



POD... ¡PHONE...

¿Pueden el agudo de una soprano, el canto de un ruiseñor o incluso una canción entera ser reproducidos fielmente por un suceso tan repentino, y aparentemente incontrolable, como una descarga eléctrica? Aunque pueda parecer imposible, cuando probéis el iTesla que presentamos en este artículo, os daréis cuenta de hasta qué punto puede ser real este fenómeno mágico.

Hace algún tiempo nuestros diseñadores nos pidieron que echáramos una ojeada a una nueva y curiosa aplicación en la que estaban trabajando y, entrando en el laboratorio, fuimos recibidos por el festivo **canto de un ruiseñor**.

El sonido que llenó la sala en ese momento era tan limpio y claro que no pudimos más que mirar a nuestro alrededor pensando que el pajarillo tenía que estar escondido en algún rincón de la habitación. Sin embargo, en la mesa frente a nosotros, no había nada más que el arsenal habitual de instrumentos de calibración y un generador de Tesla, que irradiaba una serie ininterrumpida de chispas fluorescentes.

Sólo después de haber disfrutado mucho a nuestra costa, nuestros colegas nos confesaron lo que a primera vista parecía increíble: que ese sonido tan agradable no provenía de un altavoz, como pensábamos, sino del **generador de Tesla** que teníamos delante o, para ser más precisos, de sus coloreadas **chispas**.

Al ver nuestra incredulidad, nos explicaron el principio de funcionamiento de este extraordinario dispositivo, que consiste en conducir con una **señal de audio** de baja frecuencia un circuito **oscilador mosfet**, conectado a una **bobina de Tesla**.

El oscilador está diseñado a fin de poner en **resonancia** la **bobina** a una frecuencia muy alta, utilizando la combinación entre la **inductancia** y la **capacidad parásita** de su envolvente. Se produce así en los extremos de la bobina una tensión de **decenas de miles de voltios**, lo que crea una fuerte ionización del aire, originando una **descarga eléctrica continua** entre su terminal de alta tensión y el aire circundante.

Si en este punto se envía una **señal de audio** a los puertos mosfet del oscilador se produce en la bobina del generador una variación de la corriente que la atraviesa, cuyo valor depende de la amplitud de la señal. De esta manera **la intensidad de la descarga eléctrica** producida por la bobina se modifica segundo a segundo, "persiguiendo" fielmente la evolución de la **señal BF** aplicada a la entrada.

El resultado es una **reproducción sonora** de la señal

de audio de la **banda** de los **agudos**, ya que la propia naturaleza del sistema no permite la reproducción de los graves. En este caso, en lugar de usar el cono de un altavoz para producir ondas de sonido se aprovecha la continua variación de la intensidad de la descarga eléctrica.

Quedamos tan fascinados por este dispositivo que no teníamos la menor duda de que también podría despertar en nuestros lectores la misma curiosidad que nos había producido a nosotros.

Así nació el proyecto que presentamos del **iTesla**, fruto de nuestra invención, pero inspirado en un ingenioso descubrimiento que data de hace más de un siglo: el llamado "**arco cantante**".

Después de haber fabricado nuestro **iTesla** sugerimos que lo probéis en un rincón de la casa en penumbra. De esta manera, el parpadeo de las chispas, que

¡PAD... ¡TESLA...



Fig.1 En esta foto se puede ver cómo queda el proyecto del estroboscopio con led de potencia una vez terminado el montaje.

se ramifican en el aire desde la punta de la bobina, será más evidente. Si queréis añadir un toque de originalidad, no tendréis más que conectar la **entrada BF** del Tesla a un sintonizador de radio, a un lector de CD o incluso al iPod.

Un curioso descubrimiento

Antes de la invención de la lámpara incandescente por Thomas Edison, en la segunda mitad del siglo XIX, para la iluminación de las vías públicas se aprobó en Inglaterra la lámpara de arco. A pesar de que fue un gran paso adelante con respecto a la antigua iluminación de gas, llegando a producir una luz blanca muy intensa, la lámpara de arco tenía algunos defectos: el primero era que los dos electrodos de carbono, debido a su rápido consumo, debían ser reemplazados continuamente.

La otra era que, durante su funcionamiento, la lámpara producía un continuo y molesto **zumbido**. Para resolver este último problema, en 1899 las autoridades encargaron su estudio al físico británico William Duddell (1872 - 1917).

Duddell se dedicó a una cuidadosa observación del arco fotovoltáico y, para entender su funcionamiento, comenzó aplicando a dos electrodos de carbón una **tensión** constante, de valor controlado, **augmentando** gradualmente. Se dio cuenta de que el **zumbido** de la lámpara no era inherente a la descarga eléctrica producida por el arco, sino que se debía exclusivamente al hecho de que el **voltaje** aplicado a los electrodos **no era constante**. Cualquier fluctuación en la tensión, de hecho, producía variaciones en la intensidad que atravesaba los electrodos y esto modificaba la intensidad de la descarga eléctrica producida por el arco, dando lugar a la formación de las ondas de sonido responsables del molesto zumbido.

Investigando este fenómeno, más adelante, Duddell hizo otro curioso descubrimiento. Se dio cuenta de que las ondas sonoras producidas por el arco fotovoltáico no eran un suceso caótico, como podría parecer a primera vista, sino que el sonido producido podía variar en **amplitud y frecuencia**, siempre y cuando se aplicara el control exacto a la corriente que atravesaba los electrodos.

En la práctica, se dio cuenta de que si se aplicaba a sus extremos una tensión modulada de cierta manera, la lámpara de arco, literalmente, "**cantaba**". Así fue que Duddell quien inventó "**el arco cantante**." Este dispositivo, conectado a un **teclado**, es capaz de producir **notas musicales** individuales, de amplitud y frecuencia determinada como cualquier instrumento musical, anticipándose en medio siglo a la invención de los modernos **instrumentos electrónicos**.

Cuando Duddell presentó su invento en el **Instituto de Ingeniería Eléctrica de Londres**, sus colegas se sorprendieron cuando fue capaz de hacer sonar simultáneamente la misma melodía en varias lámparas de arco conectadas entre sí y colocadas en diferentes edificios. A pesar de la extraordinaria exhibición, esta invención que, como un moderno "**hilo musical**" podría haber llevado la música a las calles de Londres con la red de iluminación pública, fue inexplicablemente dejada de lado por su descubridor que, probablemente, no le vio ninguna utilidad práctica.

Y así, el proyecto del arco cantante que habría podido cambiar la historia de la reproducción de sonido, fue abandonado en un cajón durante más de medio siglo. No volvió a ver la luz hasta **principios de los 60** cuando algunos fabricantes de altavoces decidieron usar el arco cantante para construir un nuevo tipo de **tweeter**, que es un altavoz diseñado para reproducir **sonidos agudos**.

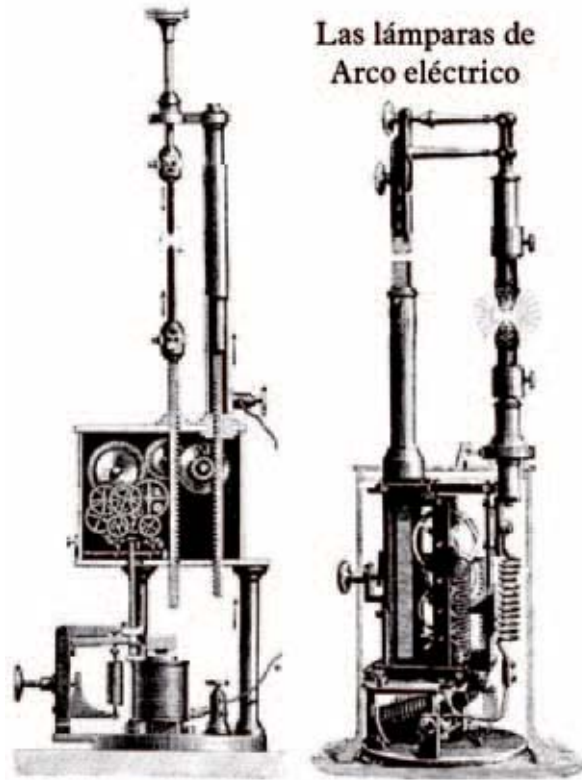
Así nació el "**tweeter de plasma**", un innovador transductor acústico que, en lugar de la membrana impulsada por un electroimán, utiliza una **descarga eléctrica** para producir las ondas sonoras. Hablamos de plasma porque, igual que ocurre en los rayos, la descarga eléctrica produce un rápido calentamiento del aire que lo atraviesa, convirtiéndolo en plasma, un gas que está fuertemente ionizado. Este fenómeno provoca una repentina expansión de la columna de aire que rodea la chispa, creando una **onda de choque** que es percibida por el oído humano como un **sonido**.

Dado que el plasma producido por el aire de la descarga que lo rodea tiene una densidad diferente se crea entre ellos un **frente** que los separa. Al modular la intensidad de la corriente eléctrica que

Las lámparas de Arco eléctrico

Fig. 2 En la figura se representan dos de los primeros prototipos de la lámpara de arco auto-regulable, la de Foucault y la de Dubosq, a la izquierda, y la de Serrin a la derecha.

La lámpara de arco introdujo una mejora significativa en el campo de la iluminación pública, pero presentaba, además de un consumo rápido de los electrodos, también un molesto zumbido durante su funcionamiento. Fue precisamente tratando de eliminar este problema cuando William Duddell descubrió en 1899 que, aplicando a sus extremos una tensión adecuadamente modulada, era posible reproducir con una fidelidad asombrosa los sonidos de una pieza musical.



atraviesa la descarga se puede ampliar o reducir el frente aire-plasma, modulando así las ondas la presión derivadas de ello, que es el **sonido**.

Una de las ventajas de este tipo de reproducción de sonido es que éste se irradia en todas direcciones, produciendo en el oyente un particular efecto “**envolvente**”.

Al no tener que depender de la inercia de las partes en movimiento, este tweeter también tiene una **respuesta rapidísima** combinada con una gran eficiencia en la reproducción de sonidos de tono alto. Destacamos “sonidos de tono alto o agudos” por razones obvias, porque el límite del altavoz es que tanto su **frecuencia** de trabajo **inferior** como la **presión sonora** producida dependen muchísimo del tamaño de la **descarga** que, evidentemente, no puede ser demasiado amplia. Por esta razón, este transductor no puede ser utilizado para reproducir sonidos **medios** ni, mucho menos, **bajos**.

Otro inconveniente del altavoz de agudos de plasma deriva de que la descarga eléctrica, la ionización del aire, transforma el oxígeno en **ozono** (O3), un gas de típico olor y de efecto **irritante**. Por esta razón no se

recomienda realizar un uso prolongado, pues puede ser perjudicial para la salud.

El “tweeter de plasma” causó sensación cuando fue fabricado por primera vez. Sin embargo, no hubo muchas empresas dispuestas a sacar adelante el proyecto (las más famosas son **Acapella**, **Ionovac** y **Magnat**), porque cuando fue diseñado no se disponía de los modernos componentes en **estado sólido** y esto rendía muy costoso el proyecto del circuito de pruebas de este dispositivo.

Con los años, a menudo se han aventurado a construirlo muchos expertos y aficionados al audio, excitados por la calidad de su reproducción de sonido, que se caracteriza por la presencia de agudos y que puede llegar a fácilmente a frecuencias casi “ultrasónicas” de 22 kHz y más.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Este circuito se puede utilizar de dos maneras diferentes: para producir amplias **descargas eléctricas** que se irradian por el aire desde la punta de la alta tensión de la bobina, creando efectos

especiales de iluminación, como pasa en la clásica **bobina de Tesla**, o bien para **reproducir sonidos** mediante la modulación con una **señal de audio** de la descarga eléctrica. Para llevar a cabo estas funciones se utiliza un **mini transformador de Tesla**.

Algunos podrían pensar que hacer un **mini transformador de Tesla** es más fácil que fabricar la clásica **bobina** de gran tamaño. Pero en realidad no es así porque, siendo la bobina de Tesla "**resonante**", reducir sus dimensiones supone inevitablemente obtener un aumento en su **frecuencia de resonancia**. Este **aumento** de la **frecuencia de resonancia** entraña muchas dificultades para realizar el circuito de control, ya que fácilmente se pasa de unos **cientos de kHz** (véase nuestro proyecto **LX.1292**) a tan sólo **algunos MHz**.

La bobina necesaria para la realización de este proyecto está compuesta por unas **1.400** vueltas a un tubo de plástico, similar a las utilizadas en instalaciones eléctricas, de **25 mm** de diámetro y tiene una **frecuencia de resonancia** de aproximadamente **1,5 MHz**.

Por lo tanto, es impensable utilizar un **control de onda cuadrada** para conducir una o dos fuentes de alimentación MOSFET tal y como lo hicimos en nuestro anterior circuito **LX.1292**.

La **capacidad del puerto mosfet**, que es de algunos nanofaradios, no permite el uso de los controles que normalmente se utilizan para manejar los Mosfet a una frecuencia inferior.

Hemos elegido por eso un **circuito auto-oscilante**, que simplifica en gran medida el esquema, con un rendimiento inferior al de un hipotético circuito de control, pero eliminando a la vez otro problema: la **reducción** de intensidad de la "**chispa**" que se produce cada vez que se acerca a la bobina.

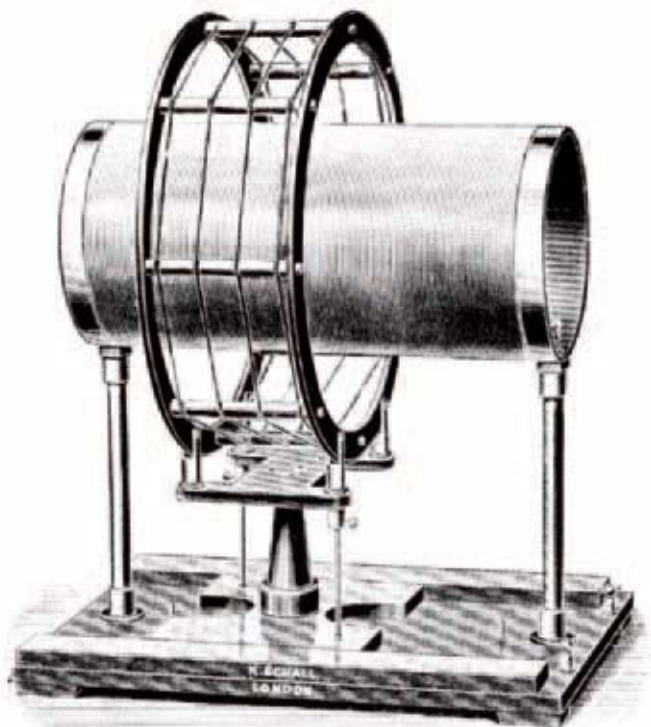
Este fenómeno se debe a la capacidad parásito que modifica, **reduciéndola**, la **frecuencia de resonancia** de la bobina, y está presente en todos los circuitos de Tesla "impulsados", salvo que se usen dispositivos especiales para circuitos de feedback.

Nuestro circuito oscilador podrá **ajustar automáticamente la frecuencia**, por lo que se tendrá siempre la **resonancia** de la bobina aunque se acerquen las manos a la misma.

La inductancia de nuestra bobina tiene un valor de **3.76 mH** que, junto con la capacitancia distribuida que es de **3 pF**, permite obtener una frecuencia de resonancia de **1,5 MHz** y es a esta frecuencia a la que la bobina debe ser utilizada para obtener la descarga típica.

Fig. 3 Así era uno de los primeros modelos de la bobina de Tesla. La particularidad de este dispositivo es que el alto voltaje que se genera en el envolvente secundario no se produce por la simple relación de espirales existente entre el primario y el secundario, sino en el transformador.

La bobina de Tesla se comporta más bien como una antena resonante en la que la tensión se sus extremos alcanza su máximo valor cuando la longitud de la antena corresponde a 1/4 de la longitud de onda de su frecuencia de trabajo.



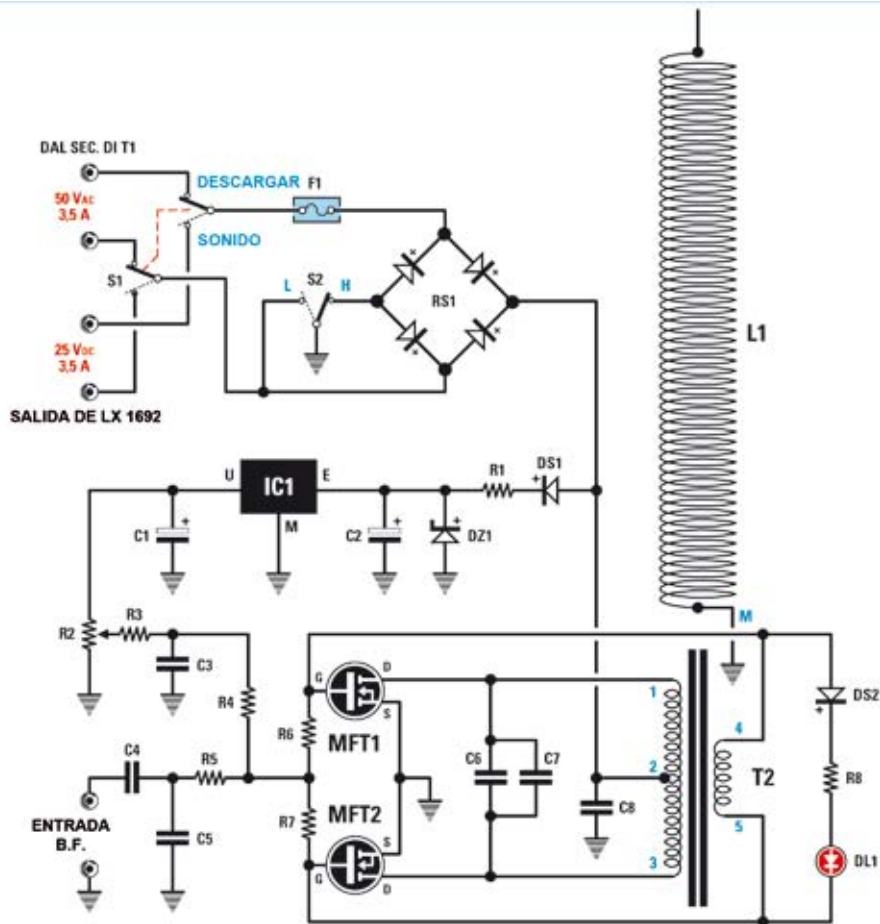
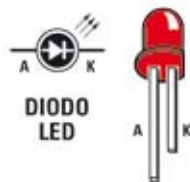
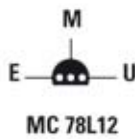


Fig. 4 Esquema eléctrico de Tesla. El dispositivo se alimenta con una tensión de 50 V CA cuando se utiliza como un simple generador de chispas, y un voltaje de 25VDC cuando se utiliza para la reproducción de sonido. A continuación, conexiones de algunos componentes y la lista de componentes en general.



DIODO LED



MC 78L12



K 2150

LISTA DE COMPONENTES LX.1776

R1 = 270 ohm 2 vatios
R2 = 1.000 ohm trimmer
R3 = 680 ohm
R4 = 1.000 ohm
R5 = 1.500 ohm
R6 = 4,7 ohm 2 vatios
R7 = 4,7 ohm 2 vatios
R8 = 220 ohm
C1 = 10 microF. electrolítico
C2 = 10 microF. electrolítico

C3 = 100.000 pF poliéster
C4 = 1 microF. multicapa
C5 = 100 pF cerámico
C6 = 820 pF cerámico VHF
C7 = 820 pF cerámico VHF
C8 = 1 microF. multicapa
RS1 = puente rect. 400 V 8 A
DS1 = diodo tipo 1N4007
DS2 = diodo tipo 1N4150
DZ1 = zener 27 V 1 vatios

DL1 = diodo led
MFT1 = mosfet tipo 2SK2150
MFT2 = mosfet tipo 2SK2150
IC1 = integrado tipo MC78L12
L1 = bobina mod. L1776
T1 = transform. 190 vatios (TT19.01)
sec. 25+25 V 3,5 A
T2 = transform. mod. TM1776
F1 = fusible 5 A
S1 = interruptor
S2 = conmutador 5 A

Para determinar empíricamente la frecuencia de resonancia de cualquier **bobina de Tesla** se puede usar un **generador de funciones** que tenga una salida de **baja impedancia (50 ohmios)**, capaz de proporcionar una amplitud de la señal de al menos **30 Voltios pico a pico** y una pequeña **bombilla de neón** que medirá el nivel de tensión, como se muestra en la figura 5.

La salida del generador estará conectada a un enlace formado por **5-10** vueltas de **cable aislado**, envuelto en la **bobina** que se prueba.

La **amplitud de la señal** de salida del generador se fijará en el valor **máximo**. Es preferible seleccionar la **onda sinusoidal** para evitar falsas resonancias en frecuencias armónicas (si se elige, por ejemplo, la onda cuadrada).

Para la calibración, la **bombilla de neón** se pone en contacto con un terminal de alta tensión de la **bobina**, mientras que el otro terminal debe dejarse libre en dirección al aire circundante.

De esta manera, la bombilla funciona como un **indicador**, encendiéndose cuando el campo eléctrico de sus extremos alcance un valor apreciable. La calibración consiste en cambiar poco a poco la **frecuencia** del generador hasta que la bombilla se encienda, lo que coincidirá con el alcance de la **frecuencia de resonancia** de la bobina. Una vez que se ha encontrado la frecuencia de resonancia, basta con acercar una mano a la bobina para **reducir el brillo** de la bombilla o su completo apagado.

Esto significa que la capacidad añadida ha modificado la frecuencia de resonancia. Por lo tanto, con el fin de volver a encender la bombilla, tendremos que actuar sobre la frecuencia del generador.

En la práctica, la bobina se comporta como un **circuito resonante** con un alto **factor de calidad Q**, capaz por tanto de **“amplificar”** en gran medida la unidad de tensión, en detrimento de la corriente.

Es interesante observar que, siguiendo este procedimiento, puede encontrarse más de una frecuencia de resonancia en la que se obtenga un brillo máximo de la bombilla de neón. En este caso se debe elegir la frecuencia a la que se cuenta con el **máximo** de luminosidad.

Tras esta breve explicación, pasamos a describir nuestro circuito.



Fig.5 Para estimar la frecuencia de resonancia de una bobina es suficiente con fabricar un circuito como el que se muestra en la figura. Se utiliza un generador de onda sinusoidal conectado a un link de 5-10 espirales envueltas en la bobina que se medirá. Un extremo de la bobina está conectado al generador, mientras que el otro está conectado a un terminal con una pequeña bombilla de neón.

La calibración consiste en variar progresivamente la frecuencia del generador para encender la bombilla. El punto de máximo brillo corresponde a la frecuencia de resonancia de la bobina.

El esquema eléctrico es realmente muy simple, ya que, mediante la adopción de un circuito **“auto-oscilante”**, sobra la parte de generación de la **señal** y su correspondiente **conductor**. Los únicos componentes activos de potencia utilizados en el oscilador son los dos **mosfet TOSHIBA 2SK2150 de 500 voltios - 15 A**, usados para obtener la señal de potencia necesaria para energizar la bobina.

Se usa una **vara de ferrita** para envolver las dos bobinas (una con **toma central**), necesarias para obtener el **oscilador de potencia**.

El regulador de voltaje **78L12 de 12 voltios**, denominado IC1, se utiliza como una fuente de **tensión constante** de la polarización de los dos mosfets, ya que la puesta en marcha de las oscilaciones requiere una polarización adecuada.

La tensión de arranque se establece con el **trimmer R2**, mediante un sencillo procedimiento de calibración.

Cuando el circuito sólo se utiliza para generar **descargas eléctricas**, el doble **desviador S1** se pone de modo que suministre a la entrada del circuito **LX.1776** los **50 VAC** que vienen de los dos **extremos** del secundario del transformador.

Sin embargo, cuando el circuito se utiliza para la reproducción de sonido, el **desviador S1** se coloca para proporcionar al circuito **LX.1776** una tensión continua de 25 voltios, ajustada con el **trimmer R10** en el circuito de **LX.1692/5**. En este caso, actuando sobre el **desviador S2 H-L** la frecuencia de la descarga **no se cambia** en ninguna manera.

Quien no quiera utilizar el Tesla para la reproducción de sonido, puede evitar la compra de la tarjeta **LX.1692/5** y su correspondiente **disipador de calor (cod.AL90.8)**, o puede comprarla en un segundo momento si desea activar esta función o utilizar cualquier fuente de alimentación capaz de suministrar una tensión máxima de **25 voltios** con al menos **5 amperios** de corriente.

Utilizar como un GENERADOR de DESCARGA ELÉCTRICA

Para una mejor eficacia, el circuito se alimenta con una tensión por impulsos que se puede obtener por medio del **desviador S2**, enderezando una onda media (**half wave**) o enderezando una doble semi onda (**full wave**), obteniendo una **frecuencia** diferente de las descargas producidas por la bobina que pueden llegar a los 4-5 cm de altura.

Con el interruptor en la posición H (**full wave**) se utilizará el puente rectificador completo, obteniendo una frecuencia de **100 Hz**. Con el desviador situado en la posición L (**half wave**) se utilizará, sin embargo, un único diodo rectificador del puente, lo que dará una frecuencia de descarga de **50 Hz**, la mitad que la anterior.

El consumo de corriente (a **45 V RMS**) es de aproximadamente **2 amperios** en onda media y de **4 amperios** en onda completa. La potencia del diodo **DL1** se obtiene cuando se enchufa el oscilador y puede servir como chivato para ver si el oscilador funciona.

Nota: Cabe señalar que el circuito **no** está previsto para operar ininterrumpidamente, ya que la

temperatura de trabajo de los mosfet, de la ferrita y de la propia bobina se **eleva** significativamente durante su funcionamiento, por tanto, no debe mantenerse encendido mucho rato. De lo contrario, corremos el riesgo de sobrecalentamiento hasta fundir las piezas de plástico que soportan el núcleo de ferrita y la bobina, **dañando de forma permanente el dispositivo**.

Además, hay una liberación de ozono en el aire a causa de la descarga eléctrica. Por lo tanto, no se debe utilizar este circuito por largos períodos de tiempo y se debe **ventilar** la sala durante su funcionamiento.

Utilizar como ALTAVOZ

En este caso todo el circuito debe ser alimentado con una tensión continua estabilizada, sin *ripple* para evitar zumbidos de fondo. Para ello se utiliza la potencia de **25 Voltios DC** que ofrece la **tarjeta de alimentación LX.1692 / 5**.

Hay que tener en cuenta que durante su uso como altavoz tendrá un arco de amplitud de menor magnitud, alrededor de **1 cm** de largo, con respecto al uso como **generador de descargas eléctricas**.

Para conseguir la **reproducción de sonido**, la **entrada BF** del circuito se puede conectar a cualquier fuente capaz de ofrecer una **señal de audio** de amplitud comprendida entre los **2-3 Vpp**, que se regulará de manera apropiada para obtener la mejor fidelidad posible.

También en el uso del Tesla como difusor de sonido valen las mismas precauciones mencionadas anteriormente.

EJECUCIÓN PRÁCTICA

El Tesla se compone de la **bobina**, el **circuito LX.1776** y el **alimentador LX.1692/5**.

Se puede comenzar con la instalación de los pocos componentes del **LX.1776** en el circuito y la fijación del disipador de calor.

Se coge el circuito impreso y, por el lado de los componentes, se introducen las **resistencias** que habrá que identificar por bandas de colores marcadas en su cuerpo. Como se puede ver, además de la resistencia de **1/4 de vatio**, también hay otras 3 resistencias de **2 vatios** que se colocan en las posiciones asignadas, **separándolas** al menos **1-2 cm** del circuito impreso.

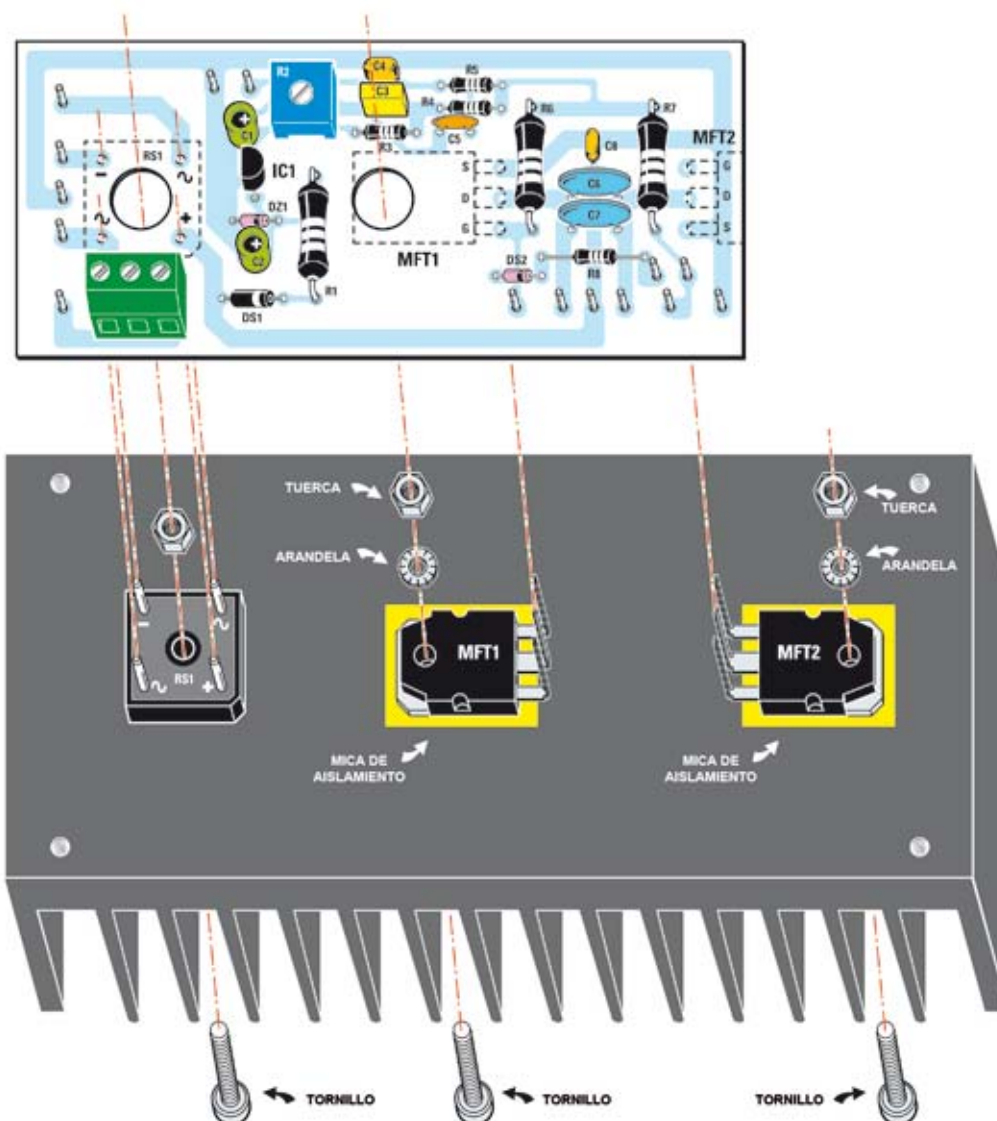


Fig. 6 Después de completar la instalación de la tarjeta LX.1766, hay que fijarla en el disipador de calor, como se muestra en la figura.

Se introduce, en la posición que le corresponde, el **trimmer R2** de **1000 ohmios**. Luego, el condensador de **poliéster C3**, los dos **condensadores multiestratos C4-C8**, los 3 **condensadores cerámicos C5 -C6-C7** y los **condensadores electrolíticos C1-C2-C3**, respetando su polaridad y teniendo en cuenta que su **polo positivo** corresponde al extremo más largo.

A continuación, introducir los dos **diodos DS1 y DS2** y el diodo **Zener DZ1**, asegurándose de que las franjas marcadas en su cuerpo queden como se muestra en la figura 6.

Poner en la posición asignada el **integrado IC1**,

dirigiéndolo hacia el lado izquierdo de su lado plano. Por último, soldar sobre el circuito la **clema de 3 polos**, necesaria para la conexión al transformador de alimentación.

En este punto el montaje del circuito LX.1776 está acabado.

Ahora, toca montar el **punteo rectificador RS1** y los dos mosfet de potencia **MFT1- MFT2** sobre el disipador de calor.

Para hacer esto hay proceder del siguiente modo: coger los dos **mosfet 2SK2150** y doblar sus tres

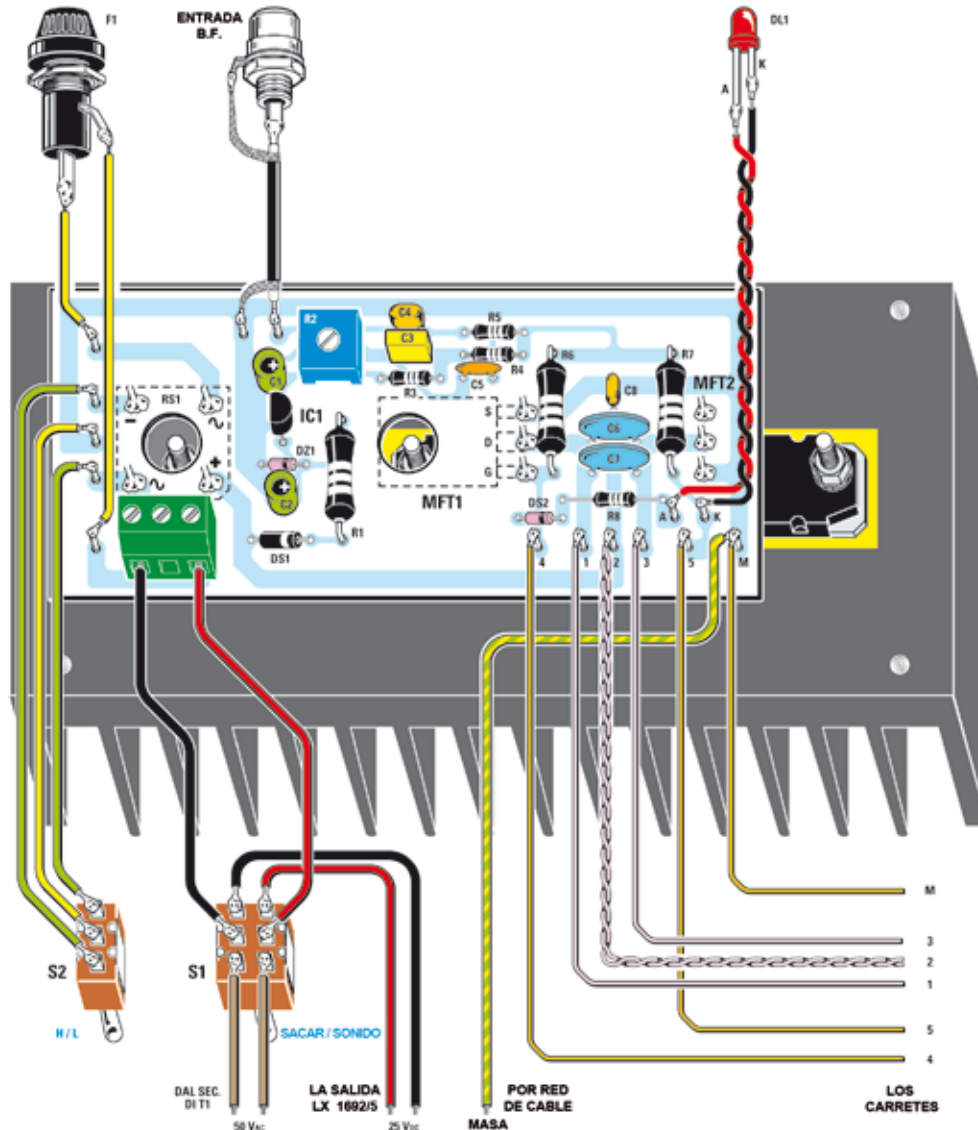


Fig.7 Hay que prestar mucha atención a la polaridad de los cables rojo y negro que conectan el interruptor S1 a la clema y a la tarjeta de LX.1692/5. En caso contrario, se puede dañar el circuito. A continuación, conectar el cable de tierra como se muestra en la figura.

extremos hacia arriba donde el terminal más estrecho se ensancha, como se muestra en la figura 6. De este modo, los terminales coincidirán con los orificios de la tarjeta LX.1776.

Poner en el disipador de calor las dos micas de aislamiento haciéndolas coincidir con los orificios existentes, como se muestra en la figura 6. Entonces se colocan los dos mosfet sobre las micas, poniendo su lado metálico hacia el disipador y luego fijándolos

con los tornillos.

Nota: para una mejor disipación del calor se recomienda interponer entre la mica y el metal de los mosfet una capa delgada de pasta termoconductor.

A continuación, se coge el puente rectificador RS1 y se pone por el lado de cobre en el circuito LX.1776, orientándolo para que sus terminales coincidan

con indicaciones serigrafiadas en el lado de los componentes de la placa.

Nota tenga cuidado de no poner incorrectamente el puente rectificador, de lo contrario puede dañarse el circuito al encenderlo.

En este punto, manteniendo en su lugar el puente rectificador con una mano, se coloca el circuito **LX.1776** sobre el disipador, de modo que los terminales de los mosfet encajen en sus respectivos orificios en el circuito.

Para ello, antes se puede introducir ligeramente los terminales de un mosfet en los agujeros y doblar los extremos del otro lado, hasta que coincidan con los orificios del circuito. Una vez hecho esto, se coloca el circuito para que quede a una distancia de aproximadamente **1 cm** del disipador, a fin de garantizar el flujo necesario de aire fresco, y se sueldan los terminales de los mosfet.

A continuación, centrar el **puente RS1** sobre el agujero que hay en el disipador y fijarlo con su tornillo. En este punto se puede realizar la soldadura de sus terminales y la instalación del **circuito de control LX.1776** puede considerarse terminada.

Ahora es el turno de la **placa de alimentación LX.1692/5**. Para la descripción del esquema eléctrico y para las instrucciones de montaje de este circuito, os remitimos a las instrucciones de la pág. 2-3-4-5-6-7-8- 9 de la revista N.232 que se adjunta al kit.

Nota de este proyecto hay que utilizar sólo **la tarjeta LX.1692/5** y **no el disipador de calor**, que tiene un código diferente (**AL90.8**).

Después de montar la tarjeta de **LX.1692/5** hay que girar el **trimmer R10** en el sentido de las agujas del reloj a fin de obtener la tensión de **25 voltios**. Esta medida se lleva a cabo con un tester.

MONTAJE DE LA BOBINA

Ahora ya está todo listo para llevar a cabo el montaje de la bobina. Para hacer esto hay que seguir las siguientes instrucciones.

Tomar el soporte plástico de la **bobina interna** (Ver **T2**) y observarlo con cuidado. Os daréis cuenta de que en el interior hay un pequeño canal, donde se

alojan los **cables del núcleo** de ferrita para evitar dañarlos. En la base de apoyo hay un agujero que donde se aloja el cable de la **bobina exterior** (ver **L1**).

Tomar el **núcleo** de ferrita. Insertarlo en el agujero del soporte de modo que los cables que vienen desde el núcleo entren en el surco interno y sobresalgan de la parte inferior del soporte, tal y como se muestra en la figura 8.

El núcleo se inserta **completamente** en el soporte, hasta llegar a la medida adecuada, como se ve en la figura 8.

Hecho esto, se toma el **soporte** de la **bobina externa** y se introduce completamente en su interior el soporte con el **núcleo** que se acaba de montar, hasta llegar a la **medida** interior adecuada (ver figura 9). Luego se coge la **bobina externa**, que tiene dos cables, uno más **corto** que corresponde a la **parte superior** y un cable más **largo**, envuelto en una madeja, que indica la **parte inferior** de la bobina. A partir del **borde inferior** del tubo que soporta la bobina, hay que medir una distancia de **35 mm**. Marcar esta medida en el tubo de plástico, siguiendo una fina línea de referencia con un rotulador, como se muestra en la fig. 9.

Coger el **cable extremo de la bobina** y pasarlo por el interior del soporte, centrando el orificio que hay para ello en el **soporte interno**. Dejarlo sobresalir, como se muestra en la misma ilustración.

A continuación, introducir la **bobina** en su soporte, hasta alcanzar la **línea** que se ha dibujado previamente (ver figura 10). Así, la bobina ya estaría colocada dentro del soporte.

Ahora, hay que conectar la **punta** al extremo **superior** de la bobina. Tomar la punta e insertarla en el orificio del tapón de plástico, a continuación inserte la arandela de conexión y la tuerca como se muestra en la figura 10. Pelar cuidadosamente el cable proveniente de la parte superior de la bobina y, después de haberlo preparado para la soldadura, soldarlo a la arandela de conexión.

A continuación, introducir el tapón en el soporte de la bobina, teniendo cuidado de que el **cable** siga en el interior, sin dañarlos. Así la instalación de la bobina puede considerarse terminada.

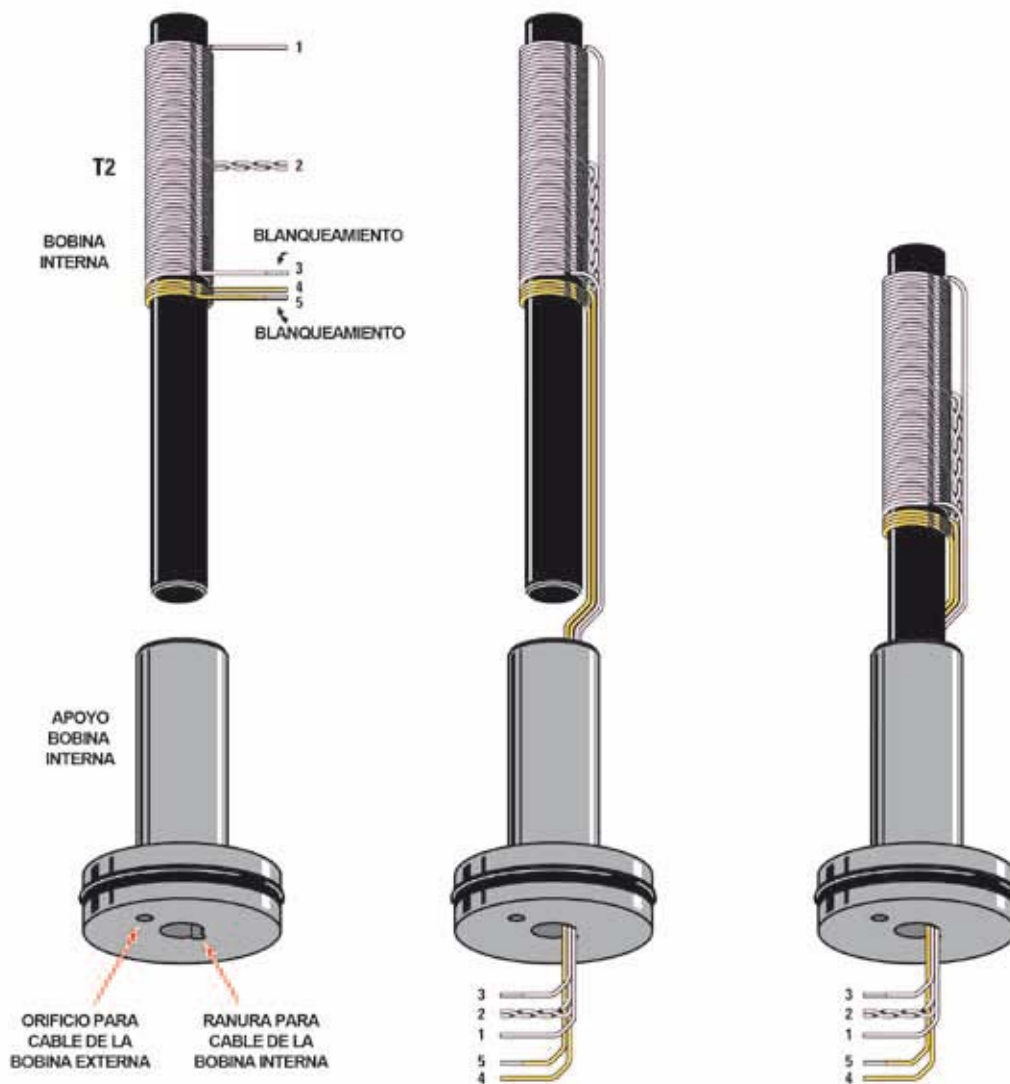


Fig.8 Esta figura y las siguientes representan la secuencia de montaje de la bobina. A la izquierda se representa el núcleo de ferrita en el que están las dos bobinas y su soporte. El primer paso consiste en pasar los 5 cables de los envolventes del núcleo por dentro del soporte, ajustados en su ranura. A continuación, se debe introducir el núcleo en el soporte, hasta que coincida con la medida adecuada.

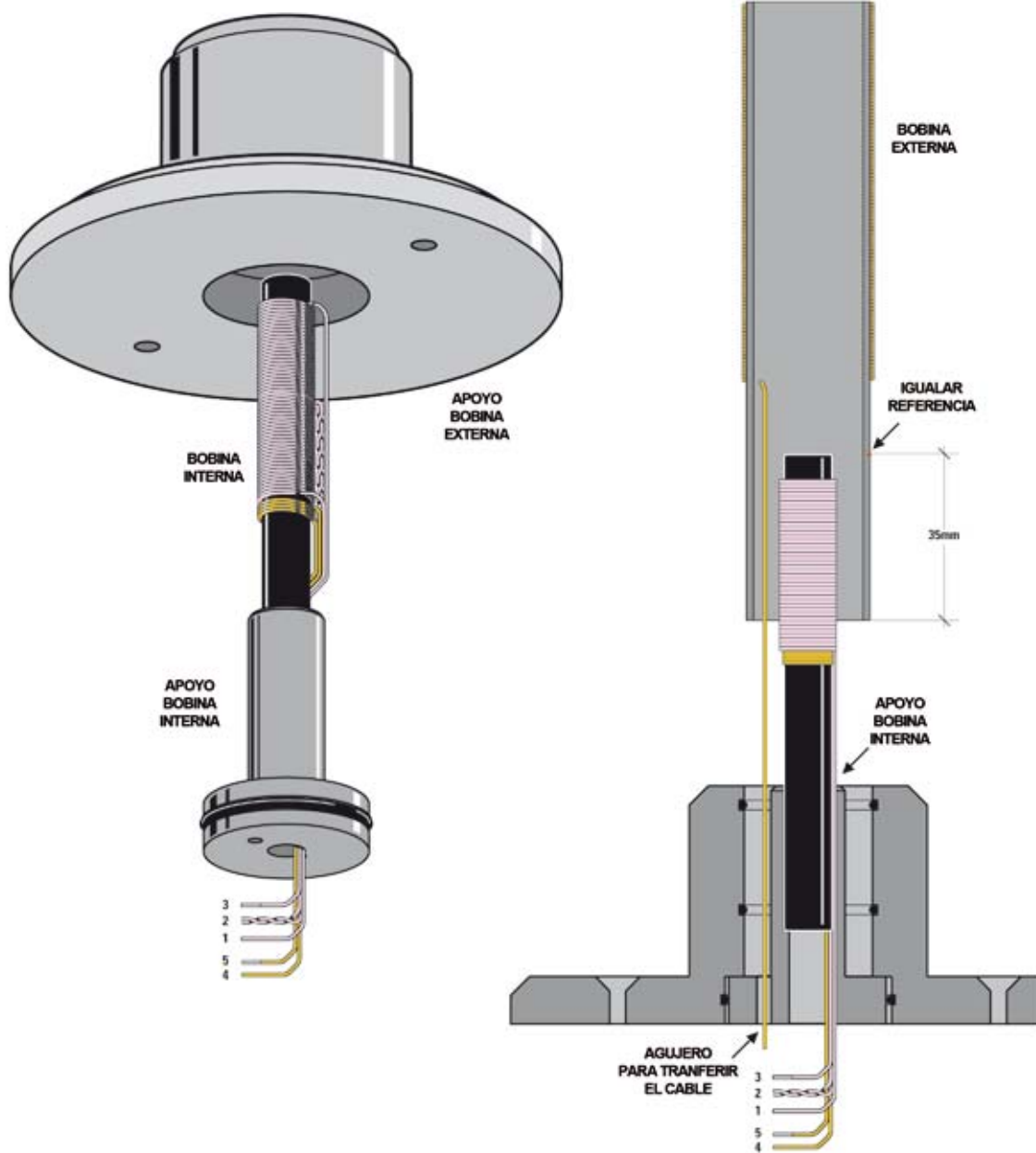


Fig. 9 Una vez que el núcleo se ha insertado en su soporte interno, se puede introducir este último en su soporte externo. El soporte interno va totalmente insertado en el soporte externo, hasta llegar a su medida adecuada.

En este punto hay que introducir el cable más largo, desde el extremo inferior de la bobina, en el agujero correspondiente en el soporte interno. Una vez hecho esto, hay que dibujar en el tubo de soporte de la bobina una línea a una distancia de 35 mm del borde inferior, como se muestra en el dibujo.

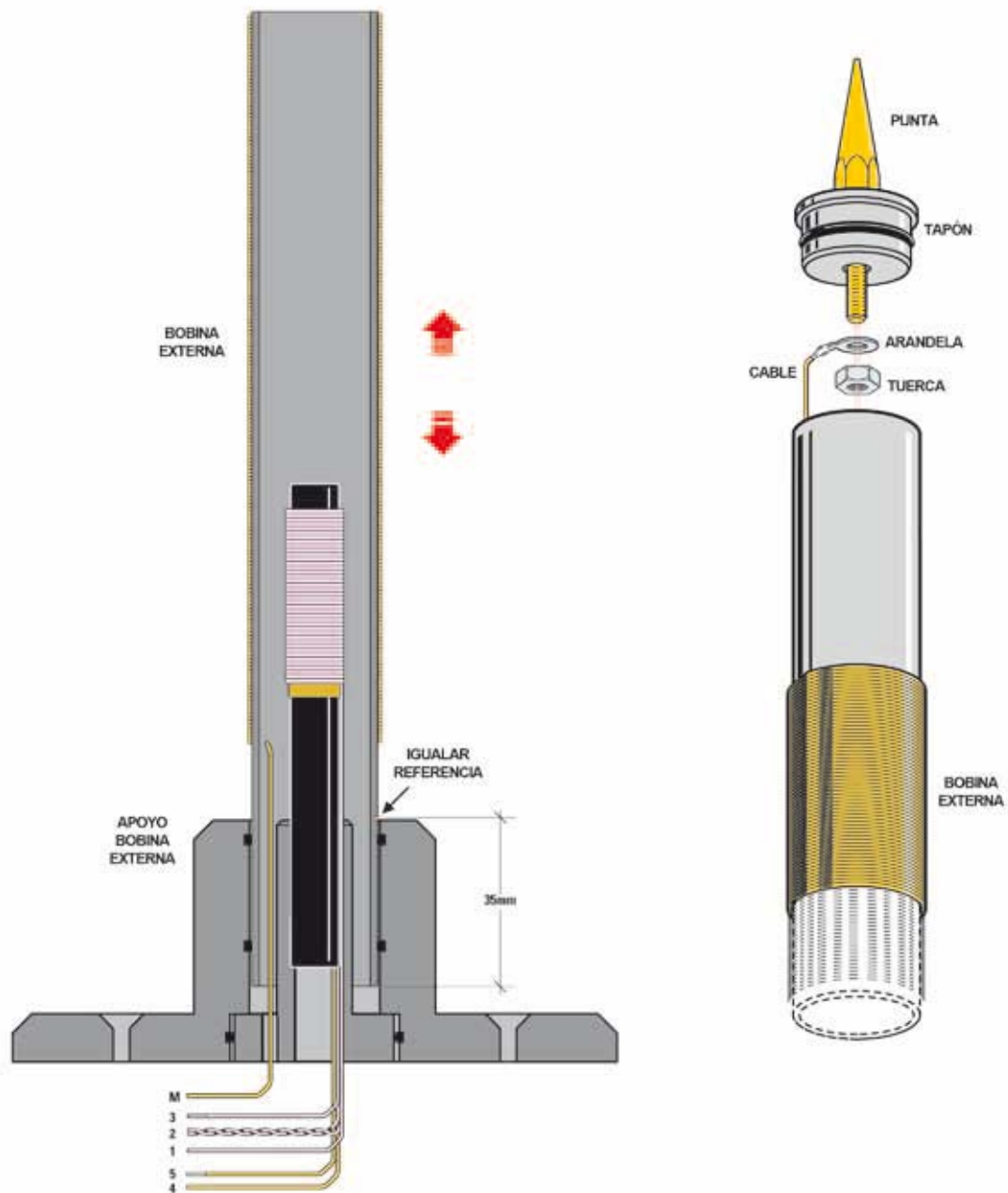


Fig. 10 El siguiente paso es insertar la bobina en el soporte externo. La bobina se introduce hasta la línea previamente trazada, que se aproxima a la condición de eficiencia óptima. Esta posición se retocará luego ligeramente durante la fase de calibración, insertando o extrayendo unos milímetros la bobina de su soporte. El último paso es el montaje de la punta y la soldadura del cable que corresponde al terminal superior de la bobina.

MONTAJE EN EL CHASIS

Lo primero que os aconsejamos es realizar la instalación del **conmutador de red**, el **fusible de red**, el **fusible F1** y el **enchufe BF** sobre la pared posterior del chasis de plástico; luego, se fijan en la pared frontal el **doble desviador S1**, el **S2** y el **diodo led DL1**.

A continuación, tomar el **transformador toroidal** y observarlo con cuidado. Por el lado del transformador tiene una etiqueta que indica la tensión suministrada por el transformador y los colores de los cables que van a las diferentes bobinas.

Las bobinas que se tienen que tener en cuenta son dos:

- **La bobina primaria a 220 VAC**
- **La bobina secundaria 25 + 25 V CA con toma central**

Tras la identificación de las bobinas que se utilizarán, se requiere aislar los cables correspondientes a las bobinas que no se utilizarán.

Para empezar, fijar el **transformador toroidal** al fondo del chasis a través del tornillo de fijación adecuado, teniendo cuidado de no pasarse al apretar la tuerca. Luego, soldar los cables provenientes del transformador primario al **interruptor de encendido**, como se muestra en la figura, y completar la conexión al **fusible de red** y al **cable de alimentación**.

A continuación, conectar los **tres cables** del transformador secundario a la **clema**, tal y como se muestra en la fig.11.

Se conectarán a la misma clema los dos cables correspondientes a **uno** de dos envoltentes **secundarios**, que proporcionan **25 VAC** a la tarjeta **LX.1692/5** y los dos cables que corresponden a los **dos extremos del secundario**, que proporcionan **50 V CA** a la tarjeta **LX.1776**.

Los cables que salen de la clema se sueldan uno con la entrada de la tarjeta **LX.1692/5** y el otro con el **doble desviador S1**, como se indica en la fig.11.

Los dos terminales centrales del interruptor **S1** se conectan luego a la clema de la tarjeta **LX.1776**, prestando atención a respetar las polaridades de los cables **rojo y negro**. Una vez hecho esto hay que soldar los dos cables **rojo y negro**, que vienen de la **LX.1692/5**, a los terminales libres del **desviador S1**,

teniendo cuidado de respetar la polaridad como se muestra en la fig.11.

A continuación, realizar las conexiones del desviador **S2** a la tarjeta **LX.1776** y de ésta al fusible **F1**, al **enchufe BF**, utilizando el cable adecuado apantallado, y al diodo led **DL1**, prestando atención en este último caso a respetar la polaridad indicada.

Ahora hay que fijar la tarjeta **LX.1692/5**, que se instalará por el interior de la pared posterior del chasis con las **4 fijaciones autoadhesivas**. A continuación, fijar el disipador de calor del alimentador a la pared izquierda del contenedor de plexiglás, encajándolo de modo que coincida con la ventanita y sujetándolo con los **4 tornillos**.

En este punto se puede proceder a fijar el disipador de calor que soporta el circuito **LX.1776** a la pared lateral derecha del chasis, por medio de los 4 tornillos y situándola en la ventanita correspondiente.

Después se conecta el soporte de plástico de la bobina sobre la **tapa superior** del chasis con los dos tornillos especialmente preparados para ello y haciendo pasar los cables por el orificio adecuado.

Ya se pueden soldar los 5 cables de la bobina a sus correspondientes posiciones en el circuito impreso **LX.1776** (ver figura 7), en el que se habrán introducido antes **5 terminales de aguja**. De estos 5 cables, los dos correspondientes a los terminales **3** y **5** de la bobina **T2** ya tienen que estar preparados para su identificación. Los cables restantes son de cobre esmaltado y se prepara el cable con un soldador para eliminar cualquier rastro de la capa aislante.

Para llevar a cabo las soldaduras hay que hacer lo siguiente:

- el **cable de cobre esmaltado**, del **terminal inferior** de la bobina, se suelda al **punto M** del circuito;

- los **dos cables** que empiezan en los puntos 1-3 del envoltente **T2** (ver figura 8) están compuestos por varios alambres recubiertos con una película aislante y trenzados (denominado **hilo de Litz**). Estos alambres se sueldan a los correspondientes puntos 1-3 de la tarjeta **LX.1776**, mientras que el cable preparado y enfundado corresponde al **terminal 3** del envoltente (ver figura 8);

- los **dos cables trenzados** del mismo tipo, que

corresponden al **central 2** de la bobina **T2**, se sueldan en el **punto 2**;

- los **dos alambres esmaltados**, que vienen desde los puntos **4-5** de la bobina **T2**, se sueldan a los correspondientes **puntos 4 y 5** de la tarjeta, teniendo en cuenta que el cable preparado corresponde al **terminal 5**.

Antes de cerrar el chasis debe **calibrarse la tensión de polarización de los mosfet**, que explicaremos más adelante. Una vez hecha la calibración, se puede proceder a cerrar el chasis, introduciendo antes en la base de plástico los **4 tornillos de metal** y sus correspondientes “patas”.

Una vez introducidos los tornillos, hay que montar las **4 paredes** transparentes con sus juntas correspondientes y en última instancia colocar la tapa que soporta la bobina, fijándola a los tornillos mediante las 4 tuercas de plástico. En este punto el montaje del Tesla se ha completado.

CALIBRACIÓN

Los procedimientos de calibración son dos y se realizan uno tras otro:

- **Calibración de la tensión de polarización de los mosfet.**

- **Ajuste de la máxima eficiencia de la bobina.**

La **calibración de la tensión de polarización** se hace **antes** de cerrar el chasis de plástico y para realizarla tiene que haberse fijado ya la bobina a la tapa superior del chasis. De esta manera se podrá colocar la bobina sobre la mesa, manteniéndose cómodamente en posición vertical. Después de esto, hay que hacer lo siguiente:

Calibración de la polarización del MOSFET

- Con el chasis abierto, colocar verticalmente sobre la mesa la bobina. Poner el **switch S2** en posición **L**;

- con el Tesla sin alimentación, girar el **trimmer R2** completamente a la derecha. De este modo no hay tensión de polarización en los puertos de los **mosfet**;

Nota: asegúrese de hacer esto antes de acceder al Tesla, de lo contrario, podría dañar permanentemente los mosfet.

- con mucho cuidado de **no tocar las partes**

expuestas del circuito, ni la **bobina**, dar corriente al Tesla. Después de haber puesto el **trimmer R2** al **mínimo** no se verá ninguna descarga;

- girar lentamente el **trimmer R2** hacia la izquierda hasta ver la descarga eléctrica en la punta del Tesla. Ahora se puede girar el trimmer hasta alcanzar un estado estable.

Nota: No sobrepasar esta condición, porque en este caso llegaría a los mosfet una tensión de polarización excesiva que podría dañarlos.

- Si girando el **trimmer R2 no aparece ninguna descarga** en la punta de la bobina, se tiene que **invertir** la conexión de los dos cables del envoltorio del núcleo de ferrita. En este caso, hay que **apagar el Tesla**. Luego **de-soldar** los dos alambres marcados con los números 4 y 5 en el dibujo de la fig.7, e **invertir** su posición. Este truco puede ser útil si, por ejemplo, se han cortado accidentalmente, antes de soldarlos, los terminales preparados que identifican los puntos 3 y 5 de las bobinas;

- Girar el **trimmer R2** hacia la **derecha** hasta el final;

- Dar corriente de nuevo al Tesla y repetir el procedimiento de calibración, como se describe anteriormente. Una vez calibrado, el **trimmer R2** no debe ser tocado.

Calibración de máxima eficacia de la bobina

Esta calibración se puede realizar incluso después de haber medido el circuito en el chasis.

En el esquema práctico hemos recomendado introducir la bobina externa en su chasis de plástico hasta la línea que habéis dibujado a **35 mm del borde inferior de la bobina**, porque esta posición corresponde aproximadamente a la **máxima eficacia** del Tesla. Sin embargo, para un mejor rendimiento es necesario efectuar una simple **calibración de la posición de la bobina**, que compense las tolerancias de fabricación inevitables. Para realizar este procedimiento se debe:

- poner el **switch S2** en la posición **L**;

- si la calibración anterior fue un éxito, al proporcionar energía al circuito debe aparecer una **descarga eléctrica** en la punta de la bobina. Mirar cuidadosamente la intensidad de la descarga eléctrica producida;

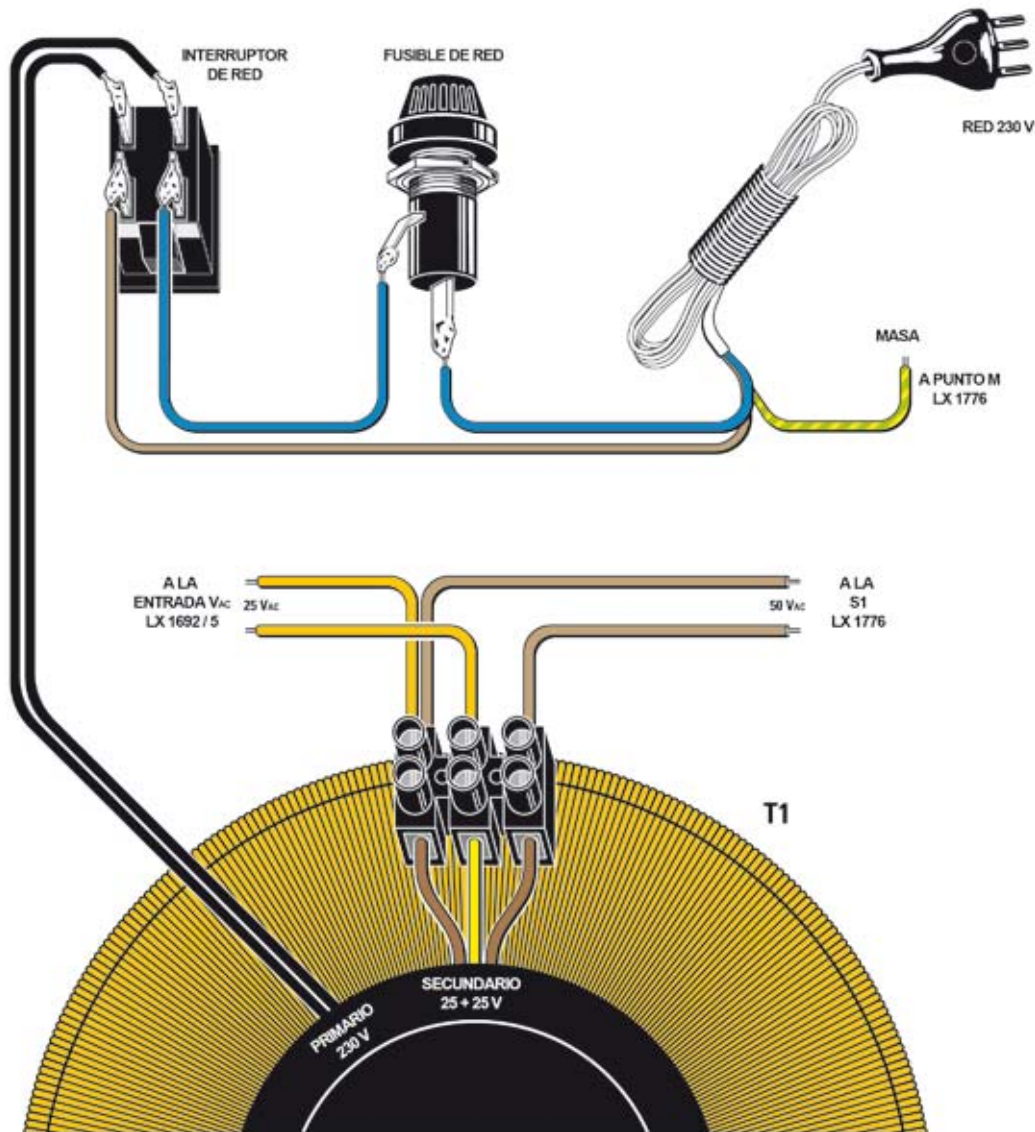


Fig. 11 El dibujo muestra el cableado del envolvente primario de 220 V y de los dos envolventes secundarios 25 + 25 VAC del transformador toroidal de alimentación. Los cables correspondientes a las otros envolventes secundarios no utilizados serán aislados convenientemente para evitar cortocircuitos.

- en este punto, **apagar el Tesla.**

La calibración consiste en mover **ligeramente** primero **hacia adentro**, luego **hacia fuera**, el tubo de plástico que actúa como **soporte** de la bobina, como se muestra en la figura 10. De esta manera se acercará o alejará la **bobina** del **núcleo de ferrita**, hasta encontrar la posición que corresponde a su máximo rendimiento.

Para ajustar, se puede empezar empujando suavemente la bobina hacia el interior del soporte. **Esto debe hacerse con el Tesla apagado.**

- Encender de nuevo el Tesla y observar la chispa que se produce. Si la intensidad ha aumentado, significa que se está en la dirección correcta. En este caso, se debe **apagar el Tesla** e insertar un poco más la bobina en el soporte. Encender otra vez el Tesla y controlar la descarga. Repetir esta operación hasta

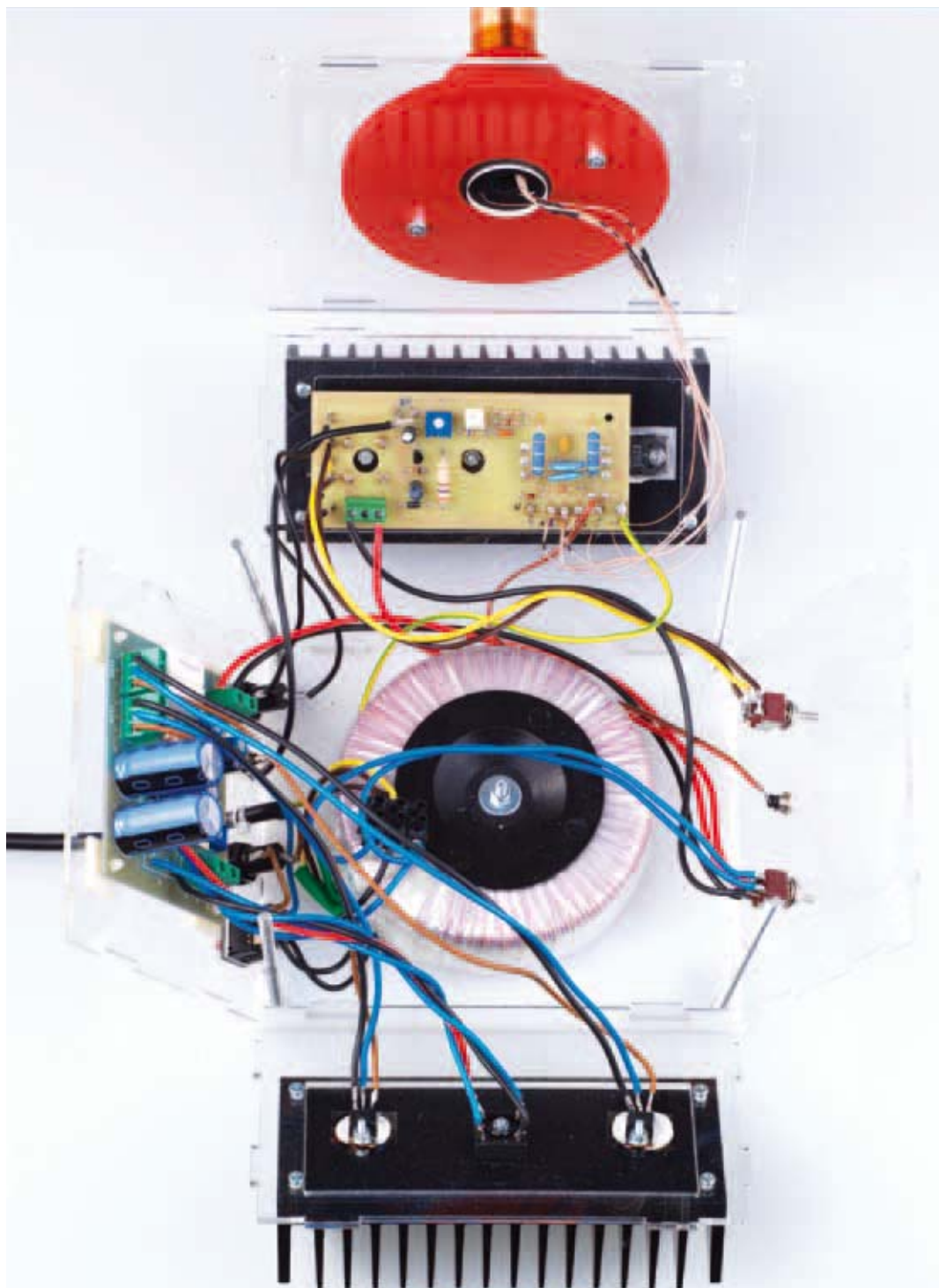


Fig. 12 En la fotografía se muestra el Tesla una vez montado. Antes de cerrar la carcasa hay que hacer la calibración de la corriente de polarización de los MOSFET. Así mismo, hay que asegurarse de haber rotado al máximo hacia la derecha el potenciómetro R10 situado en la tarjeta LX.1692 / 5.

obtener el **máximo de intensidad** en la descarga;

Atención: *nunca* hay que introducir la bobina con el Tesla encendido, hay que asegurarse de que durante esta operación el Tesla esté **apagado**. El circuito debe ser alimentado después, para comprobar la intensidad de la descarga.

Sin embargo, si después de la primera inserción de la bobina en el soporte, se nota una reducción de la descarga, hay que realizar el proceso de calibración a la inversa, es decir, se va sacando la bobina del soporte hasta encontrar la mejor posición.

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES DE USO

Cuando se utiliza el Tesla es muy importante observar cuidadosamente algunas precauciones:

- por la **elevada tensión** que hay en la bobina y la presencia de una **punta de metal**, este dispositivo puede resultar **peligroso**. Mantener **alejado de los niños** y usarlo siempre con la máxima cautela.

- Las descargas eléctricas también pueden causar quemaduras o daños fisiológicos, incluso un paro cardíaco. Para reducir el riesgo de descargas eléctricas y quemaduras es mejor no poner las manos o cualquier otra parte del cuerpo en la punta de alta tensión.

- Cuando el dispositivo no se utiliza es mejor cubrir la punta con una capuchón de protección, por ejemplo un tubo de plástico o de cartón para evitar accidentes.

- Nunca hay que tocar la punta, ya sea durante su puesta en marcha o inmediatamente después sin dejar el tiempo necesario para su enfriamiento.

- Asegúrese de que en un radio de por lo menos a **1 metro** alrededor de la bobina de alta tensión no hay **objetos de metal**, capaces de atraer la descarga eléctrica, o **materiales inflamables**, como madera, papel u otros materiales con esta característica. **Las descargas eléctricas pueden incendiar fácilmente**

materiales inflamables que estén dentro de su radio de acción.

- Nunca use el circuito en presencia de **vapores inflamables**, tales como alcohol, gasolina y otros disolventes inflamables.

- **Evite el uso prolongado** del dispositivo ya sea como generador de descargas que como reproductor de sonido. Las descargas eléctricas continuas producen **ozono**, un gas que tiene un efecto **nocivo para la salud**. Por esta razón, se recomienda ventilar siempre adecuadamente el cuarto donde se use.

- El arco de alta tensión crea **interferencias electromagnéticas en RF** (radio frecuencia). Para suprimirlas se debe meter la bobina en una **jaula de Faraday**, que elimina éstas.

COSTE DE FABRICACIÓN

El iTesla se puede fabricar en dos versiones:

1) La **versión completa** que incluye las dos funciones, de generador de descargas eléctricas y de altavoz de sonido. Se compone de:

- los componentes necesarios para la realización de la **tarjeta LX.1776** (ver figura 6), incluyendo el circuito impreso, las bobinas y sus soportes

| | |
|--|----------------|
| LX 1776 | 85,00 € |
| • El transformador T1 (TT19.01) | 53,00 € |
| • Los elementos necesarios para fabricar el alimentador LX.1692/5 | 33,50 € |
| • Un disipador de calor cod. AL90.8 | 19,00 € |

2) La **versión reducida** que sólo permite utilizarlo como un generador de descargas eléctricas y para la que se requieren sólo el **kit LX.1776** y el transformador **T1**.

| | |
|--|----------------|
| Caja contenedora MO1776 , válido para las dos versiones | 59,00 € |
| El circuito impreso CS.1776 | 10,50 € |

Los precios no incluyen el **IVA**.