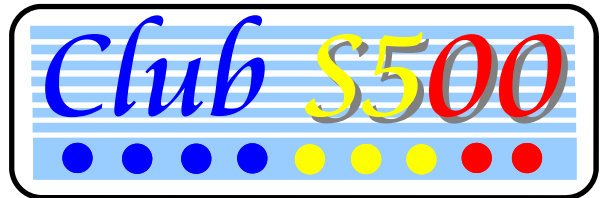


MQR



número 1—marzo 2013 ©

Más Que Radio

El suplemento técnico del boletín Club S500

CONSTRUCCIÓN DE UNA RADIO DE GALENA PASO A PASO



En la contraportada tienes acceso a los vídeos de las pruebas realizadas en las escuchas de la radio de galena (página 24)

<http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/galena.zip>

EDITORIAL:

Nace esta nueva publicación como un suplemento al boletín del Club S500 que va a cubrir otra faceta más de nuestra apasionante afición: la divulgación técnica de la radio.

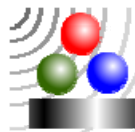
Queremos que el nivel de calidad de este suplemento no desmerezca en nada a su hermano mayor, el boletín Club S500 y por ello la altura de exigencia que nos hemos marcado es máxima. Nos vamos a esforzar mucho para que este suplemento resulte entretenido e interesante. Esperamos que podamos rellenar un hueco que hay en el mundo del diexismo, y a la vez, que muchos de nuestros lectores se diviertan, lo mismo que hemos hecho nosotros, construyendo y utilizando sus propios receptores de radio. Nada sabe mejor en el diexismo como el hacer una buena escucha con un aparato construido con tus propias manos.

Vamos a comenzar por el principio e iremos elevando el nivel progresivamente en números sucesivos, haciendo cada vez montajes más elaborados y complejos. Nuestra intención es que este número sea sólo el comienzo de una larga serie; ganas no nos faltan.

Esta publicación va a ser eminentemente práctica y las explicaciones relativas a la construcción del aparato de radio propuesto serán detalladas y minuciosas, sin olvidar la forma de conseguir los materiales a emplear, algo que consideramos de suma importancia. Sin embargo, también queremos que cada montaje práctico vaya acompañado de la teoría, con explicaciones claras y sencillas, con esquemas y dibujos que ayuden a comprender como funciona una radio por dentro.

Por supuesto necesitamos vuestras críticas y comentarios, son imprescindibles. Este Suplemento es gratuito, y lo único que os pedimos a cambio es que os toméis la pequeña molestia de escribirnos unas líneas diciendo que os ha parecido, vuestras ideas, sugerencias, colaboraciones, y qué partes considerarías que son susceptibles de mejorar.

Julio Martínez
E. Sahuquillo



¡DIEXISTA HAZTE SOCIO!

Asociación Española de Radioescuchas
<http://www.aer-dx.org/aer/contactar.php>
Apdo. 10014; 50080 Zaragoza (España)

Boletín diexista gratuito
Época I, año 11, Suplemento 1 (ESPAÑA)
Suplemento **MQR** – Edición electrónica
Valencia-Alaquàs 4 de marzo de 2013
Depósito Legal: B-34.610-05
ISSN: 1885-1274
Web **Club S500** y números atrasados en:
<http://www.clubs500.es/>
ISSN 1885-1274

9 771885 127007

Antecedentes

Por Julio Martínez

Empecemos por el final: imaginaos una noche de mayo, todavía no hace calor, pero tampoco frío, tengo en mis manos un magnífico receptor de radio; no es una novedad, poseo y he probado muchas de las mejores radios que un diexista pueda soñar, pero este caso es especial, el receptor no tiene multitud de controles, ni un display que nos indique la frecuencia, ni siquiera tenemos un control de volumen. Es un humilde aparato que únicamente tiene un mando de sintonía, solamente podemos escuchar la onda media, el armazón no es más que un trozo de tablero de madera, su principal componente electrónico es un diodo de germanio, pero sin embargo a mis ojos es la radio más hermosa que he probado nunca.

Os preguntaráis: ¿Qué tiene de especial este primitivo aparato?, pues es algo que lo hace mágico: lo he construido con mis propias manos, he comprendido como funciona, he calculado y diseñado su bobina de sintonía, he recopilado y comprado uno a uno todos los componentes y los he ido montando con cariño y dedicación. Es una fantástica radio de galena, es mi propia radio de galena.

Ahora llega el momento de la verdad. Estoy a punto de probarla, no se si el tiempo que he empleado en el diseño y el montaje tendrá su recompensa y seré capaz de escuchar algún sonido inteligible por los auriculares, el corazón se me acelera, es algo que nadie que no sea diexista puede comprender. Conecto, con sumo cuidado, la toma de tierra de la calefacción de casa, despliego una sencilla antena de 7 metros por el interior de la casa, me siento y conecto el auricular. Se oye un pequeño chasquido, muevo lentamente el control de sintonía y de repente escucho claramente una emisora. Creo que todos vosotros podéis imaginaros la inmensa satisfacción que sentí en ese momento. Era la SER, concretamente *Radio Valencia* y estaban en conexión nacional transmitiendo un partido de fútbol. Continúo girando el dial y se oyen nítidamente, con un aparato que carece de cualquier alimentación eléctrica excepto la propia señal que llega del éter, cuatro emisoras locales de AM más la francesa *France Info*. Inmediatamente informo a mi santa esposa, “funciona, funciona”, la cual me mira con cara de “este, junto con su amigo Emilio, no tienen arreglo” Yo intentando compartir mi entusiasmo le digo: “quieres escucharla”, a lo que con cortesía me contesta “bueno, ahora estoy viendo la tele, luego, quizás”.

¿Cómo se nos ha ocurrido el fabricar nuestra propia radio de galena? Hace unos años mi amigo y colega diexista Emilio, se enteró de que en una localidad próxima a nuestra residencia, Picanya, había una exposición de receptores de radio y claro, para un par de diexistas chiflados por la radio es una tentación difícil de resistir. Así que un sábado cualquiera a la hora en que todo el mundo en España está haciendo la siesta, nos dispusimos a saciar nues-

tra curiosidad a la vez que disfrutábamos con la cercanía de receptores de todas las épocas. Perdido en un rincón hay un extraño artefacto, ni siquiera parece una radio, al acercarnos leemos la leyenda que han puesto los organizadores de la exposición y nos enteramos de que ¡es uno de los receptores más antiguos de los que están expuestos!. Nos explican que es una radio de galena, que está en funcionamiento y que no utiliza ningún tipo de fuente de energía para escucharla, únicamente necesita una antena y una buena toma de tierra.

Si te ha interesado lo que te he contado, si como a mí, a ti también te ha vibrado la fibra diexista que llevas dentro al leer estas líneas, continúa leyendo y sumérgete en el espectacular mundo de la construcción de tu propia radio de galena. En las páginas siguientes encontrarás toda la información necesaria.

Por Emilio Sahuquillo

Allá por diciembre de 2011, el tío Julio (siempre nos llamamos “tío”) me comentó entusiasmado: “...Emilio, ya sé lo que vamos a hacer hoy” (sí, sí, como en *Phineas y Ferb*, la serie de dibujos animados para críos). Y continuó: “...una radio de galena, con todos sus componentes”.

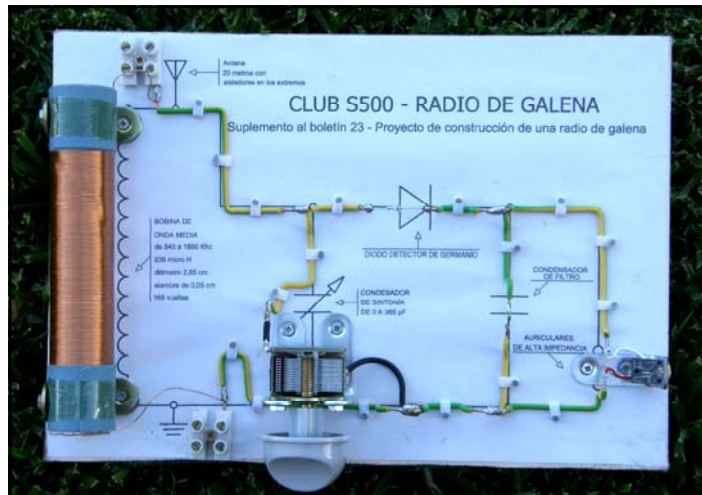
Para mis adentros pensé “ya la hemos liado”, pues todavía estoy maldiciendo aquel día de 2003 en que, a una idea suya, acepté hacer un boletín diexista llamado “Club S500”. Como siempre que propone algo yo ya imagino el trabajo que se me viene encima, pues el tío Julio tiene mucha voluntad, pero muy poco tiempo (está criando a 2 nanos que tienen ahora 3 y 4 años respectivamente).

Esperé a ver si se le pasaba la fiebre (de la radio

no del oro), pero “si quieres arroz Catalina” (N. del A.: expresión que hace referencia a cuando no te hacen caso por nada del mundo). Al contrario, cada vez que hablábamos por teléfono me comentaba: “primero la haremos con una bobina para onda media y luego con dos bobinas para onda corta también” o “...si en paralelo conectamos un trimmer, podremos hacer hasta sintonía fina” y “...al final le añadiremos transistores para amplificar la señal”. Evidentemente yo le espetaba “...y por qué no con válvulas”, en plan de cachondeo.

Pero he aquí que también me picó el gusanillo y empecé a devorar páginas y más páginas de Internet. Buscábamos los componentes, el cable, el diodo de germanio... El receptor se iba construyendo (lo hacía todo el tío Julio) y de vez en cuando me mandaba una foto vía email.

Hasta que llegó la noche en que el teléfono fijo de mi casa comenzó a sonar y sonar. Mi teléfono móvil también. Era Julio, que nervioso, exaltado, inquieto, me comunicaba: “¡...Estoy escuchando la SER! ¡Hay que ponerlo en el boletín!”. El resto ya lo conocéis. Esta es pues, una historia, la historia de 2 locos (pringaos) por la radio que, con poco tiempo y mucho ánimo, viven la vida, o mejor dicho “living la vida loca” (del diexismo, ¡claro!).





Más Que Radio (MQR). El Suplemento de divulgación técnica del boletín diexista Club S500, no tiene copyright y está acogido a la licencia Creative Commons, que establece unas condiciones muy ventajosas para copiar, reproducir o transformar esta obra. Para ver más detalles visita nuestra Web: www.clubs500.es. La filosofía de esta publicación es la libre difusión de las ideas y los contenidos en un sentido amplio y sin restricciones, pero siempre reconociendo el trabajo de los autores y mencionando la fuente. No obstante, algunos de los contenidos de este suplemento

pueden haberse publicado con autorización y quedan, por tanto, excluidos de la licencia Creative Commons y con todos los derechos reservados a favor de los titulares de su propio copyright. Con el fin de no infringir estos derechos, se recomienda consultar con los editores antes de copiar o transformar esta publicación. Esta obra parte de una idea original de Julio Martínez, que ha salido adelante gracias a la colaboración, el apoyo financiero y el trabajo de nuestro editor Emilio Sahuquillo.

Hacen MQR (Más Que Radio), suplemento

de divulgación técnica del Boletín Club S500: Julio Martínez Juan, juliomaju@gmail.com; Emilio Sahuquillo Dobón, csahuqui@disca.upv.es. ASESORADOS por el evaluador externo: Joan Coba Femenia desde València (España). Y con acceso a nuevas tecnologías: Isaac Baltanás desde Peñíscola (España).

Alojado en el servidor: <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500>

MQR ES UNA PUBLICACIÓN GRATUITA

Nociones técnicas de radio

Dentro de la historia de la humanidad pocos descubrimientos técnicos han sido tan importantes como la invención de la radio, que dio comienzo a una revolución en las comunicaciones. En sus orígenes era un auténtico milagro el poder transmitir señales de un punto a otro sin ningún tipo de conexión física.

Gran parte de los avances de nuestra sociedad actual están debidos al progreso de las telecomunicaciones impulsadas por la invención de la radio. Los pioneros de la radio consiguieron la maravillosa hazaña de transmitir señales a distancia y sin conexión de ningún hilo, lo que abarató y facilitó las comunicaciones. Desde entonces se puede enlazar con barcos en alta mar o con lugares remotos e inaccesibles, sin necesidad de grandes infraestructuras. La extraordinaria expansión de las telecomunicaciones que propició el invento de radio y la electrónica, combinado con la mejora de los transportes, permitió abaratar costes y aumentar la productividad espectacularmente. Se puede decir, sin exagerar, que una gran parte de nuestro progreso está sustentado en las ondas de radio.

La modesta radio de galena que pretendemos enseñar a construir, y poner en funcionamiento con este suplemento, es origen de buena parte del progreso del que gozamos actualmente en algunas partes del mundo y de la distracción y el disfrute de una gran legión de diexistas y radioaficionados. Antes de proceder a la explicación del proceso de construcción de la radio de galena, expondremos algunos fundamentos elementales sobre la teoría de la radio. Estos conocimientos empezarán de cero, suponiendo que el lector tiene muy poca base. Si no es ese el caso, por favor, pasa adelante algunas hojas.

Fundamentos básicos de la teoría de la radio

¿Qué es la radio?

Utilizamos el término radio como una abreviatura de radiocomunicación y se refiere a la técnica y los dispositivos que nos permiten enviar y recibir mensajes, voz, música, imágenes o información en general de un sitio a otro ya sea cercano o lejano y sin conexión física. La radiocomunicación se vale de las ondas electromagnéticas para la transmisión de las informaciones, estas ondas se transmiten a través del vacío o los medios físicos, como pueda ser el aire.

Radiocomunicación es la transmisión por medio de un proceso radioeléctrico o de ondas electromagnéticas, de textos, signos, imágenes o sonidos de toda naturaleza, de un lugar a otro.

Previamente a profundizar en el proceso de la radiocomunicación, vamos a ver qué es la radiación y a estudiar las

ondas y su propagación, que son fundamentales para entender como funciona por dentro nuestro receptor de radio.

Radiación y ondas

Cuando estamos cerca de una llama, sentimos el calor que produce y además vemos su resplandor. Esta energía que se produce por la combustión de llama y que nos llega a nosotros en forma de calor y luz visible se transmite mediante la radiación de ondas, ondas luminosas u ondas caloríficas. Otro ejemplo lo tenemos en la propagación o transmisión del sonido que se efectúa en forma de una energía invisible pero que se puede sentir. Estos fenómenos y muchos otros corresponden a formas de radiación de energía realizada por medio de ondas. Onda es algo que oscila (sube y baja) y está relacionada con el movimiento.

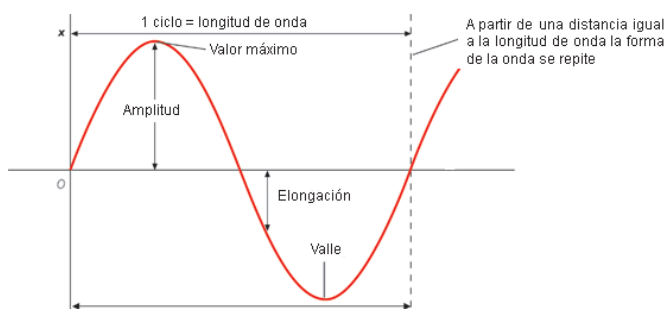


Figura 1: Características de una onda

Para entender más fácilmente qué es una onda vamos a explicar dos ejemplos muy comunes y que se presentan en la vida diaria.

El primer ejemplo es el de las ondas que se producen en la superficie de un lago cuando arrojamamos una piedra. Podemos ver, entonces, que desde el punto en que cayó la misma y sobre la superficie del agua, comienzan a formarse una gran cantidad de ondas concéntricas que, aparentemente, se van alejando del punto en que se originaron y terminan por desvanecerse en la distancia, una vez extinguida la energía que las originó.

Da la impresión que el agua se traslada y que al hacerlo se lleva consigo las ondas, pero en realidad no es así. Si situamos un objeto que flote en el agua, observaremos como sube y baja cada vez que llega una onda, pero no se desplaza, con lo que podemos deducir que lo que en realidad se desplaza no es otra cosa que energía.

Otro ejemplo lo tenemos con las ondas sonoras. Nosotros las percibimos cuando se trasladan por el aire, pero igualmente se propagan por agua, como por ejemplo en el caso del sónar, que no son más que ondas sonoras que se desplazan por el agua.

Al pulsar una cuerda de guitarra, vibra con rapidez y se desplaza hacia uno y otro lado; al hacerlo comprime o em-

puja el aire o las moléculas del mismo durante todo el tiempo que tarde la vibración y oscilación de la cuerda en extinguirse.

Las variaciones descritas respecto a la presión del aire, al llegar a nuestros oídos, provocan idénticas vibraciones en los tímpanos, dándonos una sensación que llamamos sonido. Por lo tanto las ondas sonoras no las podemos ver pero sí oír o sentir.

Características de las ondas

Existen diferentes tipos de ondas según su naturaleza y características lo que hace que tengan manifestaciones distintas en cada caso.

El sonido, la luz, el calor, los rayos X y las ondas de radio son todas ondas. Pero, ¿por qué unas ondas las podemos sentir y son invisibles y otras las podemos ver pero no sentir? Y, ¿por qué unas ondas pueden viajar miles o millones de kilómetros y otras sólo se pueden enviar unos cuantos metros más adelante? Todo esto se puede explicar conociendo las características de una onda, como son su **frecuencia**, su tamaño o **amplitud de onda** y su **forma** (ver figura de la página anterior).

Frecuencia

Denominamos **frecuencia** de una onda la **cantidad de veces** que se produce el fenómeno completo de irradiación en un segundo. Llamamos fenómeno completo a la acción de una onda cuando se inicia desde cero, toma su valor máximo, alcanza su valor mínimo y luego vuelve a cero. Esto se llama también un **ciclo**, es por ello que la **frecuencia** de una onda se mide en **ciclos por segundo**.

Amplitud de onda

Es la distancia o tamaño existente entre el valor estable o cero y el punto máximo de vibración que alcanza la onda. Las ondas sonoras o sonidos se encuentran entre las frecuencias de 10 a 20.000 ciclos por segundo. Esto se debe a que el oído humano está hecho para que responda a este tipo de ondas o señales. A un grupo de frecuencias que tienen un límite bajo y uno alto se denomina **banda**.

Si la frecuencia de una onda sonora supera los 20.000 ciclos (ultrasonidos) por segundo ya no podemos escuchar ese sonido. Algunos animales, como el perro, tienen la capacidad de escuchar los ultrasonidos.

Otro tipo de ondas con las cuales estamos en contacto permanente son las ondas luminosas o radiación visible. Las ondas luminosas tienen una frecuencia muy alta y hay diferentes tipos o bandas según esta frecuencia.

La luz de más baja frecuencia es llamada infrarroja y la de más alta frecuencia es la ultravioleta. Entre la luz infrarroja y la luz ultravioleta tenemos la banda de la luz visible formada por los diferentes colores o frecuencias. Así el rojo tiene la frecuencia más baja dentro de la banda de la luz.

El ser humano tiene sus ojos adaptados para ver el tipo de radiación de la luz visible. Después de estas ondas tenemos los rayos X, los rayos gamma y los rayos cósmicos, entre otros.

Entre las ondas sonoras o sonidos y las ondas luminosas tenemos un grupo de ondas, son **las ondas de radio**. Las ondas de radio empiezan más o menos desde los 30.000 ciclos por segundo y llegan hasta los 300.000 millones de ciclos por segundo.

Las ondas sonoras sólo pueden viajar algunos metros debido a que el aire va disipando su energía hasta desaparecer por completo.

Las ondas de radio tienen una característica muy especial que consiste en que pueden viajar grandes distancias sin perder su energía. Su descubrimiento permitió al ser humano comunicarse de un sitio a otro fácil y velozmente.

Antes de descubrir y aplicar las ondas de radio, se utilizaban las transmisiones por teléfono y telégrafo con hilos, en donde los dos lugares a comunicar tenían que estar unidos por medio de cables eléctricos para transportar la señal.

Ondas electromagnéticas

Hay una diferencia muy importante entre las ondas sonoras y las ondas de radio y la luz. Esta diferencia se refiere no sólo a su frecuencia sino a su comportamiento, la forma en que se generan o producen y el medio de propagación.

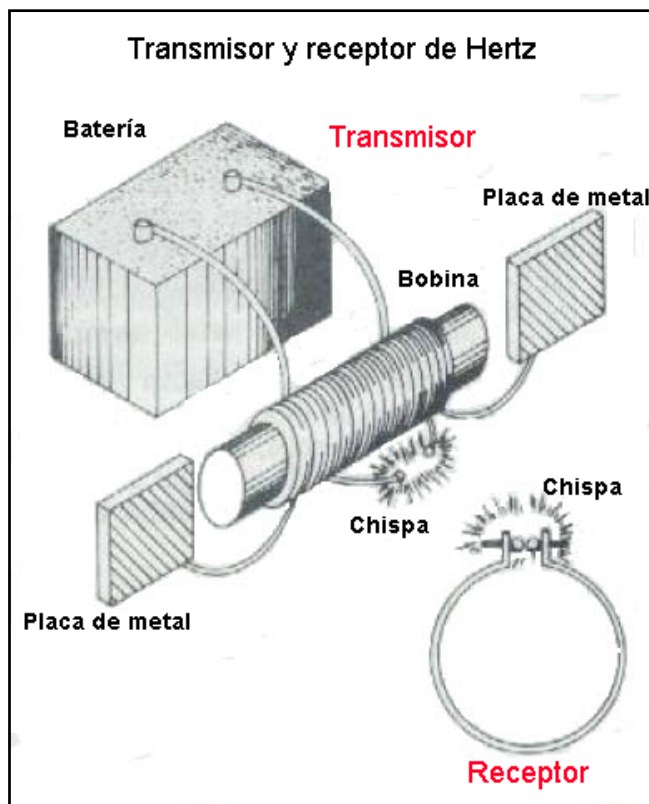


Figura 2: Aparato emisor y receptor utilizado por Hertz en sus experimentos durante los años 1887 y 1888

Las ondas sonoras se producen por medios mecánicos. Es decir por vibración de algún elemento físico (la cuerda de la guitarra); además este tipo de ondas necesitan de un medio de propagación que en este caso es el aire. En el vacío no podemos transmitir o escuchar ningún sonido.

Cuando por algún medio se induce a vibrar a los electrones de un átomo, esta vibración hace que los electrones presentes en el átomo salten a niveles de energía superiores, lo que provoca una emisión de ondas electromagnéticas.

Entre los años 1865 a 1870, el gran físico inglés **James Clerk Maxwell** afirmó, después de muchos estudios teóri-

cos y matemáticos, que las ondas producidas por oscilaciones eléctricas de frecuencia muy elevada se podían propagar por el espacio, *Maxwell*, también llegó a la conclusión que la luz tenía la misma naturaleza de las ondas eléctricas y magnéticas y a partir de ese momento se estableció el término electromagnético. *Maxwell* calculó teóricamente que esas ondas electromagnéticas, y la luz, se propagan a una velocidad de 300.000 Km/s, lo que fue verificado de manera experimental posteriormente. Con este trabajo de *Maxwell* y con la teoría de la gravitación de *Newton*, más las bases del electromagnetismo, en el siglo XIX se pensaba que ya se había alcanzado la cima del conocimiento científico. Nada más lejos de la realidad.

Nacimiento de la Radio

Después de los trabajos teóricos de *Maxwell*, la teoría por él postulada se comprobó por medio de los experimentos realizados por el físico alemán *Hertz* durante los años 1887 y 1888 (ver figura 2 en página anterior).

Hertz observó que si hacía saltar una chispa a través del aire en un circuito eléctrico, saltaba otra chispa a través del aire en un segundo circuito colocado cerca, pero que no estaba en contacto con el primero.

Por lo tanto, se había transmitido energía en alguna forma misteriosa a través del espacio. En ese momento clave para la humanidad había nacido la radiocomunicación por medio de ondas electromagnéticas que tanto le han servido para su desarrollo y progreso.

En honor a *Hertz* y a su descubrimiento se ha asignado el nombre de *Hertzio (Hz)* para la unidad de medida de la frecuencia, en lugar de ciclos por segundo.

Después del descubrimiento de *Hert*, fue el italiano *Guillermo Marconi*, nacido en *Bolonia* en el año 1874, quien continuó trabajando en el desarrollo de las radiocomunicaciones hasta lograr avances muy significativos.

Marconi se interesó en el fenómeno de la radiación electromagnética al asistir a varias conferencias del profesor *Augusto Righi*, autoridad de la materia en esa época en *Italia*. A los 20 años, *Marconi* era un voraz lector de todo lo relacionado con el tema y su vida dio un vuelco definitivo cuando leyó sobre los descubrimientos de *Hertz*. Inmediatamente se puso a trabajar sobre el mismo tipo de experimento de *Hertz*.

Marconi empezó fabricando un aparato similar al de *Hertz* y después de muchos intentos fallidos tuvo éxito y logró construir un aparato que producía una chispa más grande cada vez y a mayor distancia en el receptor.

Uno de los primeros avances significativos y originales de *Marconi* fue la invención de la antena hecha por medio de una placa metálica suspendida en un mástil y el otro terminal del transmisor conectado a la tierra. En el receptor la disposición era la misma: una placa metálica elevada y el otro terminal del receptor conectado a la tierra.

La distancia lograda con este método fue mucho mayor y *Marconi* tuvo que sacar sus aparatos fuera de su laboratorio a campo abierto para continuar con sus experimentos.

Marconi logró transmitir señales en clave o código Morse, utilizado en telegrafía, enviando puntos y rayas que logró imprimir en un papel en el receptor que estaba ahora a

una distancia de una milla, en el año 1895. Ese mismo año *Marconi* le ofreció su invento al Ministerio Italiano de Correos y Telégrafos, que fue rechazado, por no considerarlo de utilidad (menudos lumbreras). Posteriormente se instaló en *Inglaterra*, ya que allí tenía parientes y las autoridades locales se manifestaban más receptivas hacia sus inventos, mejorando sus equipos y logrando comunicaciones de hasta ocho millas.

Después *Marconi* desarrolló y patentó en el año 1900 el sistema de selección de frecuencias, tanto de transmisión como de recepción por medio de los circuitos resonantes, que explicaremos con detalle más adelante, lo que permitió seleccionar diferentes transmisiones en el mismo receptor (el mando de selección de sintonía que todos conocemos), lo que evitaba la interferencia con otras señales. Este fue uno de los avances definitivos y más importantes en el desarrollo de las radiocomunicaciones.

En 1901 *Marconi* se propuso transmitir señales de radio a través del Océano Atlántico y luego de muchas dificultades e intentos fallidos logró transmitir varias veces la letra S en código Morse (la letra S en el código Morse está formada por tres puntos).

El intento empezó el 9 de diciembre y finalmente se logró la primera recepción de la señal el 12 de diciembre a las 12:30 a una distancia de 2.000 millas aproximadamente.

La maravilla de las comunicaciones a larga distancia sin hilos por medio de la radio era una realidad y a nadie se le pasaba por la cabeza, en ese momento, hasta qué punto era importante el avance y hasta dónde hemos llegado con el desarrollo de la radio y la electrónica.

El transporte de la señal en la onda. La modulación.

La amplitud modulada (AM)

Las ondas sonoras producidas por la voz humana o un instrumento musical cualquiera no pueden transmitirse a grandes distancias, ya que se debilitan rápidamente y acaban por desaparecer. Es necesario un medio que sea capaz de transportarlas de un lugar a otro a través del espacio. Este algo o vehículo son precisamente las propias Ondas Electromagnéticas.

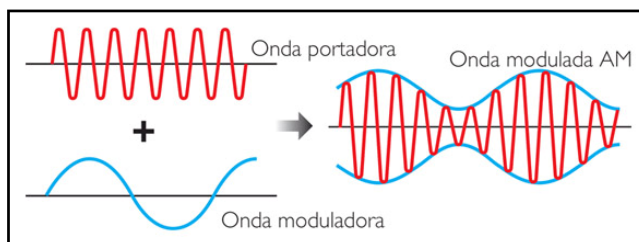


Figura 3: Esquema de onda moduladora, portadora y modulada

Las Ondas Electromagnéticas las podemos producir mediante un circuito oscilante. Y una vez amplificadas debidamente, salen al espacio para ser captadas por la antena receptora para, después de pasar por varias etapas, llegar por fin al altavoz. Ahora bien; estas ondas tienen la misma amplitud o altitud y corresponden a la misma frecuencia y, por tanto, no llevan mensaje alguno desde la estación emisora hasta la estación receptora. El altavoz no puede acusar ninguna señal, sencillamente por la razón de que las ondas electromagnéticas no la llevan. Es

exactamente lo mismo que si al recibir una carta de un amigo y al abrir el sobre vemos que solamente contiene una carta en blanco, es decir, que sobre el papel no existe ni un solo signo escrito.

Esta carta es completamente inútil, puesto que sobre el papel no existe ningún mensaje. Hemos recibido un papel que pudo llevar algo escrito, pero sólo hemos recibido únicamente el papel.

De la misma manera, estas ondas electromagnéticas, todas ellas de la misma amplitud o altura y correspondientes a la misma frecuencia, se presentan en el espacio como el papel, pero solamente como el papel en blanco que es capaz de llevar un mensaje, sin embargo no lo llevan. Estas ondas electromagnéticas iguales en amplitud y frecuencia que van desde la antena emisora a la receptora, reciben el nombre de Onda Portadora; pero son prácticamente mudas ya que no varían.

Las ondas electromagnéticas, para transmitir un mensaje, necesitan variar o cambiar a cada instante alguna de sus características en íntima relación con la intensidad, tono o nota de la voz o instrumento musical cuyo sonido se desea transmitir. Esta variación o cambio de las ondas Electromagnéticas reciben el nombre de Modulación.

Ahora bien, como la Amplitud y la Frecuencia son las dos características que podemos variar (ver el apartado de radiación y ondas), en función de la que se varíe obtendremos dos formas de modulación, *la amplitud modulada* y *la frecuencia modulada*.

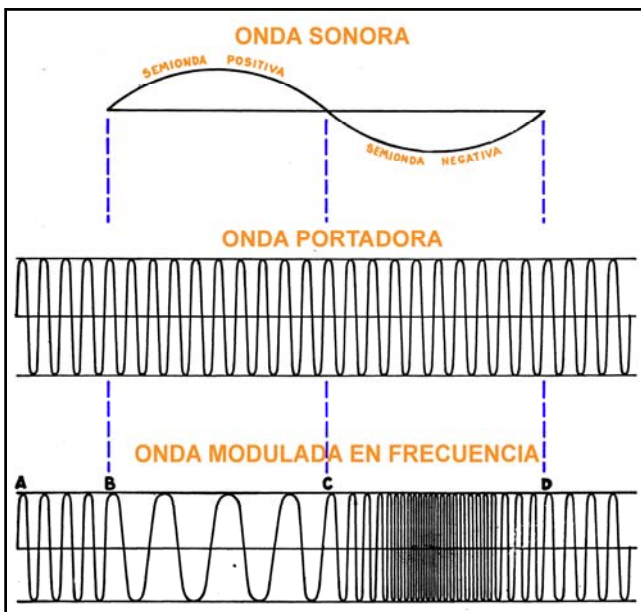


Figura 4: Proceso esquemático de creación de una onda modulada en frecuencia (FM)

El proceso completo de este fenómeno se representa en conjunto en la figura 3, y es el siguiente: la onda sonora producida por la voz humana es *la onda moduladora* que actúa sobre el micrófono; también tenemos *la onda portadora* que es producida por las cargas y descargas de un condensador a través de un circuito oscilante. La superposición de la onda sonora sobre la portadora o, mejor dicho, la mezcla de ambas, es lo que constituye *la onda modulada en Amplitud*; esta señal se aplica a la antena para que sea radiada al espacio

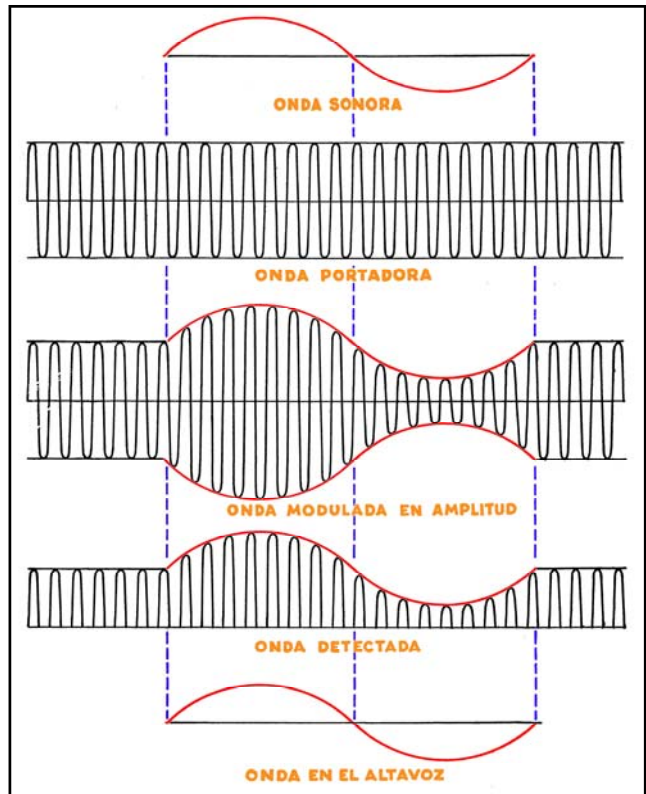


Figura 5: Proceso completo de modulación y detección llevado a cabo con el emisor y el receptor, respectivamente, (amplitud modulada)

La modulación de frecuencia (FM)

A pesar de que el receptor de galena que vamos a construir funciona en amplitud modulada, vamos a explicar, sucintamente, qué se entiende por Modulación de Frecuencia. La Modulación de Frecuencia se obtiene cuando la onda portadora varía a cada instante en frecuencia, de acuerdo con la mayor o menor intensidad de la onda sonora producida por la voz humana o instrumento musical elegido. En este caso todas las ondas correspondientes a la portadora tienen la misma amplitud o altura, es decir, solamente varía la frecuencia. En la figura 4 podemos observar, en esquema, el proceso que se produce para la modulación de la onda en frecuencia.

La recepción de la señal. La demodulación.

La Fig. 5 representa el proceso de detección o conversión de la alta frecuencia en baja frecuencia, consistiendo en la supresión de las semiondas negativas, y se lleva a cabo en el aparato receptor; y, por último, podemos ver como representa la reproducción exacta en el altavoz de la misma onda sonora que se produjo ante el micrófono de la estación emisora. Todo este proceso constituye, en síntesis, la Modulación de Amplitud.

Para comprender mejor el proceso de demodulación que se produce en nuestro receptor veremos, esquemáticamente, como se produce el proceso global, tanto de emisión en la estación, como el de recepción en nuestro aparato de radio.

En la figura 6 de la página siguiente, vemos un esquema de la producción de la señal modulada en la estación emisora. Por un lado (micrófono) entra la señal de audio que se transforma en una señal eléctrica de baja frecuencia, cuya amplitud sigue las oscilaciones del sonido, que pos-

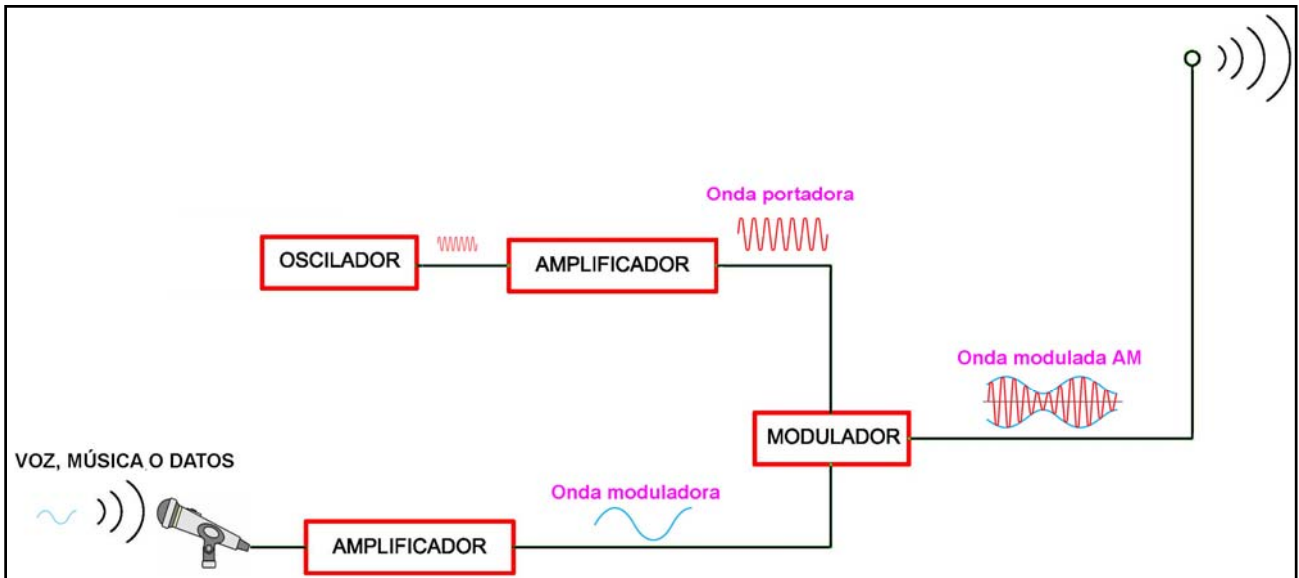


Figura 6: Esquema del aparato emisor de radio y el proceso de modulación de señal utilizado para el transporte de la información

teriormente se transformarán de nuevo en sonido en el altavoz o parlante de nuestro receptor. Esta señal eléctrica se amplifica adecuadamente. Por otro lado, mediante un oscilador local, generamos una señal eléctrica sinusoidal de frecuencia predeterminada y con amplitud constante. Estas dos señales entran en el modulador que las transforma en la onda modulada, es decir con una frecuencia conocida, que es la frecuencia de emisión y que es la frecuencia en la que tendremos que sintonizar nuestro receptor si queremos escuchar esta emisora, pero cuya amplitud varía siguiendo la onda modulada. Esta onda, finalmente transformada, ya está lista para ser radiada al espacio mediante la antena emisora.

En la figura 7 podemos ver, esquemáticamente, el proceso que se produce en nuestro receptor de AM. La antena capta todo el espectro radioeléctrico, es decir todas las emisoras, cada una de ellas con su frecuencia, que están radiando en ese momento concreto. Acto seguido el selector de frecuencia, compuesto por un circuito resonante

de condensador y bobina de autoinducción (que explicaremos detalladamente más adelante), nos permite que sólo una frecuencia pase al circuito, siendo las demás señales derivadas a tierra. A continuación el circuito detector separa la señal moduladora de la onda portadora, luego el filtro deriva a tierra la señal portadora quedando únicamente la señal de audio que se aplica a los auriculares de alta impedancia. La señal, en este punto, es muy débil y si utilizamos unos auriculares normales cuya impedancia sea muy baja, la señal se disipará sin llegar a producir sonido alguno. Para conseguir que la emisora sintonizada se escuche en un altavoz o parlante, deberemos utilizar un amplificador de audio, que bien podemos construir nosotros con un circuito integrado o con transistores. Una solución que funciona estupendamente, y sirve para salvar el inconveniente de encontrar los auriculares de alta impedancia, es la utilización de un juego de altavoces autoamplificados, como los que se utilizan (o utilizaban hace años) para amplificar la señal de sonido del ordenador o de un reproductor portátil MP3. Esta solución la

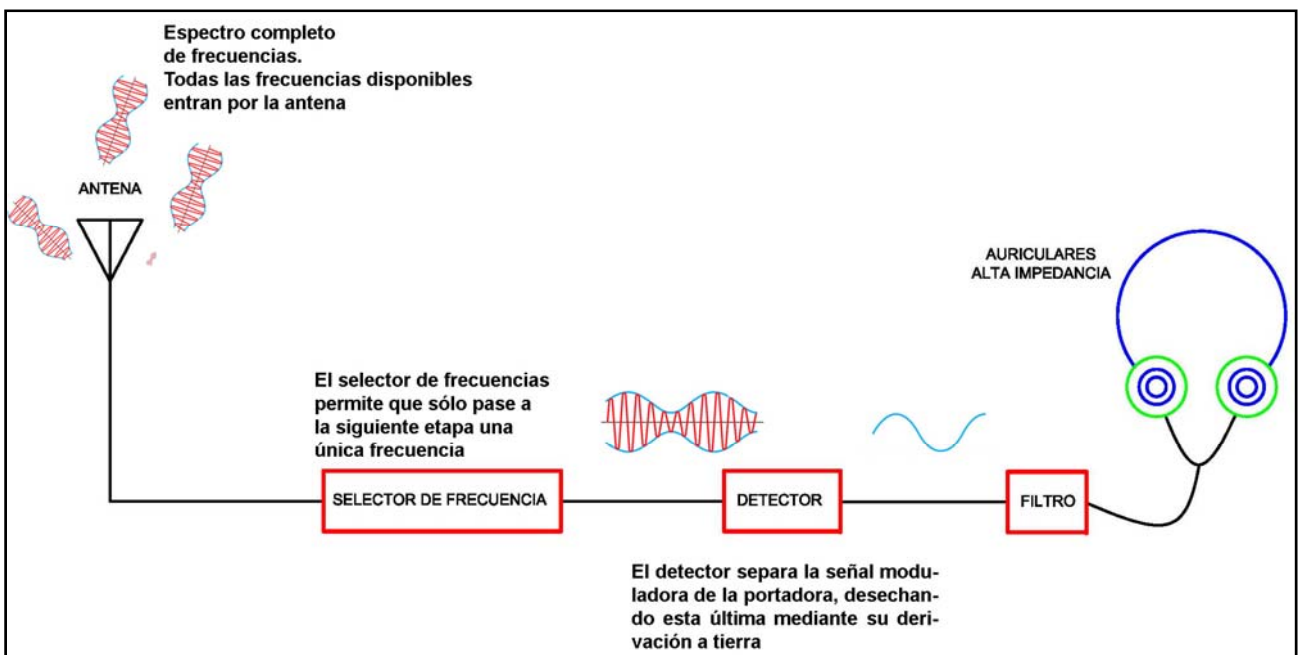


Figura 7: Esquema del aparato receptor de radio y el proceso de demodulación de señal utilizado para la escucha de la información

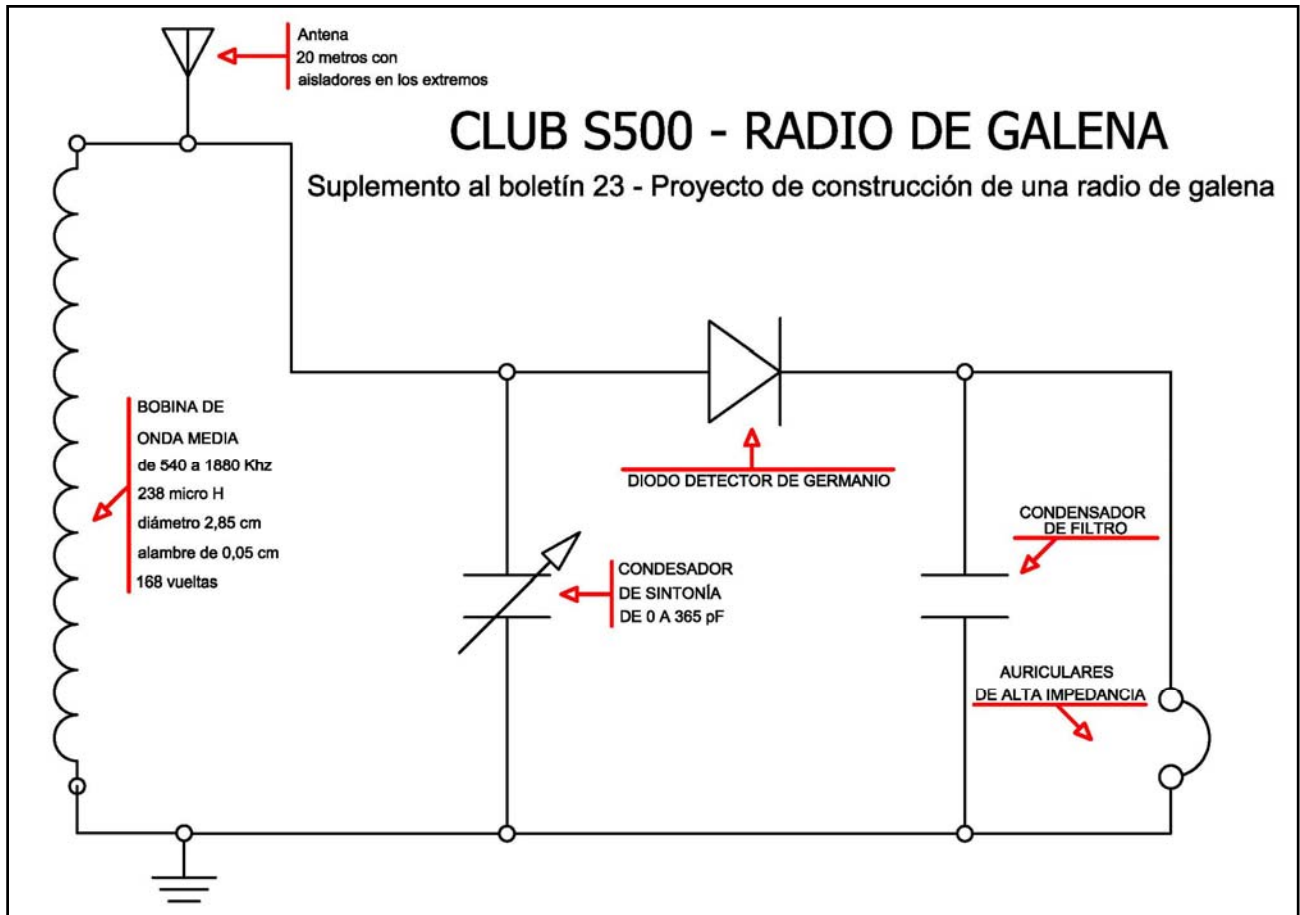


Figura 8: Esquema del circuito electrónico de la radio de galena que vamos a construir. Este mismo esquema, tal y como aparece aquí, será el que utilizaremos como plantilla y sobre el que insertaremos todos los elementos

hemos comprobado nosotros con la radio construida y se consiguen muy buenos resultados.

Esquema del circuito utilizado para la construcción de la radio de galena y su explicación teórica

El circuito que vamos a utilizar reproduce exactamente el esquema de bloques que hemos visto en la figura 7, y está compuesto fundamentalmente de los siguientes elementos:

- 1) Circuito de sintonía (circuito resonante formado por una bobina y un condensador variable).
- 2) Circuito detector que rectifica por medio del diodo, es decir, se elimina su parte negativa, quedando media onda original. (Diodo de germanio).
- 3) Circuito de filtro, que deriva la señal portadora a tierra (condensador cerámico).

Aparte de estos elementos, que podíamos llamar internos, existen otras partes, que se instalan externamente, que son absolutamente imprescindibles en esta configuración, como son la antena y la toma de tierra

El esquema del circuito electrónico que vamos a tomar como referencia lo hemos representado en la figura 8, en la cabecera de esta página.

El método constructivo que vamos a utilizar es imprimir el esquema en papel, formato A4, y pegarlo sobre una tabla de madera y directamente sobre este esquema ir montando todos los elementos. Esto tiene el inconveniente de hacer grande y voluminoso el receptor pero, por otro lado, es muy didáctico y visual. Debido a esta claridad es por lo que hemos adoptado esta solución, para que todos, una

vez tengan construida su radio, cada vez que la miren tengan siempre presente cómo funciona.

Explicación teórica del esquema de la radio de galena

1) Circuito de sintonía:

La parte del circuito que nos va a permitir seleccionar una frecuencia concreta, de entre todas las presentes en el espectro radioeléctrico y que entran por la antena, está formado por la bobina y el condensador de sintonía.

El principio de funcionamiento está basado en un fenómeno eléctrico muy curioso y particular que se produce, para una determinada frecuencia, entre un condensador y una bobina conectadas en paralelo o batería, que es **la resonancia**.

Empezaremos explicando qué es y cómo funcionan los condensadores y las bobinas, para a continuación detallar como se produce la resonancia y sus efectos en el circuito de sintonía:

Los condensadores

Los condensadores o capacitores son uno de los componentes más importantes utilizados en casi todos los circuitos electrónicos y sobre todo en los circuitos de radio.

Sus aplicaciones son muy variadas y tienen como función principal almacenar energía temporalmente.

Prácticamente puede considerarse al condensador como una pequeña batería que recibe y entrega energía eléctrica en rápidos intervalos de tiempo.

Otra función muy importante de los condensadores es la de bloquear el paso de la corriente continua y permitir el paso de la corriente alterna de un circuito a otro.

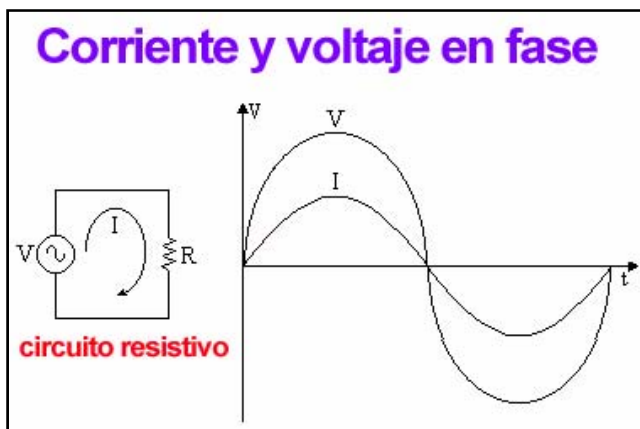
- Construcción de los condensadores:

Un condensador está compuesto por dos superficies conductoras o placas metálicas, separadas por un material aislante llamado dieléctrico. Las placas de los condensadores tienen la función de almacenar los electrones. Dependiendo de la fuente a que estén conectadas, una placa adquiere carga positiva y la otra placa adquiere carga negativa. Esta condición crea una diferencia de cargas entre las dos placas. La función del dieléctrico o aislante es mantener esa diferencia de carga.

- Comportamiento de los condensadores con la corriente alterna (CA):

En los diferentes circuitos electrónicos de radio siempre encontramos corriente continua y corriente alterna trabajando juntas, lo que hace posible el funcionamiento total del aparato.

La acción de un condensador frente a la corriente continua sólo se manifiesta en los instantes en que se conecta y se desconecta el voltaje, actuando después como un circuito abierto que no deja circular la corriente.



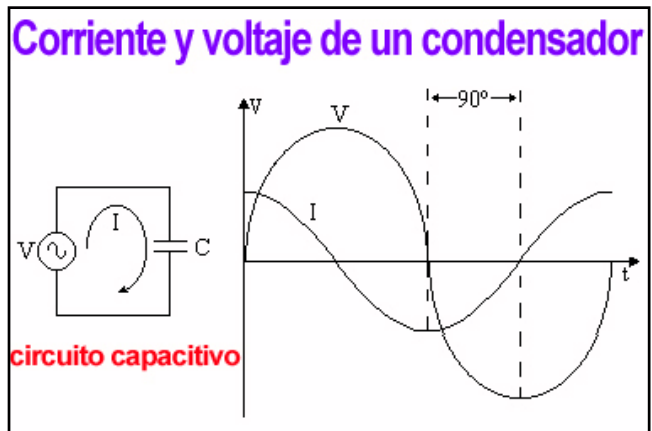
Al aplicar una corriente alterna (CA) a un condensador, éste actúa de una forma muy diferente. Debido a que la corriente alterna invierte periódicamente su polaridad, las placas se hacen positivas y negativas alternativamente y la corriente fluye hasta que se carga completamente el condensador. Como los cambios de dirección de la corriente alterna se suceden muy rápidamente, la corriente fluirá por el circuito en forma permanente.

Unidad de medida de la capacidad de los condensadores: A la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar un condensador se le conoce como *Capacidad* y la unidad de medida es el *faradio*.

El efecto real de un condensador en un circuito de CA es producir un retraso en el voltaje con respecto a la corriente. La causa de este fenómeno es que el voltaje acumulado en las placas del condensador es de signo contrario al de la fuente. En otras palabras, un condensador se opone a los cambios del voltaje de CA. A este fenómeno se le llama *Reactancia* y específicamente se denomina *Reactancia capacitiva*.

- Reactancia capacitiva:

En un circuito que contiene solamente resistencia, el voltaje aplicado al mismo y la corriente circulante siempre estarán en fase. Esto significa que los valores máximos y mínimos de las curvas de voltaje y corriente se suceden al mismo tiempo y siempre tienen el mismo signo o polaridad.



En un circuito resistivo, el efecto que produce la corriente es el mismo tanto si aplicamos corriente alterna (CA) como corriente continua (CC).

A un circuito formado por condensadores se le llama un circuito capacitivo. En él el voltaje se atrasa con respecto a la corriente, o lo que es lo mismo, la corriente se adelanta al voltaje.

El voltaje en un circuito capacitivo sufre un desfase o atraso de 90° con respecto a la corriente. Así cuando la corriente alcanza su máximo valor, el voltaje tiene su mínimo valor y viceversa. En la gráfica anterior observamos que para cero grados (0°) la corriente ha alcanzado su máximo valor y el voltaje apenas va a empezar a tomar valores.

El desfase que ocasiona un condensador crea una oposición al paso de la corriente. Es una especie de resistencia resultante del desfase entre la corriente y el voltaje. A esta resistencia tan especial se le llama *reactancia capacitiva*. Se expresa como X_c y se mide en ohmios, al igual que la resistencia común.

En otras palabras, un condensador se comporta como una resistencia variable para señales o voltajes de corriente alterna y cuyo valor en ohmios depende de la frecuencia de la señal. Este comportamiento es importantísimo y es el que hace posible el funcionamiento de muchos de los circuitos de radio.

- Cálculo de la reactancia capacitiva:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ Donde:}$$

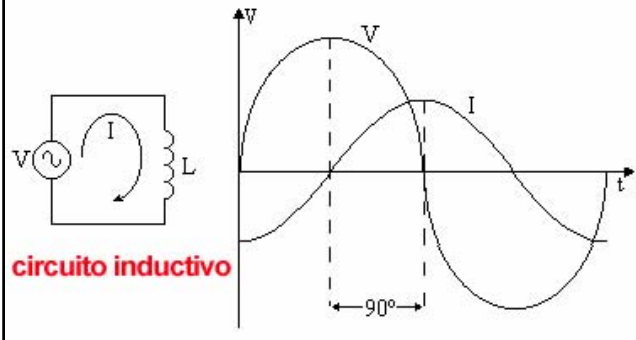
X_c = Reactancia capacitiva en ohmios

2π = Constante igual a 6,28 (2 x 3,14)

f = Frecuencia en ciclos por segundo del voltaje alterno aplicado

C = Capacidad en faradios

Corriente y voltaje de una bobina



La reactancia capacitiva de un condensador se puede calcular de forma muy sencilla mediante la fórmula anterior.

Las bobinas

Las bobinas son unos de los componentes más utilizados en los circuitos de radio y comunicación tanto en los aparatos de transmisión como en los de recepción.

Una bobina es un componente formado por varias vueltas o espiras de alambre, enrolladas sobre una forma cilíndrica, cuadrada o rectangular. Las bobinas pueden tener un núcleo que generalmente es de hierro o ferrita. Cuando una bobina no posee núcleo se dice que tiene *núcleo de aire*.

- Inductancia:

En las bobinas ocurre un fenómeno de oposición a las variaciones de la corriente eléctrica. En otras palabras, si la corriente en un circuito trata de subir o bajar y en ese circuito hay una bobina, esta se opone a que la corriente suba o baje.

Este comportamiento es análogo a la inercia en un movimiento mecánico. Si un cuerpo con determinado peso se está moviendo y tratamos de aumentar o rebajar su velocidad, hay una fuerza que se opone a ese cambio y que se llama inercia.

Esta oposición que se presenta en la bobina, se llama *inductancia*, se mide en *Henrios* y se representa por medio de la letra H.

La inductancia de una bobina depende de la cantidad y del diámetro de las espiras. A mayor diámetro, mayor inductancia y a mayor número de espiras, igualmente mayor inductancia. La inductancia de una bobina también aumenta cuando tiene un núcleo de hierro u otro material magnético y es mayor que cuando tiene núcleo de aire.

Debido a que una bobina solamente reacciona ante las variaciones de la corriente, no se opone a la corriente continua (CC) y sólo presenta una oposición a la corriente alterna (CA), es decir, que simplificando y de una forma general, ante la corriente continua la bobina la deja pasar sin ninguna dificultad.

- Reactancia inductiva

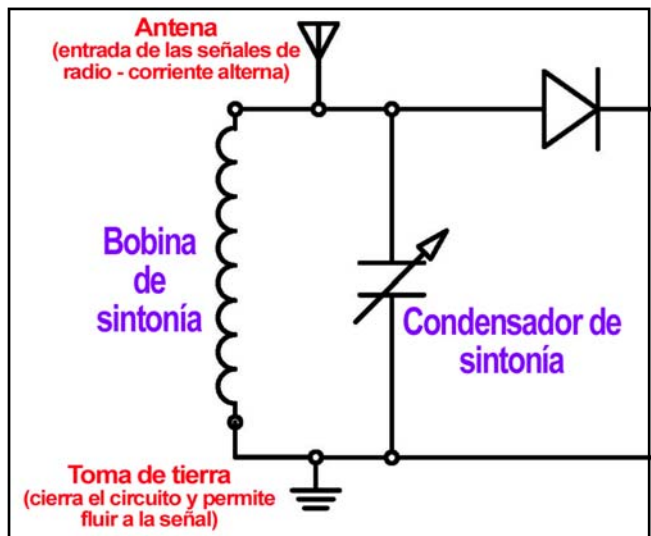
Cuando aplicamos un voltaje de corriente alterna a una bobina, se producirá en ella un campo magnético que

está variando continuamente. Por lo tanto, debido al fenómeno de *autoinducción*, existirá también un voltaje contrario inducido permanentemente en oposición a la corriente alterna principal.

Esta oposición que ofrece una bobina a los voltajes de corriente alterna se denomina *reactancia inductiva*, se representa por las letras X_L y se mide en ohmios. La reactancia inductiva depende de la frecuencia de la señal o voltaje alterno y de la inductancia de la bobina.

- Desfase entre la corriente continua y el voltaje en una bobina

En una bobina, al contrario de un condensador, la corriente está retrasada con respecto al voltaje. Este retraso se debe a que la corriente está aumentando desde cero a su valor máximo, y en ese aumento es cuando se produce una mayor inducción de voltaje, tomando éste su máximo valor.



- Cálculo de la reactancia inductiva:

La reactancia inductiva de una bobina se puede calcular de forma muy sencilla mediante la siguiente fórmula:

$$X_L = 2\pi F L ; \text{ donde:}$$

X_L = Reactancia inductiva en ohmios

2π = Constante igual a 6,28 (2 x 3,14)

F = Frecuencia en ciclos por segundo del voltaje alterno aplicado

L = Inductancia en Henrios

La resonancia

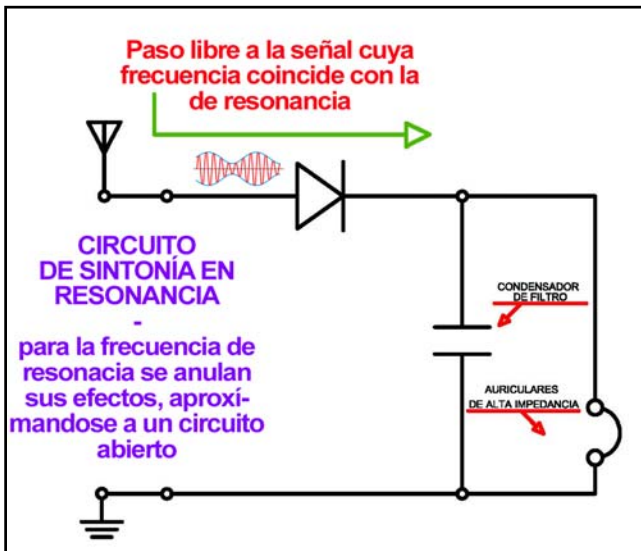
En un circuito en el que tenemos un condensador y una bobina en paralelo, si la reactancia inductiva de la bobina es igual a la reactancia capacitiva del condensador, se produce un curioso fenómeno denominado resonancia, en el que los efectos sobre una señal alterna, del condensador y de la bobina se anulan.

Los circuitos resonantes son los que hacen posible la sintonización y amplificación de una sola señal de radio,

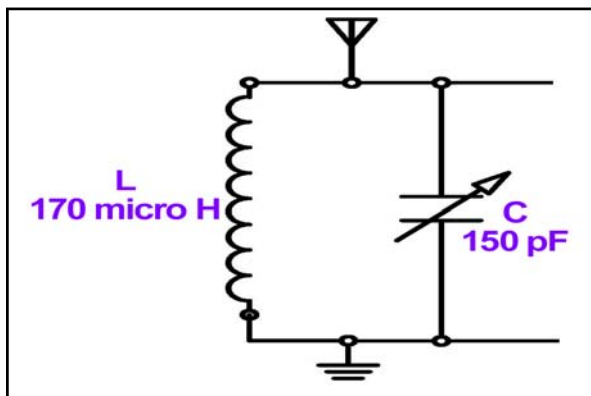
que se selecciona entre todas las ondas que llegan a la antena del receptor de radio en un momento determinado.

- Resonancia en paralelo

Un circuito LC en paralelo entra en resonancia solamente a una determinada frecuencia, cuando las dos reactancias son iguales, es decir cuando la reactancia capacitiva del condensador es igual a la reactancia inductiva de la bobina ($X_C = X_L$)



En el caso particular de la resonancia en paralelo los efectos del condensador y de la bobina se anulan mutuamente, con lo que la bobina y el condensador en conjunto se comportan como un circuito abierto, o sea, su impedancia es muy alta, y como ya hemos dicho, esto sólo sucede a una frecuencia concreta, con lo que conseguiremos que en nuestro circuito de sintonía de nuestra radio de galena la señal que entra por la antena y que corresponde a la frecuencia de resonancia, y sólo esta, pase al circuito detector.



Teniendo en cuenta que el condensador que utilizamos es variable, podremos cambiar su capacidad y por tanto la frecuencia de resonancia, con lo cual podemos seleccionar la frecuencia de la señal que vamos a hacer pasar al circuito.

- Fórmula para el cálculo de la frecuencia de resonancia:

Aplicando la condición de resonancia, la reactancia capacitiva e inductiva han de ser iguales:

$$X_L = X_C ; 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \quad f = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Ejemplo:

Supongamos que tenemos el circuito de sintonía de una radio, compuesto por un condensador variable y una bobina de antena conectados en paralelo.

Queremos calcular la frecuencia de resonancia, o en otras palabras, qué emisora se sintonizará, si el condensador variable queda en una posición cuya capacidad es de 150 pF (picofaradios).

$$1 \mu H = 10^{-6} H \text{ y } 1 pF = 10^{-12} F$$

Aplicando la fórmula que hemos calculado tenemos:

$$f_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

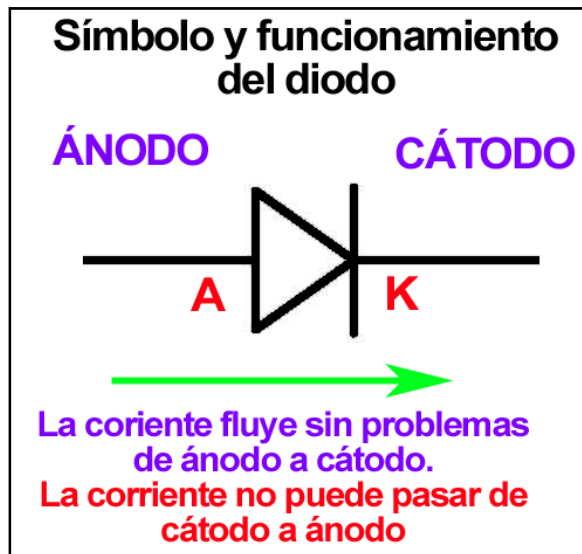
$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{170 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 10^{-12}}} \approx$$

$$\Rightarrow f_r = 1.000.000 \text{ Hz} = 1.000 \text{ kHz}$$

Esto quiere decir que en esta posición del condensador variable se sintoniza la emisora que transmite en 1.000 Kilociclos.

2) Circuito detector:

Es la parte del circuito que nos va a permitir coger la señal seleccionada por el circuito de sintonía y *rectificarla* por medio del diodo de germanio (originalmente, en los comienzos de la radio, se empleaba una piedra de galena), quedando media onda de la original.

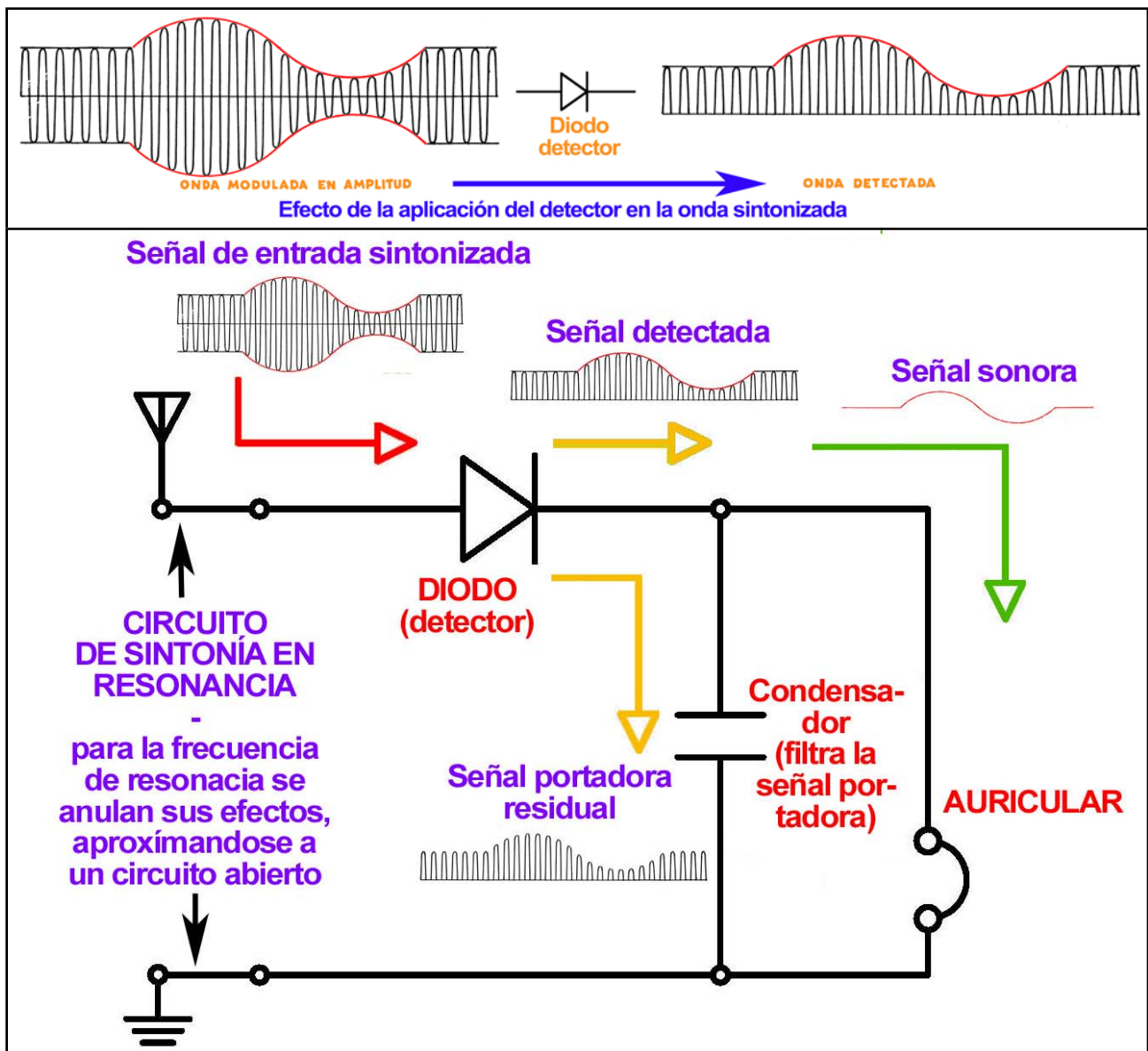


Funcionamiento del diodo como rectificador

El diodo es un dispositivo electrónico semiconductor. En esencia y prescindiendo de una descripción atómica detallada, el funcionamiento básico es el siguiente: el diodo deja pasar la corriente eléctrica en un sentido, mientras que bloquea el paso en el sentido contrario.

Funcionamiento de diodo como detector

El efecto del diodo sobre la corriente alterna es la eliminación de la parte negativa. Y este efecto lo aplicamos sobre la onda radial que entra por la antena. Tal y como vimos en los apartados anteriores la onda sonora



Esquema del aparato receptor y el proceso de demodulación de señal utilizado para la escucha de la información

“cabalga” sobre la onda portadora, pero lo hace en duplicado, es decir sobre la parte positiva y de forma simétrica sobre la parte negativa. Utilizaremos el diodo para eliminar la parte negativa y quedarnos con la positiva, con lo que tendremos una onda de la que, si eliminamos la señal alterna portadora obtendremos directamente la onda sonora.

En la figura anterior podemos comprobar de manera visual lo que hemos descrito.

3) Circuito de filtro:

En la última fase de nuestro receptor tenemos que separar de la onda detectada la onda portadora, que es una señal alterna y la onda sonora que es una señal continua. Para ello utilizamos un condensador.

Tal y como hemos señalado en una sección anterior, dedicada a describir el funcionamiento del condensador, el comportamiento de este es muy diferente según sea la señal alterna o continua.

En el caso de la señal alterna el condensador actúa como un circuito cerrado, es decir, la deja pasar sin mayores problemas.

Sin embargo, frente a la señal continua el condensador se comporta como si no estuviera presente, es decir, como un circuito abierto.

Por tanto, según lo comentado, el condensador ante la presencia de la señal alterna se comporta como un circuito cerrado que deja paso franco únicamente a la parte de corriente alterna de la señal.

Por el contrario frente a la señal continua de la onda sonora se comporta como si no estuviera, es decir que se comporta como una especie de separador de señales, la alterna hacia tierra y la continua hacia los altavoces, de esta manera la onda sonora, limpia de la señal portadora, se dirige hacia los auriculares de alta impedancia, con lo que nos permitirá una audición sin interferencias de la emisora sintonizada.

En la figura de esta página describimos el esquema resumen de síntesis sobre el funcionamiento de nuestro receptor de galena. En él podemos observar, de forma esquemática, el funcionamiento y las transformaciones que sufre la señal al paso por los diferentes elementos del circuito hasta que podemos disfrutar de la onda sonora en nuestros auriculares de alta impedancia.

Acopio de todos los materiales necesarios para la construcción de una radio de galena

Lista de materiales y herramientas necesarios:

- Una tabla de madera de 210 x 297 mm (DIN A4)
- Una plantilla de papel con el esquema para pegar en la tabla
- Hilo de cobre esmaltado de 0,05 mm de grosor
- 1 Tubo de cartón 2,57 mm de diámetro para fabricar las bobinas de sintonía de OM
- 1 Condensador variable de 365 pF
- 1 Diodo de señal de germanio (en ningún caso se utilizarán de silicio)
- 1 auricular o auriculares de alta impedancia de 10 kOhm (mínimo 2000 ohmios)
- 1 Condensador cerámico de 0,001 pF
- Cable aislado unifilar rígido de 0,75 mm² de sección, para conexiones
- Grapas de plástico con clavos de punta para sujeciones de los elementos a la tabla
- Ángulos metálicos y tornillería de sujeción para la bobina y el condensador de sintonía
- Un soldador de estaño y estaño para soldadura electrónica
- 20 metros de cable de cobre desnudo unifilar de 1 ó 1,5 mm² para la antena
- 2 aisladores cerámicos para los extremos de la antena
- 1 piqueta para la toma de tierra de la antena

Pequeñas herramientas (alicates planos y redondos, martillo)

¿Cómo y dónde conseguir los materiales?

Tan importante o más que el proceso de construcción, diseño de las bobinas de sintonía o cálculos, es el de la localización u obtención de los componentes necesarios. Sin ellos nada de lo desarrollado sirve, por tanto dedicaremos una especial atención a este apartado y lo desarrollaremos con mimo y cariño.



Algunos de los materiales descritos en el apartado anterior son difíciles de conseguir en los comercios tradicionales, como el caso del condensador variable o de los auriculares de alta impedancia. No obstante en Internet los podemos adquirir sin demasiada dificultad (otra cosa es el precio, pero hoy en día nada es barato). Damos a continuación las direcciones de los sitios web y comercios en donde hemos comprado los materiales que se detallan. Todas las informaciones que se dan son totalmente desinteresadas y reflejan el proceso de búsqueda y compra de materiales que hemos realizado nosotros. No tenemos ningún tipo de comisión ni estamos interesados en realizar publicidad alguna. Únicamente queremos facilitar el proceso de localización a los interesados en la construcción de la radio. No se garantiza que los enlaces web ofrecidos estén activos en el momento actual.



Condensador variable de 365 pF

Hemos intentando conseguir este tipo de condensador de sintonía en los comercios de electrónica de nuestra zona de residencia. En todos los que hemos visitado el resultado ha sido negativo. Esta pieza es imprescindible para la construcción de nuestro receptor de galena y sin ella no podemos obtener el circuito de sintonía. Este componente está presente en los receptores antiguos y también lo podemos conseguir por esta vía, aunque a nosotros nos parece una barbaridad mutilar una radio para conseguir otra. En la siguiente dirección de Internet podemos obtener información objetiva sobre donde obtener estos condensadores en distintas tiendas de eBay:



<http://reviews.ebay.com/365pf-Single-Gang-Variable-Capacitor-Crystal-Tube-Radio?ugid=1000000006271074>

Nosotros en concreto, solicitamos el condensador a la tienda en eBay, cuya dirección figura al pie del párrafo, que tiene una buena relación calidad/precio. La pieza es nueva y de fabricación china, el importe es de 15,99 \$ USD, a lo que hay que sumar 3 \$ USD de gastos de envío. El pago se realizó por *Paypal*, el envío fue correcto, con la documentación para la aduana en regla y muy rápido; en menos de una semana nos llegó por vía postal desde los Estados Unidos:

http://www.ebay.com/itm/365pf-Single-Gang-Air-Variable-Tuning-Capacitor-Crystal-Tube-Ham-Radio/220944563440?ssPageName=mem_guide:1&rd=1&ih=012&category=96966&cmd=ViewItem

Auriculares de alta impedancia para radio de galena, hilo de cobre esmaltado y condensadores cerámicos

Estos materiales nosotros los hemos localizado en la siguiente web:

<http://es.opitec.com/opitec-web/st/Home>

Se trata de una web que ofrece materiales y kits para la realización de proyectos de manualidades

Código	ctd	tipo	precio €	descripción	unidades	medida
247182	1	Pieza	1,14	Hilo de cobre esmaltado	1,0 mm	2 metros
247056	1	Pieza	4,61	Hilo de cobre esmaltado	0,5 mm	50 metros
234191	1	Lote	1,76	Condensador cerámico	10 ud.	0,1 pF
217022	1	Pieza	3,23	Auricular para radio galena		

Los auriculares de alta impedancia es un elemento de la máxima importancia en nuestro proyecto de radio de galena, ya que sin él en ningún caso podríamos escuchar nada, a menos que coloquemos un amplificador transistorizado. Estos auriculares tienen una impedancia muy alta, del orden de los 100.000 ohmios. Es inútil que lo intentemos con los auriculares comunes, que tienen entre 5 y 20 ohmios.

Para localizar todo lo que necesitamos podemos teclear en el buscador de la web los códigos de los materiales que detallamos en la tabla anterior y automáticamente nos aparecen los productos por los que estamos interesados. El hilo de cobre esmaltado es de muy buena calidad y nos han permitido la elaboración de las bobinas de sintonía. En esta tienda, como podéis ver hemos conseguido los materiales a un precio muy razonable, el único inconveniente es que hay que hacer un pedido mínimo de 30,00 € y los gastos de envío son de 9,00 € (enero 2012)

Auriculares clásicos de alta impedancia para radio de galena

Otra opción que existe, mucho mejor estéticamente, es la de adquirir unos auriculares clásicos de alta impedancia. Estos auriculares son los que antaño se utilizaban para las radios de galena y afortunadamente hoy en día los podemos conseguir en Internet, eso sí mucho más caros que la opción anterior (unos 20,00 € + gastos envío).



Proceso de construcción de la radio de galena

Vamos a relatar con todo detalle todo el proceso de construcción de la radio que hemos diseñado en este suplemento.

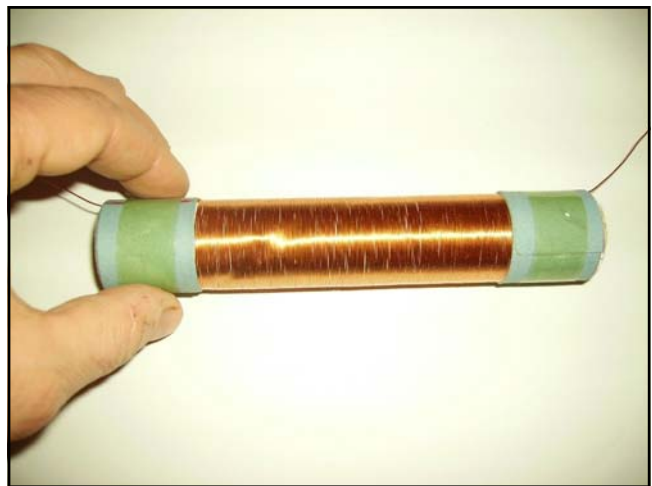
Construcción de la bobina de sintonía

Empezaremos por mostrar la construcción de la bobina de sintonía (resaltada en un cuadro rojo en el esquema), pues es el único componente que no podemos adquirir y deberemos de calcular, diseñar y construir con nuestras propias manos.

Los cálculos necesarios los hemos detallado de forma exhaustiva en la página 21.

La bobina tiene un valor de $L = 238 \mu\text{H}$, que vamos a devanar sobre una forma cilíndrica de 2,85 cm (rollo de cartón obtenido del film de papel de plata). Utilizamos alambre de cobre esmaltado de 0,5 mm de diámetro.

Según los cálculos hemos obtenido que la longitud de la



Resultado final de la construcción de la bobina

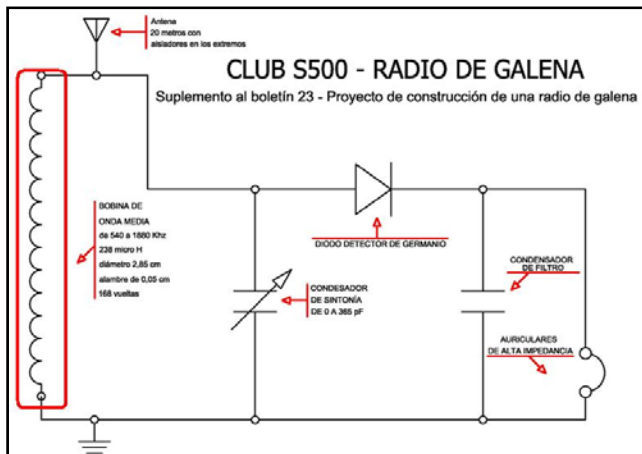
bobina es de 8,38 cm que se corresponden a un total de **168 vueltas**.

Es importante señalar que la bobina es un elemento muy importante en el circuito propuesto y que la construiremos teniendo el máximo cuidado y atendiendo a todos los detalles.

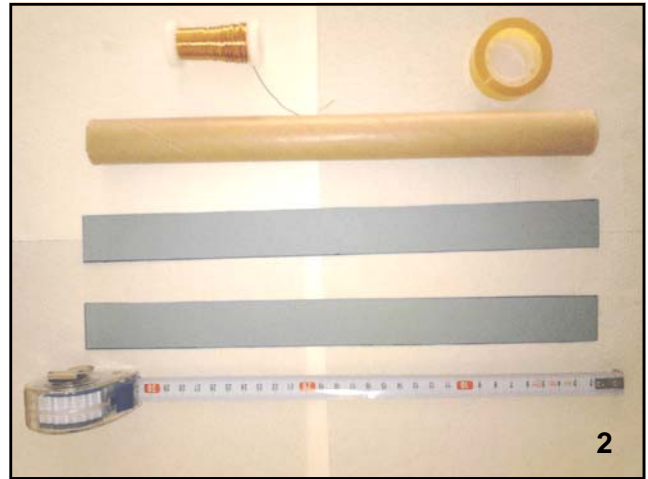
En primer lugar detallamos la lista de materiales que utilizaremos (en la sección anterior detallamos el procedimiento de adquisición de los materiales):

- * Un rollo de cartón de diámetro 2,85 por 30,5 cm, procedente del film de un rollo de papel de plata.
- * Alambre de cobre esmaltado de 0,5 mm de diámetro.
- * Una cuartilla de cartulina de color, para hacer los toques de la bobina.
- * Un rollo de cinta adhesiva transparente.

Como se puede observar en la fotografía del resultado final de la bobina, hemos construido dos toques en los extremos de la bobina con el fin de mantener las espiras juntas y aumentar la resistencia. Para ello utilizaremos dos tiras de cartulina de 30 mm de ancho por 300 mm de largo.



Esquema del receptor de galena propuesto para su construcción. La bobina de sintonía aparece resaltada en el rectángulo rojo



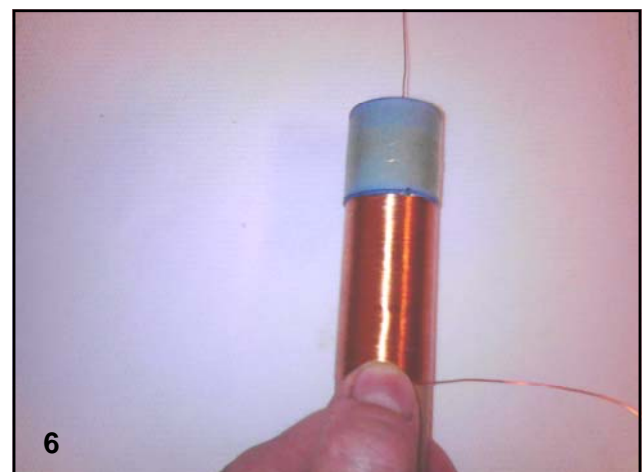
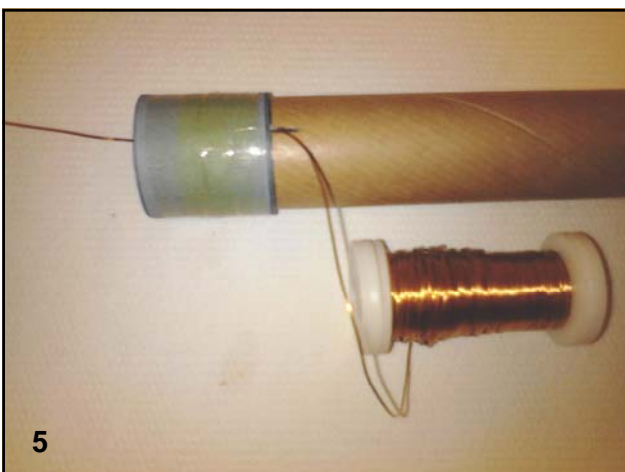
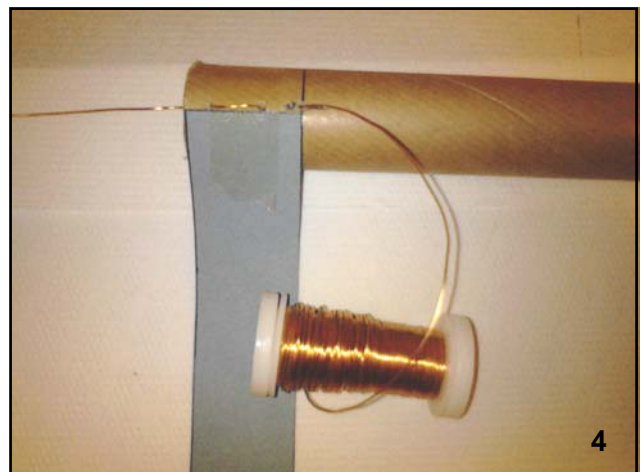
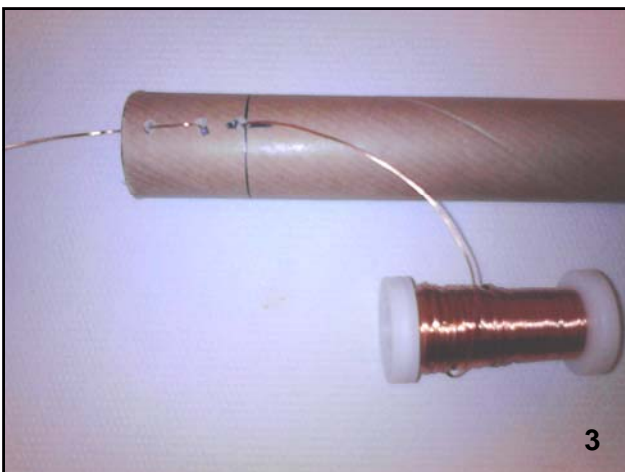
En las dos imágenes superiores (1 y 2) podemos ver los materiales empleados y el resultado de recortar las tiras de cartulina que nos van a servir de tope.

Una vez tengamos recortadas las tiras de cartulina procederemos a hacer la inserción del inicio del cable de cobre esmaltado que vamos a utilizar para configurar nuestra bobina. Para ello, haremos tres agujeros en el cartón con un punzón: uno al inicio de la bobina, otro en un punto intermedio y el último un poco antes de terminar la bobina, pasando el alambre de cobre de tal y como se observa en la imagen 3. Con esto conseguiremos tener la suficiente firmeza de sujeción del hilo de cobre para que nos permita bobinar el tubo con las espiras juntas.

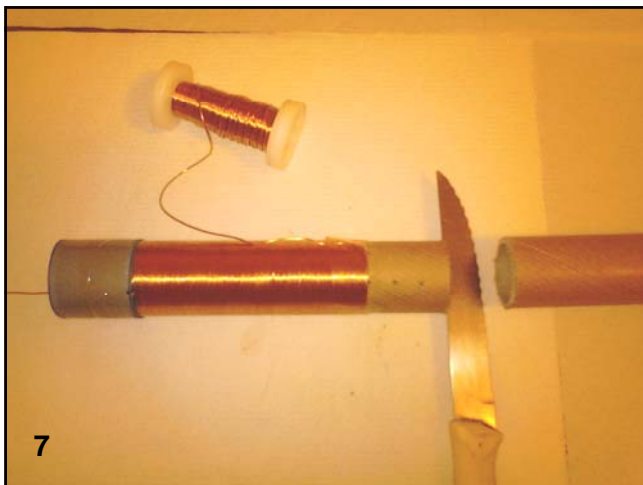
Después de haber pasado el hilo por los orificios, deja-

mos un extremo generoso (30 mm en nuestro caso) para posteriormente poder efectuar la conexión con comodidad; procederemos a enrollar en el extremo la tira de cartulina que nos va a servir de tope; la fijamos con un trozo de cinta adhesiva y al final la sujetamos con otro trozo de cinta. Ver imágenes 4 y 5.

A continuación comenzamos a bobinar a mano el hilo de cobre, con sumo cuidado y paciencia para no montar espiras, pero que queden totalmente juntas entre sí. Esto es una tarea laboriosa, en la que además estaremos pendientes del número de vueltas hasta completar las que hemos calculado teóricamente para que el circuito de sintonía funcione adecuadamente. En nuestro caso confeccionaremos un total de 168 vueltas. Ver imagen 6.



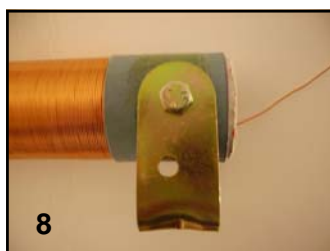
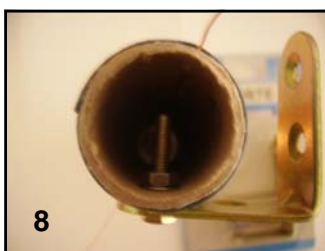
Al final cortaremos el tubo de cartón sobrante utilizando un cuchillo con serreta o un instrumento similar (imagen 7). Realizamos los tres orificios para pasar el hilo de cobre de forma análoga al procedimiento explicado para el inicio de la bobina, cerrando también la bobina con la tira de cartulina al igual que al inicio. Podemos ver el resultado final en la imagen de la página 14.



Para poder fijar la bobina al tablero del circuito utilizaremos dos soportes en forma de ángulo que podemos conseguir en cualquier almacén de ferretería que sujetaremos a la bobina por los espacios disponibles en los toques de inicio y de final (imágenes numeradas 8).

Con estas operaciones ya tenemos lista y preparada la bobina de sintonía para su inserción en el circuito de nuestra radio de galena.

Para poder realizar la conexión eléctrica de la bobina en el circuito tendremos en cuenta que el hilo que hemos utilizado es esmaltado, por lo que tendremos que rascar energicamente los extremos del hilo, utilizando para ello la parte contraria al filo de un cuchillo, de tal forma que quede el cobre al desnudo sin la capa aislante de laca.



Montaje y disposición de los distintos elementos en la placa del circuito

Para el montaje de nuestra radio de galena vamos a utilizar una tabla de madera como soporte para toda la circuitería. Sobre la tabla pegaremos la plantilla del circuito que hemos dibujado previamente, cuyo modelo podemos ver en la página siguiente y que podemos utilizar directamente. Para dar mayor durabilidad a esta plantilla, una vez pegada en la tabla, la cubriremos con un plástico transparente adhesivo. (Ver plantilla y tabla en la imagen 9).

Hemos elegido el tablero de madera, sin caja que lo cubra, por su sencillez y la gran facilidad que nos brinda para poder montar el cableado utilizando materiales al alcance de cualquiera y además el circuito queda claramente a la vista, con lo que cumple además una función didáctica, teniendo como inconveniente un mayor tamaño.

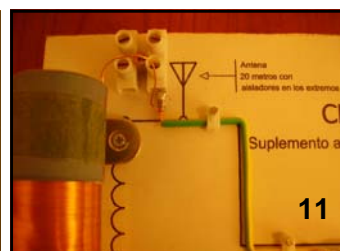
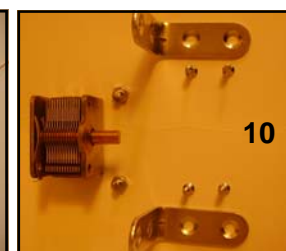
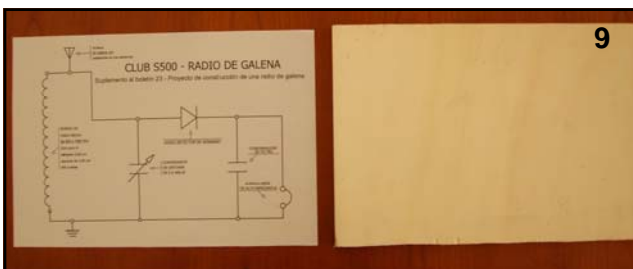
Para la fijación del condensador variable de sintonía vamos a montar dos soportes idénticos a los utilizados para la fijación de la bobina. El condensador dispone de orificios roscados de métrica 6. Tendremos la precaución de cortar los tornillos de fijación de tal forma que no dañen las placas del condensador. (Ver imagen 10).

Para realizar los cableados del circuito, utilizaremos cable eléctrico unifilar rígido de 0,75 mm de sección, como el que se utiliza para la realización de las instalaciones eléctricas domésticas. Este cable, al ser rígido, lo podemos moldear a nuestro antojo siguiendo la forma del circuito. Las conexiones del circuito las realizaremos mediante soldadura de estaño.

La fijación del cableado a la tabla, la realizaremos con grapas ordinarias, de las que se utilizan para fijar los cableados a la pared. Estas grapas están dotadas con puntas de clavo que permiten una fijación muy rígida a la tabla.

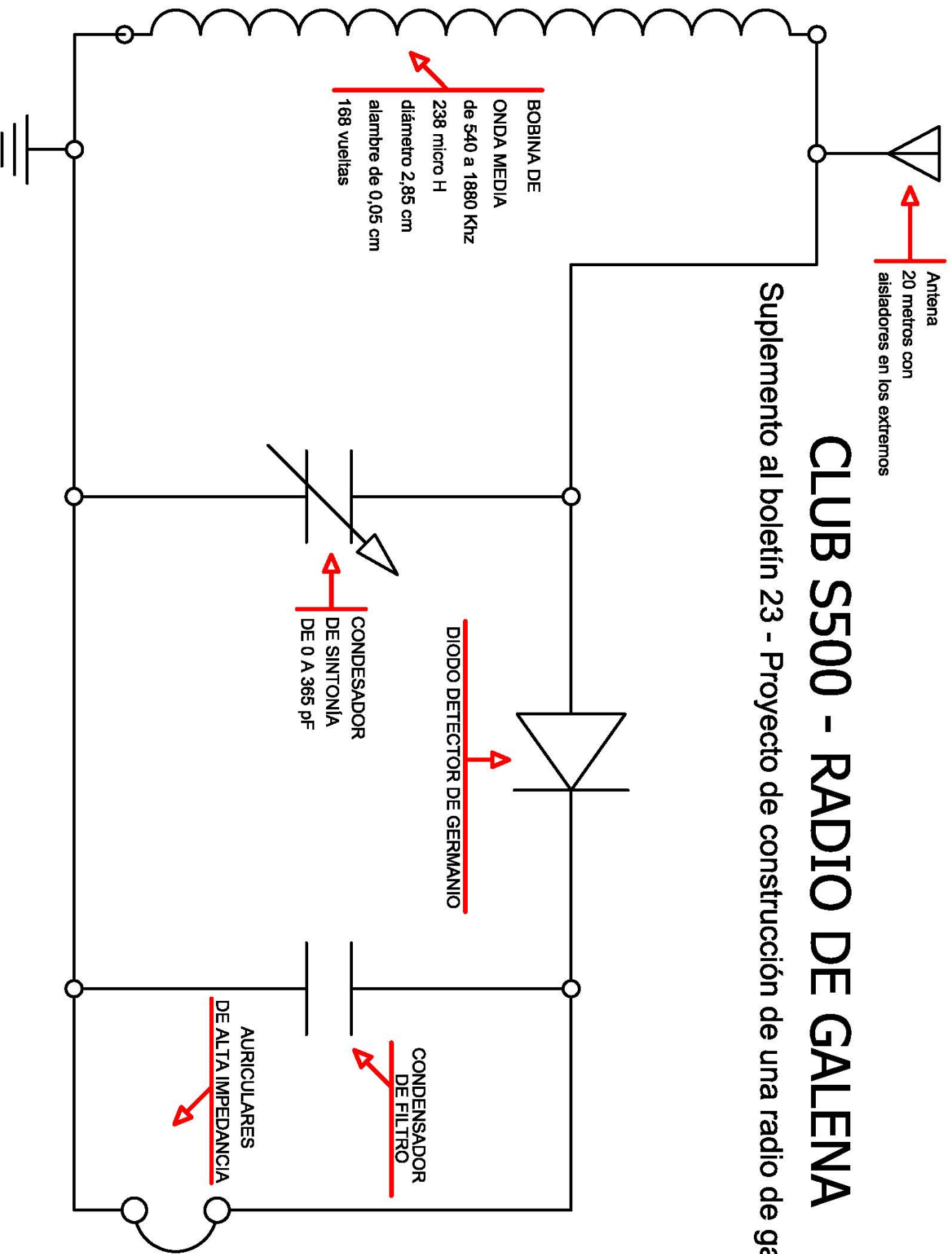
Para las conexiones exteriores de la antena y de la toma de tierra utilizaremos regleta de conexiones eléctricas ordinarias, de las que se atornillan a los cables. También muy fáciles de conseguir en cualquier comercio del ramo y que nos permitirán una rápida conexión de la antena o de la toma de tierra. (Ver regleta de conexión de la toma de tierra en la imagen 11).

Sigue PÁGINA NÚMERO 18 ▶

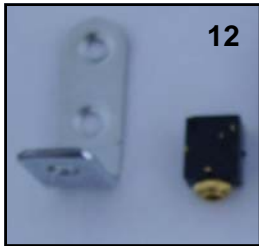


CLUB S500 - RADIO DE GALENA

Suplemento al boletín 23 - Proyecto de construcción de una radio de galena



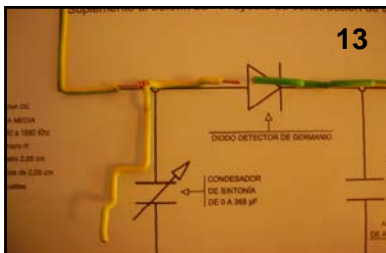
Para la conexión de los auriculares de alta impedancia al circuito utilizaremos una hembra de *jack* de 3,5 para empujar en circuito. Lo ideal sería utilizar una de tipo mono, pero hemos utilizado una estéreo que es la única que encontramos en el comercio local. Por supuesto en este caso hay que hacer alguna adaptación en el cableado. Como nuestra radio no va a tener una caja de chasis a la que podamos acoplar el *jack*, para su fijación utilizaremos el ángulo metálico que ya hemos usado en el soporte del condensador y la bobina de sintonía. Ahora lo que haremos es cortar uno de los extremos dejando un solo orificio que ampliaremos con un taladro y una broca para metal de 6 mm de diámetro sobre el que haremos la fijación (ver imagen 12).



Una vez tenemos preparados todos los elementos del circuito con sus fijaciones correspondientes, vamos a configurar el cableado del circuito. Para ello utilizaremos cable de cobre rígido unifilar con aislamiento, de 0,75 mm de sección. Este cable rígido nos va a permitir moldearlo siguiendo fielmente las líneas de la plantilla que hemos pegado sobre el tablero de madera de soporte.

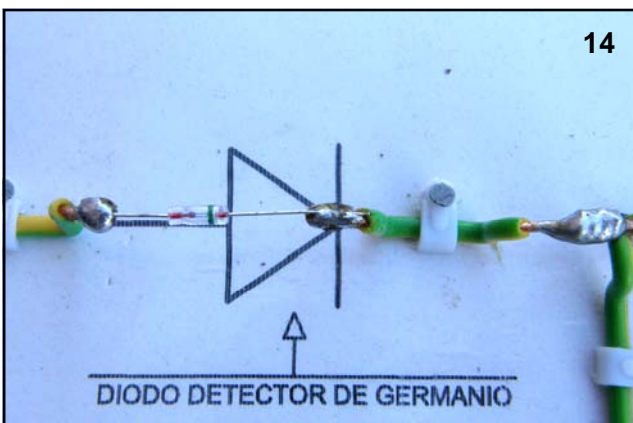
Las conexiones entre los cables y los puntos terminales sobre los que soldaremos los elementos (diodo, condensadores, etc.) se realizarán elevando el conductor sobre el tablero unos 4 ó 5 mm (ver imagen 13) y soldando con estaño.

Una vez tengamos tendido los cables y soldadas las conexiones, fijaremos los cableados con grapas de plástico, de las que se utilizan para fijar cables a la pared y que disponen de un clavo que podremos insertar en el tablero de madera y que le dará una muy buena resistencia mecánica y solidez al conjunto.



Conforme vayamos haciendo el cableado situaremos los principales elementos del circuito con los soportes que hemos detallado en las imágenes anteriores: bobina de sintonía, condensador variable y conector de auriculares.

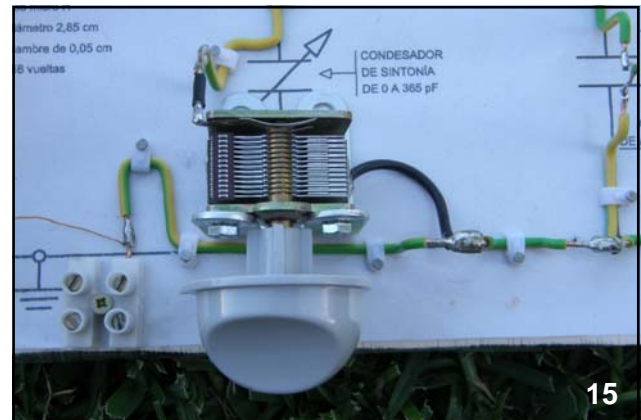
A la hora de montar los elementos hay uno con el que tendremos especial cuidado, si queremos que funcione el



receptor; se trata del diodo **Diodo de germanio** detector, que va a hacer el papel de la piedra de galena. **Ánodo** **Cátodo**

Tenemos que orientar el ánodo y el cátodo adecuadamente. El cátodo quedará del lado del circuito del auricular y el ánodo del lado del circuito de sintonía. El diodo de germanio que vamos a utilizar viene marcado con una línea verde que nos señala el terminal del cátodo (ver imagen 14).

Además tendremos precaución al soldar los terminales del diodo, evitaremos un sobrecalentamiento que destruiría el dispositivo. Sujetaremos los extremos con unos alicates para intentar disipar el calor y actuaremos rápidamente al hacer la soldadura.

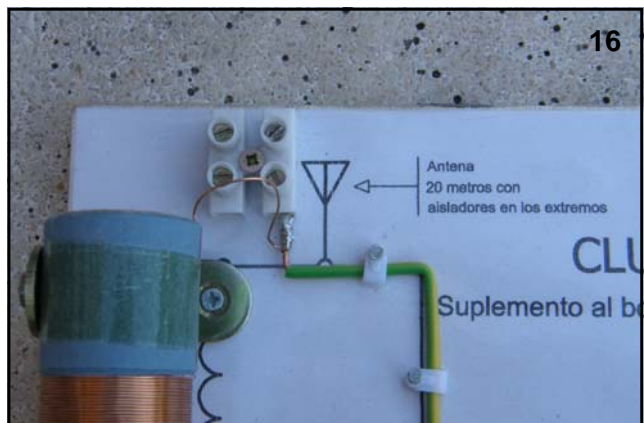


El condensador variable tiene dos terminales eléctricos y su conexión es indiferente, es decir no tiene polaridad y LO conectaremos según mejor convenga (ver imagen 15).

Puesta en marcha de la radio

Cualquier radio de galena, y la que hemos construido no es una excepción, no necesita ningún tipo de fuente de alimentación o batería y es capaz de funcionar con la energía que le llega de la estación emisora a través del éter, pero para que se cumpla esta condición es indispensable que el aparato disponga de una buena conexión de antena y toma de tierra.

La solución que hemos adoptado es muy sencilla y barata, utilizaremos dos regletas de conexiones, de las que se utilizan en electricidad, que nos facilitará poner y quitar fácilmente la antena (hilo largo 7 m), y la toma de tierra, utilizando un destornillador. (ver imagen 16).



CARACTERÍSTICAS Y PRUEBAS DE LA RADIO DE GALENA

Por la propia configuración de un receptor de galena, las prestaciones que puede desarrollar no son todo lo optimas que desearíamos, sobre todo en lo referente a la selectividad. Sin embargo sí que hemos comprobado que se pueden obtener resultados espectaculares y muy buenas escuchas.

Hemos sometido el receptor construido a pruebas intensivas y bajo diversas circunstancias que nos han dado, en general, unas buenas sensaciones. Durante los tests efectuados hemos constatado lo importante que es, para un receptor de estas características, disponer de una buena antena y una potente toma de tierra, lo cual es un problema, que hemos salvado de una manera un poco peculiar: utilizando un poste de alta tensión, una farola, el sistema de calefacción de una vivienda o el grifo de una fuente en el campo.

Pero no todo son inconvenientes, también tenemos ventajas, una de ellas es que no hace falta ninguna fuente de alimentación, nuestro receptor es autosuficiente y, obviamente también, la sencillez de manejo y la ausencia de complicados controles.

La primera prueba que hicimos con nuestro receptor fue nada más terminarlo, en un lugar de interior. Conectamos la toma de antena a un hilo largo de 7 metros con aislante de PVC, desplegado por el interior de la vivienda y la toma de tierra a un radiador de la instalación general de calefacción mediante un conector pinza de cocodrilo. Y efectivamente resultó muy correcto. Utilizando el auricular de cristal de alta impedancia conseguimos escuchar las tres emisoras locales más potentes con absoluta claridad, incluso la emisora *France Info*, con lo que podemos decir que en esta primera prueba ya practicamos diexismo.

Durante esta primera escucha pudimos comprobar como la selectividad de la radio de galena es muy deficiente, pues dos de las emisoras locales que están situadas a escasa distancia en el dial nos aparecen en el auricular mezcladas y es bastante difícil que se escuche una de ellas sin tener superpuesta la otra.

Ya en la primera escucha fuimos capaces de hacer diexismo con facilidad

Otra desventaja, comprobada en los primeros usos, es el bajo nivel del sonido. Al carecer de amplificador de salida, se depende exclusivamente de la fuerza de la señal de la emisora sintonizada, de la antena y la toma de tierra. Hemos paliado este pequeño inconveniente con varias estrategias: por un lado mejorando la antena y la toma de tierra y, fundamentalmente, conectando en la salida de audio del receptor unos altavoces autoamplificados, de esos que pode-

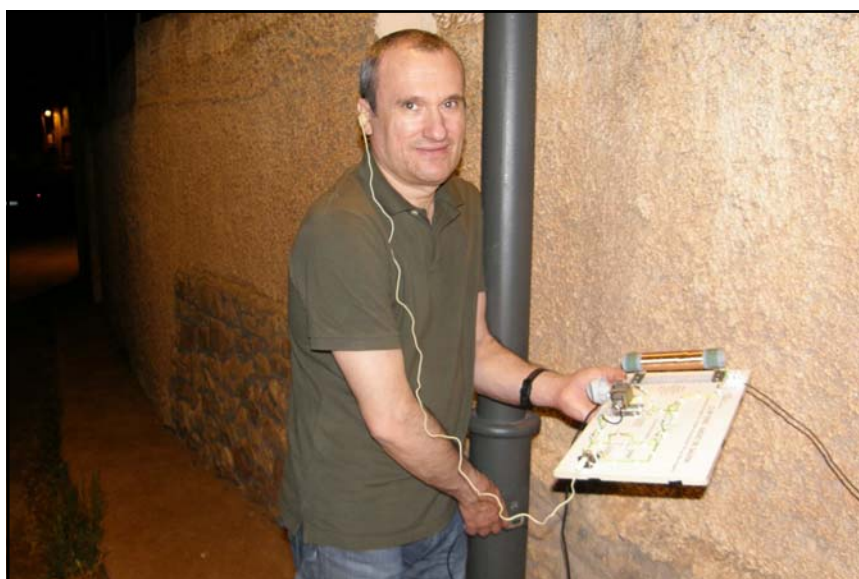
mos encontrar fácilmente en cualquier comercio de productos chinos, y que se utilizaban mucho hace algunos años para conectarlos a la tarjeta de sonido del ordenador de sobremesa. Con esta configuración podemos prescindir de los auriculares y escuchar con comodidad mediante dichos altavoces.

Podemos utilizar altavoces autoamplificados en sustitución de los auriculares

Una vez realizadas las pruebas de interior, nos planteamos subir un escalón más, es decir, utilizar el receptor en las mejores condiciones posibles, en el campo y con una buena antena. Pero, ¿Cómo conseguir una buena toma de tierra en el mon-

te? Esta es una cuestión fundamental y en principio nos decidimos construirla nosotros mismos, haciendo un agujero en el suelo, utilizando una piqueta de cobre y rellenándolo con carbón vegetal y sal, añadiendo además agua.

El tema de la toma de tierra en el campo nos estuvo rondando durante bastante tiempo. Incluso preparamos una piqueta de tubo de cobre. La solución llegó un día de primavera, casi verano, durante una cena en el campo, niños incluidos. El principal objeto de la cena es pasar un buen rato y disfrutar de la naturaleza. No obstante, como buen diexista, decidí llevarme mi flamante nueva radio de galena, por si acaso. Por cierto el lugar del que estamos hablando es *Olocau*, un inmejorable paraje de la *Sierra Calderona* (Valencia, España).



En la imagen podemos ver a Julio Martínez haciendo funcionar la radio de galena, utilizando como toma de tierra una farola, con resultados aceptables

Allí paseando con mi amigo Emilio, mis dos hijos pequeños y mi santa esposa, que además me dijo, con toda la razón: "...pero, ¿dónde vas con el trasto ese?, no ves que vamos a pasear". Aún así uno no puede evitarlo, en cualquier situación sigue siendo diexista y en esta ocasión valía la pena intentarlo.

Conseguimos hacer funcionar la radio conectando la tierra a una farola

Nos encontrábamos, pues, estos dos fanáticos de la radio paseando por el monte cuando vemos una fuente que posee un grifo de bronce. Inmediatamente caemos en la cuenta que puede tratarse de una inmejorable toma de tierra. Desplegamos la antena, conectamos la toma de tierra al grifo y e intentamos hacer funcionar la radio, superando la curiosidad de dos niños de 3 y 4 años que impiden que nada de esto se pueda hacer con absoluta tranquilidad, más el "...ya te lo dije" de mi esposa. La experiencia no pudo ser más frustrante; no se escuchaba nada de nada. Investigando un poco pudimos comprobar que, a pesar de ser el grifo de metal, las tuberías eran de plástico, por lo que no podían hacer toma de tierra.

Después de la experiencia negativa del grifo continuamos probando la toma de tierra en distintos elementos metálicos con sujeción al suelo, como papeleras, esculturas, elementos de mobiliario urbano, etc.... Con resultados desesperanzadores. Hasta que, por fin, comprobamos que con las farolas se podía hacer tierra de una forma algo satisfactoria.

Continuamos con la tarde de campo y después de la cena, al fresco, cerca desde donde estábamos divisamos una torre de alta tensión y se me encendió la bombilla. ¡Todas ellas están puestas a tierra, por motivos de seguridad!. Vacilamos un poco, pues en realidad no es muy ortodoxo hacer la conexión a este elemento, ¡pero que demonios!, por probar no podría pasar nada, excepto acabar un poco chamuscados.

Efectivamente decidimos hacerlo y, con cierto miedo, comprobamos que la radio funcionaba a las mil maravillas. Sintonizamos a la *BBC*, en inglés, y *Radio Nederland* también en inglés, con una intensidad de señal muy buena. Ante la falta de dial u

Ventajas e inconvenientes

Podría parecer, a primera vista, que una radio de galena no puede ofrecer grandes prestaciones, pero sorprendentemente alguna de las emisoras que sintonizamos son claramente en DX, como por ejemplo la *BBC* y *Radio Nederland*, en onda media, que resultaron imposibles de sintonizar, a la vez, con nuestros flamantes receptores digitales. Y es que, en ocasiones, la radio se comporta de manera especial.

Y tenemos que reseñar una característica única que no podemos conseguir con ninguno de los receptores ordinarios: la ausencia total de alimentación, ni si quiera necesita de pilas o baterías. Esto puede resultar sumamente útil en una situación de emergencia extrema mantenida por largo tiempo, pues en un momento u

otro terminan por agotarse las baterías convencionales.

Pero no todo es de color de rosa. El receptor de galena adolece de una importante falta de selectividad, que complica mucho la escucha cuando las emisoras están muy próximas en frecuencia. Desgraciadamente este fenómeno no es posible corregirlo, pues depende del circuito de sintonía y de un concepto denominado *factor de calidad* de la bobina, que es el que nos limita la capacidad de selección de la onda entrante.

Hemos de señalar, por último, la enorme facilidad de uso de este tipo de receptores. Una vez realizada la instalación de tierra y la antena, únicamente hay que preocuparse de mover el control del condensador variable y disfrutar con las escuchas.

otras ayudas no pudimos precisar la frecuencia de las escuchas. También se sintonizaban emisoras locales de forma excelente.

Haciendo tierra con una torre de alta tensión, sintonizamos la BBC y Radio Nederland

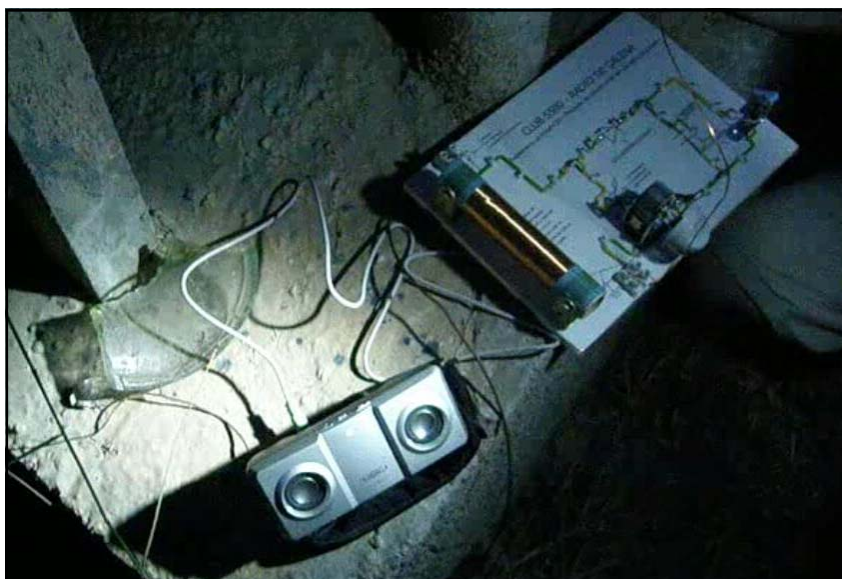
En las semanas siguientes repetimos la experiencia con buenos resultados y añadiendo además, en la salida del receptor, los altavoces autoalimentados que nos permitió prescindir de los auriculares de cristal

y escuchar alto y claro las emisoras sintonizadas.

Siguiendo con nuestras experiencias, por último, el día 8 de agosto del 2012, en Portaceli (Valencia, España) le conectamos con una antena de hilo de ¡50 metros!, que nos dio unos resultados magníficos. Se apreciaba una gran mejoría en la recepción al utilizar esta antena.

Hasta aquí hemos relatado una pequeña muestra de todo lo que podemos conseguir con una modesta radio de galena. ¡Una autentica gozada y el espectáculo garantizado!

Julio Martínez

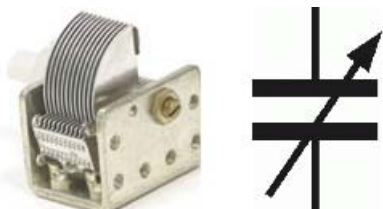


En la imagen el receptor unido a los altavoces autoalimentados, y al pie de la torre de alta tensión a la que conectamos la toma de tierra, en Olocau (Valencia) - España

Anexo de cálculos

El montaje que proponemos de construcción de una radio de galena, como se ha podido comprobar, es muy sencillo y apenas se requieren conocimientos de matemáticas o física para comprender su fundamento teórico. No obstante consideramos que una parte de este circuito, como puede ser el cálculo del circuito de sintonía, merece la pena ser comentado con más detalle.

No pretendemos que nadie se aburra o se abruma con esta exposición, por ello, recomendamos a quienes no posean unos conocimientos medios de matemáticas o física obviar la lectura de este apartado. En realidad si, con las explicaciones anteriores, han entendido como funciona



Condensador variable de 30 a 365 pF

el circuito de sintonía es más que suficiente.

Lo que se detalla en este apartado es para usuarios avanzados que les permitirá calcularse fácilmente los datos de la bobina para sintonizar el rango de frecuencias que deseen, teniendo en cuenta el valor del condensador variable, que puede o no coincidir con el que hemos utilizado nosotros.

Una aplicación de los cálculos que exponemos es la realización de una radio de galena multibanda, es decir, además de la onda media, podemos añadir una bobina que nos facilite la sintonía de bandas de onda corta, con lo que utilizando un conmutador podemos pasar de una onda a otra.

Cálculo de la inductancia de la bobina

Tal y como hemos explicado en los apartados anteriores el circuito de sintonía se basa en la resonancia eléctrica entre una bobina y un condensador. Tenemos una bobina fija y un condensador variable. Ajustamos el condensador a una frecuencia dada que resuena, o lo que es lo mismo el condensador y la bobina se anulan mutuamente, con lo que conseguimos que la señal de radio de esa frecuencia dada pase al circuito detector o amplificador en su caso. Para cualquier otra frecuencia el condensador no se anula y, como ya sabemos, el condensador es como un circuito cerrado para una señal alterna lo que provoca la derivación a tierra del resto de señales.

Por tanto lo primero que tenemos que conseguir es la condición de resonancia del circuito:

$$\text{Reactancia inductiva: } X_L = 2\pi f L$$

$$\text{Reactancia capacitiva: } X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

La resonancia se consigue al igualar la reactancia inductiva con la reactancia capacitiva y puesto que lo que queremos calcular es el valor de la bobina (L):

$$X_L = X_C ; 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \quad L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

En nuestro caso hemos construido un receptor de galena de onda media, con un **rango de frecuencias**, fijado por nosotros y que va desde los **540 kHz hasta los 1.800 kHz**, Por tanto sustituyendo valores en la fórmula anterior, teniendo mucho cuidado en poner las unidades adecuadas, obtendremos el valor de la bobina (L) que andamos buscando, en Henrios; sabiendo que la frecuencia inferior de 540 kHz se obtiene con la posición del condensador en 365 pF ($1\text{pF} = 1 \cdot 10^{-12} \text{F}$):

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 540000^2 \cdot 365 \cdot 10^{-12}} = 2,3799 \times 10^{-4} \text{ H} = 238 \mu\text{H}$$

Una vez conocida la inductancia, vamos a calcular la frecuencia superior cuando el condensador esté en su posición mínima. 30 pF (capacidad parásita).

Aplicando la misma condición de resonancia que en el punto anterior, pero esta vez despejamos la frecuencia:

$$X_L = X_C ; 2\pi f L = \frac{1}{2\pi f C} \quad f = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Sustituyendo en la fórmula los datos:

$$L = 238 \mu\text{H} = 238 \times 10^{-6} \text{ Henrios;}$$

$$C = 30 \text{ pF} = 30 \times 10^{-12} \text{ Faradios;}$$

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{238 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 10^{-12}}} = 1883523 \text{ Hz} = 1883 \text{ KHz}$$

Hemos calculado que para una frecuencia inferior de 540 kHz, que hemos fijado nosotros y con un condensador variable de 30 a 365 pF, la inducción de la bobina a construir es de 238 μH , y que la frecuencia superior que nos permite el condensador variable es de 1.880 kHz, que se corresponde, aproximadamente con la banda de OM en España (de 540 kHz a 1.800 kHz).

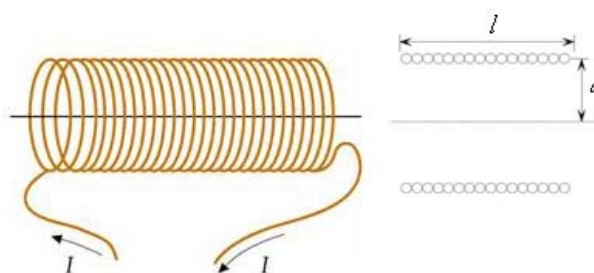


Figura 1: Esquema de una bobina con núcleo de aire

Cálculo del número de vueltas de una bobina con núcleo de aire, para un diámetro dado

Es muy importante señalar que el cálculo de bobina se basa en fórmulas empíricas y, por tanto, los valores que se obtienen son aproximados.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente una bobina o solenoide de una sola capa, sin núcleo, es decir con "núcleo de aire" o de cualquier otro material con permeabilidad relativa (μ_r) igual a 1. **La bobina tiene N espiras o vueltas, longitud l y de radio a.**

En el caso ideal de una bobina compuesta por una cinta muy delgada, en que las espiras están separadas una distancia infinitesimal, la inductancia es la misma que la de una película de corriente y está dada por:

$$L = \frac{0,0395 a^2 N^2}{l} \text{ unidades} - \mu\text{H}$$

Donde "a" y "l" están dados en cm.

Para bobinas cortas, de longitud tal que la relación a/l es mayor que l, es necesario aplicar una corrección a causa de los efectos

en los extremos, tal que:

$$L = K \frac{0,0395 a^2 N^2}{l} \text{ unidades} - \mu H$$

En nuestro caso tenemos el diámetro de la bobina (es el diámetro del cilindro de cartón que vamos a emplear), el diámetro del alambre de cobre esmaltado y vamos a determinar la longitud de la bobina y por ende el número de vueltas necesario. La forma de hacerlo es la siguiente:

$$L = 0,0395 \cdot K \frac{a^2 l}{p^2} = 0,0790 \frac{a^3 K l}{p^2 2a} = 0,0790 \frac{a^3}{p^2} F$$

El procedimiento a seguir es obtener primero F de la fórmula anterior:

$$F = 12,658 \cdot \frac{L p^2}{a^3}$$

Con este valor de F se entra en la gráfica inferior y se obtiene el valor de $2a/l$. Puesto que el diámetro es conocido, se obtiene fácilmente la longitud de la bobina a partir del valor leído en la

gráfica.

Conocida la longitud y el paso entre espiras, se calcula el número de vueltas (ver figura 1 de la página anterior):

$$N = \frac{l}{p}$$

Cálculo de la bobina para el proyecto:

Siguiendo todos los pasos explicados con todo detalle en los apartados anteriores, vamos a calcular el número de vueltas de la bobina para el caso concreto de nuestro receptor de galena:

Datos previos:

- Tenemos un tubo de cartón que utilizaremos para devanar sobre él la bobina. El diámetro es de $\varnothing 2,85 \text{ cm}$

- Utilizamos alambre de cobre esmaltado cuyo diámetro es de $0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$

- La autoinducción de la bobina que hemos calculado en los apartados anteriores es de $238 \mu H$

Así pues: $L = 238 \mu H$; $2a = 2,85 \text{ cm}$; $p = 0,05 \text{ cm}$

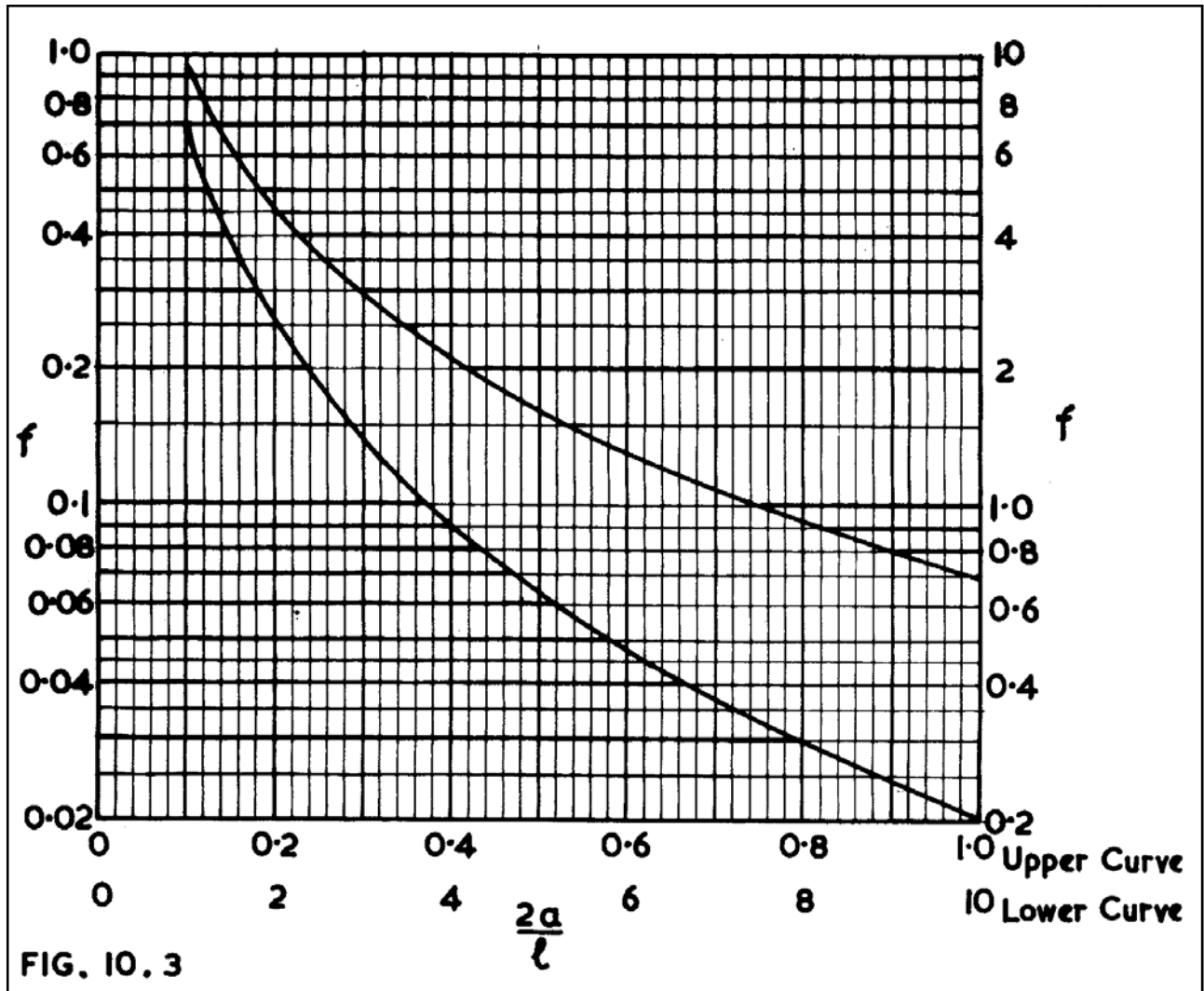


Figura 2: Variación de F respecto a $2a/l$

(fuente: U.S. Dpt. Of Commerce, Circular C74. "Radio Instruments and measurements")

En esta gráfica, los valores de F en la escala de la derecha, se leen sobre la curva superior y los de la escala de la izquierda sobre la curva inferior. Los valores correspondientes de $2a/l$ se leen sobre las escalas indicadas en el eje horizontal, es decir: Upper Curve = Curva superior y Lower Curve = Curva inferior

1) Cálculo de F:

$$F = 12,658 \cdot \frac{LP^2}{a^3} \quad F = 12,658 \cdot \frac{238 \cdot 0,05^2}{\left(\frac{2,85}{2}\right)^3} = 2,6$$

2) Con el valor de F calculado entramos en la gráfica, en el lado derecho, y leemos, sobre la curva superior el valor de $2a/l$

$$\frac{2a}{l} = 0,34$$

Puesto que $2a = 2,85 \quad l = \frac{2,85}{0,34} = 8,38 \text{ cm}$

Por tanto la longitud de la bobina $l = 8,38 \text{ cm}$

Calculamos ahora el número de vueltas:

$$N = \frac{l}{p} \text{ Siendo } l = \text{longitud}; p = \text{paso de la bobina (grosor alambre)}$$

$$N = \frac{8,38}{0,05} \quad N = 167,6 \quad \boxed{N = 168 \text{ vueltas}}$$

$$L = 6,77 \mu\text{H} = 6,777 \times 10^{-6} \text{ Henrios};$$

$$C = 30 \text{ pF} = 30 \times 10^{-12} \text{ Faradios};$$

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{6,777 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 10^{-12}}} = 11161839 \text{ Hz} = 11.161 \text{ KHz}$$

Así pues el rango de frecuencias teórico del receptor será de **3.200 kHz a 11.160 kHz**

Cálculo del número de vueltas de la bobina:

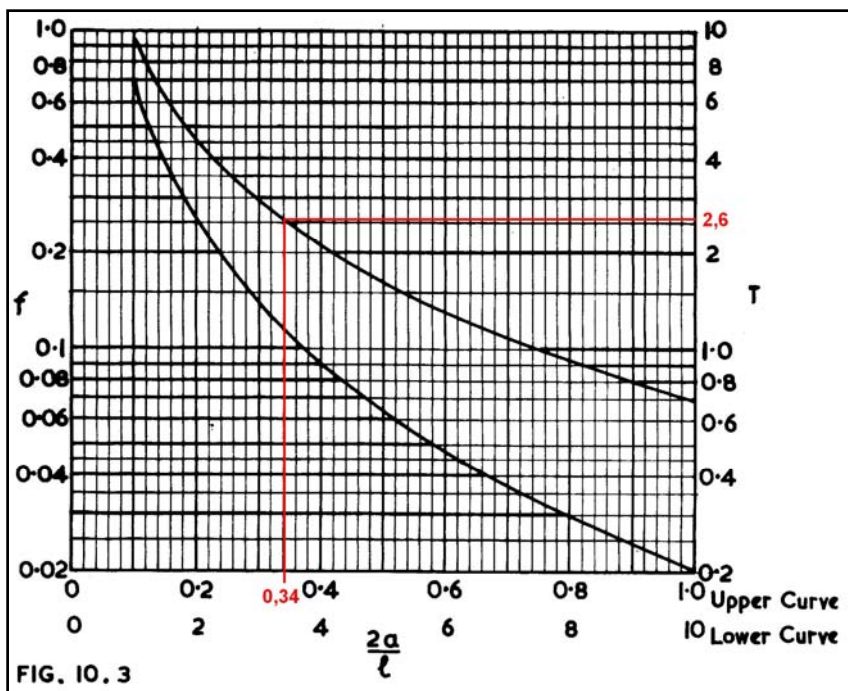
Utilizaremos el mismo método ya explicado anteriormente:

- Tenemos un tubo de cartón que utilizaremos para devanar sobre él la bobina. El diámetro es de **Ø 1,40 cm**

- Utilizamos alambre de cobre esmaltado cuyo diámetro es de 1,0 mm = **0,1 cm**

- La autoinducción de la bobina que hemos calculado en los apartados anteriores es de **6,77 μH**

Así pues: $L = 6,777 \cdot 10^{-6} \text{ H}; 2a = 1,40 \text{ cm}; P = 0,1 \text{ cm}$



1) Cálculo de F:

$$F = 12,658 \cdot \frac{LP^2}{a^3} \quad F = 12,658 \cdot \frac{6,777 \cdot 0,1^2}{\left(\frac{1,40}{2}\right)^3} = 2,5$$

2) Con el valor de F calculado entramos en la gráfica, en el lado derecho, y leemos, sobre la curva superior el valor de $2a/l$

$$\frac{2a}{l} = 0,345$$

Siendo $2a = 1,4 \quad l = \frac{1,4}{0,345} = 4,05 \approx 4 \text{ cm}$

Calculamos ahora el número de vueltas:

$$N = \frac{l}{p} \text{ Siendo } l = \text{longitud}; p = \text{paso de la bobina (grosor alambre)}$$

$$N = \frac{4,05}{0,1} \quad N = 40,58 \text{ más o menos igual a } 41 \text{ vueltas}$$

Bibliografía

Cálculo de una bobina de onda corta (SW)

Explicaremos ahora el cálculo de una bobina de onda corta, que aunque no la hemos utilizado en el montaje de nuestra radio de galena, sí que en otro montaje posterior la utilizaremos (queda para otra edición de este suplemento).

Utilizaremos una forma cilíndrica de cartón de **1,4 cm** de diámetro y alambre esmaltado de cobre de 1 mm = **0,1 cm**. La frecuencia inicial la fijamos en **3.200 kHz**.

Según los razonamientos análogos del cálculo de la bobina de OM, la inductancia será:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 3200000^2 \cdot 365 \times 10^{-12}} = 6,777 \times 10^{-6} \text{ H} = 6,77 \mu\text{H}$$

Cálculo de la frecuencia superior cuando el condensador esté en su posición mínima: 30 pF

$$f = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Construcción de receptores de Onda Corta

R.A., Penfold; Ediciones CEAC

ISBN: 84-329-6630-4

Aprenda Radio realizando sencillos montajes

B. Fighiera; Marcombo Boixareu Editores

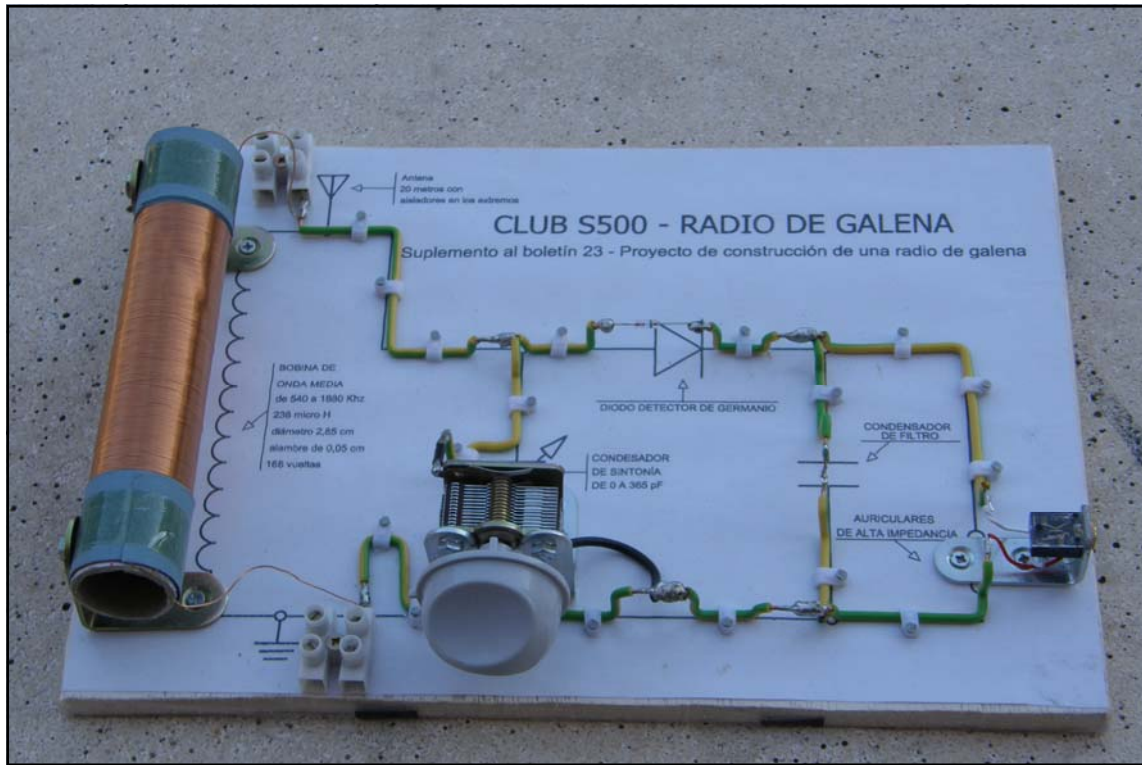
ISBN: 84-267-0667-39

Diseño de Bobinas (artículo)

C. Pérez Vega y J. M. Sainz de la Maza. Universidad de Cantabria. Dpto. de Ing. de Comunicaciones. Laboratorio de Radiocomunicación y Televisión

ESTE SUPLEMENTO ESTÁ DEDICADO A LA MEMORIA DEL PROFESOR D. FERNANDO MAYMO GOMIS, DIRECTOR Y FUNDADOR DE LA ESCUELA DE RADIO MAYMO, QUIEN DEDICÓ SU VIDA A LA ENSEÑANZA DE LA RADIODIOTÉCNICA, CON GRAN ESMERO Y CARIÑO, PLASMANDO SU PECULIAR ESTILO EN SUS CLASES Y CUADERNOS. CON NUESTRO AGRADECIMIENTO POR LA GRAN LABOR QUE LLEVÓ A CABO A LO LARGO DE MUCHOS AÑOS





RESULTADO FINAL



- a) <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/P5120045.zip> (1'53"; 11,5 MB)
- b) <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/P6020025.zip> (3'39"; 22,1 MB)
- c) <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/P6020026.zip> (0'38"; 3,96 MB)
- d) <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/P6020027.zip> (1'48"; 11,1 MB)
- e) <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/P8090171.zip> (11'0"; 66,6 MB)

Vídeos a) 12 mayo 2012, b), c) y d) 2 junio 2012 (Olocau). e) 9 agosto 2012 (Portaceli). TOTAL: <http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/galena.zip>

CON MOTIVO DE LA EDICIÓN DEL NÚMERO 25 DEL BOLETÍN DIXISTA CLUB S500 Y DEL NUEVO SUPLEMENTO QRM HEMOS PREPARADO UN SORTEO MUY ESPECIAL.

TODOS LOS LECTORES QUE DESEEN PARTICIPAR TAN SÓLO TIENEN QUE REMITIR UN CORREO ELECTRÓNICO A LA DIRECCIÓN JULIOMAJU@GMAIL.COM CON UNA APORTACIÓN (PEQUEÑA PARTICIPACIÓN) PARA EL BOLETÍN DIXISTA CLUB S500 (FOTOGRAFÍA, IMAGEN QSL, COMENTARIO, ARTÍCULO, OPINIÓN, NOTA, ETC...).

ENTRARÁN EN EL SORTEO TODOS LOS CORREOS ELECTRÓNICOS RECIBIDOS HASTA EL DÍA 31/05/2013, INDEPENDIEMENTE DE QUE TAL APORTACIÓN SEA PUBLICADA O NO.

EL PRIMER Y ÚNICO PREMIO CONSISTE EN UN LOTE COMPLETO DE TODOS LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA CONSTRUIR UNA RADIO DEL TIPO "DE GALENA", INCLUYENDO EL MANUAL EDITADO POR EL S500, COMO PRIMER SUPLEMENTO DEL BOLETÍN, Y POR SUPUESTO UN AURICULAR DE ALTA IMPEDANCIA NECESARIO PARA HACER FUNCIONAR LA CONSTRUCCIÓN. LA DIRECCIÓN DEL S500 CONTACTARÁ DIRECTAMENTE CON EL GANADOR Y APARECERÁ ESTE EXTREMO EN BOLETÍN POSTERIOR. DICHO AGRACIADO RECIBIRÁ, EN LA DIRECCIÓN QUE NOS INDIQUE, EL PREMIO POR CORREO POSTAL CERTIFICADO.

Sorteo S500

Participa y podrás construirte tu propia radio "de galena"

www.clubs500.es

