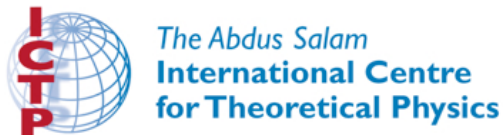


Antenas y Líneas de Transmisión

Materiales de apoyo para entrenadores en
redes inalámbricas



Hablaremos de las propiedades de las antenas, las características de las líneas de transmisión, conectores y adaptadores para los cables utilizados en radio y mostremos ejemplos de diferentes tipos de antenas comerciales y de algunas de construcción casera.

Version 1.0 by Ermanno, @2010-06-16

Version 1.1 by Rob, @2010-06-17

Version 3.0 by Rob, @2010-06-21

Metas

- ▶ Entender las propiedades de las antenas, a fin de escoger la antena apropiada para una determinada aplicación.
- ▶ Considerar las antenas como la interfaz entre las ondas guiadas en el cable y las ondas no guiadas en el espacio.
- ▶ Comprobar que los cables requeridos para las frecuencias de radio tienen requerimientos especiales.
- ▶ Identificar diferentes tipos de conectores y sus aplicaciones específicas.

2

Las antenas son muy importantes para el desempeño global del sistema y hay muchos tipos.

Es crucial entender el efecto de sus características para optimizar el funcionamiento del sistema inalámbrico.

Las líneas de transmisión deben acoplar el radio a la antena introduciendo la mínima atenuación posible.

Líneas de Transmisión y Antenas

- ▶ una **línea de transmisión** es el dispositivo utilizado para guiar la energía de radiofrecuencia (RF) desde un punto a otro (ejemplo de línea de RF es el cable coaxial).
- ▶ Una **antena** es la estructura asociada con la región de transición entre una onda guiada a una onda que se desplaza en el espacio libre, por la irradiación de energía de RF.

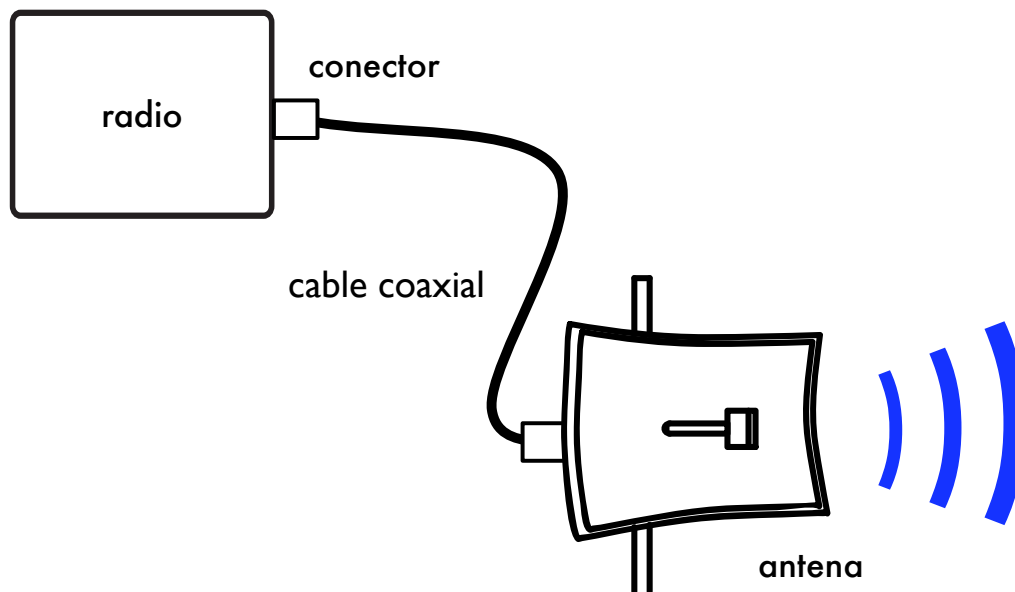


3

Considere la antena como una interfaz entre la onda guiada dentro de la línea de transmisión y la onda no guiada en el espacio.

Las antenas son dispositivos pasivos. No pueden añadirle potencia a la señal, sino sólo enfocarla en un área en particular.

Conexiones de un sistema inalámbrico



4

Un sistema inalámbrico consiste de un radio que funciona como transmisor, receptor o con ambas funcionalidades, en cuyo caso se le suele denominar transceptor.

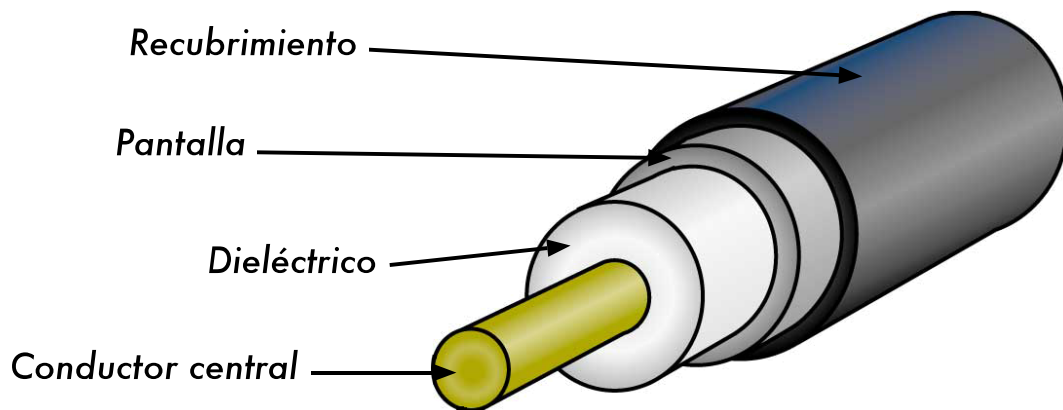
El radio se conecta a la antena por medio de un cable coaxial con conectores. Hay una variedad de conectores en uso, con diferentes tamaños y diferentes propiedades eléctricas y mecánicas. Los conectores deben ser los apropiados para el cable y el radio. A veces se requieren adaptadores o “transiciones” para realizar la interfaz entre diferentes tipos de conectores.

Un cable coaxial transporta la señal desde el radio a la antena y viceversa. La antena acopla la señal del cable coaxial al espacio libre para transmisión y al revés para recepción.

Para minimizar la atenuación se debe utilizar la línea de transmisión más corta posible, construida con el cable de mejor calidad que se pueda obtener. Use exclusivamente cable diseñado para operar a frecuencias de microondas, (como LMR o Heliax). Evite usar cables como el RG-58 y RG-213 pues introducen demasiada atenuación a las frecuencias de microondas.

Se pueden evitar completamente las pérdidas en el cable si se conecta directamente la antena al radio. Esto implica instalar el radio en el exterior y alimentarlo con el mismo cable que transporta los datos, el cual tiene muy bajas pérdidas porque utiliza frecuencias mucho más bajas.

Líneas de transmisión coaxiales



5

Las **líneas de transmisión coaxiales o cables coaxiales** tienen un conductor central rodeado por un material aislante llamado dieléctrico. El dieléctrico se recubre con una pantalla o blindaje hecho de malla o un tubo conductor. La pantalla se protege con un recubrimiento resistente, usualmente fabricado con PVC (Cloruro de polivinil).

Los cables no son conductores perfectos. Parte de la señal será siempre perdida durante la transmisión (convertida en calor o irradiada directamente por el cable). Esta disminución de la señal se llama atenuación y se mide en decibelios por metro (dBm/m). La tasa de atenuación es función de la frecuencia de la señal, de la geometría del cable y de los materiales con los que se construyó. A mayor frecuencia mayor atenuación en el cable.

Mientras más grueso sea el cable, menor será la atenuación (un tubo grueso tiene menos pérdidas). La atenuación es afectada por el tipo de dieléctrico así como por el tipo de pantalla. La pantalla o blindaje a menudo está hecha con una malla, para mayor flexibilidad y facilidad de instalación, pero esto introduce algunas pérdidas.

Los cables para RF de baja pérdida son rígidos. Un cable flexible como el el RG-8 tendrá muchas pérdidas a frecuencias superiores a 2GHz.

Líneas de transmisión coaxiales

La pérdida (o **atenuación**) de un cable coaxial depende de la construcción del cable y de la frecuencia de operación. La pérdida total es proporcional a la longitud del cable.

Tipo de cable	Diámetro	Atenuación @ 2.4 GHz	Atenuación @ 5.3 GHz
RG-58	4.95 mm	0.846 dB/m	1.472 dB/m
RG-213	10.29 mm	0.475 dB/m	0.829 dB/m
LMR-400	10.29 mm	0.217 dB/m	0.341 dB/m
LDF4-50A	16 mm	0.118 dB/m	0.187 dB/m

<http://www.ocarc.ca/coax.htm>

6

Evite utilizar RG-58. Es apropiado para Ethernet sobre cable delgado, operación en CB (banda ciudadana a 27 MHz) o radio en VHF, no para microondas.

Evite RG-213. Está diseñado para CB y radio HF. A pesar de que es un cable grueso, los materiales de construcción lo hacen inadecuado para microondas. Utilice cable del tipo LMR-400 (o más grueso) o mejor aún, Heliax (LDF también llamado de dieléctrico de espuma).

Impedancia

Todos los materiales se oponen al flujo de una corriente alterna en alguna medida. A esta oposición se le llama **impedancia**, y es análoga a la resistencia de los circuitos en corriente continua.

La mayoría de las antenas de telecomunicaciones tienen una impedancia de 50 ohmios, mientras que las antenas y los cables para TV normalmente tienen una impedancia de 75 ohmios.

Asegúrese de que la impedancia característica del cable entre el radio y la antena es de 50 ohmios. Cualquier desadaptación de impedancia causará reflexiones indeseables y pérdidas.

7

La impedancia se representa por la letra **Z**, y en general es una magnitud compleja formada por una resistencia **R** y una reactancia **X**.

La impedancia es el cociente entre el voltaje y la corriente en un elemento dado.

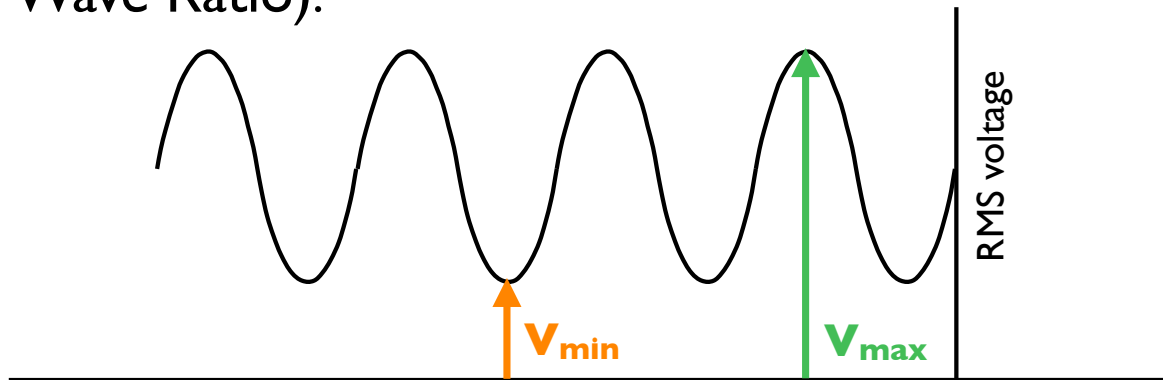
$$\mathbf{Z = V/I}$$

La reflexiones de la señal en la línea de transmisión o guía de onda produce una onda estacionaria que se manifiesta por la presencia de picos y valles de la señal a lo largo de la línea.

La santena para telecomunicaciones tienen una impedancia de 50 ohmios.

Reflexiones y ROE

Las desadaptaciones de impedancia causan reflexiones y aumentan la ROE (Razón de Onda Estacionaria) conocida en inglés como VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).



$$\text{Razón de Onda Estacionaria (ROE)} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$$

8

La impedancia de entrada se define como la impedancia que presenta la antena en sus terminales, es decir el cociente entre el voltaje y la corriente en el conector. Si la antena está perfectamente acoplada (en inglés *matched*) a la línea de transmisión (la impedancia presentada por la antena es igual a la impedancia característica de la línea de transmisión), entonces toda la energía que alcanza la antena es radiada. Si las dos impedancias no están adaptadas, la antena no aceptará la totalidad de la energía que le entrega la línea de transmisión.

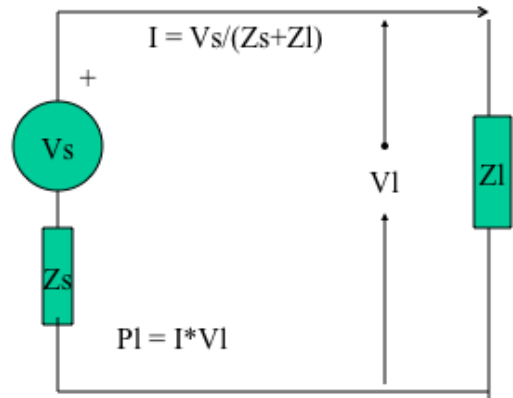
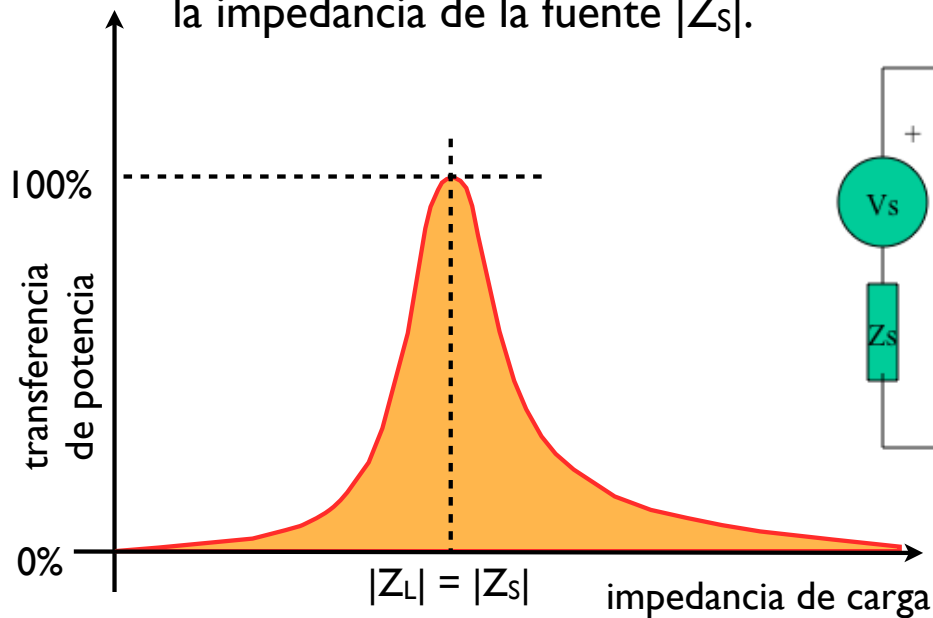
La porción que no es aceptada es reflejada de vuelta hacia el transmisor y la interacción entre la onda transmitida y la reflejada forman la onda estacionaria, evidenciada por la presencia de máximos (picos de voltaje) y mínimos (valles de voltaje) en diferentes puntos a lo largo de la línea de transmisión, caracterizados por la Razón de onda Estacionaria (ROE) conocida en inglés como **voltage standing wave ratio (VSWR)**.

El valor mínimo de la ROE es la unidad, obtenido en una línea de transmisión perfectamente adaptada tanto al radio como a la antena, en cuyo caso las reflexiones son nulas y tendremos $V_{\max} = V_{\min}$.

En la práctica un buen sistema tendrá una $ROE < 1.5$

Impedancia acoplada = máxima transferencia de potencia

Para máxima transferencia de potencia, el módulo de la impedancia de carga $|Z_L|$ debe ser igual al módulo de la impedancia de la fuente $|Z_S|$.



9

La potencia eléctrica viene dada por el producto de del voltaje y la corriente.

En un cortocircuito (impedancia cero), la corriente es máxima, pero el voltaje es cero, por lo que la potencia es nula. En un circuito abierto (impedancia infinita) el voltaje será máximo, pero la corriente nula, y de nuevo la potencia será nula.

La potencia máxima transferible a la carga será entonces un valor entre estos dos límites, y del circuito de la derecha puede deducirse que este máximo se alcanzará cuando la impedancia de la carga es la compleja conjugada de la impedancia de la fuente, que en el caso de una antena es la impedancia característica de la línea de transmisión,

$Z = R + jX$. La impedancia tiene una parte real que es la resistencia (R) y una parte imaginaria que es la reactancia (X).

La reactancia puede ser cero en casos particulares, pero en general es positiva para cargas inductivas y negativa para cargas capacitivas.

Nótese que para que haya adaptación de impedancia además de la igualdad de los módulos debe cumplirse que la reactancia de la carga debe ser igual y de signo contrario a la reactancia de la fuente.

Conectores

Los conectores vienen en una gran variedad de formas y tamaños. Además de los modelos estándares, los conectores pueden tener **polaridad inversa** (géneros intercambiados) o **roscas invertidas**.



10

La Federal Commission of Communications (FCC) de los EEUU trata de evitar que el usuario final pueda cambiar la antena en los equipos de telecomunicaciones, para minimizar la posibilidad de interferencia con otros usuarios. Por esta razón, le exigen a los fabricante que coloquen conectores no estandarizados en los radios que operan en las bandas libres. Este es el motivo de la proliferación de polaridades invertidas, roscas invertidas, etc. en los conectores.

El otro motivo de la existencia de tantos conectores diferentes es el tamaño. No se puede instalar un conector tipo N en una tarjeta PCCARD o mini-PCI. Se utilizan **pigtails** (latiguillo) para la transformación del conector N, estándar para las antenas, a un conector mucho más pequeño que se pueda instalar en el radio. El pigtail también sirve para aliviar el esfuerzo mecánico que un cable coaxial grueso impartiría en el radio.

Adaptadores y Pigtails

Los adaptadores (transiciones) y pigtails se usan para interconectar diferentes clases de cables y dispositivos.



SMA hembra a N macho



N macho a N macho



N hembra a N hembra



SMA macho a TNC macho



pigtail U.FL a RP-TNC macho



pigtail U.FL a N macho



SMA macho a N hembra

Un pigtail es un cable flexible que se usa para reducir el esfuerzo mecánico que un cable rígido impondría en un conector pequeño como los que se usan en la mayoría de los radios.

Hay muchas clases de adaptadores y pigtails. Se usan para efectuar la transición entre diferentes tipos de conectores con diferentes tamaños, tipo de rosca, género, etc.

Pero en lugar de utilizar adaptadores, es mejor comprar cables ya comercializados ya con las terminaciones apropiadas para nuestro propósito. Esto ayuda a evitar un posible punto de falla y la atenuación introducida por el adaptador.

Teoría: antenas isotrópicas

Una **antena isotrópica** irradia la energía que se le suministra de manera pareja en todas las regiones del espacio. Es sólo un modelo ideal y no puede ser fabricada.

Las antenas reales se caracterizan por irradiar más fuertemente en ciertas direcciones que en otras; esto es lo que se denomina la **directividad** de la antena.

Al tomar en cuenta la eficiencia de la antena, esta preferencia por la radiación en una determinada dirección se denomina la **ganancia** de la antena.

12

Un radiador isotrópico es un modelo idealizado de una antena que irradia energía con la misma intensidad en todas las direcciones. Comparando las características de operación de una antena real con el modelo isotrópico, obtenemos una medida significativa que nos permite comparar diferentes tipos de antenas.

Una aproximación a una fuente isotrópica es un bombillo incandescente, el cual irradia luz con la misma intensidad en **casi** todas las direcciones. Otro ejemplo de radiador isotrópico lo constituye el sol u otra estrella.

dBi

Las antenas no añaden potencia. Ellas dirigen la potencia disponible en una determinada dirección.

La ganancia de una antena se mide en **dBi** (decibelios relativos a un radiador isotrópico).



La directividad de una antena es simplemente el cociente entre la máxima densidad de potencia y la densidad de potencia promedio.

Para expresar la directividad en dBi (esto es, dB relativos a un radiador isotrópico), calcule el logaritmo decimal de este cociente y multiplíquelo por 10.

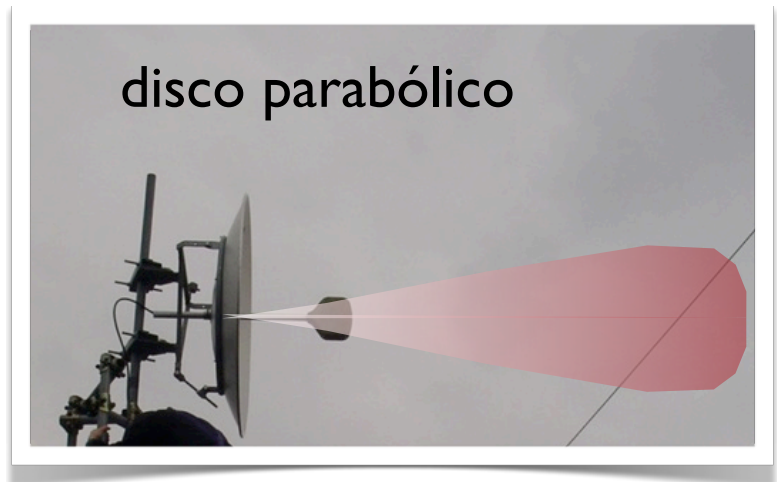
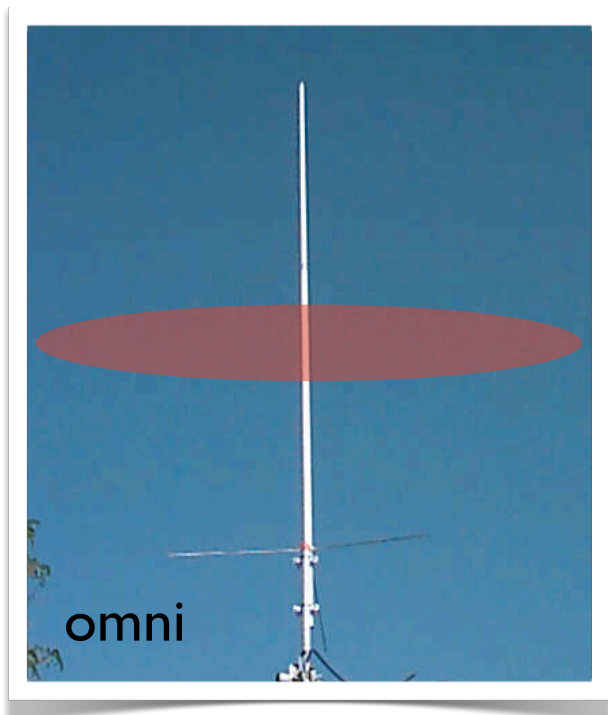
$$D[\text{dBi}] = 10 \log_{10} (P_{\text{max}} / P_{\text{av}})$$

La ganancia es proporcional a la directividad siendo el factor que las relaciona la eficiencia η de la antena:

$$G[\text{dBi}] = 10 \log_{10} \eta (P_{\text{max}} / P_{\text{av}})$$

Los valores típicos de la eficiencia están entre 0.5 y 0.9, dependiendo de la calidad de la fabricación y de la conductividad del metal utilizado.

Direccional vs. Omnidireccional



14

Las antenas comerciales se clasifican generalmente en dos grupos, antenas **omnidireccionales** y antenas **direccionales**.

Las antenas omnidireccionales (o simplemente **omni**) transmiten con la misma potencia en todas las direcciones del plano horizontal, a expensas de una radiación reducida en el plano vertical. Las antenas direccionales o directivas enfocan la mayor parte de la radiación en una dirección específica, llamada la dirección de máxima ganancia a la par que reducen la cantidad de irradiación en otras direcciones.

Características de las antenas

Al comprar una antena, ¿Cuáles características debemos considerar?

- ▶ Gama de frecuencias en la que se puede usar (ancho de banda)
- ▶ Patrón o Diagrama de Radiación (ancho del haz, lóbulos laterales, lóbulo trasero, relación adelante-atrás, ubicación de los nulos)
- ▶ Ganancia máxima
- ▶ Impedancia de entrada (ROE máxima)
- ▶ Tamaño físico y resistencia al viento
- ▶ Costo

15

Las propiedades no mecánicas de una antena (Es decir todas las mencionadas excepto la resistencia al viento y la polarización) son fuertemente dependientes de la frecuencia, así que debe especificarse sus valores sobre el rango de frecuencia correspondiente.

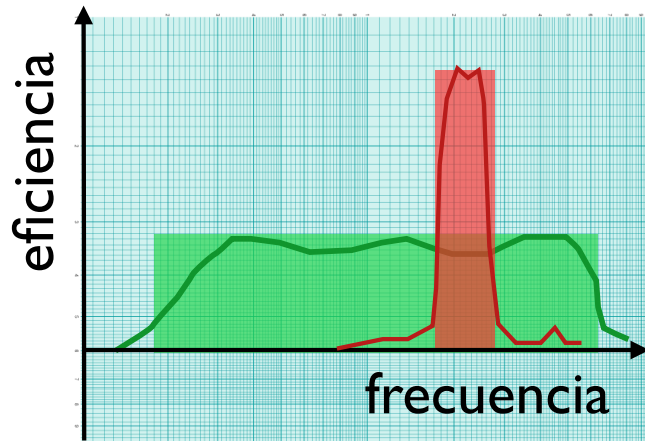
La apertura de un antena es fácilmente visualizable en el caso de un disco parabólico, en el cual coincide con su área frontal. Para una antena formada por alambres, en la que el área es muy pequeña, la apertura puede derivarse matemáticamente.

Ancho de banda

El **ancho de banda** se refiere al rango de frecuencias sobre el cual la antena opera satisfactoriamente. Se debe escoger una antena adecuada las frecuencias que pretende usar. (por ejemplo, use una antena de 2.4 GHz para 802.11 b/g, y una antena a 5 GHz para 802.11a).



banda estrecha



banda ancha

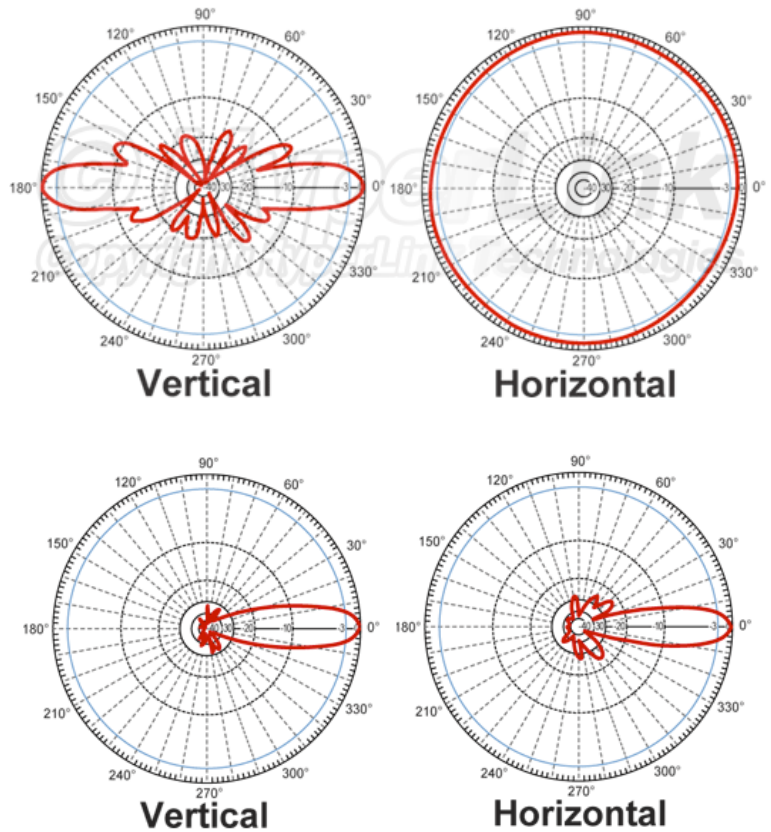
16

El ancho de banda de una antena se refiere al rango de frecuencias en el cual la antena can opera satisfactoriamente

El ancho de banda efectivo usualmente se define como la gama de frecuencias dentro de las cuales la ROE no excede de un determinado valor, comúnmente 1.5. También se puede definir como la gama de frecuencias dentro de las cuales factores como la ganancia, valores de los lóbulos laterales, anchura del haz, etc., están dentro de lo especificado, puesto que todos estos parámetros son afectados por la frecuencia de operación.

Patrón de Radiación

El patrón o diagrama de **radiación** de una antena es una representación de la distribución de potencia de la radiación recibida o irradiada por la antena en diferentes regiones del espacio. Se suele representar en función de ángulos de dirección centrados en la antena.



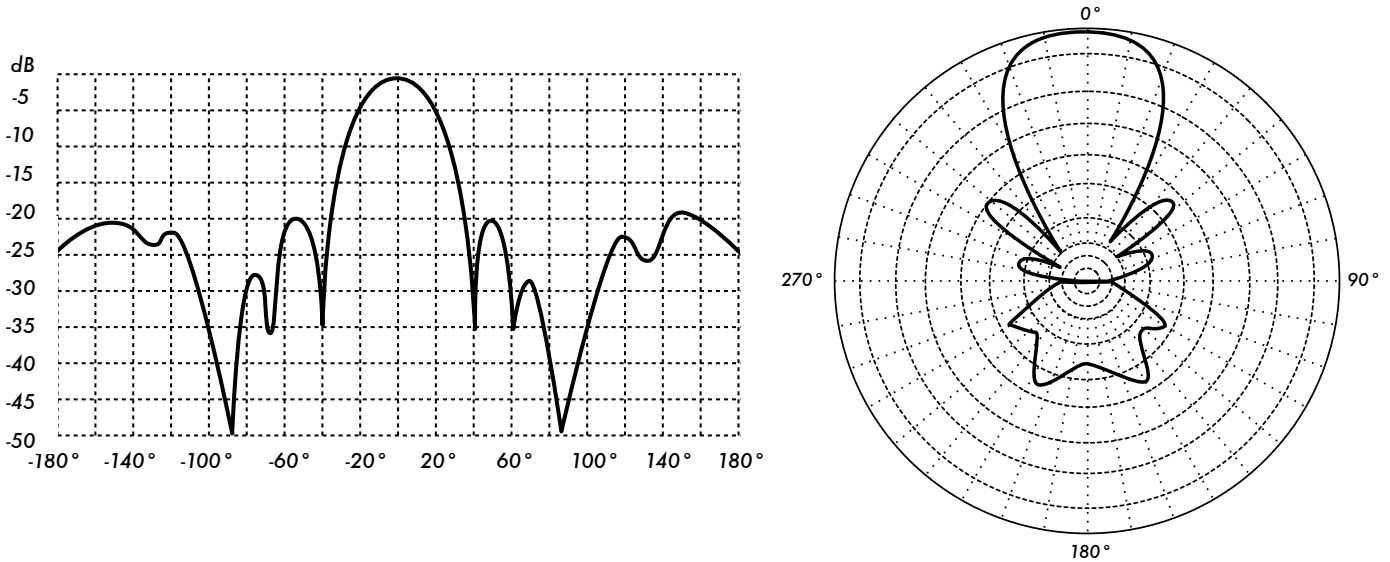
17

Aunque el patrón de radiación es un volumen, es costumbre representarlo por medio de dos gráficas, el patrón de radiación vertical y el patrón de radiación horizontal. El diagrama superior representa el patrón de radiación de una antena omnidireccional, y el diagrama inferior el de una antena parabólica.

Nótese que cierta cantidad de energía se irradia en direcciones no deseadas, constituyendo lo que se conoce como lóbulos laterales y el lóbulo trasero.

Patrón de Radiación

Estos son el **diagrama rectangular** y el **diagrama polar** de la misma antena (en un mismo plano). La representación mediante coordenadas polares es mucho más común que con coordenadas rectangulares, porque da una mejor representación visual de las características de la antena en cada dirección.

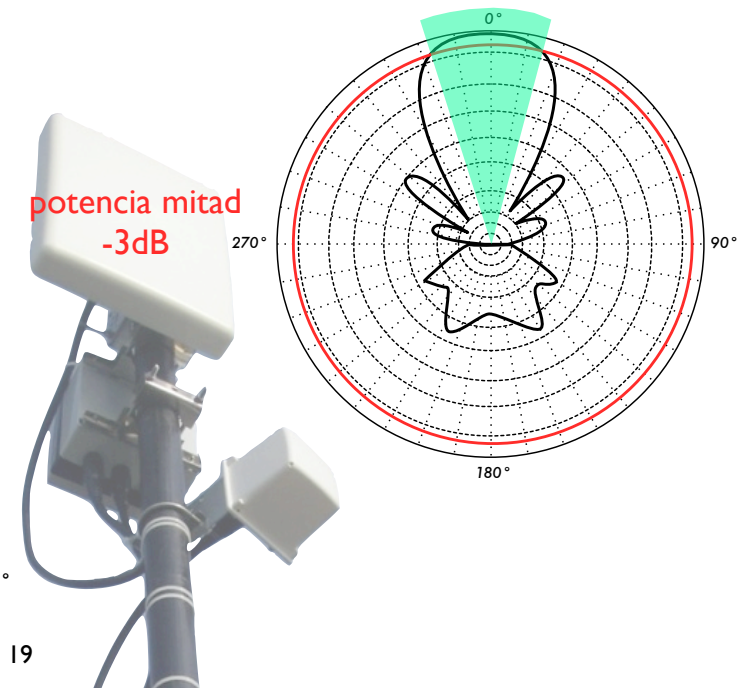
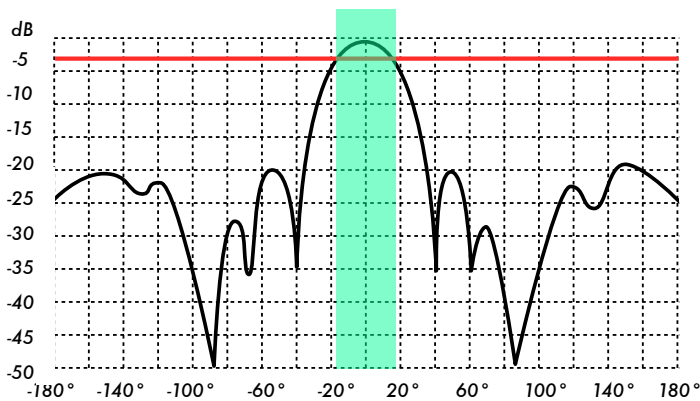


18

Aquí tenemos el **diagrama rectangular** y el **diagrama polar** de la misma antena (en un mismo plano). La visualización mediante coordenadas polares es mucho más intuitiva que con coordenadas rectangulares,

Ancho del haz

El **ancho del haz** de una antena es la medida angular de aquella porción del espacio en donde la potencia irradiada es mayor o igual que la mitad de su valor máximo.



19

Se halla primero el pico de de la intensidad de radiación, y luego los puntos a ambos lados del pico a los cuales la radiación se ha reducido a la mitad. La distancia angular entre los dos puntos de media potencia se define como el ancho del haz.

Mientras más estrecho sea el ancho del haz, mayor será la ganancia, porque la energía estará enfocada con más concentración.

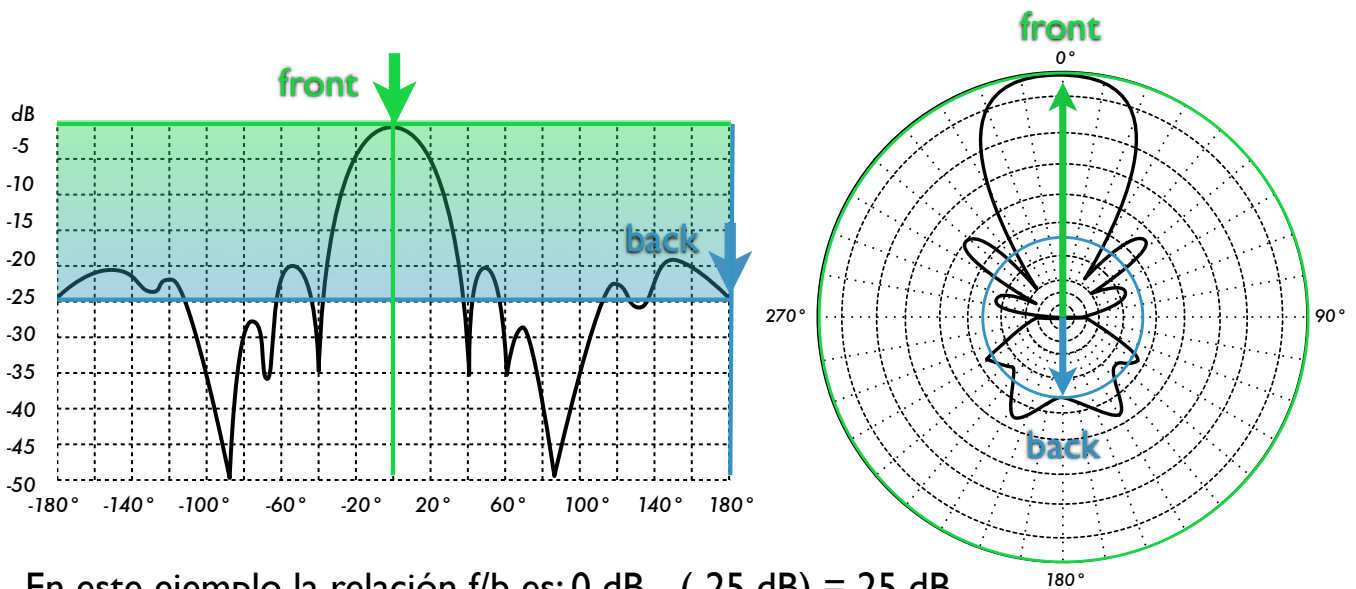
A mayor ganancia de la antena, menor el ancho del haz.

Recuerde que el patrón de radiación es un volumen, por lo que hay un **ancho de haz vertical** y un **ancho de haz horizontal**, los cuales en general serán diferentes.

Un antena de muy alta ganancia tendrá un ancho de haz de unos pocos grados y deberá apuntarse muy cuidadosamente para que pueda cubrir al objetivo.

Relación adelante-atrás

La **relación adelante-atrás (f/b)** de una antena direccional es el cociente entre la directividad máxima a su directividad en sentido opuesto.



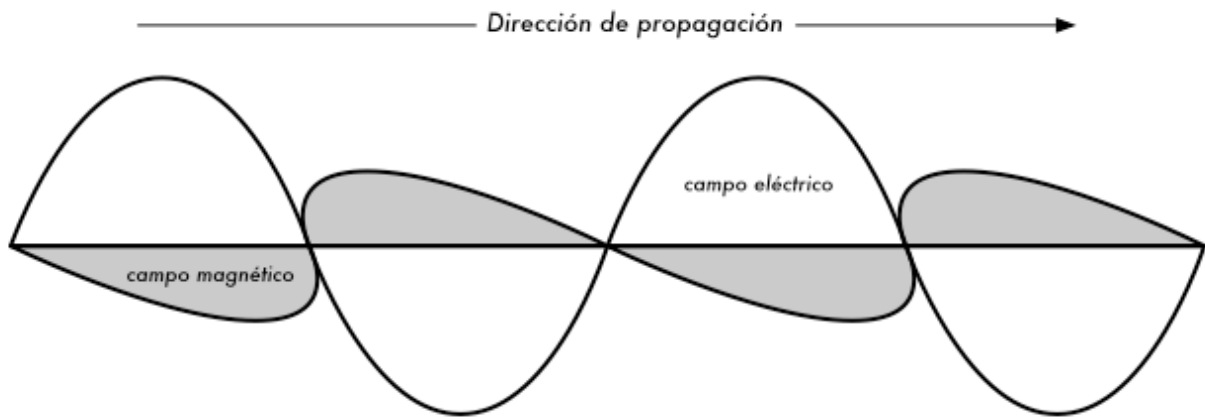
En este ejemplo la relación f/b es: $0 \text{ dB} - (-25 \text{ dB}) = 25 \text{ dB}$

20

La relación adelante-atrás (*front-to-back ratio*) es muy importante en redes dorsales construidas usando repetidores. La radiación hacia atrás puede causar problemas con el receptor de la etapa precedente por lo que para este tipo de aplicaciones se deben escoger antenas con una buena relación f/b .

Polarización

- ▶ Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos.
- ▶ La polarización de las antenas transmisoras y receptoras **DEBE SER LA MISMA** para optimizar la comunicación.



21

Otra cualidad importante de las ondas es la **polarización**. La polarización corresponde a la dirección del vector del campo eléctrico.

Si imaginamos una antena dipolo alineada verticalmente (un alambre recto), los electrones sólo se podrán mover verticalmente, pues no hay espacio para que se muevan horizontalmente hacia los lados, por consiguiente el campo eléctrico será siempre vertical, hacia arriba o hacia abajo. La energía que se desprende del alambre y viaja como una onda tiene una polarización estrictamente lineal, y en este caso, vertical.

Si, en cambio, apoyamos la misma antena sobre una mesa de madera horizontalmente, la radiación desprendida tendrá polarización lineal horizontal.

La mayoría de las antenas WiFi con las que trabajamos son de polarización lineal, pero también existen antenas con polarización circular.

La desadaptación de polarización (*Polarization mismatch*) puede causar 20dB o más de atenuación.

Sin embargo, la desadaptación de polarización puede ser aprovechada para transmitir dos señales diferentes simultáneamente y a la misma frecuencia, doblando así el rendimiento del enlace. Para esto se usan antenas especiales que tiene alimentadore (iluminadores) duales. El rendimiento real es algo inferior al doble debido a la inevitable interferencia entre las dos polarizaciones (*cross polarization leakage*)

Polarización de las Antenas



22

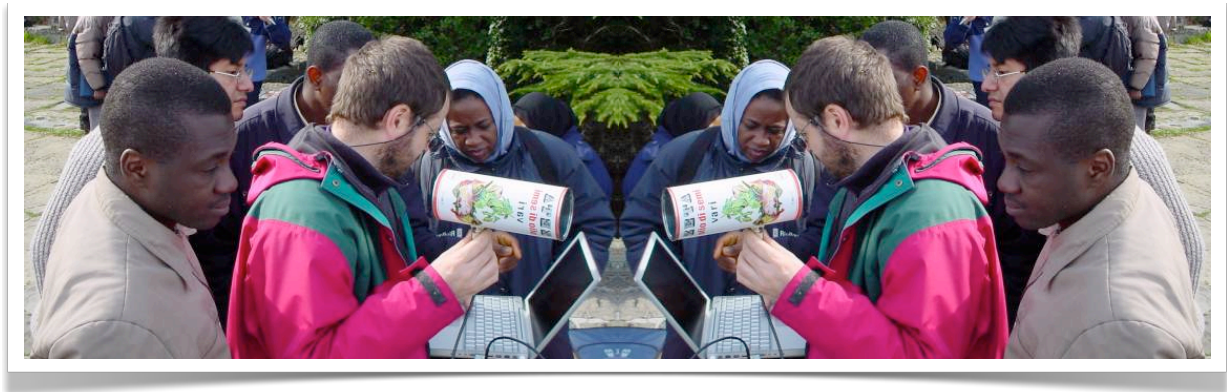
La polarización de una antena puede ser deducida a menudo por la orientación del alimentador o iluminador. Cuando este está cubierto por un aradome esto suele ser imposible. Normalmente las antenas tienen marcas que identifican la polarización, pero a veces es necesario consultar la hoja de datos del fabricante.

La mayoría de las antenas omnidireccionales tienen polarización vertical. Si se escoge polarización horizontal, se puede evitar una buena parte de la interferencia (puesto que la mayoría sería de polarización vertical).

Pero la polarización horizontal puede presentar mayores pérdidas a grandes distancias, sobre todo en trayectos sobre agua.

Reciprocidad

Las características de la antena como ganancia, rango de frecuencias, ancho del haz, eficiencia, polarización e impedancia son independientes del rol de la antena como transmisora o receptora. Esto se suele expresar diciendo que las las características de transmisión y recepción de una antena obedecen al principio de **reciprocidad**.



23

El concepto de reciprocidad es muy poderoso y se usa muy a menudo. Muchas propiedades de una antena son más fáciles de visualizar en términos de una antena receptora y por reciprocidad se aplican luego a la antena como transmisora y viceversa.

Resistencia al viento

Antena
Parabólica
con
Radome



Antena
Sectorial

Antena
Parabólica
Grillada

24

La resistencia al viento es un factor muy significativo pues puede causar la destrucción de la antena y hasta del mástil de donde está colgada en presencia de vientos fuertes.

Una manera de reducir la resistencia al viento es utilizar un reflector grillado. Siempre que la separación entre los elementos de la grilla en la dirección de la polarización sea una fracción de la longitud de onda, la grilla se comportará prácticamente como si fuera una superficie continua para efectos eléctricos, pero presentando mucha menor resistencia al viento.

Sn embargo hay que considerar que en caso de que la grilla esté en un clima donde pueda haber nieve o hielo, los intersticios de la grilla se pueden rellenar convirtiéndose en una superficie sólida con gran resistencia al viento.

Otra alternativa para reducir la resistencia al viento consiste en recubrir la antena con una envoltura curva hecha de un material transparente alas ondas de radio que se denomina Radome (Radar dome).

Las antenas de tipo plano, como las sectoriales y las “patch” pueden exhibir buenas ganancias con una carga al viento muy reducida, a la vez que son menos inmunes a la acumulación de nieve o hielo.

Efectos del viento



grilla parabólica



grilla parabólica
(recubierta de nieve)

25

El hielo afecta las características de todas las antenas en algún grado y el problema es más grave a altas frecuencias. La impedancia del espacio libre es de 377 ohmios. Si el aire que rodea los elementos lineales de una antena es remplazado por hielo que tiene una impedancia inferior que la del aire, la adaptación de impedancia y el patrón de radiación de la antena van a cambiar. Estos cambios se hacen progresivamente más pronunciados al aumentar la cantidad de hielo.

Cuando los elementos de la antena se encierra en una envoltura plástica (el radome), se mantiene un espacio de aire entre los elementos y el hielo en la superficie externa del radome por lo que el efecto del hielo será menos pronunciado. La desadaptación de impedancia se reduce significativamente pero el patrón de radiación todavía puede verse afectado y el ancho de banda utilizable de la antena reducido. Para un espesor del hielo dado, las desviaciones del comportamiento nominal de la antena se hacen más notorias al aumentar la frecuencia.

En áreas donde la formación de hielo y nieve húmeda sea común es prudente instalar radomes sobre las antenas parabólicas sólidas o usar antena de panel en lugar de reflectores de esquina y evitar el uso de antenas parabólicas grilladas.

Impermeabilización de las antenas



La mayor parte de los problemas de las antenas son causados por agua que penetra en los conectores del cable coaxial que se aflojan debido a la vibración, permitiendo la penetración de humedad en la interfaz del conector.

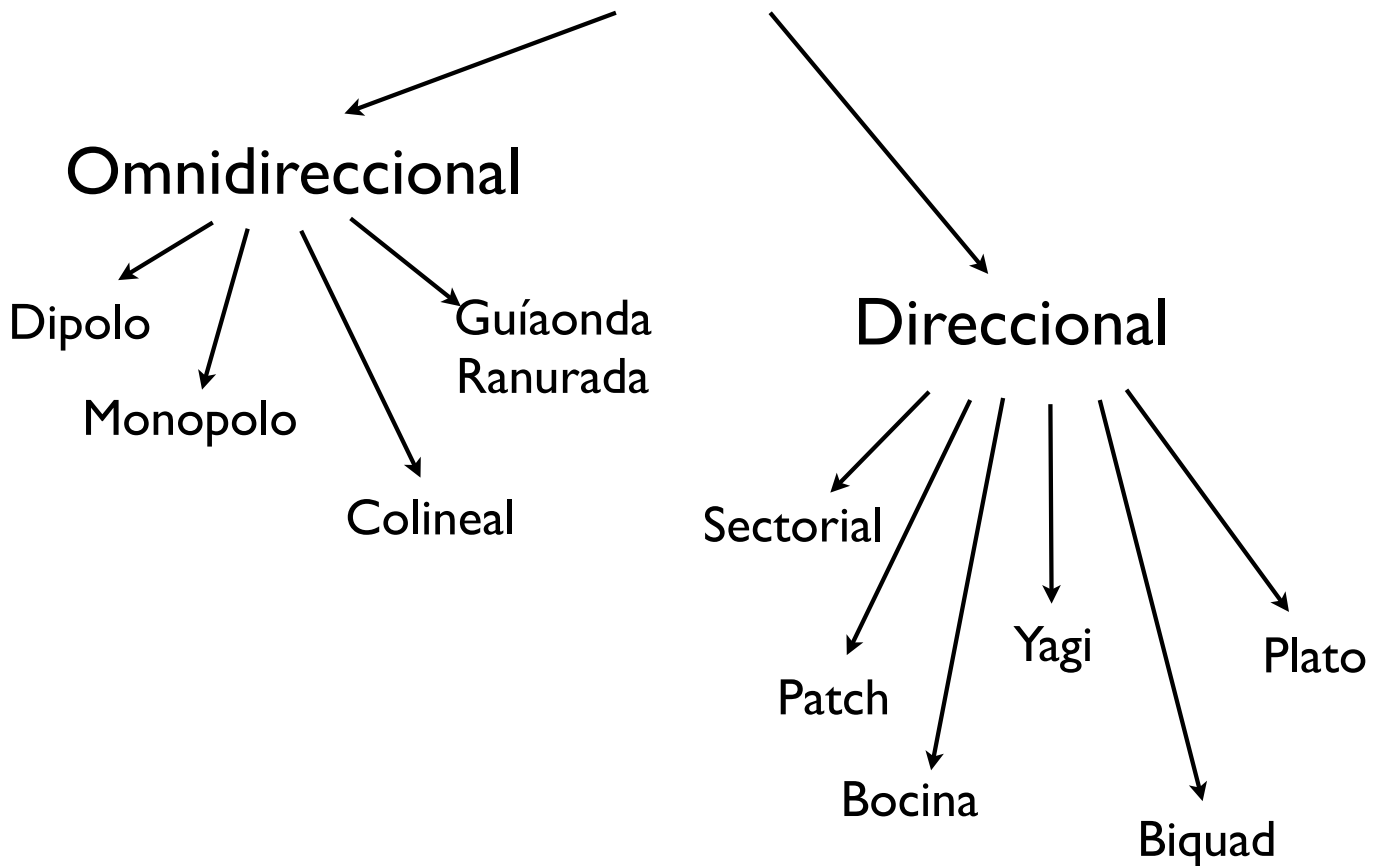
Proteja contra la humedad todas las conexiones externas.

26

La impermeabilización se puede hacer aplicando varias capas de cinta de caucho vulcanizadora sobre la conexión y luego recubrir con cinta eléctrica de buena calidad (resistente a la baja temperatura y a los rayos UV).

El drenaje es muy importante en los radomes que no estén presurizados. Asegúrese que el agujero de drenaje quede hacia abajo y que no haya sido tapado durante la instalación.

Tipos de Antenas



27

Estas antenas se listan de izquierda a derecha en orden creciente de directividad y por ende ganancia.

El dipolo más común se construye con dos alambres de un cuarto de longitud de onda y se denomina dipolo de media onda. Es una antena práctica de baja ganancia que se aproxima a las características de un radiador isotrópico (excepto en el plano vertical)

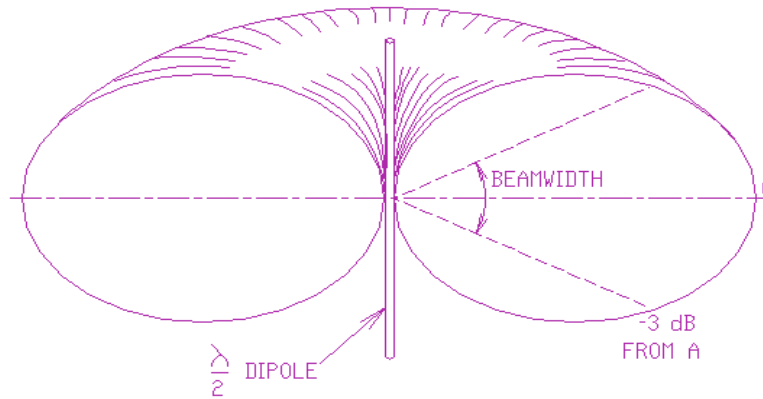
La ganancia del dipolo puede incrementarse disponiendo varios elementos radiantes alimentados con fase alternada y colocándolos unos sobre otros para constituir una antena colineal.

El monopolo se obtiene sustituyendo un elemento del dipolo por un plano reflector.

Las antenas direccionales se subdividen en antenas de alta ganancia para aplicaciones punto a punto y antenas sectoriales, que normalmente tienen anchos de haz de 60° , 90° o 120° y que pueden ser combinadas para proveer cobertura de 360° desde una estación base. Las antenas sectoriales típicamente tienen mayor ganancia que las omnidireccionales con lo que ofrecen un mayor alcance. Si cada sector es alimentado por un radio distinto, se puede obtener también mayor caudal de transmisión respecto al obtenible con una antena omnidireccional única.

Ejemplos de antenas para aplicaciones punto a punto son las antena de bocina (un caso particular es la llamada antena de guíaonda), las Yagis, reflectores de esquina, reflectores parabólicos (platos) y antenas planas (*patch*)

Dipolo de media onda



- ▶ Dos elementos de $1/4 \lambda$
- ▶ Muy fácil de construir en una gran gama de frecuencias
- ▶ Omnidireccional en el plano perpendicular a los elementos
- ▶ Ganancia de 2.15 dBi
- ▶ Impedancia de entrada de 72 ohmios muy próxima a los 50 ohmios del cable coaxial

28

Puede ser utilizado como iluminador de reflectores parabólicos o de esquina.

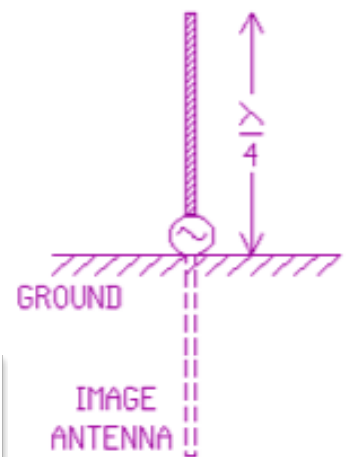
Puede alimentarse desde el centro o en otros puntos con lo que cambia la impedancia de entrada.

El dipolo se puede doblar. lo que provoco una cuádruplicación de la impedancia a 288 ohmios, muy cercana a la impedancia característica de cable bifilar plano utilizad en receptores de TV.

Se puede construir fácilmente un dipolo de media onda usando cable bifilar plano separando una sección de un cuarto de longitud de onda y separando las dos mitades hasta que queden en ángulo recto para formar los dos elementos del dipolo y fijándolos horizontalmente mediante aisladores.

Monopolo o antena Marconi

- ▶ Elemento vertical de $1/4 \lambda$
- ▶ Se requiere un buen plano de tierra
- ▶ Omnidireccional en el plano horizontal
- ▶ 5.14 dBi
- ▶ $\sim 36 \Omega$ de impedancia



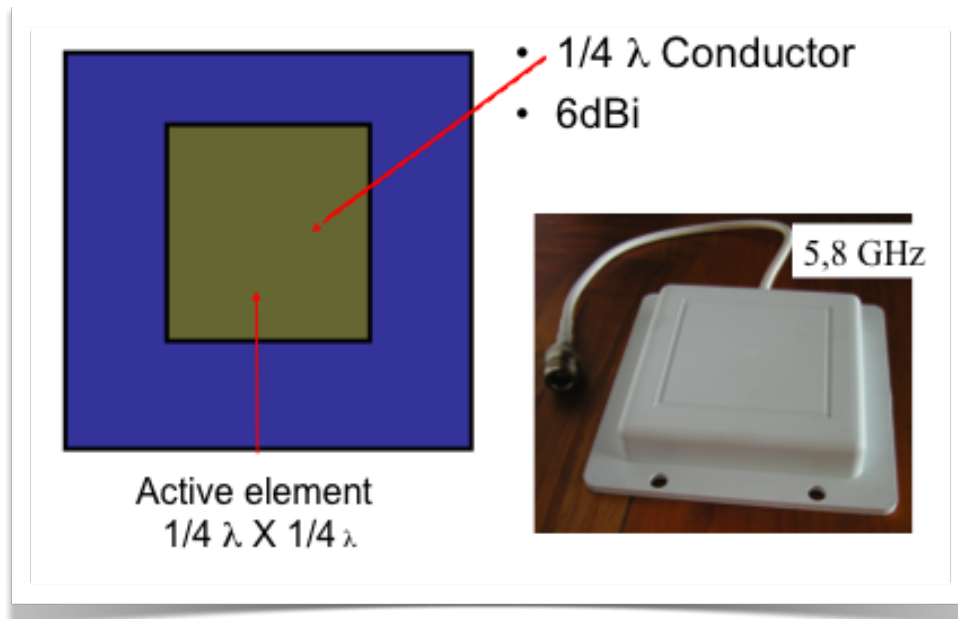
29

El plano de tierra puede implementarse con alambres radiales de un cuarto de longitud de onda.

El monopolo tiene la mitad de la impedancia de entrada del dipolo y el doble de la ganancia (es decir 3 dB adicionales). Esto es debido a que sólo se requiere la mitad del voltaje para inducir la misma cantidad de corriente en el alambre ya que su longitud es la mitad de la del dipolo, y porque la parte inferior del patrón de radiación está bloqueada por el plano de tierra.

El monopolo también puede usarse como sonda para antenas más complejas con la antena de guíaonada (*cantenna*) o de bocina. En este caso el plano de tierra es sustituido por las paredes de la guíaonda.

Antena Patch



30

La ventaja de la antena *patch* o antena plana es que es tiene menos impacto visual que una antena parabólica.
Se pueden combinar varios elementos que alimentados con la fase apropiada pueden aumentar la ganancia

Tipos de Antenas



reflector parabólico



antenas de panel

Reflector de construcción casera

Usted puede construir este reflector usando chapa de aluminio, papel de aluminio y cartón, tijeras y cola adhesiva.



32

La antena más barata que Ud. puede construir es un simple reflector parabólico añadido a una antena omnidireccional. Incrementa la ganancia entre 3 y 6 dBi (dependiendo del tamaño del reflector) y transforma la omni en una direccional.

Reflectores parabólicos

- ▶ Plato o grilla parabólica. Los reflectores de esquina (dos planos) también funcionan bien.
- ▶ Ganancia $\approx (D / \lambda)^2$
- ▶ Ancho del haz $\approx \lambda / D$
- ▶ Debe tener el iluminador (alimentador) apropiado, colocado en el punto focal del reflector
- ▶ Los iluminadores excéntricos (muy usados para recepción de TV) son más difíciles de alinear



33

Las antenas con iluminador excéntrico parece que estuvieran apuntando “muy abajo”.

Los platos parabólicos pueden proporcionar grandes ganancias y se consiguen fácilmente de segunda mano en muchos países. El reflector parabólico no es en realidad una antena, pero puede ser añadido a cualquier otra antena para aumentar la ganancia.

Un transceptor completo (por ejemplo un radio con conexión USB) puede colocarse en el foco de un reflector parabólico para construir un sistema de comunicaciones de larga distancia muy efectivo.

Antena de guíaonda (cantenna)

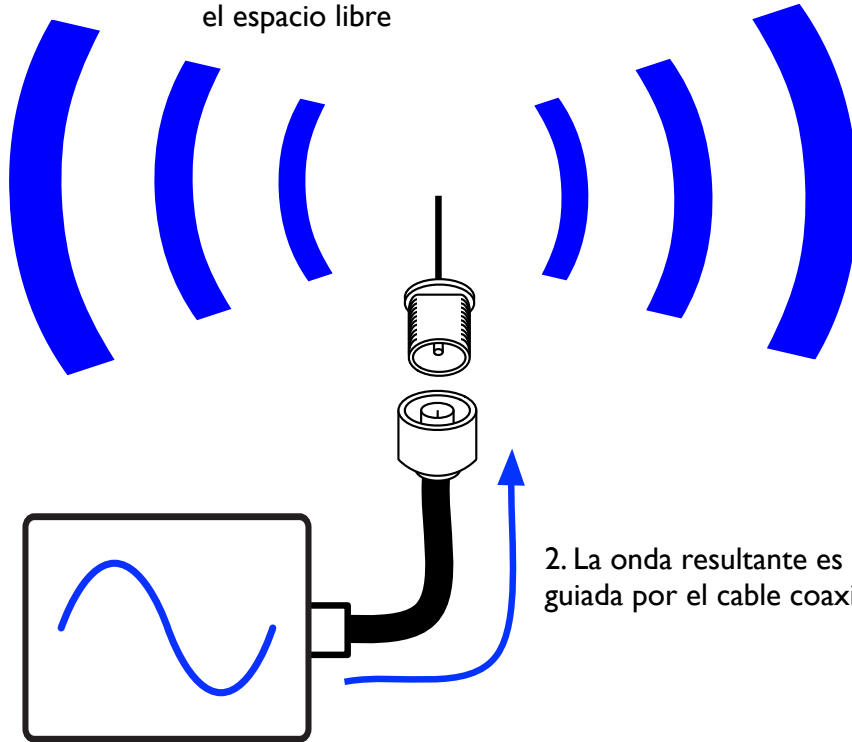
Se pueden construir antenas económicas y muy efectivas con latas comunes como las que se usan para alimentos o bebidas.



34

Antenas WiFi muy económicas hechas con latas de alimentos. Esta antena se llama antena guíaonda. En el libro WNDW se describe en detalle la fabricación de esta y otros tipos de antenas.

3. La onda llega al alambre desnudo donde se transforma en una onda electromagnética que se transmite en el espacio libre

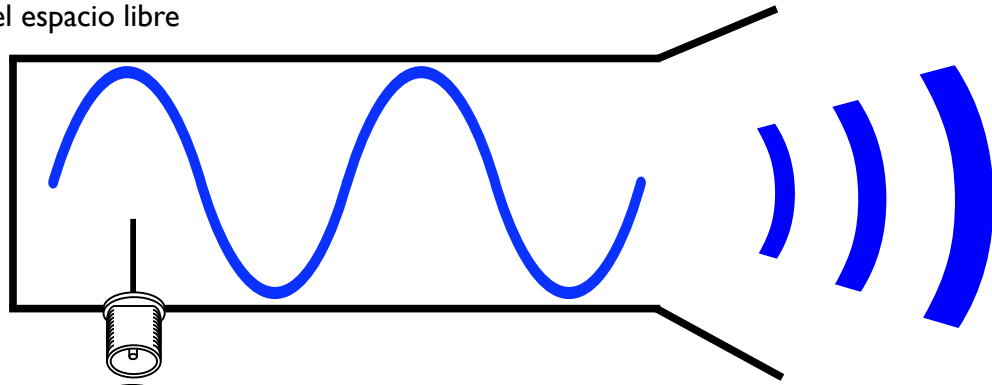


2. La onda resultante es guiada por el cable coaxial

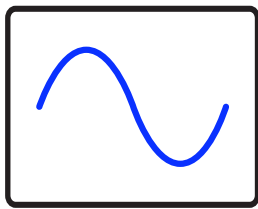
1. El radio crea una corriente eléctrica oscilante a alta frecuencia

La antena es el punto en el cual la corriente del alambre se convierte en una onda electromagnética que se irradia en el espacio.

3. La onda llega al alambre desnudo donde se transforma en una onda electromagnética que se transmite en el espacio libre



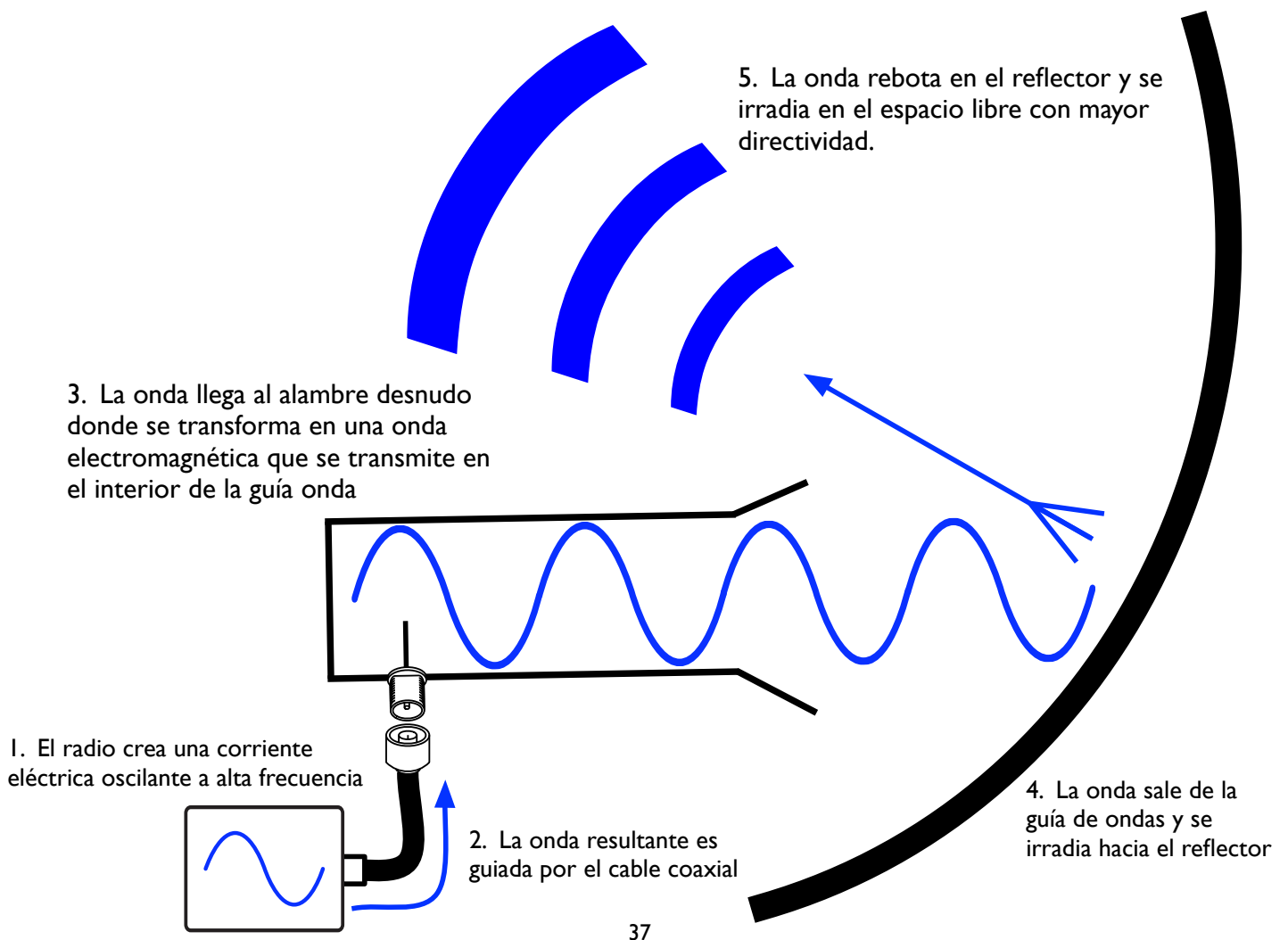
4. La onda sale de la guía de ondas y se irradia prácticamente en todas direcciones



1. El radio crea una corriente eléctrica oscilante a alta frecuencia

2. La onda resultante es guiada por el cable coaxial

La onda que abandona el alambre puede ser guiada para viajar principalmente en una dirección preferente.



La onda guiada puede ser redirigida para enfocarse fuertemente en una dirección, como es el caso de una guía de onda que ilumina un reflector parabólico.

Conclusiones

- ▶ Las antenas son la interfaz entre las ondas guiadas y las no guiadas.
- ▶ Las antenas tienen muchas formas y tamaños.
- ▶ El tamaño de la antena debe ser al menos una fracción de la longitud de onda que utiliza.
- ▶ La impedancia de la antena debe acoplarse a la de la línea de transmisión.
- ▶ No existe una “antena óptima” para cada aplicación, la escogencia es siempre un compromiso entre alcanzar grandes distancias o servir grandes áreas.
- ▶ Use antenas de lata ganancia para largas distancias y omnis o sectoriales para cubrir grandes áreas

Gracias por su atención

Para más detalles sobre los tópicos presentados en esta charla, vaya al libro **Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo**, de descarga gratuita en varios idiomas en:

<http://wndw.net/>



Ver el capítulo 4 del libro para mayor información sobre el material tratado en esta presentación