

GANANCIAS BAJO SOSPECHA

Este artículo fue publicado en la revista U.R.E. en noviembre de 1995. Para despejar dudas al lector, aviso que las ganancias sospechosas se refieren a los supuestos dBd y dBi de las antenas, no a posibles chanchullos económicos...

Hasta hace poco tiempo, yo también formaba parte de la inmensa mayoría que creía a pie juntillas que una antena vertical tiene ganancia, pero cierto día, hablando del tema con otros radioaficionados, caí en la cuenta de que estaba en un craso error. En realidad, esta afirmación es consecuencia de la aplicación del llamado "**Principio de la Conservación de la Energía**", que nos recuerda que "**La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma**". Por este principio de Física, resulta fácil deducir que, si un transmisor envía 100 vatios a una antena, ésta no puede incrementarlos por sí misma, todo lo más, despreciando las pérdidas de línea, puede emitirlos íntegros, que ya es mucho.

Entonces, ¿las antenas no tienen ganancia? Sí, por supuesto, pero sólo si a la vez poseen directividad. Intentaré explicar estos términos para que resulten comprensibles incluso para mí.



PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Un dipolo de media onda radia energía perpendicularmente a su longitud, y lo hace como si el hilo del dipolo fuera el eje de simetría del número "8" muy aplastado. Si desde el centro del dipolo trazamos dos líneas divergentes y que corten el lóbulo en el punto donde se percibe una pérdida de 3 dB respecto a la máxima señal, nos daremos cuenta de que el ángulo formado es muy ancho, prácticamente obtuso, pero al mismo tiempo veremos también que en los extremos del dipolo no existe radiación, es decir, que los receptores colocados en la perpendicular del centro del dipolo recibirán la máxima radiación, pero a medida que nos desplazamos a derecha e izquierda, esta irá menguando hasta desaparecer en los extremos.

Ya que el "*Principio de la Conservación de la Energía*" nos impide crear potencia de la nada, para conseguir incrementar la señal en un punto determinado sin necesidad de aumentar la energía empleada, sólo existe una solución y esta pasa por concentrar toda la potencia disponible hacia esta dirección, en decremento de las otras. Esto es lo que descubrieron los señores Udo y Yagi, inventores de la antena direccional formada por elementos parásitos situados delante y detrás del dipolo excitado.

En efecto, colocando diversos elementos de una longitud ligeramente inferior al dipolo (-5%) conseguiremos "canalizar" la energía radiada en este sentido. Si al mismo tiempo situamos algunos más al otro lado, pero de una longitud ligeramente superior (+5%), logramos que la energía sea reflejada como si de un espejo se tratara, y reenviada hacia delante, siendo de nuevo "canalizada" por los elementos. Para un observador situado delante de la antena, le parecerá que aumentamos la potencia emitida hacia él, mientras la disminuimos en el resto. La energía emitida será la misma, sólo que estará concentrada en la zona escogida.

DIRECTIVIDAD Y GANANCIA

De ahí que los términos *directividad* y *ganancia* están estrechamente unidos, no existiendo uno sin el otro. Los elementos parásitos reciben distintos nombres según sea su función. Los de mayor tamaño son los "reflectores" pues esta es su misión, y los opuestos y de menor tamaño son los "directores", pues su trabajo es dirigir el haz de ondas.

La ganancia de una antena direccional depende del número de elementos reflectores y directores, así como de la distancia entre ellos. Un dipolo de 0 dBd consigue incrementar su ganancia hasta 8 dBd añadiendo, *simplemente*, un *reflector* y un *director*.

La primera idea, después de leer estas líneas, es que podemos conseguir enormes ganancias añadiendo muchos elementos pero, desgraciadamente, esto no ocurre exactamente así pues, para intentar tan sólo doblar la ganancia de 8 a 16 dBd, hay que pasar de 3 a 13 elementos y, añadiendo 7 más sólo conseguiríamos algo más de un dBd extra. Esto aún es factible en antenas de V-U-SHF, pero imaginad una

antena de 24 elementos de HF. De todas maneras, para conseguir mayores ganancias es posible recurrir a sistemas de enfasamiento o parabólicas.

¿Cómo es posible que por el "simple" hecho de añadir elementos parásitos consigamos concentrar el haz de ondas? No entraremos en tecnicismos, que no es el objetivo de este artículo, sin embargo lo intentaremos explicar de una manera lúdica.

VA DE GLOBOS

Supongamos que tenemos un globo y varios pedazos de tubo de PVC de 40 mm, una cartulina con agujero central y una caña de refrescos. Si hinchamos el globo sin más, obtenemos un símil de como es el lóbulo de radiación de un dipolo, pero sólo su mitad pues la otra la imaginamos igual pero dentro de nuestra boca. Bien, desinflamos el globo y volvamos a soplar, pero esta vez haciéndolo pasar a través de la cartulina y por el interior de un segmento de tubo. Vemos que el globo ya no se expande igual que antes, sino que su volumen queda supeditado a las dimensiones del aro. Si seguimos inflándolo, pero a la vez añadimos nuevos segmentos, el globo se extenderá en una dirección determinada pero no en las otras, salvo el aire residual que queda en el interior de nuestra boca exhausta.

En nuestro ejemplo, los pulmones son el emisor de potencia, la caña el cable de alimentación, la cartulina el elemento reflector, los aros del tubo son los elementos parásitos y el globo simboliza el lóbulo de radiación.

Vemos también que de la directividad y la ganancia depende el ángulo de radiación horizontal. Contra más estrecho sea este, más directiva será la antena y más ganancia obtendremos en un punto determinado. Si nos alejamos a uno u otro lado de este lóbulo principal, la ganancia empezará a descender. Para acotar la superficie útil, se toma en cuenta la máxima ganancia obtenida y la desviación de ± 3 dBd hacia ambos lados.

ANTENAS CON GANANCIA

¿Es posible construir antenas con ganancia y directividad sin necesidad de incluir elementos parásitos? La respuesta es afirmativa. Existe la antena en "V" capaz de radiar a mayor parte de la potencia suministrada en una sola dirección. Pero no debemos confundirla con la vieja uve invertida que es casi omnidireccional. Esta uve está contenida en un plano horizontal con la bisectriz de su ángulo paralela al suelo alimentándose habitualmente por el vértice. Su ganancia depende de la longitud de los lados y esta debe ser de un número determinado de longitudes de onda completa. La máxima ganancia que es posible obtener con esta configuración está alrededor de los 9 dBd. Otra antena de parecidas características es la de rombo aperiódico. Realmente, estas antenas solo acostumbra a usarse en bandas decamétricas y para situaciones muy determinadas.

Hasta aquí hemos descrito como puede conseguirse ganancia en razón a la directividad. Tal vez sea el momento de analizar la supuesta "ganancia" de las verticales.

Al principio de este trabajo poníamos en duda que una antena vertical aportara ganancia, y no es cuestión de retractarse.

Para hacernos una idea de cómo radia una vertical, podemos proveernos de un sabroso "donut" o rosquilla. Si la situamos encima de un plano de madera y en su centro clavamos un clavo, esto nos ilustrará de como se produce la radiación. Vemos que cualquier posición que adoptemos alrededor de la antena, la cantidad de energía recibida será idénticamente la misma, y esta es la principal característica de una antena vertical.

Sí, porque toda la energía disponible se reparte equitativamente alrededor de los 360 grados del círculo, por lo que la potencia recibida en un punto determinado de esta circunferencia será mínima. De igual manera, las ondas recibidas desde varios lugares diferentes no los podrá discriminar y se interferirían mutuamente, o si, proviniendo de un solo punto, esta se refleja en cualquier objeto, la suma de las ondas directa y reflejada puede dar lugar a un aumento o disminución de señal, dependiendo de la fase. Este fenómeno es particularmente apreciable al transmitir desde un vehículo en movimiento o con un portátil, apareciendo un vaivén en la señal (QSB)

ANTENAS VERTICALES

Pero, ¿puede una antena vertical tener ganancia? La pregunta es difícil de contestar mediante un no categórico. Todos sabemos que si sustituimos una antena de $\frac{1}{4}$ de onda por una de $\frac{5}{8}$, las señales obtenidas tanto en emisión como en recepción son considerablemente mejores. A primera vista da la impresión de haber obtenido una "ganancia", pero "*el Principio de Conservación de la Energía*" nos indica que no es posible. El secreto está en los lóbulos de radiación vertical.

Estos lóbulos deben ser lo más horizontales posible, como si aplastáramos el "donut" de manera que si trazamos una línea desde la base de la antena al punto más sobresaliente de la rosquilla, esta debía estar muy próxima al suelo. La antena de $\frac{1}{4}$ presenta un ángulo de radiación vertical de alrededor de 30-45 grados, mientras que la $\frac{5}{8}$ ronda los 15 grados. Esto hace que la energía radiada llegue más lejos antes de perderse en el espacio. Sin embargo, en la $\frac{5}{8}$ también coexisten algunos lóbulos de radiación muy verticales cuya potencia se pierde hacia arriba. Pero el ángulo de radiación no es el único factor que mejora el alcance, existe otro que, por obvio, a veces pasa desapercibido, nos referimos al tamaño.

Una antena es "parecida" a un cazamariposas y para reafirmarlo pondremos un ejemplo práctico. Escribimos en un papel una frase y luego lo troceamos. Con una mano lanzamos al aire los pedacitos e intentamos cazarlos con la red cazamariposas. Si el aparato es pequeño, solo conseguiremos pillar algunos trozos y al pretender reconstruir la frase, resultará algo difícil por carecer de la información completa. Sin embargo, si la red es de mayor tamaño, las posibilidades de reconstruir la frase entera se habrán multiplicado.

Algo similar ocurre con las antenas. Contra más superficie se exponga al frente de ondas, más posibilidades de aumentar la señal tendremos. Podemos buscar otro símil en emisión que nos muestre que para aumentar la señal en un lugar concreto, tenemos dos opciones, una es concentrarla hacia esta zona determinada, y la otra es aumentar varias veces la potencia de emisión. Para ilustrar gráficamente esta afirmación, se me ocurre el ejemplo del lector en una plaza de toros.

LEYENDO EL PERIÓDICO

Supongamos que en plena oscuridad una persona desea leer el periódico en el perímetro de un coso taurino (hemos escogido este lugar porque es circular) y únicamente dispone de un conjunto de portalámparas situado en un mástil en el centro de la plaza. El lector conecta una bombilla de 25 vatios de potencia y se dirige a la silla para proceder a la lectura. Como la bombilla está desnuda, su luz se expande en todas direcciones y sólo una pequeña parte alcanza al lector. Para remediarlo, esta persona va y conecta una bombilla más, también de 25 vatios. Ha doblado la potencia de emisión de luz, pero a su asiento continúa llegando muy poca claridad aprovechable. Seguramente tendrá que aumentar la fuente de luz varias decenas de veces para conseguir leer el periódico con comodidad. Esto significa que estará usando una cantidad enorme de energía para obtener unos resultados mediocres. Sin embargo, si en vez de aumentar el número de bombillas, hubiese dispuesto de una sola pero situada entre una superficie reflectora cóncava y un cristal ópticamente graduado, hubiese podido enfocar toda la potencia suministrada sobre la página del periódico, obteniendo así unos resultados óptimos con un gasto mínimo. Esta es la filosofía de las antenas directivas.

No sé si con todo este montón de palabras que preceden habré sabido explicar lo que pretendía en un principio, que la ganancia sólo se obtiene en función de la directividad y que esta es el resultado de concentrar la energía en una dirección disminuyéndola en las restantes, y que la supuesta ganancia de las verticales está relacionada con el ángulo de radiación vertical que debe serlo más paralelo posible al suelo. Pero que quede claro que, a pesar de ello, una antena vertical no puede tener ganancia en tanto en cuanto no posee directividad.

RESUMIENDO

Para obtener una ganancia es necesario que exista una pérdida. Las antenas directivas pierden señal en una dirección para incrementarla en otra. Las verticales no, pues emiten igual en todas direcciones, por mucho que aplastemos el lóbulo de radiación, por lo tanto no se debe hablar de "ganancia" de una vertical sino de eficacia, que no es lo mismo que rendimiento. Vaya lío...