

Nº06: ANTENAS DE ARO (1ª Parte)

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 09-03-98.
Sant Cugat del Vallés (Barcelona) ea3eis@hotmail.com

INTRODUCCION

Desde que mi amigo José Miguel Mata de Zaragoza, se presentó en Mercaradio-97 con su flamante Antena de Aro construida por él y después de tener la gentileza de mandarme toda la información al respecto, me asaltó la inquietud de experimentar con este tipo de antenas. He de dar las gracias a José Miguel, por haberme brindado esta oportunidad.

Quiero aclarar, que el mundo de las antenas ha sido para mi, una actividad apasionante la cual, tenia aparcada desde hace mucho tiempo por motivos de cambio de QTH. Actualmente, no me puedo permitir grandes cosas por razón de espacio, aunque ha decir verdad y después de la experiencia, he de considerar: Que este tipo de antenas, se adaptan perfectamente a espacios reducidos y además son antenas silenciosas en el sentido, que captan poco ruido o sea, que estaríamos hablando de una antena agradecida y desconocida hasta cierto punto.

Dicho esto y antes de entrar en detalles, me gustaría hacer algún comentario más sobre algunos conceptos que no tenia demasiado claros en lo que respecta, a la diferencia real que existe entre las Antenas Convencionales de naturaleza electromagnética y las Antenas de Aro, que también se las conoce popularmente, como Antenas Magnéticas.

ANTENAS CONVENCIONALES

El comportamiento eléctrico, de la mayoría de antenas que se vienen utilizando, tanto para transmisión como para recepción, obedece a dos principios importantes:

El primero, es la relación que existe entre la longitud de onda y la magnitud física de la antena lo cual, hace que dicha antena, se comporte como un circuito resonante abierto, con su inductancia, su capacidad y su resistencia distribuidas, todo ello en concordancia con la frecuencia correspondiente de trabajo.

El segundo, obedece al principio físico de los efectos; cuando circula una corriente variable de RF por el conductor o antena, se generan campos eléctricos y magnéticos dispersos que se propagan de manera simultánea, se entiende en la función transmisión (Tx).

En recepción (Rx), el principio es el mismo pero en sentido inverso, son los campos eléctrico y magnético que se automantienen y se propagan por el espacio, los que generan la señal de RF al ser captados por la antena en cuestión.

De aquí viene, la naturaleza electromagnética de estas antenas y que se les ha llamado convencionales, con la única intención de poderlas diferenciar temporalmente. Ver Figura Nº1.

ANTENAS DE ARO

El comportamiento de una Antena de Aro, es más bien de naturaleza magnética por el hecho de que partimos de una espira o aro como elemento radiante o de captación, ver a continuación.

La magnitud física o perímetro de dicho aro, no guarda relación con la longitud de onda si no más bien lo contrario, se recomienda que dicha circunferencia esté entre 0,125 y 0,250 de la longitud de onda con lo cual, dicha antena se comporta como un circuito resonante cerrado, con la Inductancia, la resistencia distribuida de la espira o aro y la capacidad del condensador variable que forma parte del circuito L C, ambos en sintonía con la frecuencia correspondiente.

En cuanto a la dispersión o difusión de los campos eléctrico y magnético en transmisión ocurre lo siguiente, el campo eléctrico aunque no de manera absoluta, queda confinado entre las armaduras o placas del condensador variable asociado y desde el punto de vista de la dispersión, este campo, se puede considerar despreciable. En lo que concierne al campo magnético, es el que se genera en la propia espira o aro al paso de la corriente variable de RF y su representación, podría ser como líneas de inducción magnética concéntricas con respecto al conductor o aro las cuales, se dispersan y propagan por el espacio.

En recepción y de manera recíproca, la espira o aro captará el máximo de señal, en función de la superficie de dicho aro, la orientación del mismo con respecto a las líneas de inducción del campo magnético que se propaga y la sintonía o concordancia LC, con respecto a la frecuencia de trabajo. Ver Figura N°2.

ANTENAS DE ARO, CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Para conseguir la máxima eficiencia en una Antena de Aro, deberán tenerse en cuenta algunas consideraciones importantes:

Es aconsejable como ya se ha indicado anteriormente, que el dimensionado del aro de dicha antena, corresponda a una circunferencia que esté entre 0,125 y 0,250 de la longitud de onda, con el fin, de mantener la naturaleza magnética de la antena. En caso de que el aro fuera mayor de 0,250 de dicha longitud de onda, perdería su condición magnética para convertirse en una antena del tipo electromagnético Quad o Delta.

El dimensionado del Aro, puede ser menor de 0,125 de la longitud de onda, pero en este caso, el ancho de banda se hace muy estrecho, la sintonía se vuelve crítica y también la eficiencia de la antena se hace menor.

El rango de funcionamiento o sintonía de las Antenas de Aro, es recomendable que sea restringido a una relación de 1:2, de manera que las bandas de HF, queden repartidas en tres grupos de frecuencias: De 3,5 a 7 MHz, de 7 a 14 MHz y de 14 a 28 MHz, por ejemplo. La ampliación del rango de sintonía, conlleva una pérdida importante de eficiencia de la antena. También puede optarse, por la versión monobanda de dicha antena, teniendo en cuenta, el dimensionado del aro y la capacidad asociada.

De manera general, dicha Antena de Aro y en cualquier banda que trabaje, deberá presentar una baja resistencia ohmica en RF, a fin de minimizar las pérdidas y mejorar el rendimiento en Tx al máximo posible.

Su característica de alto Q, hará que este tipo de antena, trabaje con un ancho de banda más bien estrecho lo cual, hace necesario un sistema de sintonía por capacidad variable que sea acorde y también preciso

Aun con bajas potencias de RF en Tx, se hace presente una alta tensión de RF entre las armaduras o placas del condensador variable de sintonía, este detalle, puede condicionar la viabilidad de esta antena al trabajar con potencias altas (100 W).

Para conseguir una buena adaptación de la Antena de Aro con el transceptor, el método más utilizado es por acoplamiento inductivo, mediante una espira blindada electrostáticamente tipo jaula de Faraday, confeccionada con cable de la misma línea coaxial de 50 Ohms (RG8 o RG213).

Otras cuestiones importantes, de aplicación y de orden constructivo, son: Que en el caso de que dicha antena, tenga que ser instalada en el exterior a título permanente, deberá cuidarse la protección antihumedad en lo que respecta al sistema de sintonía; si se opta por una versión portable o interior, se puede omitir esta consideración. En cuanto a la construcción del aro, añadir que este puede ser rígido autosoportado o bien, flexible y con el correspondiente soporte auxiliar aislante, en este trabajo que hoy se presenta, hemos adoptado la segunda solución de aro flexible.

DESCRIPCION CONSTRUCTIVA DE UNA ANTENA DE ARO

Las antenas de aro que comúnmente se vienen utilizando en las bandas de HF, comprenden las siguientes partes o elementos:

- Aro o espira resonante.
- Condensador variable de sintonía.
- Acoplamiento inductivo del aro.
- Accionamiento a distancia de la sintonía o telemando.

ARO O ESPIRA RESONANTE

El aro o espira resonante, es el elemento básico de esta antena, el aro puede estar constituido por un conductor eléctrico ya sea rígido o flexible, en ambos casos, deberá presentar una buena conductividad eléctrica para evitar pérdidas importantes al fluir la corriente de RF. Cabe destacar, el efecto pelicular de la RF al circular por la superficie del conductor o antena de manera genérica. Por lo tanto, si nos decidimos por la solución de utilizar un conductor rígido como aro de sintonía, el más recomendable, sería el tubo de cobre de una sola pieza en toda su longitud, evitando las soldaduras las cuales, no dejan de ser puntos débiles cuando se trata de conseguir una conductividad óptima y solidez mecánica. El diámetro del tubo de cobre más indicado en términos prácticos, puede ser el de la medida normalizada de 22 m/m de diámetro, del tipo recocido y que se comercializa en rollos.

Si el aro lo hacemos partiendo de conductor flexible, cual es nuestro caso, nos permitirá el disponer de una Antena de Aro que será más fácil de construir al llevar a término la experiencia y también, la hará más manejable en plan portable. Como conductor del aro, utilicé cable coaxial RG214 de doble malla plateada, aproveché un trozo de cable que tenía de 3,60 Metros de longitud y con el cual, pude montar un aro de 1,15 Metros de diámetro, Antena de Aro versión (A). Ello me permitió, experimentar en las bandas centrales de HF (40, 30 y 20 Metros). La forma circular del aro, venía dada por una cruz hecha con listones de madera que le hacían de soporte y el cable coaxial, quedaba sujetado sobre los extremos con abrazaderas de nylon y tornillos. El dimensionado del aro, quedó bastante reducido una vez montado y esto, siempre se agradece. Es evidente que como conductor, empleé solamente la malla exterior del cable coaxial RG214 y a cuyos extremos, soldé unas abrazaderas de cobre con taladros de sujeción y cables soldados hacia el condensador variable de sintonía. Para detalles de todo lo explicado, ver Figura N°3, Antena de Aro versión (A).

CONDENSADOR VARIABLE DE SINTONIA

El condensador variable de sintonía, es también, un elemento muy importante de la antena de aro por el hecho, de formar parte activa de un circuito LC con un alto Q. La tensión entre placas de dicho condensador, cuando este se encuentra en sintonía o resonancia con el aro, guarda relación con la potencia en Tx, con unos 100W de salida en antena, pueden hacerse presentes algunos miles de Volts en los extremos del aro y las placas del condensador asociado.

Ante esta situación, se recomienda utilizar un condensador de dos secciones y que pueda trabajar tipo “Mariposa” con lo cual, las dos secciones quedan en serie y se reparte la tensión de RF y también, se minimizan las pérdidas por contacto de fricción del rotor o de las placas móviles del condensador. Todo esto está muy bien, si se dispone del condensador variable adecuado o si uno es capaz de construirlo, pero en mi caso particular y al inicio de las pruebas, no era así y tuve que solucionar el problema con un condensador de dos secciones 410+410 pF tipo receptor antiguo, esta solución, me funcionó bien en Rx y en Tx QRP pero cuando sobrepasaba los 10W de potencia, se producían arcos de RF entre placas del condensador, aun estando las dos secciones en serie. Más

adelante, conseguí un condensador de surplus de 101 pF/4500V lo cual, me permitió hacer pruebas con potencias de 100W en la banda de 40 Metros y fueron satisfactorias. Esto confirma lo dicho con anterioridad. Ver Figuras N°4 y N°5.

Otra solución que se puede adoptar, es la de utilizar un condensador variable de sintonía del tipo “Trombón” de dos secciones conectadas en serie. Dicho condensador, está constituido por dos conjuntos de un par de tubos de cobre concéntricos uno dentro del otro y separados por otro tubo intermediario de material aislante de buena calidad (Teflón) el cual, hace de dieléctrico; este condensador, es accionado por un espárrago o tornillo micrométrico longitudinalmente y se varia la capacidad o sintonía del circuito LC. Este sistema es muy ingenioso, pues permite trabajar con el aro bien balanceado y aumentar la potencia Tx de salida en función, del tipo de material utilizado y también, del dimensionado o separación entre tubos o armaduras del condensador. La solución más efectiva, sería el poder utilizar un condensador variable de vacío, dada su tensión de trabajo (7500V) pero, su carestía puede ser prohibitiva.

ACOPLAMIENTO INDUCTIVO DEL ARO

El acoplamiento entre el aro y el transceptor, consiste en un bucle o espira apantallada la cual, queda acoplada inductivamente con el aro de sintonía. El diámetro recomendable de dicho bucle, debe corresponder en principio, a 1/5 parte del diámetro del aro; posteriormente, ensayé con otras medidas de diámetro. El apantallar el bucle de acoplamiento, no tiene otra razón cual es, la no captación de señales de campo eléctrico interferentes de carácter más bien local en Rx, digamos que este bucle, sigue la misma filosofía de la naturaleza magnética de la antena.

La confección del bucle de acoplamiento, se hace con el mismo cable coaxial o línea de 50 Ohms RG8 o RG213. La espira en cuestión y en la parte superior central, tiene abierta la malla con una separación de un centímetro y en la base de la espira, el final de la malla y conductor interno, son conectados conjuntamente, con la malla del lado de entrada del bucle o punto común de masa; esta particularidad, hace que el acoplamiento sea magnético y la malla interrumpida actúe de blindaje o jaula de Faraday. Véase la Figura N°6.

ACCIONAMIENTO A DISTANCIA DE LA SINTONIA O TELEMANDO

Otra cuestión de carácter operativo, es el sistema de mando a distancia para la sintonía del aro en correspondencia con la frecuencia de trabajo; esta función se consigue, mediante un motor reductor pequeño, con un par de arranque suficiente para accionar el giro del rotor del condensador variable y la velocidad del motor, deberá ser regulable manualmente. Es deseable que la velocidad mínima resultante, sea de 1 rpm para tener una sintonía más cómoda.

El eje de salida del motor reductor, está acoplado mecánicamente al condensador variable mediante un separador de material aislante a la RF. Este último detalle, no será necesario si se va a utilizar un condensador variable de doble sección o “Mariposa”.

Todo el grupo de condensador variable de sintonía y motor reductor de accionamiento, van montados en una placa de Policarbonato mediante tornillos roscados en la propia placa, con ello se consigue, un aislamiento eléctrico y solidez mecánica aceptables. Ver Figuras N°4 y N°5.

El motor que será del tipo asíncrono con escobillas tensión de 3 a 14 V cc, se alimenta con una fuente estabilizada de 12 V cc del tipo remoto la cual, comprende además, un mando inversor de la tensión, del tipo palanca y con punto muerto central, este permite accionar e invertir el giro del motor de forma manual y a distancia, también se dispone de un potenciómetro para regular a voluntad la velocidad de salida del motor reductor entre 1 a 6 rpm. Dicho telemando, queda ubicado en una caja de aluminio. Véase Figura N° 7, accionamiento a distancia de la sintonía.

ANTENAS DE ARO PARA 40 METROS, VERSIONES (A) y (B).

Después de la primera experiencia con la improvisada antena de 1,15 Metros de diámetro versión (A), pensé hacer otra prueba con un aro cuyo diámetro, fuera más acorde con la banda de los 40 Metros y así, poder establecer una comparación a la vista de los resultados. Quiero remarcar que dicha banda, es ideal para este tipo de experiencias tanto en Rx como en Tx, pues resulta ser muy restringida en cuanto a margen de frecuencia y está muy concurrida a todas horas; por las noches, siempre es castigada por las interferencias que proceden de las potentes estaciones de Broadcasting del ámbito europeo y del más allá.

Para llevar a término esta segunda parte de los ensayos, partí de la base de contar con un aro más grande que correspondiera a 0,148 de la longitud de onda en 40 Metros, en lugar de tener un perímetro de 0,09 versión (A) para la misma banda. Esta antena de aro de mayor diámetro, está pensada y construida con el mismo estilo que la otra y la definiremos como versión (B). Para detalles de esta antena, ver la Figura N° 8, Antena de Aro versión (B).

A continuación se indican, algunas características de ambas antenas de aro para 40 Metros:

ARO RESONANTE L1 PARA LA BANDA DE 40 METROS

Versión	Diám. Méd.	Perímetro	Conductor	Long Onda	L	C	ROE Min.
(A)	1,15 Met.	3,60 Met.	RG214/U	0,09	3,9uH	125pF	1,30
(B)	1,90 ..	6,00 ..	RG214/U	0,148	9,0 ..	56 ..	1,20

Nota: Las pruebas de ROE, se hicieron en el centro de la banda de 40 Metros (7050 KHz) y con una potencia media de 10W, en ambas antenas.

BUCLE DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO L2

Versión	Diám. Méd.	Perímetro	Conductor
(A)	39,5 cm	125 cm	RG8 o RG213
(B)	70,0 ..	220 ..	RG8 o RG213

Notas: Por razón de la ROE más bien alta, me vi en la necesidad de aumentar el diámetro de los bucles de acoplamiento inductivo L2 en ambas antenas de aro, versiones (A) y (B).

Los detalles constructivos y de montaje de L1 y L2, pueden verse en las Figuras N°3, N°6 y N°8 así como, de las dos antenas de aro ya operativas en las Figuras N°9 y N°10.

ANTENAS DE ARO PARA 40 METROS, PRUEBAS FUNCIONALES

Antes de efectuar las pruebas reales en Tx, quise constatar los puntos de radiación máxima y mínima en ambas antenas de aro a título de diagrama simplificado de radiación, así como también, el ancho de banda o ROE, todas estas pruebas funcionales, en la banda de 40 Metros.

Diagrama de Radiación en Tx. La primera verificación que hice en Tx, fue la de confirmar los puntos de radiación máxima y mínima en una antena de aro y empecé por la versión (A), para ello, improvisé un medidor de campo de RF, con una pequeña antena (varilla de 27 cm), una sonda de RF y un voltímetro de CC de alta impedancia y a continuación, me dediqué a ir tomando medidas en diferentes ángulos de posicionamiento de la antena con los resultados siguientes:

Radiación máxima, en los dos sentidos opuestos del plano del aro.

Radiación mínima, en los dos sentidos opuestos y perpendiculares al plano del aro.

Dicho de una manera más gráfica, si viéramos la antena de aro seccionada y por la parte de arriba, el diagrama de radiación, sería igual a la figura de un “8”, con los dos lóbulos de radiación máxima en los extremos del aro y los nodos de radiación mínima a ambos lados del aro. Las pruebas se hicieron, con una potencia media de 10W, en el centro de la banda de 40 Metros y 0° de elevación pues no disponía de medios ni de espacio para hacer más ensayos. Este tipo de prueba, es válida para las dos versiones de antenas de aro (A) y (B).

Ancho de Banda o ROE en TX. Una manera bastante fácil de apreciar el comportamiento selectivo y de Ancho de Banda en este tipo de antenas de aro, fue el verificar la potencia reflejada o ROE en toda la banda de 40 Metros. Tomando como referencia y sintonizando, el centro de la banda (7050 KHz) a mínima ROE en la antena bajo prueba y partiendo de este punto, ir tomando nota de las lecturas de ROE a ambos lados de esta frecuencia central he irlos transcribiendo en una gráfica.

Esta prueba comparativa, se hizo en las dos antenas de aro versiones (A) y (B) y también en la antena vertical Butternut HF6V que utilizo como sistema radiante multibanda. Pueden verse dichos resultados en forma de curvas de respuesta, en la Figura N°11.

Solamente añadir, que la característica de alto Q de una antena de aro, hace que se comporte como un filtro paso de banda sintonizable en la propia antena y en la función Rx, mejorando el comportamiento ante las señales fuertes o de tipo local adyacentes al punto de sintonía y en la función Tx, ejerce también la función de filtro reduciendo la posible radiación armónica.

PRUEBAS REALES EN TRANSMISION

Las pruebas en Tx, las hice tomando como referente la antena vertical Butternut HF6V que tengo instalada en mi QTH, dado que no dispongo de otro sistema más idóneo y con un transceptor FT277ZD, en la banda de 40 Metros, modo LSB y con unos 50W_{pep} de potencia.

Primero ensayé la antena de aro versión (A) y la antena vertical, seleccionándolas mediante un conmutador. Al establecer contacto con otras estaciones, me pasaron los controles siguientes:

PRUEBAS EN TX, ANTENA DE ARO VERSION (A)

Fecha	Hora	Frecuencia	Estación	Localidad	Distancia	Ant. Aro	Ant. Vert.
01-98	11,40	7080 KHz	F3-LX	Perpinya	150 Km	5-9	5-9
01-98	12,15	7052 ..	C31-YA	Andorra	130 ..	5-9	5-9
01-98	12,15	7052 ..	EA3-FKY	Tordera	60 ..	5-9	5-9
03-98	17,15	7073 ..	EA2-BHD	Irun	380 ..	5-5 (*)	5-9

A primera vista, se aprecia una pérdida de eficiencia en Tx y en función de la distancia. En los contactos de ámbito más local, no hay una diferencia apreciable según los correspondientes.

Posteriormente hice la prueba en Tx, con la antena de aro versión (B) en comparación con la antena vertical, con las mismas condiciones de trabajo y los resultados fueron los siguientes:

PRUEBAS EN TX, ANTENA DE ARO VERSION (B)

Fecha	Hora	Frecuencia	Estación	Localidad	Distancia	Ant.Aro	Ant.Vert.
04-98	17,00	7095 KHz	EA5-CYX	Alcoy	380 Km	5-9+10	5-9+10
04-98	17,00	7095 ..	C31-YA	Andorra	130 ..	5-9+15	5-9+15
04-98	17,00	7095 ..	EA5-BDR	Castellón	240 ..	5-9	5-9
04-98	17,00	7095 ..	EA6-ACC	Ibiza	285 ..	5-9+10	5-9+10
05-98	11,15	7061 ..	F5-LFS	Toulouse	238 ..	5-9	5-9

Este era un día de mejor propagación en los 40 Metros, no obstante se aprecia una igualdad en cuanto a las señales captadas por los correspondientes lo cual evidencia, una mejor eficiencia en

esta versión (B) de antena de aro. En ambas pruebas, las antenas se han emplazado en la pequeña terraza de mi QTH y debajo de los radiales sintonizados de la antena vertical Butternut HF6V.

COMENTARIOS SOBRE LAS ANTENAS DE ARO EN LA FUNCION TX

Después de las pruebas efectuadas en TX con las tres antenas, no puedo pasar por alto el insistir, que cuando se instala una antena sea del tipo que sea y se transmite con ella, el resultado o grado de satisfacción, dependerá de varios factores alguno de los cuales, nada tiene que ver con la propia antena. En nuestro caso, podríamos citar como factores influyentes:

- Dimensionado del Aro.
- Pérdidas en el Aro conductor y Capacidad asociada.
- Resistencia de Radiación de la antena.
- Orientación de la antena.
- Entorno de la antena.
- Angulo de Radiación.
- Propagación.

Dimensionado del Aro. Sobre este punto que ya se ha tratado anteriormente, solamente recordar que a un mayor perímetro del aro, corresponderá una mayor eficiencia de la antena, dentro de los límites que se han prescrito de 0,125 a 0,250 de la longitud de onda.

Pérdidas en el Aro conductor y Capacidad asociada. La tendencia de una corriente de RF, ha circular por la superficie exterior de todo conductor y llamado también efecto pelicular, hace necesario, el conseguir una superficie de alta conductividad eléctrica, lo más extensa posible a todo lo largo del conductor o aro y esto, también es válido para la capacidad asociada. Todo ello redundará en minimizar las pérdidas ohmicas en RF y por supuesto, mejorará de manera notable la eficiencia de dicha antena de aro.

Resistencia de Radiación de la Antena. Guarda relación, con la energía radiada por la antena sobre una resistencia ohmica imaginaria de un determinado valor y a través de esta resistencia, circularía la corriente máxima de RF que fluiría por dicho sistema radiante. Téngase presente, que las antenas de aro se caracterizan por una baja resistencia de radiación. Dicho esto se puede considerar, que el rendimiento o eficiencia de una antena de aro, será tanto mejor cuanto mayor pueda ser la resistencia de radiación con respecto a las pérdidas ohmicas en RF sobre el conjunto del aro conductor y la capacidad asociada.

Orientación de la Antena. Evidentemente que habrá que tener en cuenta, la direccionalidad de la antena en los dos sentidos opuestos como ya se ha comentado, aunque en el terreno práctico, esta particularidad, puede estar influida por otros factores del entorno de la antena y por esta razón, no me atrevería a ser muy categórico, creo que en este aspecto cada antena, puede ser un caso distinto según su emplazamiento y su entorno.

Entorno de la Antena. Se ha dicho de manera genérica, que este tipo de antenas de aro, pueden trabajar bien en emplazamientos poco usuales como son: interiores, terrazas y muy cerca del nivel del suelo, todo esto, es perfectamente factible los únicos impedimentos pueden ser, el dimensionado de la antena, el espacio disponible y la potencia con la cual se está trabajando. Si la antena, es de tamaño o diámetro grande y está cerca de objetos o conducciones metálicas, puede quedar influenciada por ellos y con toda seguridad, se verán afectados, el punto de resonancia con una ROE más alta de lo que sería normal, la eficiencia y también el diagrama de radiación de la antena. En lo

que respecta a la potencia y por razones obvias de seguridad, no es recomendable el trabajar con la antena muy cerca del transceptor y del usuario salvo, que se esté operando en QRP.

Angulo de Radiación. Según los trabajos publicados por algunos autores y que hacen referencia a este tipo de antenas de aro, con respecto al ángulo de radiación vertical dicen lo siguiente: Estas antenas, pueden trabajar prácticamente a nivel del mismo suelo y con una eficacia de radiación, que está cercana a la de una antena dipolo que esté a una altura sobre el suelo, de media longitud de onda. Yo no he tenido la oportunidad de poderlo comprobar.

Propagación. Aquí hay que considerar básicamente, dos tipos de propagación: La propagación de ámbito terrestre y la propagación ionosférica o por reflexión. La primera, es la que se propaga desde la antena del Transmisor hasta la antena del Receptor, por la propia superficie de la tierra a través de la atmósfera pero en HF, las pérdidas son tan grandes, que más allá de unos 150 Km, la señal se debilita mucho y dependiendo de la naturaleza del terreno y de la potencia radiada, dicha señal puede llegar ha ser útil. Sobre la propagación ionosférica o por reflexión, se puede afirmar que la comunicación a larga distancia en HF, es posible gracias a la reflexión o refracción en las capas de la ionosfera de las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio procedentes de cualquier fuente emisora; este tipo de propagación, también se la denomina por salto. Después de todo lo dicho añadiría, que estas condiciones de propagación por salto en HF, no son estables en el tiempo, pues pueden variar durante el día en cualquier momento y mejorar de forma extraordinaria, al entrar la noche, en la banda de 40 Metros, es bastante habitual que se dé esta situación. En resumen, que hay momentos que aún disponiendo de un buen equipo y de una determinada antena, se hace difícil el establecer contacto con otro correspondiente, ya sea de ámbito local o de larga distancia.

PRUEBAS REALES EN RECEPCION

-En estas pruebas de recepción, intervienen las dos antenas de aro versiones (A) y (B) y la antena vertical Butternut HF6V, se han hecho de manera simultánea y a título comparativo; en cuanto a las señales, se han tomado muy en consideración, los niveles de señal/ruido de cada una de las estaciones captadas con la antena correspondiente. El transceptor era un FT277ZD, banda de 40 Metros, Modo LSB y un conmutador manual de antenas.

PRUEBAS EN RX, ANTENAS DE ARO (A) Y (B), ANTENA VERTICAL HF6V

Fecha	Hora	Frecuencia	Indicativo	Localidad	Distancia	(A)	(B)	Vert.
05-98	19,00	7055 KHz	ED2-TSS	Azcoitia	380 Km	9+5/1	9+10/2	9+15/9
05-98	19,15	7048 ..	CT98-CJJ	Faro	980 ..	9/1	9+10/2	9+10/9
05-98	19,45	7057 ..	EA4-CT	Madrid	490 ..	9/1	9+10/2	9+10/9
06-98	17,00	7054 ..	C31-YA	Andorra	130 ..	9+3/1	9+10/3	9+5/9
06-98	17,45	7096 ..	F6-JJX	Lión	523 ..	9+10/1	9+20/3	9+20/9
06-98	19,45	7052 ..	IT9-WCH	Trápani	950 ..	9+10/1	9+20/3	9+20/9
06-98	16,40	7050 ..	TM2-CMF	Toulouse	238 ..	9+15/1	9+25/3	9+25/9
06-98	16,45	7048 ..	IK2-THU	Lodi	714 ..	9+10/1	9+15/3	9+15/9
06-98	06,00	7056 ..	XC1-REM	México	6840 ..	9/1	9+5/2	9+5/9
06-98	06,00	7056 ..	HB9-HFL	Fribourg	700 ..	2/1	5/2	5/9
06-98	06,10	7060 ..	HK1-JMF	Colómbia	5400 ..	4/1	8/2	8/9
06-98	06,25	7057 ..	OK2-EH	Brno	1380 ..	5/1	9/2	9/9
06-98	06,25	7057 ..	DH7-ML	Köln	1125 ..	9+5/1	9+10/2	9+10/9
06-98	06,40	7064 ..	IK1-LOC	Génova	634 ..	9+10/1	9+15/2	9+15/9

-El emplazamiento de las antenas de aro al hacer la prueba, era interior por una razón de operatividad y se orientaron, de manera que la relación Señal/Ruido, fuera la más idónea en cada estación escuchada. En este listado de muestra, se puede apreciar la efectividad de la antena de aro

versión (B), al recibir las mismas señales pero con menos ruido en lo que respecta, a la antena vertical Butternut HF6V de referencia.

COMENTARIOS SOBRE LAS ANTENAS DE ARO EN LA FUNCION RX

En recepción, la captación de la señal es más compleja, pues todas las antenas tienen ciertas propiedades de: eficiencia, ganancia, directividad, etc, que son recíprocas y aplicables tanto en la transmisión como en la recepción; no obstante se da la circunstancia de que al recibir en HF con una antena de aro cual es nuestro caso, existen ciertos eventos que deberemos tener en cuenta:

- La Selectividad.
- Las Perturbaciones Ionosféricas.
- El Ruido Atmosférico o Estático.
- El Ruido Local o Industrial.

Selectividad. Como ya se ha comentado anteriormente, el hecho de que una antena de aro se llegue a comportar como un circuito LC de alto Q y además sintonizable, ejerce con eficacia la función de filtro paso de banda en la propia antena lo cual, no deja de ser una ventaja si además, podemos contar con la direccionalidad de dicha antena, como factor añadido. Estas fueron las primeras razones que me indujeron a experimentar con este tipo de antenas.

Perturbaciones Ionosféricas. Estas perturbaciones, que afectan de manera directa a la propagación ionosférica, pueden llegar a producir la anulación de las comunicaciones por radio en HF. Este tipo de fenómenos, tiene su origen básicamente, en el comportamiento ya sea regular o transitorio de la radiación solar ionizante al incidir esta, sobre las capas de la ionosfera que envuelven la tierra. El tema, es extenso y de una gran importancia para no tenerlo presente en el comportamiento de cualquier tipo de antena.

Ruido Atmosférico o Estático. El Ruido atmosférico o estático, suele ser uno de los factores que pueden contribuir, a limitar la sensibilidad de un receptor en HF cuando se está operando con el y se dan estas condiciones de interferencia. Este ruido interferente, es originado por las descargas eléctricas atmosféricas y por otras perturbaciones eléctricas de la naturaleza, propagándose por reflexión ionosférica. El nivel de ruido atmosférico o estático, puede variar según la hora del día, la estación del año y la zona del globo, por ejemplo: por la noche, en verano y en el trópico, podrían darse, los niveles más altos de perturbación estática afectando mayoritariamente, la recepción en las bandas más bajas de HF (160, 80 y 40 Metros), siguiendo este mismo orden de más a menos QRN. El ruido atmosférico o estático, es difícil de atenuar sino tiene un punto de origen definido, pero en caso de que esté localizado y aprovechando la direccionalidad de la antena, si que es posible minimizarlo, por lo menos yo lo he conseguido orientando la antena de aro adecuadamente.

Ruido Local o Industrial. El Ruido local o industrial, es el que se genera por métodos no naturales sino más bien, de manera artificial como pueden ser: electrodomésticos, motores eléctricos de la industria, encendido de los motores de explosión, transformadores y líneas de distribución eléctrica no soterrados, etc. El ruido local o industrial, se propaga con polarización vertical del campo eléctrico, por lo tanto y en consecuencia, las antenas dispuestas horizontalmente, son menos sensibles a este tipo de ruidos interferentes que las antenas verticales. En lo que respecta a las antenas de aro y en recepción, también se da esta circunstancia de ser menos sensibles al ruido o QRN de tipo local por su naturaleza magnética tal y como se ha dicho al principio y también, por su

direccionalidad lo cual, permite atenuar este tipo de interferencia de una manera voluntaria. Este es otro de los motivos que me hicieron considerar la bondad de estas antenas.

COMENTARIOS FINALES

Después de todo lo expuesto y haciendo referencia a las pruebas efectuadas con las dos antenas de aro versiones (A) y (B) en las funciones Tx y Rx, puedo afirmar lo siguiente.

En transmisión está muy claro, que para conseguir una eficiencia que sea óptima, hay que decidirse por un aro del máximo diámetro posible y dentro de los márgenes establecidos y también teniendo en cuenta, la limitación de la potencia de salida en antena por razones de seguridad personal, si se trabaja con la antena de aro cerca del transmisor. Téngase presente, que en toda fuente de radiación dispersa que se propaga por el espacio, la energía decrece en función de la distancia de manera geométrica.

En recepción la antena de aro, es una solución muy recomendable para aquellos casos que conllevan, problemas de espacio, ruido estático, ruido local o industrial, interferencias de señales fuertes o locales y también, las señales adyacentes al punto de sintonía del receptor, situaciones que son habituales en la banda de los 40 Metros; por lo menos en mi QTH, puedo dar fe de ello, salvo algún día excepcional, en esta banda y recibiendo con mi antena vertical, suelo tener un ruido que no baja de S7 a S9 y al pasar a escuchar con las antenas de aro, esta señal interferente puede bajar a un nivel de S1 a S3, según se utilice la antena de aro versión (A) o (B) y variando la orientación de las antenas de manera adecuada. El listado de pruebas en Rx, es bastante demostrativo.

Esta antena de aro, es bastante fácil de montar en plan experimental sobre todo para aquellos que solamente la utilicen en RX, pues no hace falta un sistema de sintonía complicado de llevar a la práctica ni tampoco que sea prohibitivo económicamente. Con un simple condensador variable de 410+410 pF de receptor antiguo, un reductor axial 6:1 con mando de accionamiento manual y el aro de sintonía del diámetro correspondiente, es suficiente para tener una antena de aro que cubra las bandas más clásicas como son: 80, 40, 20, 15 y 10 Metros. Esto es extensivo a la modalidad QRP.

Curiosamente, he probado estas antenas de aro con receptores de conversión directa y he notado una mejora muy importante ante el problema de sobrecarga o de bloqueo por señales fuertes adyacentes al punto de sintonía al entrar la noche y en la banda de 40 Metros. He de añadir, que estos pequeños receptores, cuando incorporan mezcladores del tipo activo (NE612), son más vulnerables a este tipo de interferencia.

Debo remarcar, que al ser una antena de aro para uso interior o portable, no puede estar en la intemperie permanentemente por el tipo de construcción; la madera es muy higroscópica y aunque se impermeabilice con barniz, creo que podríamos tener problemas de funcionamiento. Para trabajar en el exterior, habría que considerar otra solución de materiales aislantes no porosos y una protección antihumedad del conjunto de sintonía. Espero abordar esta posibilidad en un futuro.

Ya para terminar, un comentario de orden general, estamos en la era de las comunicaciones y es verdad, pero en HF podríamos decir que estamos entrando en la era del ruido. No se si alguien ha tenido ocasión de escuchar en la banda de 40 Metros, ruidos que nada tienen que ver con el ruido estático o los ruidos locales más clásicos que más o menos se han venido oyendo; ante este tipo de interferencias, las antenas verticales cual es mi caso, poco pueden hacer, una posible solución es una antena que tenga la posibilidad de ser orientada a voluntad. He podido comprobarlo por mi mismo y la verdad, es que estoy muy satisfecho con mis antenas de aro. En toda estación de Radioaficionado lo más importante de todo, es recibir en las mejores condiciones y a ser posible, deberíamos empezar siempre por la antena. Saludos de Joan, EA3-EIS.

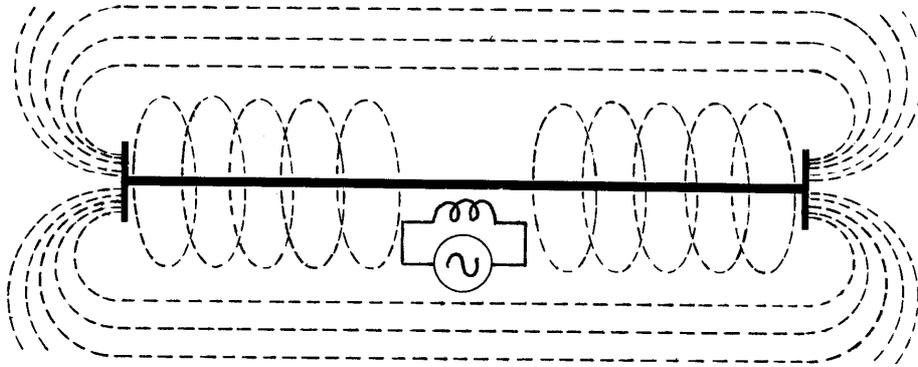


Figura N°1-Antena Convencional o Electromagnética (Dipolo):Campo Electrico, que se manifiesta en Lineas de Fuerza entre los extremos de la Antena.El Campo Magnético se hace presente, con Lineas de Inducción Magnética concéntricas con respecto al conductor o Antena al ser este, recorrido por una corriente variable de RF (Transmisión).

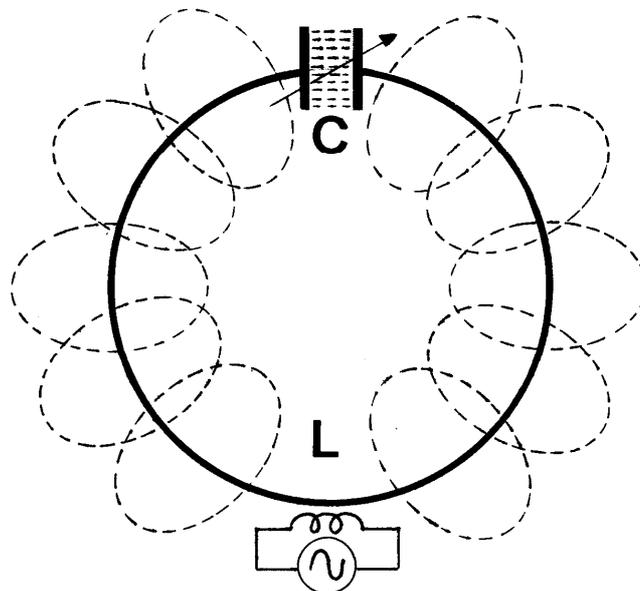
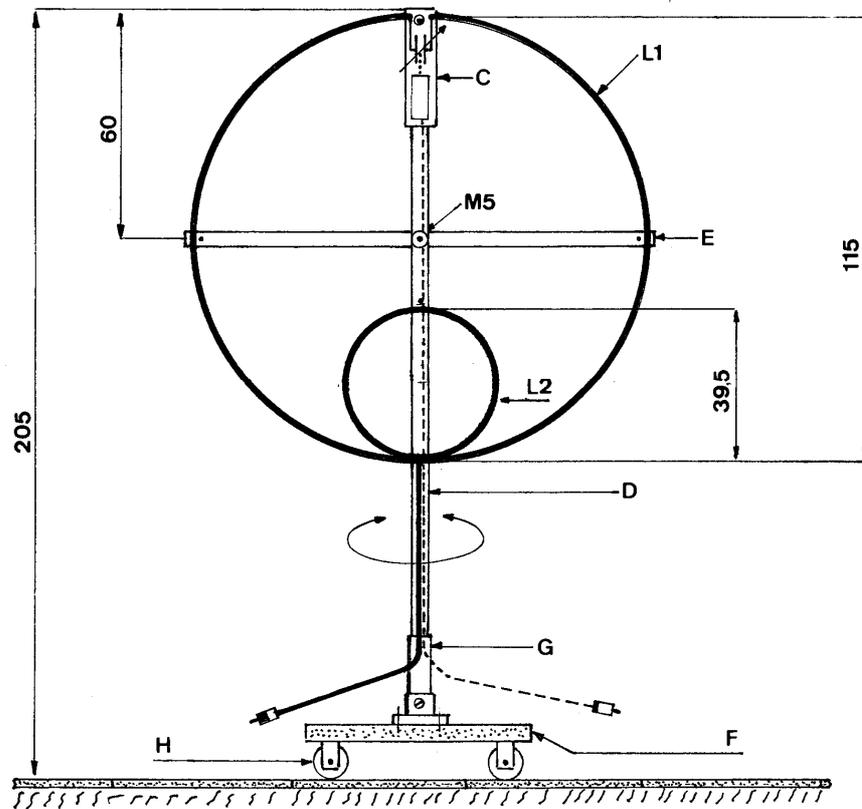


Figura N°2-Antena de Aro:El Campo Electrico, se manifiesta en Lineas de Fuerza entre las placas del Condensador.El Campo Magnético, se hace presente con Líneas de Inducción Magnética concéntricas con respecto al conductor o Aro al ser este, recorrido por una corriente variable de RF(Transmisión).



- L1: Aro resonante, coaxial RG214/U.
- L2: Bucle de acoplo, coaxial RG8 o RG213.
- C: Soporte sintonia, Policarbonato 6 m/m.
- D: Listón de madera 188x3x1,5 cm.
- E: Listón de madera 120x3x1,5 cm.
- F: Plataforma conglomerado 60x60x3 cm.
- G: Manguito sop. base PVC 20x4 cm diam.
- H: 4 ruedas 8 cm diam. tipo fijo.

Notas: Tanto el aro resonante L1 como el bucle de acoplamiento L2, van sujetos con abrazaderas de nylon y tornillos para madera. La unión entre listones de madera y soporte de sintonia, con tornillos M5. Todas las medidas, son en cm. Los perímetros de L1 y L2, están en los listados de características.

Figura N°3. Antena de Aro para 40 Metros versión (A):Detalle constructivo del soporte móvil y situación del Aro resonante L1, Bucle de acoplo L2 y soporte de Sintonia C. La escala, es 1/16.

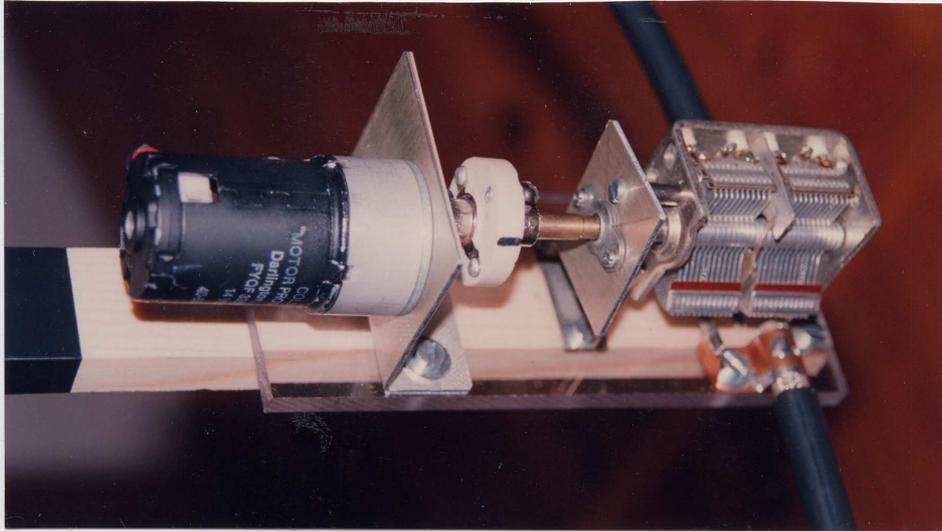


Figura N°4. Sintonía del Aro (QRP TX y RX): Mediante un condensador variable de $410+410$ pF en serie, se puede cubrir bien la banda de 40 Metros, Antena de aro versión (A). Véase, el motor reductor de 14Vcc y acoplados mecánicamente en el mismo eje de salida, el separador aislante, el desmultiplicador 6:1 y el condensador variable conectado a los extremos del aro, todo ello montado en una placa de Policarbonato de 6 m/m.

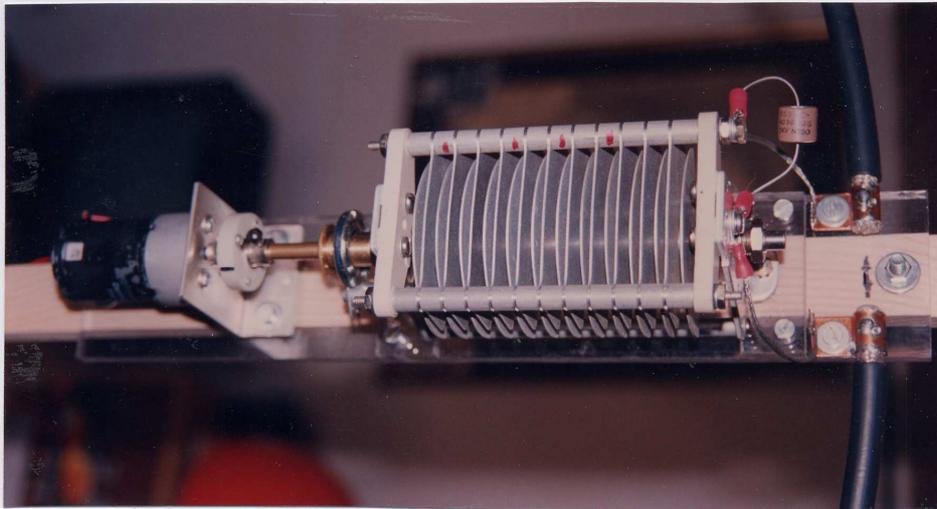


Figura N°5. Sintonía del Aro (100W TX y RX): Con un condensador variable de 101 pF/4,5 Kv, se cubre la banda de 40 Metros antena de aro versión (B), para la versión (A) fué necesario, añadir un condensador de 40 pF/5 Kv. También se puede apreciar, el mismo motor reductor, el separador aislante que en este caso se hace imprescindible, el desmultiplicador 6:1, la conexión sobre el aro resonante versión (A) y la placa soporte de Policarbonato de 6 m/m.

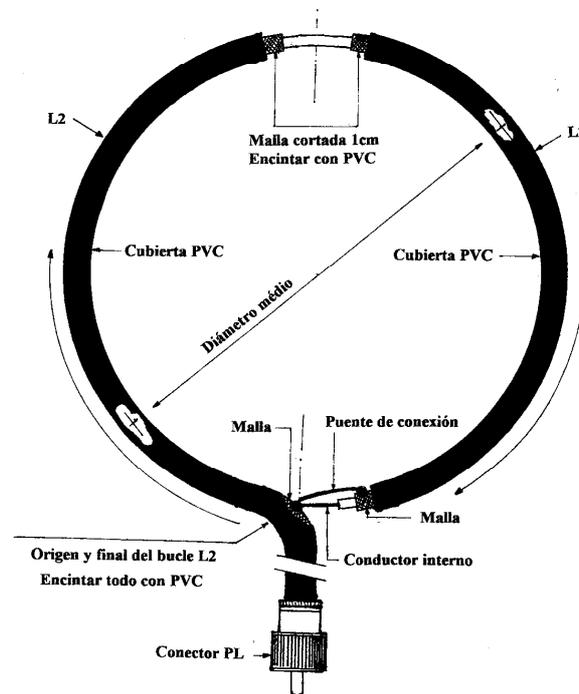
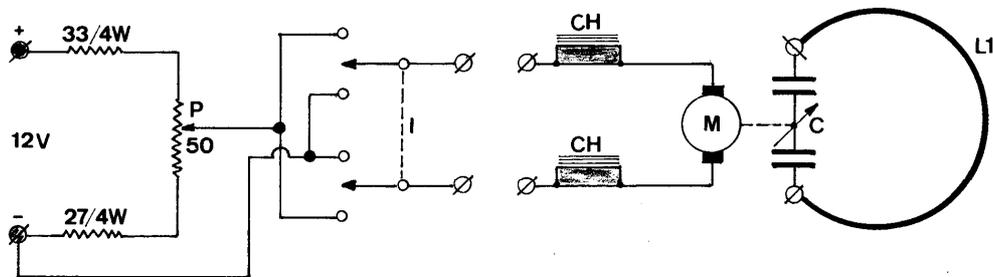


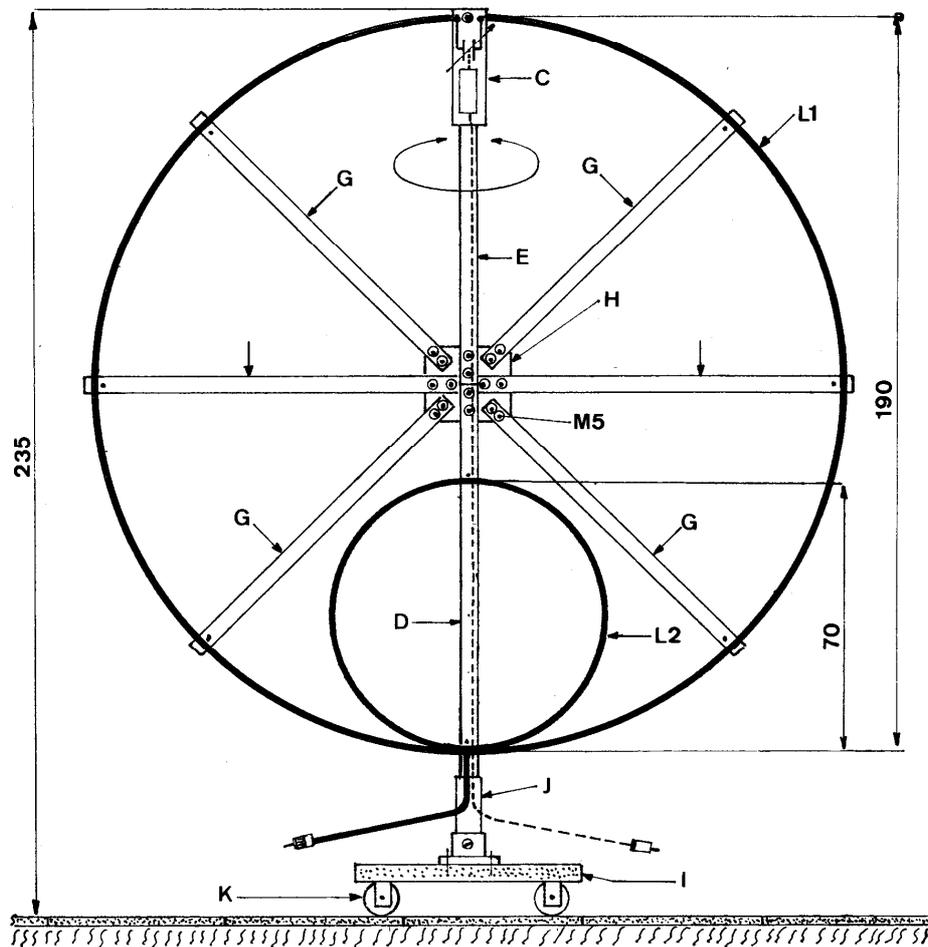
Figura N°6. Acoplamiento Inductivo del Aro: Tal i como se puede ver, consiste en un bucle que se confecciona, con el mismo cable coaxial de la línea de 50 Ohms (RG8 o RG213) que va del Transceptor hacia la antena de aro. El dibujo indica en detalle la manera de confeccionarlo, en cuanto a las medidas, constan en el listado de características del Bucle de Acoplamiento Inductivo L2.



-I: Inversor II c/punto muerto central.
 -P: Potenciómetro bobinado, 5W.
 -CH: Núcleo toroidal NTF10, 14 espiras.

-M: Motor reductor de 3 a 14 Vcc.
 -C: Condensador variable de Sintonía.
 -L1: Aro resonante.

Figura N°7. Accionamiento a Distancia de la Sintonía o Telemando: Este es un sistema operativo muy simplificado, que solo permite el accionamiento a distancia, quedando repartido, entre la antena de aro, con la parte de accionamiento y el control remoto, que consiste en una fuente de 12Vcc, un mando inversor de tres posiciones y un mando regulador de la velocidad o potenciómetro. Los choques de RF CH, son para evitar el ruido de chisporroteo del motor al sintonizar en RX.



- L1: Aro resonante, coaxial RG214/U.
- L2: Bucle de acoplo, coaxial RG8 o RG213.
- C: Soporte sintonía, Policarbonato 6 m/m.
- D: 1 listón de madera 125x3x1,5 cm.
- E: 1 listón de madera 97,5x3x1,5 cm.
- F: 2 listones de madera 96x3x1,5 cm.

- G: 4 listones de madera 91,5x3x1,5 cm
- H: Placa contrachapado 23x20x1 cm.
- I: Plataforma conglomerado 60x60x3 cm.
- J: Manguito sop. base PVC 20x4 cm diam.
- K: 4 ruedas 8 cm diam. tipo fijo.

Notas: Tanto el aro resonante L1 como el bucle de acoplamiento L2, van sujetos con abrazaderas de nylon y tornillos para madera. Las uniones entre listones y soporte de sintonía, con tornillos M5. Las medidas, son todas en cm. Los perímetros de L1 y L2, están en los listados de características.

Figura N°8. Antena de Aro para 40 Metros versión (B): Detalle constructivo del soporte móvil y situación, del Aro resonante L1, Bucle de acoplo L2 y soporte de Sintonía C. La escala es 1/16.



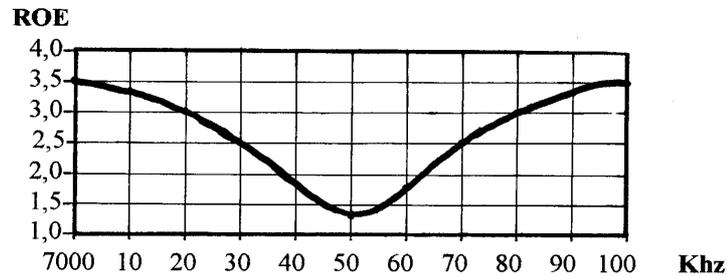
Figura N°9. Antena de Aro para 40 Metros versión (A). Operativa interior: Puede observarse el soporte móvil del aro, donde destaca la cruz que dá forma circular al aro resonante y flexible L1. En esta imagen y dado que la antena, incorpora un sistema de sintonía manual, condensador variable de 410+410 pF y sin motor de accionamiento, estaba trabajando en la función RX. Todo el conjunto es giratorio manualmente y descansa, sobre una plataforma opcional de conglomerado con cuatro ruedas que permiten el desplazamiento. Hay que admitir, que las dimensiones y disposición, la hacen una antena de aro de tipo interior o portable, bastante manejable.



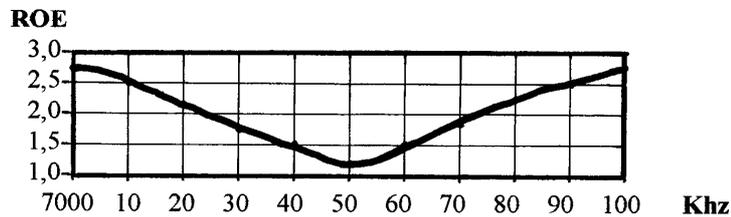
Figura N°9. Antena de Aro para 40 Metros versión (A). Operativa exterior: Destaca en primer lugar, el soporte de madera muy simple que da forma al aro resonante L1; en la parte inferior, el bucle de acoplamiento L2 el cual, es de un diámetro que corresponde a 1/5 parte del diámetro del aro, esta medida de L2, posteriormente fué modificada en aumento hasta conseguir una ROE óptima. En la parte superior, el condensador variable de sintonía de 101 pF/4,5 Kv y el motor reductor de accionamiento. Esta disposición de principio, me permitió efectuar las primeras pruebas en TX siempre en comparación, con la antena vertical Butternut HF6V que de manera parcial, aparece en la parte derecha de la foto. La antena de aro bajo prueba, también es móvil sobre plataforma y con giro sobre si misma.



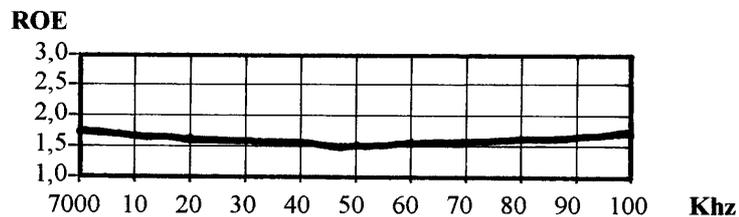
Figura N°10. Antena de Aro para 40 Metros versión (B). Operativa exterior: Véase el soporte que da forma al aro y que en este caso, más bien parece una estrella, no tuve más remedio que recurrir a este sistema para conseguir cierta consistencia; está formado por ocho listones de madera y dispuestos radialmente sobre una unión central de contrachapado. El aro resonante L1 y el bucle de acoplamiento L2, están sujetos mediante abrazaderas de nylon y tornillos. El sistema de sintonía para 100W TX, es telemandado y lo componen, un condensador variable de 101 pF/4,5 Kv y el motor reductor correspondiente. Todo el conjunto de aro resonante y bucle de acoplamiento, más el soporte al igual que la versión (A), es giratorio manualmente y descansa sobre una plataforma sobre ruedas que permite su desplazamiento. La antena es un poco grande vista de cerca, pero creo que hay que considerar sus prestaciones.



Antena de Aro para 40 Metros, Versión "A"



Antena de Aro para 40 Metros, Versión "B"



Antena Vertical, Butternut HF6V

Figura N°11. Ancho de Banda y ROE en TX: En esta prueba de potencia reflejada, se puede ver de manera gráfica, el ancho de banda en el segmento útil de los 40 Metros. Observese que la respuesta más aguda corresponde a la antena de aro versión (A) y esto, es propio del acortamiento en el perímetro del aro de resonancia (0,09 de la longitud de onda). Los puntos de sintonía con mínima ROE, se dan en toda la banda de 40 Metros y en las dos versiones (A) y (B). En la otra antena de aro versión (B), también se observa una respuesta aguda en la ROE que es inferior por la razón indicada y en la antena vertical Butternut HF6V, la respuesta es prácticamente plana en toda la banda, tengase presente que esta antena vertical multibanda, tiene dos radiales sintonizados por banda de 80 a 10 M. Las pruebas fueron efectuadas, con un transceptor FT277ZD, Acoplador/Vatímetro FC902, potencia média de 10W, situación de las antenas en el exterior y la orientación N-S.