

**E**s bastante común que a los técnicos **reparadores de radio** les visiten clientes que quieren hacer funcionar **viejos aparatos** de radio que funcionan a **válvulas**.

Aunque no lo parezca hay un gran número de personas que coleccionan **radios antiguos**, de hecho cada vez se **cotizan más** estos aparatos ya que hay mucha gente interesados en ellos, lo que provoca que se dispare su precio.

Cuando aparecieron las primeras radios de transistores se tenía la costumbre de **quitar los altavoces** de las radios de válvulas para aprovecharlos, y consecuentemente, los **transformadores de salida** conectados a ellos.

los lectores de **Nueva Electrónica** exponer en un artículo de forma **clara y comprensible** los procedimientos de cálculo de los **transformadores** utilizados para conectar la **salida** de una **válvula termiónica** a un **altavoz**.

En este artículo proporcionamos **fórmulas, características** de las **válvulas** más utilizadas y desarrollamos algunos **ejemplos**. Con total seguridad se conseguirán **mejores prestaciones** que las proporcionadas por viejos **transformadores** localizables en **comercios**, ya que estos suelen estar calculados para trabajar con frecuencias incluidas entre **40 y 10.000 Hz**, mientras que nuestras fórmulas están desarrolladas para llevar al altavoz todas las frecuencias incluidas entre **25 y 20.000 Hz**.

# COMO CALCULAR

**Hace ya algún tiempo explicamos como construir transformadores de alimentación, tanto para circuitos que utilizan válvulas termiónicas como para circuitos que utilizan transistores. Un buen técnico también tiene que saber como se calculan los transformadores de salida utilizados para controlar altavoces.**

Este hecho y la **gran demanda** de estos viejos receptores ha provocado que un buen número de técnicos de radio se hayan puesto en contacto con nosotros para pedirnos la publicación de un artículo que explique como **calcular** estos **transformadores** utilizados en la etapa de salida a los que se conecta el **altavoz** en **amplificadores** basados en **válvulas termiónicas**.

De hecho, en muchos libros y revistas que tratan este argumento aparecen **diferentes** fórmulas de cálculo, a veces **incompatibles** unas con otras, y casi siempre **poco comprensibles**.

Estos técnicos también nos han hecho llegar la poca **documentación** existente sobre los parámetros de las **válvulas termiónicas**. Es más, nos han proporcionado **Data Sheets** de una misma válvula con **valores diferentes**.

Para remediar estos inconvenientes hemos creído que puede ser interesante para **todos**

Para realizar todos los cálculos solo se precisa una **calculadora de bolsillo** que tenga la capacidad de realizar **raíces cuadradas**.

## **CALCULAR la sección del NÚCLEO de un transformador de salida**

Muchas personas creen que los **transformadores de salida** utilizados en las **radios a válvulas** son comunes **adaptadores de tensión**. Nada más lejos de la realidad, su objetivo principal es trasladar la potencia proporcionada por la **válvula final** al **altavoz** sin que aparezcan pérdidas ni distorsiones.

Para que se cumpla este objetivo es necesario que el **primario** del transformador tenga una **impedancia** idéntica a la de **placa** de la válvula y su **secundario** una **impedancia** idéntica a la del **altavoz**.

Además las dos envolturas han de estar **aisladas** para evitar que la **alta tensión** continua de la placa pueda llegar al **altavoz**.

Un buen **transformador de salida** tiene que permitir llevar al **altavoz** todas las **frecuencias** del espectro de **audio**, es decir las frecuencias incluidas entre **25 Hz y 20 KHz**.

La primera operación a realizar consiste en calcular la **sección del núcleo** en **cm<sup>2</sup>** en función de la **potencia** proporcionada en **vatios**. Por ejemplo, suponiendo que trabajamos con una válvula **EL34**, utilizando la **Tabla N°2** obtenemos los siguientes valores:

Conociendo los **vatios** podemos calcular los **centímetros cuadrados** requeridos para el **núcleo** del transformador utilizando la siguiente fórmula:

**TABLA N°1 - VALVULA EL34**

Tensión anódica	250 voltios
Corriente de placa	0,08 amperios
Resistencia interna	17.000 ohmios
Impedancia de carga	2.500 ohmios
Potencia de salida	12 vatios

**NOTA** La potencia de salida se refiere a la máxima señal de audio proporcionada en la salida de la válvula.

$$\text{cm}^2 = 2 \times \sqrt{\text{watt}}$$

Puesto que la válvula **EL34** proporciona en su salida una potencia de **12 vatios** se precisa un **núcleo** que tenga una sección de:

$$2 \times \sqrt{12} = 6,928 \text{ cm}^2$$

# TRANSFORMADORES de SALIDA

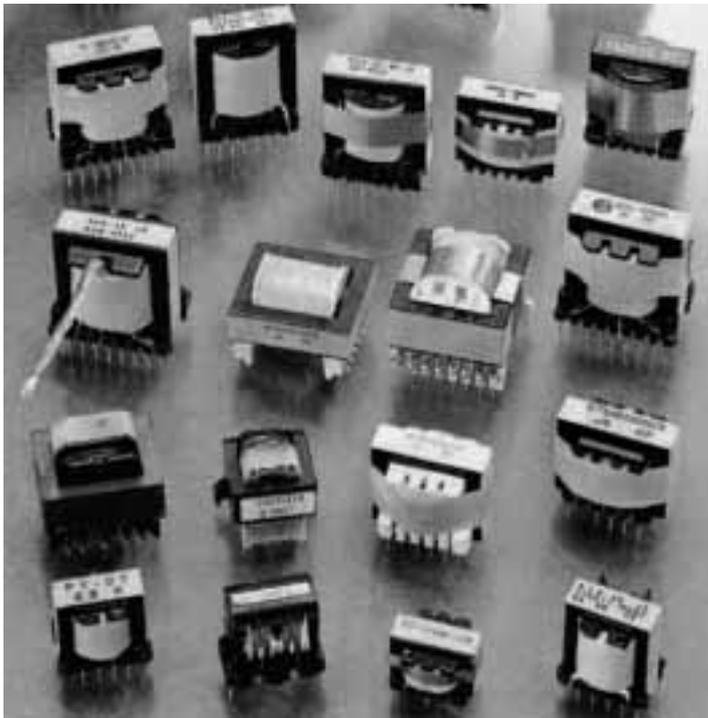


Fig.1 Los transformadores de salida, aunque tienen diversas formas y dimensiones, siempre se calculan teniendo en cuenta tanto la impedancia de carga como la potencia de la válvula a la que se conectan, como se explica detalladamente en este artículo.

Valor que podemos redondear a **7 cm<sup>2</sup>**.

## VOLTIOS RMS (VOLTIOS EFICACES)

El segundo cálculo a realizar son los **voltios RMS (voltios eficaces)**, es decir la **amplitud** de la señal de **audio** aplicada al **primario** del transformador.

Para obtener este dato es indispensable conocer la **potencia** (en **vatios**) proporcionada por la **válvula** y el valor de su **impedancia de carga** (en **ohmios**).

Por ejemplo, si utilizamos una válvula **EL34**, que proporciona una **potencia** de salida de **12 Vatios** y tiene una **impedancia** de carga de **2.500 ohmios** (ver **Tabla N°1**), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Voltios RMS} = \sqrt{\text{vatios} \times \text{impedancia de carga}}$$

Obtenemos los **voltios RMS** sustituyendo los valores en la fórmula:

$$\sqrt{12 \times 2.500} = 173 \text{ Voltios RMS}$$

## ESPIRAS del PRIMARIO

Conociendo la sección en **cm<sup>2</sup>** del **núcleo** y los **voltios RMS** proporcionados por la **válvula fi-**

nal podemos continuar nuestros cálculos.

Hay que tomar en consideración la **frecuencia mínima** que deseamos amplificar para obtener el **número de espiras** a envolver en el **primario**.

Si se quiere conseguir una **elevada fidelidad** con **notas bajas** es aconsejable elegir como **frecuencia mínima** un valor de **25 Hertzios**.

Para calcular el **número de espiras** a envolver en el **primario** utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Espiras} = (\text{voltios RMS} \times 10.000) : (4,44 \times \text{cm}^2 \times \text{Hz})$$

Aunque esta aclaración puede parecer superflua recordamos que en **primer lugar** se han de efectuar las operaciones encerradas entre los **paréntesis**. Una vez obtenidos los dos resultados ya se puede realizar la **división**.

Los elementos que componen la fórmula son los siguientes:

- **Espiras:** Número de **espiras** para realizar el **primario**.
- **voltios RMS:** valor calculado anteriormente.
- **10.000:** Valor **fijo**.
- **4,44:** Valor obtenido de la operación  $3,14 \times \sqrt{2}$ .
- **cm<sup>2</sup>:** Sección en centímetros cuadrados del **núcleo**. Redondeado a **7 cm<sup>2</sup>**.
- **Hz:** Frecuencia **mínima** a amplificar.

Sabiendo que el valor de los **voltios RMS** de la válvula termiónica **EL34** es de **173 voltios**, que la **sección del núcleo** del transformador que utilizaremos es de **7 cm<sup>2</sup>** y que la **frecuencia mínima** que queremos amplificar es de **25 Hz**, sustituyendo estos valores en la fórmula anterior obtenemos:

$$(173 \times 10.000) : (4,44 \times 7 \times 25 \text{ Hz}) = 2.226 \text{ espiras}$$

Valor que podemos redondear a **2.300 espiras**.

## ESPIRAS del SECUNDARIO

Para determinar el número de **espiras** a envolver en el **secundario** previamente hay que calcular la **relación de espiras** entre el **primario** y el **secundario**, realizando la siguiente operación:

$$\text{Relación} = \sqrt{(\text{imp. válvula} : \text{imp. altavoz})}$$

Por tanto, ya que la **impedancia** de carga de la válvula **EL34** es de **2.500 ohmios** y el **altavoz** que queremos controlar tiene una impedancia de **8 ohmios**, obtenemos una **relación de espiras** de:

$$\sqrt{(2.500 : 8)} = 17,67 \text{ (relación espiras)}$$

Puesto que en el **primario** hemos envuelto **2.300 espiras**, para conseguir **8 ohmios** en el **secundario** hay que envolver:

$$2.300 : 17,67 = 130,16 \text{ espiras}$$

Valor que obviamente redondeamos a **130 espiras**.

## DIÁMETRO del HILO del PRIMARIO

Para calcular el **diámetro** del **hilo de cobre esmaltado** a utilizar para envolver el **primario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula, utilizando esta fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. válvula}}$$

En nuestro ejemplo, ya que la válvula **EL34** proporciona una **potencia** máxima de **12 vatios** y tiene una **impedancia** de carga de **2.500 ohmios**, obtenemos:

$$\sqrt{(12 : 2.500)} = 0,069 \text{ amperios}$$

Conociendo la **corriente en amperios** para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la siguiente fórmula:

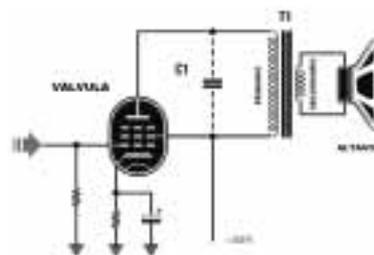


Fig.2 El transformador de salida de una válvula adapta la alta Impedancia de carga de la válvula a la baja impedancia de un altavoz.

El condensador C1, de 1.000 pF o de 2.200 pF, conectado al primario del transformador, se utiliza para evitar eventuales auto-oscilaciones a frecuencias superiores a las correspondientes al espectro de audio.

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

Realizando este cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{0,069} = 0,18 \text{ mm}$$

## DIÁMETRO del HILO del SECUNDARIO

Para calcular el **diámetro** del hilo de **cobre esmaltado** a utilizar para envolver el **secundario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula utilizando la fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. altavoz}}$$

Suponiendo que deseamos controlar un altavoz con una **impedancia** de **8 ohmios** y sabiendo que la válvula **EL34** proporciona **12 vatios**, hay que utilizar hilo de cobre que soporte una **corriente** de:

$$\sqrt{(12 : 8)} = 1,2247 \text{ amperios}$$

Valor que redondeamos a **1,23 amperios**, ya que **1,2 amperios** es un valor inferior y a potencia máxima se podría dañar el hilo.

Conociendo la **corriente en amperios** para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la fórmula:

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

TABLA N°3

Corriente en amperios	Corriente en miliamperios	Diámetro del cable en mm.
0,005	5	0,049
0,006	6	0,054
0,007	7	0,058
0,008	8	0,062
0,009	9	0,066
0,010	10	0,070
0,011	11	0,073
0,012	12	0,076
0,013	13	0,079
0,014	14	0,082
0,015	15	0,085
0,016	16	0,088
0,017	17	0,091
0,018	18	0,093
0,019	19	0,096
0,020	20	0,098
0,021	21	0,101
0,022	22	0,103
0,023	23	0,106
0,024	24	0,108
0,025	25	0,110
0,026	26	0,112
0,027	27	0,115
0,028	28	0,117
0,029	29	0,119
0,030	30	0,121
0,031	31	0,123
0,032	32	0,125
0,033	33	0,127
0,034	34	0,129
0,035	35	0,130
0,036	36	0,132
0,037	38	0,136
0,039	39	0,138
0,040	40	0,140
0,041	41	0,141
0,042	42	0,143
0,043	43	0,145
0,044	44	0,146
0,045	45	0,148
0,046	46	0,150
0,047	47	0,151
0,048	48	0,153
0,049	49	0,154
0,050	50	0,156
0,060	60	0,171
0,070	70	0,185
0,080	80	0,197
0,090	90	0,210
0,100	100	0,221

En esta Tabla hemos expuesto la corriente máxima (en amperios y miliamperios) que puede circular un cable de cobre en relación a su diámetro.

TABLA N°2

Característica	VÁLVULA				
	EL34	EL42	EL84	6V6	6L6
Va (Tensión anódica)	250 V	200 V	250 V	250 V	250 V
Ca (Corriente de placa)	0,08 A	0,023 A	0,048 A	0,045 A	0,072 A
Ri (Resistencia interna)	17.000 ohm	90.000 ohm	47.500 ohm	52.000 ohm	22.500 ohm
Ra (Impedancia de carga)	2.500 ohm	9.000 ohm	5.200 ohm	5.000 ohm	3.000 ohm
Pot. máxima en Clase A	12 Watt	2,5 Watt	5 Watt	4,5 Watt	6,5 Watt

	6K6	6F6	6AQ5	EL3	EL85
Va (Tensión anódica)	250 V	250 V	250 V	250 V	180 V
Ca (Corriente de placa)	0,032 A	0,032 A	0,045 A	0,036 A	0,07 A
Ri (Resistencia interna)	81.000 ohm	80.000 ohm	52.000 ohm	50.000 ohm	47.500 ohm
Ra (Impedancia de carga)	7.800 ohm	7.000 ohm	5.500 ohm	7.000 ohm	2.400 ohm
Pot. máxima en Clase A	3 Watt	4,5 Watt	6,5 Watt	4,5 Watt	5,0 Watt

**NOTA** En esta Tabla se muestran las características de las válvulas más comunes utilizadas en el periodo 1945-1960. Ya que al consultar varios manuales los datos no son los mismos nos hemos puesto en contacto con las empresas fabricantes de las válvulas para obtener la información real, que puede no coincidir con la expuesta en algún manual. No obstante hay que tener presente que una tolerancia del +/- 5% no altera el rendimiento del transformador.

Realizando el cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{1,23} = 0,77 \text{ mm}$$

Si **no** encontramos hilo con el diámetro calculado podemos utilizar hilo con un diámetro **ligeramente superior**.

## CÁLCULO de la sección del NÚCLEO de un transformador de salida para 6V6

En líneas anteriores hemos propuesto el cálculo de un transformador para la válvula **EL34**. Ahora proponemos un **segundo ejemplo**, en este caso para la válvula **6V6**.

Consultando la **Tabla N°2** podemos obtener los datos relativos a la válvula **6V6**:

TABLA N°4 - VÁLVULA 6V6	
Tensión anódica	250 voltios
Corriente de placa	0,045 amperios
Resistencia interna	52.000 ohmios
Impedancia de carga	5.000 ohmios
Potencia de salida	4,5 vatios

Conociendo los **vatios** podemos calcular los **centímetros cuadrados** requeridos para el **núcleo** del transformador utilizando la fórmula:

$$\text{cm}^2 = 2 \times \sqrt{\text{watt}}$$

Puesto que la válvula **6V6** proporciona en su salida una potencia de **4,5 vatios** se precisa un **núcleo** que tenga una **sección** de:

$$2 \times \sqrt{4,5} = 4,24 \text{ cm}^2$$

Valor que podemos redondear a **5 cm<sup>2</sup>**.

## VOLTIOS RMS (VOLTIOS EFICACES)

Como ya sabemos, para calcular los **voltios RMS (voltios eficaces)**, es decir la **amplitud** de la señal de **audio** aplicada al **primario** del transformador, es indispensable conocer la **potencia** (en **vatios**) proporcionada por la **válvula** y el valor de su **impedancia de carga** (en **ohmios**).

Puesto que la válvula **6V6** proporciona una **potencia** de salida de **4,5 Vatios** y tiene una **im-**

**pedancia** de carga de **5.000 ohmios** (ver **Tabla N°4**), utilizando la fórmula:

$$\text{Voltios RMS} = \sqrt{\text{vatios} \times \text{impedancia de carga}}$$

Obtenemos los **voltios RMS** sustituyendo los valores:

$$\sqrt{4,5 \times 5000} = 150 \text{ Voltios RMS}$$

## ESPIRAS del PRIMARIO

Conociendo la sección en **cm<sup>2</sup>** del **núcleo** y los **voltios RMS** proporcionados por la **válvula final** podemos continuar los cálculos.

Hay que tomar en consideración la **frecuencia mínima** que deseamos amplificar para obtener el **número de espiras** a envolver en el **primario**.

Si se quiere conseguir una **elevada fidelidad** con **notas bajas** es aconsejable elegir como **frecuencia mínima** un valor de **25 Hertzios**.

Para calcular el **número de espiras** a envolver en el **primario** utilizamos la fórmula:

$$\text{Espiras} = (\text{voltios RMS} \times 10.000) : (4,44 \times \text{cm}^2 \times \text{Hz})$$

Donde:

- **Espiras**: Número de **espiras** para realizar el **primario**.
- **voltios RMS**: valor calculado anteriormente.
- **10.000**: Valor **fijo**.
- **4,44**: Valor obtenido de la operación **3,14 x √ 2**.
- **cm<sup>2</sup>**: Sección en centímetros cuadrados del **núcleo**. Redondeado a 5 cm<sup>2</sup>.
- **Hz**: Frecuencia mínima a amplificar.

Sabiendo que el valor de los **voltios RMS** de la válvula **6V6** es de **150 voltios**, que la **sección del núcleo** del transformador que utilizaremos es de **5 cm<sup>2</sup>** y que la **frecuencia mínima** que queremos amplificar es de **25 Hz**, sustituyendo estos valores en la fórmula anterior obtenemos:

$$(150 \times 10.000) : (4,44 \times 5 \times 25 \text{ Hz}) = 2.702 \text{ espiras}$$

Valor que podemos redondear a **2.700 espiras**.

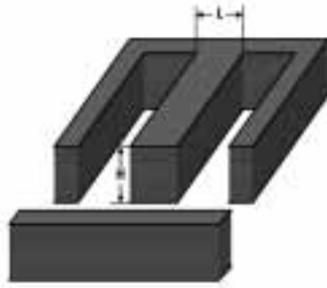


Fig.3 Para calcular los centímetros cuadrados del núcleo de un transformador de salida basta con multiplicar el ancho de la columna central (L) por la altura (H). Todas las láminas con forma de E se instalan en un mismo lado, las láminas con forma de I se instalan en el lado opuesto.

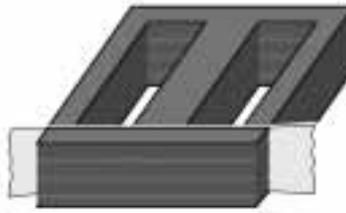


Fig.4 Puesto que en el primario del transformador además de la señal BF también circula una débil corriente que alimenta la placa de la válvula es necesario instalar un aislante entre las láminas E e I para evitar que el núcleo pueda saturarse.

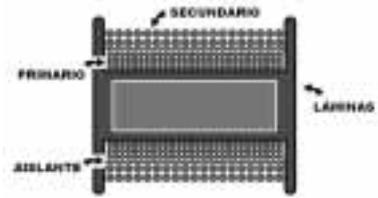


Fig.5 Para realizar el transformador hay que envolver en primer lugar las espiras que componen el primario, que suele tener muchas espiras con hilo de poco diámetro y, una vez aislado, envolver las espiras correspondientes al secundario, formado por menos espiras de hilo más grueso.

## ESPIRAS del SECUNDARIO

Para determinar el número de **espiras** a envolver en el **secundario** previamente hay que calcular la **relación** de **espiras** entre el **primario** y el **secundario**, realizando la siguiente operación:

$$\text{Relación} = \sqrt{(\text{imp. válvula} : \text{imp. altavoz})}$$

Por tanto, ya que la **impedancia** de carga de la válvula **6V6** es de **5.000 ohmios** y el **altavoz** que queremos controlar tiene una impedancia de **8 ohmios**, obtenemos una **relación de espiras** de:

$$\sqrt{(5.000 : 8)} = 25 \text{ (relación espiras)}$$

Ya que en el **primario** hemos **envuelto 2.700 espiras**, para conseguir **8 ohmios** en el **secundario** hay que envolver:  
**2.700 : 25 = 108 espiras**

## DIÁMETRO del HILO del PRIMARIO

Para calcular el **diámetro** del **hilo** de **cobre esmaltado** a utilizar para envolver el **primario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula utilizando la fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. válvula}}$$

En nuestro ejemplo, ya que la válvula **6V6** proporciona una **potencia** máxima de **4,5 vatios**

y tiene una **impedancia** de carga de **5.000 ohmios**, obtenemos:

$$\sqrt{(4,5 : 5.000)} = 0,03 \text{ amperios}$$

Conociendo la **corriente en amperios** para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la fórmula:

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

Realizando el cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{0,03} = 0,12 \text{ mm}$$

## DIÁMETRO del HILO del SECUNDARIO

Para calcular el **diámetro** del **hilo** de **cobre esmaltado** a utilizar para envolver el **secundario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula utilizando la fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. altavoz}}$$

Suponiendo que deseamos controlar un altavoz con una **impedancia** de **8 ohmios** y sabiendo que la válvula **6V6** proporciona **4,5 vatios**, hay que utilizar hilo de cobre que soporte una **corriente** de:

$$\sqrt{(4,5 : 8)} = 0,75 \text{ amperios}$$

Conociendo la **corriente en amperios**, para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la fórmula:

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

Realizando el cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{0,75} = 0,6 \text{ mm}$$

## EL ENTREHIERRO

En el **primario** del transformador que controla el altavoz, además de la señal de **Baja Frecuencia**, también circula una débil **corriente continua** que alimenta la **placa** de la válvula. Por esta razón, y para evitar que el **núcleo** pueda saturarse, hay que insertar en el circuito magnético un pequeño **entrehierro**.

Para conseguirlo hay que utilizar láminas **E I** y, en lugar de entrelazarlas, como normalmente se hace con los **transformadores de alimentación**, hay que insertar en un lado todas las láminas en forma de **E** y en el lado opuesto todas las láminas en forma de **I** (ver Fig.3).

Entre las láminas en forma de **E** y las láminas en forma de **I** hay que interponer un pequeño aislante, por ejemplo **papel** o **cinta adhesiva transparente** (ver Fig.4). De esta forma se consigue un **entrehierro** suficiente para no saturar el núcleo del transformador.

## EJEMPLO para la válvula EL84

Para concluir presentamos de forma **sintetizada** los cálculos necesarios para realizar el **transformador de salida** utilizado para conectar una válvula **EL84** a un altavoz de **4 ohmios**.

En primer lugar hay que obtener los **datos técnicos** de la **Tabla N°2**:

**TABLA N°5 - VÁLVULA EL84**

Tensión anódica	250 voltios
Corriente de placa	0,048 amperios
Resistencia interna	47.500 ohmios
Impedancia de carga	5.200 ohmios
Potencia de salida	5 vatios

## DIMENSIONES del NÚCLEO

Conociendo los **vatios** podemos calcular los **centímetros cuadrados** requeridos para el **núcleo** del transformador utilizando la fórmula:

$$\text{cm}^2 = 2 \times \sqrt{\text{watt}}$$

Puesto que la válvula **EL84** proporciona en su salida una potencia de **5 vatios** se precisa un **núcleo** que tenga una **sección** de:

$$2 \times \sqrt{5} = 4,47 \text{ cm}^2$$

Valor que podemos redondear a **5 cm<sup>2</sup>**.

## VOLTIOS RMS

Ahora hay que calcular los **voltios RMS**, es decir la **amplitud** de la señal de **audio** aplicada al **primario** del transformador. Puesto que la válvula **EL84** proporciona una **potencia** de salida de **5 Vatios** y tiene una **impedancia** de carga de **5.200 ohmios** (ver **Tabla N°5**), utilizando la fórmula:

$$\text{Voltios RMS} = \sqrt{\text{vatios} \times \text{impedancia de carga}}$$

Sustituyendo los valores obtenemos los **voltios RMS**:

$$\sqrt{5 \times 5.200} = 161 \text{ Voltios RMS}$$

## ESPIRAS del PRIMARIO

Para conseguir una **elevada fidelidad** con **notas bajas** es aconsejable elegir como **frecuencia mínima** un valor de **25 Hertzios**.

Para calcular el **número de espiras** a envolver en el **primario** utilizamos la fórmula:

$$\text{Espiras} = (\text{voltios RMS} \times 10.000) : (4,44 \times \text{cm}^2 \times \text{Hz})$$

Donde:

- **Espiras**: Número de **espiras** para realizar el **primario**.
- **voltios RMS**: valor calculado anteriormente.
- **10.000**: Valor **fijo**.
- **4,44**: Valor obtenido de la operación  $3,14 \times \sqrt{2}$ .
- **Hz**: Frecuencia **mínima** a amplificar.

- **cm<sup>2</sup>**: Sección en centímetros cuadrados del **núcleo**. Redondeado a **5 cm<sup>2</sup>**.

Sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos:

$$(161 \times 10.000) : (4,44 \times 5 \times 25 \text{ Hz}) = 2.900 \text{ espiras}$$

## ESPIRAS del SECUNDARIO

Para determinar el número de **espiras** a envolver en el **secundario** previamente hay que calcular la **relación** de **espiras** entre el **primario** y el **secundario** realizando la siguiente operación:

$$\text{Relación} = \sqrt{(\text{imp. válvula} : \text{imp. altavoz})}$$

Por tanto, ya que la **impedancia** de carga de la válvula **EL84** es de **5.200 ohmios** y el **altavoz** que queremos controlar tiene una impedancia de **4 ohmios**, obtenemos una **relación de espiras** de:

$$\sqrt{(5.200 : 4)} = 36 \text{ relación espiras}$$

Puesto que en el **primario** hemos envuelto **2.900 espiras**, para conseguir **4 ohmios** en el **secundario** hay que envolver:

$$2.900 : 36 = 80,55 \text{ espiras}$$

Valor que se puede redondear a **81 espiras**.

## DIÁMETRO del HILO del PRIMARIO

Como sabemos, para calcular el **diámetro** del **hilo** a utilizar para envolver el **primario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula utilizando la fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. válvula}}$$

En nuestro ejemplo, ya que la válvula **EL84** proporciona una **potencia** máxima de **5 vatios** y tiene una **impedancia** de carga de **5.200 ohmios**, obtenemos:

$$\sqrt{(5 : 5.200)} = 0,0310 \text{ amperios}$$

Conociendo la **corriente en amperios** para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la fórmula:

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

Realizando el cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{0,0310} = 0,123 \text{ mm}$$

Podemos utilizar **hilo de cobre** con un **diámetro** de **0,13 mm**.

## DIÁMETRO del HILO del SECUNDARIO

Para calcular el **diámetro** del **hilo de cobre esmaltado** a utilizar para envolver el **secundario** previamente hay que calcular la **corriente** que circula utilizando la fórmula:

$$\text{Amperios} = \sqrt{\text{vatios} : \text{imp. altavoz}}$$

Con el valor de **impedancia** del altavoz (**4 ohmios**) y sabiendo que la válvula **EL84** proporciona **5 vatios**, hay que utilizar hilo de cobre que soporte una **corriente** de:

$$\sqrt{(5 : 4)} = 1,118 \text{ amperios}$$

Valor que podemos redondear a **1,2 Amperios**.

Conociendo la **corriente en amperios**, para obtener el **diámetro** del hilo de cobre utilizamos la fórmula:

$$\text{Hilo mm} = 0,7 \times \sqrt{\text{corriente en amperios}}$$

Realizando el cálculo se obtiene un **diámetro** de:

$$0,7 \times \sqrt{1,2} = 0,766 \text{ mm}$$

Si no encontramos hilo de cobre de **0,77 mm** se puede utilizar hilo de **0,78 mm** o, incluso, de **0,80 mm**.

## CONCLUSIÓN

Como se ha podido observar no es tan complejo calcular y realizar **transformadores de salida** para adaptar **válvulas termoiónicas a altavoces**. So conocéis a alguien que precise realizar este tipo de **cálculos** os agradecerá enormemente que le hagáis llegar este artículo.