

La ROE... esa gran confusión.

(Última actualización 2000-08-08)
(correcciones y adiciones menores 2010-03-31)

Por Miguel R. Ghezzi (LU 6ETJ)
www.solred.com.ar/lu6etj
SOLVEGJ Comunicaciones
www.solred.com.ar/solvegj

(En el texto puede utilizarse el término ROE - Relación de Ondas Estacionarias - como sinónimo de Ondas Estacionarias, siguiendo el uso común (por ejemplo escribir "La línea tiene ROE", cuando lo correcto sería la línea tiene Ondas Estacionarias - OE)

Pocos temas en la radioafición vernácula son tan polémicos e invadidos con errores conceptuales como la ROE y sus parientes cercanos. Eso no sería tan malo si no fuera porque los errores vienen ganando la batalla...

No falta la afirmación de que el asunto es una mera "cuestión de opiniones". Una frase infortunada y lapidaria sintetiza esa idea: "Cada maestrillo con su librillo..."

No importa que ningún texto serio avale explícitamente los equívocos; como diría Don José Ingenieros: "Son como los clavos, cuanto más se los golpea más profundos se hincan..." (eso decía de los prejuicios). Frecuentemente derivan de una lectura superficial, incompleta y/o desatenta, pero otras, más comprensibles por cierto, resultan de ciertas complejidades técnicas que el asunto de por sí ya posee.

Puesto que el tema es largo y difícil de explicar sin desarrollos matemáticos que algún hobbyista podría no comprender, comenzaré el artículo con una serie de afirmaciones que expondré sin demostración con la sana intención de desarrollarlas algún día. Entonces:

- No es cierto que sea necesario adaptar la antena a la línea para que el sistema sea un eficaz radiador.
- Ni siquiera es cierto que ello sea necesario en VHF, UHF o microondas.
- Casi siempre será más conveniente y cómodo adaptar la línea al equipo "abajo" y no "arriba".
- No es cierto que la llamada "Potencia Reflejada" se desperdicie.
- No es cierto que las ondas estacionarias produzcan ITV, armónicas, espurias o interferencias a otros servicios.
- No es cierto que la potencia reflejada "reingrese" al equipo y pueda destruir los transistores o válvulas de salida.
- No es cierto que pueda modificarse la ROE en una línea conectada a una antena variando la longitud de la misma (a menos que falte o falle el balun o que la línea no esté perpendicular a la antena y por ello interactúe con la antena por acoplamiento mutuo).
- En general no es cierto que la línea de alimentación corriente deba cortarse a algún múltiplo o submúltiplo cualquiera de la longitud de onda (a menos que se la esté utilizando como transformador en los casos previstos, ver explicaciones más adelante).
- No es cierto que la ROE haga que "la línea irradie".

Para tener en cuenta:

La potencia incidente y la potencia reflejada no representan lo que su nombre puede hacer intuir...

En lo que respecta a la seguridad y funcionamiento correcto del equipo, la ROE en la línea no tiene ninguna importancia (mientras ella soporte las sobretensiones a que estará sometida), lo que verdaderamente importa es la impedancia de carga sobre la que él opere.

La lista anterior seguramente será considerada un "absurdo" por muchos aficionados (y no pocos profesionales con la correspondiente matrícula), pero es correcta y científicamente demostrable en su totalidad (ver las referencias).

El concepto de Potencia Incidente y Reflejada no ayuda a crear en el aficionado ideas claras y conviene reemplazarlo en casi todos los casos por el de "impedancia de entrada a la línea de transmisión" con mejores resultados.

Cómo encarar el desafío...

La forma correcta de desarrollar este gran tema sería comenzar por la teoría básica, para ello bastaría con dirigirse los numerosos y más solventes autores de libros de radiotécnica e ingeniería de radio que abundan en las bibliotecas (algunos indicados en la bibliografía que se

no menos "autoritarias", entonces, intentaremos de un modo algo desordenado, ir avanzando en las ideas con numerosas reiteraciones. Seguramente con el tiempo y la crítica este artículo podrá modificarse para ser más comprensible y estructurado.

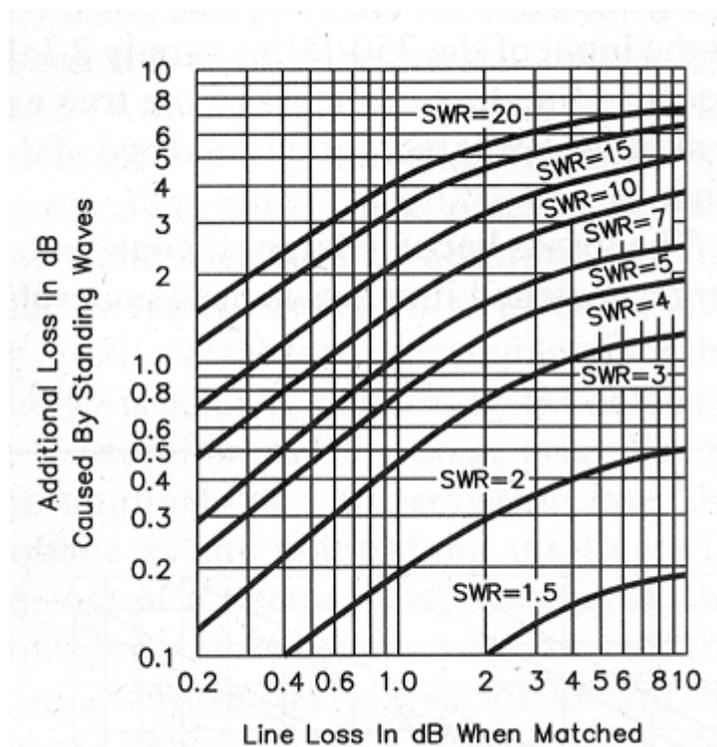
Las pérdidas y la desadaptación de la línea, primera pasada...

Suele creerse que una ROE elevada es responsable de importantes pérdidas en la potencia irradiada. Este equívoco surge casi naturalmente al leer un wattímetro direccional que indica cierta "Potencia Directa o Incidente" y cierta "Potencia Reflejada". Este último número, frecuentemente es suficiente como para quitar el sueño al interesado. Pocos advierten la importancia del pequeño gráfico que se publica en los handbooks desde tiempo inmemorial. En él, se indica sobre el eje vertical la "Pérdida adicional por ROE en la línea", ese valor está fuertemente ligado simultáneamente a dos variables a saber:

Las pérdidas que produciría esa misma línea operando con ROE=1:1, y la ROE que efectivamente existe sobre ella (una ecuación para resolver sin usar la gráfica puede hallarse en el ARRL Antenna Book 2001, pag 24-12).

Un vistazo a este interesante gráfico muestra que las pérdidas debidas a la ROE son, en general, bastante inferiores a las que se infieren erróneamente al leer la "Potencia Reflejada" en el wattímetro. Esta aparente contradicción entre la lectura del wattímetro y los resultados del gráfico debería bastar para convencer a cualquiera de que "algo está mal en su intuición", pero aunque muestra claramente que las pérdidas resultantes de una ROE de 5:1 en 80 metros pueden llegar a ser despreciables, la superstición gana la partida...

Suponemos que el lector aceptará esta explicación y explicaremos su uso. Primero, debemos conocer cuáles serían las pérdidas en decibelios que esa línea tendría si estuviera terminada en su impedancia característica, ya sea por los datos que suministra el fabricante o mediante una medición.



Entramos con ese dato al eje horizontal rotulado "Line Loss in dB When Matched" y trazamos una línea vertical hasta que intersecte la curva correspondiente a la ROE medida **cerca de la carga** (las curvas son las que tienen la leyenda "SWR = xx").

En ese punto trazamos una línea horizontal hacia la izquierda hasta alcanzar el eje vertical marcado como "Additional loss, etc, etc" quien nos dirá cuál es la pérdida adicional que debemos sumar a las pérdidas que tendría la línea bien adaptada, para averiguar la pérdida total en presencia de ROE.

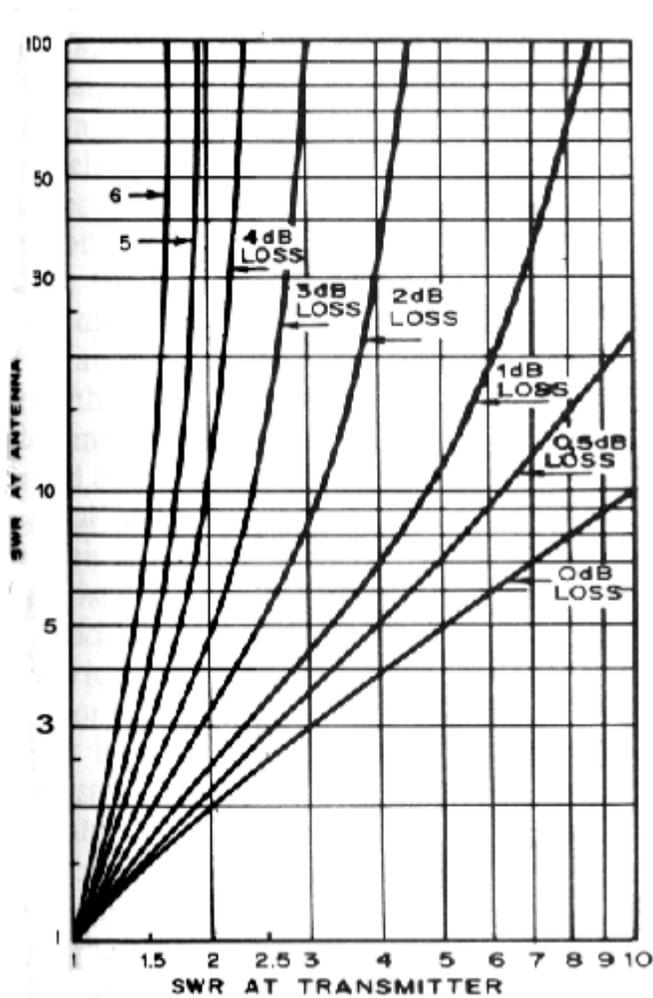
Ejemplo: Una línea que estando perfectamente adaptada tiene una pérdida de 3 dB se conecta a una antena que nos da una lectura de ROE de 2:1 medida cerca de la misma. ¿Cuál es la atenuación adicional que tendrá esta línea por la presencia de esta ROE sobre ella?

Entramos al gráfico con el valor **3** en el eje horizontal y buscamos la intersección con la curva "SWR = 2". Trazando una línea horizontal hacia la izquierda, sobre el eje vertical podemos leer un valor de aproximadamente **0,35 dB**. Por lo tanto la pérdida total de esta línea será de **3,35 dB**. ¡Apenas 0,35 dB más que la que tendría si estuviera perfectamente adaptada...!

Para saber si la desadaptación del sistema es o no importante en términos de pérdidas hay que pasar primero por este gráfico y decidir luego si vale la pena adaptar la antena o no. Conviene en ese momento recordar un parámetro usual para caracterizar un receptor denominado "Mínima Señal Discernible (MSD)" y que se considera como 3 dB por encima del ruido... , compárelo con el valor de pérdidas adicionales para tomar su decisión.

Puesto que en VHF y UHF, las pérdidas de las líneas con una adaptación perfecta son más importantes, las pérdidas adicionales por ROE aumentarán, esto aconseja un mejor ajuste de la antena, pero con la existencia de líneas de bajas pérdidas en V y U a bajo precio, será menos importante que con nuestros viejos conocidos RG 58 o RG 8. Pero...

Si observa detenidamente el gráfico verá que mejorar la ROE por debajo de 2:1 o algo más, es un esfuerzo que no se justifica para aumentar la potencia irradiada, puesto que, aún cuando toda la potencia reflejada se perdiera en la línea, representaría apenas un 11% de pérdidas, apenas unos 0,5 dB, absolutamente indiscernibles. La cuestión de la adaptación al equipo es



otra cosa y puede dejarse en manos del acoplador.

Recordemos que una unidad "S" equivale a 6 dB, de allí que 0,5 dB sea una fracción de "S" imposible de detectar *aún con los mejores instrumentos*.

Importante:

Hemos dicho que la ROE a la que se hace referencia es a la que existe sobre la línea en las cercanías de la carga. Si la línea tiene pérdidas (más aún, si son de importancia), su atenuación hará que la ROE medida lejos de la carga sea menor, por lo que podemos sacar conclusiones equivocadas del gráfico. Felizmente mediante otro gráfico similar siempre podremos conocer la ROE sobre la carga midiendo la ROE en el extremo trasmisor. Para ello empleamos el que tenemos a la vista, también proveniente del handbook de la ARRL.

Se ingresa al gráfico con la ROE medida en el extremo del trasmisor al eje horizontal indicado como: "**SWR AT TRANSMITTER**". De allí se traza una línea vertical hasta intersectar la curva que indica la pérdida que tendría el cable bien adaptado y, a partir de la intersección, nos dirigimos hacia

el eje vertical de la izquierda donde podremos leer la ROE existente en el extremo de la carga.

Ejemplo: Supongamos que el cable tiene una pérdida de 3 dB y la lectura del medidor de ROE en el extremo del trasmisor es 2:1. *¿Cuál es la ROE en la carga?*

Buscamos **SWR AT TRANSMITTER = 2**, en el eje horizontal. Subimos hasta la curva "**3 dB LOSS**" y sobre el eje vertical leemos: **SWR AT ANTENNA = 5**.

Note que la desadaptación es bastante grande aunque la lectura sobre el lado del trasmisor sea relativamente pequeña; esto significa que toda antena mostrará *"abajo"* un "ancho de banda de ROE" mayor que el que posee en realidad...

¿Adaptar la impedancia "arriba" o "abajo"...

Cuando la ROE en la línea de 50 ohms es diferente de 1:1, la impedancia que le presentará al equipo puede ser muy diferente de 50 ohms y esto acarrea inconvenientes a algunos equipos. Normalmente es necesario presentarle a los equipos una impedancia de carga adecuada, generalmente de 50 Ohm. La cuestión es si conviene obtener esta impedancia adaptando la antena a la línea en la antena o la línea al equipo cerca de él.

Cualquier dispositivo de adaptación de impedancias introducirá alguna pérdida adicional, *¿porqué habría que suponer que adaptar la impedancia con el arito de una Ringo, el Gamma de una Yagi o el deslizante de una Slim será mejor que hacerlo con un adaptador de impedancias cómodamente instalado en nuestro shack de trasmisión?*, máxime teniendo en cuenta que en el shack podemos ajustar la impedancia *en todas las frecuencias de la banda*, mientras al hacerlo en la antena el sistema queda ajustado *para una sola*, más aún teniendo en cuenta que a veces la impedancia de la antena varía significativamente dentro de la banda...

¿No es natural pensar que el dispositivo de adaptación expuesto a la intemperie tiene mayores probabilidades de deteriorarse que estando bajo techo?. ¿No es fácil darse cuenta que ajustar esa antena en las alturas es más peligroso para la salud que hacerlo desde un sillón?. ¿Y todo eso porque alguien nos impone una *"tablas de la ley"* llenas de mandamientos que apenas si puede justificar con oscuras y contradictorias explicaciones...?

Si las pérdidas adicionales (calculadas como acabamos de ver) por operar con estacionarias en la línea no son importantes (queda a su criterio, para mi uno o dos dB, no son materia de "vida o muerte"), puede convenir ajustar la impedancia del sistema "abajo". Para que esto sea posible en VHF, las líneas deben ser de muy buena calidad, las pérdidas de las líneas económicas son apreciables operándolas 1:1, por lo tanto las adicionales por ROE serán más notables, pero en HF, una línea común y corriente aceptará valores importantes de ROE sin introducir pérdidas inaceptables, en 80 m son perfectamente aceptables valores de 5:1 sobre un RG 213 de longitudes normales...

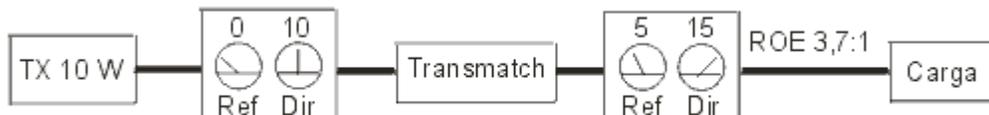
Siempre que adaptar la antena a la línea resulte fácil y las pérdidas por exceso de ROE sean

importantes probablemente convendrá ajustar "arriba"; en el 90 % de los casos restantes una buena red "L" o "Pi" abajo, proporcionará excelentes y confortables comunicados asegurando también una perfecta adaptación de impedancias entre el la línea y el equipo..

La potencia reflejada no se pierde..! (casi nunca)

A falta de demostraciones matemáticas podemos realizar un simple experimento que permite comprobarlo empíricamente de inmediato... El conjunto es fácil de armar por cualquier radioaficionado y es una interesante experiencia para realizar en el laboratorio del Club.

Elija una antena o carga que produzca una ROE significativa sobre la línea, suficiente para convencerlo (pero no infinita). Arme el esquema indicado en la figura, ajuste el transmatch (debe ser uno de bajas pérdidas) y observe lo que indican los wattímetros (no es necesario que los valores sean los del ejemplo). Obsérvelos cuidadosamente, ¿notable verdad...? Se puede ver el wattímetro de la derecha indica 15 W de potencia incidente a pesar que el trasmisor solamente produce 10 W.



Esta experiencia (que sorprenderá a más de uno), demuestra de un modo contundente las falsas concepciones sobre "la pérdida de la Potencia Reflejada".

Algunas pistas son las siguientes:

La potencia directa o incidente *no es la potencia desarrollada por el equipo*. Cuando existen estacionarias sobre la línea y el trasmisor tiene adosado algún dispositivo adaptación de impedancias, *la potencia directa es mayor que la producida por el equipo*.

La potencia reflejada no es reabsorbida o disipada (desperdiciada) por un equipo cuya impedancia esté adaptada a la línea por algún dispositivo común tal como el transmatch o el tanque Pi, por el contrario, *es reflejada nuevamente hacia la antena*, en estas condiciones, la potencia reflejada puede demostrarse que queda circunscripta a la línea de transmisión únicamente ⁽¹⁾⁽²⁾.

La potencia producida por el equipo (no la "potencia incidente") que llega a la antena **es irradiada en su totalidad** (menos la pequeña pérdida adicional en la línea de transmisión en el camino que realiza la onda reflejada hasta el transmatch y de vuelta a la antena y, por supuesto menos las propias de la antena en si) es siempre:

Potencia generada por el equipo (neta) = Potencia Incidente - Potencia Reflejada

Aunque parezca contradictorio esto no reafirma lo contrario a lo dicho, porque repito, LA POTENCIA INCIDENTE (o DIRECTA) **NO ES** LA POTENCIA DESARROLLADA POR EL EQUIPO...

Por ejemplo si el equipo desarrolla 10 W sobre una carga perfectamente adaptada, en un wattímetro intercalado en la línea (supuesta sin pérdidas o con bajas pérdidas y adaptada mediante el transmatch) obtendremos resultados semejantes a los siguientes:

Potencia directa - Potencia reflejada = Potencia neta

Línea sin ROE 10 W - 0 W = **10 W**

Línea con ROE 15 W - 5 W = **10 W**

Para el mismo equipo que en ambos casos estará desarrollando 10W...!

Ver referencias (1) y (2)

La ROE no es responsable de la ITV, las espurias y demás maleficios...

Este error común, proviene de una deducción equivocada: Muchos equipos en presencia de ondas estacionarias sobre la línea y que no están adaptados a ella mediante un transmatch se tornan INESTABLES, Esos equipos, en esas condiciones, son quienes generan armónicos y/o espurias. Las ondas estacionarias no generan espurias por si mismas y **un buen equipo no debería producirlas** ante su presencia.

Cuando existen ondas estacionarias, sobre los terminales de la línea conectados a la salida del TX, *aparece una impedancia cuyo valor puede tornarlos inestables*. Frecuentemente la responsabilidad recae sobre *un mal diseño del equipo o una operación incorrecta* (no utilizar y/o ajustar la red de adaptación - Pi/transmatch, correspondiente).

impedancias debería resolver el problema de las espurias, de lo contrario, la inestabilidad puede producirse por otra causa asociada, por ejemplo cuando se emplean antenas que precisan de una toma de tierra para funcionar, pueden aparecer problemas surgidos de corrientes de radiofrecuencia que circulan por el equipo y cables de conexión asociados (equipos que "quemán" cuando se tocan). Idéntico efecto puede producir el desbalance de la antena.

No es la ROE quien quema los equipos...

Esto ha de haber quedado aclarado con las explicaciones anteriores igualmente insistiremos en ello. Si sobre una línea de por ejemplo, 50 ohms, aparecen ondas estacionarias, es porque la antena no presenta 50 ohms; en tales condiciones el equipo tampoco "verá" 50 ohms, sino algún otro valor que dependerá de la Z de la antena y la longitud de la línea. *Es ese valor inadecuado de impedancia* quien puede dañar al equipo, no las ondas estacionarias, las ondas estacionarias pueden estar presentes, y, si mediante cualquier artilugio adaptamos la impedancia que presenta la línea a la que necesita el equipo (por ejemplo con un transformador), habremos resuelto el problema.

Imaginemos esta situación: cierta antena presenta 100 ohms a una línea de 50 ohms de media longitud de onda. Esta línea estará trabajando con una ROE de 2:1 y presentará al equipo, en estas condiciones, 100 ohms (porque las líneas de media onda "repiten" la impedancia), puesto que 100 ohms no son adecuados, construimos un simple transformador con una relación de impedancias 2:1 y lo intercalamos entre el equipo y la línea. Con esto queda resuelto el problema y el equipo deberá funcionar normalmente aunque las estacionarias sigan paseando por la línea sin producir el menor daño...

Oirá a menudo decir que esto es "engañar al equipo", es un error de concepto; los equipos *no comprenden nada acerca de ondas estacionarias, solamente están interesados en impedancias de carga, si usted les provee la que precisan ellos viven felices*. Nuestro interés en las ondas estacionarias es en referencia a su efecto en la línea de transmisión, pérdidas asociadas, sobretensiones, etc.

Por idéntica razón, un amplificador de audio diseñado para ser cargado con ocho ohms al cual se lo carga con una impedancia de 2 ohm podría dañarse, *aunque nunca hayamos oído mencionar que sobre los cables de parlantes existan ondas estacionarias...*

La ROE no varía con la longitud de la línea...

Se demuestra que para cargas puramente resistivas, la ROE puede definirse como:

$$ROE = R_L / Z_0$$

Por ejemplo a una línea de $Z_0 = 50$ ohms se la carga con una antena que posee una impedancia puramente resistiva de 100 ohms. Según la fórmula la ROE será:

$$ROE = R_L / Z_0 = 100\Omega / 50\Omega = 2 \text{ (o } 2 : 1)$$

Entonces, si la ROE es un número que únicamente depende de la relación (cociente) entre la impedancia de carga y la impedancia de línea *¿como podría variar con la longitud de la línea?*. No, no puede variar, sería como si $4/2$ pudiera resultar algunas veces 2 y otras 1,5. Cuando eso sucede es porque *algo anda mal con la calculadora*.

En la práctica probablemente encontramos estos resultados "extraños" al medirla, veamos algunos ejemplos de cuando puede suceder y su explicación:

Primero: Cuando no hay balun, la superficie conductora exterior de la línea (el lado de afuera de la malla coaxil, por ejemplo), pasa a formar parte de una de las ramas de la antena a la cual está conectada *alterando la longitud eléctrica de la antena!*, con lo cual al variar la longitud de la línea lo que realmente se está haciendo *es variar la longitud de una de las ramas de la antena!*, (la parte exterior del coaxil, debido al efecto de blindaje, no es parte de la línea de transmisión).

Instalando la antena correctamente balanceada, desacoplada de la parte exterior de la malla con un balun, y llevando la línea perpendicularmente a la antena, se evita esta situación.

Segundo: Aún cuando se hayan cuidado los aspectos del punto anterior, al medir la ROE con un reflectómetro o wattímetro direccional, podemos encontrar que la medición varía de acuerdo al lugar de la línea en que se lo intercale...

Muchos medidores (aún de buena calidad) pueden producir errores si circula corriente de RF por el lado exterior de la línea (aunque no tengan nada que ver con las estacionarias *dentro* de la ella); esta corriente normalmente tendrá diferente valor a lo largo de la línea y de allí que el error instrumental dependa de cual sea el punto en que se intercale el mismo.

Nuevamente, en lugar de deducir correctamente que hay un serio error de medición, no faltará quien nos explique que la ROE *"depende del punto donde se intercale el medidor..."* Con igual fundamento nos explicaría que la raíz cuadrada de dos depende de la temperatura, si su calculadora padece de alguna falla térmica...

Por la misma razón aparecen infinidad de recetas equivocadas: Que al medidor hay que colocarlo sobre la antena, que hay que colocarlo a media onda o a un cuarto o a un múltiplo entero de la relación entre el logaritmo del Dólar y la Libra Esterlina, o cualquier otra variante

que se le pueda ocurrir al curandero radial en cuestión...

Recuerde: si el medidor de ROE indica valores diferentes a lo largo de la línea *hay un probable error de medición y ninguno de los valores obtenidos será fiable*. (**Nota:** La ROE sí, puede ir disminuyendo progresivamente a medida que el medidor se aleja de la antena debido a las pérdidas de la línea, pero esta variación será muy gradual y relativamente pequeña).

Las corrientes circulantes por el lado exterior de la línea pueden producirse:

Desbalance importante de la antena o por inducción en la malla del cable debida campo producido por la antena.

Esas corriente pueden bloquearse, por ejemplo intercalando algunas espiras de coaxil que oficie de choke (arrollando el mismo coaxil formando una bobina). En 80 m podrían ser unos 6 a 7 m de RG-58 arrollados en unas 12 a 15 espiras juntas sobre una forma de unas 10 cm de diámetro, que nos dará más de 40 μH efectivos (teniendo presente la capacidad distribuida del bobinado). En 10 m 1 a 2 m, unas 5 o 6 espiras sobre igual forma, o intercalar manguitos de ferrite con el mismo propósito y, si es posible, derivar desde ese punto la RF a tierra. Cecil Moore (W 5DXP) sugiere no excederse de una espira por metro de longitud de onda, bobinada a dos espiras por pulgada sobre el diámetro de una botella común de gaseosa de dos litros (diámetro aprox. cuatro pulgadas) (1).

En UHF la malla puede enhebrarse y conectarse al centro de un disco conductor de radio igual a un cuarto de onda que impedirá el pasaje de la corriente más allá, como si se tratara de una "barrera de fuego".

Importante: Si la impedancia característica de la línea es diferente de aquella para la cual fue diseñado el medidor de ROE/Wattímetro (por ejemplo medir la ROE sobre una línea de 75 ohm con un wattímetro diseñado para medir en líneas de 50 ohm), el medidor indicará una variación de ROE con la longitud o la posición a pesar que la verdadera ROE sobre la línea no varíe en absoluto, **esto es un error de medición** y por él pueden presentarse ligeras variaciones en la lectura debidas a pequeñas variaciones de la Z_0 de la línea respecto de su impedancia nominal (por ejemplo si por cuestiones de fabricación la línea verdadera tiene efectivamente 55 ohms en vez de 50)

No es necesario cortar la línea a valores "especiales"...

Una línea bien terminada en su impedancia característica, presentará *siempre* sobre el lado del trasmisor una impedancia igual a la característica, no *importa cuál sea su longitud*; cualquiera de sus puntos son indistintos, no hay "longitudes especiales".

Una línea con ROE presenta sobre sus terminales de entrada propiedades que **SI** dependen de su longitud, por ejemplo: en todos los múltiplos situados a múltiplos enteros de media onda eléctrica de la antena, ella tiene la propiedad de "*repetir*" la impedancia que tiene la antena. En múltiplos impares de un octavo de onda y con cualquier carga puramente resistiva, una línea presentará sobre sus terminales de entrada una impedancia cuyo módulo es exactamente igual a su impedancia característica.

Ahora bien *¿sirven de algo estas propiedades de por sí? ¿Porqué ha de ser mejor que sobre los terminales de entrada al equipo exista una impedancia igual a la de la antena si ella fuera distinta de la que precisa el equipo?.* No hay razón para elegir largos de onda determinados a menos que sepamos exactamente *porqué y para qué lo estamos haciendo*, por ejemplo en el siguiente caso:

Imaginemos una antena que "*casualmente*" posee una impedancia puramente resistiva de 112,5 ohms. Si la alimentáramos con un cable de 75 ohms o uno de 50 ohms, cuyo largo fuera exactamente media onda, obtendríamos en su entrada una $Z_{in} = 112,5$ ohms, ique sigue siendo diferente de la que requiere habitualmente un equipo estándar de radioaficionados!... pues entonces, media onda de coaxil, aunque repita la impedancia de la antena, no sirve de mucho. Con una onda completa sucedería exactamente lo mismo. Podemos tranquilamente abandonar para siempre, la "*obligación de emplear líneas de media onda*", exigida por razones "*dogmáticas*".

Lo mismo puede decirse de cualquier otra longitud arbitraria de la línea: La impedancia de entrada no se adaptará al equipo más que por casualidad... Sin embargo, en nuestro ejemplo hay una longitud que **SI** es especial y perfecta para nuestro caso ...

Efectivamente, si la carga fuera 112,5 ohm y empleamos una línea de un cuarto de onda (o múltiplo impares de un cuarto) de **75** ohms, del lado del trasmisor habrá... ¡50 ohms...! ! *Justo el valor que nuestro equipo estaba precisando...!* por la útil propiedad transformadora de impedancia que pueden ofrecer las líneas, *igracias a las ondas estacionarias!*, porque una carga de 112,5 ohms sobre una línea de transmisión de 75, *idesde luego que tendrá estacionarias...!* (2,25:1)

Veamos ahora un ejemplo de cuando cortar la línea a media onda (o múltiplo entero de media onda) aprovecha esa cualidad de "*repetir*" la impedancia de la antena:

Imaginemos una antena que tuviera justo 50 ohms alimentada, por un cable de 75 ohms (o cualquier otro valor de impedancia característica) que nos hayan obsequiado y que además resulta ser de muy buena calidad. En ese caso, la ROE sobre la línea será de $75/50=1,5$. Empleando longitudes de media onda o múltiplos enteros de media onda, tendremos "repetidos"

en el transmisor los 50 ohms de la antena y el equipo se adaptará perfectamente, *aunque el coaxil no posea una impedancia igual a la de la antena y esté trabajando con ondas estacionarias (esta forma de trabajo es habitual en los distribuidores de potencia de los sistemas de antenas de broadcasting)*

Este es un ejemplo interesante, porque nos sugiere emplear coaxiales rígidos baratos de bajas pérdidas utilizados en troncales de video cable en VHF/UHF. Teniendo presente que una ROE de 1,5 producirá pérdidas adicionales despreciables, prácticamente inmedibles, que pueden estar en el orden de 0,1 dB tanto en VHF como en UHF, es una solución excelente. (si le "recetan" la utilización algún adaptador de 50 a 75 para eliminar pérdidas, exija garantía firmada ante escribano público de que dicho adaptador introducirá pérdidas inferiores a la de la misma línea desadaptada...)

Especular con el largo de la línea puede ser muy útil, como se ha visto en los ejemplos, con la condición de comprender bien sus propiedades para aprovecharlas en nuestro favor.

La línea no irradiará por tener ondas estacionarias...

La corriente de radiofrecuencia proveniente del transmisor hasta que llega a la antena circula únicamente por el interior del cable coaxil; no puede escapar de él debido al blindaje que ofrece la malla. Lo mismo sucede con la onda reflejada: **ella viaja por el interior del cable coaxil y tampoco puede escapar de él por la existencia del blindaje**, (esa es precisamente una de las razones por las que se emplea el cable coaxil). Por eso **tampoco la onda reflejada puede ser irradiada por el coaxil**. Lo que usualmente hace que la línea irradie es el desbalance de la corriente por falta de balun, corrientes inducidas sobre la parte exterior de la línea por acoplamiento mutuo con la antena, etc.

Porqué la instalación de un balun modifica la ROE

La función del balun es vincular un elemento balanceado (por ejemplo la antena dipolo) a un elemento desbalanceado (la línea coaxil) haciendo lo necesario para armonizar estas condiciones. A veces el balun puede ser simultáneamente transformador de impedancia, como en el balun de relación 4:1 y otras no (balun de relación 1:1).

Puesto que la ROE es una relación entre la impedancia de la antena y la impedancia de la línea, un buen balun de relación 1:1 vemos que no altera esa relación y por ende tampoco la ROE. El hecho de que la instalación del balun modifique la ROE resulta de dos situaciones principales:

1. Cuando una antena balanceada como el dipolo se alimenta directamente desde un coaxil sin balun, una cierta longitud de la parte exterior de la malla del coaxil pasa a formar parte de la rama del irradiante que está conectada a ella, produciendo una variación en la longitud efectiva de la antena; eso puede hacer que la frecuencia de resonancia de la antena difiera de la esperada considerando la longitud del dipolo únicamente. Al instalar el balun, ese efecto desaparece y el sistema resuena en la frecuencia prevista lo cual hace disminuir la ROE. No es muy correcto decir que el balun ha "bajado" la ROE, sino más bien que ha evitado la desintonía de la antena y por eso el valor disminuyó la desadaptación. Otras veces, sin embargo, al instalar el balun, la ROE aumenta porque el sistema puede haber sido llevado a resonancia acortando la antena y, al desaparecer el efecto de la longitud adicional que agrega la parte exterior del coaxil, la antena "nos queda corta", tampoco es justo decir aquí que el balun "aumentó la ROE"
2. En oportunidades al instalar un balun con núcleo ferrimagnético, la ROE disminuye y el ancho de banda de ROE aparente de la antena mejora, frecuentemente se debe a que el balun tiene pérdidas que aumentan al haber mayor reactancia en las frecuencias en que la antena está más desintonizada, haciendo que la ROE "se planche". Eso no constituye una mejora, por el contrario revela un **empeoramiento** del rendimiento del sistema (por las pérdidas adicionales).

Nota acerca de las relaciones causa - efecto

Una de las situaciones que más tiende a confundir al aficionado es el establecimiento de relaciones causa - efecto equivocadas. Tomemos un analogía corriente: cuando enfermamos, digamos de sarampión, nuestro organismo responde con un aumento de temperatura corporal y una erupción en la piel. Todos sabemos que el sarampión es una enfermedad que produce ambos síntomas, la erupción y el aumento de la temperatura, porque así nos lo han enseñado; es posible que alguna persona sin conocimientos médicos, deduzca que la erupción se produce "a causa" de la elevación de temperatura. Lo mismo sucede en una tormenta; pareciera que el relámpago es responsable del trueno porque lo vemos primero (pues la luz viaja más rápido que el sonido). Pero en realidad tanto el relámpago (el destello luminoso) como el trueno resultan de la violenta descarga eléctrica que da origen simultáneamente a los dos.

La ROE, como la fiebre, muchas veces es solamente una indicación de otro problema (verdadero responsable de los efectos indeseables percibidos), no la causa de ellos. Por ejemplo, supongamos que por alguna razón falla el balun, debido a eso la antena se desbalancea y la ROE aumenta. Simultáneamente observamos que nuestra emisión comienza a interferir equipos

de audio, teléfonos, el micrófono quema, etc. Una conclusión sería que todos esos desperfectos son "*culpa de la ROE*", pero resulta apresurada:

La causa fue el desbalance ese desbalance dio origen a corrientes por la parte exterior del cable coaxial que se dirigen a tierra a través de los equipos y el resto de la instalación eléctrica, La radiación de esa corriente produjo los inconvenientes en los aparatos... también produjo un aumento en la ROE, que en ese aspecto *fue totalmente inocuo*.

Si la radio es un hobby - ciencia, entonces es necesario adquirir aunque más no sea de a poco, hábitos científicos que nos ayuden a reconocer las verdaderas causas de los efectos observados y resguardarnos de falsas interpretaciones que complican la resolución de problemas. Aunque sean "*Vox Populi*", recuerde que las leyes de la física *no se votan democráticamente*. Recorra a literatura seria para verificar los temas polémicos como este, toda vez que sea necesario.

(1) www.ibiblio.org/pub/academic/agriculture/agronomy/ham/ANTENNAS/20060812.ant

Continuará...

Copyright © 2000 - 2006 Miguel Ricardo Ghezzi - LU 6ETJ - Argentina.

[Volver a la página principal](#)

Bibliografía consultada y/o sugerida:

Una excelente y completísima revisión de todo el tema puede encontrarse en una serie de artículos publicados en QST a partir del abril de 1973 titulado:

(1) MAXWELL, Walter (W2DU/W8KHK), "*Another look at reflections*", QST, abril - agosto 1973 — "*Some Aspects of the Balun problem*". QST, Marzo 1983.

(1) BLOOM, Jon (KE3Z), "*Where does the power go?*", QEX, diciembre 1994

Sobre la teoría fundamental acerca de la ROE y las propiedades de las antenas como recolectores y radiadores de energía electromagnética puede consultarse el libro:

TERMAN, Frederick E. (*), "*Ingeniería de radio*", Editorial Arbó, Bs. As. 1952. (Traducción al castellano por el Ingeniero Humberto Ciancaglini).