POLARIZACIÓN CIRCULAR

ANTENAS PARA TRABAJAR SATÉLITES EN VHF Y UHF

Cuando empezamos en la radio, suele ser en FM con una antena vertical en nuestra casa, un handie o una instalación en el vehículo. Más adelante escuchamos que algunos colegas trabajan con polarización horizontal. Después de algunos años quizás conozcamos a alguien que trabaja con polarización circular.

Lo que quizás no saben muchos radioaficionados es que nuestros abuelos empezaron trabajando con polarización horizontal, y con transmisores autoconstruidos (en su mayoría) y en AM. Cuando la tecnología avanzó lo suficiente para reducir el tamaño de los transceptores, pero todavía a válvulas, se empezaron a instalar en los vehículos y surgió el problema de que en estos era prácticamente imposible instalar antenas de polarización horizontal.

Se empezaron a experimentar las bandas de VHF y superiores, se instalaron repetidores, y con el fin de poder ser útiles para trabajar las estaciones móviles, hubo que empezar a construir las instalaciones con polarización vertical. Además, este sistema de polarización tenía la ventaja de que era más fácil construir antenas omnidireccionales colineales de alta ganancia. Es bastante complicado mecánicamente construir antenas colineales horizontales que además sean omnidireccionales.

Debemos tener en cuenta que, por definición, las polarizaciones vertical y horizontal reciben su nombre según el elemento radiante sea perpendicular o paralelo a la corteza terrestre, y que ambas polarizaciones se denominan lineales.

Cuando se empezó a trabajar con comunicaciones espaciales, los primeros satélites eran de polarización lineal. Estos no tenían ni si quiera control de orientación con respecto a la tierra. Como se puede comprender, la polarización que llegaba a la tierra cambiaba constantemente y con un fading enorme, sobre todo cuando la antena lineal estaba de punta hacia la tierra, donde esta tiene un nulo en su lóbulo de radiación.

Más tarde se mejoró la orientación de los satélites al instalar en ellos unos magneto-torques. Se trata de unos electroimanes que se energizan de forma que consiguen que el satélite tenga una orientación constante hacia la corteza terrestre, para ello aprovecha como referencia los campos magnéticos propios de la tierra. Entonces las antenas se instalaban de forma que su máxima ganancia favorecía las comunicaciones hacia la tierra. Pero después de estabilizar el satélite de forma que su eje fuera siempre perpendicular a la tierra, existía otro movimiento, el que tiene el

propio satélite girando sobre su propio eje, este se denomina rotación. Por desgracia, estabilizar la rotación del satélite es bastante difícil, porque este se mueve en una atmósfera sin rozamiento, de forma que la mínima fuerza que se pudiera ejercer influiría sobre este enormemente. Por lo tanto, de lo que se trata es que este movimiento de rotación sea el menor posible.

A todo esto, tenemos que añadir que las ondas electromagnéticas tienen que atravesar varias capas de la atmósfera que poseen una carga eléctrica importante. Todos sabemos que gracias a estas capas son posible las comunicaciones a grandes distancias en HF, aprovechando que en ellas rebotan nuestras ondas. Sin embargo, cuando trabajamos con satélites en bandas superiores, estas capas, aparte de atenuar la radiofrecuencia, producen un cambio de la polaridad que es imposible de predecir en cada instante.

Las estaciones terrestres que trabajan con satélites deben tener un sistema radiante configurado de tal manera que permita recibir cualquier polarización con la mínima atenuación. Una solución sería que tuviéramos varias antenas lineales con diferentes orientaciones con respecto a la corteza terrestre y poder elegir la que en cada momento nos ofrezca mayor ganancia, que sería la que coincidiera con la que nos está llegando del satélite.

Cualquier señal de una frecuencia constante que nos esté llegando con su polaridad o fase cambiante el tiempo, está produciendo una polarización elíptica. Esto quiere decir que, si pudiéramos ver en forma de vector la magnitud y ángulo o fase de esta onda electromagnética a lo largo del tiempo, en este caso de un ciclo, este vector produciría con la punta de su flecha una elipse. Si se da el caso de que la dirección de este vector no varía (aunque si el sentido) en el tiempo, tendríamos una polarización lineal, que no es más que una elipse con longitud cero en uno de sus ejes. Si el cambio de fase se produce de forma que cubre los 360° en el tiempo de un ciclo de su frecuencia, estaríamos hablando de polarización circular. Luego, cualquier polarización es un caso de polarización elíptica.

	Vert	Horiz	Cir. Der	Cir. Izq
0	↑	0	↑	↑
¼ λ	0	→	→	←
½ λ	↓	0	↓	↓
¾ λ	0	←	←	→

Tabla A: tipos de polarización puras

Por lo tanto, la polarización circular es la que nos va a permitir que podamos recibir con el menor fading las polarizaciones cambiantes. Una alternativa sería instalar dos antenas yagis de polarización lineal, mecánicamente a 90° entre ellas con

alimentaciones diferentes y conmutarlas. De esta forma iríamos eliminando el fading.
Estas dos yagis montadas a 90°, podrían formar cualquier ángulo con respecto a la corteza terrestre. Lo que pasa es que siempre se montan en vertical y horizontal para aprovecharlas también en comunicaciones terrestres. Este sistema tiene el inconveniente de que nos obligaría a hacer bastantes conmutaciones de polarización para reducir el fading.

Para generar o recibir la polarización circular existen hoy en día dos métodos, construir las antenas mecánicamente de tal manera que su forma de radiar sea intrínsecamente circular, que es el caso de las antenas helicoidales o helix, que producirían una radiación en su frecuencia de resonancia casi circular perfecta, o bien utilizar dos yagis de polarización lineal montadas mecánicamente a 90° y alimentadas con un desfase de 90° entre ellas en su punto de resonancia con una alimentación única, lo cual no produciría una polarización circular no tan perfecta, pero si bastante aproximada.

Pero la polarización circular puede ser derecha o izquierda, todo depende de si nuestro vector que refleja la fase de la onda electromagnética se va moviendo con respecto al tiempo en sentido horario (derecha) o en sentido opuesto a las agujas de un reloj (izquierda). Resulta que nuestros satélites, que como siempre tienen un carácter experimental, unos funcionan con polarización lineal y otros con circular y, por si fuera poco, unos con circular derecha y otros con circular izquierda.

Todos sabemos que si dos antenas iguales se enfasan en la misma fase y polaridad, que es lo que hacemos para obtener más ganancia en las comunicaciones terrestres, la ganancia adicional que se produce es solo 3dB más que una de las antenas.
De igual forma si nosotros tenemos dos yagis montadas mecánicamente a 90° y enfasadas con un desfase de 90° en su alimentación (polarización circular), si recibimos una polarización lineal la estaríamos recibiendo con una sola antena, por lo tanto, la recibiríamos con 3dB menos que si la señal nos llegara con polarización circular.

También todos sabemos que, si tenemos una antena de polarización lineal, por ejemplo vertical, y alguien nos emite con polarización lineal pero desfasada 90°, por ejemplo horizontal, recibiremos esta señal atenuada 20dB con respecto a recibirla con una antena de la misma polaridad. Esto mismo ocurre cuando alguien emite con polarización circular derecha y queremos recibirla con polarización circular izquierda o viceversa. Estamos hablando entre 3 y 4 señales de s-meter, esto representa en muchos casos el recibir o no recibir a nuestro corresponsal.

Con todo lo que hasta ahora sabemos podemos deducir que la mejor antena para trabajar satélites será aquella que tenga polarización

circular y que además podamos cambiar entre izquierda y derecha. Este sistema radiante nos producirá el mínimo fading y necesitaremos hacer las mínimas conmutaciones entre las diferentes polarizaciones.

Cuando he hablado anteriormente de las antenas helicoidales (o helix), he mencionado que mecánicamente se construyen para que cumplan su misión, esto quiere decir que, si se construyen para polarización circular derecha, no se pueden modificar, a no ser que las hiciéramos de nuevo, por lo tanto, tendríamos que disponer de dos antenas, una derecha y otra izquierda y conmutar entre ellas. Sin embargo, con dos yagis lineales montadas mecánicamente a 90° es más sencillo, porque modificando los latiguillos de alimentación podemos cambiar el ángulo de desfase entre ellas, de forma que puedan conseguir cualquier tipo de polarización elíptica.

Como conclusión, y en esta vida todo es un compromiso, la antena que más satisfacciones nos proporcionará en comunicaciones espaciales, serán dos yagis montadas mecánicamente a 90°, y enfasadas mediante los latiguillos necesarios para producir polarización circular. Además, deben estar dotadas de unos relés de radiofrecuencia que nos permita conmutar entre polarización circular derecha e izquierda.

La forma de generar polarización circular con dos yagis, se puede resumir en dos:
1.- Mecánicamente, o sea poniendo una yagi adelantada o retrasada ¼ de onda con respecto a la otra y alimentarlas en fase (dos latiguillos de la misma longitud).

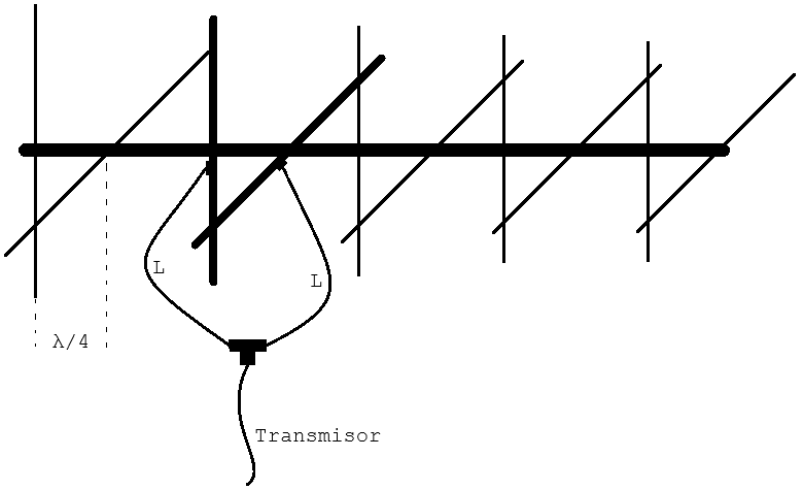

Figura nº1: antenas desfasadas ¼ λ mecánicamente y alimentadas en fase

2.- Eléctricamente, o sea haciendo este desfase de forma que a una yagi le llegue la señal retrasada o adelantada 90° con respecto a

la otra. Esto se consigue alimentando una yagi con un latiguillo ¼ de onda más largo o corto que la otra.

La primera opción tiene la desventaja de que la antena sería ¼ de onda más larga que la segunda opción. Por lo tanto, siempre se opta por la segunda.

En este punto tenemos que hacer tres consideraciones:
1.- Mecánicamente es imposible montar dos yagis en el mismo boom de forma que los elementos de las dos yagis estén en el mismo plano. Por lo tanto, ya existe, por limitaciones mecánicas, un desfase mecánico, aunque sea ínfimo que denominaremos “K”, esto obliga a que los latiguillos de enfase ya no sean eléctricamente de forma exacta con ¼ de onda de diferencia en su longitud, sino que hay que sumarle un “△L”.
Cada fabricante estudia este detalle y hace sus cálculos para intentar llegar a la perfección.

2.- Aunque hagamos llegar la alimentación a ambas antenas con un desfase de 90°, ¿qué pasa con las impedancias? Estos latiguillos de enfase por lo tanto tienen que cumplir también esta función y suelen ser de impedancia diferente de 50Ω dependiendo de la configuración del elemento radiante.

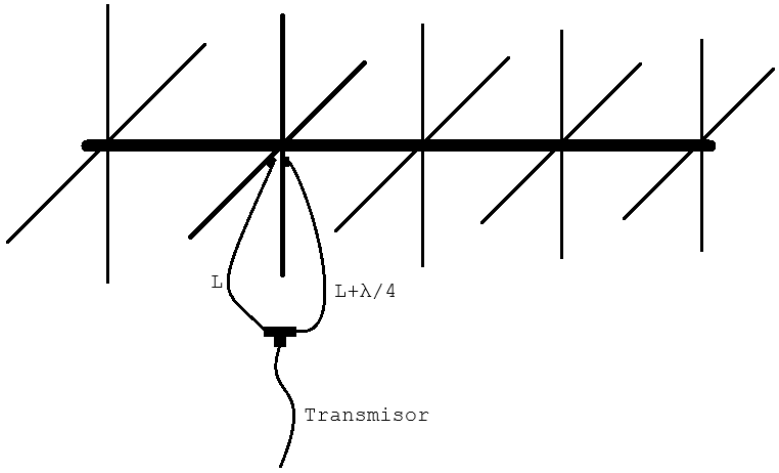

Figura nº2: antenas desfasadas ¼ λ mediante línea de alimentación

3.- No todas las yagis sirven para, enfasándolas, producir polarización circular. Tienen que cumplir que el sistema de alimentación del sistema radiante ha de ser simétrico, por lo tanto, el gamma-match no es el más apropiado.

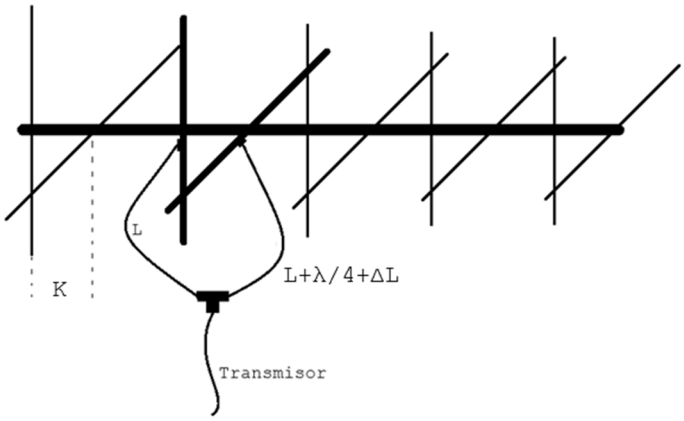

Figura nº3: antenas desfasadas ¼ λ mediante línea de alimentación teniendo en cuenta el desfase mecánico

Con todo esto no he querido ponerlo difícil, y es posible autoconstruirse este tipo de antenas, pero tengo que afirmar que conseguir la perfección teniendo en cuenta todos estos detalles no es fácil. Para ello están los fabricantes de antenas, que ya se han preocupado del optimizado mediante ordenador, de fabricar mecánicamente cada una de las piezas, latiguillos, conectores, relés, todo con la dimensión exacta para conseguir el fin que persiguen. Además, algunos montan las antenas con algunos detalles de excelencia, como son los elementos aislados, para evitar ruido por falso contacto por la oxidación. Otros suministran el mástil horizontal de fibra de vidrio aislante.
Algunos fabricantes además recomiendan que el cable de alimentación caiga desde la parte de
atrás de la antena y no a lo largo del boom, así se deformará menos la polarización circular buscada. En el montaje se suelen instalar en forma de cruz para que los pájaros encuentren más dificultad a la hora de posarse.

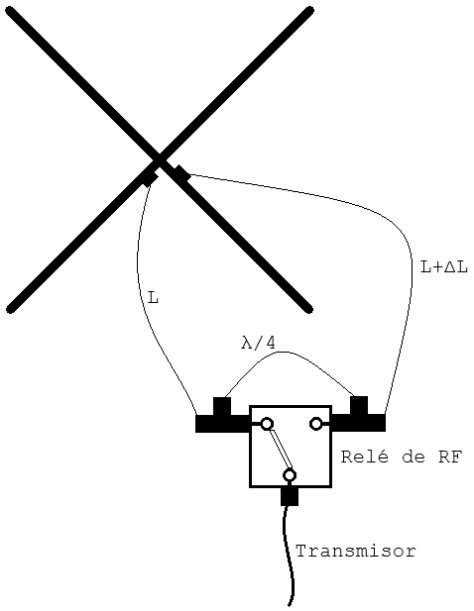

Figura nº4: cambio de polarización circular derecha a izquierda mediante un relé.

A continuación, presento dos tablas, una para VHF y otra para UHF donde se recogen las antenas de polarización circular que cada uno de los fabricantes mas conocidos tiene en stock. Algunos de ellos incluso las ofrecen ajustadas al margen de satélites (145.800/146.000MHz y 435.000/438.000MHz). Por supuesto hay muchos más datos, pero he querido reflejar aquellos que pienso pueden ser más útiles a la hora de tomar la decisión de qué sistema radiante instalar.

Marca	Modelo	Elementos	Longitud (m)	Superficie (m2)	Peso (kg)	Ganancia (dB)	Ganancia F/B (dB)	Rad H (°)	Rad V (°)	Potencia (W)
Hi Gain	216SAT	2*8	4,29	0,102	3,2	11,5	25			200-C/R
Cushcraft	22XB	2*11	5,9	0,24	5	14	25			600-S/R
M2	2MCP14	2*7	3,2	0,102	2,72	10,2	20	52	52	1500-S/R
M2	2MCP22	2*11	4,74	0,23	7	12,25	25	38	38	1500-S/R
Wimo	18110	2*7	2,7		3,3	10	20	53	43	200/1200-C/R
Wimo	18111	2*10	4,7		4,3	12,3	25	38	35	200/1200-C/R
Wimo	X-Quad	2*6	1,46		2,3	10,5	19	47	46	200/1200-C/R
DK7ZB	WX208	2*4	1,3		1,7	7	16	67	61	200/1200-C/R
DK7ZB	WX214	2*7	2,6		3,1	10	20	53	43	200/1200-C/R
DK7ZB	WX220	2*10	4,6		4,2	13,2	25	38	35	200/1200-C/R
DK7ZB	WX228	2*14	10,2		11	15	25	26	26	200/1200-C/R
F9FT	20808	2*4	1,03		1,2	6,9	16	31	86	100-S/R
F9FT	20818	2*9	3,57		3,3	10,1	19	40	46	100-S/R
F9FT	20822	2*11	4,62		4,2	11	25	37	41	100-S/R

TABLA Nº1: COMPARATIVA ANTENAS VHF DE POLARIZACIÓN CIRCULAR

Voy a hacer un pequeño comentario de cada fabricante, pero solo a nivel de ciertas características, pues la elección depende de

nuestras necesidades y de las limitaciones y peculiaridades de cada ubicación.

Hy-Gain solo fabrica un modelo de VHF y otro de UHF que se pueden comprar por separado o en un conjunto, en el cual suministra incluso el travesaño de fibra de vidrio. Las antenas vienen de serie con su relé de RF para conmutar de polarización circular derecha a izquierda, y no permite la instalación de relés comerciales, puesto que el sistema de conexión a los elementos radiantes y conmutación son una única pieza.
Son antenas diseñadas como un conjunto específico para cumplir su función. http://hy-gain.com.

Cushcraft en realidad también fabrica un modelo para cada banda, aunque en UHF también fabrica un tercer modelo corto, pero no muy apropiado para trabajar correctamente en las ocasiones más desfavorables. Este fabricante también ofrece relés de conmutación como una opción. http://cushcraft.com.

Marca	Modelo	Elementos	Longitud (m)	Superficie (m2)	Peso (kg)	Ganancia (dB)	Ganancia F/B (dB)	Rad H (°)	Rad V (°)	Potencia (W)
Hi Gain	7030SAT	2*15	304	0,065	1,8	14	25			200-C/R
Cushcraft	416TB	2*8	2,03	0,046	2,2	12,5	20	34	34	200-S/R
Cushcraft	738XB	2*19	4,39	0,13	3,5	15,5	25	24	24	250-S/R
M2	436CP30	2*15	2,97	0,092	2,26	14,15	22	30	30	600-S/R
M2	436CP42	2*21	4,59	0,18	4	16,8	25	21	21	1000-S/R
Wimo	18207	2*10	2		2,5	11,5	20			200/800-C/R
Wimo	18208	2*18	3,4		3,5	14	20			200/800-C/R
Wimo	X-QUAD	2*9	1,27		1,6	12,8	21			200/800-C/R
DK7ZB	WX7020	2*10	2		2,2	11,5	20	42	36	200/800-C/R
DK7ZB	WX7036	2*18	3,4		3,1	14	20	30	28	200/800-C/R
F9FT	20438	2*19	3,25	0,09	2,2	13	24	29	29	1000-S/R

TABLA Nº2: COMPARATIVA ANTENAS UHF DE POLARIZACIÓN CIRCULAR

M2 nos ofrece dos modelos por banda, ambos modelos son perfectamente válidos para trabajar, aunque la pareja de mayor longitud nos proporcionará las prestaciones de una gran instalación. Este fabricante ofrece latiguillos de enfase pero no relés de conmutación, por lo que tendríamos que adaptar alguno del mercado para conseguir este fin. http://m2inc.com.

WIMO fabrica dos tipos de antenas bien diferenciadas, de las clásicas yagis tiene dos modelos por banda, una versión más reducida y una segunda más larga. El segundo tipo es una pareja de X-QUAD, una para VHF y otra para UHF, que combinan sus reducidas dimensiones con la ganancia extra que nos proporcionan las QUAD, este conjunto es realmente coqueto para instalaciones donde la limitación de espacio es un problema. Este fabricante es el único que ofrece un relé de conmutación que nos permite seleccionar al menos los cuatro sistemas de polarización más utilizados, vertical, horizontal, circular derecha y circular izquierda.

Además, fabrica estos relés con dos potencias, siendo su oferta en accesorios muy completa, aunque no precisamente la más económica. http://wimo.de.

DK7ZB dispone de 4 modelos en VHF y 2 modelos en UHF de diferentes longitudes, es difícil no encontrar la que mejor se adapte a nuestras necesidades de espacio. Dispone de latiguillos de enfase y comparte con WIMO los relés de conmutación de RF. La distribución es a través de WIMO, http://wimo.de.

F9FT ofrece tres modelos en VHF y solo uno en UHF. Este fabricante proporciona un documento muy completo donde recoge todos los detalles necesarios para construir los latiguillos de enfase para cada uno de los modelos, incluso nos da información en tablas que recogen las líneas de alimentación más conocidas y su longitud según el factor de velocidad. Además, en otro documento nos da información de cómo conectando 4 relés de RF podemos conmutar entre las 4 polaridades más usuales, vertical, horizontal, circular derecha y circular izquierda. Sin duda una información muy didáctica y valiosa para los que se atrevan a construirse sus propias antenas. http://f9ft.com.

Espero, como siempre es mi deseo, que el conocimiento de esta rama de la radioafición que permite trabajar a través de satélites de radioaficionado los convierta en más afables, y nos veamos atraídos por su encanto.

Autor: Juan Antonio Fernández Montaña (EA4CYQ)