

TIPOS DE ANTENAS

DIPOLO DE MEDIA ONDA

El dipolo de media onda lineal es una de las antenas más ampliamente utilizadas en frecuencias arriba de 2MHz. En frecuencias abajo de 2MHz, la longitud física de una antena de media onda es prohibitiva. Al dipolo de media onda se le refiere por lo general como Antena de Hertz.

Una antena de Hertz es una antena resonante. O sea, es un múltiplo de un cuarto de longitud de onda de largo y de circuito abierto en el extremo más lejano. Las ondas estacionarias de voltajes y de corriente existen a lo largo de una antena resonante. Cada polo de la antena se ve como una sección abierta de un cuarto de longitud de onda de una línea de transmisión. Por tanto, en los extremos hay un máximo de voltaje y un mínimo de corriente, y en el centro, un mínimo de voltaje y un máximo de corriente. En consecuencia, suponiendo que el punto de alimentación está en el centro de la antena, la impedancia de entrada es $E_{\text{mínimo}}/I_{\text{máximo}}$ y un valor mínimo. La impedancia en los extremos de la antena es $E_{\text{máximo}}/I_{\text{mínimo}}$ y un valor máximo. La figura 1 muestra la curva de impedancia para un dipolo de media onda alimentado en el centro. La impedancia varía de un valor máximo en los extremos de aproximadamente 2500W a un valor mínimo en el punto de alimentación de aproximadamente 73W (de los cuales entre 68W y 70W es la impedancia de radiación).

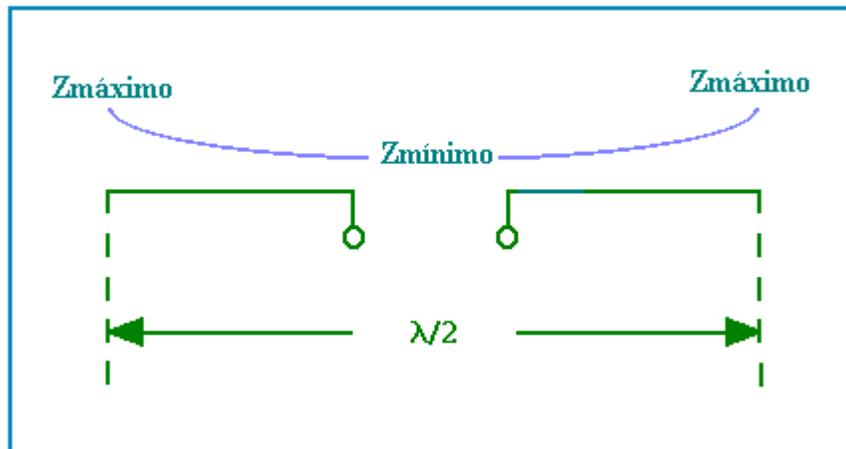


Figura 1

Un radiador de cable como un dipolo de media onda se puede considerar como un número infinito de dobletes elementales colocados extremo con extremo.

El patrón de radiación de espacio libre para un dipolo de media onda depende de la colocación horizontal o vertical de la antena con relación a la superficie de la tierra.

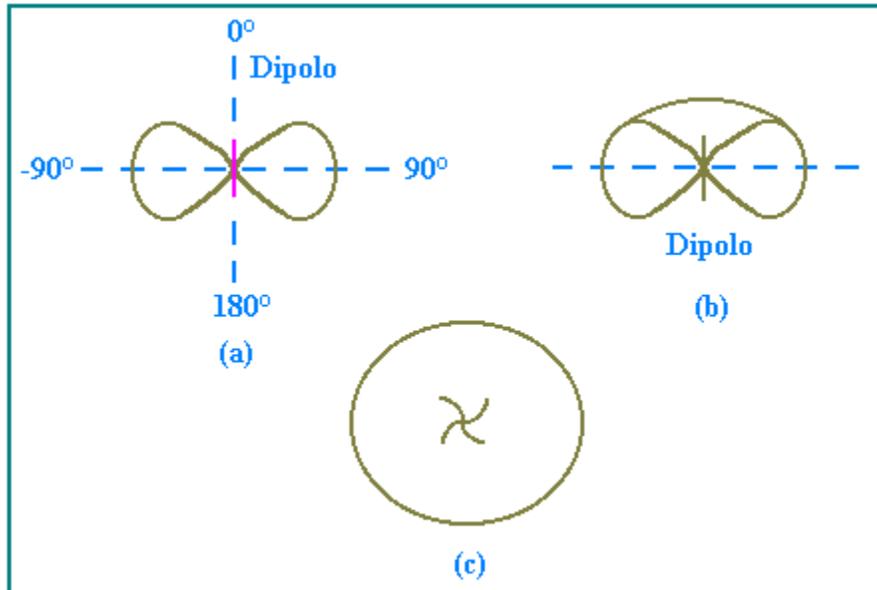


Figura 2

La figura 2a muestra el patrón de radiación vertical (desde un lado) para un dipolo de media onda montado verticalmente. Obsérvese que los dos lóbulos principales que irradian en direcciones opuestas están en ángulo derecho a la antena. También es necesario observar que los lóbulos no son círculos. Los lóbulos circulares se obtienen sólo en el caso ideal donde la corriente es constante a todo lo largo de la antena, y esto es inalcanzable en una antena real. La figura 2b muestra la vista atravesada. Obsérvese que el patrón de radiación tiene un patrón en forma de ocho y asemeja la forma de una dona. La radiación máxima se encuentra en un plano paralelo a la superficie de la tierra. Entre más alto sea el ángulo de elevación, es menor la radiación, y para 90° no hay radiación. La figura 2c muestra el patrón de radiación horizontal (desde arriba) para un dipolo de media onda montado verticalmente. El patrón es circular porque la radiación es uniforme en todas las direcciones perpendiculares a la antena.

EFECTOS DE LA TIERRA EN UN DIPOLO DE MEDIA ONDA

Los patrones de radiación que se muestran en la figura 2 son para condiciones de espacio libre. En la atmósfera de la Tierra, la propagación de las ondas se ve afectada por la orientación de la antena, la absorción atmosférica y los efectos de Tierra como la reflexión. En la figura 3 se muestra el efecto de reflexión de Tierra para un dipolo de media onda no aterrizada. La antena se monta en un número apreciable de longitudes de onda (altura h) arriba de la superficie de la tierra. La intensidad del campo en cualquier punto del espacio es la suma de las ondas directa y reflejada de tierra. La onda reflejada de tierra parece que está irradiando desde una antena imagen a la distancia h abajo de la superficie de la Tierra.

Esta antena aparente es una imagen reflejada de la antena real. La onda reflejada de tierra se invierte 180° y viaja una distancia de $2h \text{ sen } \theta$ más lejos que la onda directa para alcanzar el mismo punto en el espacio (punto P). El patrón de radiación que resulta es la suma de las radiaciones de la antena real y de la antena de imagen reflejada.

Para una antena montada a un cuarto de longitud arriba de Tierra, el lóbulo inferior se ha ido por completo y la intensidad del campo directamente se duplica hacia arriba. No hay componente en Tierra para polarización horizontal debido al cambio de fase del componente reflejado. Las ondas reflejadas de Tierra tienen efectos similares en todas las antenas. La mejor forma de eliminar o reducir el efecto de las ondas reflejadas de Tierra es montar la antena muy por encima de la superficie de la Tierra para obtener condiciones de espacio libre. Sin embargo, en muchas aplicaciones, esto es imposible. Los reflejos de tierra a veces son deseables para obtener el ángulo de elevación deseado para la respuesta máxima del lóbulo principal.

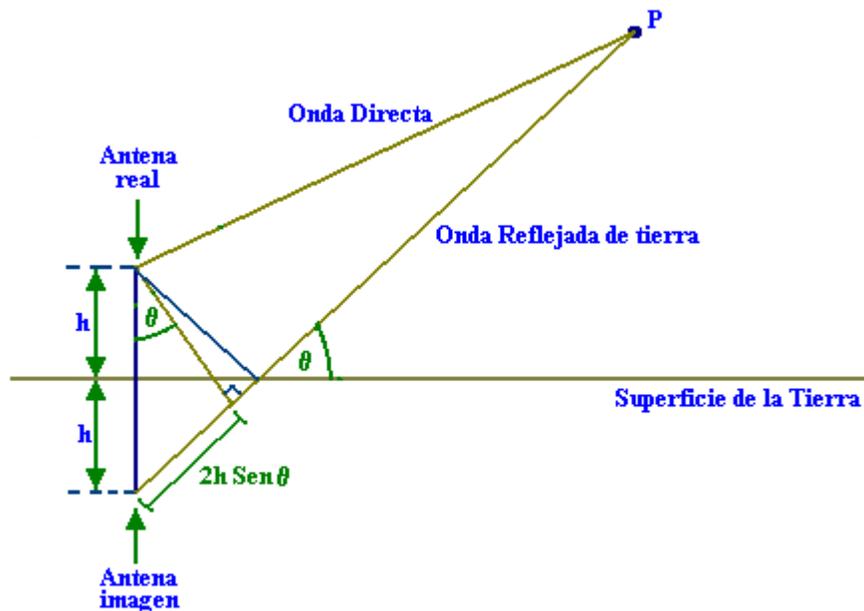


Figura 3

La altura de una antena sin aterrizar sobre la superficie de la Tierra también afecta la impedancia de radiación de la antena. Esto se debe a que las ondas interceptan la antena y alteran su corriente.

Dependiendo de la fase de la onda reflejada de tierra, puede incrementarse o reducirse la corriente de la antena, causando un incremento o reducción de la impedancia de entrada.

ANTENA ATERRIZADA

Una antena monopolo (de un solo polo) de un cuarto de longitud de onda de largo montada verticalmente con el extremo inferior conectado directamente a tierra o conectado a tierra a través de la red acoplada de la antena se llama antena Marconi.

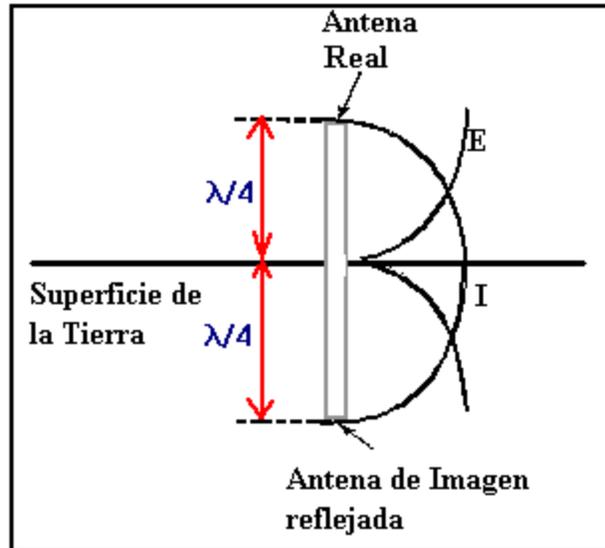


Figura 4

Las características de una antena Marconi son similares a las de una antena de Hertz debido a las ondas reflejadas de tierra. La figura 4 muestra las ondas estacionarias de voltaje y de corriente para una antena aterrizada de un cuarto de longitud de onda. Puede verse que, si la antena Marconi se monta directamente en la superficie de la Tierra, la antena real y su imagen se combinan y producen exactamente los mismos patrones de ondas estacionarias que los de la antena de Hertz sin aterrizar a media longitud de onda. La corriente máxima ocurre a los extremos aterrizados, que causa un flujo de alta corriente a través de tierra. Para reducir las pérdidas de potencia, la tierra debe ser un buen conductor. Si la tierra es un conductor pobre, como un terreno arenoso o rocoso, puede requerirse de un sistema artificial de tierra física sencilla hecha de cables de cobre pesados extendidos en forma radial abajo de la antena. Otra forma de mejorar artificialmente la conductividad del área de tierra. El contrapunto se debe aislar del suelo de la tierra. Un contrapunto es una forma de un sistema de tierra física capacitiva; se forma la capacitancia entre el contrapunto y la superficie de la Tierra.

La figura 5 muestra el patrón de radiación para una antena (Marconi) aterrizada de un cuarto de longitud de onda. Puede verse que la mitad inferior de cada lóbulo se cancela con las ondas reflejadas de tierra.

Esto por lo general no tiene ninguna consecuencia porque la radiación en dirección horizontal se incrementa, incrementando así la radiación a lo largo de la superficie de la Tierra (ondas a tierra) y mejorando la cobertura de área. También puede verse que

incrementar la longitud de la antena mejora la radiación horizontal a costa de la propagación de ondas en el cielo. Esto también se muestra en la figura 6.

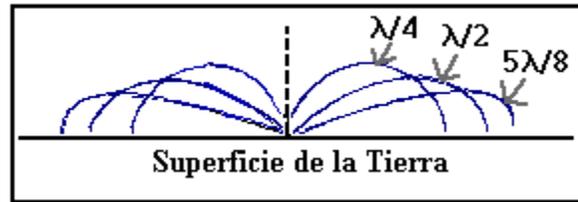


Figura 5

La radiación horizontal máxima ocurre para una antena que tiene aproximadamente cinco octavos de longitud de onda de largo. Para una antena de una longitud de onda, no hay propagación de ondas a tierra.

Una antena Marconi tiene la ventaja obvia sobre una antena de Herz en cuanto a que tiene la mitad de longitud. La desventaja de una antena Marconi es que tiene que estar ubicada cerca del suelo.

CARGA DE LA ANTENA

Hasta aquí hemos considerado la longitud de la antena en términos de longitudes de onda en lugar de las dimensiones físicas. Por cierto, ¿qué tan larga es una antena de un cuarto de longitud de onda? Para una frecuencia de transmisión de 1GHz, un cuarto de longitud de onda es de 0.075 m (2.95 pulgadas). Sin embargo, para una frecuencia de transmisión de 1MHz, un cuarto de longitud de onda es de 75m, y en 100KHz, un cuarto de longitud de onda es de 750m. Es obvio que las dimensiones físicas para antenas de baja frecuencia no son prácticas, especialmente para aplicaciones de radio móvil. Sin embargo, es posible incrementar la longitud eléctrica de una antena con una técnica llamada carga. Cuando una antena se carga, no sufre cambios en su longitud física, aunque su longitud eléctrica efectiva se incrementa. Se utilizan varias técnicas para cargar una antena.

Bobinas de carga

La figura 7a muestra cómo una bobina (inductor) agregada en serie con una antena dipolo incrementa efectivamente la longitud eléctrica de la antena. Dicha bobina se llama apropiadamente bobina de carga. La bobina de carga cancela efectivamente el componente capacitivo de la impedancia de entrada de la antena. Por tanto, la antena se ve como un circuito resonante, es resistivo, y puede absorber ahora 100% de la potencia independiente. La figura 7b muestra los patrones de ondas estacionarias de la corriente de una antena con bobina de carga. La bobina de carga por lo regular se coloca en la parte de abajo de la antena, permitiendo que la antena se sintonice fácilmente a la resonancia. Una bobina de carga incrementa efectivamente la impedancia de radiación de la antena por aproximadamente 5W. Observe también que la onda estacionaria de la corriente tiene un

valor máximo en la bobina, incrementando las pérdidas de potencia, creando una situación posiblemente de corona, y reduciendo efectivamente la eficiencia de radiación de la antena.

Carga superior

Las bobinas de carga tienen varias fallas que pueden evitarse utilizando una técnica llamada carga superior de la antena. Con esta forma de carga de la antena, se coloca una tabla metálica que asemeja una rueda de haz encima de la antena.

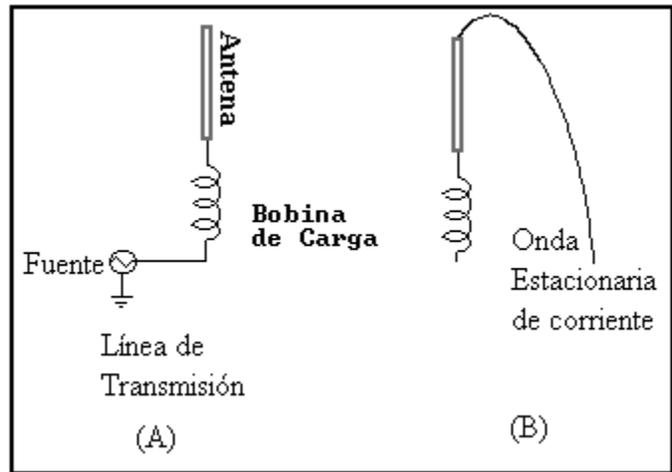


Figura 7

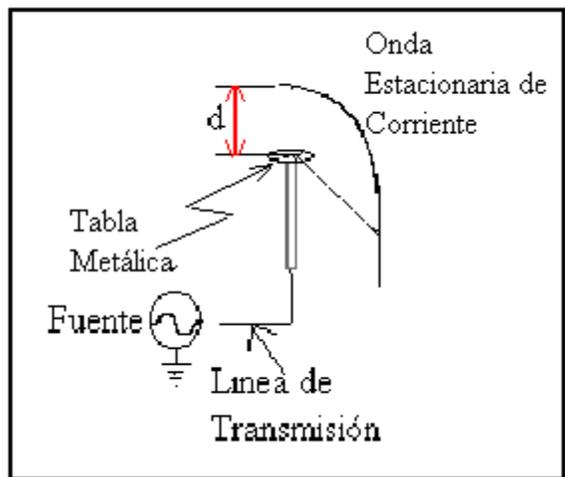


Figura 8

La rueda incrementa la capacitancia derivada a tierra, reduciendo la capacitancia total de la antena. En la figura 8 se muestra la carga superior de la antena. Observe que los patrones de onda estacionaria de la corriente se encuentran a lo largo de la antena como si la longitud de la antena se hubiera incrementado a la distancia d , colocando la corriente máxima en la base. La carga superior resulta en un incremento considerable en la impedancia de radiación y en la eficiencia de radiación. También reduce el

voltaje de la onda estacionaria en la base de la antena. Desafortunadamente, la carga superior es difícil para las aplicaciones móviles.

El circuito de corriente de la onda estacionaria se puede alzar aún más (mejorando todavía más la eficiencia de radiación) si se agrega una parte superior plana a la antena. Si una antena vertical se dobla en la parte superior para formar una L o T, como se muestra en la figura 9, el circuito de corriente ocurrirá cerca de la parte superior del radiador. Si cada una de las posiciones vertical y superior plana tiene un cuarto de longitud de onda de largo, la corriente máxima ocurrirá en la parte superior del radiador vertical.

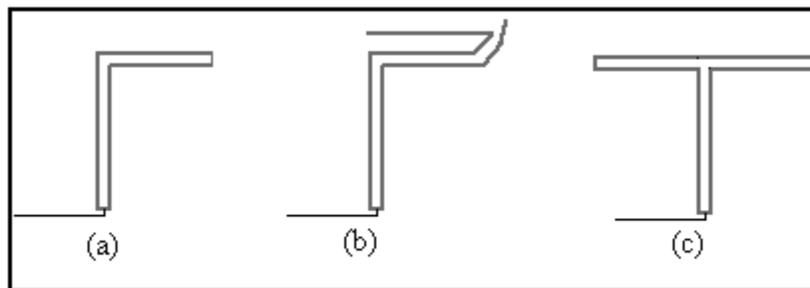


Figura 9

ARREGLOS DE ANTENA

Un arreglo de antena se forma cuando dos o más elementos de la antena se combinan para formar una sola antena. Un elemento de la antena es un radiador individual como un dipolo de media o un cuarto de onda. Los elementos se colocan físicamente de tal forma que sus campos de radiación interactúan entre sí, produciendo un patrón total de radiación que es la suma de los vectores de los campos individuales. El propósito de un arreglo es incrementar la directividad de un sistema de antenas y concentrar la potencia radiada dentro de un área geográficamente más pequeña. En esencia, hay dos tipos de elementos de antenas: excitación y de parasítico (no excitado). Los elementos de excitación se conectan directamente a la línea de transmisión y reciben potencia de o están excitados por la fuente. Los elementos parasíticos no se conectan a la línea de transmisión: reciben energía solamente a través de una inducción mutua con un elemento de excitación o con otro elemento parasítico.

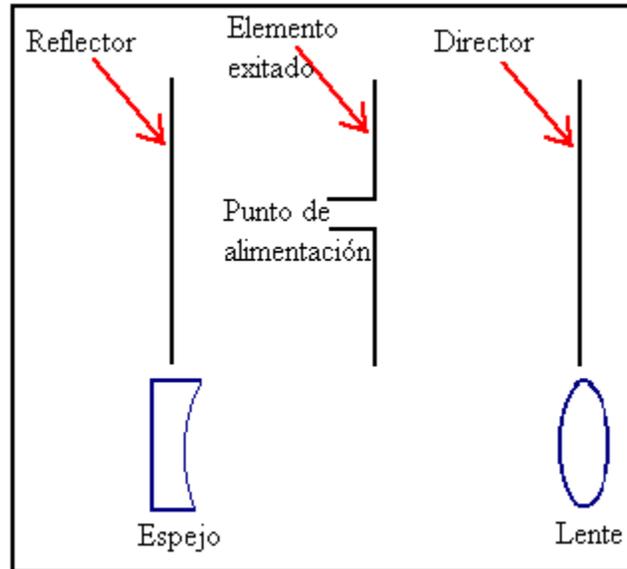


Figura 10

Un elemento parasítico que es más largo que el elemento de excitación y además de donde recibe energía se llama reflector. Un reflector reduce eficazmente la intensidad de la señal que está en su dirección e incrementa la que está en dirección opuesta. Por tanto, actúa como un espejo cóncavo. Esta acción ocurre porque la onda que está pasando a través del elemento parasítico introduce un voltaje que se invierte 180° con relación a la onda que lo indujo. El voltaje inducido produce una corriente en fase y el elemento irradia (en realidad vuelve a radiar la energía que acaba de recibir). La energía re-irradiada instala un campo que cancela en una dirección y refuerza en la otra. Un elemento parasítico que es más corto que su elemento de excitación asociado, se llama "director". Un director incrementa la intensidad del campo en su dirección y la reduce en la dirección opuesta. Por tanto, actúa como una lente convexa convergente. Esto se muestra en la figura 10.

La directividad de radiación se puede incrementar ya sea en el plano horizontal o vertical, dependiendo de la colocación de los elementos y si están excitados. Si no están excitados, el patrón depende de que los elementos sean directores o reflectores. Si se excitan, el patrón depende de la fase relativa de los alimentadores.

ARREGLO DE BORDE ANCHO

Un arreglo de borde ancho es uno de los tipos más sencillos de arreglos para antena. Se hace colocando solo varios dipolos resonantes de igual tamaño (tanto longitud como diámetro) en forma paralela y en línea recta (colineal). Todos los elementos se alimentan en fase desde la misma fuente. Como lo indica su nombre, el arreglo de borde ancho irradia el ángulo recto al plano del arreglo e irradia muy poco en dirección del plano. La figura 11a muestra un arreglo de borde ancho que incluye cuatro elementos de

media onda excitados separados por media longitud de onda. Por tanto, la señal que se irradia desde el elemento n° 2 ha viajado la mitad de longitud de onda más que la señal irradiada desde el elemento n° 1 (o sea, se irradia 180° fuera de fase). Cruzando la línea de transmisión produce un cambio de fase adicional de 180°. Por tanto, las corrientes de todos los elementos están en fase, y las señales irradiadas están en fase y agregadas en un plano de ángulo recto al plano del arreglo. Aunque el patrón de radiación horizontal para cada elemento por sí solo es omnidireccional, cuando se combinan sus campos, producen un patrón de radiación bidireccional altamente directivo (figura 11b). La directividad puede incrementarse aún más aumentando la longitud del arreglo agregando más elementos.

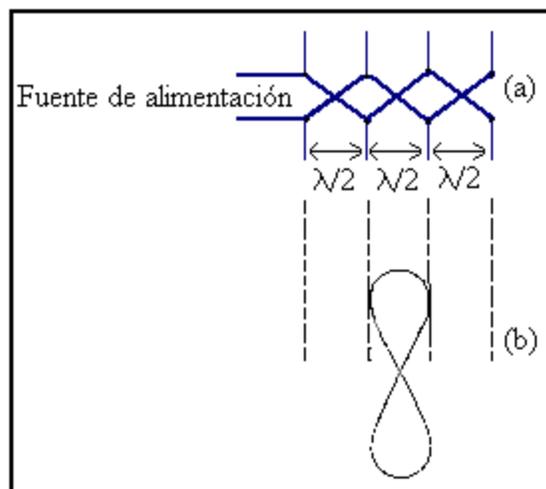


Figura 11

Arreglo refractario extremo

Un arreglo refractario extremo es, esencialmente, la misma configuración de elemento que el arreglo de borde ancho, excepto que la línea de transmisión no se cruza entre los elementos. Como resultado, los campos están agregados en línea con el plano del arreglo. La figura 12 muestra un arreglo refractario extremo y su patrón de radiación resultante.

Arreglo no resonante: la antena rómbica

La antena rómbica es una antena no resonante que es capaz de operar satisfactoriamente en un ancho de banda relativamente amplia, haciéndolo perfecto para transmisiones de HF (rango de 3 a 30MHz). La antena rómbica está compuesta de cuatro elementos no resonantes, cada uno de varias longitudes de onda de largo. Todo el arreglo se termina en un resistor si se desea una operación unidireccional. El arreglo utilizado más ampliamente para la antena rómbica asemeja una línea de transmisión que fue ajustada en el centro (se muestra en la figura 13). La antena se monta horizontalmente y se coloca a la mitad de longitud de onda o más arriba de la tierra. La altura exacta depende del patrón preciso de radiación deseado. Cada conjunto de elementos actúa como una

línea de transmisión terminado en su impedancia característica; por tanto, las ondas se irradian solamente en dirección hacia adelante. El resistor final absorbe aproximadamente un tercio de la potencia total de entrada de la antena. Por tanto, una antena róbica tiene una eficiencia máxima de 67%. Con las antenas róbicas se han alcanzado ganancias de más de 40 (16dB).

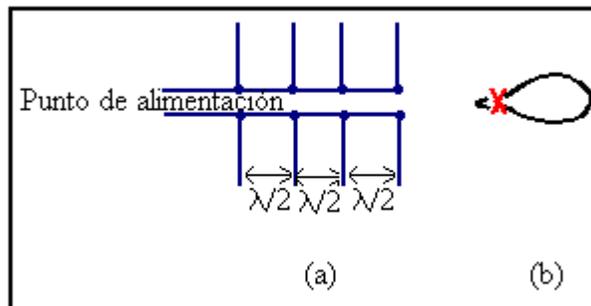


Figura 12

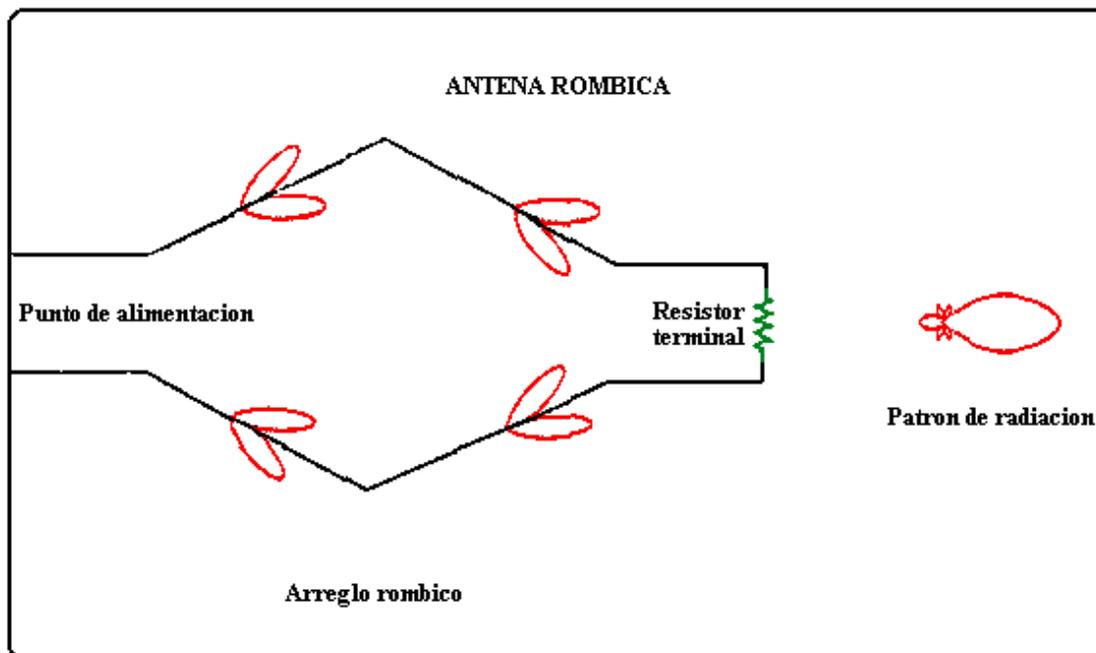


Figura 13

Fuente: revista Todo Antena Argentina