

# EL DIPOLO

El dipolo es una antena muy básica, pero efectiva, que podemos hacer nosotros mismos con sólo dos trozos de hilo de cobre y un cable coaxial. Materiales, medidas y algunos ejemplos de su puesta en práctica quedan recogidos en este artículo de una forma gráfica. ¿Quieres probarlo tú también?

## Introducción

Con el objetivo de disponer de varias antenas para una próxima activación en portable, que fueran ligeras, fáciles de montar y desmontar, que no necesitasen acoplador, ni excesiva estructura para levantarlas, y que pudiera aprovechar materiales que ya tenía en mi poder, empecé a buscar por internet como lo habían resuelto otros colegas y llegué a la conclusión de que lo más conveniente para la ocasión era: el *dipolo de media onda*.

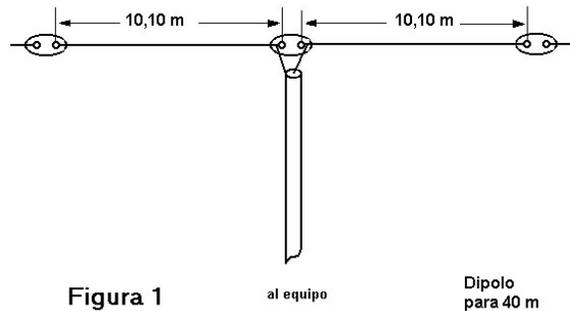


Figura 1

## Algo de teoría

Para relacionar la longitud de onda y la frecuencia tenemos la fórmula:  $c = \lambda \cdot f$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz (300.000 Km/s aprox.),  $f$  la frecuencia y  $\lambda$  la longitud de onda. Pero en la mayoría de libros y documentos para radioaficionados ya nos presentan la fórmula adaptada a lo nuestro:  $L = 150/F$ , es decir que, si ponemos la frecuencia  $F$  en MHz, obtenemos la media longitud de onda  $L$  en metros, al menos en teoría. Y subrayo "teoría", porque eso sólo se produciría en el caso ideal de encontrarnos en el vacío, pero la realidad es que para nuestras antenas usamos conductores eléctricos y entonces se debe corregir la longitud con una reducción de un 5%. Con esta corrección, que se llama factor de velocidad ( $K$ ) y acostumbra a suponerse de valor 0,95; la fórmula queda como sigue:

$$L = 150 \cdot K / F = 150 \cdot 0,95 / F = 142,5 / F.$$

No obstante, ya verás como en la práctica hay otros muchos factores que van a influir ligeramente sobre el ajuste de la antena, como la altura del suelo, la distancia a otros obstáculos, el diámetro del hilo, etc.

## Dipolo para la banda de 10m

Decidí empezar por esta banda de HF para construir el primer dipolo, puesto que las dimensiones son más manejables. Calcular la media onda ( $\lambda/2$ ) para una frecuencia central de 28,500MHz, da como resultado:  $L = 142,5 / 28,5 = 5m$ . Por lo tanto, cada brazo del dipolo (cuarto de onda,  $\lambda/4$ ) ha de ser de 2,5m.

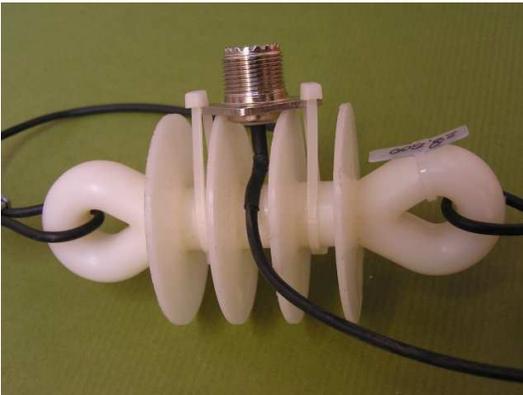
Tomando un extremo del rollo de hilo eléctrico adquirido para este proyecto, preparé la punta para ser soldada posteriormente a un conector SO-239 y lo pasé por un aislador (el central), fijándolo con una brida metálica especial para vientos de antena, como se ve en la fotografía siguiente.



Después se trata de desplegar el hilo la longitud calculada (2,5m) más un pequeño margen (unos 10cm) y pasarlo, en el extremo, por otro aislador idéntico al anterior, donde también se fija con otra brida metálica, igual que hice en el aislador central. El hilo sobrante se fija con precintos de plástico en paralelo al hilo que viene del aislador central.

Se repite la misma operación para el otro brazo del dipolo.

Volviendo al aislador central, pasé unos pequeños tubos de material termo contraíble (de 2 o 3cm) por cada trozo de hilo. Soldé uno de estos hilos al vivo del conector SO-239. Después deslicé el tubito termo contraíble hasta cubrir la soldadura y lo calenté para que se ciñera perfectamente tanto al hilo como al conector, para evitar, en la medida de lo posible, los efectos de la intemperie.



El otro hilo debe soldarse a una arandela que luego se atornilla a uno de los agujeros de sujeción del SO-239 (masa). Se hace lo mismo con su tubito termo contraíble.

Después se puede fijar el conector al aislador mediante unos precintos de plástico para darle mayor solidez, puesto que deberá aguantar el peso del cable coaxial.

### **La longitud del cable coaxial**

Este es un aspecto muy importante a tener en cuenta para que el ajuste de la antena sea fiable. Se trata de tener, en el extremo del cable coaxial a conectar al equipo, exactamente la misma impedancia que en el punto de alimentación del dipolo.

Esto sólo se consigue si la longitud del cable coaxial es un múltiplo de media onda de la frecuencia de trabajo. Es decir, una de las siguientes medidas: media onda, una onda completa, una onda y media, dos longitudes de onda, etc.

Como en el caso del cable coaxial el factor de velocidad (K) es de 0,66, obtendríamos que:

$L = 150 \cdot 0,66 / 28,5 = 99 / 28,5 = 3,47m$ , o bien sus múltiplos: 6,95; 10,42; 13,89m, etc.

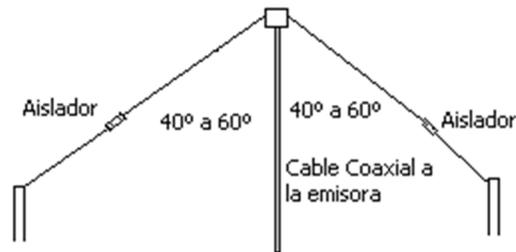
Yo escogí 10,42m de coaxial, puesto que para la operación en portable era suficiente.

Si no sigues este consejo, estarás sintonizando la antena más el cable coaxial y los efectos pueden ser inciertos. Una vez ajustada la antena, ya podrás poner la longitud de coaxial que más te convenga.

### ¿Dipolo horizontal o en V invertida?

La configuración más usual del dipolo es ponerlo en horizontal (como en la figura 1), atado entre dos árboles o mástiles, en cuyo caso presenta cierta direccionalidad en sentido perpendicular al propio hilo de la antena, polarización horizontal y una impedancia característica a la frecuencia de resonancia de unos  $75\Omega$ , por lo que sería mejor usar cable RG-59, pues con RG-58 el mínimo ROE obtenido será de 1:1,5.

Otra posibilidad, bastante habitual, es instalarlo en V invertida, siendo suficiente disponer de un sólo árbol o mástil, mejor si es del tipo "caña de pescar" (fibra de vidrio), que se monta en un momento y no influye eléctricamente en el dipolo.



Un par de estacas pueden servir para sujetar las cuerdas que tensan los brazos de la antena, que deben tener entre sí un ángulo de entre  $90^\circ$  y  $120^\circ$ . En este caso la antena es omnidireccional, produce polarización vertical y la impedancia se queda en unos  $50\Omega$ .

Sobre el uso de un balun 1:1 o no, puede considerarse superfluo en ambos casos, y evitar un elemento extra siempre nos reducirá pérdidas.

*Importante:* el cable coaxial siempre debe salir perpendicular al punto de alimentación.

### ¿Cuánto ocupa un dipolo en V invertida?

El espacio disponible siempre es limitado, sobretodo en entornos urbanos, y conocer la base y la altura del triángulo que forma la antena son dos datos cruciales para decidir dónde ponerla.

Suponiendo que el ángulo de la V invertida es de  $90^\circ$ , tenemos un triángulo rectángulo de catetos iguales (los brazos del dipolo), cuya base es la hipotenusa. Aplicando el teorema de Pitágoras ( $h^2=c^2+c^2$ ), obtenemos el valor de la base:  $h = \sqrt{2} \cdot c = c \cdot \sqrt{2} = c \cdot 1,4142$ , que es la separación mínima necesaria, pues faltaría añadir los vientos a la longitud del dipolo y la posibilidad de que el ángulo fuera mayor.

La altura mínima la obtendríamos de la fórmula:  $a = \sqrt{c^2 - (h/2)^2} = c \cdot \sqrt{2}/2 = c \cdot 0,7071$ .

En el caso del dipolo de 10m descrito anteriormente, sucede que, estrictamente la antena, tendría una base de  $2,5 \cdot 1,4142 = 3,53\text{m}$  y una altura de  $2,5 \cdot 0,7071 = 1,77\text{m}$ . Si añadimos unos vientos de 5m por cada lado, entonces la base sería de  $(2,5+5) \cdot 1,4142 = 10,61\text{m}$  y la altura de  $(2,5+5) \cdot 0,7071 = 5,30\text{m}$ , lo cual ya cumple la teoría de que la antena debe estar a una altura de, al menos, media onda respecto al plano de tierra para tener un ángulo de radiación interesante para DX.

Supongamos el caso contrario: tenemos un mástil de 12metros en medio del campo y deseamos saber la longitud de los vientos. Calculamos la longitud de cada lado (cateto)  $12/0,7071 = 16,97\text{m}$ , al que restamos el brazo del dipolo (2,5m) = 14,47m para cada viento. Suma un poco más para los nudos y por si quieres un ángulo mayor de  $90^\circ$ .

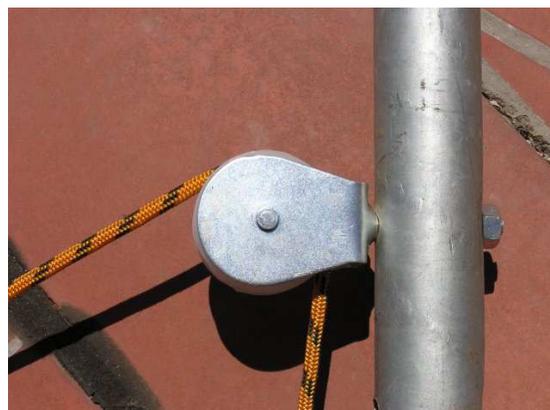
La ocupación en horizontal (base) de esta V invertida será de  $16,97 \cdot 1,4142 = 24\text{m}$ , ¡casi el largo de una piscina! Quizás esta valiese la pena ponerla en horizontal...

### Ajuste

Una vez instalada la antena en su sitio y conectada al equipo de HF a través del medidor de ROE, seleccionar el modo AM o CW para tener portadora continua, ajustar la potencia de salida a 1W aproximadamente y mirar las estacionarias recorriendo la banda hasta encontrar el mínimo, que será la frecuencia a la que está sintonizado el dipolo.

Si la frecuencia obtenida es inferior a la deseada, se deben acortar ambos brazos del dipolo hasta ponerla en su sitio. Si por el contrario fuera superior, hay que alargarlos. Como esta antena está destinada a ir cambiando de ubicación y de modo, probablemente necesitará posteriores ajustes y, por lo tanto, en vez de cortar el hilo, he optado por replegarlo sobre sí mismo manteniéndolo unido mediante precintos de plástico.

Ajustar la antena puede ser una tarea laboriosa que implica subir varias veces al techo, bajar la antena, ajustar un brazo, luego otro, volver a subirla, descender al shack de radio, medir otra vez, y vuelta a empezar. Disponer de facilidades, como esta polea de



la foto, puede simplificar mucho toda la operatoria.

Sin embargo, algún viaje nos podemos ahorrar haciendo algunos cálculos: multiplica la frecuencia de mínima ROE por la longitud en ese momento, el resultado divídelo por la frecuencia deseada de trabajo y obtendrás la longitud a la que has de dejar el dipolo.

Una vez obtenida la mínima ROE a la frecuencia de trabajo, se puede experimentar con varios factores que afectan a la impedancia de la antena: la altura sobre el suelo, la distancia a otros objetos (del punto de alimentación al mástil central, de los extremos de la antena a los puntos de sujeción, etc.), el tipo de coaxial (RG-58 o RG-59) o su longitud, el ángulo de la V invertida, etc.

### En el aire

Y llega el momento de la verdad. A veces de la forma más inesperada, pues mientras hacía los primeros ajustes de la antena, con ella dentro de casa, en V invertida y usando el palo de una escoba como mástil, recibí una señal muy fuerte de un colega italiano. Para salir de dudas le llamé y ¡me pasó un 5-9! ¿Qué más se puede pedir el día del estreno?

Posteriormente, con la antena arriba y la ayuda de la propagación, son habituales los contactos con varios países de Europa (Inglaterra, Holanda, Alemania, Italia, Eslovaquia, Eslovenia, Grecia, Rusia, etc.), así como con otros distritos de España, incluido EA9.

### Más dipolos: para 40, 20, ...

Tras el éxito del primer dipolo, el siguiente tenía que ser para la banda de 40 metros, donde tienen lugar la mayoría de activaciones nacionales, pero con la vista puesta en un tercer dipolo para la banda de 20 metros.

O sea que agarré la calculadora y realicé de una vez todos los cálculos de las medidas (m) correspondientes a las frecuencias que pudieran interesarme en el futuro:

Band a	Frec (MHz)	Antena		Triángulo V		Coaxial			
		$\lambda/2$	$\lambda/4$	Base	Altura	$\lambda/2$	$\lambda$	$1/2\lambda$	$2\lambda$
10m	28,500	5,00	2,50	3,53	1,77	3,47	6,95	10,42	13,89
10m (FM)	29,600	4,81	2,41	3,40	1,70	3,34	6,69	10,03	13,38
11m	27,205	5,24	2,62	3,70	1,86	3,64	7,28	10,92	14,56
12m	24,940	5,71	2,86	4,04	2,02	3,97	7,94	11,91	15,88
15m	21,225	6,71	3,36	4,75	2,37	4,66	9,33	13,99	18,66
17m	18,125	7,86	3,93	5,56	2,78	5,46	10,92	16,39	21,85
20m	14,150	10,07	5,04	7,12	3,56	7,00	13,99	20,99	27,99
30m	10,140	14,05	7,03	9,94	4,97	9,76	19,53	29,29	39,05
40m	7,075	20,14	10,07	14,24	7,12	13,99	27,99	41,98	55,97
60m	5,313	26,82	13,41	18,97	9,48	18,63	37,27	55,90	74,53
80m	3,537	40,29	20,14	28,49	14,24	27,99	55,98	83,97	111,96

Para el coaxial escogí una longitud de unos 28m, que es múltiplo (casi) de media onda para todas las bandas.

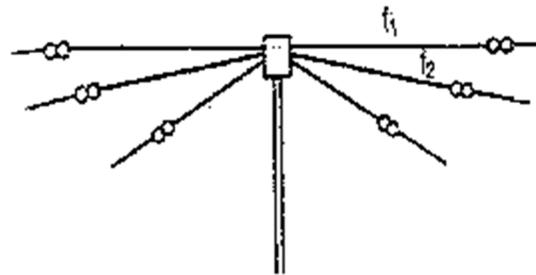
La construcción mecánica del resto de dipolos la llevé a cabo de igual manera que la descrita para el dipolo de 10m, variando solamente la longitud de los brazos, que han de ser del tamaño indicado en la columna "antena  $\lambda/4$ ".

### Dipolo multibanda: bigotes de gato

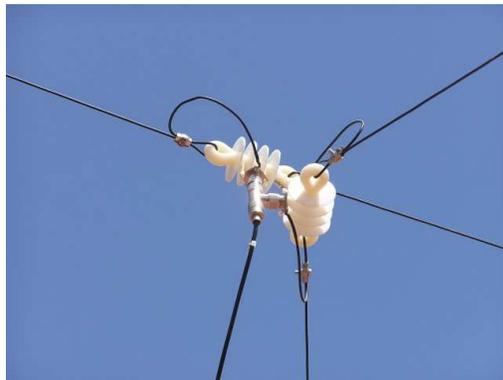
Cumplida la misión inicial, que era construir diversos dipolos monobanda para uso independiente en caso de multiestación, me surgió la tentación de poder acoplarlos para compartir una sola bajada, cuando sólo haya una estación única.

Cierto que para este caso una buena solución sería la construcción de una antena de "bigotes de gato", que no es más que una serie de dipolos de media onda de distintas bandas puestos en paralelo,

aprovechando la característica de que, fuera de resonancia, la impedancia del dipolo es muy alta, con lo cual, en cada banda, es como si sólo estuviera conectado el dipolo cortado para esa frecuencia.



Un dipolo para cada banda

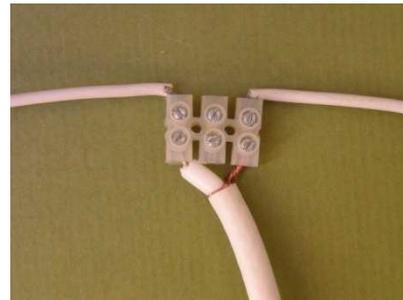


Pero buscando la manera de conseguir este objetivo sin perder modularidad, se me ocurrió usar un conector en T con dos hembras SO-239 y un macho PL-259 más otro conector macho-macho PL-259 para interconectar dos dipolos y una bajada, como muestra la foto.

De esta manera, en cuestión de segundos, podemos volver a disponer de dos dipolos independientes o realizar una nueva combinación de dipolos de distintas bandas, según nos interese en cada momento.

### Otros ejemplos

No siempre es necesario realizar un dipolo tan versátil y sólido como el propuesto, sino que hay otras soluciones más baratas y/o "de paso". Esta primera está compuesta por dos trozos de alambre de tendadero de ropa y cable coaxial de televisión que tengas por casa. La nota sofisticada la da el elemento central, que hace innecesario incluso usar el soldador. El punto central libre puede usarse para colgar el dipolo en V invertida.



### **Conclusiones**

El dipolo es una antena muy agradecida, de resultados sorprendentes dada su sencillez, muy discreta, de poco peso, gran adaptabilidad sobre el terreno y económica. Ideal para pasar un rato entretenido, montándola y usándola.

Autor: EA3CIW