

Antena Sigmática

Antenas subterráneas

Usadas por Rusos y Americanos en Comunicaciones Tácticas. Dice una frase que nada es nuevo bajo el sol. Y podemos aplicar esta frase al tema tan apasionante de las antenas bajo tierra o sistemas de antenas que operan muy efectivamente en el subsuelo, ya sean colocadas en bóvedas, o simplemente enterradas en el subsuelo.

El tema de las antenas subterráneas, no es nada nuevo y tomando de referencias militares varios datos, hemos descubierto interesantes detalles que ofrecemos a la consideración de nuestros lectores.

LOS INICIOS.

El primero en relacionar la reacción de una antena a la tierra fue el Croata, Nicolás Tesla. Este desde los años 1893 en una Conferencia en Philadelphia, discutió varios principios que se ilustraron con diagramas y se podría decir que ese, fue el nacimiento de la radio difusión.

Después llego Marconi que al patentizar varios de sus descubrimientos, lanzo una serie de batallas legales en su contra por parte de Tesla, que acuso a Marconi de usar sus patentes. Esta batalla duro mas de medio siglo y Marconi gano la batalla legal aunque el genio italiano siguió sintiendo la presión de Tesla "por robar mis aparatos y esquemáticos de la oficina de patentes".

Usando esos principios de Tesla los experimentos con antenas subterráneas comenzaron tan temprano como 1912, cuando James Harris Rogers instalo el primer sistema subterráneo de antenas y otro sistema bajo el agua. Durante la 1er Guerra Mundial uso el sistema y fue capaz de enviar y recibir señales.

Y TODOS los que conocieron del experimento, se dieron cuenta que LA ESTÁTICA SE ELIMINABA Y LA RECEPCIÓN ERA QUIETA, FUERTE Y SIN INTERFERENCIAS. Después, y alrededor de los años 20, llego H.H.Beverage con su antena muy cerca de la tierra con una onda transversal magnética que se adaptaba para recepción a lo largo del paso del alambre de esa antena. Era la primera vez que se conocía el

término de antenas de ondas viajeras y este principio.

DÉCADA DE LOS 50.

Después de finalizar la 2a Guerra Mundial las antenas subterráneas o cercanas a la tierra permanecieron como una curiosidad aunque se conocían los sistemas de comunicaciones de submarinos en VLF que siguen usando hoy esta técnica. Pero al comenzar a desarrollar la técnica de misiles, todos se preguntaban como podría un sistema perfecto de comunicaciones, sobrevivir los efectos de un bombardeo nuclear y el Pulso Electro Magnetico (EMP) después de una catástrofe de esa índole, sin perder la capacidad de las comunicaciones tácticas de sistemas militares.

Mas luz bajo tierra!

LO ÚLTIMO DE ANTENAS SUBTERRÁNEAS.

Al parecer, no todos han tomado en serio el asunto de las antenas subterráneas de las que hemos hablado en varios boletines LATNET. Unos han creído que se trataban de bromas del DIA de los Inocentes o el llamado April Fool Day en Estados Unidos. Pero no es ninguna broma. Hablamos en una serie de 6 boletines de la historia y desarrollos de los sistemas de antenas subterráneas y narramos como desde finales de la Segunda Guerra Mundial ya esos sistemas proliferaban en Rusia y de como después Estados Unidos comenzó a interesarse por la nueva técnica.

En esos tiempos, incluso los ingenieros estimaban que el poner una antena próxima a la tierra, era..Perder el tiempo. Los estudios demostraron que esos ingenieros y expertos estaban equivocados y después con el transcurso del tiempo, se conoció que los famosos misiles norteamericanos Minuteman, eran guiados por sistemas de antenas subterráneas que se colocaban en inmensas bóvedas bajo la superficie terrestre.

Sin embargo, después de varios escritos, permanece la creencia de que esto es un tema de ficción. Fortuitamente, hemos tenido contacto con la compañía que por años ha estado a la cabeza de estos experimentos y por medio del señor Dave Faust, Ingeniero de Pruebas y Desarrollo de Eyring Inc, podemos dar mas detalles sobre este interesante tema.

La División de Sistemas de Comunicación de Eyring, tiene variados diseños de antenas, unas subterráneas, y otras que funcionan sobre la tierra. Las funciones de estas antenas son de carácter táctico, comunicaciones de emergencia e incluso varios modelos que están diseñados para resistir el conocido pulso electro magnético de altura (HEMP or High Altitude EMP) producido por explosiones atómicas.

Estas antenas de Eyring están diseñadas para varios tipos de operaciones, terrenos, frecuencias (que llegan hasta VHF y son compatibles con el Meteor Scatter) y ángulos de radiación. Las hay de 2,3 y 4 elementos y podemos decir que TODAS se pueden instalar en una tremenda variedad de

configuraciones, incluyendo la de V invertida a 3 pies sobre la tierra.

Una gran sorpresa fue el recibir de Mr.Dave Faust el manual de operaciones para la antena ELPA 302A que opera HF/VHF y es de dos elementos. Este manual para los amateurs, será una cosa fuera de lo común, porque los manuales que conocemos de antenas convencionales, solo tienen unas 3 a 4 paginas que nos muestran el proceso de instalación. El manual de la ELPA 302A tiene 109 paginas, y es todo un tratado sobre la materia. El manual ofrece 76 graficas que comprenden pasos para la instalación, patrones de radiación, y aplicación de la ELPA 302A en comunicaciones de HF con onda de tierra (groundwave),onda aérea (skywave) y onda aérea de múltiples saltos (long range skywave paths). Esta antena, la ELPA 302A opera según la forma en que se coloque en el terreno (layout) desde 2 a 65 Mhz si los elementos se extienden a 150 pies y con 20 pies de separación uno del otro. Desde 4 a 50 Mhz si extienden los elementos a 75 pies. Desde 10 a 65 Mhz si se extienden los elementos a 50 pies y finalmente de 15 a 65 Mhz si se ponen elementos de 25 pies. Estas longitudes son por cada elemento. Y en la ultima configuración, estos elementos van separados a 10 pies, mientras que en todas las anteriores configuraciones los elementos son separados por 20 pies uno del otro.

Como pueden ver, el asunto de antenas subterráneas, o colocadas sobre la tierra, no es nada nuevo. Mucho menos si se tiene en cuenta que Eyring Inc de Provo en el estado de Utah ha estado en este campo de investigaciones y desarrollo por muchos años. A pesar de ello, queda aun cierto rechazo por parte de la comunidad amateur a creer que algo como esto pueda existir... pero tenemos que decir como Galileo cuando fue forzado por la Inquisición a retractarse de sus creencias y descubrimientos en relación al movimiento de la tierra: " Y sin embargo....se mueve".Y como en el caso de Galileo...

"Las subterráneas funcionan. Reciben y transmiten." Yo les prometo a los colegas del mundo, mas detalles sobre este tema interesantísimo además de una revisión de una de estas antenas que hasta el momento, es el prototipo de un modelo que se estará vendiendo al mercado amateur en próximos meses, por la suma de \$395 dólares. Esta será la primera vez que la comunidad amateur tendrá acceso a estas antenas y nos sentimos orgullosos de poderles anunciar esta relevante noticia por este medio. Y por supuesto estaremos probando por primera vez EN EL MUNDO, antenas que antes, solamente estaban al alcance de las altas esferas militares rusas o americanas. Varios radioamateurs de Miami tendremos este privilegio y entre ellos, Peter de la Rosa, KC4LFV.

Oswaldo Pla, KB4TFF.Marcelo Larghi, KC4YGB y este servidor que en los Cayos de la Florida, los días 23 y 24 de Febrero, estaremos operando en un evento Especial.

LA DÉCADA DEL 60.

Compañías conocidas como Westinghouse, GTE y RADCO habían construido ya varios sistemas de antenas subterráneas para el gobierno de Estados Unidos. Incluso, los famosos cohetes Minuteman, empleaban antenas de HF, y antenas de MF que estaban enterradas. Otros sistemas de VLF de Westinghouse se usaban en estas instalaciones y eran antenas de tipo loop

que no eran muy eficientes, pero trabajaban y resolvían el problema.

Ya más tarde en 1983, se construyó el primer sistema de antenas subterráneas en Nueva York y consistía de un arreglo (array) que comprendía elementos sencillos que radiaban en HF y VHF. Las pruebas realizadas con lugares remotos, demostraron que el sistema operaba a la perfección y con ganancias en el orden de los 12 dBs.

Una de las últimas pruebas la hizo la fuerza aérea y el array demostró que su operación, era comparable a un monopolio sintonizado de 35 pies a una altura de unos 30 pies, lo que de por sí...era ya sorprendente.

DESARROLLOS A PARTIR DE 1980

En 1979 el Instituto de Investigaciones Eyring, de Provo, Utah generó un gran interés en sistemas de antenas bajo tierra y a la misma vez condujo una serie de impresionantes experimentos dentro y alrededor del Lago Utah. Los Resultados arrojaron desarrollos de nuevas técnicas y se comenzó la fabricación de antenas subterráneas y otras que eran colocadas en la superficie, al nivel del terreno. Estas investigaciones y trabajos han continuado hasta hoy y Eyring ha mejorado la tecnología de antenas subterráneas para supervivencia de ataques nucleares. Sus sistemas se han probado en el centro de pruebas de White Sands en New México y las antenas se han sometido a ensayos de ataques Atómicos y han resistido la prueba sin sostener ALGÚN DAÑO a su estructura y las comunicaciones han continuado sin alterarse.

Prototipos de estas antenas se han instalado en varias Bases Aéreas de los Estados Unidos, y entre ellas están las de Hill en Utah y la de Offutt en Nebraska. La instalación del campo de antenas esta enterrada dentro de una bóveda gigantesca bajo tierra. Esta bóveda es de concreto a presión y en la misma se encuentran tres antenas de banda ancha configuradas para proveer recepción y transmisión direccional u omnidireccional según se requiera y a la misma vez, proveen buena diversidad en recepción. Dos de estas antenas cubren desde 2 a 30Mhz con optimización y énfasis en las partes bajas y medias del espectro de HF mientras que una tercera antena, esta dedicada solo a la operación en la parte alta de HF. Los equipos de transmisión son todos de Rockwell-Collins que fueron probados extensamente en el verano de 1984 ofreciendo resultados excelentes.

Otras pruebas se han realizado con antenas de bajo nivel, colocadas solo a unas 23 pulgadas sobre la tierra y el resultado ha sido magnifico demostrando que la tecnología de antenas subterráneas o de antenas a nivel de tierra es perfectamente aceptable, es real y funciona.

Le hago saber a mis colegas de que en relación al trabajo de las antenas subterráneas y de como estas funcionan, les daré el ultimo dato llegado del Instituto Eyring.

800 de estas están funcionando en la operación Tormenta del Desierto y forman parte de un contrato de 6 millones de dólares del Gobierno de Estados Unidos con este Instituto que produce estas antenas.

Como podrán ver.....! Funcionan estas antenas! Articulo escrito por Lionel,KC4CLD

Antena Sigmática Características y ventajas ([Download croquis y esquema balun](#))

1- Ausencia de pérdidas - 2 - Señal constante - 3 - Amplificación de la señal por reflexión - 4 - No necesita condiciones de propagación - 5 - No recibe ruidos - 6 - Ganancia de 10 Db - 7 - No es atacada por condiciones climáticas - 8 - No necesita mástiles u otro sostén - 9 - Opera en todas las bandas 10.11.15,17,20,40, y 80 metros - 10 - Impedancia de 300 ohms - 11 - Simple armado .-

ORIGEN DE LA ANTENA

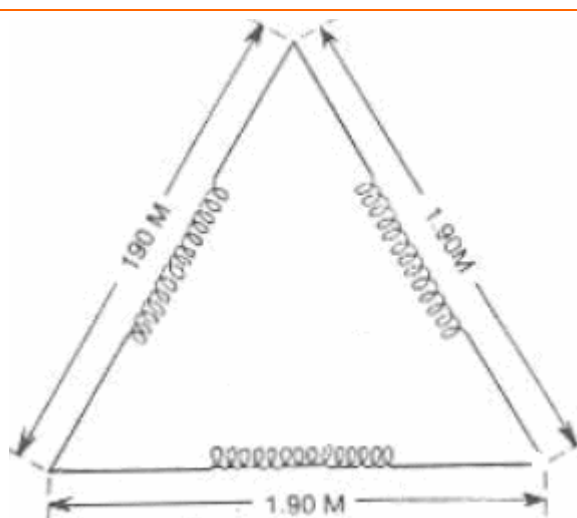
Aparentemente la misma es de origen alemán, experimentada y usada durante la segunda guerra mundial alrededor de 1943, también se sabe que fue usada en 1965 por el ejercito de EE.UU. en la guerra de Vietman, luego se mantuvo para uso exclusivo militar y desde hace poco se dio a conocer en el campo de la radio afición. Es una antena que a diferencia de las convencionales se instala bajo tierra y utiliza como forma de rebote la magna de la tierra, esta al estar en estado de función constante facilita el rebote y la amplificación de la señal transmitida, por consiguiente la señal recibida se comporta de la misma manera. Por otro lado el Magna no posee periodos de cambio, se mantiene siempre constante a diferencia de ionosfera utilizada por las antenas convencionales, por lo tanto con estas forma de transmisión-recepción la propagación no existe.-

Publicado por [Jose Garcia](http://cx1su.blogspot.com/2010/03/antenas-subterranas-radioaficionados.html) <http://cx1su.blogspot.com/2010/03/antenas-subterranas-radioaficionados.html>

Antena Sigmática

Características y ventajas

- 01- Ausencia de pérdidas
- 02 - Señal constante
- 03 - Amplificación de la señal por reflexión
- 04 - No necesita condiciones de propaadación



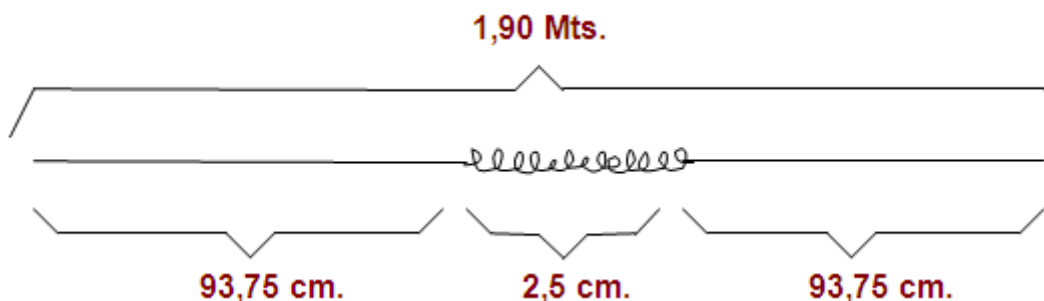
05 - No recibe ruidos
 06 - Ganancia de 10 Db
 07 - No es atacada por condiciones climáticas
 08 - No necesita mástiles u otro sostén
 09 - Opera en todas las bandas 10.11.15,17,20,40, y 80 metros
 10 - Impedancia de 300 ohms
 11 - Simple armado

Armando

1- Fabricación de las bobinas de carga se deben realizar tres iguales utilizando como soporte uno de los tubos plásticos de $\frac{1}{4}$ de pulgadas, en el se realizan 8 vueltas de alambre de cobre de 1mm 0 , en cada extremo se deja un pequeño chicote para soldar los tramos de la antena. Las bobinas se pueden terminar dándoles unas vueltas de cinta aislante por encima para darle mayor rigidez y terminación. Las bobinas listas deben tener un largo de no más de 2Cm

2- Corte de los elementos tome las varillas tubulares de $\frac{1}{4}$ y córtelos en tramos de 93,75 Cm (6 en total).

3- Ensamblado final: se toma unos de los tramos de 93,75 Cm y se suelda en un extremo una bobina de carga y en el extremo libre de esta se suelda otro tramo de 93,75 Cm y así se concluye unos de los tramos de la antena(repetir el punto 3 dos veces más. 1.90 Mts. 93.75 cm. 2.5 cm. 93.75 cm.



Luego con los tres tramos concluidos tomar un triangulo que por lado queda 1,90 Cm en solo dos puntos extremos de este aplicar soldadura, de este modo queda formada el triangulo. Todo este triangulo se introduce en la

manguera plástica de mas de $\frac{1}{4}$ para que quepan fácilmente las bobinas. En el extremo no aislado se suelda la cinta plana de 300 Homs de impedancia que sirve para cargar la antena, se debe tener cuidado de no separar demasiados los extremos de los elementos ni de pelar mucho la cinta plata de 300 Homs para evitar variar la impedancia características. En Donde se soldó la cinta y quedan los extremos de la manguera se suelda con brea u otro material, con el fin de conseguir una unidad hermética para evitar la humedad.

Instalación

Cavar un pozo sobre un terreno no muy húmedo ni tan seco, en lo posible lejos de alguna descarga a tierra, en el mismo se debe tener las siguientes dimensiones 2*2*2*2 metros de longitud y 60 u 100 cm de profundidad.

Colocar todo el conjunto de antena dentro y luego tapar bien todo el pozo apisonando la tierra, (tener cuidado de que queden afuera los chicotes de la antena plana de 300 ohmios. De esta forma queda concluido el trabajo.

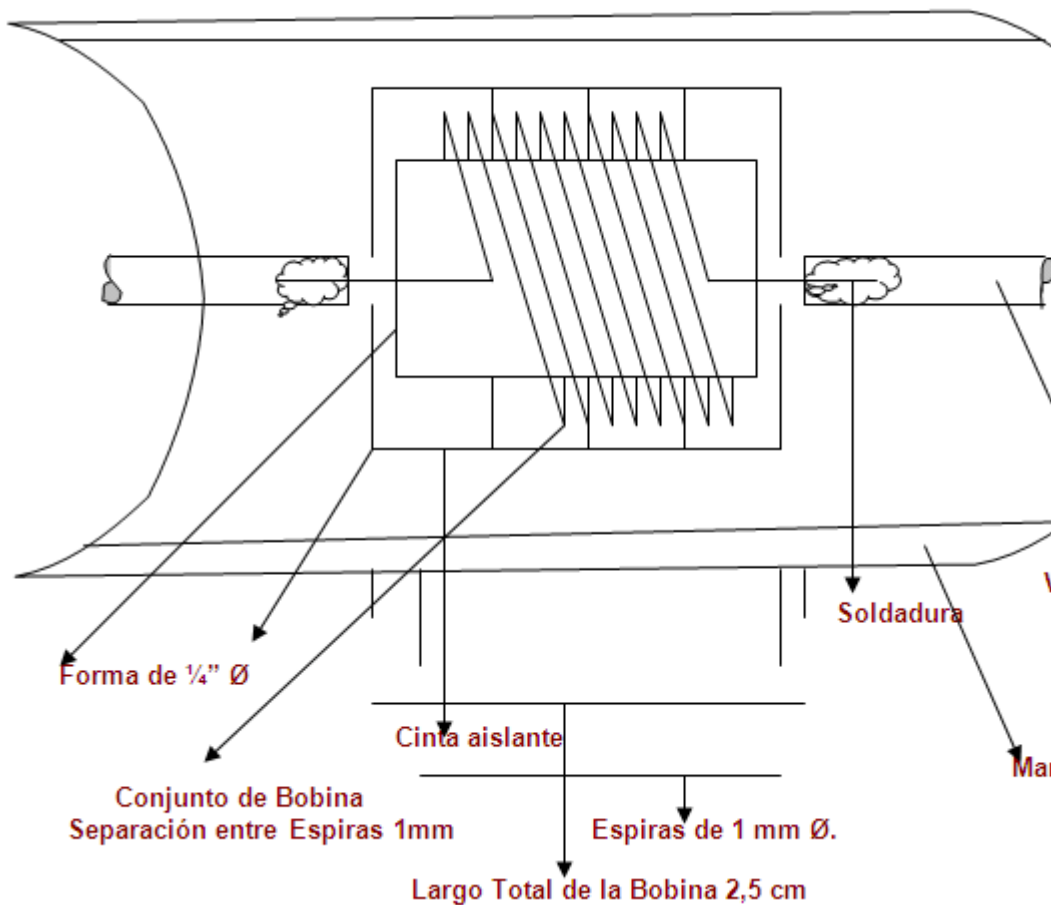
En los equipos que funcionan con impedancias de 300 ohmios se conecta directamente al mismo. Para la banda de aficionados que trabaja con una impedancia de 50 Ohmios es necesario colocar un adaptador de 300 a 50 Ohmios, el cual se puede instalar sobre una estaca en el lugar donde se colocó la antena, de este adaptador sale la línea coaxial RG8 o RG 58 de 50 Ohmios que va al transceptor.-

Varilla de 10 ó 12 mm.

Soldadura 93,75 cm.

Conjunto de bobina Cañito de $\frac{1}{4}$ ´ Espiras de 1 mm.

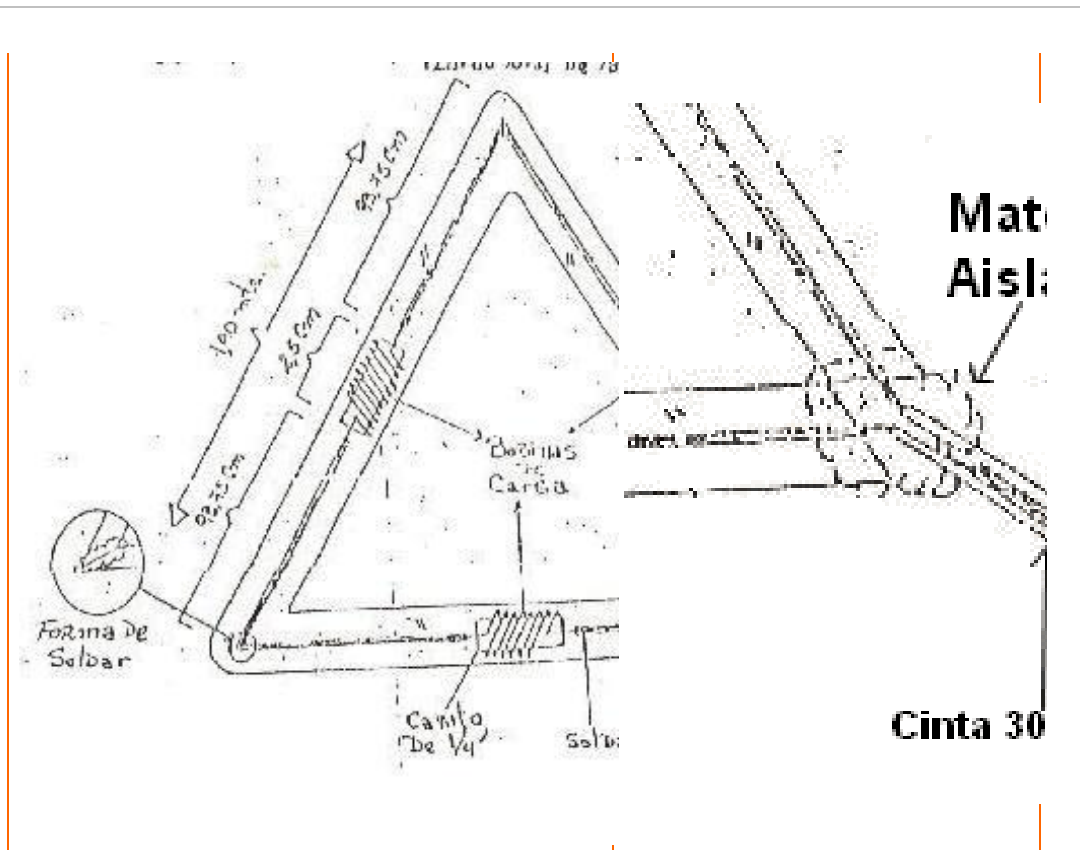
Cinta aislante Separación entre Manguera de + de $\frac{1}{4}$ ´ Espiras 1 mm. Largo total de la Bobina 2,5 cm.



LISTA DE MATERIALES

- 5 METROS DE VARILLA DE COBRE DE 10 O 12 MM DE DIÁMETRO
- 2 METROS DE CABLE DE COBRE DE 1MM
- 3 CAÑITOS O NIPLES PLÁSTICOS DE 1/4 DE PULGADAS
- CINTA PLANA DE 300 Ohmios
- ADAPTADOR DE IMPEDANCIA DE 300 A 50 HOMS
- 5 METROS O MÁS DE MANGUERA PLÁSTICA FLEXIBLE DE TIPO TRASPARENTE O SIMILAR DE 1/4 DE DIÁMETRO BREA U OTRO MATERIAL SELLADOR
- CINTA AISLANTE

La Antena



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	5 kilo ohm - 20 kilo ohms	3
Agua dulce, ríos	1000 ohms	80
Jardines	80 ohms	15
Agua de mar	0,22 ohms	81
Cobre	0,000000017 ohms	-

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

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 3,5 MHz, en un suelo fértil como el de un jardín, es capaz de penetrar hasta unos 2,7 m 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.

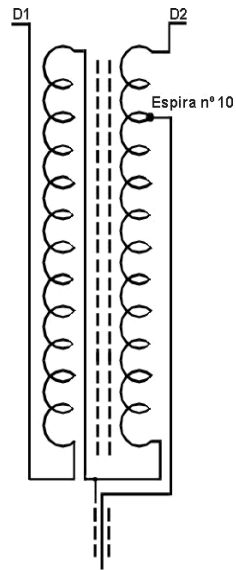
Empleando las mismas ecuaciones, hallamos que la penetración, para la misma frecuencia, en el Cobre, es apenas 0,035 mm y a cinco veces esa distancia (0,17 mm) se considera que la señal es despreciable o no lo atraviesa (la atenuación es -36 dB).

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 0,2 mm de cobre y para hacerlo con tierra fértil *unos 13,5 m...!*, pero en ambos casos se obtiene una efectiva atenuación de -36 dB...!

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 porqué 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 *inventa 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, *ital 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...

El Balum 6:1 Construcción



En este capítulo voy a describir como hacer el balun para la antena . Lo primero que tenéis que hacer es fijaros detenidamente en el dibujo adjunto, pues en él está detallado clarísimamente todo el montaje, aún así detallaré paso a paso su construcción.

Los materiales necesarios para la construcción de este balun son los siguientes: 2 metros de hilo esmaltado de 1,5 mm 2 ferritas de 10 mm de diámetro y 100 ó 120 mm aproximadamente de largo, de las usadas en receptores de OM / OC , también pueden valer las de tipo plano (para cortarlas es necesario utilizar piedra de esmeril) 1 trozo de tubo de PVC de 40 mm de diámetro exterior de los de desagüe de 120 ó 150 mm aproximadamente de largo 2 tapones para el tubo de PVC de 40 mm, pegamento especial para PVC tornillería con tuercas y arandelas de métrica de 3 y de 4 a ser posible de acero inoxidable 3 Pitones roscados con tuercas y arandelas 1 PL SO239 con soporte cuadrado y cuatro agujeros de sujeción.

A partir de ahora comenzamos el montaje, primero soldamos cuatro tuercas de M3 en el lado interno del conector PL, ahora cogemos las dos barras de ferrita y con cinta adhesiva las unimos una al lado de la otra, el hilo de cobre esmaltado, lo ponemos sujeto por un extremo a un sitio fijo, por ejemplo en un tornillo de mesa, y cogiendo el otro extremo con un alicate, tiraremos fuertemente con objeto de estirarlo y dejarlo libre de arrugas, se corta o se dobla por la mitad, se sujetan en el tornillo dos puntas y de esa manera se bobinan los dos hilos juntos, dando 12 espiras pero a su vez separadas de dos en dos, 3mm, cuya separación se le puede dar bobinando a la vez una cuerda de ese grosor, que más tarde se puede dejar puesta bien atada en el principio y final de la bobina, cortaremos y rasparemos el barniz del cobre, haciendo las anillas para los tornillos en la parte de arriba y en la parte de abajo se sueldan dos de puntas en la masa del conector y en el vivo ponemos un trozo de hilo esmaltado de cobre que irá también soldado en la espira 10ª de uno de los bobinados, según se indica en los gráficos. una vez terminada esta configuración se puede dar un barniz endurecedor para que quede todo más compacto.

Ya así se podría utilizar pero para darle más consistencia lo mejor es montarlo en algún soporte como podría ser una placa de baquelita, PVC, etc. o como esta indicado en el dibujo, en un tubo de PVC de los que se usan para fontanería. Se

corta el tubo a medida suficiente para alojar el balun y haremos los agujeros, primero en el tapón de abajo para el conector PL y uno más al menos para que "respire" y no se produzca condensación, montamos el conjunto de conector y balun en el tapón, metemos el trozo de tubo, todavía no lo pegamos, calculamos la situación y practicamos los agujeros para los tornillos de conexión de los extremos superiores de las bobinas, ponemos el tapón de arriba y hacemos el agujero central colocando el Pitón correspondiente para colgarlo en su caso, ahora se hacen los dos laterales que atravesarán también el tubo, retiramos el tapón temporalmente.

Ya podemos pegar el tapón inferior con el pegamento especial para PVC, que suelda literalmente las dos piezas y es extremadamente resistente (se vende en tubitos en tiendas de fontanería), colocando previamente los tornillos de arriba y conectando internamente las bobinas. Para los cáncamos laterales, como son el cierre final, tendremos que pegar por dentro las tuercas con pegamento de PVC, Loctite, etc.

¡ ATENCION ! No obstruir la rosca, entonces con el tapón puesto se roscan cada uno de ellos con una tuerca y arandela puestas por el lado de las anillas y cuando estén suficientemente introducidos, con esa tuerca exterior apretaremos el conjunto a modo de contratuerca. Solo falta enganchar las ramas del dipolo y a funcionar.

Si todo ha sido bien montado la relación de ondas estacionarias será de un nivel bajo, 1,5:1 o menos en todas las bandas previstas y en 80 metros con un ancho de banda considerable y muy superior a cualquier antena vertical . El hecho de montar dos ferritas juntas es el de que no se sature el núcleo por calor y así de esta manera funcionar correctamente con cualquier equipo que salga con 100 ó 150 vatios de RF.

Fuente: <http://www.qsl.net/cx1ddr/sigmatica.htm>