmente en sistemas **punto a punto**, una yagi de tres elementos posee un ángulo de abertura de  $120^\circ$ , posibilitando su uso en sistemas **punto - multipunto**.

Número de elementos	Ganancia Media
3 elementos	6 – 8 dBi
7 elementos	9,5 – 12 dBi
11 elementos	13 – 15 dBi
25 elementos o mas	15,5 – 17,2 dBi



# Diagramas de irradiación

## Dipolo de Media onda

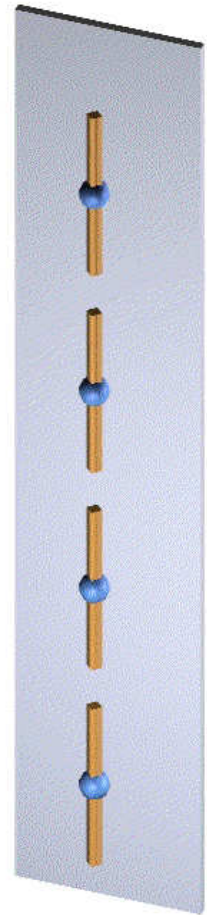
Tipo de Antena	Diagrama Tridimensional	Diagrama Vertical o de Elevación	Diagrama Horizontal o de Azimuth
			
<b>Dipolo</b>	<b>G = 2,15 dBi</b> <b>G = 0 dBd</b>	<b>Plano Eléctrico</b>	<b>Plano Magnético</b>



# Antenas de Paneles Direccionales

**Definición:** Antena compuesta de un conjunto de dipolos alimentados en fase y una chapa reflectora.

- Utilización en enlaces punto – multipunto, donde el ángulo de abertura de la antena atiende a una determinada región.
- La ganancia y el ángulo de abertura de un panel depende del número de dipolos, de las dimensiones de chapa reflectora, de la distancia entre los dipolos y su eficiencia en la alimentación de los dipolos, que muchas veces, se torna bastante compleja.
- Pueden ser construídos con dipolos en polarización vertical, horizontal o 45 grados.

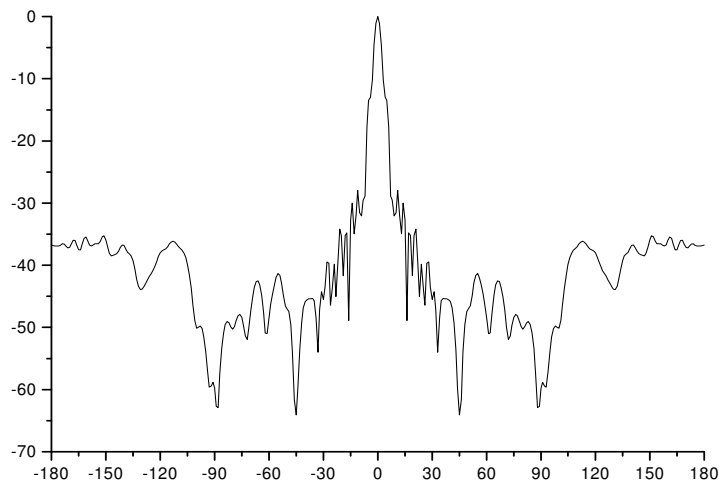


# Antenas Parabólicas



**Definición:** Consiste en una antena (con alimentador) que ilumina un reflector parabólico que reirradia esa energía en una dirección de máxima ganancia.

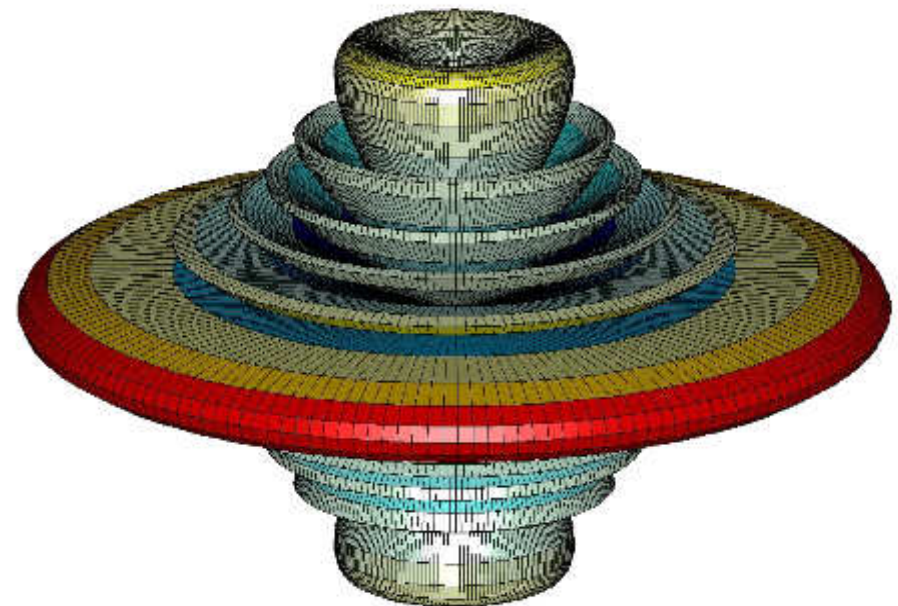
- Su ganancia es elevada, presenta un pequeño ángulo de apertura.
- Son utilizados para enlaces de grandes distancias.
- Su polarización, en general, es lineal y su ajuste es obtenido a través del giro de 90 grados del alimentador y del reflector. Las parabólicas sólidas, se giran apenas con el alimentador.



# Antenas Omnidireccionales

**Concepto:** antena que irradia uniformemente en el plano horizontal o de azimuth.

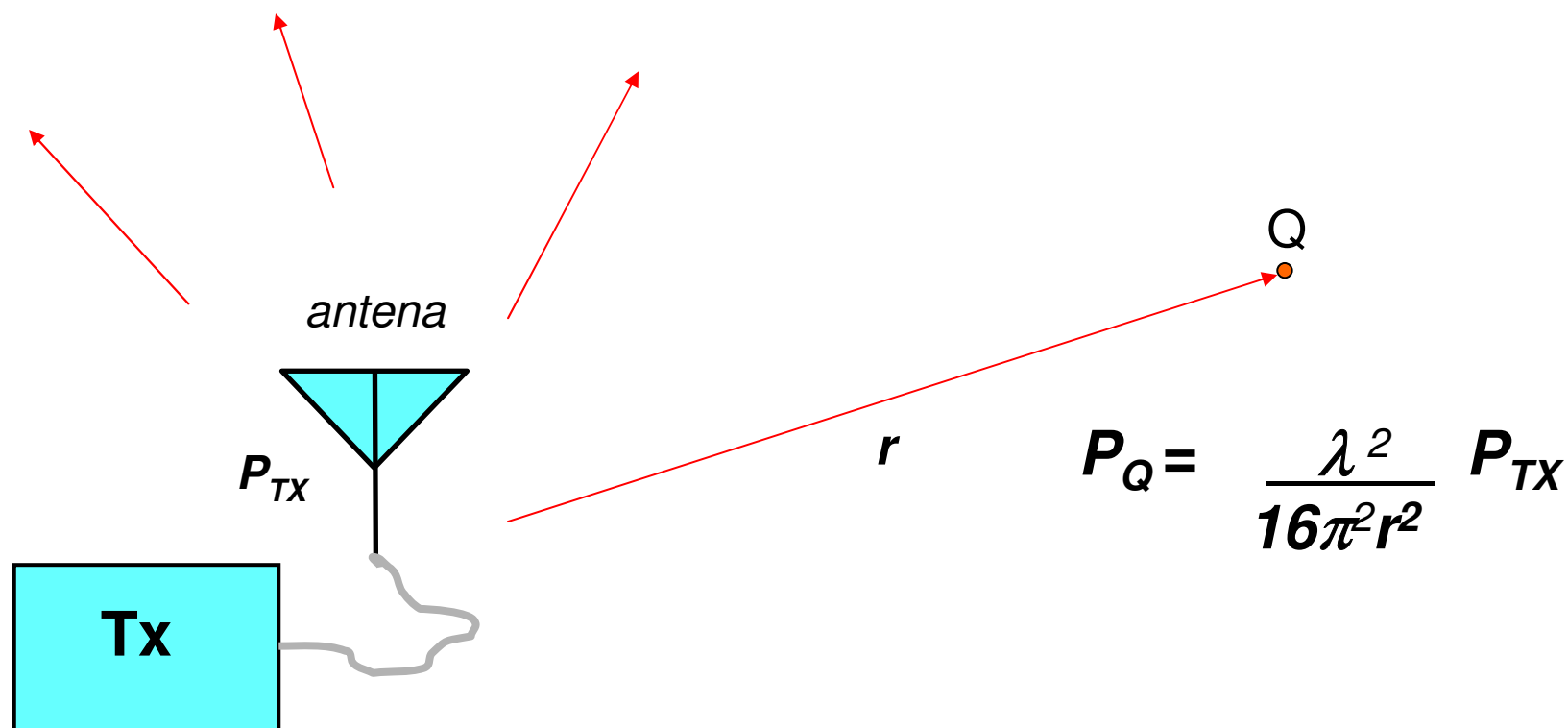
- Consiste en varios dipolos apilados y alimentados en fase.
- La ganancia es obtenida por la relación entre el número de dipolos y la distancia entre ellos.



Nº de dipolos	G media
1	2,15 dBi
2	5,15 dBi
4	8,15 dBi
8	11,15 dBi
16	14,15 dBi



# Radiación de un Elemento Puntual

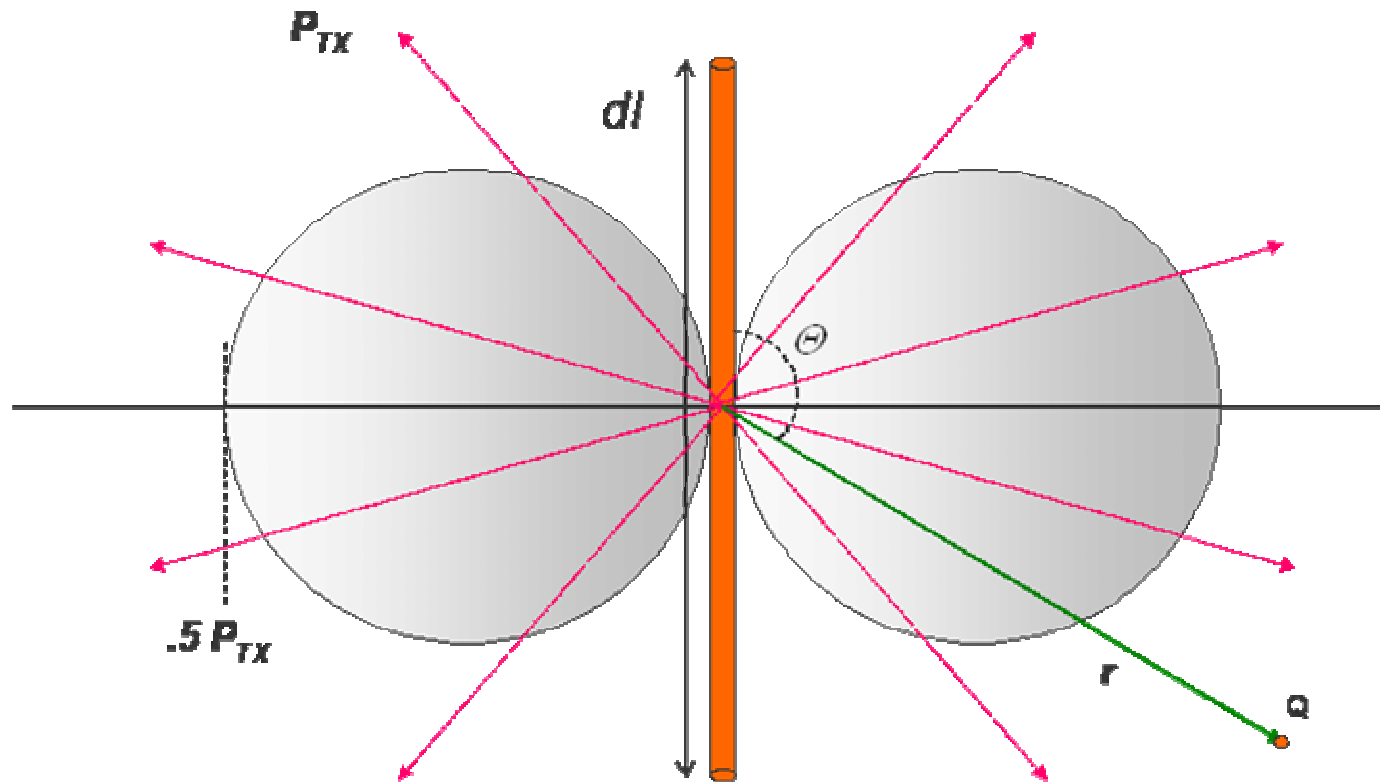


$$P_{Q \text{ dB}} = 20 \log \left[ \frac{\lambda}{4\pi r} \right] + P_{TX \text{ dB}}$$



# Radiación de un Dipolo Diferencial

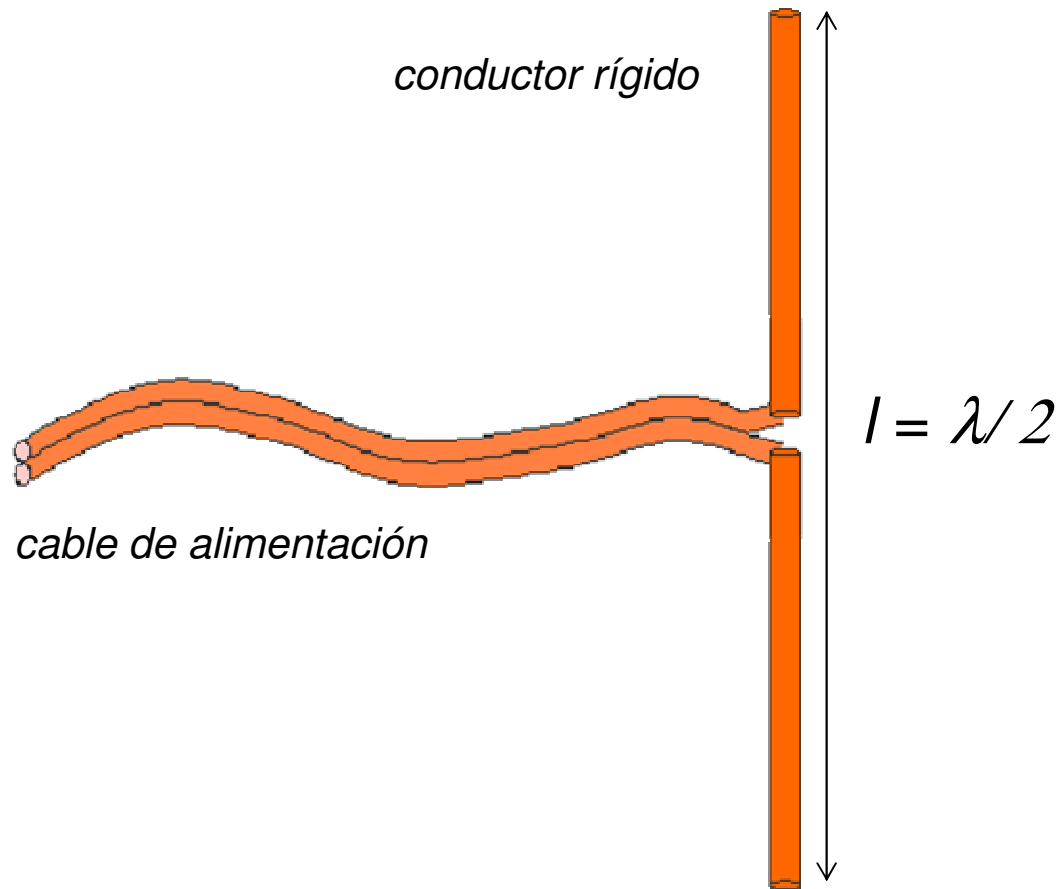
conductor con corriente  $I$



$$E_Q = \frac{60 \pi I dl \sin\theta}{\lambda_0 r}$$

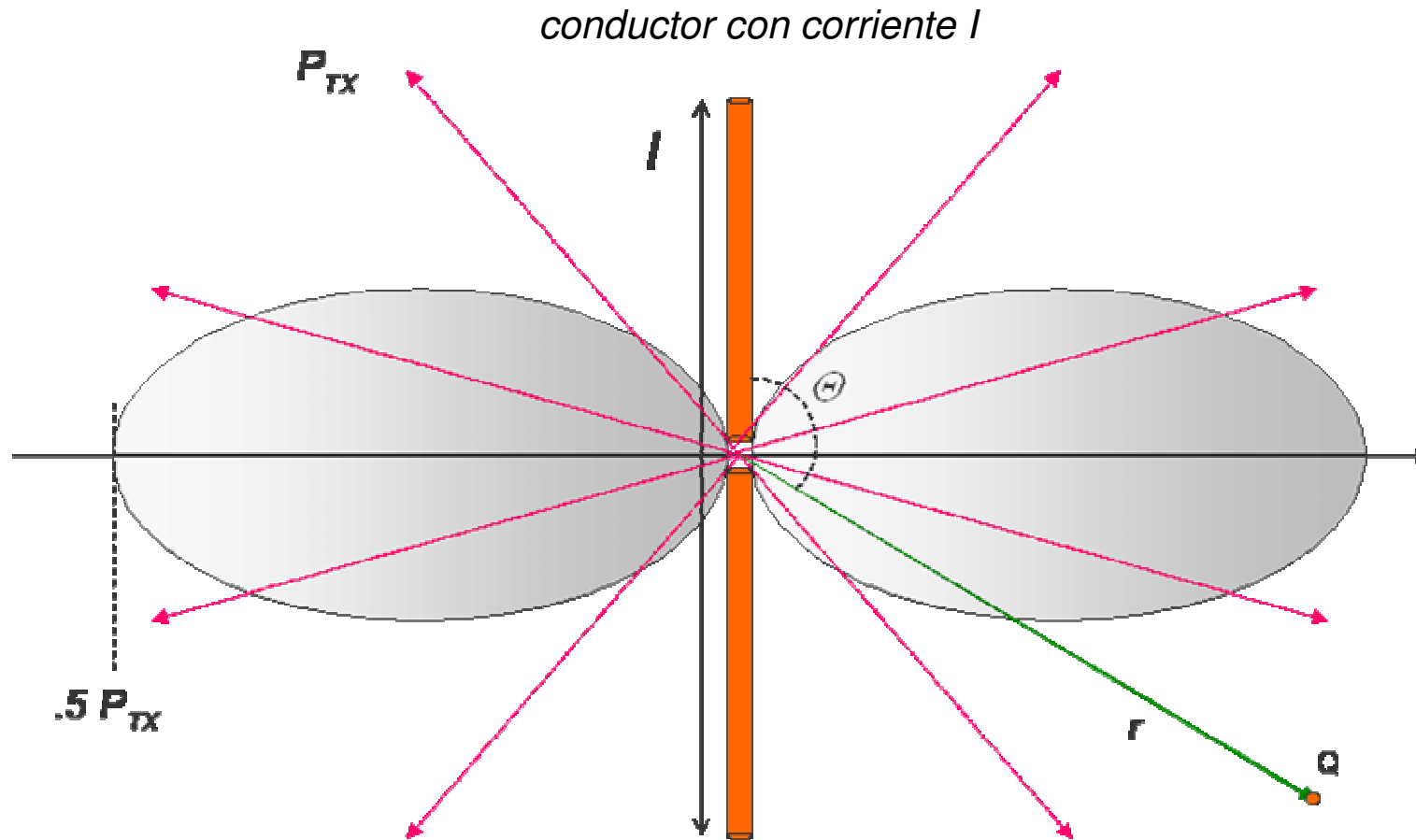
Mayor potencia radiada en la dirección de máxima radiación en comparación al elemento puntual: mayor ganancia en esa dirección ( $1.5 = 1.76$  dB).

## *Dipolo de Media Longitud de Onda ( $l/2$ )*





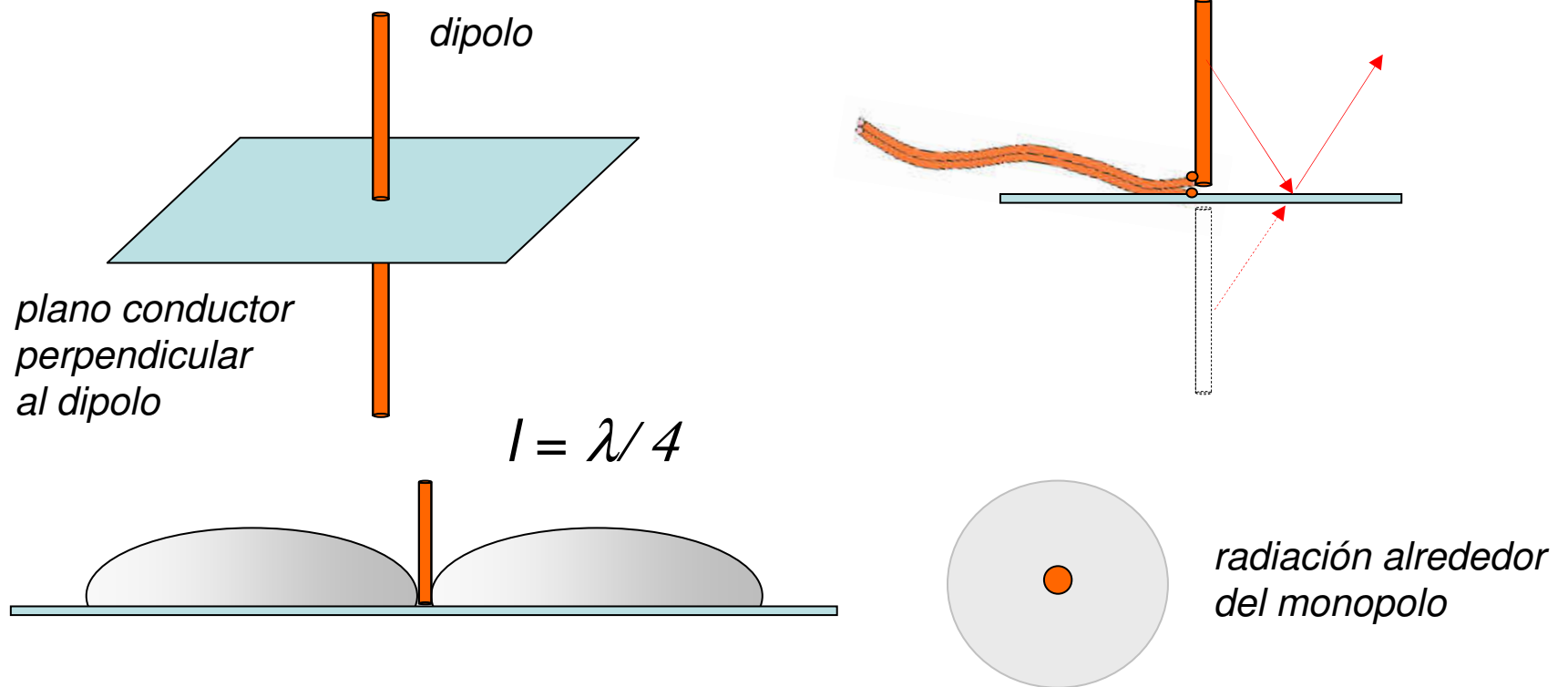
## Dipolo de Media Longitud de Onda ( $l/2$ ) II



$$E_Q = \frac{60 I \cos(\pi/2 \cos\theta)}{r \sin\theta}$$

Mayor potencia radiada en la dirección de máxima radiación en comparación al dipolo diferencial:  
mayor ganancia en esa dirección ( $1.64 = 2.15$  dB).

## Antena Monopolo (Marconi)



Las ondas electromagnéticas rebotan en el plano y simulan que provienen del dipolo inferior, el cual se sustituye finalmente por el plano. La máxima radiación es sobre el plano y alrededor del monopolo, por lo que tiene el doble de ganancia que el dipolo ( $3.28 = 5.15$  dB).

# Antenas Monopolo de AM

$$f = 1 \text{ MHz} \quad \lambda/4 = 75 \text{ mts.}$$



WENT with new tower, 2002



WIZE in Springfield (and WULM's studio)

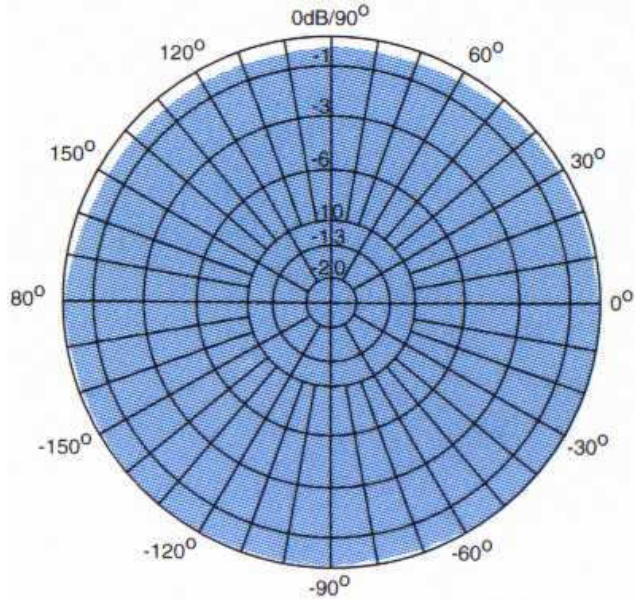


# *Antenas Omnidireccionales*

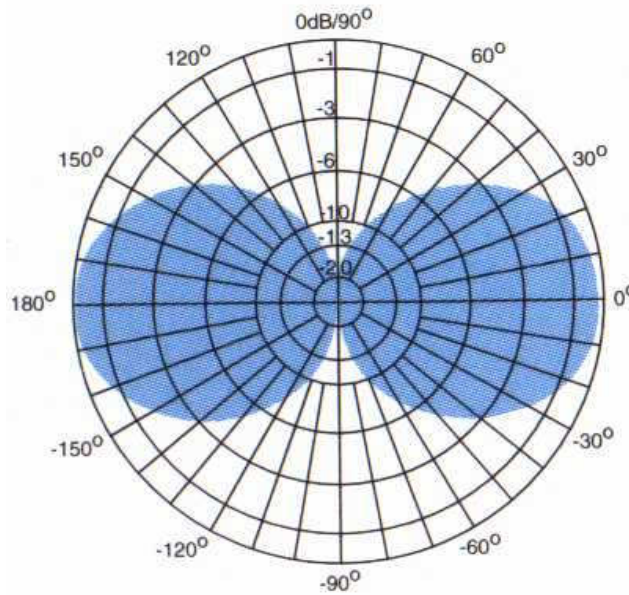
- *Formación de dipolos*



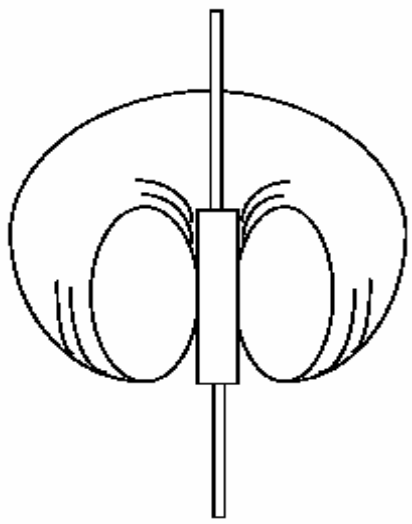
## VISTA HORIZONTAL



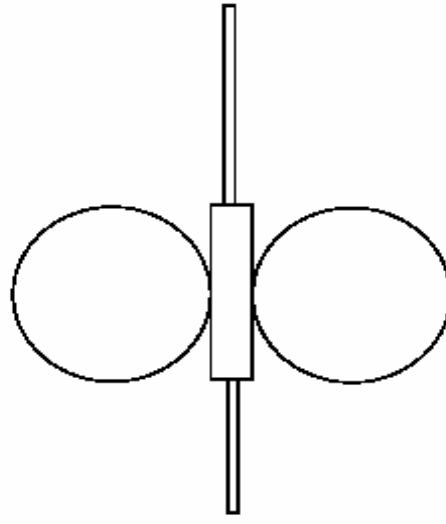
## VISTA VERTICAL



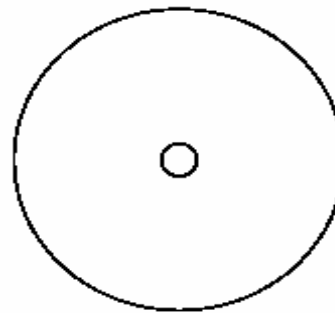
Las antenas **Omnidireccionales** "envían" la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté. En contrapartida el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales.



3-D VIEW OF DIPOLE PATTERN

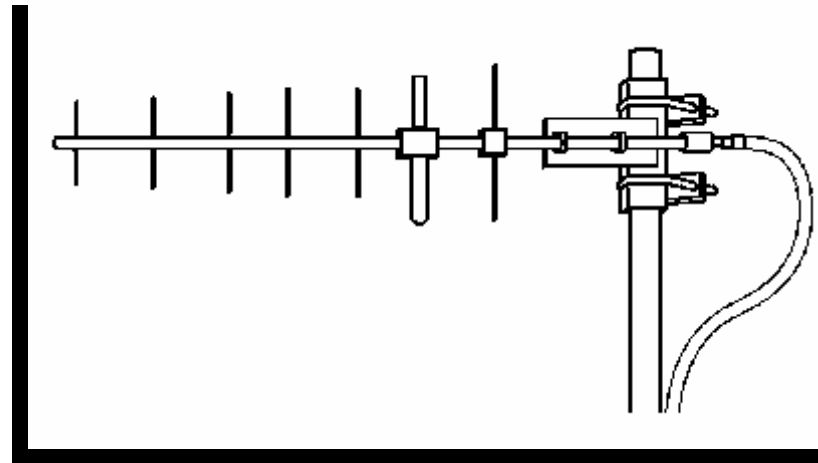


VERTICAL VIEW OF DIPOLE PATTERN



HORIZONTAL VIEW OF DIPOLE PATTERN (DIPOLE IN CENTER)

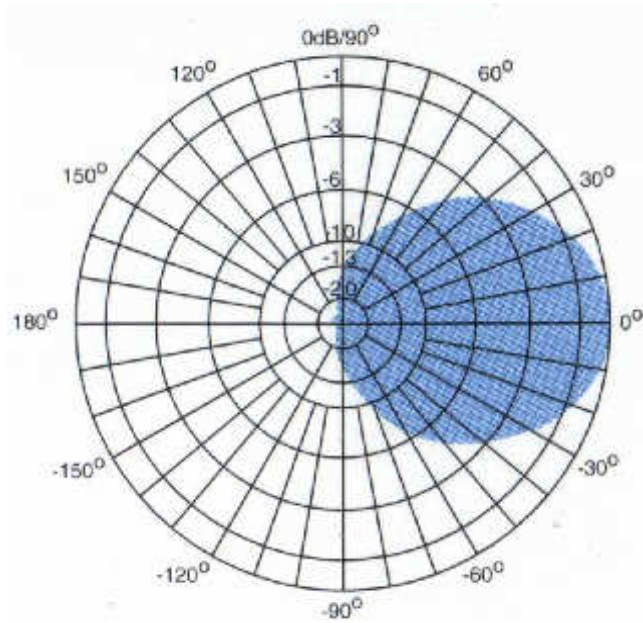
# Antenas Direccionales



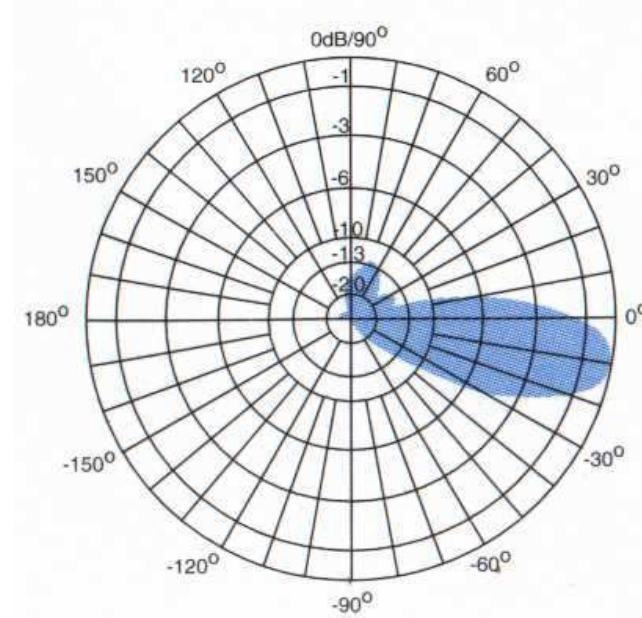
- *Yagi*
- *Parábola*
- *Diedro*



# Diagramas de Radiación



**VISTA HORIZONTAL**



**VISTA VERTICAL**

Las **antenas Direccionales** "envían" la información a una cierta zona de cobertura, a un ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor, sin embargo fuera de la zona de cobertura no se "escucha" nada, no se puede establecer comunicación entre los interlocutores.



# *Propiedades de las Antenas*

- *Rango de frecuencia*
- *Ancho de banda*
- *Ganancia*
- *Diagrama de radiación*
- *Potencia de RF admisible*
- *Dimensiones Físicas*
- *Material*
- *Tipo de montaje*





## Comparación de antenas

					
	<b>Rubber dipole</b>	<b>Pillar Mount</b>	<b>Patch Wall</b>	<b>Ceiling Mount</b>	<b>Ceiling Mount High Gain</b>
<b>Type</b>	Omni	Omni	Directional	Omni	Omni
<b>Gain</b>	2.15 dBi	5.2 dBi	8.5 dBi	2.2 dBi	5.2 dBi
<b>Beamwidth</b>	360° H 75° V	360° H 75° V	60° H 55° V	360° H 75° V	360° H 75° V
<b>Indoor Range at 1Mbps</b>	300' 91.4 m	497' 151.5 m	700' 213.4 m	350' 106.7 m	497' 151.5 m
<b>Indoor Range at 11Mbps</b>	100' 30.5 m	142' 43.3 m	200' 61 m	100' 30.5 m	142' 43.3 m
<b>Cable Length</b>	N/A	3' 0.9 m	3' 0.9 m	9' 2.7 m	3' 0.9 m

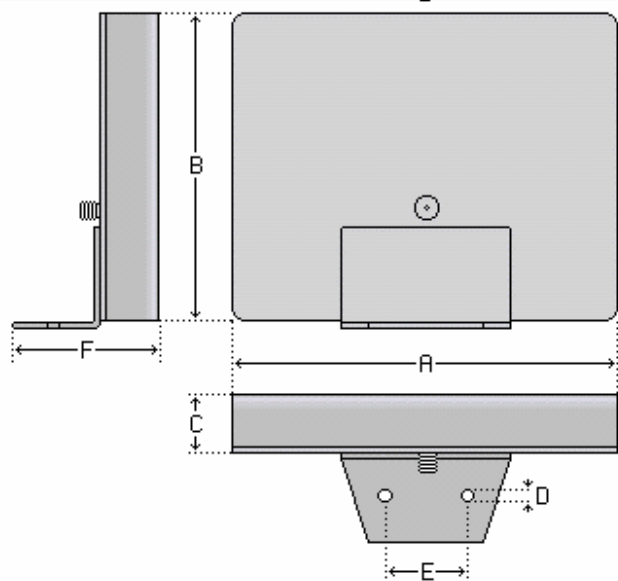


Dimensiones	A	B	C	D	E	F
ANT0008	16.9 cm	14.4 cm	2.7 cm	6 mm	5 cm	7.9 cm

Antena direccional de 8 dBi ganancia	
Frecuencia de trabajo	2.400 - 2.485 MHz
Ángulo de apertura horizontal	60°
Ángulo de apertura vertical	65°
Relación D/A	20 dB
Peso	460 grs.

Dimensiones	A	B	C	D	E	F
ANT0014	27 cm	27 cm	5 cm	6 mm	5 cm	13.6

Antena direccional de 14 dBi ganancia	
Frecuencia de trabajo	2.400 - 2.485 MHz
Ángulo de apertura horizontal	45°
Ángulo de apertura vertical	33°
Relación D/A	28 dB
Peso	1.750 grs.



### Antena OmniDireccional



Rango de Frecuencia 2.4-2.484 GHz  
Aumento 4.0 dBic (circular)  
Polarización Circular Derecha  
Impedancia nominal 50 ohms  
Dimensiones 7,6 x 7,6 x 3,8 cm  
Peso 85 gr

### Antena Direccional



#### **Especificaciones:**

Rango de Frecuencia 2.3-2.500 GHz  
Aumento 13.0 dBi  
Polarización Lineal  
Impedancia nominal 50 ohms  
Dimensiones 22,1 x 20,1 x 3,6 cm  
Peso 0,35 Kg

### Antena Dipolar OmniDireccional.

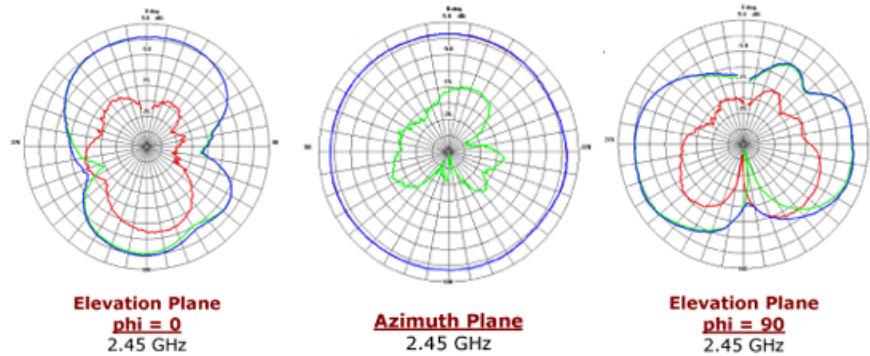


#### **Especificaciones:**

Rango de Frecuencia 2.4-2.483 GHz  
Aumento 2.2 dBi  
Polarización Lineal  
Impedancia nominal 50 ohms  
Dimensiones 8,2 x 7 cm  
Peso <14 gr



# Antenas Monopolo



## Antenna Products

### WRR External Wireless Device Antenna



#### SPECIFICATIONS:

MODEL	WRR2400-IP WRR2400-FL	WRR2400-RPSMA
FREQUENCY	2.4 - 2.5 GHz	
GAIN	1.5 dBi (2.45 GHz)	1.3 dBi (2.45 GHz)
POLARIZATION	Vertical, Omnidirectional	
NOMINAL IMPEDANCE	50 ohms	
VSWR	2:1 max	
SIZE (Length)	10.9 cm (180°) or 8.8cm (90°)	

# Antena Yagi I

Antenna Performance Specialties	
APS-9B	
Frequency Range:	88.1 - 107.9 MHz
Impedance:	300 Ohms
Average Gain:	7.5 dBd
Maximum Width:	68.75"
Avg. F/B Ratio:	28.8 dB
Boom Length:	100"
Turning Radius:	58.5"
Elements:	9 (5 driven)



# Antena Yagi II



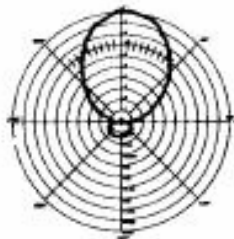
engineering specifications

PLATINUM SERIES  
HIGH DEFINITION  
VHF  
ANTENNA

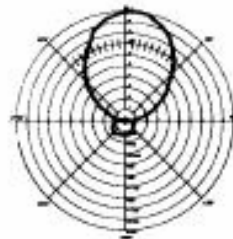
Model HDX603P

GAIN	CH.2	CH.4	CH.6	CH.7	CH.9	CH.11	CH.13
dB over reference dipole	5.9	6.6	6.4	9.6	11.1	9.8	10.6
beamwidth at half power points	70°	69°	66°	37°	42°	43°	42°
front-to-back ratio	17dB	18dB	17dB	18dB	greater than 20dB	greater than 20dB	17dB

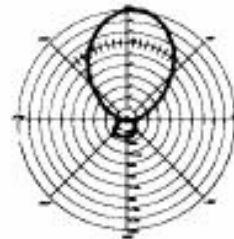
## POLAR PATTERNS



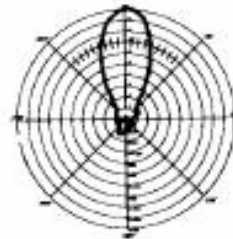
CH.2



CH.4



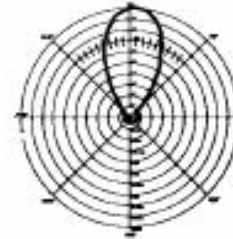
CH.6



CH.7



CH.9

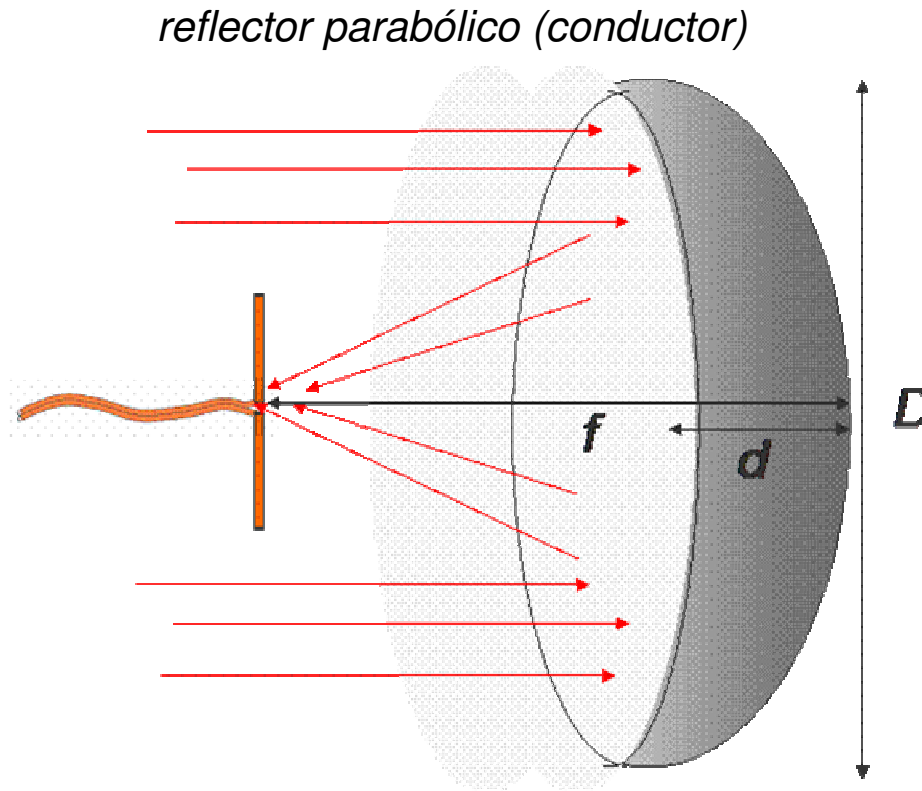


CH.11

## Antena Parabólica

$$G = \frac{\pi D^2}{\lambda}$$

$$f = D/16d$$



Las ondas electromagnéticas rebotan en el reflector parabólico, concentrándose en el foco de la parábola que es el lugar en donde se coloca la antena. El funcionamiento es similar para transmitir y para recibir. La ganancia depende del diámetro de la parábola y de la frecuencia de trabajo.

# Antenas Parabólicas



*Patriot Antenna Systems*

Patriot 5.0 Meter C/Ku-Band  
Prime Focus Antenna System

RF Specifications	C-Band	Ku-Band
Frequency	3.7-4.2 GHz	10.95-12.75 GHz
Antenna Gain	44.6 dBi @ 4.0 GHz	53.5 dBi @ 11.725 GHz
Gain at 3 dB Beamwidth	1.1°	0.4°
VSWR	1.3:1	1.3:1
Antenna Noise @ 30°EL	25 K	25 K
First Sidelobe Level	-20 dB ( $\pm 0.5$ dB) @ 4.0 GHz	-16.5 dB ( $\pm 0.5$ dB) @ 12.0 GHz
Feed Interface	CPR229F	WR75



## ***Polarización de las Ondas Electromagnéticas***

La posición de la onda electromagnética se indica en base a la posición del vector de campo eléctrico con respecto a un plano horizontal de referencia y se dice que la onda está polarizada verticalmente cuando este vector es vertical con respecto al plano y se denomina polarizada horizontalmente cuando dicho vector es paralelo al plano.

La polarización de las antenas se indica de acuerdo a la posición del vector de campo eléctrico que genera.

Cuando la OEM y el conductor que la recibe no se encuentran con la misma polarización, sólo las componentes paralelas y perpendiculares, de campo eléctrico y magnético respectivamente, generarán voltajes y corrientes en el conductor. Si se dá el caso que OEM y conductor posean una polarización contraria (una horizontal y el otro vertical) entonces no se generarán voltajes o corrientes algunos en el conductor.



# ***Cálculo de Enlace***

Cuando se realiza el cálculo de un enlace, en verdad, lo que se calcula es la intensidad de campo a recibir por la radio receptora, el cual debe estar dentro de los límites de sensibilidad de esta. El campo recibido es dependiente de las siguientes características del sistema:

- Potencia entregada por el transmisor
- Las ganancias de las antenas que componen el sistema
- La distancia de separación que exista entre las antenas
- La frecuencia de trabajo del sistema

Para asociar todos estos factores, se plantea una fórmula, de la cual se puede despejar el factor necesario para el cálculo.



# *Cálculo de Enlace*

Fórmula:

$$\text{RSSI} = P_{\text{out}} - P_1 + G_{\text{ant1}} - P_{\text{air}} + G_{\text{ant2}} - P_2$$

Donde:

- **P<sub>out</sub>**: Potencia entregada por el transmisor.
- **P<sub>1</sub>**: Pérdidas en el cable de antena1.
- **P<sub>2</sub>**: Pérdidas en el cable de antena2.
- **G<sub>ant1</sub>**: Ganancia correspondiente a la antena 1 (transmisor)
- **G<sub>ant2</sub>**: Ganancia correspondiente a la antena 2 (receptor)
- **Atenuación**: Perdidas en el medio. Este valor, proviene de otra formula la cual incluye los factores “frecuencia” y “distancia”.

$$\text{Atenuación: } 32.4 + 20 \log f \text{ (Mhz)} + 20 \log D \text{ (km)}$$