



## ESTETOSCOPIO

En este artículo presentamos un Estetoscopio, es decir un dispositivo que permite escuchar los latidos del corazón notablemente amplificados. Con este instrumento se pueden distinguir perfectamente los diferentes tonos cardíacos, aunque también puede tener otras utilidades, como la realización de efectos sonoros.

Los amantes de la música nunca podrán olvidar la famosa pieza musical de Pink Floyd que comienza con un efecto muy particular: El **latido de un corazón** bastante amplificado, efecto sobre el que progresivamente se mezcla la **melodía musical**.

La amplificación de los **latidos cardíacos** ha sido solicitada en varias ocasiones por nuestros lectores. Este proyecto responde, como en muchas ocasiones, a vuestras peticiones.

De hecho algunos lectores, deseosos de oír los latidos del corazón, han pensado que es suficiente conectar un pequeño **micrófono** a un amplificador. Enseguida han constatado que de esta forma no es posible escuchar los **latidos**, ya que los latidos cardíacos, aunque son fácilmente perceptibles al tacto, **no** son detectables a través de un **micrófono** común.

Estos mismos lectores nos han escrito para que les propongamos una solución. La solución no es tan inmediata como se podría pensar a primera vista, ya que cuando es preciso amplificar una

señal de **bajo nivel sonoro**, como la generada por los latidos del corazón, la dificultad estriba en lograr reproducir únicamente el sonido que interesa, excluyendo el **ruido** de fondo.

Para conseguir el resultado buscado en primer lugar es indispensable contar con un **transductor** apropiado.

Después de numerosas pruebas hemos localizado una **cápsula piezoeléctrica** que permite conseguir una óptima respuesta en frecuencia, generando un **sonido limpio** y **exento de ruidos**.

Además de un transductor adecuado para obtener una buena reproducción también es necesaria una adecuada **filtración** de la señal, de forma que se reproduzcan únicamente las frecuencias apropiadas, en el caso que nos ocupa entre **20 Hz y 400 Hz**.

Con estas premisas hemos desarrollado el **Estetoscopio electrónico LX.1655**, que aquí

presentamos. Este dispositivo ha sido proyectado principalmente para amplificar el sonido de los **latidos cardíacos**, aunque también puede ser utilizado para otras aplicaciones: Auscultación de la **inspiración** y de la **expiración** del aire, de la **deglución**, de la **tos**, etc.

Gracias a este instrumento un **estudiante de Medicina** puede practicar la **auscultación** del corazón en los pacientes, aprendiendo a distinguir los diferentes **tonos**.

Además se puede **registrar el sonido** con un **grabador** o con un **ordenador personal**, y crear un **archivo** con diferentes patologías cardíacas que puede resultar muy útil para mejorar el aprendizaje.

No está lejos el tiempo en que, con la llegada del **Telemedicina**, se transmitan al médico vía **Internet** las pulsaciones del corazón, y realizar de esta forma un **chequeo rápido**, tranquilizando al paciente sobre su estado de salud en el momento.

# ELECTRÓNICO

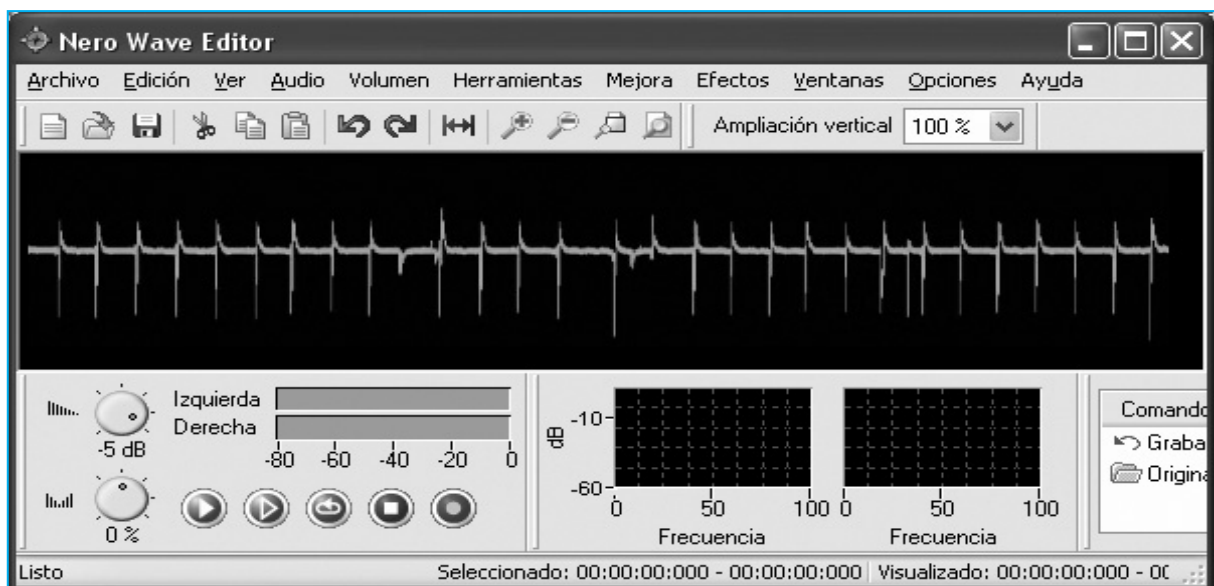


Fig.1 Con el Estetoscopio LX.1655 se pueden visualizar en el ordenador personal las pulsaciones cardíacas. Quien disponga de un editor de audio puede registrar, editar y escuchar las señales captadas.

## LATIDOS CARDÍACOS

Con el **Estetoscopio electrónico LX.1655** se pueden distinguir cómodamente los diferentes **tonos** cardíacos, es decir los sonidos que constituyen los latidos y que son producidos por el rítmico cierre de las **válvulas** del corazón.

El **primer tono** que se advierte en la pulsación cardíaca, un "tum" muy bajo y algo prolongado, es causado por el cierre de las válvulas **mitral** y **tricúspide**, mientras que el **segundo tono**, un "ta" más alto y más breve, es causado por el cierre de las válvulas **aórtica** y **pulmonar** (ver Fig.8).

En los individuos jóvenes y normales también es posible advertir un **tercer tono**, más bajo, ocasionado por la irrupción de la sangre durante el rápido llenado del ventrículo.

A título de curiosidad, la duración del **primer tono** es de unos **0,15 segundos** y tiene una frecuencia entre **25** y **45 Hz**, mientras que el **segundo tono** tiene una duración de unos **0,12 segundos** y una frecuencia de unos **50 Hz**.

Además, quines dispongan de un **ordenador personal** que incorpore **tarjeta de sonido**, pueden **registrar** los latidos cardíacos y visualizarlos en **pantalla**.

Para realizar esta operación hay que conectar la **salida** de los **auriculares** del **Estetoscopio LX.1655** a la **entrada** de la **tarjeta de sonido** del ordenador personal mediante un cable dotado de dos conectores **jack macho**.

A continuación hay que ajustar a medio recorrido el potenciómetro de **volumen** del Estetoscopio. Para efectuar la grabación se puede utilizar el accesorio "**Grabadora de Sonidos**", incluido en todas las versiones de **Windows**, o programas más potentes como **Nero**.

Para utilizar la **Grabadora de Sonidos** hay que hacer click en el botón **Inicio** del escritorio de Windows. A continuación hay que seleccionar **Programas, Accesorios, Entretenimiento** y, por último, **Grabadora de Sonidos**. Al seleccionarlo se abrirá una pequeña ventana, similar a la mostrada en la Fig.9.

Ahora, después de haber situado el transductor en la región cardíaca, hay que pulsar el botón **Grabar**. Cuando se quiera **finalizar** la grabación basta con pulsar el botón **Detener** (ver Fig.10).

Si se desea se puede **salvar** la grabación en un **archivo** seleccionando la función **Guardar** del **menú Archivo**.

## ESQUEMA ELÉCTRICO

La señal procedente del **disco piezoeléctrico** es mandada a la Puerta (**Gate**) del **FET FT1**, componente configurado para adaptar la impedancia del sensor piezoeléctrico a la impedancia de entrada del operacional **IC1/A**.

La señal presente en el **Drenador** de **FT1** se aplica a la entrada **no inversora** de **IC1/A**, que junto a los condensadores **C3-C4** y a las resistencias **R6-R7** constituye un **filtro paso-alto** configurado para bloquear todas las frecuencias **inferiores** a **20 Hz**.

Del terminal de salida de **IC1/A** la señal es transmitida a la entrada **no inversora** de **IC1/B** que, junto a las resistencias **R10-R11** y a los condensadores **C6-C8**, constituye un **filtro paso-bajo** que bloquea todas las frecuencias **superiores** a **400 Hz**.

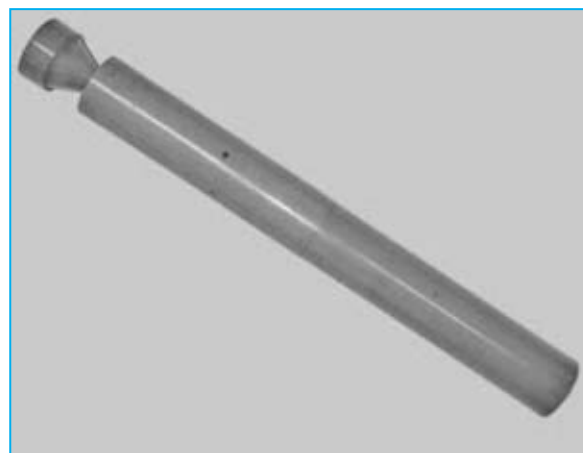


Fig.2 El primer estetoscopio construido por Laennec estaba formado por un cilindro de madera de haya dentro del cual practicó un agujero pasante de unos 2 mm. Con este instrumento su inventor fue capaz de diagnosticar muchas patologías y realizar importantes análisis de los sonidos cardíacos y pulmonares.

## Cómo nació el ESTETOSCOPIO



**René Théophile Hyacinthe Laennec (1781-1826)**, genio francés de la Medicina, descubrió en **1816** el **estetoscopio**, como muchas veces en la historia de la ciencia, por casualidad. Así lo expuso en su "**Tratado sobre la auscultación indirecta**", obra publicada en el **1819**.

Un día acudió a su consulta una paciente que presentaba síntomas de **cardiopatía**, por lo que tuvo la necesidad de auscultarle el corazón, operación que se realizaba en aquellos tiempos acercando directamente la oreja al pecho del paciente.

Al tratarse de una mujer joven trató de evitar la "incomodidad" que esta maniobra habría provocado. Recordó un **fenómeno físico** conocido: El efecto que se ocasiona cuando acercando a la oreja a un objeto sólido, por ejemplo un lado de una vara de madera, es posible percibir claramente el sonido en el otro lado de la vara.

Intentando solucionar el problema con esta estratagema cogió un **cuaderno** que tenía a su alcance y lo **enrolló**, apoyando un extremo en el tórax de la paciente y el otro extremo en su propia oreja.

Descubrió, con gran sorpresa, que el sonido de los latidos del corazón se **transmitía** perfectamente por el **tubo de cartón**, y además notablemente **amplificado**.

Este acontecimiento inesperado despertó su curiosidad, por lo que decidió estudiarlo en

profundidad. Enseguida se dio enseguida cuenta que este fenómeno no solo era de gran ayuda para mejorar la **auscultación** de los **latidos cardíacos**, sino también para explorar problemas respiratorios **pulmonares**.

Aquel primer rudimentario instrumento dio paso a un **tubo en cartón** de unos 30 centímetros de longitud. Luego lo perfeccionó sustituyéndolo por un **cilindro de madera** en el que realizó un agujero pasante.

Con este **prototipo** realizó numerosas pruebas, modificando su longitud, ancho, espesor y el diámetro del agujero central.

Así llegó a realizar un instrumento que permitió una notable amplificación acústica y que llamó **estetoscopio**, del griego **stethos** (pecho) y **skopein** (observar), lo que constituyó una importante contribución al estudio de numerosas patologías como la **tuberculosis pulmonar**, el **enfisema**, el **edema pulmonar**, etc. Con el mismo instrumento Laennec fue capaz posteriormente de diagnosticar la **pleuresía pulmonar**.

Dado lo evidente de la mejora que aportó para realizar diagnósticos el instrumento de Laennec se difundió rápidamente en **Francia**, luego en **Gran Bretaña** y después al resto del **mundo**.

Con el paso del tiempo el estetoscopio se ha ido perfeccionando hasta llegar al instrumento actual, en el que la **amplificación** del sonido ha sido **umentada** y se ha potenciado su precisión mediante la utilización de una **membrana** cuya función es recoger las **vibraciones** generadas por la débil señal acústica procedente del cuerpo del paciente y transmitirla al instrumento, haciéndolas perfectamente perceptibles para el médico.

Después de contribuir de forma decisiva a la diagnosis médica y a la observación de las enfermedades pulmonares **Laennec** murió en el **1826**, con tan solo 45 años. Murió a causa de la misma tuberculosis que estudió durante tanto tiempo, dejando como herencia a sus colegas este insustituible dispositivo, que es considerado a todos los efectos como el primer **dispositivo de diagnóstico** de la Medicina moderna.

Como se puede apreciar observando el esquema eléctrico, tanto **IC1/A** como **IC1/B** son amplificadores con **ganancia unitaria**. La **amplificación** de la señal es realizada por el integrado **TDA7052/B (IC2)**, que amplifica la señal unos **30 dB**.

En los terminales **5** y **8** del integrado **IC2** está presente la señal de salida, que es aplicada al conector **jack hembra**, en el que se conectan unos **auriculares** corrientes (impedancia entre **8** y **32 ohmios**).

El potenciómetro **R14**, conectado al terminal **4** de **IC2**, permite regular el **volumen**. Por otro lado el transistor **TR1** tiene la función de limitar la señal en la salida, de forma que en caso de choques accidentales del disco piezoeléctrico no se alcanzan nunca niveles intolerables para el oído.

La alimentación es proporcionada por una **pila** común de **9 voltios**. El interruptor **S1** está incluido en el potenciómetro del volumen **R14**. El diodo LED **DL1** señala el encendido del dispositivo.

## REALIZACIÓN PRÁCTICA

El montaje de este circuito es tan sencillo que no presentará ningún problema.

Aconsejamos comenzar el montaje con la instalación, en el circuito impreso **LX.1655**, de los zócalos correspondientes a los integrados **IC1** e

**IC2**, como siempre teniendo cuidado en respetar la orientación de las **muestras** de referencia.

A continuación se puede proceder al montaje de las **resistencias**, controlando su valor a través del código de colores, y del potenciómetro **R14 (1 megaohmio)** que incluye un **interruptor**, utilizado para **encender** el estetoscopio y para regular el **volumen**.

Es el momento de instalar los **condensadores**, comenzando por los de **poliéster** y continuando con los **electrolíticos**, teniendo cuidado en estos últimos en respetar la polaridad de sus terminales, para lo que se ha de tener en cuenta que su terminal más **largo** que corresponde al polo **positivo**.

Ahora se puede montar el **FET FT1**, el transistor **TR1**, orientando el lado **plano** de sus cuerpos tal como se indica en la Fig.3, y el diodo LED **DL1**, respetando la polaridad de sus terminales (el **ánodo** corresponde al terminal más **largo**).

Los siguientes componentes a soldar en el impreso son los terminales tipo **pin** utilizados para conectar el **portapilas** de **9 voltios** y al conector **jack hembra** de **2 mm** utilizado para la conexión del **transductor piezoeléctrico**.

Por último solo queda montar el conector **jack hembra** de **3 mm** utilizado para la conexión de los

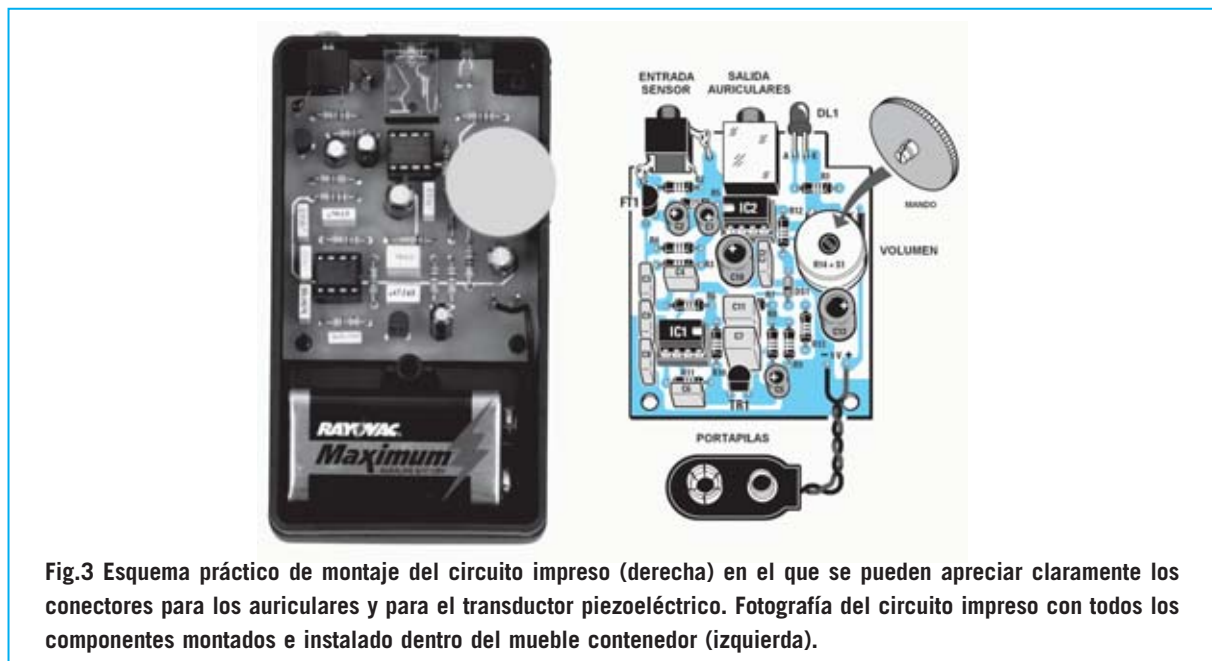


Fig.3 Esquema práctico de montaje del circuito impreso (derecha) en el que se pueden apreciar claramente los conectores para los auriculares y para el transductor piezoeléctrico. Fotografía del circuito impreso con todos los componentes montados e instalado dentro del mueble contenedor (izquierda).

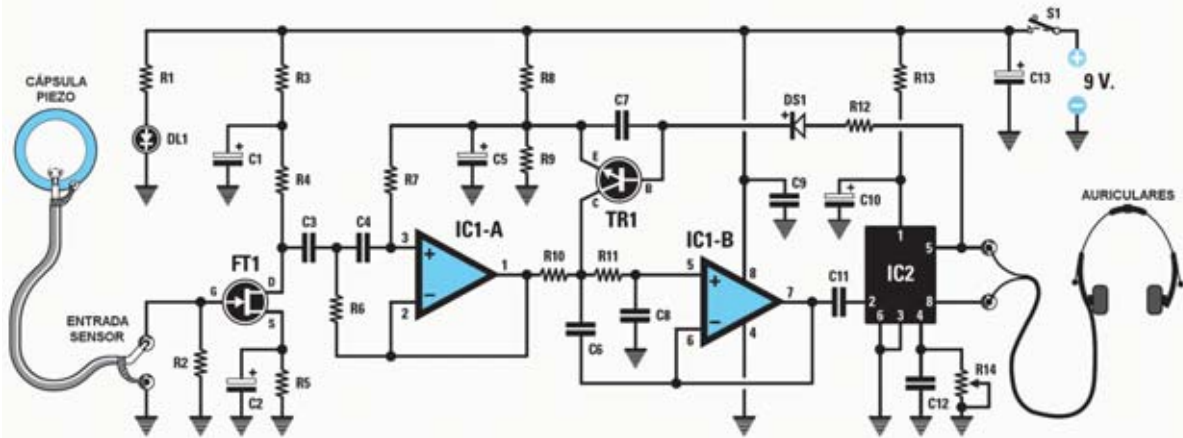


Fig.4 Esquema eléctrico del Estetoscopio electrónico. El integrado IC2 amplifica unos 30 dB la señal procedente del transductor piezoeléctrico. En la salida se pueden conectar auriculares cuya impedancia esté comprendida entre 8 y 32 ohmios.

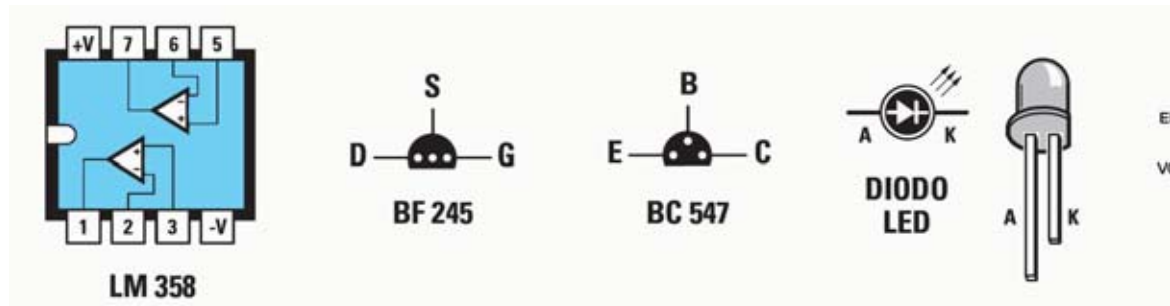


Fig.5 Conexiones de los integrados LM358 y TDA7052B, vistas desde arriba. Las conexiones del FET BF245 y del transistor BC.547 se muestran vistas desde abajo.

**LISTA DE COMPONENTES LX.1655**

- R1 = 1.000 ohmios
- R2 = 1 megaohmio
- R3 = 1.000 ohmios
- R4 = 4.700 ohmios
- R5 = 4.700 ohmios
- R6 = 56.000 ohmios
- R7 = 100.000 ohmios
- R8 = 10.000 ohmios
- R9 = 10.000 ohmios
- R10 = 82.000 ohmios
- R11 = 82.000 ohmios
- R12 = 10.000 ohmios
- R13 = 10 ohmios
- R14 = Potenciómetro 1 megaohmio
- C1 = 10 microF. electrolítico
- C2 = 10 microF. electrolítico
- C3 = 100.000 pF poliéster

- C4 = 100.000 pF poliéster
- C5 = 10 microF. electrolítico
- C6 = 6.800 pF poliéster
- C7 = 470.000 pF poliéster
- C8 = 3.300 pF poliéster
- C9 = 100.000 pF poliéster
- C10 = 100 microF. electrolítico
- C11 = 1 microF. poliéster
- C12 = 100.000 pF poliéster
- C13 = 100 microF. electrolítico
- DL1 = Diodo LED
- DS1 = Diodo 1N.4150
- FT1 = FET BF.245
- TR1 = Transistor NPN BC.547
- IC1 = Integrado LM.358
- IC2 = Integrado TDA.7052/B
- S1 = Interruptor (sobre R14)
- SENSOR = Cápsula piezoeléctrica
- AURICULARES = Auriculares estéreo 32 ohmios

**auriculares** e instalar los integrados **IC1** e **IC2** en sus correspondientes zócalos, orientando sus **muescas** de referencia tal como se muestra en la Fig.3.

El circuito impreso, con todos sus componentes ya montados, ha de instalarse en el pequeño mueble de plástico (ver Fig.3), fijándose con los tornillos incluidos en el kit. Hay que hacer salir el **conector** de los **auriculares** a través agujero central del mueble.

A continuación hay que instalar el **mando** de regulación de **volumen** en el eje del potenciómetro **R14** y conectar los cables del **portapilas** a los terminales tipo **pin** del impreso, respetando la **polaridad**.

Por último hay que instalar el conector **jack hembra** de **2 mm** utilizado para conectar el **transductor piezoeléctrico** en el agujero correspondiente del mueble y soldar sus contactos a los dos terminales tipo pin del circuito impreso (ver Fig.3).

### MONTAJE del DISCO piezoeléctrico

En el kit se proporciona un **disco piezoeléctrico**, un trozo de **cable apantallado** de, aproximadamente, **1 metro** de longitud y un **cilindro** de plástico perforado y perfilado, utilizado como soporte para el transductor.

En primer lugar hay que pelar el cable apantallado descubriendo el hilo central y dejando también al descubierto **1,5 cm** de **malla metálica**.

A continuación hay que realizar un pequeño **nudo** en el cable, cerca del extremo y sin apretarlo mucho, tal como se muestra en la Fig.6. Observando el disco piezoeléctrico se puede apreciar que presenta un lado metálico brillante, en el lado contrario se encuentra el material **piezoeléctrico** rodeado por un borde de latón. Es en este lado en el que se ha de soldar el **cable apantallado**.

El **hilo central** del cable apantallado se ha de soldar a la **zona central** del disco piezoeléctrico, mientras que la **malla metálica** del cable se suelda al **borde de latón** (ver Fig.6).

**ATENCIÓN:** Es aconsejable utilizar en las soldaduras muy poca cantidad de estaño y

proceder con mucho cuidado. Una vez realizadas **no** hay que **doblar** el cable apantallado ya que el disco cerámico es bastante frágil y podría romperse si el cable es sometido a torsión.

A continuación hay que introducir el cable apantallado en el agujero realizado a tal efecto en el **cilindro de soporte**, hasta llegar al nudo, que se ha de cerrar para que el cable quede bloqueado y permitir que se aloje dentro del cilindro.



Fig.6 Para montar el disco piezoeléctrico en el soporte de plástico cilíndrico hay que soldar el hilo central del cable apantallado en el centro del disco y la malla metálica en el borde exterior. Una vez realizada la soldadura hay que fijar el disco al soporte utilizando pegamento.

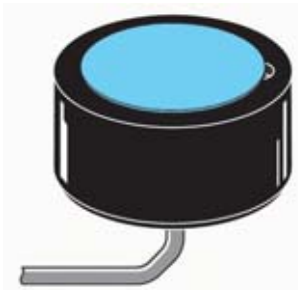


Fig.7 Hay que introducir el cable apantallado en el agujero realizado en el cilindro de soporte, hasta llegar al nudo, que se ha de cerrar para que el cable quede bloqueado y permitir que se aloje dentro del cilindro. Se puede utilizar una brida en lugar del nudo para bloquear el cable.

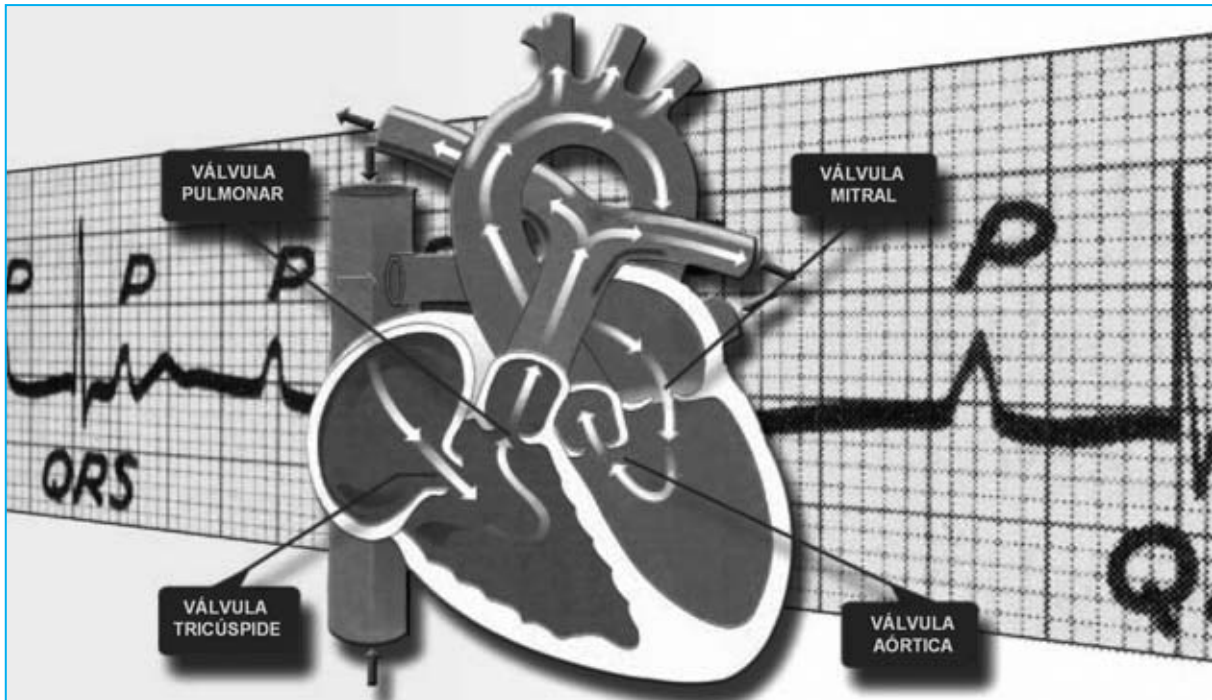


Fig.8 Los latidos cardíacos se componen fundamentalmente de dos tonos. El primer tono se produce por el cierre de las válvulas mitral y tricúspide, mientras que el segundo tono se produce por el cierre de las válvulas aórtica y pulmonar.

**NOTA:** Se puede utilizar una **brida** para bloquear el cable en lugar del **nudo**.

Después hay que proceder a **fijar el disco piezoeléctrico** a la superficie del **soporte**. Para

realizar esta operación hay que utilizar unas gotas de **pegamento**, teniendo mucha precaución en depositarlo tal como se indica en la Fig.6.

Después de fijar el disco piezoeléctrico en el soporte hay que soldar el otro extremo del cable apantallado al conector **jack macho de 2 mm** incluido en el kit.

Una vez conectado el **transductor piezoeléctrico**, los **auriculares** e instalada la **pila de 9 voltios** el Estetoscopio LX.1655 está listo para ser utilizado.

### PRECIO de REALIZACIÓN

**LX.1655:** Precio de todos los componentes necesarios para realizar el Estetoscopio electrónico, incluyendo circuito impreso, mueble de plástico MO.1655 perforado, un metro de cable apantallado y el transductor piezoeléctrico con su correspondiente soporte de plástico .....44,10 €

**LX.1655:** Circuito impreso.....5,10 €

**CUF32:** Auriculares estéreo 32 ohmios...8,60 €

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.**

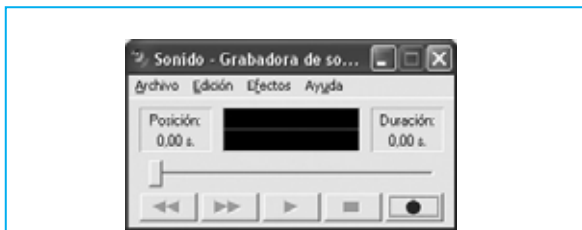


Fig.9 Para grabar los latidos del corazón se puede utilizar la Grabadora de Sonidos de Windows. La grabación se inicia pulsando directamente en el botón GRABAR (círculo rojo).

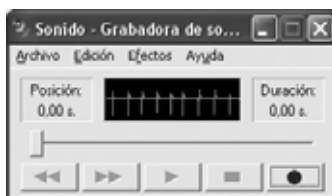


Fig.10 Para terminar la grabación hay que pulsar el botón DETENER (rectángulo gris).