

Lucha contra las interferencias y el ruido eléctrico

La vida en común, en cualquier faceta que se considere, es un juego de cierta limitación de los derechos propios en favor de los derechos de los demás. Las interferencias de radio y el ruido eléctrico son una manifestación más de ese juego.

Xavier Paradell, EA3ALV

El problema de las interferencias entre equipos que usan o generan energía de radiofrecuencia (RF) durante su funcionamiento, o como consecuencia de él, ha de contemplarse en su *doble dirección*. Una dirección atañe a las perturbaciones radioeléctricas que un equipo eléctrico o electrónico, no específicamente destinado a generar RF, origina a instalaciones legalmente establecidas y otra se refiere a la perturbación en el funcionamiento que algún equipo eléctrico o electrónico recibe como consecuencia del funcionamiento de un sistema transmisor de RF perfectamente homologado. Resumiendo, digamos que pueden darse dos casos de interacción perjudicial o, como se la denomina técnicamente, *incompatibilidad electromagnética*:

1 - Incompatibilidad entre un equipo no generador específico de RF y un receptor.

2 - Incompatibilidad entre un transmisor de RF y un equipo electrónico cualquiera.

Este trabajo se desarrollará, pues, en estas dos vertientes. En el primer caso se trata del problema que afecta a la recepción de señales de radiocomunicación como consecuencia de la radiación de señales perturbadoras por parte de equipos cuyo destino no es específicamente generar energía de RF y que en su funcionamiento genera y radia energía de RF de nivel indebido.

El receptor como elemento afectado

El uso masivo de aparatos electrónicos dotados de circuitos de medida y control bajo técnica digital ha propiciado un aumento sensible del nivel de interferencias y ruido eléctrico de origen humano. Así pues, uno de los peores inconvenientes con los que debe enfrentarse el radioaficionado que habita en núcleos urbanos es el nivel de ruido eléctrico de origen humano, en constante aumento a lo largo de la última década. Este nivel puede, en muchas ocasiones, hacer tan incómoda e ineficaz la operación de una instalación de radio que acabe desanimando al aficionado. En las líneas que siguen trataremos pues, de las interferencias que *recibe* el radioaficionado y qué se puede hacer para eliminarlas o, por lo menos, reducir su nivel a valores soportables. No hay remedios universales contra las interferen-

cias y el ruido eléctrico, pero aun así, es posible luchar contra los peores efectos de los mismos haciendo uso de algunos recursos. En esta breve exposición trataremos de exponer algunos de ellos que se han mostrado eficaces en alguna medida.

Dos categorías de perturbación

Las perturbaciones radioeléctricas de origen humano pueden ser agrupadas en dos categorías: las de *espectro coherente* y las de *espectro difuso*, según su energía se manifieste a intervalos definidos o bien la misma se extienda de manera continua sobre amplias zonas del espectro radioeléctrico. A las primeras las denominaremos *interferencias* y a las segundas, *ruido eléctrico*.

Las *interferencias* están caracterizadas porque la señal perturbadora es de naturaleza discreta y puede ser localizada en una o más frecuencias en un receptor selectivo; son ejemplos típicos de ellas las señales generadas por la exploración o barrido horizontal de los televisores y pantallas de ordenador, las procedentes de la señal de vídeo de monitores de ordenador, las que se originan en los circuitos de control electrónico de motores, etc. Otra fuente conocida son los convertidores CC/CC, que forman parte esencial de todas las fuentes de alimentación de los ordenadores personales (PC) y de la mayoría de receptores de TV y de monitores de ordenador.

En todos los casos reseñados, las señales perturbadoras se repiten a intervalos regulares a lo largo del dial, cubriendo anchos de banda en ocasiones muy considerables.

El *ruido eléctrico* es de naturaleza aleatoria; es decir, no se le puede asignar una frecuencia característica y la señal cubre en forma continua extensas gamas del espectro con niveles de intensidad poco dependientes de la frecuencia (aunque pueden darse también variaciones cíclicas en su intensidad). No trataremos aquí el ruido de procedencia exterior, llamado también ruido *galáctico* o *cósmico*, de intensidad generalmente moderada y cuyos efectos, aunque perturbadores, no lo son ni mucho menos, en la medida en que lo es el ruido eléctrico de origen humano. Es de notar, sin embargo, que consideradas con estricto rigor científico,

este tipo de señales perturbadoras de banda ancha generadas por el hombre son en realidad escasas y que la mayoría de las señales que corrientemente clasificamos como ruido son en realidad señales coherentes, aunque con un espectro de líneas muy juntas, que las aproximan a los efectos del ruido aleatorio. Son ejemplos de ruido eléctrico el producido por una lámpara de descarga gaseosa o el generado en un arco de soldadura eléctrica. Entran en esta categoría los zumbidos generados por las válvulas de autodescarga de líneas eléctricas de alta tensión y que, aunque presentan un espectro con grupos de líneas muy juntas (50 Hz), su naturaleza de banda ancha las asimila al ruido difuso.

Fuentes de interferencia

En un entorno urbano son numerosas, por desgracia, las posibles fuentes de interferencia radioeléctrica. Muy próximos a los equipos de radio tenemos ordenadores personales y controladores (TNC). Con toda seguridad, más o menos cerca de nuestro QTH existirán generadores de RF para tratamiento industrial (secado, soldadura, curvado de tuberías, etc.) y para electromedicina (diatermia, depilación, resonancia magnética, etc.) y frecuentemente instalados en condiciones no idóneas para limitar el nivel de señal radiada indebidamente. Y en el ámbito más próximo, tenemos emisoras próximas (AM o FM), teléfonos inalámbricos, otras estaciones de radioaficionado y CB, etc.

Ordenadores personales. Uno de los dispositivos perturbadores que podemos tener más cerca es el ordenador personal. Todos los ordenadores llevan incorporados diversos osciladores para regular el funcionamiento de sus circuitos; la mayoría de ellos son osciladores a cuarzo y, por ello, de frecuencia notablemente estable. Sin embargo, la frecuencia de esos osciladores no se usa a su valor inicial, sino como base para generar otras mediante sintetizadores o divisores/multiplicadores. O incluso, como en muchos PC modernos, se utilizan técnicas de «espectro expandido» para el oscilador del reloj principal (*clock*), con el fin de reducir el nivel de interferencia en una frecuencia específica, a cambio de extenderla, en forma de ruido, sobre una banda amplia.

Un nuevo tipo de interconexión entre PC y otros dispositivos es el denominado USB (nada que ver con banda lateral única), que son las siglas correspondientes a *Universal Serial Bus*. El reloj interno del bus USB funciona a 48,007 MHz, sintetizado a partir del cuarzo de 14,318 MHz, presente en todos los PC. El tercer armónico de esa frecuencia (que es el más intenso que genera una señal rectangular de conmutación) cae en 144,021 MHz, precisamente en la zona donde más silencio desean los aficionados al rebote lunar. El TNC, provisto también de un procesador, genera algo de señal perturbadora, aunque al estar diseñado específicamente para funcionar en conjunción con equipos de radiocomunicación, los fabricantes toman todas las precauciones necesarias para que su uso no resulte problemático.

Generadores industriales. Las potencias puestas en juego por algunos tipos de generadores industriales de RF y algunas características de su arquitectura, hacen que sea muy difícil impedir que su funcionamiento resulte perturbador. Especialmente los electrodos de los hornos de secado de madera y los de doblado y soldadura de plástico, debido a su geometría abierta, se convierten en verdaderas antenas que radian considerables cantidades de energía de RF conta-

minante. Además, muchos de ellos de diseño antiguo están constituidos por osciladores autoexcitados con pobre estabilidad de frecuencia. El valor de la frecuencia generada depende, entre otras cosas, del tipo y estado del material interpuesto entre los electrodos, por lo que la señal radiada varía entre amplios límites durante el ciclo de funcionamiento.

Emisoras próximas. Las estaciones de radiodifusión, como todo generador de RF, radian armónicos de su frecuencia fundamental y, eventualmente, señales espurias debido a funcionamiento fuera de márgenes de alguno de sus dispositivos. Una estación de radiodifusión en los 1.260 kHz de la onda media, por ejemplo, puede presentar en determinadas condiciones, un 3^{er} armónico en 3.780 kHz y sus alrededores que perturbe considerablemente la escucha de señales débiles de DX. Aunque es poco probable, el 5^o armónico de una estación local del extremo bajo de la banda de FM puede caer dentro de la banda de 430-440 MHz; por ejemplo, 88,0 MHz x 5 = 440,0 MHz. Asimismo, la proximidad a una emisora de radiodifusión potente puede dar lugar a sobrecargas de la etapa de entrada del receptor y a fenómenos de rectificación local que generen armónicos no contenidos en la emisión principal.

Teléfonos inalámbricos. Los teléfonos inalámbricos (no los impropriamente llamados de «telefonía móvil», que deberían denominarse *portátiles*) operan en dos márgenes de frecuencias: la banda de 33 MHz y la banda de 49 MHz. Si bien los primeros no presentan problemas por radiación de señal principal o armónicos (excepto quizá la posibilidad que se saturen por la presencia de una transmisión potente en la banda de 29 MHz), los segundos son susceptibles de ofrecer incompatibilidades con los equipos de 50 MHz.

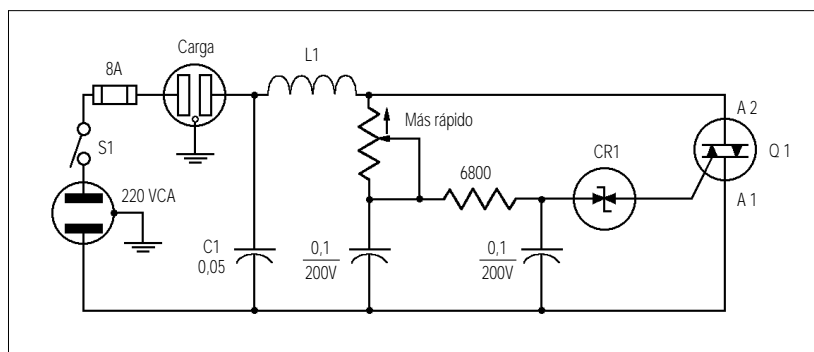


Figura 1. Esquema típico de un regulador para motor universal (con escobillas) como los utilizados en los taladros de mano. La bobina L1 y el condensador C1 constituyen el filtro antiparásito.

Fuentes de ruido

Barrido de pantallas de TV. Las relativamente elevadas intensidades que se manejan en la etapa de barrido horizontal de los televisores y pantallas de ordenador (especialmente los de pantalla muy plana y cuello corto), unidas a su forma de onda en diente de sierra y a la longitud de las conexiones internas, hace que esos circuitos sean unos potenciales emisores de señales de alta frecuencia. Las señales generadas por ellos se repiten cada 15.625 kHz si se trata de receptores de TV u otras frecuencias más altas si se trata de pantallas de monitor de ordenador y están, además, moduladas en amplitud a bajo nivel por señales de 50 Hz, debido a la influencia de los circuitos de corrección de geometría del tubo de imagen. Estas señales y sus armónicos se propagan mayormente por conducción sobre

las líneas de suministro de energía y por inducción sobre la malla de la línea de antena o del cable de vídeo que las une al ordenador.

Fuentes conmutadas. Por razones de eficiencia eléctrica, peso y coste, todos los ordenadores personales y los televisores construidos en los últimos diez años alimentan los distintos circuitos haciendo uso de fuentes conmutadas. Estas fuentes se basan en la interrupción de una tensión continua obtenida a expensas de rectificación de la red y funcionan a frecuencias entre 30 y 70 kHz y utilizan señales rectangulares y triangulares, con un elevado contenido armónico. Los armónicos de esa señal de conmutación pueden propagarse a la red y alcanzar niveles importantes si el sistema de filtro pasabajos de red (que obligatoriamente deben equipar todos los ordenadores y televisores) no es lo bastante eficaz. Las señales emitidas son de frecuencia ligeramente inestable (dependiente del brillo medio de la imagen y del volumen sonoro en los televisores, entre otros factores) y se las encuentra a intervalos en todo el espectro de HF.

Vídeo de pantallas de TV u ordenador. Además del barrido horizontal del haz, para el que la mayoría de pantallas (monitores) de ordenador personal usan frecuencias de barrido distintas y más altas que los televisores y que, al igual que en aquellos, produce señales interferentes, la señal de vídeo que se aplica al tubo de imagen contiene componentes de alta frecuencia ricos en armónicos y alcanza valores de hasta 100 V. Esta señal de vídeo puede inducirse a las conexiones de la pantalla con el ordenador o al cable de red y éstos actuar como antena. La interferencia creada es del tipo coherente; es decir, aparece en unos puntos concretos del dial del receptor en forma de silbido ronco que cambia con el contenido de la imagen. Frecuen-

temente, generando una imagen diferente, la interferencia cambia de frecuencia, dejando limpio el canal interferido. Aunque la mayoría de pantallas actuales de buena marca llevan filtros y blindajes adecuados, que reducen las interferencias a un mínimo tolerable, algunos monitores de ordenador de bajo precio adolecen de carencias en ese aspecto.

Elementos de control de dispositivos de CA. Numerosos dispositivos alimentados con corriente alterna (motores, calefactores, lámparas de incandescencia y otros) (figura 1) regulan su potencia mediante circuitos de control que «recortan» la onda senoidal de la red, de forma que la energía se aplica sólo durante una parte del ciclo. Ese corte brusco de la energía produce armónicos hasta frecuencias muy elevadas. Además, no es infrecuente que los propios semiconductores que efectúan la conmutación generen oscilaciones parásitas durante algunos instantes del ciclo. Estas oscilaciones parásitas y los armónicos de la frecuencia de conmutación, si no son filtrados muy eficazmente, circulan por los cables de la instalación eléctrica, que actúan como antena.

Otra frecuente fuente de perturbaciones tiene su origen en fugas en aisladores o dispositivos de protección en torres o transformadores de alta tensión. La señal que producen estos dispositivos cuando son defectuosos es un zumbido a 50 Hz de banda ancha y de amplitud variable con las condiciones atmosféricas, especialmente la humedad relativa ambiente.

Lámparas de descarga gaseosa (de bajo consumo). Las modernas lámparas domésticas de bajo consumo están basadas en la excitación de una capa de material fluorescente por la radiación ultravioleta generada en una descarga entre dos electrodos en una atmósfera de gas a baja presión. Al envejecer la lámpara, esta descarga gaseosa se hace inestable y esa inestabilidad puede llevar al dispositivo a entrar, durante un instante del ciclo, en un estado de «resistencia negativa» en el cual parte de la energía recibida se transforma en frecuencias «bajas» (HF) en lugar de la radiación ultravioleta esperada, que es también energía de RF, pero de frecuencia mucho más elevada. La naturaleza del gas en el que se efectúa la descarga hace que la RF generada no tenga una frecuencia definida, sino que se extiende a lo ancho del espectro radioeléctrico, generando «ruido». Sin embargo, como estas lámparas están alimentadas con corriente alterna, el fenómeno tiene la recurrencia de 50 Hz de la red y el ruido está modulado a esa frecuencia. Otras lámparas de descarga gaseosa, como las de vapor de mercurio (azuladas) y de vapor de sodio (amarillas) utilizadas en el alumbrado público, también sufren de ese fenómeno de generación de RF cuando envejecen. Los postes metálicos del alumbrado público, en especial, que están puestos a tierra en su base, actúan como eficaces antenas verticales de cuarto de onda y de un factor Q bastante elevado, por lo que no es raro escuchar ruido de esa naturaleza con anchos de banda reducidos en las frecuencias correspondientes a la de resonancia del poste.

Líneas de datos. Una posible fuente de perturbaciones, aunque por fortuna aún poco corriente, es la señal radiada por la circulación de datos a alta velocidad por líneas telefónicas (DSL o *Digital Subscriber Line*). A pe-

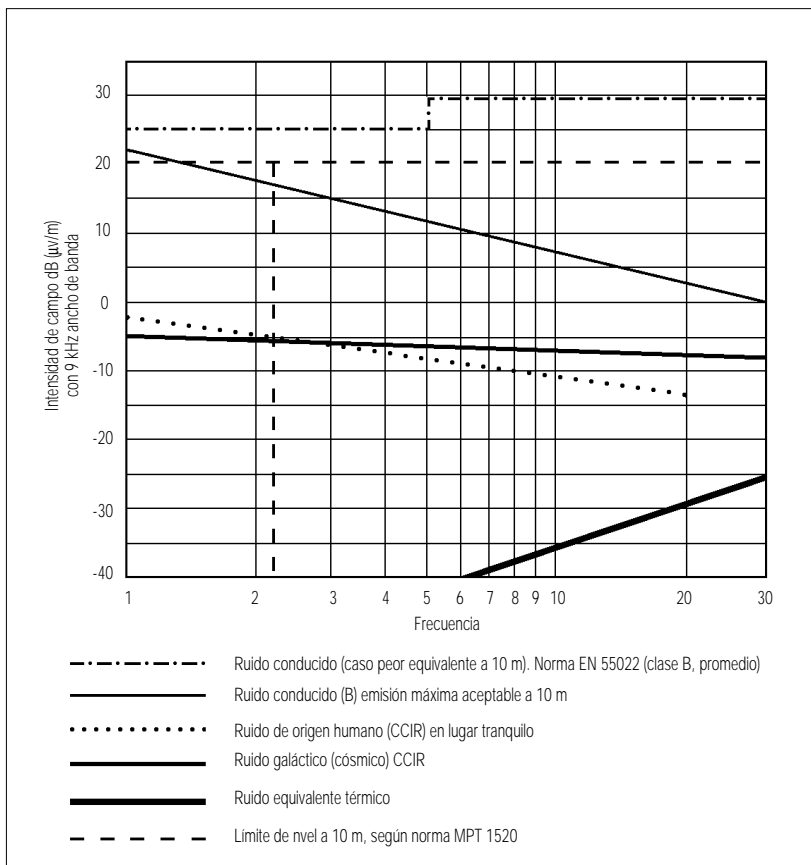


Figura 2. Gráfico de los niveles aceptables, en función de la frecuencia, del ruido inyectado en la línea de conducción de energía por un aparato eléctrico.

sar que tales líneas son del tipo trenzado y por ello poco propicias a radiación, en ciertos casos se ha informado de señales radiadas en frecuencias y a niveles que alcanzan valores suficientes para ser detectados por un receptor común. Concretamente, se tiene constancia de tales interferencias en banda de radiodifusión (AM) y en la de 160 metros en las proximidades de una línea telefónica aérea que servía los ordenadores de un banco de Barcelona. Advertidos el banco y la compañía telefónica de esa circunstancia, se sustituyó la línea y el problema desapareció.

Una posibilidad de este tipo que está próxima a aparecer es el uso de las líneas de distribución de energía eléctrica para la transmisión de datos PLC (ver *CQ Radio Amateur*, núm. 188, Agosto 1999, pág. 32, «Proyecto Powerline») y que podría empeorar el panorama del ruido difuso.

Ruido radiado y ruido conducido

El ruido que alcanza la etapa de entrada de un receptor, y que determina el nivel mínimo de señal detectable, puede llegarle por dos vías: por *radiación* directa desde el dispositivo perturbador y captación desde la antena y los cables de alimentación de ésta o por *conducción* a través de la red eléctrica, que a su vez puede actuar de antena. La radiación directa de la señal es posible si la longitud de las conexiones por las que circula la señal perturbadora es suficiente para crear un campo electromagnético de bastante magnitud y si, además, estas conexiones no están encerradas en un blindaje electrostático. Ejemplos de ruido radiado directamente por conexiones lo tenemos, por ejemplo, en los circuitos de deflexión de los tubos de imagen, como veremos luego.

Señal simétrica y asimétrica. La perturbación conducida hacia el exterior de cualquier dispositivo capaz de generar señales de ese tipo lo es, en gran medida, a través de los cables de alimentación. La señal puede aparecer en las líneas de *dos hilos* en dos formas: como señal *simétrica* (de igual nivel en cada hilo y en contrafase o como señal *asimétrica*, en fase sobre ambos hilos respecto al hilo de tierra, llamándose en ese caso señal *en modo común*). Para evitar la propagación de señales perturbadoras conducidas por la red, las normas de compatibilidad electromagnética (CE) de todos los países desarrollados obligan a los fabricantes a instalar filtros eficaces contra ambos modos de conducción parásita a través de los cables. Estos filtros incorporan bobinas de choque en serie y condensadores en paralelo especialmente diseñados para soportar la tensión nominal de la red y los posibles transitorios.

De ambos modos de propagación, el más pernicioso es el de *modo común*, ya que convierte a toda la instalación eléctrica en una gran antena, mientras que en el *modo simétrico* las señales de ambos cables tienden a cancelarse mutuamente. Debemos hacer patente, sin embargo que, dado que no existe el filtro de atenuación infinita, todas las normas de compatibilidad electromagnética aceptan que las líneas eléctricas resulten «contaminadas» con cierta cantidad de ruido eléctrico; el que el nivel total, resultante de esa contaminación colectiva, sea o no el que deseáramos los demás usuarios de la red es otra cuestión. El gráfico de la figura 2 muestra los niveles aceptables para ruido conducido sobre las líneas de conducción de energía eléctrica.

Equipos ajenos afectados por RF

Con el apelativo de «ajenos» queremos denominar todos los dispositivos no dedicados específicamente a las comunicaciones bilaterales por radio y que, de una forma u otra, ven afectado su funcionamiento por la influencia de un campo de RF. La relación de tales aparatos cubre televisores, sistemas de videograbadores magnéticos, teléfonos, sistemas amplificadores de baja frecuencia de todo tipo, etc.

Normativa de compatibilidad. Desde 1996, en que empezaron a entrar progresivamente en vigor en los países de la Unión Europea, una serie de directivas relativas al tratamiento de la *compatibilidad electromagnética* tratan de compaginar el uso de dispositivos que durante su uso, necesariamente, usan o generan energía de RF. Estas normativas definen los niveles máximos de energía de RF no necesaria que pueden emitir o introducir en las redes los aparatos eléctricos y electrónicos, como asimismo el nivel de señal de RF (o campo de RF) que deben poder soportar los equipos en sus terminales o en su conjunto sin ver sustancialmente alterado su funcionamiento. Sin embargo, tales directivas europeas se están aplicando a ritmo lento, para no perjudicar excesivamente los intereses de fabricantes y distribuidores, así que es posible encontrar todavía en el

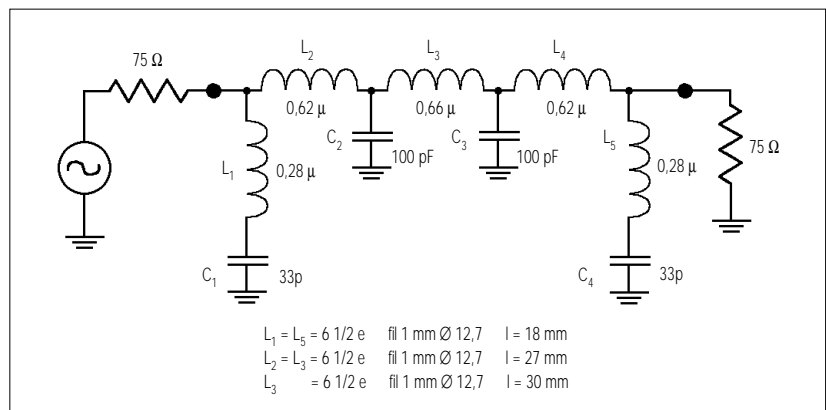


Figura 3. El filtro pasabajos típico está formado por varias secciones en «pi» en cascada, con una frecuencia de «corte» alrededor de 35 MHz y una impedancia de 75 Ω en ambos extremos.

mercado aparatos que han sido aprobados bajo normas benevolentes en exceso. Un caso típico son los aparatos telefónicos, que están siendo ensayados bajo el campo de una portadora sin modular, caso que no corresponde a la realidad. En las líneas que siguen trataremos de enumerar los equipos más corrientemente afectados, los efectos de las posibles incompatibilidades y los remedios más conocidos para ellas.

Vías por la que se produce la perturbación. Son cuatro los caminos por los que un equipo ajeno puede verse afectado por incompatibilidad electromagnética:

- Armónicos de la señal principal que caen dentro de la banda utilizada por ese aparato.
- Sobrecarga de la etapa de entrada por la señal fundamental.
- Captación directa por los circuitos y conexiones externas.
- Bucles de conexionado.

Armónicos de la señal. La señal de cualquier transmisor contiene, inevitablemente, armónicos de la señal principal. La amplitud máxima de esos armónicos está estrictamente reglamentada y su nivel se reduce hasta niveles tolera-

dos por medio de los filtros pasabajo de que están dotados todos los equipos modernos. Los equipos antiguos a válvulas vienen equipados casi universalmente con un filtro de salida en «pi» que es, esencialmente, un filtro pasabajos. El nivel de los armónicos resultantes, aunque bajo, puede ser suficiente para interferir apreciablemente la señal de algún canal de TV que llegue en condiciones marginales. Eran típicos, por ejemplo, los problemas de los radioaficionados de zonas cubiertas por el canal 4 de la Banda I, que se veían constreñidos a restringir el uso de la banda de 15 metros (21 MHz) porque el tercer armónico de esa banda ($21 \times 3 = 63$) cae dentro de la banda del canal 4 (61 - 68 MHz). O el sexto armónico de 29,1 MHz, que cae dentro del canal 5 de la Banda III. En la actualidad y afortunadamente, con la progresiva eliminación de los transmisores de TV de esas bandas y su desplazamiento a las bandas de UHF tales problemas son cada vez menos frecuentes. Ni que decir tiene que la superación de un problema de esa índole pasa por la instalación de un filtro *pasabajos* (figura 3) o de un filtro *parabanda* (figura 4) eficaz entre el emisor y la antena, aunque una segunda vía puede ser la mejora de la instalación de antena del equipo afectado, proporcionando más señal útil y con ello mejor rechazo de la indeseada.

Sobrecarga por fundamental. Muchos preamplificadores de VHF y UHF, como los utilizados en los sintonizadores de los televisores y los amplificadores colectivos utilizan un circuito de entrada aperiódico (es decir, no sintonizado) porque ello proporciona mejor relación señal/ruido. Una entrada aperiódica aún dotada, como es usual, de un filtro pasaaltos elemental, es susceptible de dejar pasar suficiente nivel de una señal de frecuencia mucho más baja, hasta el punto de sobrecargar el transistor preamplificador, produciendo intermodulación con las señales débiles. En este caso, ningún dispositivo de filtro aplicado al emisor será eficaz, ya que el problema radica en la captación indebida de una señal por completo fuera de la banda utilizable por el dispositivo afectado. El remedio estriba en intercalar, entre la antena receptora y la entrada del preamplificador, bien un filtro pasaaltos (figura 5) que reduzca apreciablemente el nivel de las señales de frecuencia inferior a la menor a utilizar o bien un filtro parabanda que impida el paso de la fundamental causante de la sobrecarga. Al respecto debemos señalar que la normativa vigente para amplificadores de antena para TV rechaza específicamente como no homologables los amplificadores de banda ancha, sin ningún circuito sintonizado.

Por captación directa. Son numerosas las referencias de captación de señales procedentes de equipos de radioaficionado por parte de equipos de amplificación de baja frecuencia, sistemas de altavoces exteriores de televisores y cadenas de alta fidelidad, como son numerosas las anécdotas jocosas y desagradables por esta misma causa. Últimamente, a la larga lista de dispositivos susceptibles de sufrir ese problema se han unido los altavoces con amplificador integrado que se usan como complemento de los ordenadores multimedia y dotados de tarjeta de sonido. En todos los casos la causa es la misma: la captación de señal de RF por los cables de señal que entran/salen del aparato y la rectificación o detección de esas señales por parte de algún elemento no lineal de los mismos.

Bucles o lazos de conexionado. Las interconexiones entre diversos equipos, o entre las distintas partes de un equipo pueden dar lugar a bucles o lazos de

cierta longitud y configuración que actúen como antena, resonando espontáneamente en frecuencias ajenas a las utilizadas por el propio equipo afectado. Son típicos los lazos que se forman entre los diversos equipos que constituyen una cadena de alta fidelidad, cada uno de los cuales puede incorporar su propia toma de tierra a través de la clavija de la red y un desacople de RF del chasis hacia la red a través de un condensador. No es infrecuente observar también en los aparatos de TV, de un lazo de RF entre la red de energía y la toma de tierra de la antena colectiva. Estos lazos largos son muy perniciosos, ya que pueden captar mucha energía de RF a frecuencias bajas, por ejemplo, de la banda de 3,5 o 7 MHz.

Qué hacer para remediar problemas en un equipo ajeno

Ante cualquier reclamación planteada por un vecino afectado por un problema de interferencia, captación de señal o mal funcionamiento de un aparato cualquiera, debemos proceder de la siguiente manera:

- Sea paciente y amable, aunque el reclamante no lo sea. Ofrezcale su colaboración para solucionar el problema, pero sea muy firme en dejar bien establecido que su estación es perfectamente legal y que Ud. está en su derecho al usar la radio. Rechace con firmeza, aunque cortésmente, el argumento «Si Ud. no transmite, no pasa nada».

- No reconozca inmediatamente que Ud. es el causante del problema. Efectúe las comprobaciones debidas que muestren una correlación inequívoca entre el funcionamiento de su estación y la aparición del problema en el equipo afectado. No es infrecuente que la reclamación se dirija al radioaficionado más próximo o que tiene la antena más aparatosa, mientras que la causa real es otra.

- Evite intervenir en el aparato afectado. Haga que sea el reclamante quien lo maneje y le muestre los efectos del mal funcionamiento. Pida a un amigo que opere su estación mientras Ud. está en casa del vecino; un par de *walkies* que permitan la coordinación de acciones son una buena ayuda.

- A lo sumo, acepte insertar personalmente en la conexión de antena (u otro cable) un filtro adecuado y que sea el reclamante quien compruebe si es eficaz y ha desaparecido el problema y así lo reconozca. Incluso así, no reconozca ninguna clase de culpa propia e insista en que su estación está perfectamente homologada.

- Sea cual sea el tipo de aparato afectado, resulta muy convincente que el de nuestra propia casa funcione correctamente. Es muy importante, pues, asegurarse que en casa no padecemos ninguno de los problemas que nos puedan ser reclamados.

- Si sospecha que la causa está en una deficiente instalación de antena o en un problema del aparato afectado, aconseje al propietario del mismo que solicite los servicios de un técnico cualificado y advierta que no efectuará ninguna otra acción hasta que un técnico haya revisado la instalación afectada.

Televisores y amplificadores colectivos de TV.

Los receptores de TV y los amplificadores colectivos de TV pueden verse afectados por nuestra señal de RF por tres vías de las mencionadas antes:

a) por captación de un armónico de nuestra señal y que caiga en la banda de un canal de TV; b) por sobrecarga de la etapa de entrada del aparato, ya sea receptor individual o amplificador colectivo y c) por bucles de tierra en la antena; los lazos de tierra se manifiestan en perturbaciones en la imagen y/o el

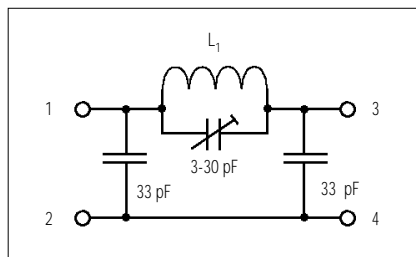


Figura 4. Un filtro parabanda está diseñado para atenuar las frecuencias comprendidas entre dos valores, dejando pasar todas las demás sin atenuación apreciable.

sonido que desaparecen completamente si se sustituye la antena colectiva por una antena interior.

El caso *a)* se resuelve, ordinariamente, añadiendo filtros pasabajos a la salida del transmisor hasta lograr la atenuación suficiente para que el nivel de radiación quede por debajo del umbral perceptible, separando las antenas de emisión y de TV o, en último caso, reduciendo la potencia de emisión hasta que la perturbación sea de nivel soportable.

El caso *b)* solo puede ser resuelto actuando en el extremo del receptor afectado, intercalando filtros pasaaltos, si se trata de un receptor de TV, que reduzcan la captación de las señales de frecuencia más baja, impidiendo así la sobrecarga de la etapa de entrada y la generación de intermodulación. Un filtro pasaaltos es el que se muestra en la figura 5. Un caso especial en el que no es posible utilizar un filtro pasaaltos convencional es cuando el amplificador (o receptor de satélite) está alimentado a través del conductor central del cable coaxial, ya que los condensadores del filtro interrumpen el paso a la corriente continua (CC) de alimentación.

El problema descrito como *c)* es atacable intercalando un filtro que comporte la *interrupción de la malla* del cable coaxial para las señales de HF, sin afectar con ello la transferencia de las señales de VHF y UHF. Son dos las soluciones técnicas para lograr un filtro de ese tipo: añadir suficientes anillos de ferrita en la malla del cable coaxial, o

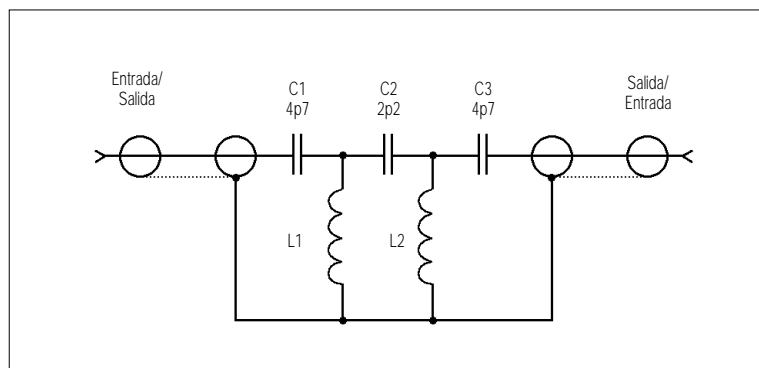


Figura 5. El filtro pasaaltos de la figura corta las señales por debajo de 400 MHz y deja pasar las correspondientes a los canales de TV de las bandas IV y V (UHF). No debe utilizarse en instalaciones donde se usen aún canales de la banda III (canales 5 al 12) o canales de TV por cable.

intercalando una longitud de cable coaxial delgado arrollado sobre un toroide de grado adecuado para que ésta presente una elevada impedancia a las señales de HF, impidiendo su propagación hacia el interior del aparato o, en casos rebeldes, insertar en el cable coaxial de antena del televisor un verdadero transformador de banda ancha que permita el paso de las señales de V-UHF con poca atenuación e interrumpa completamente la circulación de señales de HF gracias a la separación de los devanados primario y secundario (cortando así la malla del cable coaxial) y a una reducida capacidad entre primario y secundario. Un transformador de ese tipo se muestra en la figura 6.

Videos. Las cintas magnéticas usadas en los aparatos grabadores-reproductores de vídeo usan una banda de señales comprendida entre 25 Hz y 4 MHz, aproximadamente. En el extremo alto, o sea entre 3,5 y 4 MHz es necesario aplicar un sistema de énfasis (aumento de la amplificación) debido a la menor respuesta de las cintas en ese margen, lo que implica el uso de preamplificadores de alta ganancia hacia ese extremo de la banda. Ello hace que estos amplificadores sean susceptibles de captar señales

externas de esa gama de frecuencias (coincidentes con la banda de 80 metros de radioaficionados) si el equipo de vídeo no está dotado de blindajes y filtros eficaces. La interconexión entre al equipo de vídeo y el televisor se lleva a cabo frecuentemente, además, por dos vías: el cable de antena y el cable SCART, lo cual posibilita la creación de bucles de tierra, además del que se puede producir a través de la conexión de alimentación. Arrollando siete u ocho espiras del cable de interconexión SCART sobre un núcleo de bobina deflectora para tubo de TV B/N descartado se puede reducir la perturbación a un nivel aceptable, aún cuando los resultados dependen bastante del tipo de material utilizado en el núcleo. Típicamente, una disposición así presenta un rechazo máximo de alrededor de 25 dB hacia los 28 MHz.

Teléfonos. La inclusión de electrónica en los aparatos telefónicos comportó automáticamente un aumento sustancial de la susceptibilidad de los mismos a los campos de RF. Mientras los antiguos aparatos a disco mecánico y exclusivamente «eléctricos» eran perfectamente inmunes a la RF, muchos modelos actuales, nacionales e importados adolecen de una pobre protección en ese sentido. Arrollando unas ocho espiras de la línea (en un punto lo más próximo posible al aparato telefónico) alrededor de un núcleo toroidal de ferrita de grado 43 o similar y un diámetro exterior de 30 mm se logra introducir una atenuación del orden de más de 30 dB a 14 MHz. Alternativamente,

la compañía Telefónica de España puede suministrar, a petición, filtros antiparásitos de línea (por ejemplo, el 420719-ENA, que es un filtro pasabajos en «pi» para rechazo de modo común y simétrico) que se utilizan en las instalaciones de Hilo Musical que presentan problemas de captación de radiodifusión.

Qué hacer para mejorar nuestro problema

Descubra la fuente. Los expertos en la lucha contra las interferencias y el ruido aconsejan que, frente a un receptor afectado por esa plaga, siempre que sea posible se ataque la perturbación en su origen, localizando la fuente y aplicando las acciones correctoras oportunas. Sólo después de hacer eso deberemos pensar en actuar en el extremo del receptor. Pero esa aplicación de medidas correctoras exige, en primer lugar, *identificar* y *localizar* la fuente. Y eso precisa, método, instrumental... y suerte.

Identificación. El procedimiento para localizar el origen del problema se inicia con la *identificación* de la fuente perturbadora, de su clase y tipo. Las descripciones que hemos dado anteriormente pueden ayudar a ese propósito. Tomar nota de la frecuencia o frecuencias en las que se escuche el QRM, de la periodicidad de sus apariciones o cambios de características y si estos cambios se corresponden, por ejemplo, con cambios en la imagen de un televisor o monitor próximo, el encendido y apagado de una luz, propia o ajena o del alumbrado público, o si está relacionado con el movimiento de un ascensor o de una máquina, visible o audible. Si las características del ruido o interferencia coinciden con alguno de los descritos y la fuente de la perturbación es propia o nos es accesible, trataremos de confirmar la relación existente entre causa y efecto. La mejor manera de lograr eso es, siempre que se pueda hacer, interrumpir el funcionamiento del aparato o máquina sospechosa y comprobar si el ruido desaparece.

Localización. En muchas ocasiones no es posible localizar el origen de la perturbación por un procedimiento simple; sencillamente no encontramos en el entorno más

próximo la causa de nuestros males y debemos ampliar la zona de búsqueda. Para ese «trabajo de campo» precisaremos algún equipo auxiliar y será útil conseguir ayuda por parte de algún colega local. Un receptor portátil, sensible, que cubra los márgenes de frecuencias afectados y a ser posible dotado de medidor de señal es una herramienta muy valiosa, pero se le deberá dotar de alguna antena con ciertas características directivas para determinar la dirección de donde procede la señal interferente. Las mediciones de dirección usando la antena directiva de la estación suelen ser muy erróneas, dada la imprecisión inherente a una Yagi común, aparte que, en muchos casos, las señales interferentes llegan con polarización vertical y/o con un ángulo vertical muy acusado y ello resta toda eficacia a la Yagi horizontal como antena goniométrica. Como antenas de localización eficaces podemos mencionar la antena de aro o cuadro, la antena de barra de ferrita y la antena Adcock.

Antena de aro. Una de las mejores antenas para este trabajo es la antena de cuadro o aro, de las que están disponibles modelos comerciales. Se han publicado también numerosos trabajos sobre antenas de aro, pero tanto las comerciales como la mayoría de las caseras están proyectadas para ser utilizadas en transmisión y ello las complica y encarece mucho, en razón de las elevadas tensiones y corrientes que deben soportar los elementos de sintonía cuando la potencia sobrepasa algunas decenas de vatios.

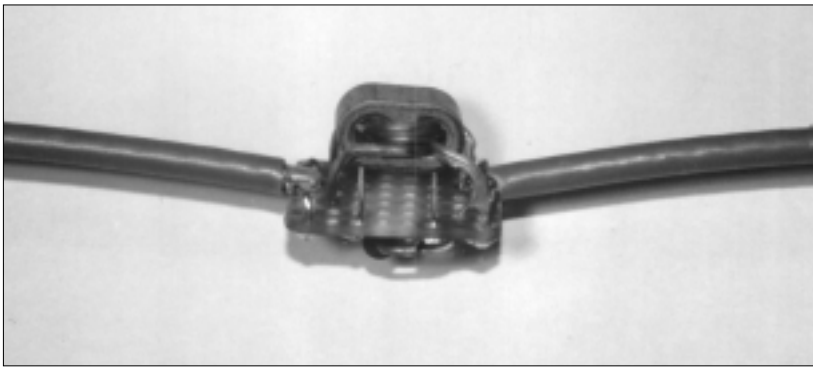


Figura 6. Un transformador de banda ancha y que corta el camino a las señales de HF a través de la malla del cable coaxial está constituido por un núcleo de ferrita, en el que se arrollan dos devanados fuertemente acoplados (trenzados) de unas pocas espiras.

Además, las antenas de aro para transmisión acostumbran a ser del tipo «abierto», es decir que la espira resonante no está blindada respecto al campo eléctrico de la señal y ello reduce la precisión de su direccionalidad. Este no es el caso que nos ocupa, y una antena de aro adecuada para recepción puede resultar mucho más sencilla y permite usar componentes asequibles (figura 7). Una antena de cuadro de este tipo tiene un diagrama de radiación en forma de «8», con sus máximos en la dirección perpendicular al plano de la espira y se la usa buscando el mínimo de señal. El utilizar el mínimo en lugar de la máxima señal es porque en la dirección del máximo, la lectura es muy ancha y, en consecuencia, imprecisa.

El mínimo de señal del aro, que aparece cuando la señal le llega en la dirección del plano que contiene la espira resonante, solo proporciona una dirección de la señal, pero no su sentido; la señal presenta dos mínimos, uno por cada extremo del aro, por lo que es preciso efectuar varias medidas, desde varias posiciones, para eliminar esa ambigüedad. Las antenas goniométricas profesionales incorporan, además, una pequeña antena vertical cuyo diagrama omni-

direcciona, combinado con el de «8» del aro, provee un diagrama en forma de corazón (cardioide), con un mínimo claro en una de las direcciones perpendiculares al aro y con el que es posible establecer un solo mínimo («cero») en todo el círculo, eliminando la ambigüedad de sentido. Sin embargo, recuérdese que si la señal que tratamos de localizar viene «por arriba» o «por abajo» el giro de la antena sobre su eje vertical no proporcionará un mínimo claro, debiendo en tal caso situar el eje de giro de la antena en una dirección paralela a la del frente de la onda.

Antena de barra de ferrita. Otra antena de localización sencilla y eficiente es la formada por una bobina sintonizada sobre una barra de ferrita, de las usadas en receptores portátiles, cuanto más larga mejor y provista de un blindaje electrostático abierto para que solo responda al campo magnético de la señal. Un devanado de unas pocas espiras sobre la bobina principal permite tomar la señal captada para enviarla al receptor de medida por medio de un cable coaxial delgado. Un condensador variable del tipo de plástico, procedente de un receptor portátil en desuso, permite la sintonía en un margen de frecuencias de aproximadamente 1:3. Estas antenas son más efectivas en las bandas de frecuencias más bajas (160 y 80 metros), donde el grado de permeabilidad del material de la ferrita es más adecuado. Con esta antena, el mínimo aparece en la dirección del eje de la barra de ferrita. Es de señalar que en muchas ocasiones, ello permite descubrir que la señal no

llega en dirección horizontal, sino que frecuentemente, el ángulo de llegada está notablemente inclinada respecto al horizonte. Gírese primero la antena en el plano horizontal y, al encontrar un mínimo, inclinarla en el plano vertical para profundizar ese mínimo. Como se ha mencionado para las de aro, es posible dotar al sistema de una *antena de sentido* para eliminar la ambigüedad sobre por qué lado está llegando la señal, mediante una antena vertical, cuya señal se suma a la del aro en amplitud y fase ajustables para producir el diagrama cardioide con un cero acusado.

La antena Adcock. Para la radiolocalización en VHF, entre 50 y 144 MHz o más resulta adecuada, por su portabilidad y reducido tamaño, la antena Adcock. Esta antena consiste (figura 8) en un conjunto de dipolos verticales cortos y acoplados en fase mediante un sistema enfasador de línea coaxial. La intensidad

total de señal que recibe el receptor depende de la fase relativa de las señales aportadas por cada par de dipolos, con lo que se consigue un diagrama en forma de cardioide.

Qué hacer y dónde

Una vez identificada y descubierta la fuente (o fuentes) de ruido perturbador y suponiendo que ésta nos sea accesible, deberemos proceder a ensayar alguno de los procedimientos que se citan a continuación para tratar de reducir en lo posible el nivel de la interferencia o ruido. Procediendo en el mismo orden con que las hemos descrito, veamos que se puede hacer contra cada tipo de señal incómoda.

Barrido de un tubo de imagen. La radiación directa de las conexiones de la pantalla, aún siendo de nivel reducido en razón de la limitada longitud de las mismas, puede ser bastante molesta si la pantalla está próxima a un receptor o si los cables de la antena pasan cerca de ella. El alejar la pantalla del receptor y alterar el recorrido de los cables de la estación (no sólo los de bajada de antena) puede en

muchos casos reducir la interferencia. Pero si la señal es inducida en el cable de alimentación de la pantalla se deberá dotar a éste de varios anillos de ferrita o arrollarlo sobre un toroide del grado adecuado, aunque para efectuar esto último resulta casi imprescindible una operación drástica, consistente en «sacrificar» la clavija de red, con la cual no es posible pasar el cable por el interior del anillo, y sustituirla luego por otra homologada. Una solución alternativa y bastante eficaz, aunque estéticamente objetable, es el uso de anillos de ferrita de los usados en yugos de deflexión de desecho, especialmente de los usados en tubos de deflexión de color pequeños y que, una vez desprovistos de todos sus devanados, permiten por lo general el paso de la clavija (o pueden abrirse por su mitad), permitiendo así arrollar hasta una decena de espiras del cable de red a su alrededor.

Fuentes de alimentación conmutadas.

La gran mayoría de fuentes de alimentación conmutadas comerciales que utilizan los ordenadores y otros dispositivos están proyectadas y construidas bajo estrictas especificaciones contra ruido radiado y conducido, incorporando filtros adecuados para reducir el nivel de las perturbaciones hasta niveles aprobados. Pero, atención, la expresión *niveles aprobados*, como ya hemos indicado antes, no significa que tales niveles no sean susceptibles de producir molestas interferencias en un receptor sensible próximo. En caso de experimentar problemas de ese tipo, ensáyese modificar el recorrido y reducir en lo posible la longitud del cable de tierra. Recuérdese la importancia de tener la instalación de la estación (acaso en la propia mesa de trabajo) de una barra de tierras, adonde se llevarán, mediante conexiones cortas y gruesas, las carcassas de todos los equipos. Ensáyese separar las tomas de energía del equipo informático de las del equipo de radio. En el comercio existen unidades de tomas de alimentación múltiples provistas de filtros de red que, aunque no son demasiado eficaces por razón de su tamaño forzosamente reducido, pueden ayudar a paliar los efectos de la perturbación en una o más bandas.

Vídeo de pantallas de TV y ordenador. La señal de vídeo que se aplica al cátodo del tubo de imagen o a una pantalla plana de ordenador contiene componentes de alta frecuencia entre cero y varios megahercios. La señal de RF puede ser, bien radiada directamente por las conexiones que van hasta el zócalo del tubo de imagen, bien inducida en los cables de alimentación como señal de modo común o sobre la malla del cable de vídeo; para reducir la perturbación por este último camino, las pantallas de buena calidad acostumbran a incorporar uno o varios anillos de ferrita en el cable. No hay remedio sencillo, aparte de separar la pantalla del receptor y de los cables de antena, para confinar esta radiación. No es posible blindar los cables de vídeo por la reducción de banda pasante que ello comportaría, debido al aumento de capacidad paralelo. Algunos aficionados ingeniosos han logrado éxito añadiendo un blindaje, hecho con papel de aluminio pegado a las paredes interiores de la caja de la pantalla y unido a chasis mediante una conexión de malla, corta y gruesa. Algunos fabricantes (pocos) tratan la cara interior del mueble del televisor o monitor con una capa conductora de grafito,

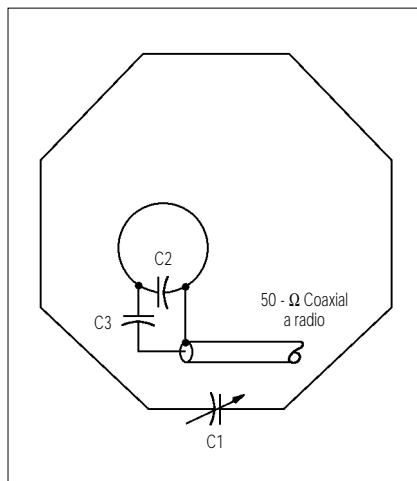


Figura 7. Antena de aro blindada. La espira resonante está formada por un trozo de cable coaxial grueso, cuya malla se interrumpe en el punto alto central. La espira formada por el conductor central se sintoniza por medio de un condensador variable de aire, proporcionando así un circuito de alto Q. Las señales captadas se recogen por inducción en una pequeña espira blindada, construida asimismo con cable coaxial.

similar a la que recubre el exterior de la ampolla de los tubos de imagen, unida a chasis mediante una banda elástica.

Circuitos de control de CA. Si la perturbación tiene su origen en un dispositivo doméstico propio o accesible, el añadido de un condensador de poliéster de seguridad (tipo X) entre 15 y 47 nF en paralelo con los cables de alimentación y/o otros cerámicos de seguridad (tipo Y) de entre 2,2 y 4,7 nF entre cada uno de los hilos y tierra puede reducir apreciablemente el problema; asimismo, existen en el mercado filtros completos y eficaces listos para instalar. En los reguladores de intensidad luminosa para lámparas de incandescencia, debido a su reducido tamaño usual, es difícil incorporar bobinas de choque o incluso toroides que actúen como elementos de filtro eficaces. Si se trata de un sistema industrial de control de motores y no podemos intervenir en la instalación, no nos quedará otro remedio que tratar de convencer al propietario de la misma que encargue a un técnico competente la supresión de esas señales parásitas. Si ello no se

consigue, el camino a seguir pasa por la denuncia ante la Inspección de Telecomunicaciones de la provincia, aportando cuantos datos nos sea posible para tratar que la autoridad radioeléctrica tome cartas en el asunto y lo resuelva a nuestro favor. Hay que advertir que, en tal caso y por nuestra parte será imprescindible que toda nuestra instalación esté en perfecto orden de revista, con todos sus componentes homologados y constando en la licencia. Si el ruido se genera en una torre o transformador de distribución eléctrica, en ocasiones una simple llamada a los servicios de mantenimiento de la empresa eléctrica puede solucionar el problema en poco tiempo. De no lograr una acción eficaz por ese camino, no nos quedará otra opción que solicitar el auxilio de la Inspección de Telecomunicaciones.

Lámparas de descarga gaseosa. Las modernas lámparas de bajo consumo son proclives a generar ruido de RF cuando envejecen. Su gama de ruido se concentra preferentemente en la banda de MF y la parte baja de HF, así que se las descubre muy bien con un receptor portátil de AM y OC dotado de antena de ferrita. El mejor remedio es, naturalmente, sustituirlas por una nueva. Pero si la lámpara, incluso siendo nueva o poco usada presentara tal veleidad, el remedio inicial pasa por ensayar un condensador cerámico de seguridad, tipo «Y» de 0,01 µF (10 nF) 250 Vca entre los terminales del portalámparas, con conexiones lo más cortas, directas (y aisladas!) posible. Un caso especial lo constituyen los fluorescentes de tubo recto, que también pueden generar ruido y en los que no es recomendable instalar un condensador entre sus casquillos; muy probablemente el remedio sería peor que la enfermedad. En este caso trátese de llevar la carcasa de la pantalla, si es metálica, a tierra si la instalación dispone de ella o móntense dos condensadores cerámicos de seguridad, tipo «Y» y de 10 nF (0,01 µF) entre cada uno de los hilos de la red a la carcasa de la pantalla. Una medida adicional es arrollar varias espiras de *ambos hilos* de la red sobre un anillo de ferrita.

Líneas de datos. Son pocas las experiencias sobre ese tipo de problema y el remedio no está directamente al alcance quien sufre sus efectos, salvo lo indicado antes respec-

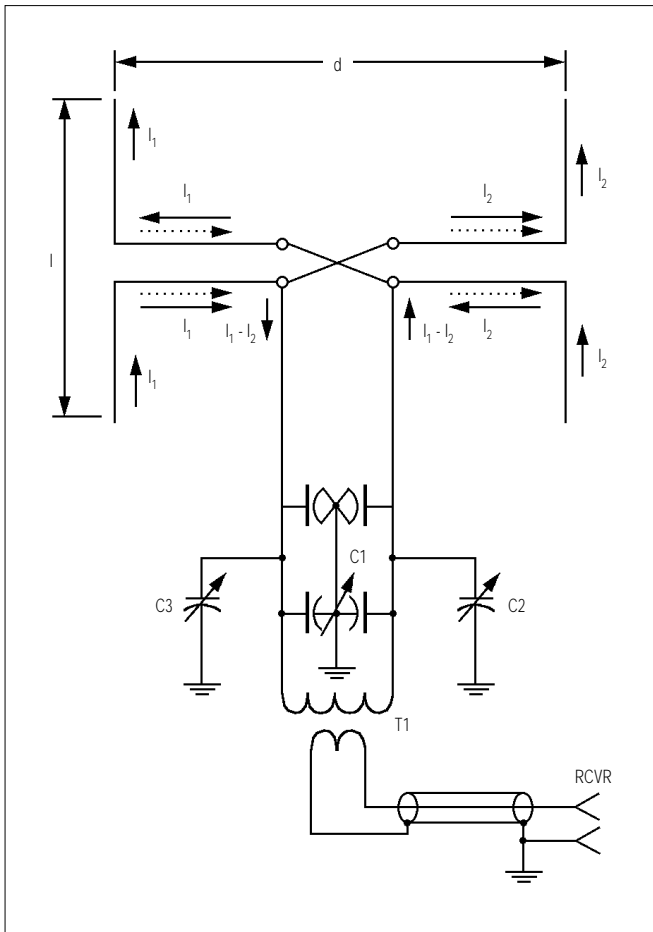


Figura 8. La antena Adcock es útil para frecuencias altas, a partir de los 50 MHz, en que las dimensiones la hacen práctica para ser manejada.

to a comunicar el hecho a los causantes directos y acaso a la Inspección Provincial de Telecomunicaciones.

Remedios generales

Si, a pesar de haber aplicado el suficiente empeño en descubrir la causa y aplicar remedio en el origen, no se consigue reducir a niveles soportables la interferencia o el ruido, deberemos proceder a modificar o complementar nuestra instalación receptora.

Mejorando la antena. Elevar una antena horizontal, alejándola de las fuentes de ruido y procurar mejorar la simetría de la alimentación, añadiendo un balun si no lo tiene, puede contribuir a reducir algunos decibelios el nivel de ruido captado. Las antenas verticales son más susceptibles de captar el ruido eléctrico de las ciudades, ya que éste está polarizado verticalmente en la mayoría de los casos. Elevar la antena vertical tres o cuatro metros solamente da pocos resultados, salvo que se la sitúe muy por encima de cualquier conducción eléctrica o que se añada bajo ella un eficaz y extenso plano de tierra.

Algunas antenas de *geometría cerrada*, sin embargo, ofrecen una buena inmunidad al ruido, y especialmente al campo eléctrico del mismo. Tales antenas son las cúbicas, deltas, lazos horizontales y antenas de aro como las mencionadas antes. Con antenas de aro, de dimensiones reducidas (menos de 1/10 de longitud de onda de la circunferencia) la captación de ruido es particularmente reducida; la captación de señales, paralelamente, sufre de alguna

reducción, pero la mejora de la relación señal/ruido compensa sobradamente esa reducción. Tales antenas son especialmente indicadas para su uso en la ciudad, donde las limitaciones de espacio son corrientes. Dotadas de un sistema de giro por control remoto (además de la sintonía remota, ineludible) pueden aportar una ayuda decisiva para la mejora de las condiciones de recepción. Para aprovechar las propiedades de esas antenas de bajo ruido en recepción es imprescindible que el equipo disponga de una entrada separada para recepción, o disponer de un circuito externo y automático de conmutación entre la antena de emisión y la de recepción.

Si el espacio es suficiente, las antenas de hilo muy largo a poca distancia del suelo, tipo *Beverage*, abiertas o cargadas por su extremo, ofrecen resultados sorprendentes, pero tales antenas solo son posibles en el campo, donde, por lo general, el problema del ruido de origen humano es raro. Se las usa más bien en concursos para la escucha de las bandas bajas, donde el ruido atmosférico es la limitación principal.

Un truco que a veces da buenos resultados es usar para la recepción una antena de una banda de frecuencia superior. Por ejemplo, usar para la escucha de la banda de 40 metros una antena direccional tribanda para 20-15-10 metros; la directividad será casi nula y las señales caerán 10 dB o más, pero el ruido, tanto natural como artificial, disminuirá aún más. Y el receptor no tendrá riesgo de sufrir sobrecarga, mejorando la recepción de todas señales, excepto quizá las extremadamente débiles.

Evitar los lazos de tierra. La captación de señales *por fuera* del circuito de antena es posible en la mayoría de instalaciones; las corrientes de malla, las líneas desequilibradas y los lazos de tierra son fuentes potenciales de captación de ruido. Vale la pena hacer una prueba rápida conectando un cable coaxial de algunos metros a la toma de antena del extremo y conectando el terminal vivo del extremo a una cañería de agua o de calefacción. A pesar de no estar conectado a ninguna antena (y con la entrada de RF aparentemente en cortocircuito), el receptor será capaz de captar señales externas y aún más algunas internas, procedentes de dispositivos propios capaces de generar interferencia (ordenador, televisor, etc.). Los lazos de tierra se evitan conectando todas las carcasas de los equipos a una barra equipotencial, formada por una platina o tubo de cobre de longitud suficiente (pero no excesiva) para alcanzar los bornes de tierra de todos los equipos con conexiones cortas y gruesas (malla de cable coaxial tipo RG-8, por ejemplo), mientras todos los cables blindados que llevan señales de audio y digitales tendrán sus mallas de blindaje conectadas al chasis de *uno solo* de los equipos. Esta directiva no se aplica, naturalmente, a los cables coaxiales que llevan RF, que deberán ser lo más cortos posible y tener sus mallas conectadas a los conectores de ambos extremos.

Canceladores de ruido. Cuando, a pesar de todas las actuaciones, no es posible eliminar un ruido en su origen, puede ensayarse el uso de un dispositivo cancelador de ruido, de los que se han descrito algunos en las páginas de *CQ Radio Amateu* números 154 y 158 (Oct. 1996, pág. 13 y Feb. 1997, pág. 18) y también se ofrecen comercialmente. Estos dispositivos se basan en el uso de una antena que capte la señal de ruido mejor que las señales deseadas y mezclar esta señal con la captada por la antena principal, con valores de amplitud y fase tales que cancele el ruido captado por esta última. Resultan bastante eficaces en muchos casos y tienen sólo el inconveniente que requieren reajustes de los mandos canceladores cuando se cambia de frecuencia o incluso si cambian las condiciones de propagación de la señal perturbadora. 