

POR: LOPE GALAN, PARA FACILITAR APORTACIÓN A LA RADIO

Esta es una recopilación de una serie de artículos publicados durante el 2007 y el 2008 en el boletín "**Radiofrecuencia**" que emite el **Grupo Argentino de CW**, con posteriores correcciones de tipeo y redacción para mejorar su comprensibilidad.

(Para visualizar los caracteres especiales precisa tener instalada en su sistema la fuente Symbol)

(última actualización 2008-07-09)

La antena... *ipero si es muy fácil!* (I Parte)

por LOPE GALAN (EA5HOL)

www.solred.com.ar/lu6etj

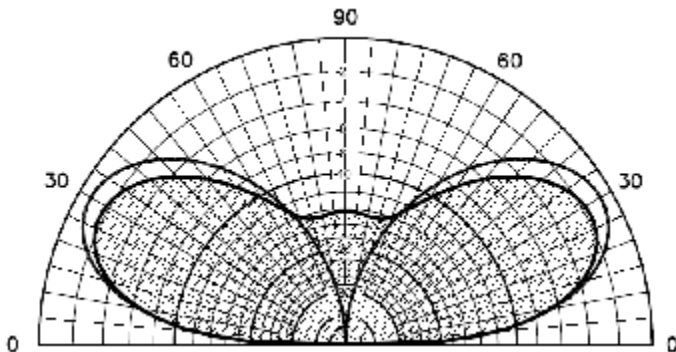
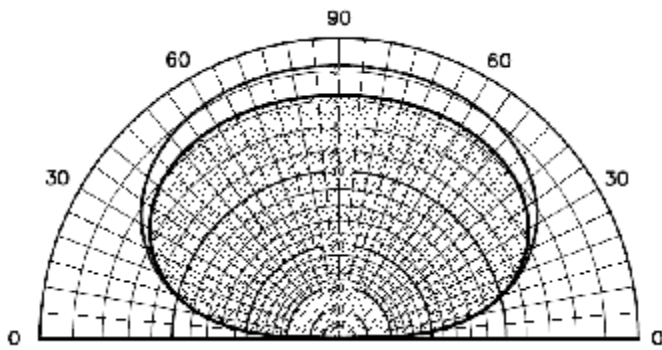
Si usted es un "*viejo lobo de mar*" no encontrará aquí nada que ya no sepa, más si pertenece a GACW "*The new generation*" quizás le resulte de utilidad.

Existen en nuestro medio persistentes creencias acerca de las antenas que perjudican nuestra valoración y comprensión de los fenómenos eléctricos y electromagnéticos que ocurren en nuestros irradiantes. Es un tema largo, necesariamente deberemos acotarlo para el boletín, por eso aquí hablaremos solamente de las antenas más básicas, compuestas por un par de alambrecitos, generalmente horizontales; eso incluye, pero no se agota en: antenas Hertz en todas sus variantes: Zeppelin, Windom Carolina, doble Bazooka; dobletes varios: G5RV, dipolos acortados con cargas, dipolos con trampas, nuestra Pamperita, antenas unifilares, etc. También vale con diferencias no muy importantes para montajes inclinados como V invertidas o sloopers.

Algunos conceptos erróneos nacen de una excesiva simplificación, por ejemplo: una antena en las proximidades de la tierra constituye con ella un "*sistema*", con la tierra como *reflector*. En estas condiciones, suponer que las propiedades irradiantes de una antena dependen solamente de su alambrado, es equivalente a asumir que el diagrama de radiación de una direccional de dos elementos *idepende solo del irradiante!*

Una de las propiedades principales, quizás la más importante => el diagrama de radiación vertical, depende casi exclusivamente de la altura de la antena sobre el terreno. Sin embargo es común que muchos de nosotros, imaginando testear las propiedades de la antena, en realidad estamos comprobando las propiedades de "*la altura de su antena*", o sin advertirlo, aceptarán de buen grado la afirmación que el "*ángulo de disparo*" de una Zeppelin será mejor (o peor) que el de una Carolina *iaunque sea prácticamente el mismo estando instaladas a la misma altura...!* (en el mismo lugar desde luego...)

Podemos ver en las siguientes figuras la importante diferencia que existe entre el diagrama vertical de radiación de una antena montada a un cuarto de onda de altura sobre el terreno, respecto de la misma antena montada a media onda (la parte grisada corresponde a un terreno real medio y la blanca superpuesta, a un terreno perfectamente conductor). Aún siendo exactamente el mismo "*alambre*", queda absolutamente claro que son *idos antenas absolutamente diferentes!*



Numerosas e innecesarias complicaciones tienen su origen en ciertas "asociaciones *ilícitas*", veamos:

Jamás debemos *mezclar* la antena con la línea de transmisión al hablar de las propiedades de la antena, así como no lo hacemos con el foquito del velador y el cable de 220 V cuando analizamos las propiedades del foquito... A nadie se le ocurriría señalar las bondades del tubo fluorescente o la lámpara incandescente, asociándolas con el tipo o longitud de cable utilizado para alimentarlos... Sabemos perfectamente que lo que produce la luz es la lamparita. Los cables de 220 V (cuando están bien conectados), *no iluminan*... :>)

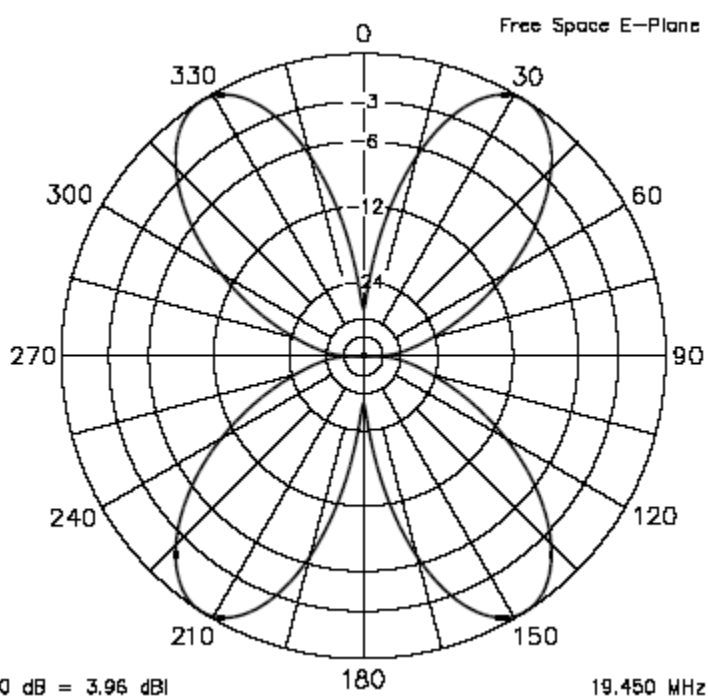
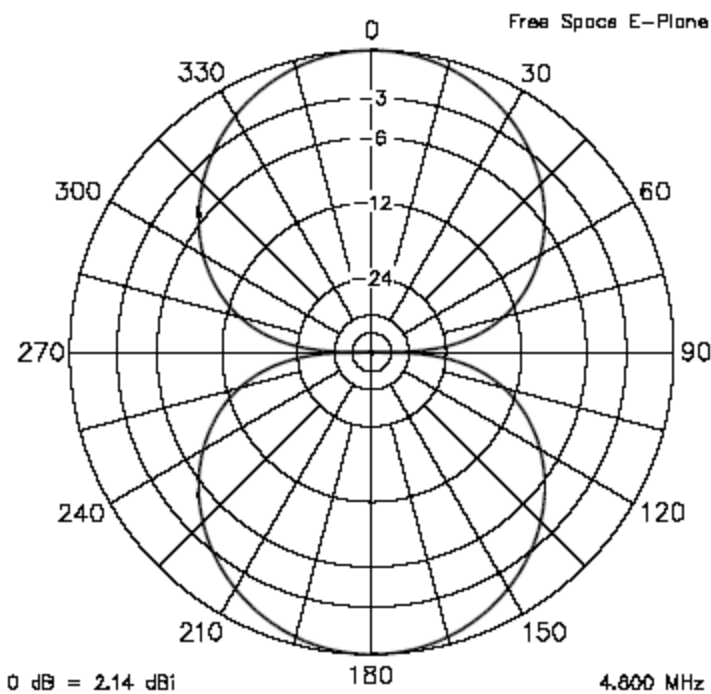
Servirá para nuestro propósito tener siempre presente que las antenas son "*esos alambres que están al final de la línea de transmisión*". ¿Porqué?, pues porque por definición, una línea de transmisión (abierta, coaxil, etc.) **no irradia energía** (o no debería hacerlo), del mismo modo que el cable del velador *no emite luz*.

Si las cosas están bien hechas, las propiedades de la antena como irradiante nada tienen que ver con su alimentador; *así de sencillo*...

Alguien podría objetar que ambas cosas están muy relacionados. Es verdad, retrucaremos diciendo que también está muy relacionado el transmisor y sin embargo no afirmaríamos que la antena "A" funciona mejor que la "B", porque la primera está vinculada a un TX de 1 kW y la segunda por un *pipiolo* de 5 W, mal cargado... Si admitimos esto -que forma parte de la teoría básica- caeremos de inmediato en cuenta, por ejemplo, que una G5RV normal para 20 m, es un simple doblete de 3/2 de longitud de onda, cuyas propiedades irradianes nada tienen que ver con el ingenio de Louis Varney para adaptarla a su transmisor y operar su doblete en varias bandas.

Con estas dos aclaraciones fundamentales rápidamente advertimos para nuestra tranquilidad, que la mayoría de las antenas sencillas horizontales que solemos emplear, desde el punto de vista electromagnético, *ison prácticamente iguales*...!, la única variable de importancia electromagnética **será su longitud física**, principal responsable de su diagrama de radiación horizontal y su rendimiento.

En efecto, cuando la longitud de una antena comienza a ser apreciablemente mayor que media onda (lo cual sucede con casi todas las multibanda sin trampas: Hertz operando en armónicos, G5RV, Windom Carolina, hilos largos, etc), el diagrama horizontal sufre variaciones muy notables, que pueden resultar beneficiosas (o desastrosas) para los comunicados en ciertas direcciones... Compare los diagramas de radiación horizontal de la componente eléctrica de una antena de media onda, con los mismos correspondientes a una de onda completa, -en este caso en el espacio libre- observe por ejemplo que cuando el alambre es media onda presenta un máximo en la dirección 0°-180°, mientras que cuando es una onda completa, en esa misma dirección ¡hay un nulo!. Esto nos lleva directamente a otra cuestión: **LA GANANCIA**...



Admitámoslo con valentía, mal que nos pese, **no hay ganancia sin directividad**. Las antenas son elementos pasivos y por lo tanto la única "ganancia" que podemos obtener de ellas siempre resultará de la reubicación o reorientación espacial de la energía disponible. Siempre que una antena "empuje energía" hacia una dirección, será porque la *roba* de otra, realmente poco o nada es lo que podemos hacer seriamente para obtener "la mejor antena", más allá de no desperdiciar energía en calentar los cables o los alrededores producto de un montaje a baja altura o del uso de "alambre de fardo" en el irradiante.

Podemos si, explotar algunas las propiedades direccionales producidas por la longitud y/o la altura de las antenas sencillas y lograr una mejor antena o ganancia para condiciones particulares: se cuenta que Mr. Varney inventó su famosa antena G5RV para obtener alguna ganancia adicional en las dos direcciones de habla inglesa en las que estaba interesado desde su QTH en Uruguay => Inglaterra y USA.

El sabía lo que estaba haciendo cuando desarrolló su doblete de 3/2 onda para veinte metros (más tarde vendrían las ya mitológicas virtudes "multibanda" del *engendro*, perdón, quise decir del ingenio...

Suelo bromear afirmando que si Louis Varney se hubiera llamado Raúl Vázquez y fuera de origen criollo, la "LU5RV" sería desconocida en el mundo, hi hi)

(continuará...)

Miguel Ghezzi (LU 6ETJ)

(imágenes, gentileza de ARRL Antenna Book Ed. 2003)

La antena... *ipero si es muy fácil!* (II Parte)

por Miguel Ghezzi (LU 6ETJ)

En el número anterior dimos un vistazo a la antena desde el punto de vista de sus propiedades electromagnéticas las que se reflejan, como dijimos en su diagrama directivo o de radiación, polarización, etc.

En esta entrega abordaremos su aspecto eléctrico, es decir: **La antena considerada como carga de un generador de corriente alterna de alta frecuencia**. Esta visión nos sitúa fuera de la radio, nos lleva al reino de la electricidad convencional, igual que cuando tratamos con una instalación de audio. En esta instancia podremos reemplazar a la antena por un *circuito equivalente idealizado* con elementos de circuito discretos, es decir; resistores, capacitores e inductores.

Este procedimiento no dará lugar a conflictos con el comportamiento de la antena real; es un modelo científico probado y garantizado. Podemos aplicarlo porque, aunque la antena sea una sola y misma "cosa", tratarla desde diferentes perspectivas facilita la comprensión y el análisis (*análisis* proviene del griego, quiere decir "dividir en partes").

Tal enfoque se facilita cuando los fenómenos mantienen suficiente independencia unos respecto de otros como sucede afortunadamente con las propiedades eléctricas de las antenas; **ellas no influyen en sus propiedades electromagnéticas**.

Es muy, muy importante recordarlo: asuntos tales como la resistencia, la reactancia, la impedancia, la ROE en la línea y demás **no afectan las propiedades de la antena como radiador**. Por eso, podrá ser tan buen irradiante una antena cuya resistencia en el punto de alimentación sea 50 como 1000 ohms, que sea bastante reactiva o puramente resistiva, que la ROE que produzca en una dada línea sea 1:1 o 10:1.

Esta noción puede chocar al lector porque en el ambiente radial suelen oírse cosas muy diferentes (a veces de boca de profesionales, lo cual es una verdadera desgracia porque habitualmente su palabra es estimada en mayor valor).

¿Cómo lograr convencer a tal lector para que "crea" en esto?, *ipues no lo intentaré!*, *iciencia y creencia* no se llevan bien!; tampoco utilizaré argumentos de autoridad fuertes, a lo sumo recomendaré en ese sentido recurrir a buenos textos universitarios o libros bien chequeados de nuestra actividad tales como el ARRL Antena Book, o los diversos manuales publicados por ella, la RSGB o similares, con preferencia a listas, revistas o sitios WWW no bien controlados en cuanto a su adecuación científica. También recomendaré analizar críticamente las opiniones de gente común como yo (aunque hayamos estudiado, porque no hay que olvidar que los exámenes finales en la facultad aquí *ise aprueban con cuatro...!*). Hecha la salvedad, continuamos....

Aunque las propiedades electromagnéticas de la antena no dependan de sus propiedades como carga, eso no implica que podamos descuidarlas o que no estén relacionadas; significa que podemos independizarlas con el fin de tratarlas por separado, sabiendo que unas no influirán sobre la otras al hacerlo.

Eléctricamente nos interesa transferir eficazmente la energía desde el trasmisor hacia la antena, para ello, desde el punto de vista del equipo, hay que disponer las cosas para que la línea le presente la carga necesaria para que funcione como lo previeron sus diseñadores (olvide el teorema de "*la máxima transferencia de energía*", no es necesario ni lo aplicamos para comprender el acoplamiento entre un trasmisor real y su carga, ese concepto en estas circunstancias solo sirve para "*embarrar la cancha*"). Véalo de este modo más simple que es correcto y productivo en esta situación:

*Para que el trasmisor funcione adecuadamente y genere la potencia nominal de diseño, su impedancia de carga debe tener el valor especificado por sus diseñadores; por eso no importa si esa carga es una resistencia, una lamparita, una línea de transmisión o una antena, **isolo tiene que ser la especificada!** (usualmente 50 ohms).*

Para acotar el problema a lo más esencial imaginemos que deseamos conectar directamente el trasmisor a los terminales de antena, sin línea de transmisión de por medio. Si la antena tuviera casualmente la impedancia que espera el TX sería buenísimo, pues entonces solo restaría conectarlo y listo, si ese no fuera el caso, se nos presentan varias alternativas:

1. Construir una antena cuya impedancia coincida con la que necesita nuestro TX (esto es difícil en general, pero en las condiciones prácticas suele darse porque los equipos se diseñan *inteligentemente* para facilitar la coincidencia).
2. Diseñar el trasmisor para que funcione bien sobre la carga que presente la antena que se piensa usar. Es posible aunque engorroso en general, sin embargo se hace así para una típica clase de antena ¿adivina?, sí, aquellas que presentan aproximadamente 50 ohms. También se puede proceder así con equipos que operarán con un solo tipo de antena -habitualmente incorporada al mismo- por ejemplo un Walkie Talkie, teléfono inalámbrico doméstico o celular.
3. Intercalar algún dispositivo transformador que convierta la impedancia de la antena (cualquiera sea) en la que precisa el trasmisor (esto es muy corriente). Ese dispositivo frecuentemente está físicamente instalado sobre la misma antena y

parece formar parte de ella (pero no lo es) por ejemplo: el "Gamma match" de una Yagi.

4. Idem con el dispositivo adaptador física y claramente diferenciado. Obviamente es el mismo caso anterior.

Nótese que no hemos mencionado para nada la ROE, ¡es natural!, no habiendo línea de transmisión... *¡entonces no puede haber ondas estacionarias en la inexistente línea!*, podrá haber cosas "feas", pero ondas estacionarias, definitivamente NO (las ondas estacionarias que siempre nos preocupan únicamente habitan en las líneas de transmisión, recuerde lo siguiente: si intercalamos un medidor de ROE común entre el equipo y la antena él no medirá la ROE que "hay", sino la que "habría" ¡ese si intercalara una línea de 50 ohms entre ellos! (el medidor intercala una pequeña sección de línea para hacer la medición).

No hay mucho más... Es muy simple si no nos enredamos en confusiones. Igualmente, en bien de la curiosidad, agregaremos datos adicionales.

El primer caso (emplear una antena que se "hermane" bien con el TX) es usual en nuestra actividad: una de las antenas elementales (la Hertz alimentada al centro o "dipolo de media onda"), presenta una impedancia predominantemente resistiva próxima a los 50 ohms en su punto de alimentación pudiendo vincularse directamente a un equipo que a propósito fue diseñado para operar con ese valor de carga.

Para el resto de las situaciones, el tercero y cuarto caso son muy comunes: se intercala un dispositivo transformador de impedancias entre la antena y el equipo; únicamente importa que este aparato haga su trabajo de transformación de impedancia sin introducir pérdidas significativas (anote que escribimos "transformación" no "adaptación", no estamos "adaptando" la Zin de la antena a la Zout del equipo sino transformando la Zin de la antena a la que *precisa* el equipo, que es cosa muy distinta).

¿Porqué hice la explicación sin emplear línea de transmisión?, pues para que resulte más claro que la cuestión fundamental es obtener directamente (o convertir) una impedancia de antena a la que precisa el transmisor y hacerlo con pocas pérdidas. Conseguido esto no habrá mucho más que hacer para mejorar los resultados del irradiante, excepto utilizarlo inteligentemente y aprovechar las condiciones de propagación...

¿Y la línea de transmisión?

Aquí trataremos de no embrollarnos con posibles ideas preexistentes, no pierda de vista lo que hemos dicho el ítem anterior:

Para no tener al equipo "colgado" directamente de una antena exterior normalmente lo interconectamos a ella mediante una línea de transmisión. Con ella también precisaremos:

1. Presentarle al equipo el valor de impedancia de carga para el que fue diseñado.
2. Tratar que la mayor cantidad posible de energía suministrada por el transmisor llegue a la antena.
3. Lograr que cualquier transformación de impedancias que se produzca por la inclusión de la línea en el circuito (o sea preciso realizar por cualquier razón) se haga con la menor cantidad de pérdidas posible.

Estos puntos se resuelven en la práctica casi sin esfuerzo disponiendo de una antena que ofrezca una impedancia cercana a los 50 ohms acoplada a una línea de transmisión corriente de 50 o 75 ohms no muchas pérdidas, vinculada a un equipo proyectado para operar con cargas de aproximadamente 50 ohms.

En este caso especial la línea trabaja sin ondas estacionarias -o con muy pocas- (se dice que la línea funciona como "línea plana").

Por suerte esta es una situación muy frecuente pues -como dijimos- no es casual: la mayoría de las piezas responde a un *diseño inteligente*.

Situación casi idéntica se presenta cuando intercalamos un buen dispositivo transformador entre la antena y la línea para lograr que la línea "vea" al conjunto Transformador de Z + Antena, como una resistencia pura de valor cercano a 50 ohms.

A este artificio se recurre con esos dispositivos transformadores de impedancia que aún cuando *están "en la antena"* no forman parte de ella más que físicamente. Puede ser el "Gamma Match" de una Yagi, el "arito" de una Ringo, un "Hairpin" o cualquier otro invento parecido ("Transformador de impedancia" será cualquiera de los dispositivos que solemos llamar "Adaptadores de impedancia": transformadores comunes con o sin núcleo de ferrite, redes L-C, líneas, "transmatches", etc.)

En la práctica se pueden presentar dos situaciones especiales o una combinación de ellos

- a) La impedancia de la antena no coincide con la de la línea de transmisión y la línea es una coaxial de 50 ohms de tipo más o menos común.

- b) La impedancia de la antena no coincide con la de la línea de transmisión pero línea es coaxial o abierta **con muy bajas pérdidas** a la frecuencia de operación.

En ambos casos se generaran ondas estacionarias en la línea por la diferencia de impedancias carga-línea, esas ondas estacionarias darán lugar a tres efectos principales.

1. Producen transformaciones de impedancia dependientes de su longitud. En general **el trasmisor verá una Z diferente de la que tiene la antena.**
2. Introducen pérdidas adicionales (no necesariamente elevadas).
3. Con altas potencias pueden producir tensiones elevadas que la línea u otros elementos asociados pudieran no ser capaces de soportar (conectores, aisladores, chisperos, etc.)

Caso a (línea común)

Cuando la antena no presenta una Z_{in} igual a la Z_0 característica de la línea estándar de 50 ohm, lo usual será que la línea, "abajo", no presente al trasmisor la impedancia para la que él fue diseñado (salvo que las cosas hayan sido dispuestas intencionalmente para soslayar el efecto transformador de la línea, por ejemplo haciéndola de media onda eléctrica, o aprovechar dicha transformación a nuestro favor), esta situación se resuelve comúnmente mediante un circuito de *adaptación* (transmatch o similar) instalado del lado del equipo. Es una solución absolutamente correcta e idónea, no se trata de una *trampa* o "engaño al equipo para que no vea ROE", es práctica estándar en la ingeniería de radio.

Las pérdidas adicionales por utilizar la línea con ondas estacionarias pueden calcularse previamente y decidir si son o no aceptables, el cálculo no es intuitivo ni inmediato; recuerde: la "Potencia Reflejada" no se pierde salvo en casos especiales, lo que se pierde en HF, normalmente es mucho menos que ese valor, al punto que la mayoría de las veces la pérdida puede considerarse despreciable, sobre todo en las bandas más bajas.

Si las pérdidas adicionales por estacionarias resultaran excesivas o inaceptables no quedará más remedio que adaptar la Z del *lado de la antena* si se desea minimizarlas, no hay reglas fijas, cada caso debe ser evaluado por el interesado.

Para muestra basta un botón: Se proyectaron satélites artificiales que trabajaban con ROE de hasta 4:1 (las antenas de los Tiros-ESSA operaban con 150 - j100, una ROET de 4,4 sobre su línea, y *isolo emitía con escasos 30 mW...!* La adaptación de Z se realizaba del lado del TX, dentro del cuerpo del satélite, es decir, paradójicamente, "abajo".

Las sobretensiones en la línea rara vez son importantes con equipos comunes pero hay que considerarlas cuando se opera con amplificadores cerca del kW, esto quizás también sobreexija al adaptador o transmatch, pero *¿no se supone que para eso fueron hechos?*

Caso b)

La antena no se adapta a la línea pero la línea es de muy bajas pérdidas a la frecuencia de trabajo.

A las románticas, bonitas y eficientes líneas abiertas, las trataremos junto a los coaxiales de muy bajas pérdidas, pues lo que importa para el análisis son únicamente las bajas pérdidas a la frecuencia de trabajo.

Quiero destacar muy especialmente que nuestras reconocidamente eficaces líneas abiertas han sido desde siempre utilizadas con muy altos valores de ROE, del orden de 10:1, esto de por sí debería otorgar absoluta tranquilidad acerca de la eficacia que se puede alcanzar aún con muy altos valores de ROE si las líneas tienen bajas pérdidas.

Dijimos que cuando hay ondas estacionarias las líneas se comportan como transformadoras de impedancia y a menos que se tenga en cuenta tal efecto para aprovecharlo a nuestro favor, normalmente producirán del lado del equipo variados valores de Z, en general diferentes de los de la antena, con los que deberá ser capaz de lidiar el acoplador elegido. Deseche posibles e injustificados prejuicios negativos que pudiera haber adquirido acerca de operar las antenas con medianas o altas relaciones de ondas estacionarias. En ocasiones esto no es conveniente sin embargo en muchas otras no solo no tiene ninguna importancia sino que resulta beneficioso hacerlo así, por ejemplo cuando empleamos una línea abierta, cuyas ventajas compensan con creces sus normalmente altos valores de ROE en operación (10 o más). La clave para operar las líneas con ROE radica en conocer "*las pérdidas adicionales*" ⁽¹⁾ y presentarle al equipo la impedancia de carga que precisa: si las pérdidas adicionales son bajas y la impedancia puede manejarse con el transmatch o dispositivo transformador adecuado, entonces *¡adelante!*

La autorresonancia no importa...

¿Cuántas veces habremos oído que las antenas comunes para ser eficientes radiadores deben ser autorresonantes?; es decir que deben cortarse muy cuidadosamente para que alcance un desempeño óptimo en sus posibilidades de comunicación, ¿verdad?. Pues bien, se trata de un error conceptual muy común (en el que frecuentemente incurren también algunos profesionales de las comunicaciones) que nos obliga a cumplir con una condición totalmente innecesaria.

Una antena no tiene porqué ser autorresonante para ser un eficazísimo radiador, existen ejemplos sobradamente populares de ello: la antena de 5/8, la Zeppelin doble extendida o la rómbica son archiconocidas (existen otras).

Justificarlo físicamente escapa a los alcances de este artículo. Aceptaremos que la autorresonancia es una condición *conveniente* en ciertas situaciones (por ejemplo para acoplar directamente un dipolo abierto de media onda a una línea coaxil común) que trataremos de aprovechar cuando nos convenga y que descartaremos sin ningún temor cuando no la precisemos.

Lo que si hace falta es conseguir hacer circular la máxima corriente sobre la antena; en la autorresonancia esto se da automáticamente si la impedancia del generador es puramente resistiva. *¿Que sucederá, por ejemplo, si la antena es más corta o más larga y **no** autorresuena?*

En esa situación no se establecerá automáticamente la máxima corriente sobre la antena porque la antena presentará reactancia capacitiva o inductiva. Entonces para maximizar la corriente en la antena bastará con cancelar esa reactancia con otra igual de signo opuesto...! Esto no quitará eficiencia de radiación a menos que los componentes utilizados para ese fin tengan pérdidas excesivas.

La cancelación de reactancia podemos realizarla sobre la propia antena no obstante, frecuentemente será posible hacerlo "*abajo*", es decir del lado del equipo mediante nuestro servicial acoplador, tanque Pi incorporado al equipo, o transmatch (explicar porqué también escapa al alcance del presente artículo).

Con estos sencillos procedimientos conseguiremos maximizar la corriente sobre la antena llevando a resonancia al conjunto Antena + Reactancia agregada.

¿Se ve?, el efecto buscado no depende exclusivamente de que la antena sea puramente resistiva por si misma, se logra exactamente lo mismo cancelando su reactancia, a eso también lo llamamos "resonancia" pero ya no implica una propiedad que la antena deba satisfacer por si misma sino que comprende dos elementos como mínimo: La antena y la bobina, condensador o stub asociado que llevan al sistema a resonancia.

Esta concepto no viola los principios básicos conocidos acerca de los fenómenos atribuidos a la resonancia porque ahora estamos hablando de la longitud eléctrica del irradiante, simplemente le quita límites artificialmente impuestos por una simplificación excesiva de la teoría involucrada que por otro lado está perfectamente explicada en los libros de la especialidad.

Si la antena es bastante más corta de lo necesario la progresiva pérdida de rendimiento a medida que disminuye su longitud no se debe a la falta de autorresonancia sino a la disminución de la resistencia de radiación respecto de su resistencia de pérdidas totales que es *harina de otra bolsa* (ellas aunque también incluyen las de la bobina están muy influida por las de las del terreno y objetos cercanos).

Cuando la antena es más larga (por ejemplo una de 5/8 l), **no** sufriremos dicha merma y la antena resultará usualmente más eficiente que la autorresonante de media onda.

(1) ver <http://www.solred.com.ar/lu6etj/tecnicos/roe/roe.htm>

(Continuará)

La antena ipero si es muy fácil! (III parte)

Las antenas en recepción

Por Miguel R. Ghezzi (LU 6ETJ)

En esta tercera y última entrega veremos algo de las antenas empleadas para recepción. Más que repetir conceptos básicos que se encuentran fácilmente en los buenos libros y apuntes de nuestra actividad, intentaré hacer hincapié en cuestiones menos divulgadas.

La antena en TX y RX

Generalmente los aficionados utilizamos la misma antena para trasmisión y recepción, no obstante esto obedece más una cuestión de comodidad y practicidad que a conveniencia técnica.

Casi siempre una antena puede operar como transmisora o receptora y una buena antena transmisora normalmente puede resultar bastante adecuada para recepción (no necesariamente a la inversa), sin embargo esto no siempre es lo óptimo porque requisitos que son esenciales o convenientes para una función pueden resultar secundarios o innecesarios en la otra. Esto es una consecuencia del llamado "*Teorema de reciprocidad*" que demuestra que las características de una antena en TX son iguales a sus características en RX y esta igualdad de características es lo que a veces **no** conviene por distintas razones, veamos.

En transmisión estamos interesados en el **rendimiento eléctrico**, queremos que la mayor cantidad de energía entregada al irradiante se transforme en campo electromagnético y poca se pierda en calor.

Si de una direccional para comunicaciones se trata, probablemente no nos interesen demasiado sus lóbulos de radiación laterales o su relación frente-espalda, sino maximizar la ganancia y el rendimiento o lograr una buena adaptación entre el alimentador y la antena. Esas serán casi con seguridad las prioridades del aficionado medio que comprende razonablemente bien el funcionamiento de sus *chiches*.

En recepción, probablemente preferiremos una buena relación frente-espalda y un lóbulo de radiación "*limpio*" que provea una discriminación más precisa para atenuar las señales provenientes de direcciones diferentes de la que le interesa.

Sobre todo en HF especialmente en sus frecuencias más bajas, la eficiencia eléctrica de la antena receptora (rendimiento) no será tan importante como en transmisión porque los ruidos externos de origen natural o artificial son superiores al ruido propio del receptor lo que nos obsequia generoso margen para operar con antenas eléctricamente ineficientes pero con propiedades útiles en otros sentidos, como pequeñas antenas de cuadro, Beverage, etc.

Comprender y explorar estas posibilidades ayudará a sacar mejor provecho de nuestros sistemas receptores.

El ruido y las antenas

Ruido es un término ambiguo si no se especifica con precisión su contexto. Técnicamente en la teoría de la información un ruido no transporta ninguna, un ejemplo de esto sería el conocido *ruido blanco* que escuchamos al abrir el squelch de nuestro VHF-FM. Aún así, en cierto sentido, hasta ese ruido ofrece cierta información; si es poco o mucho, ¿no provee información acerca de la bondad del elemento circuital o amplificador que lo produce?

Simultáneamente, lo que nosotros consideramos un *ruido molesto* puede ser una señal vital para comprender otros asuntos, *la radioastronomía nació del trabajo de un ingeniero para eliminar un molesto ruido en los receptores que no provenía de las tormentas!* (provenía del espacio). Karl Jansky fue tal ingeniero, sucedió en 1932, así, lo que un día se consideró *ruido* nos obsequió la cosmología moderna...

¿Es ruidosa mi antena?

Es común oír que tal o cual antena es más *ruidosa* o más *silenciosa* que otra sin especificar a qué tipo de ruido se refiere tal juicio. Ciertamente, hay diferentes tipos de *energías barulleras* que pueden llegar hasta nuestra antena, iella no necesariamente tratará a todas por igual...!

Conviene primero aclarar que, siendo la propiedad fundamental de una antena la de convertir ondas electromagnéticas en señales eléctricas, si ella no cumpliera con esa tarea con alguna forma de energía electromagnética, estaría fallando a su propósito; en ese sentido las antenas son muy leales e invisten su propio código del honor. Por eso si una antena no captara cierto ruido electromagnético *itampoco captaría una señal útil con características similares...!* (polarización, dirección, etc.) ¿significa esto que existen fuentes de ruido no electromagnéticas?, pues si, las más comunes son dos: ruido inducido en la antena por fuentes cercanas de carácter eléctrico o magnético y ruido generado sobre la misma antena por descargas de tipo corona o chispas debido a cargas electrostáticas propias o inducidas.

Campos magnéticos, eléctricos y electromagnéticos, un detalle importante

En la teoría eléctrica básica aprendemos que un campo magnético variable puede inducir una fuerza electromotriz sobre un conductor cercano, sin embargo un campo magnético

variable no constituye un campo electromagnético en regla. De igual modo, un campo eléctrico variable (o no) capaz de inducir tensiones eléctricas sobre un conductor cercano tampoco puede alcanzar a ser un campo electromagnético...

Esto es importantísimo para nosotros porque hace a un concepto fundamental de lo que es la radio y colateralmente nos sirve para diferenciar diferentes clases de ruido que pueden afectar a nuestro sistema receptor pues todos estos campos son susceptibles de ser captados por nuestra antena aunque unos sean legítimas y aristocráticas *ondas de radio* y otros plebeyos subproductos de diversos *chisperíos* humanos o naturales.

Un campo electromagnético u onda de radio es una combinación muy especial de campo eléctrico y campo magnético (variables en el tiempo) que posee propiedades diferentes a las de sus constituyentes (como serían las del agua respecto del oxígeno e hidrógeno que la forman), por eso hacemos la distinción: nos gustaría que una antena de radio responda únicamente a campos electromagnéticos y no lo haga a campos puramente eléctricos o puramente magnéticos (los campos eléctricos y magnéticos que nos producen ruidos en recepción normalmente se producen por aparatos eléctricos que originan chispas o corrientes oscilatorias intensas).

La diferencia esencial entre una y otra clase está en su alcance. Los fenómenos de inducción magnética o eléctrica disminuyen su intensidad con el cuadrado de la distancia (esto quiere decir que lo hacen muy rápidamente, en cambio la intensidad de una onda de radio disminuye en forma inversamente proporcional a la distancia (sin elevarla al cuadrado), esa es una virtud y ventaja de nuestras estimadas ondas hertzianas pues gracias a ello pueden alcanzar enormes grandes distancias antes de atenuarse demasiado para ser perceptibles.

También, gracias a que una onda electromagnética contiene ambas clases de campo, podemos diseñar antenas capaces de blindarse (o ser menos sensibles) a un campo eléctrico perturbador, por ejemplo una antena de cuadro apantallada; aunque ella está blindada para el campo eléctrico el campo magnético de la señal puede inducir cómodamente corriente en sus espiras, de allí que también las conozcamos como antenas "*magnéticas*". Lo mismo vale a la inversa, aunque no son tan frecuentes.

Lamentablemente un ruido magnético o eléctrico "*puro*" a pocos metros de su fuente se *metamorfosea* en campo electromagnético y como tal ya no podremos blindarlo o apantallararlo sin que al hacerlo simultáneamente eliminemos las señales deseadas porque se ha convertido en ruido **electromagnético** con sus componentes que ya no están separadas sino ligadas por esto la antena ya no podrá distinguirlo del codiciado DX (esta diferencia en las propiedades de los campos cerca de la antena y lejos de ella hace que le demos justamente el nombre de **campo cercano y campo lejano** del irradiante (también campo de inducción y campo radiado). Naturalmente, consideraremos *irradiante* a cualquier conductor capaz de irradiar energía incluyendo por supuesto a los dispositivos y/o cableados que transportan ruido, como por ejemplo el cableado domiciliario).

Siempre convendrá tratar de evitar la inducción directa de campos eléctricos o magnéticos montando la antena alejada de los tendidos y aparatos que producen ruidos eléctricos o magnéticos puros; en nuestras zonas urbanas la altura hará gran diferencia en el nivel de ruido; uno pocos metros más suelen disminuir el ruido los suficientes decibeles como para justificar el esfuerzo de elevarlas.

¿Una antena puede recibir menos estáticos que otra?

Entendiendo por *estáticos* señales producidas por descargas eléctricas en la atmósfera relativamente alejadas de la antena, diremos que sí y no, pues dependerá de en qué dirección estén siendo generados esos estáticos.

La cuestión de fondo es que aunque los estáticos no nos gusten, son legítimas ondas de radio con iguales derechos que las de su corresponsal, *¿porqué habría de discriminar una antena a unas de otras si no goza de inteligencia para discernir?* No puede... Se que es una mala noticia y no me complace darla, a cambio, lo que si puede hacer -y a veces muy bien-, es discriminar señales provenientes de diferentes direcciones (lo advirtamos o no), y esto puede ayudar muchísimo a evitarlos, veamos:

Imaginemos la antena "A" con un importante lóbulo de radiación dirigido hacia arriba y la antena "B" con un nulo hacia arriba pero con un generoso lóbulo omnidireccional sobre la rosa de los vientos en ángulos bajos. ¿Cuál será menos ruidosa si justo tenemos una pequeña tormenta sobre nosotros?, evidentemente la "B" ¿verdad?, por el contrario, si estamos interesados en contactos locales con señales reflejadas en la ionosfera con ángulos elevados y hay tormentas eléctricas distantes, la antena "B" (de bajo ángulo) escuchará los

estáticos con mayor intensidad que la "A" y menos a nuestros corresponsales. Podemos decir que, en este sentido, la propiedad fundamental de la antena que puede conseguir alguna diferencia es su directividad (estemos o no conscientes de ella).

La polarización de la antena puede ayudar también, especialmente cuando la señal la conserva o varía lentamente si es que podemos controlar la de nuestro sistema de recepción. Puede resultar útil contar con dos antenas una de polarización predominantemente horizontal y otra vertical, conmutándolas manualmente a la más favorable (o construyendo un RX con dos canales capaz de elegir la mejor señal).

¿Hay antenas más ruidosas por causas no electromagnéticas?

Si, por ejemplo son más ruidosas aquellas que fácilmente se cargan electrostáticamente con el viento y poseen puntas por las que esas cargas se disipan (o lugares donde forman ángulos agudos). Tales descargas producen un ruido muy molesto en la recepción (efecto *corona*).

Otra forma de carga electrostática que produce ruido es la producida por los denominados *estáticos de las precipitaciones* generados por el arribo a la antena de gotas de agua cargadas (también nieve, granizo, polvo, etc.)

Nótese que en este caso los ruidos se producen en la misma antena y no se deben a ondas electromagnéticas que arriben propagándose por el espacio como las descargas atmosféricas generadas por las tormentas.

Un dipolo abierto puede resultar más ruidoso que uno dipolo plegado o cuadro (loop) simplemente porque los segundos a menudo le proveen a la carga electrostática un camino para disiparse en la tierra que los primeros a veces no le ofrecen por no haberse tomado las provisiones necesarias.

Ese descuido a menudo les confiere a los nobles dipolitos mala fama que no merecen, pues bastaría con adosarles algún elemento que haga posible el drenaje de las cargas electrostáticas a tierra (puede ser un simple inductor o resistor entre los terminales).

Hay antenas en las que se inducen más fácilmente campos eléctricos, como los provenientes de chispas y descargas de carteles de neón, por presentar más superficie, o aquellas que son más sensibles a los campos magnéticos originados por picos transitorios de altas corrientes en dispositivos de conmutación, como las de pequeños o grandes cuadros.

No hay que culpar siempre a la antena

Un buen día Pedro decidió cambiar su antena y descubrió sorprendido que la nueva le regalaba una recepción más limpia que su antiguo dipolo, a partir del alentador resultado no dudó en proclamar las bondades de la recién descubierta "*joyita*". Juan hizo lo propio y también obtuvo las mismas ventajas, sin embargo José, no notó ninguna diferencia, (él casi apostaba que la nueva era un poco más "*sordita*") ¿quién tendrá razón?

Veamos una posible causa: imaginemos que los receptores de Juan y Pedro son "*palanganas*", poca selectividad de entrada, notables y variados productos de intermodulación, presto a sobrecargarse, mientras que el de José es un "*Estado del arte*" en materia tecnológica.

¿Qué sucedería si a las *palanganas* las conectamos a una antena que de por sí sea bastante selectiva? (podría ser intrínsecamente selectiva como una antena de cuadro (Magnetic loop), por poseer algún circuito sintonizado agregado con propósitos de adaptación o ser naturalmente más selectiva como una Doble Bazooka.

Con esas antenas algo selectivas los pobremente contruidos receptores de nuestros amigos quizás funcionan mejor porque la antena les dio aquello que estaban precisando para desempeñarse más o menos correctamente, entonces, ¿la antena nueva, es más *silenciosa* o el receptor es un *cachivache*?

Siempre convendrá intercalar en la entrada del equipo un buen preselector (sin ganancia) antes de sentar un juicio en esta materia, especialmente con los pequeños equipos modernos que muy a menudo sacrifican muchas de sus obligaciones en aras del tamaño reducido, anchura de banda y no necesidad de sintonía.

¡Una nueva...! la ROE en recepción...

Muchos veteranos suelen afirmar en son de broma que las antenas funcionaban mejor antes que apareciera el medidor de ROE, en cierto modo es verdad: "*ojos que no ven corazón que no siente*" reza el viejo refrán, seguramente a muchos lectores jamás se les ocurrió medir la ROE de su receptor en esa santa obsesión por conseguir la máxima eficiencia, *igrave pecado!*, en RX la impedancia de entrada del receptor es a la línea lo mismo que en TX la impedancia de la antena a la misma línea.

Entonces, si la antena (que en recepción es el generador) no "ve" la impedancia de carga apropiada, tampoco podrá transferir toda la energía disponible. Esto lo sabían bien quienes construían sus etapas de entrada en VHF porque debían lograr la adaptación "justa" para alcanzar la mejor relación señal-ruido de su preamplificador... *¿está seguro que su receptor no tiene ROE?*, bueno, le dejo este nuevo motivo de desesperación, eso si ¡por favor!, Novicios: *¡no intenten medir la ROE del receptor con el medidor tradicional acoplado a un trasmisor!*

Si bien esto es absolutamente cierto, no es mi intención, habiendo escrito tanto para desmitificar la ROE, traer nuevas preocupaciones al lector, pero si señalar que muchas veces, cuando no estamos empleando la antena adecuada para la banda en un sistema común, resultará muy conveniente intercalar entre el receptor y la línea un dispositivo adaptador de impedancias, de modo que él presente a la línea una impedancia tal que proyectada en la antena le presente a esta la impedancia de carga que ella precisa para intercambiar energía lo cual muchas veces mejorará sustancialmente la recepción (de todas maneras si la ROE es muy alta, las pérdidas adicionales por ROE de una línea corriente seguramente se harán sentir).

Nota acerca de la polarización y el diagrama de radiación de los dipolos comunes

Solemos creer que un dipolo es una antena de "*polarización horizontal*", pues no es así, la polarización de un dipolo corriente es doble.

Esto es porque definimos polarización como: "*la dirección del campo eléctrico en el sentido de la máxima radiación de la antena*".

Efectivamente la idea que el dipolo es una *antena de polarización horizontal* concuerda perfectamente con la definición, pero *¿qué sucede en otras direcciones?*, pues que a medida que observamos el campo eléctrico moviéndonos hacia las puntas de la antena, este se va inclinando más y más hacia la vertical, hasta que en la dirección correspondiente al eje del dipolo la polarización resulta totalmente vertical.

Esto nos lleva a considerar el diagrama de radiación acimutal en forma de ocho que comúnmente se atribuye a los dipolos (erróneamente). Ese diagrama en forma de ocho corresponde únicamente al campo eléctrico horizontal exclusivamente. Cuando se considera simultáneamente la componente de polarización vertical (campo total) el diagrama se transforma en una especie de ovalo (aunque siga preponderando en la dirección perpendicular al alambre).

De allí resulta que el dipolo es bastante más omnidireccional de lo que habitualmente se cree y, en mi opinión, esto constituye una ventaja a su favor.

Antenas inteligentes

Dijimos que las antenas no poseen *inteligencia* para discriminar las señales útiles de los ruidos o interferencias, pero nosotros los humanos si poseemos alguna, aunque sea limitada ;>), con ella podemos idear sistemas que empleen antenas "bobas" para mejorar la recepción, sobre todo ante condiciones cambiantes.

Desgraciadamente en HF esas posibilidades no son muy accesibles al aficionado medio, fundamentalmente por razones de espacio. Un sistema precursor del concepto podría ser la recepción denominada "*Diversity*". Un posible sistema *Diversity* puede lograrse recurriendo a la recepción simultánea en dos o más frecuencias de la misma información transmitida, otro puede consistir en recibir en la misma frecuencia pero con más de una antena (o ambas cosas a la vez).

Se trata de recibir señales que hayan arribado por diferentes caminos para que no resulten idénticamente afectadas por el desvanecimiento, esto se consigue separando las antenas bastante poco, a veces alcanza con apenas unas pocas ondas, en 40 m por ejemplo el mejor espaciamiento es de 7λ a 10λ y como mínimo 4λ ; en 20 m: 10λ , siendo 6λ bueno y 4λ el mínimo útil (1).

La mayoría de nosotros habrá experimentado que una emisora de broadcasting de onda corta que transmite la misma programación en distintas bandas no se escucha igual en

diferentes horarios, o épocas del año. Estando en diferentes bandas es menos probable que el fading o la ionización ionosférica afecte igual a las dos señales simultáneamente. Se pueden conmutar diferentes combinaciones de antenas simples o compuestas con el fin de conformar disposiciones con diferentes características directivas tanto en el plano vertical como horizontal además de elegir la polarización más adecuada. Con este arsenal de posibilidades, mediante un adecuado dispositivo de computación capaz de elegir "al vuelo", la combinación capaz de proveer la mejor recepción se consigue esta maravilla.

Catón siempre terminaba sus discursos diciendo: "... y, además, *icreo que hay que destruir Cartago!*" finalizo estas notas parafraseándolo:

Y además, *ino hay ganancia sin directividad...!*

Aspiro que entre estas cositas hayan conocido al menos una nueva que les permita comprender o mejorar algo de **la mejor amiga del Radioaficionado...**

73's

Referencias:

(1) LADNER A.. STONNER C.: "*Short Wave Wireless Communication*", John Wiley @ Sons, Inc.1943 Ed.- pag 464