

# TIPOS DE ANTENA

## **Tipos básicos de antenas, descripción y características**

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia, o que, conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana para este fin existen diferentes tipos:

**Antena Colectiva:** Antena receptora que, mediante la conveniente amplificación y el uso de distribuidores, permite su utilización por diversos usuarios

**Antena de Cuadro:** Antena de escasa sensibilidad, formada por una bobina de una o varias espiras arrolladas en un cuadro, cuyo funcionamiento bidireccional la hace útil en radiogoniometría

**Antena de Reflector o Parabólica:** Antena provista de un reflector metálico, de forma parabólica, esférica o de bocina, que limita las radiaciones a un cierto espacio, concentrando la potencia de las ondas; se utiliza especialmente para la transmisión y recepción vía satélite.

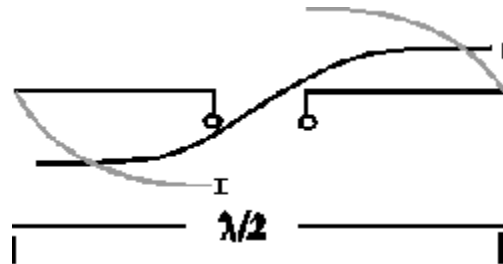
**Antena Lineal:** La que está constituida por un conductor rectilíneo, generalmente en posición vertical.

**Antena Multibanda:** La que permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias

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

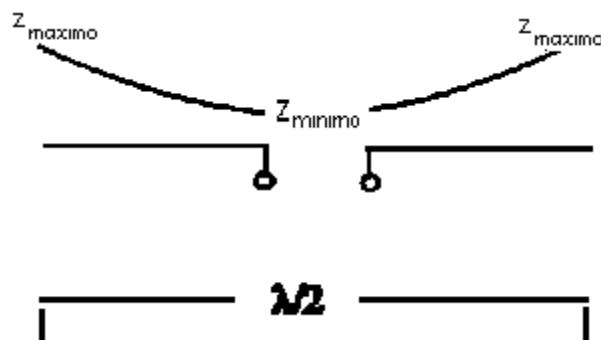
Una antena de Hertz es una antena resonante. O Sea, es un múltiplo de un cuarto de longitud de onda de largo y de circuito abierto en el extremo más lejano. Las ondas estacionarias de voltaje y de corriente existen a lo largo de una antena

resonante.



La figura anterior podemos observar las distribuciones de corriente y voltaje ideales a lo largo de un dipolo de media onda. Cada polo de la antena se ve como una sección abierta de un cuarto de longitud de onda de una línea de transmisión. Por lo tanto en los extremos hay un máximo voltaje y un mínimo de corriente y un mínimo de voltaje y un máximo de corriente en el centro. 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 de  $E_{\text{máximo}}/I_{\text{mínimo}}$  y un valor máximo.

La figura siguiente muestra la curva de impedancia para un dipolo de media onda alimentado en el centro.

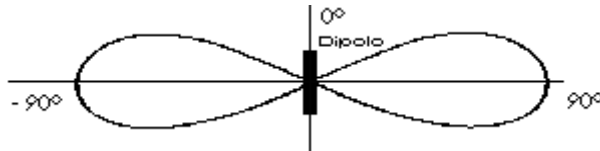


La impedancia varía de un valor máximo en los extremos de aproximadamente 2500 W a un valor mínimo en el punto de alimentación de aproximadamente 73 W (de los cuales entre 68 y 70 W es la impedancia de radiación).

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

La figura siguiente muestra el patrón de radiación vertical 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, los lóbulos no son círculos, se obtienen solo en el caso ideal donde la corriente es constante a todo lo largo de la antena, y esto es inalcanzable en una antena real.

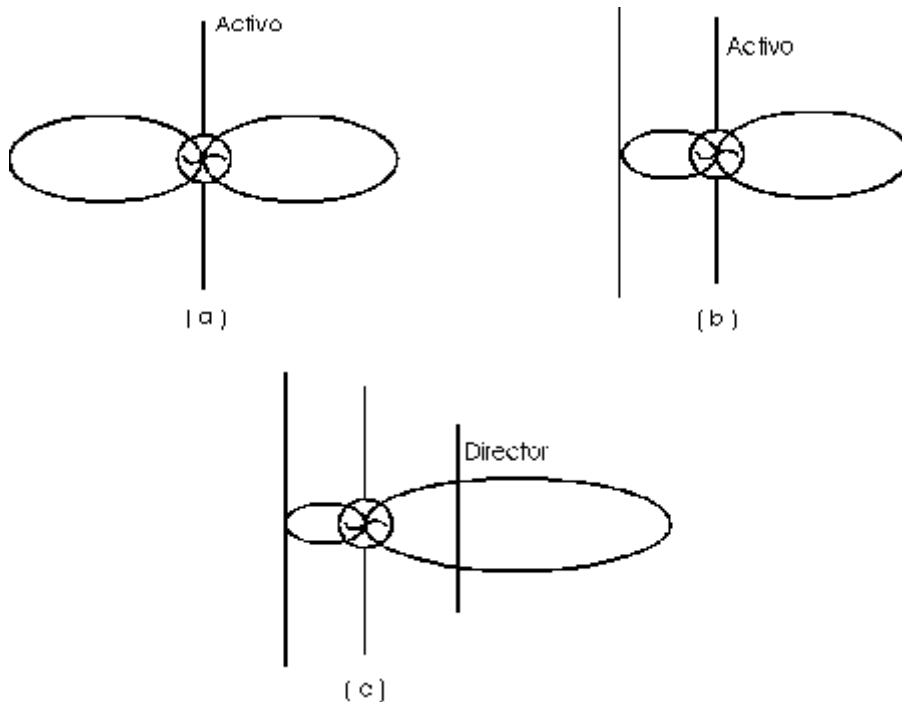


**Antena Yagi:** Antena constituida por varios elementos paralelos y coplanarios, directores, activos y reflectores, utilizada ampliamente en la recepción de señales televisivas. Los elementos directores dirigen el campo eléctrico, los activos radian el campo y los reflectores lo reflejan. (figura siguiente)

Los elementos no activados se denominan parásitos, la antena yagi puede tener varios elementos activos y varios parásitos. Su ganancia esta dada por:

$$G = 10 \log n$$

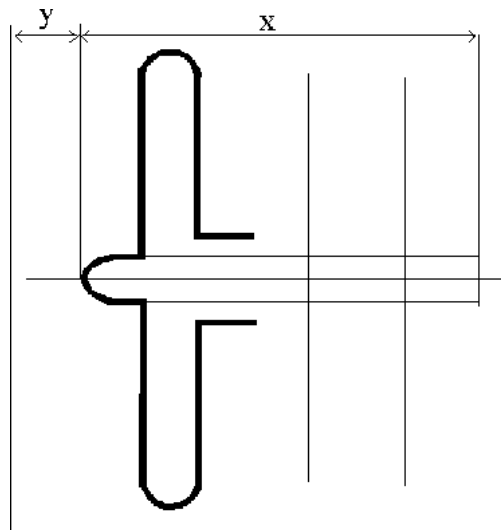
donde  $n$  es el número de elementos por considerar.



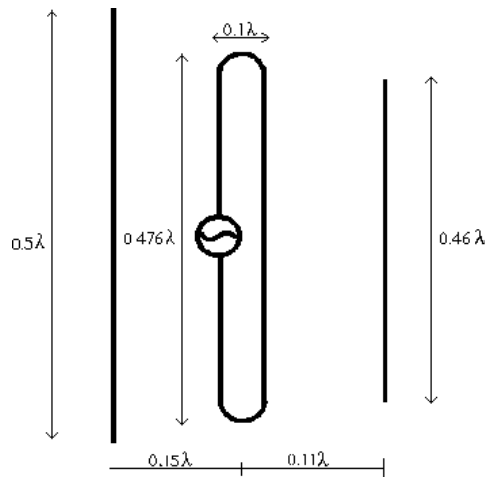
Para la antena yagi de tres elementos la distancia entre el reflector y el activo es de  $0.15l$ , y entre el activo y el director es de  $0.11l$ . Estas distancias de separación entre los elementos son las que proporcionan la óptima ganancia, ya que de otra manera los campos de los elementos interferirían destructivamente entre sí, bajando la ganancia.

Como se puede observar, este diseño de antena yagi resulta ser de ancho de banda angosto, ya que el elemento dipolar está cortado a una sola frecuencia que generalmente se selecciona en la mitad del ancho de banda de los canales bajos de TV; es decir, del canal 2 al canal 6 (de 50MHz a 86 MHz). Esto resulta ser una desventaja ya que no es posible cubrir varios canales de TV con una misma ganancia seleccionada. Por tal razón se utiliza la denominada antena yagi de banda ancha, la cual puede cubrir varios canales a la vez aunque sacrificando la ganancia.

En la figura siguiente se muestran los parámetros de diseño  $x$  y  $y$ , creando la relación  $x + y = l/4$ , la ganancia se acentúa alrededor de un solo canal, como se muestra en la



Para considerar una antena yagi de banda ancha es necesario, entonces, hacer ajustes en las distancias entre los elementos para obtener, junto con el ancho de banda deseado, la ganancia óptima. Se recuerda que para un arreglo de antenas en las cuales todos los elementos van alimentados se obtiene mejor ganancia para el denominado "en línea". Como la antena yagi utiliza elementos alimentados y parásitos, es común aumentar el número de elementos alimentados a 2 o 3; estos dipolos se cortan a la frecuencia media del ancho de banda; generalmente para los canales bajos de televisión da muy buen resultado. En la figura siguiente se proporciona las dimensiones para óptima ganancia de una antena yagi de tres elementos



## Antenas Prácticas

La elección de la antena a instalar en una situación determinada depende de un gran número de factores. Desde un simple alambre extendido entre las azoteas dos edificios vecinos hasta complejas estructuras sobre una torre giratoria, las configuraciones posibles son muy numerosas, y el aficionado debe escoger la que más se acomode a sus posibilidades y necesidades. En los edificios urbanos, donde frecuentemente el espacio es restringido, el trabajo en HF puede iniciarse con una antena vertical con algunos «radiales» como plano de tierra, que puede proporcionar buenos contactos, aunque las antenas de este tipo son susceptibles de captar más ruido eléctrico ambiental que los dipolos horizontales. En VHF y UHF, ha de ser generalmente factible hallar en un edificio un punto donde instalar una antena vertical eficaz o incluso una pequeña direccional con un rotor al extremo de un mástil.

La antena dipolo de  $1/2$  onda. Desde el punto de vista eléctrico y considerando la fiabilidad de predicción de su comportamiento, la facilidad en procurarse los materiales necesarios y su economía, la antena dipolo de media onda alimentada por el centro es la opción que debería considerar en primer lugar el radioaficionado aprendiz.

Una antena horizontal de media onda, despejada y elevada por lo menos un  $1/4$  de onda sobre cualquier obstáculo, proporciona buena cobertura para distancias cortas y medias y es capaz de dar alguna agradable sorpresa en distancias largas. La longitud total de una antena dipolo de hilo es algo menor que la correspondiente a la media onda en el aire debido al efecto puntas de los conductores (capacidad del hilo más los aisladores extremos). Así pues, una antena para la frecuencia de 21,175 MHz (centro del segmento de fonía para EC) debería tener unos 6,85 m. Un dipolo del mismo tipo para el segmento

de CW de la banda de 40 metros (7,025 MHz) mide 20,64 m. Las medidas anteriores son válidas suponiendo que el diámetro del conductor empleado es muy reducido comparado con la longitud de la onda a radiar. Si el conductor de la antena es grueso se debe aplicar un factor de reducción. El diagrama de radiación vertical de un dipolo depende grandemente de su distancia al suelo y de las características de éste, lo cual explica en parte las enormes diferencias de comportamiento de antenas aparentemente iguales, situadas en lugares distintos.

### **La Antena Vertical de 1/4 de Onda**

El más conocido dipolo asimétrico es la antena de cuarto de onda con plano de tierra artificial, conocida como ground plane. El plano de tierra se simula mediante varios «radiales» de un cuarto de onda extendidos por debajo del elemento radiante vertical y conectados a la malla del cable de alimentación. La práctica demuestra que en HF 30 o 40 radiales de un 1/4 de onda y separados del suelo proporcionan excelentes resultados. En VHF y UHF, donde por lo general las antenas verticales se instalan a cierta altura sobre el suelo, el número de radiales puede ser mucho más reducido. Con los radiales en ángulo recto respecto al elemento radiante, la impedancia de la antena es de 36 ohmios. A medida que los radiales forman un ángulo más obtuso respecto al elemento radiante, la impedancia del sistema aumenta. La antena vertical mínima debe tener un 1/4 de onda eléctrico, lo que no significa que tenga la longitud física de una cuarta parte de la longitud de la onda a transmitir. La longitud física de una antena autorresonante para las bandas de onda más larga -y especialmente en la banda de 160 metros-, puede ocasionar problemas mecánicos para su sustentación de modo que, en general, se la hace menor a la teórica de 1/4 de onda y aún funciona bastante bien. Las antenas verticales cortas se «alargan» artificialmente bien añadiéndoles una inductancia en la base o una capacidad en el extremo superior.

### **El Dipolo en V Invertida**

Cuando el espacio disponible no permite extender el dipolo horizontalmente en toda su longitud, se puede adoptar la configuración de las antenas dipolo en V invertida, que son una buena solución y que presenta incluso algunas ventajas frente al dipolo horizontal. Esta antena se instala utilizando un solo mástil, que la sustenta por su centro o suspendida de una driza. Con un ángulo de 90° entre las ramas en el vértice, esta antena presenta un diagrama de radiación prácticamente omnidireccional, ángulos de salida bajos y una impedancia próxima a los 50 ohmios, que la hace apta para ser alimentada con cable coaxial.

## **Antenas para Espacios Reducidos**

Para las bandas de 80 y 160 metros, en muchas ocasiones no es materialmente posible extender un dipolo de media onda. Es preciso entonces, tratar de acomodar las ramas de la antena al espacio disponible, doblándolas en el plano horizontal o decidirse por una antena vertical. Combinando varios procedimientos es posible construir antenas cuya longitud física sea la mitad o aún menos de la que teóricamente le correspondería y aún así ser muy eficientes. No es infrecuente, por ejemplo, ver antenas dipolo rígidas para la banda de 40 metros cuya longitud total no supera los 10 m. Con todo, no hay que olvidar que cualquier reducción de tamaño de una antena comporta inevitablemente una reducción del ancho de banda útil, así como un descenso del rendimiento total debido, entre otras cosas, a las pérdidas acumuladas en los elementos añadidos.

## **Antenas Cortas con Inductancias**

Uno de los procedimientos usuales para «alargar» eléctricamente las antenas comporta el uso de inductancias en sus ramas. El cálculo del valor y posición de esas inductancias es bastante complicado para hacerlo manualmente por lo que deben usarse programas de ordenador que lo resuelven con buena exactitud. No es válida la simplificación de acortar la antena simplemente arrollando el exceso de hilo sobre un soporte cualquiera formando una bobina; la inductancia necesaria de esa bobina depende de la posición que ocupe sobre el dipolo y de la longitud total de éste, así que sería sólo casualidad acertar con todas las variables.

## **Antenas Cortas con Cargas Lineales**

Otro método de reducir la longitud física de las antenas, manteniendo la resonancia y ofreciendo una resistencia de radiación conveniente y bajas pérdidas, es el uso de las llamadas cargas lineales, consistentes en plegar sobre sí mismo parte del conductor de la antena; el cálculo de las dimensiones de esa configuración es muy complejo y debe realizarse con la ayuda de un programa de ordenador.

## **Antenas Cortas con Carga Capacitiva**

Un tercer procedimiento para «alargar» artificialmente una antena es añadir capacidad al extremo de la misma. Esta capacidad está compuesta por lo general por una red de conductores (cruz, polígono, etc.) conectada al extremo del conductor que se quiere alargar eléctricamente. Un medio para

añadir carga capacitiva a un mástil radiante vertical es utilizar una sección de los vientos superiores, que se conectan eléctricamente al vértice del mástil, formando las aristas de un polígono cónico. Si la reducción de longitud es considerable, una antena de ese tipo presenta una baja resistencia de radiación, que complica asimismo el problema de las pérdidas del sistema de tierra.

### **Antenas Dipolos Multibanda**

Un dipolo resuena, además de en su frecuencia natural, a frecuencias múltiplos de aquella; a ciertas frecuencias, la impedancia en el punto de alimentación hace que la ROE resultante sea muy elevada. Es posible, sin embargo, hacer resonar una antena en varias bandas manteniendo su impedancia en valores próximos a la del cable coaxial haciendo uso de «trampas» de onda, que dividen eléctricamente la antena en varios tramos, cada uno de los cuales, añadido al anterior, hace resonar a la antena en una banda determinada. Las trampas de onda actúan prácticamente como un interruptor a su frecuencia, aislando las secciones subsiguientes de la antena. A una frecuencia inferior, la trampa presenta reactancia inductiva, alargando así eléctricamente la rama. Es posible combinar los distintos valores de forma que la antena resuene en dos o más bandas con una impedancia adecuada para ser alimentada con cable coaxial. Una popular antena de ese tipo es el dipolo para dos bandas (típicamente para 80 y 40 metros) que desarrolló W3DZZ hace ya muchos años. En el número 180 (diciembre 1998) de CQ Radio Amateur y en su página 24 se incluye un excelente artículo de G. Murphy, VE3ERP, que ofrece varias antenas multibandas con trampas LC, ya resueltas.

Otra popular antena multibanda es la desarrollada por John Varney, G5RV, de la cual se han desarrollado varias versiones, cortas y largas, que no es difícil de construir y debería ser ensayada por todo radioaficionado.

### **Antenas para VHF y UHF**

Dada la menor longitud de onda de las señales de VHF y UHF, las dimensiones de las antenas básicas (dipolo, vertical con plano de tierra, etc.) son proporcionalmente menores y por ello mismo en esas bandas son posibles formaciones de mayor ganancia, con múltiples elementos, que resultarían inviables en las bandas decamétricas.

### **Antenas Verticales para V-UHF**



Una sencilla antena vertical de  $1/4$  de onda con plano de tierra artificial puede proporcionar buenos resultados en un entorno urbano. Inclinando los radiales hacia abajo se logra rebajar el ángulo de radiación y elevar la impedancia hasta los 50 ohmios convenientes para alimentarla con cable coaxial. Combinando varias antenas verticales con sus elementos «en línea» se obtiene la antena denominada colineal, con la que se logran mayores prestaciones al concentrar la energía en un menor ángulo vertical, de forma que no se desperdicia energía hacia lo alto. Comercialmente se ofrecen antenas de este tipo que resultan prácticas y convenientes de instalar, tanto en situaciones fijas como sobre un vehículo. La comunicación en VHF o UHF a través de repetidores (analógicos o digitales) se efectúa exclusivamente en FM y utilizando polarización vertical, por lo que las antenas verticales omnidireccionales ofrecen una excelente solución para repetidores relativamente cercanos.

### **Antenas Direccionales para V-UHF**

Cuando se desea incrementar el alcance de la estación en VHF o UHF es necesario optar por una antena direccional, fija o acoplada a un rotor. Dadas las dimensiones relativamente reducidas de estas antenas, incluso con múltiples elementos, es factible mejorar sustancialmente el alcance de un equipo sin necesidad de apelar a amplificadores utilizando antenas direccionales.

### **Otras Antenas**

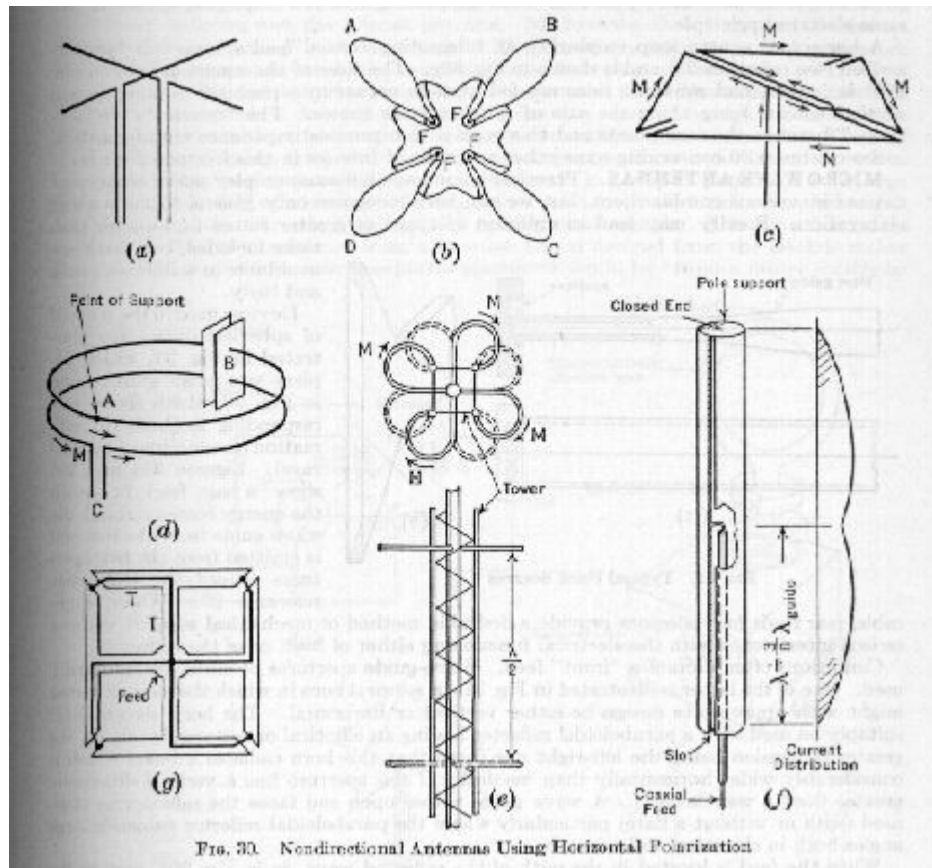


FIG. 30. Nondirectional Antennas Using Horizontal Polarization

La "Turnstile" que es la mostrada en el punto (a). Esencialmente tiene dos partes radiantes con una longitud de media onda desfasadas  $90^\circ$  y puestas en fases de cuadratura. Esta alimentada por un sistema de alimentación de líneas de transmisión. Cuando corrientes iguales son usadas en dos radiadores, el diagrama direcciones en el plano horizontal es un círculo deformado que va tendiendo a un cuadrado. La separación vertical entre elementos apilados es de media onda. La antena Turnstile esta adaptada para el uso de una banda de transmisión por el empleo de conductores largos y un cuidado extremo de todos los detalles.

Una sección cruzada de dicha antena esta mostrada en la figura (B) donde se ve una antena usada en el Empire State, donde los conductores con diámetros de un cigarrillo y las partes adyacentes centradas son superficies de revoluciones sobre las líneas AC y BD. Líneas separadas de transmisión son proveídas en F para cada uno de los cuatro radiadores.

La figura (C) es un "Aldorf Loop" que es en forma de cuadrado, donde el largo de cuyo vértice es una cuestión de diseño, pero por propósitos descriptivos puede ser tomado por aproximadamente un tercio de longitud de onda. La corriente es entregada como se muestra en la figura, las corrientes en los cuatro radiadores son iguales en magnitud y parecidas en fase

como se muestra en las flechas del diagrama. En apilamiento en un espacio vertical se usa una distancia de media onda.

La figura (d) muestra una antena circular que también se llama antena de loop. Los dos conductores circulares radiantes están eléctricamente rotos en B por un condensador plano paralelo sin pérdida de continuidad mecánica y de fuerza, toda la construcción es capaz de ser soportada desde el punto A. El círculo mas bajo esta roto en C, de donde el sistema es alimentado en la forma de "Folded Dipole" (Dipolo Doblado) el "largo eléctrico" de la circunferencia (Tomando en cuenta la carga capacitiva de B) es de media onda. Físicamente la circunferencia es menos que esto. Esta antena esta enganchada a un mástil en el punto A y por lo tanto metálicamente a tierra. El mástil esta dentro de la circunferencia. La forma direcciones horizontal es elíptica, la máxima diferencia en campo de fuerza es un poco menos que 2 db. Cuando estas unidades están apiladas en vertical el espacio entre ellas es de una longitud de onda.

La antena "Coverleaf" esta mostrada en la figura (e). Esta consiste en una torre de estructura metálica delgada. En el centro hay un conductor que junto con la torre misma forman un sistema de transmisión coaxial. Las "Hojas" radiantes están agarradas como se muestra en la figura, formando una circunferencia horizontal compuesta. El largo de cada uno de estos conductores es de aproximadamente 0.4 de longitud de onda. En apilamientos se usan intervalos de media longitud de onda. El diagrama horizontal prácticamente circular.

La antena Cohete que se muestra en la figura (f), es un cilindro vertical cerrado metálicamente en sus dos extremos, pero tiene una grieta abierta en un elemento del cilindro como muestra la figura (slot), Esta alimentado como se muestra en el lugar donde se ve un corte en el cilindro estableciendo un voltaje a través de la grieta. La antena tiene un efecto externo como una distribución vertical de circunferencias horizontales. Las unidades apiladas son puestas muy juntas. El diámetro es mas o menos que media longitud de onda.

La figura (g) es una antena de circunferencia horizontal que tiene un particular sistema de alimentación coaxial.

### **Aspectos Legales de la Instalación de Antenas**

El Reglamento de Radioaficionados, la Ley de Antenas, La Ley de Ordenación de Comunicaciones y la jurisprudencia sobre el

tema amparan el derecho de todo radioaficionado con licencia a instalar y utilizar un sistema de antenas adecuado. Las comunidades de vecinos o los propietarios de fincas arrendadas no pueden oponerse a la instalación de una antena de radioaficionado en la zona comunitaria sin mediar razones muy especiales. Son numerosas las sentencias firmes dictadas en contra de comunidades de vecinos que trataron de impedir ese derecho. Sin embargo, la instalación de la antena debe adecuarse a unos requisitos técnicos que es preciso cumplir para que pueda ser aprobada por la Inspección de Telecomunicaciones y beneficiarse así de la protección legal.

### **Conclusión**

La elección de la antena más adecuada es un compromiso entre multitud de factores, entre los que destaca el tipo de comunicaciones que desee practicar. Estudie atentamente su caso particular, pida la opinión de algunos colegas expertos y esboce un proyecto de lo que crea oportuno instalar. No desaproveche cualquier ocasión para construir y ensayar personalmente alguna antena sencilla de hilo; la experiencia ganada con la experimentación es irreemplazable y, aunque inicialmente algún montaje no proporcione los resultados esperados, merece la pena tratar de insistir en ello.

La antena logarítmica consiste en una red de dipolos que tienen dimensiones y espaciados que varían en progresión geométrica. En lugares en donde el campo es relativamente elevado o también en servicio móvil, la antena logarítmica puede proporcionar una elección de señal que ningún otro tipo de antena será capaz de conseguir.