

EL ENIGMA DE LA ANTENA SIGMÁTICA

Hace unos días me llamó un viejo amigo y colega de radio para pedirme que escribiera algo acerca de la famosa antena sigmática. A la sazón había estado discutiendo un poco apasionadamente con otro colega sobre el asunto. Por supuesto él contaba con que yo compartiera sus opiniones al respecto, máxime teniendo en cuenta que hace algún tiempo la construyó con cierto éxito. Pero es obligación de un buen amigo ser leal con la verdad así que, esperando me comprenda y me siga queriendo como yo lo quiero a él, aquí va algo sobre el viejo mito.

En treintaitantos años de radio, es natural oír hablar de vez en cuando de viejas leyendas que de tanto en tanto recorren el éter, y yo me topé con la sigmática hace bastante, quedando atrapado por ese nuevo misterio, no de la talla del "Experimento Filadelfia", pero sí, con la entidad necesaria, para que especialistas como nosotros le demos un merecido lugar a lado de sus mayores.

Ello me dio la oportunidad de "aggiornar" un viejo escrito que había hecho para packet radio, que atravesó el éter sin pena ni gloria hace mucho. Espero les guste...

Como es costumbre con todos mis escritos, me gustaría dedicar este a don Juan Domingo Batipalla (LU3AGI), quien no afloja en su amoroso esfuerzo por mostrar a sus jóvenes alumnos este maravilloso mundo de la radio.

Mirando los rabanitos de abajo...

La sigmática vive, por así decirlo, a algunos palmos bajo tierra, de allí que algún ignoto, ingenioso y por demás irreverente humorista se le ocurriera llamarla "La Difunta Correa", en alusión a nuestra conocida santa y, si usted está tentado a pensar que simplemente es una manera de esconder la antena de la Gestapo y operar clandestinamente en su legítimo aunque peligroso oficio de espía, está totalmente equivocado, la sigmática reclama para sí, de pleno derecho, un lugar en la historia de la radio y la propagación, porque la antena sigmática no es simplemente una antena enterrada para ser ocultada de los ojos del gobierno o los vecinos, sino que es una antena que emplea una diferente y nada convencional forma de propagación.

En efecto, la misteriosa antena para nada utiliza el éter común y corriente, según afirman muchos de sus entusiastas, sino que las señales se propagarían por medio de la materia sólida que constituye nuestro viejo y querido mundo, más aún, según algunas versiones más atrevidas esas señales viajarían hasta las cercanías del centro de la tierra y allí serían reflejadas por el hirviente núcleo metálico con lo cual pueden conseguirse reflejos similares a los que produce nuestra vieja Kennelly-Heaviside en el cielo. En todo caso estas son las teorías más conservadoras porque también

se postula que en el interior de nuestro planeta, que estaría hueco, hay un sol y una ionosfera en miniatura responsables, en parte, de los fenómenos asociados.

La lógica no sirve...

Tanto los detractores como los defensores de la sigmática emplean buena parte de su artillería lógica para combatir a los oponentes y afiliarse a sus huestes a los indecisos o a los recién arribados Novicios. Un diálogo de club, imaginario, podría ser más o menos así:

Sigmático: Mirá Contrera, vos decís que no, pero yo conozco un colega que construyó la antena y me dijo que le anduvo muy bien, y que es muy silenciosa, pero que realmente camina bien cuando el corresponsal tiene otra similar. ¿Vos probaste una para decir que no anda?

Contrera: No hace falta probar, es obvio que si funcionara ya hace rato que se estaría usando; y yo no veo que nadie la use.

Sigmático: Una posibilidad es que se la mantiene en secreto, yo escuché que la tienen los norteamericanos para el caso de una guerra atómica, lo mismo que no quieren decir nada de lo que pasó con el experimento Filadelfia. Otra es que no se hayan avivado porque es un invento nuestro y no le quieren dar bolilla.

Contrera: ¡No digas macanas! el otro día vi en el Discovery unos científicos que enterraron un gigantesco tacho con agua a cuatrocientos metros de profundidad para encontrar neutrinos, ¿me vas a decir que esos tipos no se dieron cuenta que se puede comunicar usando la difunta?

Sigmático: ¿Y porque no?, ¿acaso ellos no decían que los objetos más pesados que el aire no podían volar? Los tipos también se equivocan, como decía Yespir: hay más cosas entre el cielo y la tierra que las que nosotros vemos. Yo leí en un libro que la tierra está hueca, te digo que el tipo que lo escribió sabe mucho y que trabajó en la NASA, y que adentro hay como un sol en miniatura, ¿quién te dice que ahí no hay también una ionósfera que hace que las ondas se reflejen como en las de arriba, ¿eh?

Contrera: ¡Y eso que tiene que ver...! vos decías el otro día que las ondas iban hasta el centro de la tierra y se reflejaban en el núcleo de hierro, yo tengo un amigo que es arqueólogo o algo así y dice que no es cierto eso de que la tierra esté hueca y que ya lo midieron y que es como nos enseñaron en el colegio.

Sigmático: Si, ¡yo ya sé que ellos dicen eso!, pero vos sabés que nadie pudo ir tan adentro para verlo como en la novela de Verne y si no lo vieron ¿cómo pueden estar tan seguros?, el que escribió el libro dice que tiene pruebas y yo le creo porque el coso estudió mucho ese asunto y lo escribió para deschavarlo.

Contrera: Claro, entonces todos los demás científicos están equivocados y ese es el único que tiene razón... A mí me parece que lo que está hueca es la cabeza del tipo que escribió ese libro.

Sigmático: Bueno, pero yo pienso que es cuestión de opiniones, y estamos en democracia y hay que respetar todas las opiniones, vos tenés la tuya y yo la mía, ¡y vos no leíste el libro así que no podés opinar...!

Contrera: Ta bien, pero lo que decís no tiene nada que ver porque estábamos hablando de la antena, vos sos el que metiste lo de la tierra hueca en la discusión.

Sigmático: ¡Claro que tiene que ver!, ¿no te estoy diciendo que hay una teoría que dice que hay como una ionósfera allá abajo?, pero igual yo no digo que sea así, yo te digo lo que me dijo mi amigo, o sea, que la antena anda, que no tiene nada de estáticos y que las ondas no se propagan por el aire sino por la tierra, porque en la tierra hay unos silicatos de no sé qué, que hacen de conductores de las ondas, y mi amigo sabe porque él la experimentó, además lo leyó en una revista que voy a ver si consigo así te la hago llegar y me creés.

(Si esta conversación se estuviera llevando a cabo por radio, en BLU, es seguro que a esta altura se escucharían debajo todo tipo de comentarios inoportunos e impertinentes. Incomprensión funcional que pone en marcha "La Popu" ante cosas que no entiende ni nunca podrá entender, pero que sospecha que los que participan del QSO tampoco...).

Y es así nomás, nuestros amigos podrían pasarse horas enteras tratando de encontrar la verdad empleando este método sin arribar a un acuerdo, de hecho, no fueron ellos los primeros en tratar de averiguar la verdad de las cosas empleando "la lógica", no pocas guerras nacieron de esta viciosa práctica de pretender entender todo usando nada más que la cabeza.

Contrera podría haberle dicho a Sigmático, por ejemplo, que no hace falta ir hasta el centro de la tierra para "ver" que no está hueco, del mismo modo que no es necesario introducirse en el útero de una señora para saber si el futuro homo sapiens será nene o nena, porque igual se "ve" con un ecógrafo, tampoco es necesario hoy en día abrir la cabeza de alguien para escudriñar el interior de su geografía cerebral porque basta con un aparato de tomografía axial computada.

Nuestra mente no percibe el mundo directamente, sino por intermedio de sensores que le comunican impresiones acerca del ambiente que la rodea y el hecho que esos sensores sean los ojos, los oídos, la nariz y no un radar, un microscopio, un ecógrafo o un sismógrafo, habla más de la tacañería divina a la hora de

prodigar perillas que de una mayor precisión de los primeros sobre los segundos...

Pero esto no conformará a Sigmático, quien seguramente afirmará que la "posibilidad" siempre existe y no vacilará ni un nanosegundo en invertir la carga de la prueba, esperando que su pertinaz opositor le demuestre fehacientemente que está equivocado. En vano se desgastará el pobre tratando de demostrar a los oyentes que si bien un Centauro es un bicho "posible" eso no significa que sea "probable" y mucho menos que por eso realmente exista. Es inútil, ya lo pillaron primero con eso de demostrar que las brujas no vuelan en escobas. ¡Poroto en contra...!

Por eso, justamente, el método científico produjo tan formidable avance en el conocimiento de las cosas del mundo haciendo posible la maravillosa tecnología actual. Mientras los hombres intentaban entender las cosas discutiendo "razones" como nuestros amigos imaginarios, permanecieron estancados en discusiones tal vez mucho más inteligentes que la que acabamos de inventar, pero no por eso menos estériles.

La moderna ciencia nace de la intuición genial de Don Isaac (me refiero a Newton) quien decidió que más importante que saber los "por qué" era saber los "cómo", y ello, unido a que gracias a Don René (Descartes) ya nos habíamos sacado de encima eso de que, si lo decía Aristóteles no se podía discutir y si no lo afirmaba Aristóteles no se podía asegurar; el camino para el avance ya estaba bien pavimentado (Aristóteles fue algo así como el autor de un gran Handbook de la antigüedad...)

La madre tierra...

Hay quienes creen que la tierra tiene vida y poderes, nuestra gente la llama la "Pacha Mama", los inscriptos en la corriente new age, "Gaia". Sabemos de muchos rituales telúricos que desde la más remota antigüedad rinden culto a esa gran madre dadora de vida.

Pero quizás abusando de sus capacidades, nosotros los radioaficionados, le hemos asignado nuevas responsabilidades, entre ellas la de absorber casi todos los males radioeléctricos habidos y por haber...

No satisfechos con atiborrar a nuestra compasiva y amorosa madre con todo tipo de porquerías materiales, también esperamos que ella disponga de nuestras mismas radiofrecuentes, sin protestar.

Nosotros esperamos que ella, con alguna extraña especie de gusanos eléctricos procese y disponga adecuadamente de zumbidos, ruidos, radiofrecuencias que vuelven de la antena, rayos y centellas, espurias, armónicas, estáticos, malas ondas y mal humor, en fin, todo lo etéreo que nos disgusta o importuna. Algunos tan irreverentes que a menudo confunden la tierra con "la tierra" haciendo responsable de la divina cura a esa sustancia marrón que se emplea en las macetas y que se llama igual, por eso no falta algún desprevenido que conecta una "toma de tierra" a la pobre plantita (por supuesto nadie que haya hecho el curso en el RC, es sabido).

Será tal vez por eso que a muchos le resulte tan inexplicable e inaceptable que con "esa antena", las ondas puedan viajar impunemente por sus entrañas, sin más ni más, ¿cómo es posible que esa tierra sagrada que todo lo absorbe, justamente no lo haga con lo que produce nuestra subterránea antenita? ¿No es acaso una contradicción en los términos? ¿Se tratará de un pacto de damas del cual no estábamos anoticiados? Yo no sé...

Un tímido intento de explicación...

Dados los antecedentes, yo no me animo a enfrentar esas fuerzas, un gran respeto, por no decir temor, por no decir "julepe", de meterme con cosas que no comprendo me inhiben de ofender a estas Druídicas antenas de dolménicos orígenes, que quizás hayan dejado entre nosotros los antiguos, dueños de todo, pero, sin firmar nada de lo que aquí escriba voy a referirme a algunos temas que explicaban viejos profesores de la UTN en las sucesivas físicas, secuenciadas ellas con majestuosos números romanos.

Sabemos que la tierra está compuesta por materia. Esa materia puede ser sólida, líquida, gaseosa, consistir de mezclas diversas entre ellas y así sucesivamente. Sabemos que abunda en minerales aunque también contiene elementos orgánicos. Sales, óxidos, y diversos compuestos químicos conocidos se dan cita en una muestra típica de cualquier suelo. Por lo tanto, comprendemos que si una onda electromagnética ha de propagarse por el interior de nuestra corteza, lo estará haciendo ya sea atravesando o bien empleando como medio estos materiales, que no es precisamente lo mismo...

Sabemos que un campo electromagnético, a diferencia de una onda sonora no precisa de ningún medio material para propagarse, pero es posible concebir un proceso de propagación mediante el cual la energía electromagnética se almacene provisoriamente en alguna parte para luego ser irradiada nuevamente; un mecanismo similar al de una antena con elementos parásitos donde estos reciben el campo electromagnético y lo convierten en una corriente eléctrica que a su vez genera un nuevo campo electromagnético.

Nosotros estamos acostumbrados a pensar en términos de ondas que se propagan por el espacio, que consideramos vacío, y, en todo caso por el aire, que no es muy diferente del vacío según nuestra intuición. Pero pocas veces nos hemos preguntado, por ejemplo, ¿se propagan las ondas electromagnéticas adentro de un conductor?, por ejemplo, ¿una señal radioeléctrica de la banda de ochenta metros podría viajar por el interior de un gigantesco trozo de cobre? ¿Qué sucede si el medio es un dieléctrico sólido o líquido? ¿Será lo mismo un dieléctrico que el vacío? De cómo se respondan estas preguntas surgirá alguna luz acerca del misterioso modo sigmático, porque, a menos que sea de naturaleza parasicológica, deberá obedecer las leyes de la electrodinámica clásica o cuántica.

Tal vez habremos oído alguna vez que los submarinos, cuando se encuentran debajo del agua, no pueden comunicar mediante equipos normales de radio y por ello han de arriesgarse a delatar su posición haciendo subir una boya con una antena. También sabemos que los hombres rana no emplean handies para comunicarse entre sí; eso nos hace sospechar que ha de haber alguna diferencia importante entre el vacío (o el aire) y los sólidos o líquidos; no estaremos muy equivocados pues surgen serias dificultades a la hora de propagar ondas de radio en los sólidos o líquidos, al menos dentro del agua.

También sabemos que el estado sólido compone la inmensa mayoría de los circuitos electrónicos actuales por lo que podemos suponer, ciertamente, que las particularidades eléctricas de ese estado, que incluye a los conductores, aisladores y semiconductores modernos ha sido objeto de mucho estudio durante el siglo XX, así, es bastante probable que los físicos e ingenieros de todo el mundo tengan una idea bastante precisa acerca de sus cualidades. También seguramente ha oído que los físicos, para comprender la naturaleza íntima de la materia la han bombardeado y escudriñado con todo tipo de formas de energía y de partículas (que es casi lo mismo), desde sonidos de alta frecuencia hasta enormes campos magnéticos, formidables campos eléctricos, ondas de todo tipo, rayos X, rayos gamma, chorros de electrones, protones, neutrones y demás partículas de alta energía. Gracias a ello hoy tenemos maravillosos instrumentos que ayudan a curar enfermedades, como el tomógrafo axial computado, la cámara gamma, los sistemas de resonancia magnética nuclear, la ecografía. Y, aunque constituya un argumento de autoridad, tengo la intención que el lector no especializado reciba una sensación que le refuerce la idea de que los técnicos y hombres ciencia son muy cuidadosos a la hora de investigar las posibilidades de aquellas cosas a las que les pueden sacar un mínimo de provecho, si así no fuera no emplearíamos ¡hasta la antimateria! para fotografiar un corazón...

¿Quién podría suponer, pensará usted querido y no polarizado lector, que esos hombres, que han estado estudiando al estado sólido con tanto ahínco durante los últimos trescientos años no hayan aprendido aspectos básicos acerca de sus propiedades? Usted bien sabe que Don Jaime (Maxwell) ya predijo la existencia de las ondas electromagnéticas hace casi ciento cuarenta años y que desde entonces, todos, absolutamente todos han estado trabajando sobre ellas, tanto en el mundo macroscópico de nuestra radio como en el ultramicroscópico del átomo; que ya en los treintas De Broglie postulaba al electrón como una onda estacionaria y que hoy se entiende que toda la materia está ligada a nivel atómico y molecular por la energía electromagnética, siendo el electromagnetismo una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza.

Eso quiere decir que sabemos mucho sobre las ondas electromagnéticas, mucho, pero mucho, mucho, mucho, no "muchito"

¡Muchísimo! No todo, pero bastante más de lo que un aficionado pueda imaginar (y en esto, créame que hasta los ingenieros son apenas aficionados).

Por eso, es necesario darse cuenta que lo que uno ignora no significa que la ciencia (es decir otros) lo ignoren. De la mayor parte de las cosas que constituyen el conocimiento incorporado durante los últimos cincuenta años ni usted ni yo hemos siquiera oído hablar y si hemos oído, de por seguro que no lo hemos comprendido. A menudo nos sentimos tentados a juzgar intuitivamente los resultados obtenidos por hombres que dedicaron toda una vida a algún conocimiento sobre un particular. Esto es un poco atrevido, cuando no una verdadera tontería...

Y, puesto que los hombres han aprendido mucho sobre algo que pomposamente llaman "electrodinámica clásica" es que se puede hablar sobre "la sigmática", tampoco hará falta que usted sea un consumado físico para alcanzar a advertir las contradicciones que esta enigmática antena de fantasía trae junto con sus maravillas.

Aisladores, semiaisladores, dieléctricos, comproooo señoraaaa...

¿Intentó alguna vez enviar la potencia de salida de su equipo de VHF a la Ringuito?, seguro que sí; y seguramente ya de entrada le dijeron: ¡nada de RG 58, viejo, no menos que un 213! Allí supo rápidamente que a un buen dieléctrico hay que pagarlo caro y a un buen conductor también, por eso, cuando de transportar energía electromagnética por algo que no sea aire o vacío, hay que apostar fuerte. ¿Por qué?, porque los dieléctricos y los conductores tienen pérdidas, horrible palabra asociada a malas ondas, señales pobres y demás agorerías. Si tomamos conciencia que para llegar en VHF a la punta de un cable tipo RG-213 de solo 2000 metros de longitud, con una señal de 0,2 μ V a una carga de 50 Ω , harían falta ¡cerca de 1 000 000 de watts! podemos darnos idea de lo bravo que es este asunto de la absorción de energía, ¡aún en los buenos materiales...!

Entonces preguntamos nuevamente ¿de qué se compone la tierra? esa tierra que pisamos todos los días y que supuestamente se encargará de propagar las ondas electromagnéticas. ¿De un material aislador, de un conductor, de ambos?, si es así, ¿tendrán ellos asociadas pérdidas? ¿Serán ellas menores o mayores que las correspondientes al polietileno y el cobre del coaxil del millón de watts?

Estas preguntas van orientando las ideas en la dirección que nos interesa, porque comenzamos a observar que las ondas estarán propagándose (o empleando) por (en) un medio presuntamente afectado de pérdidas importantes. Cuando pensamos en que los materiales constituyentes de la tierra no son ni aisladores perfectos ni conductores perfectos ya estamos tentados a suponer que difícilmente podrán las ondas moverse por tal medio sin calentar esas resistencias y esos dieléctricos, perdiendo energía a medida que fríen lombrices en su camino, porque si al acercarse la mano a la antena sentimos que ella se calienta, nos damos cuenta

que ese calor que eleva la temperatura de la mano se obtiene de la energía del campo que ella transduce. De hecho, en los libros de electrodinámica podrá encontrar las experiencias y teoría atingente a la propagación en medios absorbentes.

Si la señal emplea el medio para propagarse estaríamos en la situación del cable mencionado: los conductores y aisladores forman parte activa del proceso mediante las corrientes de conducción y desplazamiento, por lo tanto la señal ha de estar sujeta a pérdidas dieléctricas y resistivas como en las líneas de transmisión, y, si en lugar de "emplearlo" al sólido, lo "atravesara", deberemos, entonces, justificar que ese sólido sea "transparente" a la energía electromagnética, es decir que esa energía electromagnética, al atravesarlo, ¡perdiera de pronto su capacidad de interactuar con la materia!, es decir que, de algún modo todos los minerales y semiaisladores constituyentes de la masa terrestre ya no pudieran inducir corrientes. ¡Que la Ley de Faraday colapse y deje de ser cierto que sobre un conductor en un campo magnético variable se induce una corriente!, ¡que los iones y demás partículas cargadas ya no vibren en presencia de los campos eléctricos transformando la energía electromagnética en cinética!, y así sucesivamente...

Porque lograr que la materia sólida de la tierra no interactúe con las ondas electromagnéticas ¡significa suspender las leyes de la física!, algo así como un milagro. Porque es justamente esa "opacidad" de la materia al campo electromagnético la que hace posible el funcionamiento de la radio. Estaríamos como en el caso del hombre invisible ¡si es invisible tiene que ser ciego! porque una retina transparente ¡no interactúa con la luz...!

Pero ¿habrá alguna forma de transportar energía electromagnética por esos materiales sin los efectos indeseables?

Un campo electromagnético está compuesto, como su nombre lo indica, por dos partes, un campo eléctrico y un campo magnético; podríamos tentarnos a pensar que ellos pueden separarse para que la propagación de las ondas pudiera realizarse únicamente por medio del campo magnético, evitando el campo eléctrico responsable del establecimiento de corrientes sobre los materiales malos conductores constituyentes de la materia geológica, o los dieléctricos que se polarizan alternativamente al ritmo del campo eléctrico produciendo esa suerte de "frotamiento" molecular causante del calentamiento dieléctrico (principio que empleamos en los hornos de microondas). Después de todo la antena sigmática a menudo se la presenta como un lazo cerrado que hace pensar en una antena del tipo magnética, como la de cuadro o una Delta.

Pero la genialidad de James Clerk Maxwell consistió en intuir una fundamental simetría de la naturaleza. Mi tocayo Faraday había descubierto que un campo magnético cambiante produce un campo eléctrico, y luego, el gran James dedujo que "un campo magnético cambiante producirá siempre un campo eléctrico", entonces, ¡la

producción del campo eléctrico es inevitable cuando está presente un campo magnético variable! Es una ley fundamental de la naturaleza que vuelve las cosas a foja cero ¡porque no puede existir un campo variable exclusivamente magnético! ¡Y cualquier físico apostará su vida por este principio!

Entonces, si la señal no puede propagarse por un medio con pérdidas sin disiparse en forma de calor, ¿será posible que la sigmática funcione de algún modo, a pesar de todo?

Bendita imperfección...

Recordemos que la antena está enterrada, pero no "muy enterrada", algunos dirán que medio metro o algo así es buena profundidad. La pregunta es: a medio metro de profundidad, una antena ¿está realmente enterrada?, ¿está "a tierra"?, aun así, ¿qué significa "estar a tierra"?, ¿implica que no puede haber transmisión?

Veamos la primera cuestión, la materia de que se compone la tierra real, tiene propiedades medibles, por ejemplo, hay tablas con su resistividad medida en ohms-metro y su coeficiente dieléctrico (a veces encontrará su "conductividad": conductividad en siemens/m = 1/Resistividad en ohms-m). Por ejemplo:

Terreno o material	Resistividad	Constante dieléctrica
Rocoso	5K Ω - 20 K Ω	3
Agua dulce, ríos	1000 Ω	80
Jardines	80 Ω	15
Agua de mar	0,22 Ω	81
Cobre	0,000000017 Ω	-

La resistividad varía mucho entre los diferentes suelos, por tanto, también lo harán las pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en diferentes lugares geográficos, también varía mucho la constante dieléctrica con lo cual las pérdidas dieléctricas también serán muy diferentes.

Afortunadamente, la capacidad de las ondas electromagnéticas para penetrar el suelo es conocida desde los mismos comienzos de la radio... Así es, hace tiempo que los científicos, investigadores e ingenieros, se ocuparon de estudiar qué sucede con la propagación de las ondas en el interior de los sólidos...

Por ejemplo, una radiación electromagnética en 3,5MHz, en un suelo fértil como el de un jardín, es capaz de penetrar hasta unos 2,7m de profundidad, esta penetración está dada por el conocido efecto Kelvin o "efecto pelicular" que se produce en los conductores (aunque sean "malos" conductores, como la tierra), a esa distancia se produce una atenuación del orden del 63%; a cinco veces esta distancia consideramos que la energía ya no puede ir más allá.

Empleando las mismas ecuaciones, hallamos que la penetración, para la misma frecuencia, en el cobre, es apenas 0,035mm y a cinco

veces esa distancia (0,17mm) se considera que la señal es despreciable o no lo atraviesa (la atenuación es -36dB). La penetración en el cobre es mucho menor porque su resistividad también es mucho menor, ¡unas cinco millones de veces menor...! Esta propiedad se aprovecha, como sabemos, para utilizarlo como material de blindaje para la radiofrecuencia, pero también puede emplearse la tierra (o la roca si se quiere). Ambos son blindajes y por las mismas razones; es solo que, para blindar un cierto campo, se requieren unos 0,2mm de cobre y para hacerlo con tierra fértil ¡unos 13,5m!, pero en ambos casos ¡se obtiene una efectiva atenuación de -36dB!

Por lo visto, aunque nuestra antena subterránea "parezca" que está muy bien enterrada e inmersa en el material sólido, a tan solo medio metro de profundidad apenas si está "a flor de piel" y por ello puede escapar mucha radiación hacia afuera de la tierra, la que se propagará por onda espacial (y también por onda terrestre, con las limitaciones habituales de esta forma). Eso explica por qué la antena "funciona" (y bastante bien según la experiencia de mi viejo amigo).

Si calculáramos la penetración en un terreno rocoso, resultaría del orden de los ¡noventa metros! y se consideraría nula recién al cabo de unos 400 metros, no es de extrañar, entonces, que en esta clase de suelos, que prácticamente son aisladores silíceos de bajas pérdidas, una antena a medio metro de profundidad en realidad funcionará, ¡tal vez mejor que un dipolo a tres o cuatro metros de altura sobre un terreno húmedo de nuestras pampas! dando origen a muchas leyendas que usted probablemente habrá oído acerca de la propagación sigmática.

¡Cuidado con las conclusiones!

Puesto que nosotros no somos científicos, sino aficionados, tenemos algún derecho a esperar que se nos perdonen errores de concepto, imprecisiones y demás, pero de allí suponer que los especialistas son zonzos que no entienden cosas evidentes para nosotros, hay una gran distancia, exactamente la que separa la comprensión de la tontería...

Observemos el ejemplo citado en el cual tratábamos de hacer llegar una pequeñísima señal al extremo remoto de un coaxil de escasos 2km de longitud; vimos que para ello era preciso una potencia inmensa, imposible de introducir en el cable sin desintegrarlo instantáneamente...

Pero supongamos que habiendo inyectado sobre él una potencia de solo 500W, escuchemos, del otro lado, perfectamente la señal. Naturalmente estaríamos tentados a concluir que 500W alcanzan para lograr el objetivo. Entonces, un buen día, mientras nos hallamos contando nuestra experiencia en una rueda, se hace presente un colega "más entendido" y nos explica que algo debió andar mal con

la pruebita, porque la teoría indica que hacen falta ¡dos mil veces más potencia!

Si uno es una persona inteligente, juiciosa y reflexiva, solicita algunos datos y explicaciones adicionales y se aboca a estudiar el problema más a fondo, pero si resulta que es un bocón-mentecato-incorregible, no resistirá ni un minuto la tentación de proclamar que ¡eso es nada más que una teoría! que la práctica demuestra lo contrario y que los científicos deben de estar equivocados, y todo eso porque una vez creyeron que los objetos más pesados que el aire no podían volar...

Con que apenas unos pocos milivatios escapen por alguna falla de blindaje, usted sabe perfectamente que basta y sobra para que la señal alcance 2km, dando los resultados obtenidos en la experiencia, pero como uno se las sabe todas... ¡menos justamente esa!, resulta que no se avivó. Jura y perjura que se pueden colocar 0,2µV en la punta del cable porque lo probó y, mientras los Novicios nos escuchan boquiabiertos con el respeto y la sumisión de un buen recién llegado, los que si entienden de radio se destornillan de risa a costillas nuestras. Como explicaba Don Luis Landriscina, solo falta que aparezca algún viejo y reconocido sabedor de pocas pulgas y nos espete un lacónico áspero y lapidario: ¡No - sea - pavo! para dar por terminado el asunto, al menos en esa rueda...

La tierra tampoco es un agujero negro...

Los radioaficionados tenemos una sempiterna e ingenua imagen de que la tierra es una especie de agujero negro o sumidero mágico que drena toda señal indeseable y/o molesta, a otro universo. Es tan cierta como las historias de Papá Noel y si únicamente la aceptáramos durante las navidades no habría mayores inconvenientes técnicos, pero resulta que en realidad la tierra no tiene ninguna propiedad especial por la cual debamos inferir seriamente que tantas cosas pueden curarse con "la toma tierra".

Para la radiofrecuencia la tierra no es tan especial como se cree, de hecho, si la tierra sirviera para absorber radiofrecuencia, no tendríamos comunicaciones y eso no sucede. Gran parte de las suposiciones nacen en tiempos de Don Guillermo Marconi quien, como era costumbre con los generadores eléctricos de transporte de energía, empleaba como uno de los polos de su antena a la misma tierra, por eso hoy llamamos a la antena vertical conectada a tierra "Antena Marconi", en ese caso la tierra cumplía un rol especial, como lo cumple hoy en nuestra instalación domiciliaria.

Pero Don Enrique Hertz no conectaba ningún terminal de su generador de chispas a tierra, sino que a ambos los unía a un par de esferas aisladas de ella, conformando un dipolo, de allí nosotros llamamos a los dipolos de media onda "antenas tipo Hertz", que es una antena balanceada respecto de tierra. La tierra se convierte en un objeto semiaislador en sus cercanías que

influye como lo haría un techo de chapas de zinc o un árbol situado en sus cercanías.

Resumiendo...

Para ilustrar muy toscamente la situación, podemos imaginar la antena sigmática como una luminaria empotrada en un piso hecho de una sustancia parcialmente transparente o traslucida que deja escapar parte de su luz hacia afuera mientras otra parte es absorbida rápidamente a medida que viaja hacia abajo por el material. Además:

En modo alguno afirmamos que una antena enterrada no funcione porque sabemos que sí lo hace y también puede demostrarse teóricamente que debe hacerlo.

Tampoco se niegan algunas interesantes propiedades beneficiosas que pudieran surgir de esta situación.

Sin embargo, afirmamos que el modo de propagación sugerido habitualmente que emplearía como medio los sólidos constituyentes de la tierra, no es el responsable de las comunicaciones de esas antenas por las razones expuestas.

También se descarta aquí la posibilidad de reflexiones en el núcleo ferroso o en capas profundas por las mismas razones. Solamente se analiza la situación normal en las frecuencias de los espectros de HF y VHF que habitualmente emplean los aficionados sin analizar el comportamiento en las VLF donde el campo electromagnético puede penetrar mucho más profundamente en la corteza terrestre y en los dieléctricos en general.

Nota agregada

En estos días hallé un libro de la Radio Society of Great Britain titulado: "Practical Wire Antennas" de John D. Heys (G3BDQ). En su página 79 se encuentra el ítem: "Subsurface (underground) antennas", con algunos datos constructivos y experimentales que pueden resultar interesantes para el lector.

La experiencia citada muestra resultados que rondan los 16dB por debajo de una antena dipolo de media onda a 0,3 λ del suelo. ¡Nada mal para escondernos de la Gestapo!

Ingresando a

<http://www.solred.com.ar/lu6etj/tecnicos/images/sigmatica-rsgb.pdf>, puede obtener una copia del artículo mencionado. (Si hay Copyright, el mismo será debidamente honrado al momento de la entrega oficial de las Islas Malvinas a sus legítimos dueños.)

Literatura recomendada:

Bará Javier. Ondas electromagnéticas en telecomunicaciones. Capítulo 4, ondas y medios materiales. Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. <http://www.edicionsupc.es/>.

Nikolsky V. V. Electrodinámica y propagación de ondas de radio. Editorial Mir. Moscú, 1976.

Resnick - Halliday Fisica, Parte II. Editorial C.E.C.S.A.

Terman Frederick E. Manual del radio ingeniero. Editorial HASA.
Buenos Aires. 1947.

Electrical Engineering Solved Problems. Medium with losses.
Communications with a submarine. Hoja de cálculo para software
MathCad. MathSoft Engineering and Education. Inc.

Autor: Miguel R. Ghezzi (LU6ETJ)