

LAS ANTENAS EH

La antena EH es el segundo tipo de antenas de muy corto tamaño y de características revolucionarias según su creador. Fue inventada y patentada por un ingeniero electrónico norteamericano retirado con un amplio currículum profesional, y además veterano radioaficionado, **Ted Hart (W5QJR)**, a finales de los años 80's. Ted Hart constituyó la empresa [EH Antenna Systems](#) para fabricar y comercializar la antena EH, concediendo licencias a fabricantes en determinados países.

Similarmente a las antenas CFA, las antenas EH se basan, según Ted Hart, en un concepto distinto al que emplean las antenas clásicas de Hertz. Como en las antenas CFA, en este tipo de antena **se fuerza un desfase de la corriente** que circula por la antena para enfasarla con la tensión, de modo que el campo magnético H que genere pase a estar en fase con el campo eléctrico E generado por la antena en las proximidades de ésta, y por tanto la potencia transmitida por la antena en forma de ondas electromagnéticas sea máxima. Esto implica un diseño mecánico de la antena totalmente distinto al de cualquier antena convencional, y de hecho las antenas EH son antenas con **tamaños muy inferiores a las antenas convencionales**, siendo antenas verticales con tamaños del orden de 1/20 de longitud de onda, pero con un **elevado rendimiento** (a diferencia de las antenas de Hertz o convencionales, que cuanto más cortas son, peor es su rendimiento), según su creador. Pueden realizarse antenas EH de menor tamaño, pero ello reduce entonces el ancho de banda de la antena.

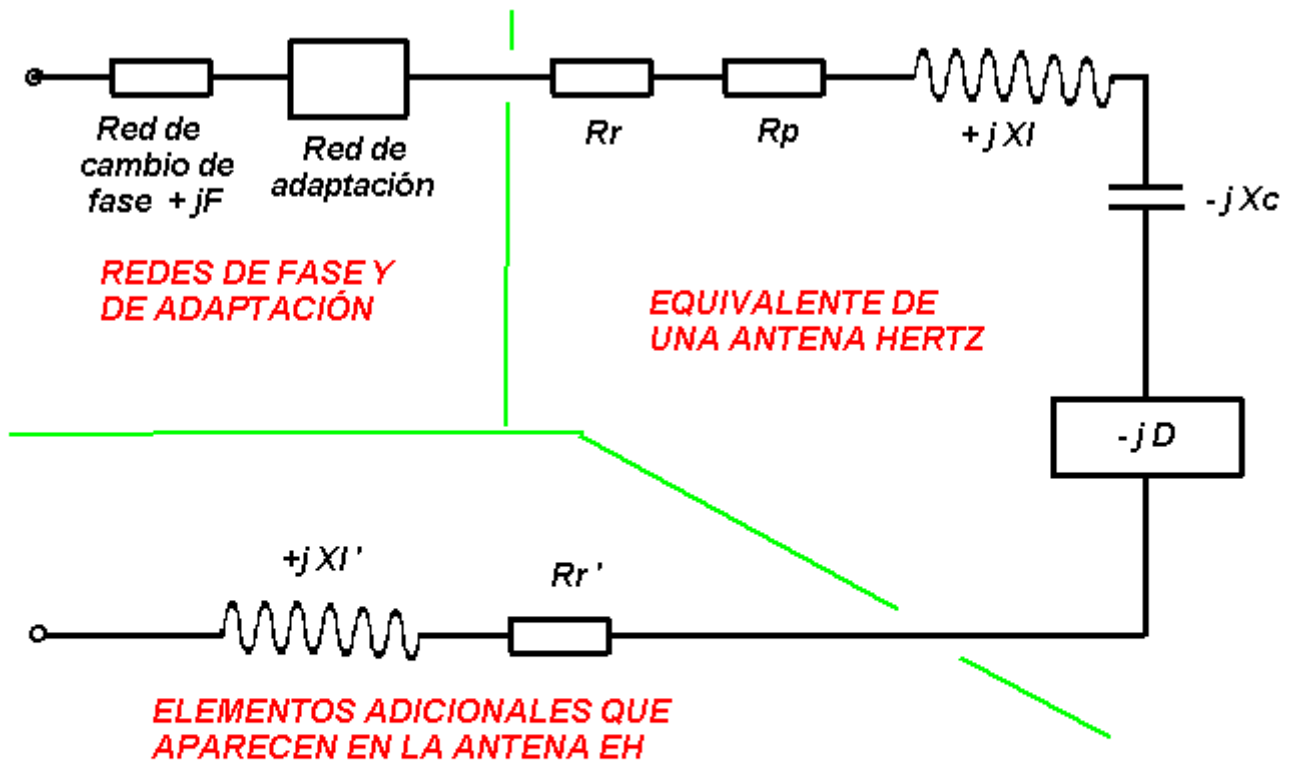
Su denominación como "antenas EH" hace referencia al enfasado de los campos eléctrico E y magnético H radiados por la antena que atribuyen a ésta su creador. Según ello, serían de comportamiento parecido a las antenas CFA o de Campo Cruzado, aunque las antenas EH generarían los campos E y H de forma distinta a las antenas CFA.

Inicialmente se desarrollaron para la recepción de la Onda Media, pero pronto se desarrollaron prototipos para HF, y actualmente se comercian este tipo de antenas para las bandas de radioaficionados en HF, donde presentarían la ventaja (según siempre sus creadores) de un **buen rendimiento con un tamaño pequeño** (algo muy deseable en las bandas más bajas, donde las antenas convencionales son de gran tamaño a causa de la gran longitud de onda), aunque son **omnidireccionales**.

Las antenas EH se diferencian de las CFA convencionales en que no requiere un plano de tierra: físicamente tienen el aspecto de un dipolo vertical muy corto realizado con dos gruesos cilindros metálicos, con una red de enfasado sintonizada, formada por bobinas (y condensadores en algunas versiones), por lo que es una **antena monobanda** a menos que se incluyan dispositivos de conmutación de bobinas (ver [figura 6](#)). De acuerdo con los creadores de la antena EH (Ted Hart y su empresa EH Antenna Systems), la antena EH tendría características y ventajas muy similares a las que se dan para las antenas CFA (según los creadores de éstas).

Básicamente una antena EH es una antena de tipo Hertz (convencional) que funciona con una red de cambio de fase seguida de una red de adaptación. La función de esta última es la de proporcionar una impedancia conjugada de adaptación a la antena.

El circuito equivalente de una antena EH es el siguiente:



CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA ANTENA EH

Según sus creadores, en estas antenas **se fuerza el énfasis de los campos magnético y eléctrico en la propia antena**, generando campo electromagnético radiado en la propia antena, y ello da lugar al confinamiento de los campos próximos a la esfera física de la propia antena, además de ser reducidos de magnitud. Y dado el pequeño tamaño de una antena EH, ello significa que el riesgo de interferencias electromagnéticas (EMI) por energía radiada como campos próximos, y la recepción de ruidos de origen local queda prácticamente eliminado. Como ejemplos de ruidos electromagnéticos de tipo local a los que serían bastante insensibles las antenas EH están los generados por las chispas de los motores, las fugas en las líneas eléctricas (chisporroteos), los generados por el encendido de las luces nocturnas, etc., que son ruidos que se propagan principalmente como campos eléctricos o magnéticos. Éstos pueden inducir tensiones en las antenas normales, que son

llevadas al receptor y percibidas como ruidos, pero que en el caso de las antenas EH serían rechazados, ya que éstas sólo recibirían los componentes radiados como energía electromagnética por estas fuentes de ruido.

También el pequeño tamaño de los campos eléctrico y magnético cercanos hace que cuando una antena EH sea instalada sobre el suelo, **su resistencia de radiación no varíe significativamente por la presencia del suelo próximo**, incluso aunque sea tendida con polarización horizontal. Es decir, sería un tipo de antena que no estaría influenciada por la presencia del suelo, según sus creadores.

CASO DE UNA ANTENA HERTZ

Para conocer técnicamente el funcionamiento de las antenas EH (y también las CFA), que son antenas de muy corto tamaño, podemos primero saber cuál es el comportamiento real de las antenas convencionales o de Hertz, en especial las de corto tamaño (al decir "tamaño corto" siempre se refiere al tamaño comparado a la longitud de onda de operación).

El [circuito equivalente](#) de una antena Hertz o convencional incluye:

- La resistencia de radiación, R_r , término que representa la capacidad de disipación de potencia de RF mediante radiación al espacio, y que puede ser equiparado a una resistencia óhmica disipadora de potencia.
- Las resistencias de pérdidas, R_p , que disipan potencia en forma de calor, y que por tanto no es radiada al espacio: resistencia óhmica de los conductores, por efecto pelicular, etc...
- Las reactancias capacitivas e inductivas de la antena, de valores $-jX_c$ y $+jX_l$ respectivamente, debidas a la inductancia L de los conductores que forman la antena y la capacidad C respecto al plano de tierra o contraantena.
- Un elemento desfasador ficticio, indicado como $-jD$, que sería el responsable del desfase de 90 grados que hay en la antena entre la tensión aplicada y la corriente que circula por ella. La corriente está adelantada 90 grados respecto a la tensión, por lo que el campo H está adelantado 90 grados respecto al campo E en la misma antena.

En una antena Hertz su forma y características físicas de la antena definen los valores de los distintos parámetros mencionados (salvo el último).

Las reactancias inductivas y capacitiva son responsables en los circuitos eléctricos de corriente alterna de pérdidas de potencia en forma de "**pérdidas reactivas de potencia**", que no disipan calor, pero que están ahí. Sin embargo, a la frecuencia de resonancia de una antena (o de cualquier circuito de corriente alterna), ambas reactancias son de igual valor absoluto, por lo que al ser de distinto signo (en su valor expresado en números complejos), se cancelan, y no hay pérdidas reactivas de potencia, por lo que la antena pasa a disipar toda la potencia que recibe entre su **resistencia de radiación** R_r y sus **resistencias de pérdidas** R_p . Conviene que las resistencias de pérdidas sean lo más bajas posibles para que el rendimiento de la antena sea máximo.

En el caso de antenas cortas (comparadas con las antenas dipolos o cuartos de onda), éstas pueden radiar igual de bien que una antena normal, siempre que sea correctamente alimentada. Pero en el caso de las antenas cortas, su menor tamaño tiene unos efectos desfavorables: **a menor tamaño, su resistencia de radiación disminuye**, así como su capacidad y su inductancia propias. De hecho, en una antena corta, su inductancia natural L es muy baja, y su **reactancia es mayormente capacitativa** (sobre todo si los elementos que la constituyen son de grueso diámetro), aunque también su capacidad propia C también es menor. Por ello, para llevar una antena corta a la frecuencia de resonancia hay que añadir una inductancia adicional adecuada (una "**bobina de carga**") para aumentar el valor de la reactancia inductiva de la antena lo suficiente para cancelar la reactancia capacitativa. Si se aumenta la longitud de los elementos aumentan también la inductancia y la capacidad de la antena, hasta llegar a la condición de resonancia, momento en que las reactancias inductiva y capacitativa se igualan, y ello ocurre en el caso de un elemento de cuarto de onda eléctrico.

El problema de las bobinas de carga para las antenas cortas es que si son de gran tamaño (como las necesarias para llevar a resonancia una antena muy corta), pueden introducir una resistencia óhmica (contando con el efecto pelicular) que puede ser incluso bastante mayor que la baja resistencia de radiación de la antena, por lo que perjudica notablemente su eficiencia (pues gran parte de la energía se va a perder disipada como calor en estas resistencias óhmicas), no siendo radiada. Puede mejorarse la eficiencia de la antena aumentando el diámetro de los elementos que la constituyen, ya que ello aumenta la capacidad natural de la antena y por tanto precisa una bobina de carga menor para llevarla a resonancia y por tanto con menos pérdidas óhmicas. Pero aún así, la resistencia de radiación seguirá siendo baja y por tanto la eficiencia de la antena baja. Como ejemplo, una antena de móvil de 2,5 metros de longitud, cargada con una gran bobina de carga en su centro, sintonizada para su uso en las bandas de 75-80 metros (cuarto de onda: 18-20 metros), tiene una eficiencia del orden del 3% comparada con una antena resonante de cuarto de onda, y una resistencia de radiación del orden de 0,4 ohmios.

Cuando se habla de **resonancia en un circuito eléctrico de corriente alterna** a la frecuencia de operación, la tensión aplicada y la corriente que genera y circula a través del circuito **están en fase**, y entonces la **disipación de potencia es máxima**. Ello no es precisamente lo que ocurre en una antena resonante, donde es conocido que la corriente que circula por la antena está **desfasada en 90 grados** ($\pi/2$ radianes) respecto a la tensión aplicada a la antena, de ahí que en el circuito equivalente de cualquier antena Hertz se deba incluir el desfasador ficticio $-jD$ como causante de este desfase. Los desfases tienen lugar a causa del desplazamiento de la corriente de RF impulsada por la tensión aplicada a lo largo de la capacidad natural de la antena, que afecta a su propagación, y del efecto de la inductancia de la antena sobre la circulación de la corriente por ésta. Ambos desfases son de sentido contrario, provocando el desfase de 90 grados entre tensión y corriente.

Este desfase entre tensión y corriente es el responsable del desfase entre el campo eléctrico E radiado por la antena (debido a la tensión) y el campo magnético H radiado (debido a la corriente) en las proximidades de la antena.

En cuanto a la resistencia de radiación de la antena, ésta disminuye a medida que la antena se hace físicamente más corta respecto al cuarto de onda. Para el caso de una antena corta de hilo o varilla, el cálculo de la resistencia de radiación R_r del hilo o varilla se puede realizar de forma aproximada con la siguiente fórmula empírica:

$$R_r = 273 * (L * F)^2 * 10^{-8} \quad (L \text{ en pulgadas, } F \text{ en MHz})$$
$$= 42,315 * (L * F)^2 * 10^{-4} \quad (L \text{ en metros, } F \text{ en MHz})$$

Así, una antena de 15 pulgadas de longitud (38,1 cm) presenta a 14,2 MHz una resistencia de radiación de 0,124 ohmios.

CASO DE LAS ANTENAS EH

Las siguientes explicaciones sobre las antenas EH son las aportadas por los creadores de este tipo de antena, y que como veremos más adelante, parten de consideraciones erróneas para justificar las **supuestas magníficas características** de estas antenas, lo que invalidaría en parte o totalmente lo que los creadores de la antena EH hablan sobre ella. **¡¡Téngase en cuenta!!**.

Las antenas EH resolverían los problemas de las antenas cortas de tipo Hertz, ya que **son antenas muy cortas, sintonizadas, y con una resistencia de radiación no baja**, lo que aumenta mucho la eficiencia de este tipo de antena. Y además son antenas que **no generan prácticamente campos próximos**, lo que significa que radían toda la energía en forma de ondas electromagnéticas, reduciendo enormemente las EMI (interferencias electromagnéticas) y reduciendo mucho la recepción de ruidos eléctricos y magnéticos de origen local.

En el caso de las antenas EH su **diseño básico parte de una antena tipo Hertz (convencional) bastante corta**, y cuyo modelo eléctrico ya conocemos, y que sabemos que se trata de una antena muy capacitativa (por ser muy corta). Esta antena **se lleva a resonancia, y se la añade una red de desfase**, representada en el modelo anterior por $+jF$, cuya función es introducir un desfase adicional entre la tensión aplicada a la antena de Hertz y la corriente que circula por ella de 90 grados, pero opuesto al que tiene lugar de forma natural en la antena de Hertz (debido a $-jD$). Las redes empleadas retrasan la corriente entregada por el transmisor o fuente de RF en 90 grados, y además tienen otra función: adaptar en impedancias la antena a la línea de transmisión.

Esto produce que **se cancele el desfase entre corriente y tensión en la antena** (al ser anulada $-jD$), y por tanto que **la corriente y la tensión estén en fase en la antena**, y por tanto los campos radiados eléctrico E y magnético H estén en fase. La antena apenas radía campos E y H próximos, y prácticamente toda la energía aplicada a la antena por el transmisor es radiada

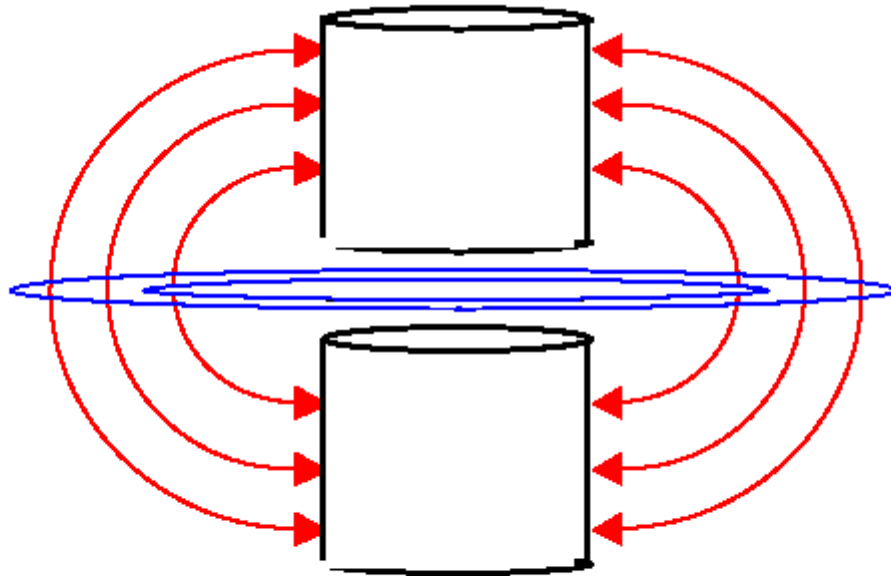
directamente como campo electromagnético desde la propia antena. No hay desperdicio de potencia radiada en forma de campos cercanos.

La cancelación del desfase de la antena (debido a $-jD$) por la red de desfase $+jF$ trae también como consecuencia que aparezcan dos nuevos componentes en la antena: Una **resistencia de radiación adicional**, R_r' , y una **reactancia inductiva adicional** X_l' debida al desplazamiento natural de la corriente a través de la capacidad de la antena. La resistencia de radiación adicional R_r' aumenta notablemente la resistencia de radiación de la antena, y ello **mejora mucho su eficiencia** (pues aumenta la resistencia de radiación total de la antena, sin aumentar significativamente las resistencias de pérdidas), **y mejora su ancho de banda**.

La reactancia inductiva adicional da lugar a un **aumento de la capacidad de la antena** (ya que esta reactancia inductiva cancela parte de la reactancia capacitativa X_c de la antena, lo que equivale a aumentar la capacidad de la antena), y esto permite reducir la inductancia de sintonía necesaria en la red adaptadora para llevar la antena a resonancia, disminuyendo las pérdidas en esta inductancia y disminuyendo el factor Q de la antena (aumenta su ancho de banda). El aumento de la capacidad de la antena por este factor es del orden de 1,4 (raíz cuadrada de 2) para antenas EH muy cortas (sin apenas inductancia). Además, la capacidad total de la antena se ve incrementado por el grueso tamaño de los dos cilindros (lo que por otro lado permitirá que la bobina de sintonía de la antena EH sea de pequeño tamaño).

Los valores de estos dos nuevos componentes es función de la configuración física de la antena Hertz sobre la que se construye la antena EH.

Para comprender más el funcionamiento de las antenas EH, hay que considerar el comportamiento de los campos eléctrico E y magnético H en una antena Hertz. El campo eléctrico E es generado por la tensión de RF aplicada a los elementos de la antena, y se manifiesta mediante líneas de fuerza que salen y entran perpendicularmente a la superficie de los conductores de la antena. El campo magnético es debido a la circulación de la corriente por la capacidad natural de la antena, es decir, en el dieléctrico que separa los elementos de la antena, y genera líneas de fuerza que son perpendiculares y concéntricas a los conductores de la antena (ver [FIGURA 4](#)).



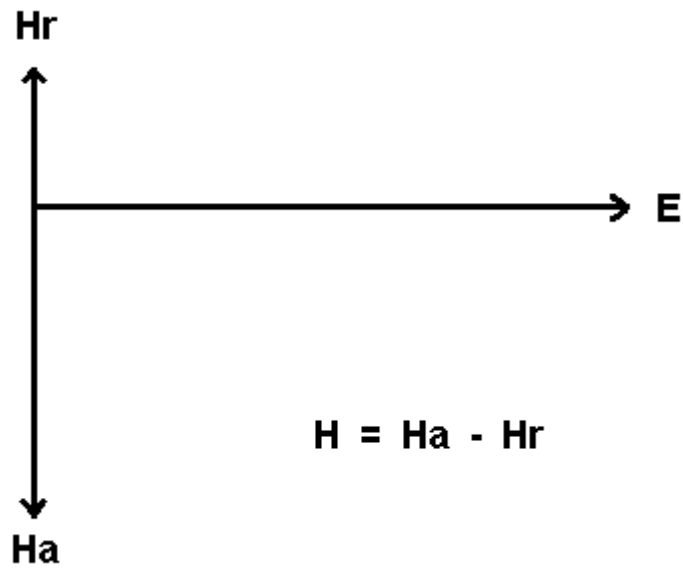
CAMPOS E Y H DE UNA ANTENA

Figura 4

Un campo magnético H se genera cuando circula una corriente variable por un conductor, pero también cuando hay un cambio en un campo eléctrico variable E en un dieléctrico, lo que puede interpretarse como un cambio virtual de corriente eléctrica, que es conocido como "**Corrientes de desplazamiento**" en el dieléctrico (Nota: Y precisamente es aquí donde se comete el primer error de concepto sobre las antenas EH, al hablar de "corrientes de desplazamiento" y de que pueden crear campos magnéticos, esto ya se discutirá más adelante).

Pero el campo magnético H está desfasado en 90 grados respecto al campo eléctrico E, debido al desfase de 90 grados que existe en la antena entre la tensión aplicada y las corrientes generadas que circulan por ella. La circulación de las corrientes en la antena se encuentra condicionada por la inductancia de la antena, que la retrasa 90 grados respecto a la tensión, y por la capacidad natural de la antena, que la adelanta 90 grados respecto a la tensión.

Por tanto, podemos considerar que el campo magnético H de la antena es la suma de dos componentes de campo magnético, desfasadas 180 grados entre sí, y 90 grados respecto al campo eléctrico. Una componente, H_a , está adelantada 90 grados respecto al campo eléctrico (debida a la capacidad de la antena), y la otra, H_r , está retrasada 90 grados (debida a la inductancia de la antena). En un gráfico vectorial sería lo siguiente (se toma el movimiento de las fases de los campos citados en el sentido de las agujas del reloj):



En el caso de una antena Hertz muy corta, su comportamiento eléctrico es capacitativo, y apenas muestra inductancia alguna, por lo que la componente H_r es prácticamente cero, y el campo magnético total radiado prácticamente es el debido a la componente H_a .

En el caso de una antena EH el campo magnético total H y el eléctrico E han de estar en fase, y si la antena es muy corta, esto equivale a decir que el campo H_a ha de estar en fase con el campo eléctrico E :



En este caso, que es el típico de una antena EH, la red de cambio de fase (+ jF) que se introduce ha de dar lugar a un retraso de fase de la corriente de 90 grados para que la componente H_a quede en fase con el campo eléctrico E . La componente H_r quedará en oposición de fase, pero al tratarse de una antena muy corta, esta componente es prácticamente despreciable.

RENDIMIENTO DE LAS ANTENAS EH

Nota: Todo lo que se explica a continuación, recordar que siempre es según los creadores de este tipo de antena. Más adelante se discutirá qué hay de verdad en todo ello.

Una antena EH es una antena físicamente muy corta, comparada con la longitud de onda a la frecuencia de resonancia, y realizada con tubos de bastante diámetro. Por ello éstos tienen **resistencias de pérdidas insignificantes**. Las pérdidas tienen mayormente lugar en la red de adaptación, y si están bien diseñadas, también son bajas (una pequeña fracción de un decibelio). Y dado que, según sus creadores, los campos magnético y eléctrico están en fase en la antena, **toda la potencia transferida a ésta se radia en forma de campo electromagnético** (no se pierde potencia en forma de campos cercanos), por lo que **la eficiencia de una antena EH es alta**, a pesar de ser una antena corta.

Al estar integrados eficientemente los campos E y H en la antena EH, **la resistencia de radiación de la antena es mayor que en una antena convencional**, y dado que las resistencias de pérdidas son muy bajas, el rendimiento de la antena es elevado, de hasta el 95% o más, a pesar del muy corto tamaño de la antena.

Así, por ejemplo, una antena dipolo EH realizada con elementos de sólo 0,005 longitudes de onda (dipolo de 0,01 Longitud de onda) y de diámetro 1/3 de la longitud de cada elemento, son capaces de radiar niveles de campo electromagnéticos mayores que los radiados por una antena dipolo convencional (Hertz) de media onda (de tamaño 25 veces mayor).

Por otro lado las antenas EH manifestarían un **menor nivel de ruido** que una antena Hertz. En efecto:

- En una antena Hertz o convencional, cuando ésta recibe señales electromagnéticas (campos E y H simultáneos), genera una tensión y una corriente en la antena que son transferidos como señal útil al receptor. Pero cuando recibe un campo eléctrico E o un campo magnético H aislado, como son los ruidos de origen eléctrico o magnético locales, generan una corriente inducida en la antena que es transferida al receptor: El campo eléctrico induce una tensión a lo largo de la antena que es aplicada al receptor, mientras que un campo magnético crea una corriente inducida en la antena que es aplicada al receptor. En ambos casos, el receptor recibe ruido eléctrico o magnético.

- En una antena EH, cuando esta recibe una señal electromagnética, genera una tensión y una corriente variables con las fases adecuadas como para ser aplicadas a la entrada del receptor como señal útil. Pero cuando la antena recibe campos eléctricos o magnéticos aislados, éstos crearán tensiones o corrientes respectivamente en cada uno de los dos elementos de la antena, y al ser la antena EH de pequeño tamaño, las tensiones o corrientes generadas en ambos elementos de la antena son prácticamente iguales en amplitud y fase,

por lo que prácticamente se cancelarán a la entrada del receptor: Los ruidos eléctricos y magnéticos son prácticamente suprimidos por las antenas EH.

Frente a ruidos puramente eléctricos o magnéticos, las antenas EH son unos **30 dB más silenciosas** que una antena dipolo convencional. Esto permite que en determinadas ubicaciones, donde hay mucho ruido de naturaleza eléctrica, las antenas EH puedan recibir bien señales que serían completamente tapadas por el ruido local si se usara una antena hertz.

Finalmente, decir que la alta capacidad de la antena y su alta resistencia de radiación dan lugar a que las antenas EH tengan un buen ancho de banda y una alta eficiencia. La relación entre la longitud de los cilindros y su diámetro además determinan el diagrama de radiación de la antena, ya que de esta relación depende cómo interaccionan los campos eléctrico E y magnético H para formar las ondas electromagnéticas y cómo son radiadas. Para las bandas de radioaficionados más altas que la de 40 metros (para las cuales no se necesitan altos ángulos de radiación) Ted Hart recomienda la relación longitud/diámetro de los cilindros de 6 (e inferior para bandas más altas), mientras que para la banda de 40 metros y bandas más bajas, recomienda la relación de 12. Si la antena es montada en posición vertical, las relaciones longitud/diámetro de los cilindros mayores permiten altos ángulos de radiación. Para las antenas EH que diseña para las bandas de radiodifusión en Onda Media, la relación longitud/diámetro de los cilindros de 6 proporcionaría un diagrama de radiación bastante similar al de una antena de radiodifusión vertical de cuarto de onda, aunque con un ángulo de radiación vertical algo menor. Y por otro lado, el diámetro de los cilindros determinan el ancho de banda de la antena (mayor a mayor diámetro de los cilindros).

RED DE DESFAJAJE PARA UNA ANTENA EH

Ahora que sabemos cómo funciona una antena EH según sus creadores, podemos pasar a ver cómo realizar una de acuerdo a ello.

Como se ha dicho anteriormente, una antena EH es una antena corta de Hertz sintonizada, típicamente de tipo dipolo, constituido por dos cilindros cortos de grueso diámetro, a la que se han añadido una red de desfase que introduzca un desfase adecuado a la corriente eléctrica para enfasarla con la tensión, lo que provoca que en la misma antena campo eléctrico E y campo magnético H estén enfasados, y la antena radie prácticamente toda la potencia ya directamente como radiación electromagnética (y no como campos próximos).

Partiendo de un par de conductores cortos y gruesos, para formar una dipolo corta con gran componente capacitativa, para construir una antena EH será necesario:

- 1: Llevar la antena corta a sintonía a la frecuencia de uso,
- 2: Enfasar la corriente y la tensión en la antena.

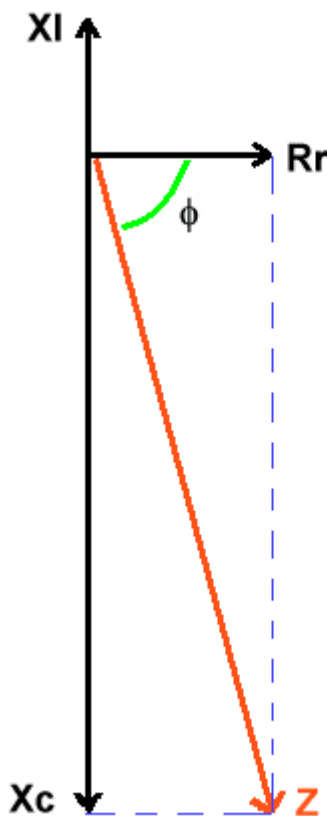
3: Adaptar la impedancia de la antena (al estar sintonizada, será su resistencia de radiación) a la impedancia de la línea de alimentación.

Consideremos el caso de una antena dipolo corta y gruesa que la queremos hacer trabajar en la banda de 40 metros (7 MHz), y que esta antena presenta una resistencia de radiación R_r de unos 20 ohmios, y una capacidad natural de unos 10 pF. Debido a que la inductancia de tal antena es prácticamente despreciable, la reactancia de la antena será prácticamente capacitiva, y el valor de ésta será la reactancia que muestran esos 10 pF a la frecuencia de 7 MHz, que son unos 2.274 ohmios.

Por tanto, la impedancia de tal antena, en expresión compleja, será:

$$Z = R_r - X_c = 20 - 2274j$$

y el ángulo de fase de la impedancia será de -89,5 grados (en un diagrama vectorial de impedancias, es el ángulo entre el vector impedancia y el eje que soporta las resistencias no complejas, como es la resistencia de radiación):



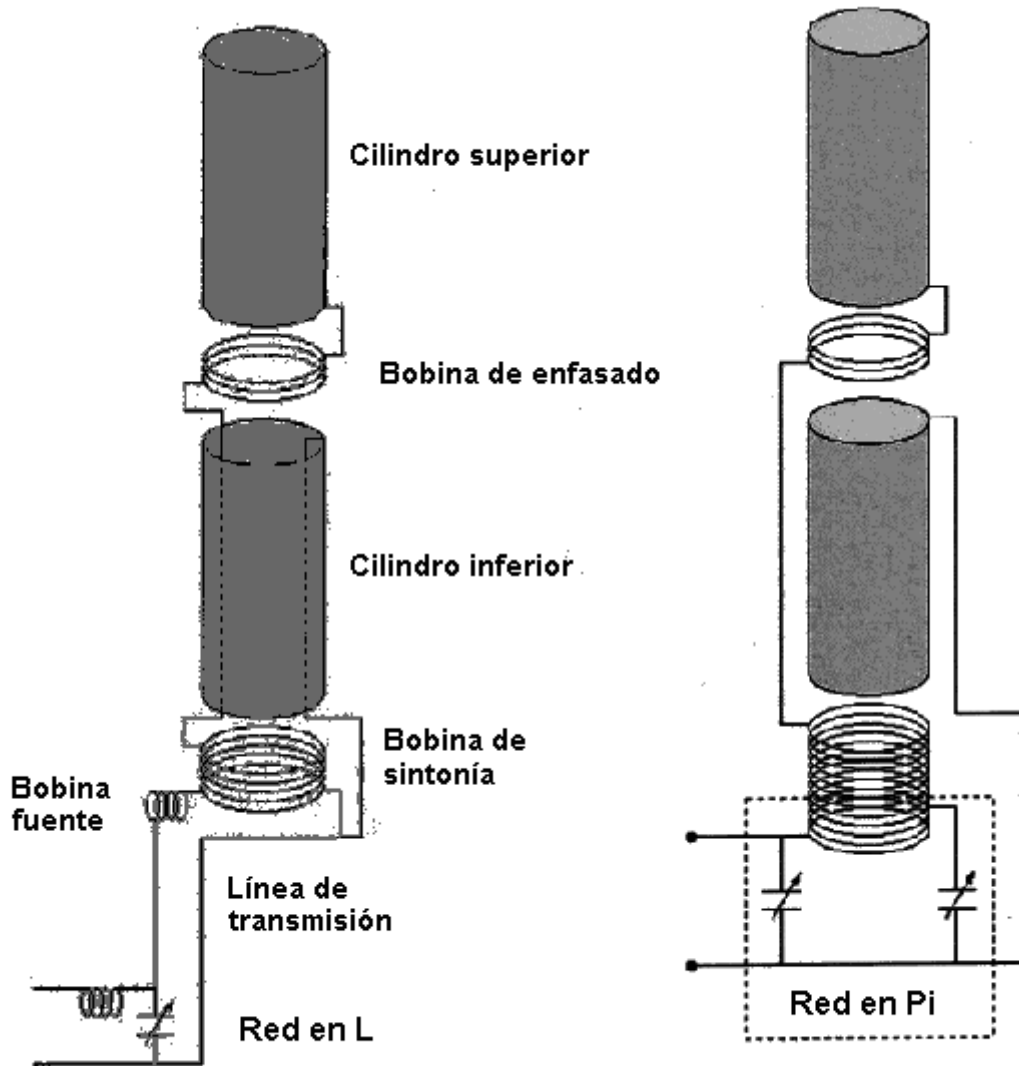
**DIAGRAMA VECTORIAL DE IMPEDANCIAS
CORRESPONDIENTE A LA ANTENA DE
EJEMPLO (no a escala)**

(ϕ = Angulo de fase)

Por tanto, para compensar este ángulo de desfase de la impedancia se deberá añadir una reactancia inductiva X_l que compense la reactancia capacitiva X_c de la antena para llevarla a resonancia ($-X_c = X_l$, $Z = R_r$), lo que significa introducir un desfase de +89,5 grados en el diagrama de impedancias, lo que hace resonante a la antena a la frecuencia de operación, y además deberemos añadir un desfase adicional de +90 grados, para que en la antena la corriente

se enfase con la tensión. Esto supone introducir un desfase total de $89,5 + 90 = 179,5$ grados. Y además, debe adaptarse la impedancia de la antena resultante, que será su resistencia de radiación de 20 ohmios (al ser resonante) a la impedancia de la línea de transmisión, típicamente 50 ohmios.

La siguiente figura muestra dos ejemplos de los primeros diseños de la antena EH, donde se usaban redes de desfase en L y en Pi:



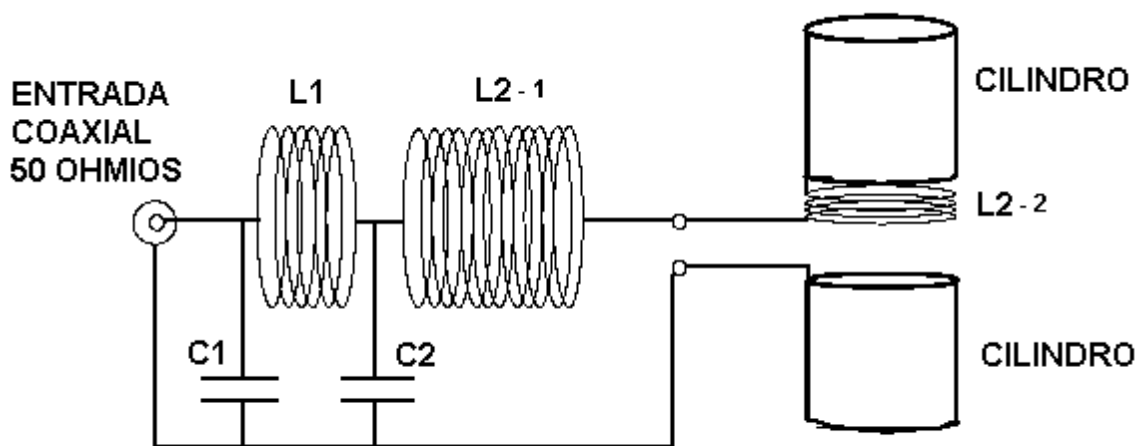
Primeras versiones de la antena EH

Figura 5

Una red de adaptación que pueda hacer todo esto más eficazmente sería por ejemplo una **red L+T**, esto es, una red compuesta por una red en L seguida de una red en T, y es lo que se muestra en la [FIGURA 6](#). La red L permite la adaptación de impedancias de la línea (50 ohmios) a la antena (20 ohmios), y esta adaptación de impedancias concreta introduce un desfase de 45 grados. La red T deberá entonces introducir los 134,5 grados restantes de desfase para

conseguir que la red L+T completa introduzca el desfase total de 179,5 grados requeridos para construir la antena EH de este ejemplo.

Los datos mencionados son para este ejemplo. En ayuda del radiotécnico y del radioaficionado existen programas que permiten calcular resistencias de radiación de antenas cortas (nos puede servir para ello la fórmula empírica mencionada anteriormente), capacidades e inductancias naturales de las antenas, y para el cálculo de redes de desfase para RF, que nos facilitarán el cálculo y desarrollo de una antena EH.



ANTENA EH CON RED DE ENFASADO L+T

Figura 6

En el caso de usar una red L+T para que una antena corta Hertz sea convertida en una antena EH, similar a la mostrada en la [FIGURA 6](#), hay que decir que la red en L está compuesta por C1 y L1, mientras que la red en T está compuesta por L1, L2 y C2. La bobina L1, pues, participa de ambas redes, y ello se hace para reducir el tamaño de la red total L+T a dos bobinas (y dos condensadores).

Pero además la bobina **L2 ha sido dividida en dos partes**, donde una de ellas se ubica entre los dos elementos de la dipolo. Ello obedece a dos razones: Por un lado, si la conexión entre la red de desfase y los dos elementos de la dipolo se realizara directamente por dos hilos de alimentación, y éstos están adecuadamente enfasados para que la antena radíe, los hilos de alimentación también van a radiar, lo que es un efecto indeseable. Y por otro lado, al dividir la bobina L2 en dos partes conectadas a través de los hilos de alimentación, se reduce la aparición de altas tensiones de RF en dichos hilos. Y es que a través de L2 se desarrollan **altas tensiones de RF**.

En efecto, la corriente de RF que circula por la antena para una potencia de transmisión P dada se puede calcular por la fórmula:

$$P = I^2 * R_r$$

mientras que la tensión de RF que se desarrolla a través de la antena será:

$$V = I * Z = I * (R_r + j (X_l - X_c))$$

En nuestro caso tenemos que la resistencia de radiación R_r es baja, por lo que la intensidad I será alta, y como la capacidad natural de la antena es baja, lo que implica una reactancia capacitativa alta, da lugar a tensiones altas. Esto justifica también el uso de una red L+T, ya que permite el uso de condensadores de baja tensión, aunque capaces de soportar el paso de altas corrientes, y las altas tensiones se desarrollan a través de la bobina L2.

En nuestro ejemplo no se ha tenido en cuenta la inductancia natural de la antena, sólo se ha considerado la capacidad y la resistencia de radiación. Si se considera la inductancia natural de la antena, que es muy baja, su reactancia inductiva tiene un valor bajo, que cancela parte de la reactancia capacitativa, y esto equivale a considerar que la antena tiene una capacidad virtual natural mayor que la real. A efectos de cálculos, considerar la inductancia de la antena es aproximadamente lo mismo que considerar que **la antena tiene una capacidad natural 1,4 veces la capacidad natural real**, que en nuestro ejemplo sería una capacidad de 14 pF. Y volviendo a recalcular la antena EH con este nuevo valor de capacidad, se obtiene un modelo de antena EH más preciso.

Con los programas de cálculos de redes adecuados es relativamente fácil para el aficionado calcular una red L+T para diseñar una antena EH, y usando para ello materiales de bajo coste. Para el caso de **una antena EH estándar**, el espaciado entre los dos elementos de la dipolo es igual al diámetro de la sección de cada elemento, lo que implica una **capacidad natural entre elementos de aproximadamente 7 pF (margen de 7 a 10 pF), y la longitud de cada elemento es pi veces (3,14159) el diámetro de cada elemento (es decir, es igual a la longitud de la circunferencia de la sección de cada elemento)**.

Existe otro tipo de red de desfasado para la construcción de las antenas EH, la **red L+L**, que emplea condensadores de valor más bajo y de mayor tensión. Es una red L+L, constituida básicamente por **dos bobinas iguales y dos condensadores del mismo valor**, aunque los valores de las bobinas y de los condensadores pueden variar algo en el ajuste final de la antena.

Este tipo de red es de menor coste que una red L+T, pero **más difícil de ajustar** para un radioaficionado medio, y es el tipo de red que emplean las antenas EH comerciales que se están fabricando en la factoría de **Stefano Galastry (IK5IRR)** en Florencia (Italia) ([Arno Elettronica, www.eheuroantenna.com](http://Arno_Elettronica.www.eheuroantenna.com)). La **FIGURA 7** muestra el esquema de una antena EH con una red L+L con datos para las bandas de 40 y de 20 metros, y la

FIGURA 8 muestra el esquema de este tipo de red, donde se ha tomado como modelo equivalente de la antena corta de Hertz una reactancia capacitativa X_A en paralelo con una resistencia de radiación R_A , según el modelo empleado por Lloyd Butler (VK5BR).

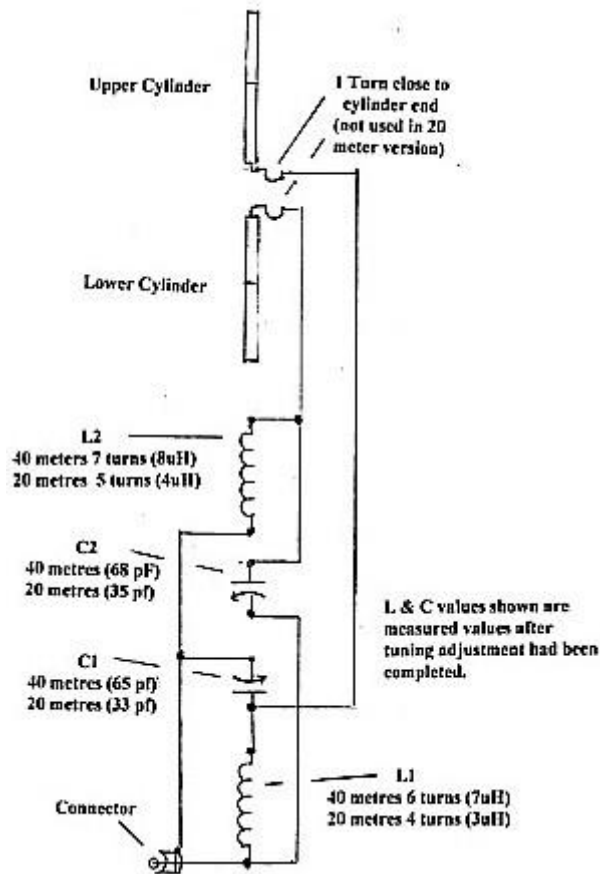


Figura 7

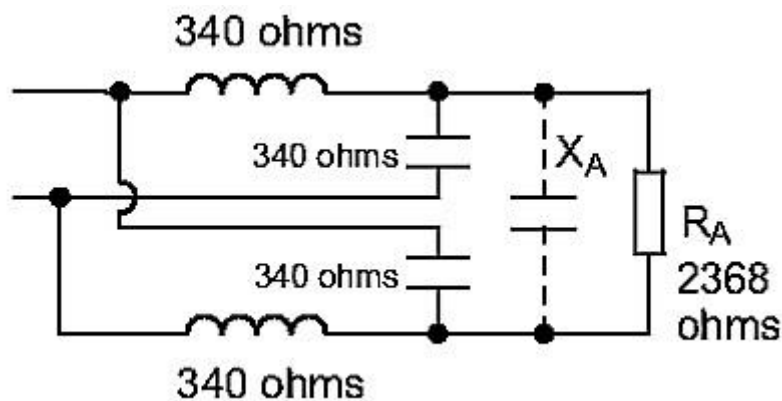


Figura 8

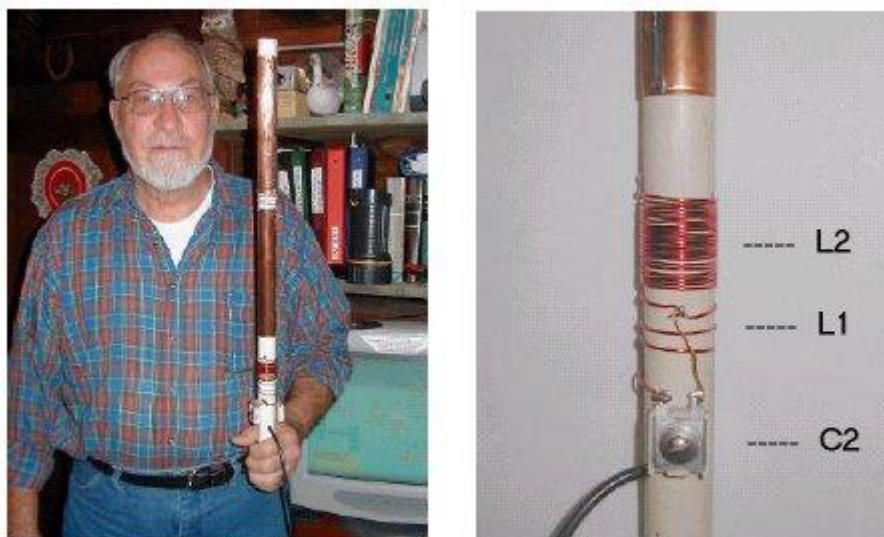
En este modelo R_A tiene un valor igual a $2 \cdot \pi$ veces el valor de la impedancia radioeléctrica del aire o vacío (376 ohmios), esto es, 2368 ohmios, para el caso de una antena EH estándar (elementos de longitud π veces el diámetro de cada cilindro, y separación entre cilindros igual al diámetro de éstos). La red

adapta la impedancia de la línea de alimentación (50 ohmios típicamente) a la resistencia de radiación paralela R_a de la antena, llevándola a resonancia, cosa que se podría hacer también con una única red adaptadora en L (constituida por una bobina en serie y un condensador en paralelo con la antena), pero el uso de una red L+L además simetriza la alimentación de la dipolo y realiza los cambios de fase requeridos para convertir la antena corta de Hertz en una antena EH. Cada elemento reactivo de ambas redes L tiene una reactancia igual a la raíz cuadrada de 50 veces el valor de R_a (2368 ohm), lo que es un valor de 340 ohmios (para adaptar la antena a 50 ohmios). Hay que tener en cuenta que la reactancia capacitativa de cada red L está constituida por el condensador de la red y la capacitancia X_a de la antena, ambas en paralelo (de ahí que en la [FIGURA 8](#) sólo se muestre la presencia de X_a en el modelo de antena, ya que X_a está reflejada y embebida en los 340 ohmios de la reactancia capacitativa de cada una de las dos redes L).

Llevado a la práctica, estos valores de reactancias para los cuatro componentes de la red L+L, y teniendo en cuenta que la capacidad natural de la antena es de 7 a 10 pF, en la banda de 20 metros (14 MHz) implica usar bobinas de 4 μ H y condensadores de 33 pF (incluye la capacidad reflejada de la dipolo, en paralelo). Estos valores deberán reajustarse a la práctica en una de las dos redes L al realizar el ajuste fino de desfases y resonancia de la antena.

UN EJEMPLO PRÁCTICO: ANTENA EH PARA LA BANDA DE 20 METROS (14 MHz)

Este ejemplo práctico de desarrollo de una antena dipolo para la banda de 20 metros ha sido realizado y publicado por el propio **Ted Hart, W5QJR**, descubridor y desarrollador del concepto de las antenas EH y propietario de la firma norteamericana "EH Antenna Systems".



Ted Hart (W5QJR) y la antena EH para 20 metros.
Detalle de la antena.

Figura 9

La antena presentada es una antena dipolo compacta realizada sobre una pieza de tubo plástico de una pulgada de diámetro externo, donde cada elemento se realiza arrollando sobre el tubo de plástico hoja de papel de aluminio o una lámina de cobre. La longitud de cada elemento del dipolo es de sólo 7,5 pulgadas, esto es, 19 cm. Usa una red de desfase L+T como la descrita en la [FIGURA 6](#). La [FIGURA 9](#) muestra a Ted Hart con una antena de este tipo.

1- Hágase con hojas de papel de aluminio o de cobre (o de cualquier otro material conductor) y de un tubo plástico de una pulgada (2,54 cm) de diámetro externo. Para éste último puede usar tubería plástica usada para conducciones de agua, de diámetro interno de 3/4 de pulgada, lo que corresponde a un diámetro externo de una pulgada.

Arrolle las hojas de aluminio o de cobre alrededor del tubo plástico para formar los dos elementos de la dipolo. Espacie ambos elementos el diámetro del tubo, esto es, una pulgada. Puede usar cola o cinta adhesiva para fijar adecuadamente el material conductor al tubo plástico. La longitud de cada elemento cilíndrico de la dipolo será de 7,5 pulgadas (19 cm).

Puede usar en lugar de lo anterior tubería de cobre de una pulgada de diámetro para construir los cilindros de la dipolo, y usar un espaciador plástico para separar ambos cilindros. Estos materiales se pueden encontrar sin problemas en cualquier fontanería.

2- Mida la capacidad entre ambos cilindros de la dipolo. Si no dispone de instrumental adecuado para ello, le anticipamos que su valor es de aproximadamente 7 pF.

3- Calcule la resistencia de radiación de la antena. Resultará ser unos 30 ohmios.

4- Con estos datos, y usando un programa de cálculo de redes para RF, calcule los valores de los componentes de la red L+T necesaria para esta antena. Éstos resultarán ser los siguientes:

- C1 : 225 pF , y deberá ser capaz de aguantar corrientes de RF de 1,4 A a 71 Vrms, para una potencia de transmisión de 100 vatios.
- C2 : 291 pF , y deberá ser capaz de aguantar corrientes de RF de 3,4 A a 133 Vrms, para una potencia de transmisión de 100 vatios.
- L1 : 0,92 μ H , que se puede realizar arrollando 2,5 espiras de hilo de calibre 16 en el tubo de plástico. Mantenga las espiras separadas y ubíquelas debajo de L2, tal como se ve en la [FIGURA 9](#).
- L2 : 13,61 μ H , que se puede realizar arrollando 21 espiras de hilo de calibre 16 esmaltado en el tubo de plástico a espiras casi juntas, mas 4 espiras adicionales arrolladas a espiras espaciadas en el tubo plástico en el espacio de separación entre los dos elementos de la dipolo. Las 21 espiras ubíquelas en la parte interior de la antena, manteniendo un espacio de separación respecto al extremo del elemento inferior de la dipolo igual al diámetro del tubo. Debido a la capacidad parásita entre

este arrolamiento y el elemento inferior de la dipolo, se reducirá algo el ancho de banda de esta antena.

Para los condensadores a emplear, cualquier condensador cerámico permite la operación con bajas potencias de transmisión, pero para operar con potencias de hasta 100 vatios, son adecuados los condensadores de mica ajustables mediante tornillo de compresión.

5- Para ajustar la antena se requiere ajustar la inductancia total necesaria para hacer resonante la antena. Ello viene determinado por el número de espiras de las bobinas, y por la separación entre espiras. Modifique la separación entre espiras para un ajuste fino. Como alternativa, suelde un muy corto hilo metálico en el extremo inferior del cilindro inferior de la dipolo, y ubíquelo en el espacio de separación entre el extremo del cilindro y la bobina L2. Curvando este hilo en dicho espacio, se puede ajustar el punto de resonancia de la antena en varios cientos de KHz.

6- Para ajustar la antena a mínima ROE, es necesario ajustar el valor del condensador de la red T, condensador C2, así como su punto de conexión a las bobinas. No es necesario ajustar C1, por lo que éste puede ser un condensador de valor fijo, aunque si fuera variable, permitiría resintonizaciones finas de la antena debidas a pequeñas variaciones en la inductancia de las bobinas. Para C2 use un condensador de mica ajustable.

Para realizar estos ajustes, puede usar un generador de RF variable, un sencillo medidor de campo a diodo, y un medidor de ROE de puente de resistencias para bajas señales. Con el generador de señal puede inyectar una señal a la antena en torno a los 14 MHz, e ir variando lentamente de frecuencia, y con el medidor de campo puede observar entonces la intensidad relativa radiada por la antena. Ello le permitirá observar a qué frecuencia radia la antena con mayor intensidad. Regule C2 hasta que la antena radie con mayor intensidad en la frecuencia deseada.

Ajuste ahora finamente la antena a mínima ROE ajustando el espaciado entre espiras de L1 y retocando el ajuste de C2.

Una vez ajustada la antena a mínima ROE, puede usar la antena dentro de un buen rango de frecuencias sin apenas variar la ROE.

7- Compruebe el ancho de banda de la antena. Los resultados que obtendrá serán:

245 KHz para un ROE máximo de 2:1

390 KHz para un ancho de banda de ± 3 dB.

Este ancho de banda a ± 3 dB es el mismo que el de un dipolo completo para esta banda (20 metros), y ello corresponde a un Q de 36,4. Dado que $Q = XI/R$, y $XI = 1296$ ohm, entonces $R = 35,6$ ohm. La resistencia a la RF de las bobinas es de unos 2,18 ohmios, por lo que la resistencia de radiación de la antena

será $35,6 - 2,18 = 33,43$ ohmios, muy superior a los 0,124 ohmios que tendría la correspondiente antena corta de Hetz. La eficiencia de nuestra antena será del 94% (= Resistencia de radiación entre resistencia total).

8- Otros cálculos sobre esta antena:

Corriente de RF que circula por la antena:

$$I = \sqrt{P * R} \quad \text{pues} \quad P = I^2 * R$$

Para 100 watos, $I = 2,8$ A ; para 5 watos, $I = 0,14$ A

Tensiones de RF a través de la antena:

$$V = I * Z \quad \text{con} \quad Z = R_r + X_c = 33,4 + 1144j$$

Para 100 watos, $V = 3204$ Vrms ; para 5 watos, $V = 160$ Vrms.

Cuidado al manipular la antena, a causa de las altas tensiones que se presentan en transmisión, incluso con bajas potencias, en el centro de la antena.

CONSTRUCCIÓN DE UNA ANTENA PARA LA BANDA DE 40 M (7 MHZ)

Descrita por **Stefano Galastri (K5IRR)**, Abril 2002.

Esta antena para la banda de 7 MHz tiene un buen compromiso entre el diámetro de los cilindros, grande para permitir su fácil construcción, y su tamaño, lo suficientemente pequeño como para construirla en la mesa de nuestro cuarto de radio. La información aquí descrita sirve para construir una antena EH para cualquier otra banda de radioaficionados distinta a la de 40 metros.

La antena usa una red de cambio de fase L+L, y su diseño obedece al mostrado en la [FIGURA 7](#). La [FIGURA 10](#) muestra una antena de este tipo.



Figura 10

Se precisa:

1. Un tubo de PVC (típicamente de los usados para conducciones de agua) de 4 pulgadas de diámetro (10 cm) y unos 3 pies de longitud (1 metro). La versión comercial de la antena usa tubo de fibra de vidrio.
2. Unas hojas finas de cobre, de latón, o papel de aluminio (sirve el empleado para las cocinas).
3. Hilo de cobre de calibre 12 AWG (2 mm de diámetro), plastificado, como el empleado para las instalaciones eléctricas de las viviendas.
4. Dos condensadores variables al aire de 50 pF máximo, con un espaciado entre placas mínimo de 0,04 pulgadas (1 mm) para una potencia de transmisión de 100 vatios. Para operación con muy pocos vatios cualquier trimmer variable sirve. Para operación a mayores potencias, use espaciados entre placas de los condensadores variables de 0,02 e incluso 0,01 pulgadas.

NOTA: Para antenas para frecuencias de 7 MHz o inferiores la mejor relación longitud/diámetro para los cilindros es de 1,5 : 1 . Para frecuencias de 10 MHz y superiores, la mejor relación es de 3,14 : 1 (esto es, π : 1). Así, para nuestra antena de 7 MHz, la longitud de cada cilindro deberá ser de $4 * 1,5 = 6$ pulgadas (15 cm).

El diagrama de radiación de las antenas EH cambia con la mencionada relación longitud/diámetro de los cilindros. Para frecuencias de 10 MHz y superiores interesa un ángulo vertical de radiación bajo, lo que es excelente

para los enlaces a largas distancias (DX), y ello se consigue aumentando dicha relación (cilindros más largos). Por contra, para comunicaciones a menores distancias, típicas en las bandas más bajas, puede usarse mejor la relación 1,5:1 , pero esta relación aumenta la impedancia Z de la antena y ello da lugar a tensiones de RF más elevadas en los condensadores (pues $P = V^2 / Z$), esto hay que tenerlo en cuenta: deberá emplear condensadores variables con mayor espaciado entre placas.

Debido a la mayor impedancia de la antena para la relación 1,5:1 , los condensadores empleados serán de valor la mitad que los empleados para la relación 3,14:1 , y las bobinas deberán ser de mayor impedancia (de más espiras). Si para la relación 3,14:1 se emplean condensadores de 63 pF para esta antena (banda de 7 MHz), para la relación de 1,5:1 serán de 30 pF y de mayor tensión.

MONTAJE DE LA ANTENA

Realice los dos cilindros en el tubo de PVC con las siguientes medidas:

Longitud de cilindro: Diámetro x 1,5 = 4" x 1,5 = 6 pulgadas (15,2 cm).

Separación entre cilindros = Diámetro = 4 pulgadas (10 cm).

Y eso es todo. La antena ya está físicamente construida.

SOBRE LA CONEXIÓN A LA ANTENA

A considerar previamente varias cosas sobre el conexionado de la red L+L empleada. La ubicación de la red de desfasaje es en el tubo de PVC de soporte debajo del cilindro inferior, y se conectará a los cilindros de la antena mediante **dos hilos paralelos** que transcurren **por el interior del tubo de PVC** de soporte.

- El hilo que alimenta el cilindro superior deberá pasar cerca del centro del tubo soporte de PVC de la antena.
- El hilo que alimenta el cilindro inferior deberá pasar cerca de la pared del cilindro inferior por el interior del tubo.
- El hilo que se conecta al cilindro superior, se conectará a éste en su **borde inferior**.
- El hilo que se conecta al cilindro inferior, se conectará a éste en su **borde superior**, y posicionado a 180 grados del punto de conexión del otro cilindro.

Prácticamente, el punto de alimentación de los dos cilindros es en el centro de la antena, igual que en cualquier dipolo.

Al decir el **borde de un cilindro**, realmente significa el borde. Se puede hacer un agujero entre el tubo de PVC de soporte y la lámina de cobre, pasar el

extremo del hilo, y cuando vaya a soldarlo al borde del cilindro, usted puede doblarlo para dejarlo justamente en el borde del cilindro, y después puede cortar y eliminar el trozo de hilo sobrante.

Para que los dos hilos pasen a través del interior del tubo, se pueden usar hilos de cobre rígido. Ello permitirá, una vez doblados adecuadamente, mantenerlos en el interior del tubo en sus posiciones adecuadas.

ADICIÓN DE DOS PEQUEÑAS BOBINAS

Se añadirán dos pequeñas bobinas realizadas con dos espiras cada una en serie con los cilindros. A estas bobinas nos vamos a referir de momento como "**bobinas de aislamiento**".

Cuando se genera la radiación en los dos cilindros, los hilos que transportan la energía de RF internamente a éstos desde la red irradian algo. Ello da lugar a algunas pérdidas. Por ello se realizan dos bobinas de dos espiras en el tubo de soporte junto al borde de cada cilindro (en el espacio de separación entre cilindros). Técnicamente el objeto de esto es generar algún pequeño retardo en las corrientes de RF que alimentan los cilindros. Haciendo esto, sólo los dos cilindros mantendrán la fase correcta.

Las dos bobinas se conectarán en serie entre los hilos de alimentación que vienen por el interior del tubo y el borde del respectivo cilindro. La separación entre cada bobina y el respectivo cilindro no es crítica, 0,01 o 0,02 pulgadas (2-5 mm) es suficiente.

En general, la disposición constructiva (en vertical) para la antena será (en este orden,

	de	arriba	a	abajo):
		cilindro		superior
bobina	de	aislamiento	de	dos
				espiras
				espacio
bobina	de	aislamiento	de	dos
		cilindro		espiras
				inferior
				L2
				C2
				C1
				L1

Coaxial de alimentación

El espacio entre los dos cilindros debe mantenerse **igual al diámetro de los cilindros**. La distancia entre L2 y el borde inferior del cilindro inferior es de unas 2 pulgadas (5 cm), no es crítico. Las dos bobinas de aislamiento pueden realizarse y ubicarse en el interior o en el exterior del tubo.

REALIZACIÓN Y AJUSTE DE LA RED L+L

Recomendamos mucho que emplee condensadores variables de aire para iniciar los ajustes. Después usted podrá usar condensadores de fabricación casera cuando ya tenga práctica en el ajuste de la antena prototipo y vaya a realizar la versión final de la antena.

Para realizar las bobinas de la red L+L emplee hilos aislados de los empleados para las instalaciones eléctricas del hogar. Posteriormente, cuando tenga usted práctica suficiente, puede emplear en su lugar hilo de cobre esmaltado, al realizar la versión final de la antena.

Arrolle 13 espiras juntas en el tubo para L2 y 12 espiras para L1. Es muy importante que L2 tenga una espira de más que L1.

Mantenga una separación entre L2 y L1 de unas 6 pulgadas (15 cm), no es un valor crítico. Se recomienda arrollar todas las bobinas de la misma manera. Con separaciones inferiores entre L1 y L2 disminuye el ancho de banda de la antena.

Fije las bobinas lo mejor que pueda para que no se muevan ni se deformen. Puede emplear goma de pegar, etc... Y ya tendrá el prototipo de la antena.

Siguiendo este procedimiento, no necesitará conocer los valores de la inductancia de ambas bobinas para realizar la antena.

SINTONIA DE LA ANTENA

Esto es lo que tiene que hacer: Hágase con un generador de RF portátil a batería, mejor si su caja de chasis es metálica, y conéctelo directamente al conector de su antena EH, sin ningún alargo de cable coaxial por medio.

Utilice un medidor de campo a diodo situado cerca de la antena, y ponga el generador en marcha. Ajuste los condensadores de la red L+L de la antena a máxima indicación de señal en el medidor de campo. Una vez conseguido, aumente la potencia del generador o transmisor, para el posterior ajuste los condensadores a mínima indicación de ROE.

Si no dispone de un generador de éstos, use un transceptor de HF de baja potencia, o ajustado a mínima potencia, y mantenga la antena alejada del transmisor.

Conecte un medidor de ROE directamente al conector de la antena, sin ningún alargo de coaxial por medio. Ahora sí puede conectar el transmisor de HF de baja potencia al medidor de ROE mediante una línea coaxial, y reajuste los condensadores a mínima indicación de ROE en el medidor.

El generador ha de ser sintonizado sobre los 7 MHz, y se recomienda se mantenga en posición estable durante los ajustes. Su caja ha de ser metálica y no de plástico, ya que lo blindará de la potente radiación generada por la

antena, que puede dar lugar a errores en el ajuste de la frecuencia de sintonía correcta de la antena si la caja del generador no es metálica.

Y el generador ha de ser alimentado con pilas internas, ya que de usar una alimentación externa, los cables de conexión a la fuente de alimentación externa pueden influir en el ajuste de la sintonía de la antena, y el punto de ajuste obtenido entonces luego puede no coincidir con el real cuando se conecte la antena al cable coaxial de alimentación para su empleo normal.

Al ajustar C1 y C2 a mínima ROE, hágalo cada vez realizando muy pequeñas variaciones en el ajuste de estos condensadores, hasta obtener la ROE de 1 : 1.

En este punto no es muy importante la frecuencia exacta del generador, que deberá ser sobre los 7 MHz, lo importante es ajustar los condensadores a la ROE de 1 : 1 . Una vez conseguido, ya puede pasar a sintonizar y ajustar la antena a la frecuencia de operación deseada.

NOTAS

Con el fin de compensar la variación de frecuencia debido al efecto de acoplamiento capacitativo de la antena con el suelo (como ocurre normalmente con cualquier antena), se sugiere realizar la sintonía de la antena a una frecuencia algo mayor a la de uso.

El medidor de campo debe estar colocado a la altura del centro de la antena, esto es, a la misma altura que el área que separa los dos cilindros. Ello es así porque dicha zona de la antena es la zona de máxima radiación de ésta. Y tenga el medidor siempre a la vista durante los ajustes.

Intente obtener la ROE de 1:1 para la máxima indicación de señal en el medidor de campo.

Compruebe el ancho de banda de la antena para una ROE de 2 : 1 , y anótelo.

Elimine una espira de cada bobina de la red y repita de nuevo los pasos de ajuste anteriores (mantenga siempre una espira de diferencia entre L1 y L2). Es conveniente eliminar las espiras en exceso.

Realice el proceso anterior las veces que sean necesarias hasta obtener la máxima indicación de señal en el medidor de campo (siempre sin moverlo de su posición inicial), entonces deberá también haber obtenido el mayor ancho de banda a ROE 2 : 1 , y por tanto la máxima eficiencia para la antena. Entonces la red L+L estará ajustada correctamente. Las bobinas entonces tendrán entre 10 y 12 espiras.

Ya puede conectar la línea de alimentación coaxial y usar la antena.

Una vez conecte la línea coaxial a la antena, el punto de resonancia de ésta variará algo. Varíe la frecuencia de operación para buscar la frecuencia a la

que la antena muestra la ROE de 1:1. Si esta frecuencia está demasiado apartada del valor a la que fue ajustada, tome nota de la diferencia de frecuencia de sintonía, conecte de nuevo el generador a la antena (con el cable coaxial ya conectado) y retoque la sintonía de la antena para corregir esa diferencia de frecuencia.

Pero si no obtiene la ROE de 1:1, deberá realizar de nuevo el proceso de sintonización de la antena. Es muy importante obtener una ROE de 1 : 1 con la línea coaxial conectada usando un generador de RF de muy baja potencia. Si la antena es alimentada con 1 o más watts, puede ser imposible obtener una lectura de ROE de 1 : 1 , y esto no es debido en sí a la antena, sino que se está procediendo a realizar los ajustes de la antena con una potencia del generador que está afectando a las indicaciones que muestra el medidor de campo, ubicado en las proximidades de la antena, y que está dando lugar a medidas erróneas que están falseando el ajuste de la sintonía de la antena. Para evitarlo, deberá situar el medidor de campo a una distancia de la antena no inferior a la longitud de uno de los cilindros. Tenga en cuenta que no está trabajando con una antena tipo Hertz, sino con un tipo de antena de concepción distinta.

La lógica de la sintonización de la antena es la siguiente:

- Si la inductancia de L1 se reduce, el valor de C1 deberá aumentarse.
- Si la capacidad de C1 se aumenta, deberá reducirse la capacidad de C2.

O bien:

- Si la inductancia de L2 se reduce, el valor de C2 deberá aumentarse.
- Si la capacidad de C2 se aumenta, deberá reducirse la capacidad de C1.

Recuerde que L2 siempre ha de tener al menos una espira de más que L1.

Esto deberá conducir al ajuste correcto de las dos bobinas. Cuando lo consiga, los dos condensadores, C1 y C2, deberán tener prácticamente el mismo valor (± 3 pF).

Entonces la red L+L estará bien balanceada y la antena tendrá sus mejores prestaciones. Cualquier efecto del intenso campo radiado por la antena sobre el transceptor será minimizado.

CONSIDERACIONES SOBRE ACOPLAMIENTOS DE LA ANTENA EH A LA LÍNEA

Por su modo de funcionamiento, según sus creadores, las antenas EH generan una cantidad de energía radioeléctrica igual o mayor a la que genera una antena dipolo clásica y en un espacio muy reducido, debido al pequeño tamaño de este tipo de antenas. Ello implica que **alrededor de una antena EH hay un campo radiado muy intenso**, mucho mayor que el que se genera alrededor

de una dipolo, y por tanto la malla del cable coaxial de alimentación de la antena estará inmerso en este intenso campo radiado, por lo que el propio campo radiado **inducirá en la malla corrientes de RF** que se dirigirán a través de la malla del coaxial hacia el transceptor, provocando un aumento de la ROE, y aumentando el riesgo de quemaduras por RF. Por ello los creadores de la antena EH sugieren varias cosas:

a) La más importante: tienda el cable coaxial hacia el transmisor paralelo al eje del tubo de la antena, evitando que el cable esté tendido alrededor de la antena.

b) Lo ideal es colocar la antena por encima del transceptor y no al lado de éste, pero si ello no es posible, deberá disponer de una buena tierra de RF en la estación.

c) Si no dispone de esta tierra de RF, puede usar un alargo de hilo con un circuito resonante LC serie insertado conectado a la masa del transceptor. Este circuito deberá ser sintonizado para entregar la máxima corriente de RF a la frecuencia deseada. Así se consigue tener una tierra de RF virtual que le evitará incrementos en la ROE.

d) En caso de operar en salidas campestres, la línea coaxial deberá estar tendida sobre la tierra, hierba o suelo al menos 15 pies (4,5 - 5 metros). La capacidad entre la malla del coaxial y el suelo a que ello da lugar es suficiente para descargar suficientemente las corrientes de RF inducidas en la malla a tierra.

Y si es posible, lo mejor es **colocar la antena a al menos 3 o 4 metros por encima de la estación.**

La línea coaxial no radía ni su longitud afecta a las características de la antena (lo que ya de entrada es erróneo, ya que las corrientes en la malla de antena, tanto si son inducidas por el campo radiado, como si tienen otro origen real, también radían). Si cambia la longitud de la línea coaxial, no deben ser afectadas las características de la antena, incluso aunque reduzca la longitud de la línea coaxial a 1 metro, o inserte choques o balunes coaxiales en la línea (lo cual se verá más adelante que no es correcto).

Por todas las razones anteriores se aconseja no operar con la antena demasiado cerca a usted.

POLARIZACION DE LA ANTENA EH

Según sus creadores, la antena EH estándar (con la relación 3,14 : 1) tiene ganancia si se compara con la dipolo, pero enteramente distribuida en 360°. La antena EH estándar tiene **un lóbulo de radiación de forma muy aplastada**, por ello es muy importante la correcta colocación de la antena, siendo lo más adecuado **ubicarla en posición vertical.**

El diagrama de radiación de la antena EH es muy adecuado para tener una gran eficiencia para señales locales y DX (lejanas) en las frecuencias de uso respectivas de acuerdo con la relación longitud/diámetro empleado. El diagrama de radiación muestra el citado lóbulo con un máximo de radiación horizontal hasta los 30 a 60 grados de elevación vertical (según el valor de dicha relación: La relación mayor, esto es, 3,15 : 1 , da lugar a lóbulo de radiación más aplastado que para la relación menor, 1,5 : 1 , que tiene un lóbulo de radiación más ancho en el plano vertical).

LA ANTENA EH STAR

Actualmente EH Antenna System fabrica el modelo de antena EH denominado "**Star**", principalmente para el uso como [antena para estaciones radiodifusoras en Onda Media](#). Es una antena que, según Ted Hart, tiene una serie de ventajas respecto a las antenas verticales usadas en las estaciones radiodifusoras de Onda Media, además de su pequeño tamaño y poco espacio que ocupan. La antena se ubica izada una cierta altura sobre el suelo.

Las siguientes imágenes muestran cómo se diseña una antena de este tipo, con algunas explicaciones de los desarrolladores de la antena:

Figura 11: Esquema básico de la antena EH, consistente en dos cilindros y una "bobina de sintonía" ("Tuning coil") situada por debajo del cilindro inferior. La capacidad entre los cilindros y la bobina de sintonía llevan a la antena a la frecuencia de resonancia. En estas condiciones el tamaño de la antena no depende de la longitud de onda. Al usarse cilindros de gran sección, la capacidad entre cilindros es mucho mayor que si se usaran tubos más finos o cables, por lo que el tamaño de la bobina de sintonía se reduce mucho. Además, el diámetro de los cilindros determina el ancho de banda de la antena mayor a mayor diámetro de los cilindros).

Como separación típica entre los cilindros se toma un valor igual al diámetro de éstos.

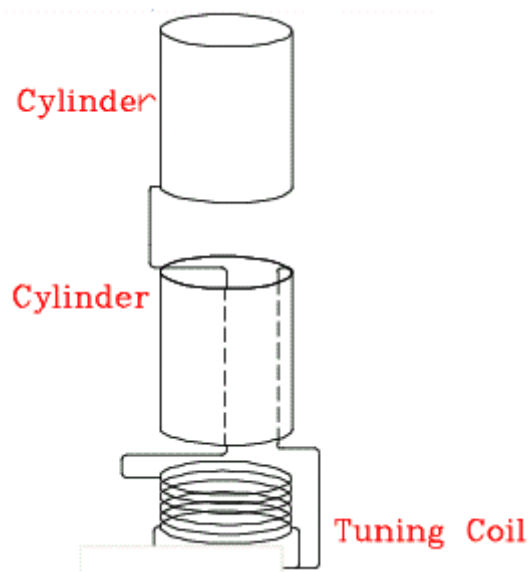


Figura 11

Figura 12: Se añade una "Bobina de fase" ("Phasing coil"), ubicada entre los dos cilindros. Su propósito es introducir un desfase entre la bobina de sintonía y el cilindro superior. Un desfase de 3 grados es equivalente a una variación de ROE de 2:1. Por consiguiente, se ha elegido un desfase de 6 grados para evitar la radiación de la línea en el interior del cilindro inferior y en la parte superior de la bobina de sintonía.

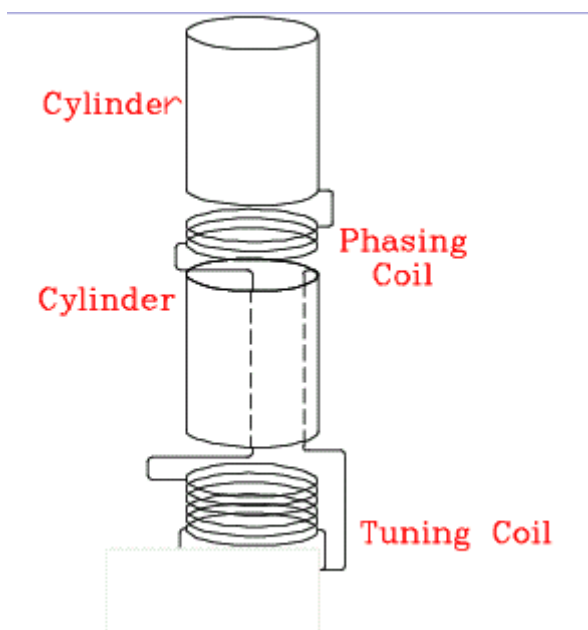


Figura 12

Figura 13: El siguiente paso es realizar la conexión ("Tap") a la bobina de sintonía para conseguir el correcto acoplamiento a la impedancia de la línea de alimentación. Dado que la antena se instala a una cierta altura sobre el suelo, se requiere una buena adaptación de impedancias para minimizar las pérdidas en la línea. Observe que ahora la bobina de sintonía está puesta a tierra.

En estas condiciones si se mira los componentes de la impedancia de la antena EH en el punto de conexión a la bobina de sintonía, se observaría que la máxima resistencia de radiación no tiene lugar para valores de reactancia cero, y esta máxima resistencia de radiación no corresponde exactamente con la frecuencia de resonancia de la antena (y por tanto con el mínimo de ROE), aunque esté muy próxima a ésta.

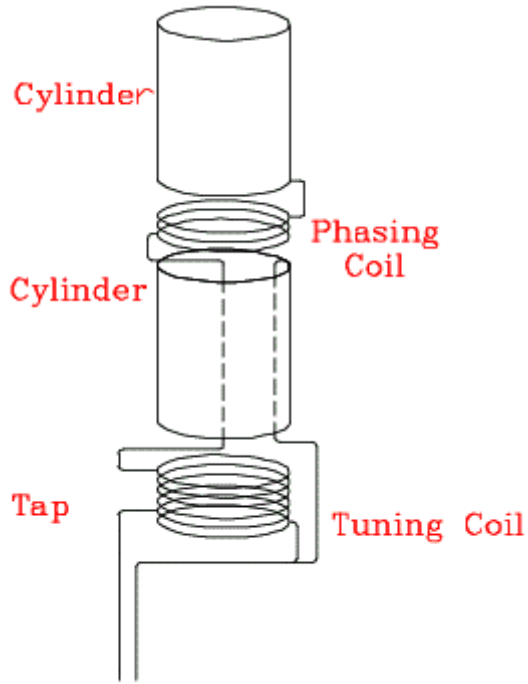


Figura 13

Figura 14: Se añade en el punto de conexión a la bobina de sintonía una "bobina fuente" ("source coil"), cuya misión es cancelar con su inductancia la reactancia capacitativa que muestra la antena a la máxima resistencia de radiación, y así permitir que la máxima resistencia de radiación tenga lugar a la frecuencia de resonancia para un valor de reactancia de la antena cero (la impedancia de la antena será $R+j0$ ohms a la frecuencia de resonancia deseada).

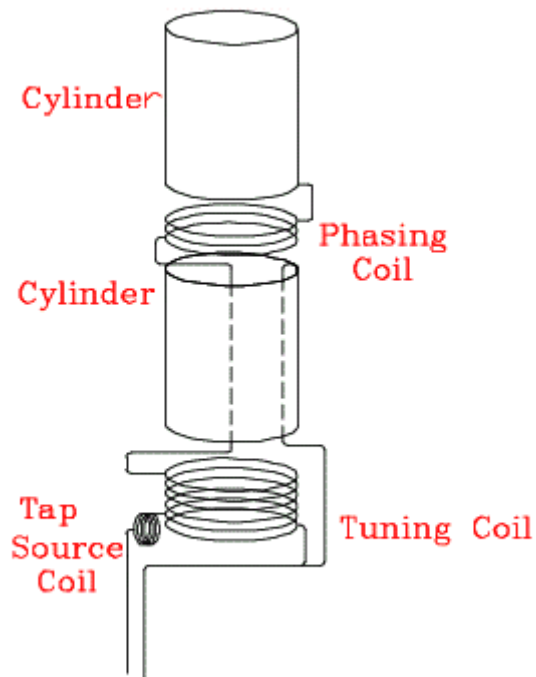


Figura 14

Figura 15: Al punto de conexión ("tap") de la bobina de sintonía se conecta una línea de transmisión cuya impedancia sea la correspondiente al valor R de la impedancia de la antena en su punto de conexión. Para antenas Star EH de gran tamaño diseñadas para emisoras de radiodifusión de Onda Media, esta impedancia es del orden de 300 a 400 ohmios. Para antenas mucho más pequeñas, la impedancia puede bajar hasta 25 ohmios. La línea de transmisión es de tipo paralela, y se puede hacer bajar por el interior de la torre que eleva la antena sobre el suelo.

Si la impedancia del punto de conexión es del orden de 50 ohmios, ya se puede conectar directamente el cable coaxial a la toma de la bobina de sintonía (a través de la bobina fuente).

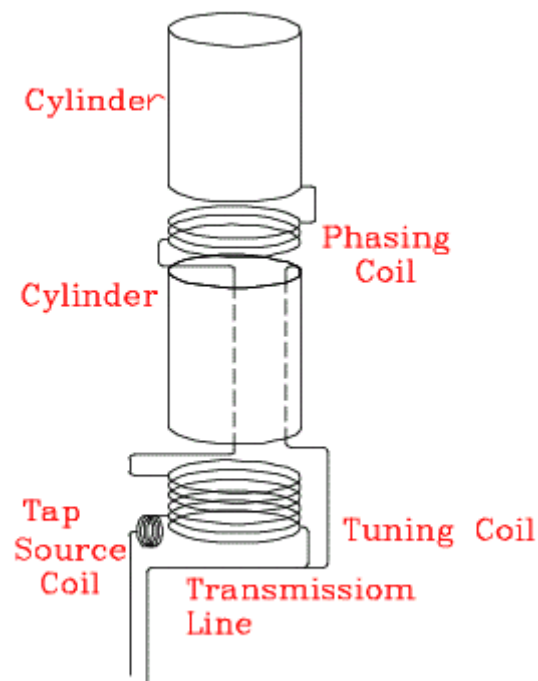


Figura 15

Figura 16: Se añade una red de adaptación en L en la base de la torre de la antena para adaptar la impedancia de la línea conectada a la antena a los 50 ohmios del cable coaxial de conexión al transmisor. Esta red proporciona un condensador de ajuste final que permita la correcta adaptación de impedancias entre el cable coaxial y la línea de conexión a la antena, manteniendo una impedancia de $50+j0$ ohmios.

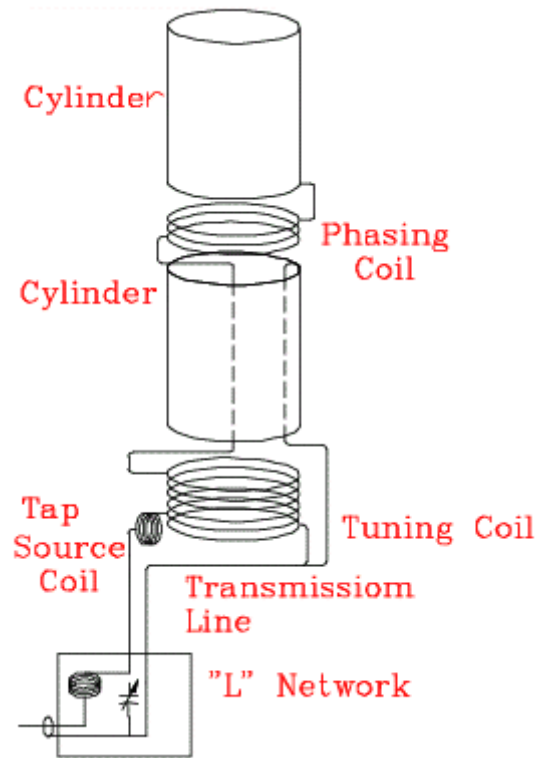


Figura 16

EJEMPLOS DE CONSTRUCCIÓN DE ANTENAS EH STAR PARA EL RADIOAFICIONADO

Estos ejemplos están descritos en la documentación que EH Antenna System tiene puestos en su sitio Web (al menos a fecha del año 2005), y están destinados principalmente para los radioaficionados, siendo ejemplos de antenas EH de construcción barata y sencilla.

ANTENA EH STAR PARA 40 M (7 MHZ)

(Descrita en el documento "Demostración 4" sobre antenas EH en el sitio web de EH Antenna System, año 2005).

Diámetro del tubo de soporte: 3,25" = 8,255 cm

Longitud de cada cilindro: 4,5" = 11,43 cm

Espaciado entre cilindros : 3,25" = 8,255 cm

Espaciado entre cilindro inferior y bobina de sintonía: 3,25" = 8,255 cm

Bobina de fase : 3 espiras juntas

Bobina de sintonía: 20 espiras juntas

Toma en la bobina de sintonía : a 1,25 espiras

Bobina fuente : 12 espiras juntas

Longitud total aproximada: 16" = 40,64 cm

Ancho de banda:

160 KHz para ROE 2:1 máxima
360 KHz para +-3 dB

No se indica el calibre del hilo con que se realicen las bobinas, puede emplearse hilo esmaltado de 1 mm de diámetro. En otro documento se indica se use hilo esmaltado de calibre #14 (2 mm de diámetro)

Realizar la antena sobre soporte aislante (tubo de PVC o similar); los cilindros se pueden realizar con hoja fina de cobre.

ANTENA EH STAR PARA 40 M (7 MHZ). OTRA VERSIÓN

(Descrita en el documento "Demostración 5" sobre antenas EH en el sitio web de EH Antenna System, año 2005).

Realizadas sobre un tubo aislante (de PVC o similar) de soporte de 1" (2,54 cm) de diámetro. El hilo para las bobinas será hilo de cobre esmaltado de calibre #14 (2 mm de diámetro). Los cilindros se pueden realizar con hoja fina de cobre. El espaciado entre cilindros es igual al diámetro de éstos.

Para potencias de transmisión de hasta 100 watios.

Cilindros: relación longitud/diámetro:

12 (longitud: 30,5 cm)
3 a 5 para uso en DX

Bobina de fase: 2 espiras

Bobina de sintonía: 14,5 espiras. Toma a 2 espiras del extremo inferior.

Bobina fuente: 6 espiras

Ancho de banda: 240 KHz para +-3 dB, centrado en 7,15 MHz.

Las bobinas tendrán el mismo diámetro que el tubo de soporte, por lo que se pueden realizar sobre éste. Como en la anterior, las bobinas se arrollarán a espiras juntas. Puede ser necesario extender un poco la bobina de sintonía (separando algo las espiras) para sintonizar exactamente la antena a la frecuencia deseada.

Si desea anchos de banda mayores, emplee tubos de soporte de mayor diámetro (p.ej, de 2").

ANTENA EH STAR PARA 20 M (14 MHZ)

(Descrita también en el documento "Demostración 5" sobre antenas EH en el sitio web de EH Antenna System, año 2005).

Como la anterior, realizadas sobre un tubo aislante (de PVC o similar) de soporte de 1" (2,54 cm) de diámetro. El hilo para las bobinas será hilo de cobre esmaltado de calibre #14 (2 mm de diámetro). Los cilindros se pueden realizar

con hoja fina de cobre. El espaciado entre cilindros es igual al diámetro de éstos. También para potencias de transmisión de hasta 100 watos.

Cilindros: relación longitud/diámetro: 3 (longitud: 7,62 cm)
Bobina de fase: 2 espiras
Bobina de sintonía: 12,5 espiras. Toma a 2 espiras del extremo inferior.
Bobina fuente: 5 espiras
Ancho de banda: 540 KHz para +-3 dB, centrado en 14,2 MHz.

Las bobinas tienen un diámetro de 3" (7,62 cm) aproximadamente, y se requerirán piezas plásticas adecuadas de adaptación al tubo plástico de soporte para permitir arrollar las bobinas con este diámetro.

Las bobinas se arrollarán a espiras juntas. Puede ser necesario extender un poco la bobina de sintonía (separando algo las espiras) para sintonizar exactamente la antena a la frecuencia deseada.

ANTENA EH STAR PARA 75 M (3,8 MHZ)

(Descrita también en el documento "Demostración 5" sobre antenas EH en el sitio web de EH Antenna System, año 2005).

Como las dos anteriores, realizadas sobre un tubo aislante (de PVC o similar) de soporte de 1" (2,54 cm) de diámetro. El hilo para las bobinas será hilo de cobre esmaltado de calibre #14 (2 mm de diámetro). Los cilindros se pueden realizar con hoja fina de cobre. El espaciado entre cilindros es igual al diámetro de éstos. También para potencias de transmisión de hasta 100 watos.

Tubo soporte: tubería plástica, de 15 pasos de longitud (para soportar la longitud total de la antena). Diámetro: 1" ???
Cilindros : ???
Bobina de fase: 4 espiras
Bobina de sintonía: 32 espiras. Toma a 2 espiras del extremo inferior.
Bobina fuente: 7 espiras
Ancho de banda: 130 KHz para +-3 dB, centrado en 3,90 MHz.

Las bobinas tendrán el mismo diámetro que el tubo de soporte, por lo que se pueden realizar sobre éste. Como en las anteriores, las bobinas se arrollarán a espiras juntas. Puede ser necesario extender un poco la bobina de sintonía (separando algo las espiras) para sintonizar exactamente la antena a la frecuencia deseada.

¿CUAL ES LA REALIDAD DE LAS ANTENAS EH?

Las antenas EH son motivo de discusiones sobre su rendimiento real, y además, los principios de funcionamiento que sobre ellas expone Ted Hart (W5QJR), no son correctos en realidad, lo que cuestiona aún más las supuestas magníficas características de este tipo de antena. Y otros hechos cuestionan gran parte de lo que sobre estas antenas afirman desde la empresa EH Antenna Systems, fundada por Ted Hart.

VALIDEZ DE LAS TEORÍAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ANTENAS EH

Desde un principio, desde EH Antenna Systems se justificaba el funcionamiento de las antenas EH en la errónea teoría de las **corrientes de desplazamiento**, empleada también para justificar las antenas de campo cruzado CFA. Según esto, en una antena EH se tendría un campo eléctrico E principal entre los dos cilindros de la antena (los cuales se comportan como las armaduras de un condensador), y otro campo eléctrico secundario entre el conjunto de los dos cilindros y el punto de alimentación de la antena. Este campo eléctrico secundario sería el que crearía las supuestas corrientes de desplazamiento, que fluirían a través de la capacidad natural entre el punto de alimentación de la antena y los cilindros, y serían las que a su vez crearían el campo magnético H. Dado que las corrientes de RF al fluir por la capacidad natural de la antena hace que el campo eléctrico primario esté desfasado 90 grados respecto al punto de alimentación de la antena, se introduce la bobina de sintonía de la antena para que, ajustándola correctamente, sirviera para poner los campos E (primario) y H en fase, y por tanto, dieran lugar directamente a la formación del campo electromagnético radiado en la misma antena (minimizando la existencia de campos E y H cercanos). Esto se muestra en la [Figura 17](#). Pero, igual que con las antenas CFA, las corrientes de desplazamiento no son corrientes de conducción de cargas eléctricas, es un concepto ficticio que emplearon los físicos del siglo XIX para justificar las corrientes que fluían por los condensadores al aplicarles corrientes alternas o variables, y por tanto, no generan campos magnéticos H, y por tanto, la antena no puede producir radiación electromagnética directamente, tal como afirman en EH Antenna Systems.

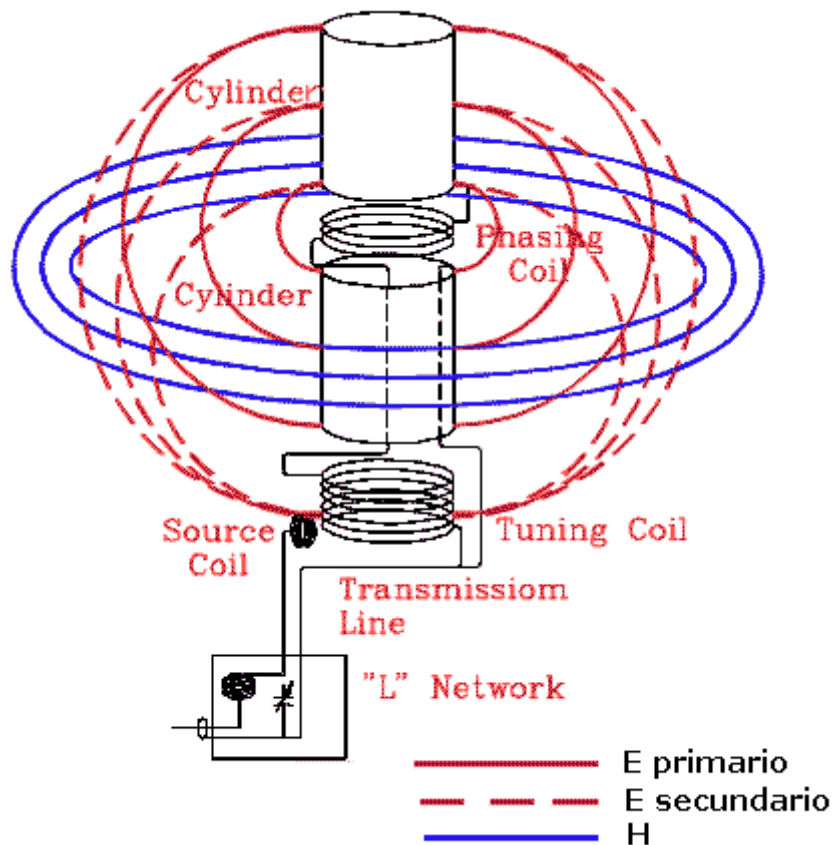


Figura 17

La teoría de las corrientes de desplazamiento eran el pilar fundamental para justificar las notables características de las antenas EH, tal como se explicaba en el sitio web de [EH Antenna Systems](#), hasta que en verano de 2004 fue remodelado dicho sitio web, y en éste se vieron cosas un tanto extrañas: Por ejemplo, para describir el funcionamiento de la antena EH se sigue hablando del enfasado de los campos E y H que genera, pero dejan de mencionarse las corrientes de desplazamiento, y para justificar ahora el funcionamiento de las antenas EH, ahora se basa en una nueva teoría, basada en el concepto de las denominadas "**ondas estáticas**".

La idea de las "ondas estáticas" fue propuesta por el físico ruso Vladimir I. Korobejnikov, y según esta teoría (Structure of Electromagnetics fields-waves, The dynamic electron), los electrones en movimiento generan dos tipos de campos electromagnéticos que tienen comportamientos distintos: Un campo electromagnético dinámico, que se desplaza a la velocidad de la luz (y que son las ondas electromagnéticas que todos conocemos), y otro campo electromagnético, generado por el movimiento de giro del electrón sobre sí mismo (movimiento de spin). Ello supone que deben corregirse las leyes de Maxwell para recoger este segundo tipo de campo electromagnético, que es un nuevo concepto físico, según este físico ruso, y de hecho, este físico presenta las ecuaciones de Maxwell ya corregidas.

Este campo estático, debido al movimiento rotatorio del electrón, sería un campo electromagnético de propiedades diferentes a los que conocemos. Para Ted Hart, en las comunicaciones por radio intervendrían ambos tipos de campos electromagnéticos, y analizando las ecuaciones corregidas de este físico ruso, se deduciría que este segundo campo electromagnético sería de tipo estático, y que aunque se atenúa con la distancia, estaría en todos sitios a la vez. O lo que es lo mismo, serían ondas electromagnéticas que no se mueven, pero que estarían en todas partes a la vez, y ello equivale a decir que las ondas estáticas son capaces de viajar a cualquier parte de forma instantánea y no a la velocidad de la luz, lo que es todo un desvarío científico.

De acuerdo con este análisis de Ted Hart, en las comunicaciones por radio intervendrían ambos tipos de ondas electromagnéticas, las de naturaleza dinámica, que se desplazan a la velocidad de la luz, y las de naturaleza estática, que estarían instantáneamente en todos los sitios a la vez (aunque se atenúen con la distancia). En las antenas convencionales o de tipo Hertz, la energía radiada sería prácticamente toda de tipo dinámica, pero en las antenas de tipo EH se generan ambos tipos de ondas, dinámicas y estáticas, predominando estas últimas. La forma en que interactúan los campos magnéticos creados por las bobinas de sintonía y de fase de la antena con el campo eléctrico entre ambos cilindros de la antena favorecería la creación de los campos estáticos, al afectar al movimiento de spin de los electrones que se mueven en los cilindros (extraña conjetura que Ted Hart publica en el sitio web de EH Antenna System para explicar el funcionamiento de la antena EH).

Para Ted Hart estas ondas estáticas serían las responsables de las particulares propiedades que atribuye a las antenas EH, e incluso llega a afirmar que gracias a estas ondas estáticas, de diferente comportamiento a las ondas electromagnéticas normales (dinámicas) se pueden conseguir comunicaciones en condiciones difíciles para las ondas electromagnéticas normales, e incluso llega a afirmar que gracias a ellas, dos estaciones de radioaficionados que operaran con antenas convencionales, cuando dejaran de escucharse a causa de la propagación, se seguirían escuchando si ambas estaciones estuvieran usando antenas EH.

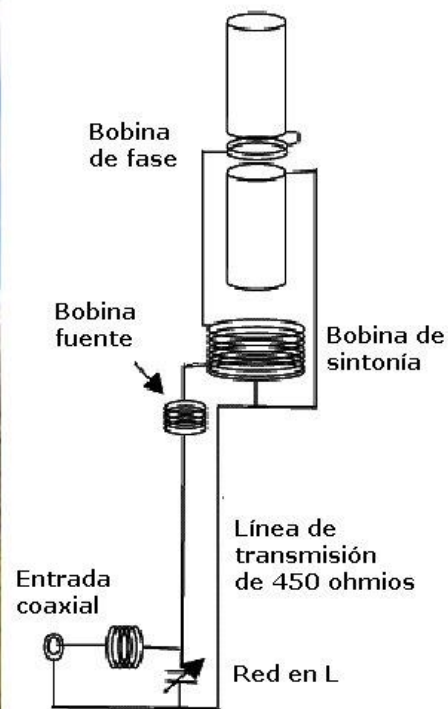
No se comprenden estos desvaríos científicos para explicar las especiales propiedades de las antenas EH y pretender que se trata de un nuevo tipo de antena que se apartan de las antenas convencionales, no es propio de un ingeniero electrónico ya retirado, que tiene un amplio currículum profesional, como es Ted Hart, creador de este tipo de antenas. Pero aún hay más:

Una de las aplicaciones comerciales de la antena EH es su uso como antena para estaciones de radiodifusión de Onda Media, ya que su corto tamaño es muy inferior al de las grandes antenas verticales empleadas por estas antenas radiodifusoras, típicamente de cuarto de onda. Según Ted Hart, [la versión de antena EH para radiodifusión en Onda Media](#) tiene una ganancia de 3 dB respecto a la antena vertical de cuarto de onda, tiene buen ancho de banda, no requiere radiales, no depende de la conductividad del suelo, y genera el mismo campo radiado en ángulos bajos que una vertical de cuarto de onda con 120 radiales. Dado su pequeño tamaño, ello la hace ideal para un sistema de

antenas de una estación radiodifusora en Onda Media, mucho más barato que con la clásica antena vertical. Como ejemplo, la antena diseñada por EH Antenna Systems para la parte alta de la Onda Media (1200-1600 KHz), está realizada con dos cilindros de 20 cm de diámetro y 1,22 m de longitud (relación longitud/diámetro = 6), y le atribuye las siguientes características:

- Resistencia de radiación a 1600 KHz: 77 ohmios
- Ancho de banda a 3 dB : 99 KHz
- Eficiencia: 98%

y además informa que montada a 1/8 de onda de altura, su comportamiento supera a una clásica vertical de cuarto de onda (datos obtenidos con un programa desarrollado por Ted Hart para analizar este tipo de antenas).



Versión Star de la antena EH usada para radiodifusión en AM (esquema)

Figura 18

Pues bien, una consultora independiente de radiodifusión, Stu Graham, realizó una serie de ensayos con antenas EH para la radiodifusión en Onda Media desde octubre de 2003, de acuerdo con los procedimientos de la FCC norteamericana, y Ted Hart publicó en el sitio web de EH Antenna Systems en abril de 2004 el informe que dicha consultora elaboró, y según el cual justificaba de forma definitiva el rendimiento de las antenas EH. En dicho informe se comparó el campo generado por la antena vertical de una estación de radiodifusión en Onda Media, la estación WKVQ de Georgia (Estados Unidos, en la frecuencia de 1.520 KHz), y el campo creado por una antena EH

(de mucho menor tamaño) operando en la misma frecuencia y desde la misma ubicación. Para ello se realizaron medidas de intensidad de campo radiado en varias direcciones y en ubicaciones situadas a distancias de hasta 20 Km de la estación emisora, y los resultados obtenidos indicaban que el campo generado por la antena EH era (en promedio) ligeramente inferior (-0,84 dB) al generado por la antena vertical de la emisora radiodifusora. Esto era para una altura de la antena EH sobre el suelo de 0,1 longitudes de onda, ubicada sobre una torre de 20 metros de altura. Ted indica que si se eleva la antena EH, aumentaría su ganancia respecto a la antena vertical de la radiodifusora, hasta algo más de +2 dB para una altura de 0,25 longitudes de onda.

Sin embargo, en las condiciones de las pruebas realizadas, la antena EH estaba ubicada, como se ha indicado anteriormente, en lo alto de una torre a 20 metros de altura (0,1 longitudes de onda), mientras que la antena vertical de la estación radiodifusora WKVQ es un elemento radiante de 28 metros de altura, esto es, de 0,14 longitudes de onda. La antena EH fue alimentada con una línea paralela de 450 ohmios, que al tratarse de una línea simétrica, no debería radiar. Pero en una de las fotografías que acompañan el informe se observa que la línea simétrica no estaba tendida con su plano paralelo a la torre, sino perpendicular, por lo que uno de los dos conductores de la línea paralela estaba mucho más cercano a la torre que el otro, y ello conduce a un comportamiento un tanto asimétrico de la línea paralela, y por ello no se podía descartar que la línea y la torre radiasen. Los resultados obtenidos para la antena EH parecen más de acuerdo con estas circunstancias que con las supuestas características excepcionales de este tipo de antena.

Pero en otra página web independiente apareció una descripción de estos ensayos, de cómo se realizaron y cuales fueron los resultados, y los resultados presentados eran distintos a los que Ted publicó en el sitio web de EH Antenna Systems, y en ellos se concluía que la antena EH no era un radiador eficiente para la banda de radiodifusión de Onda Media. Y aunque Ted Hart intentó justificar desde el sitio web de EH Antenna Systems algunos de los malos resultados de la antena en estas pruebas atribuyéndolos en parte al uso de una red de enfasaje para la antena EH propia para las bandas de HF y no de Onda Media, finalmente con la remodelación del sitio web de EH Antenna Systems en verano de 2004, curiosamente dicho informe fue retirado de dicho sitio web.

Ted Hart incluyó en el sitio web remodelado una serie de documentos "demostrativos" sobre la teoría de funcionamiento y las propiedades de la antena EH, y en el denominado "Demostración 4" (dirigido a los radioaficionados), Ted informa: *"En mi opinión, el campo E de la antena se acopla al cable coaxial, que a su vez genera un campo E que interacciona con el campo E de la antena. Si el coaxial es movido o enrollado, cambia la interacción y el resultado puede ser medido como un cambio de ROE de la antena"*. Y efectivamente, esto ha sido observado por bastantes radioaficionados que han probado las antenas EH. Pero en un buen sistema de antena, la línea coaxial de alimentación de la antena no debe intervenir apreciablemente en la radiación de la antena. Si la línea coaxial afecta a la sintonía de la antena, modificando su ROE, es que por ella muy posiblemente estén circulando corrientes de malla (que normalmente serían atenuadas con

choques realizados enrollando el cable coaxial), las cuales dependerían de la forma en que está tendido el cable coaxial con respecto a la antena. Estas corrientes, al circular por el exterior de la malla del cable coaxial, también radían, por lo que el diagrama de radiación de la antena se ve modificado, así como la sintonía de la antena. Ted Hart reconoce estos efectos, pero indica que estas corrientes de RF en la superficie exterior de la malla son debidas a que el cable coaxial está inmerso en el intenso campo de RF radiado por la antena y que por ello el campo radiado induce estas corrientes en la malla del coaxial, y no por el hecho de que la antena EH es una antena no simétrica (y en las cuales se pueden producir corrientes de malla por el propio funcionamiento de la antena).

Lo que está claro es que si las antenas EH (y las CFA) realmente fueran algo revolucionario, ya estarían siendo usadas masivamente por los radioaficionados y las estaciones radiodifusoras de Onda Media, y ya serían bien conocidas y citadas en cualquier libro o tratado sobre radio y antenas, y lo cierto es que son antenas que ya tienen unos cuantos años en escena, y nada de eso ha ocurrido.

LAS EXPERIENCIAS DE LOS RADIOAFICIONADOS

A pesar de lo erróneo de las teorías de funcionamiento de Ted Hart para las antenas EH, ello no significa que estas antenas no puedan ser utilizadas y funcionar, y diversos radioaficionados las han probado y las usan incluso de forma habitual. Han sido probadas en diversas bandas de HF para comprobar su eficacia, tanto por radioaficionados menos técnicos, comparando de una forma empírica su rendimiento respecto a otras antenas más comunes usadas en HF (como son las antenas verticales y las antenas dipolo), como por radioaficionados más técnicos (incluidos los que son profesionales en radiocomunicaciones) dotados de instrumental adecuado que les permita realizar pruebas más serias y profesionales de este tipo de antenas.

En cuanto a las pruebas empíricas, de comparación con otras antenas más comunes, arrojan resultados dispares, pero por lo general indican que las antenas EH tienen un rendimiento inferior a las antenas de cuarto de onda vertical o a los dipolos de media onda. Sólo en pocos casos se informa de un comportamiento similar o incluso superior al de una antena convencional.

En recepción, por lo general se informa que las antenas EH tienen una recepción inferior a la obtenida con antenas convencionales, que puede ir de una o dos unidades "S" (6 a 12 dB) a 4 o más unidades "S" (24 o más decibelios: Cada unidad "S" corresponde a una variación en la intensidad de la señal recibida de 6 dB).

En pruebas de emisión y recepción de las antenas EH a distintas distancias, se ha informado en algunas ocasiones que las antenas EH proporcionan un rendimiento similar e incluso algo superior a una antena convencional de HF (dipolo, vertical resonante) a medias y largas distancias, mientras que a distancias más cortas el rendimiento de las antenas EH es inferior. Ello parece estar relacionado con el diagrama de radiación de las antenas ensayadas, ya

que para distintos ángulos de radiación vertical de las distintas antenas ensayadas (ángulos que determinan a su vez el ángulo de incidencia de las ondas en la ionosfera, y con ello el alcance de las ondas en cada salto ionosférico) puede ser mejor una antena que otra. Sin embargo, en el caso de las antenas convencionales de HF el diagrama de radiación depende de varios factores (como por ejemplo, su altura respecto al suelo), mientras que para las antenas EH, estos factores no deberían afectar (según indica Ted Hart).

Ted Hart también afirma sobre las antenas EH que éstas generan y reciben un nivel de interferencias 30 dB menor que una antena convencional, al no emitir ni ser sensibles a los campos cercanos (los ruidos artificiales de origen local son debidos principalmente a campos eléctricos, no electromagnéticos). Muchos radioaficionados informan que efectivamente, las antenas EH presentan un nivel de ruido local inferior al de una antena convencional, por lo que son más silenciosas en este aspecto, y con ello mejoran la recepción de las señales de radio. Ello parece dar la razón a Ted Hart en este aspecto a las pretendidas virtudes de estas antenas. Sin embargo, el ruido radioeléctrico de origen solar no varía con respecto a una antena convencional (pero ello sería algo lógico, ya que es ruido de tipo electromagnético).

Muchos radioaficionados han observado la fuerte interacción mencionada anteriormente entre la antena EH y el cable coaxial que la alimenta, interacción que depende de la longitud del cable coaxial que conecta la antena al equipo y de cómo está tendido en relación a la ubicación de la antena. Estas interacciones originan importantes corrientes de RF por el exterior de la malla coaxial. Si se intercalan choques de RF en el cable coaxial para atenuar estas corrientes (mediante toros de ferrita, o realizando bobinados de varias espiras con el propio cable coaxial), se modifica el comportamiento de la antena, llegándose incluso a desintonizar (lo que suele ocurrir fácilmente si el choque se coloca a corta distancia del punto de alimentación de la antena), aumentando entonces mucho la ROE de la antena y disminuyendo notablemente la recepción (en varias unidades "S").

Si se ensaya la antena EH con instrumental técnico adecuado, se observa que los valores del factor Q y la resistencia de pérdidas de la antena varían con la posición del cable coaxial. Esto, junto con todo lo anterior, parece dejar bastante claro que la malla del cable coaxial forma parte del sistema radiante, ya que por ella circulan importantes corrientes de RF que radían apreciables cantidades de energía. Ello afecta al diagrama de radiación del sistema radiante, que estará constituido por la antena EH y por la malla del cable coaxial. Este diagrama de radiación dependerá de cómo se ha tendido el cable coaxial, e incluso de su longitud, y suele favorecer la radiación del conjunto radiativo antena-cable en unas direcciones más que en otras.

Se ha realizado pruebas de las antenas EH eliminando el efecto del cable coaxial, y ello se consigue conectando un generador de RF conectado a la antena EH directamente o a través de un corto látigo de cable coaxial, y alimentando el generador a pilas (para evitar que un cable de conexión a red eléctrica pueda afectar al sistema), y midiendo la señal radiada con un equipo receptor y analizador de espectro ubicado a varios cientos de metros de

distancia. En estas condiciones se comprueba que la ganancia de la antena EH es unos 20 a 30 dB inferior a la de una antena vertical de cuarto de onda con radiales conectada a un oscilador similar en las mismas condiciones de prueba. Y si se añade unos cuantos metros de cable coaxial entre la antena EH y el equipo generador de RF, la antena se desintoniza, pero una vez es resintonizada, su ganancia mejora bastante, lo que confirma que el cable coaxial pasa a formar parte de la antena como elemento radiativo. Pero es que incluso la propia antena EH podría actuar como un tipo de red reactiva que permitiría que la cara externa de la malla del cable coaxial se convierta en un radiador eficiente (mucho más eficiente que la propia antena EH).

De todo lo anterior se concluye que la antena EH (una vez eliminada la influencia del cable coaxial) es una antena muy corta (comparado con la longitud de onda de operación) y compacta, que funciona, pero su rendimiento es similar al de una antena corta de tamaño similar dotada de una buena toma de tierra. Técnicamente sería un dipolo muy corto y grueso (formado por los dos cilindros) con dos bobinas de carga que alargan eléctricamente uno de los dos cilindros y dotada de una red de adaptación de impedancias. El punto de alimentación de este tipo especial de dipolo no sería su punto eléctrico central (como en los dipolos ordinarios), pues la bobina de carga alarga eléctricamente uno de los dos monopolos, sino otro punto totalmente distinto, lo que favorece que aumente bastante la parte real de la impedancia de la antena (muy baja en una antena dipolo muy corta no cargada y alimentada en su centro, aunque presenta una reactancia capacitativa alta), lo que facilita la adaptación de impedancias usando la red adaptadora adecuada en su punto de alimentación (una red en pi, en L o en T).

Debido a su pequeño tamaño y al ser una antena compacta, la antena EH es una buena opción para quien no disponga de sitio para instalar una antena mayor, y además no requiere radiales ni plano de tierra, por lo que es útil para instalarla en pequeños balcones, en buhardillas, e incluso para operación en portátil.

Fuentes:

EH Antenna - Definition, de Ted Hart (W5QJR), octubre 2002 (disponible en www.eh-antenna.com)

EH Antennas - An article, de Ted Hart (W5QJR) ([misma página web](#))

Some new thoughts on how the eh dipole works (the H field generated by the longitudinal E field), de Lloyd Butler VK5BR, febrero 2003. (disponible en <http://www.qsl.net/vk5br/EHAntennaTheory.htm>)

How to build and tune your EH Ham Antenna , de Stefano Galastri (K5IRR), Abril 2002 (accesible desde www.eh-antenna.com)

(Imágenes y artículos originales sobre la antena EH tomadas de estas fuentes en julio de 2004. Actualmente la web www.eh-antenna.com cambió sus contenidos desde agosto de 2004.

[Kabbary Antenna Technology Co](#), empresa que fabrica y comercializa las antenas CFA para radiodifusión en Onda Media (mayo 2005).

Construcción de una antena CFA para 20 metros, por [Adrian Van Der Byl, VK2EDB](#) (mayo 2005).

Revista CQ RadioAmateur (Edición española): Artículos de Sergio Manrique (EA3DU) publicados en varios números de la revista de los años 2003 y 2005 sobre las antenas EH.

Por: [Fernando Fernández de Villegas \(EB3EMD\)](#)

(Septiembre 2007)