

amplificador de potencia, de alta fidelidad

- 1** principio de funcionamiento
- 2** montaje del amplificador
- 3** control y empleo
- 4** 30 W. de salida
- 5** componentes



Este amplificador, que proporciona 30 W de salida, emplea transistores finales complementarios, los cuales ofrecen una potencia más que adecuada para un ambiente doméstico normal. El circuito es totalmente estable con cualquier tipo de entrada y de salida. La etapa de salida está protegida contra un excesivo consumo de corriente, hallándose todo el amplificador al margen contra cualquier condición de carga, contra cortocircuitos en el circuito interrumpido, a cualquier frecuencia de la gama de audio. El amplificador puede también funcionar sin peligro de daños con una carga capacitativa de hasta un microfaradio en paralelo con una carga de 8 ohmios y, como hemos ya dicho, a cualquier frecuencia.

Las características de respuesta de frecuencia, distorsión, ruido, etc., son lo suficientemente buenas para hacer que sea adecuado también para sistemas «super». Es totalmente improbable que se pueda advertir la diferencia entre este amplificador y otro que anuncie mejores servicios, sin recurrir a un analizador de distorsión; y, por otra parte, nuestro aparato no produce coloraciones apreciables de los sonidos amplificadas.

1

El circuito de un canal se muestra en la figura 1. La etapa de entrada está compuesta de un amplificador diferencial con la señal de entrada aplicada a la base del Tr1 y el retorno de señal aplicado a la base Tr2. El transistor Tr9 proporciona una corriente de emisor controlada. La alta impedancia presente en el punto de entrada de la señal, proporcionada por la fuente de corriente, desacopla la señal de cualquier zumbido o ruido existente en la línea de -40 V. La señal en la salida de Tr1 pilota la base de Tr3, que constituye la mitad positiva de la etapa piloto bidireccional de corriente. El circuito de Tr4 constituye la mitad negativa de la etapa piloto de corriente. Los transistores Tr3 y Tr4 proporcionan a los transistores piloto de la etapa de salida (Tr5 y Tr6) una señal piloto de alta impedancia.

Los diodos D2 y D3, conjuntamente con el potenciómetro R21, ofrecen una tensión de polarización apenas suficiente para llevar a conducción a los transistores pilotos. Los transistores Tr5 y Tr6, funcionando en clase A-B, proporcionan una ganancia igual a dos, la cual depende de la relación entre R15/R12 y R16/R14.

El manantial de corriente Tr9 y una fuerte contrarreacción eliminan cualquier trazo de distorsión de cruce. La carga, o sistema de altavoces, es accionada por la señal presente en los colectores de los transistores de salida Tr7 y Tr8. La red de retardo compuesta por R20 y C6, determina el punto donde las frecuencias altas comienzan a ser atenuadas en la red de contrarreacción, como ocurre normalmente en este tipo de amplificadores. La bobina L1 desacopla la carga a las frecuencias altas, a fin de que la red de contrarreacción no pueda ser cortocircuitada por una capacidad externa, causando oscilaciones de alta frecuencia. El condensador C10 elimina la radiofrecuencia entre los terminales de salida.

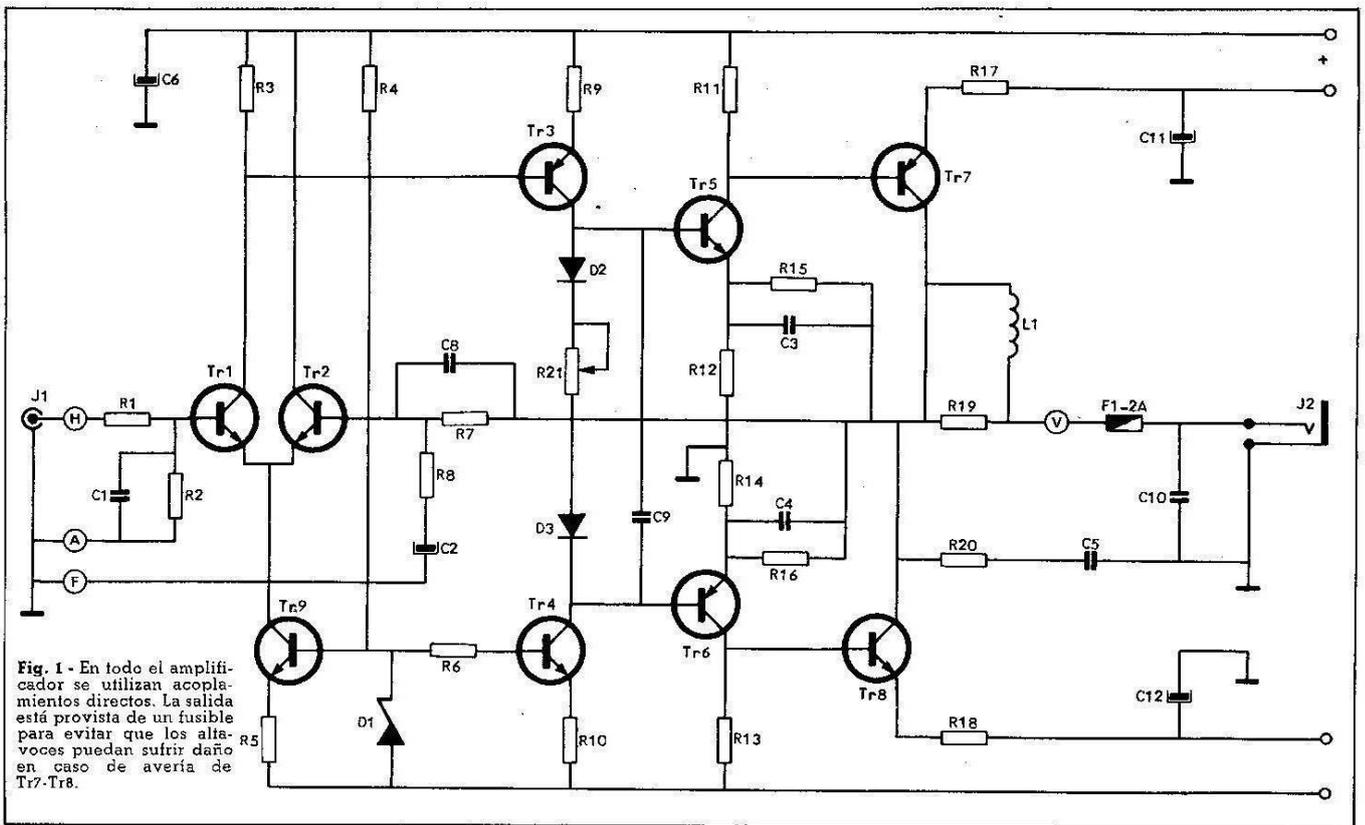
En las figuras 2a y 2b aparecen los gráficos de amplitud y de fase. El gráfico de la figura 2a se refiere a frecuencias inferiores a 20 Hz, mientras que el de la figura 2b se refiere a frecuencias de 20.000 Hz en adelante. Los gráficos de frecuencia y de fase entre 20 Hz y 20.000 Hz son líneas rectas.

Las curvas de las frecuencias bajas muestran que la amplificación es de 1 decibelio por debajo de 5 Hz, con una ganancia que se aproxima a la unidad en c.c. El gráfico de la rotación de fase demuestra que un máximo de rotación de fase a las frecuencias bajas de aproximadamente 60° , se logra a 0,7 Hz, aproximadamente, y que después la rotación se aproxima gradualmente de nuevo a 0° , hacia el punto de la c.c.

Las curvas de las frecuencias altas muestran que la amplificación es de 1 dB por debajo de 100.000 Hz, aproximadamente, mientras que el punto correspondiente a una ganancia igual a la unidad se tiene a 1,3 MHz. El gráfico de fase muestra que el amplificador tiene un margen de fase de aproximadamente 40° , suficiente para asegurarse la estabilidad en todas las condiciones de funcionamiento.

En la figura 3 se reproduce el gráfico de la impedancia de salida en función de la frecuencia. La resistencia de la unión entre el amplificador y la carga es del orden de los 0,5 ohmios y está comprendida en este gráfico que ha sido obtenido entre los terminales de salida del amplificador. La impedancia de salida es muy reducida en la mayor parte de la gama de audio y

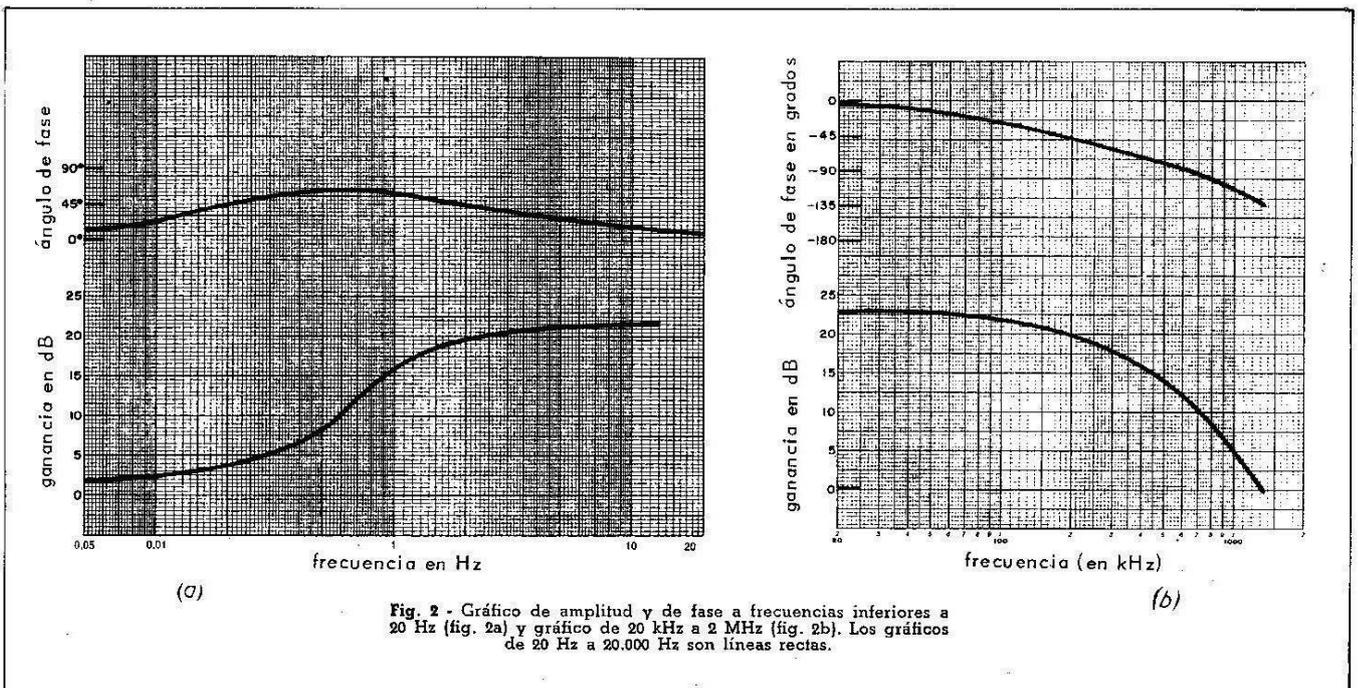
AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE ALTA FIDELIDAD

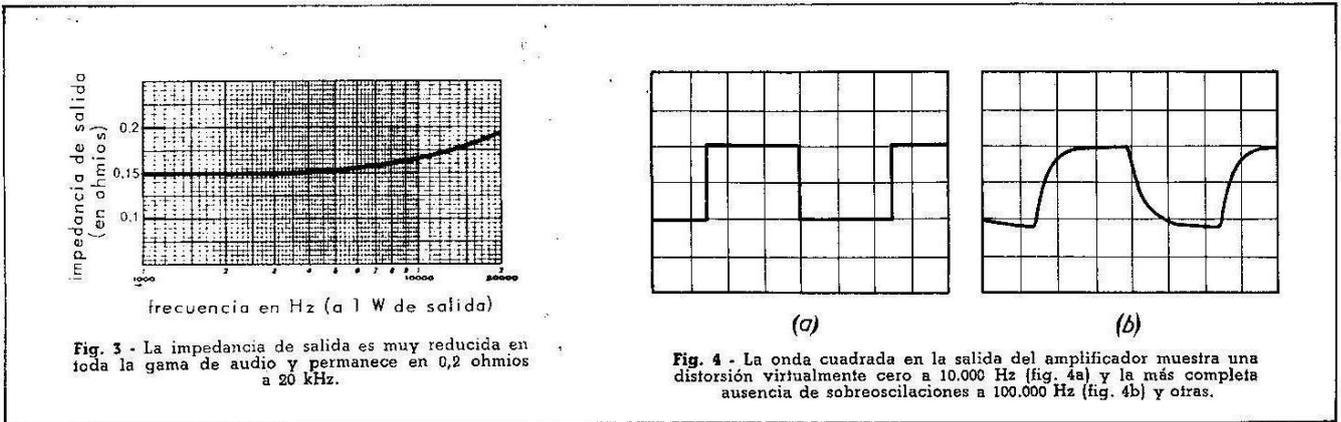


comienza una leve elevación más allá de los 5.000 Hz. Alcanza un máximo de 0,2 ohmios a 20.000 Hz. Estas características son normalmente previsibles en la entrada de contrarreacción y en la longitud de banda del circuito.

En las figuras 4a y 4b se muestran las formas de onda obtenidas con un osciloscopio, de la respuesta a las ondas cuadradas del amplificador a 10.000 Hz y 100.000 Hz. La curva a 10.000 Hz (figura 4a) ha sido tomada sólo porque esta frecuencia es utilizada normalmente en las pruebas de los amplificadores.

Sin embargo, es una frecuencia demasiado baja para probar un amplificador como el que describimos. El trazado de la respuesta a 100.000 Hz (figura 4b), muestra claramente el tiempo de salida de aproximadamente 2,5 microsegundos y la total ausencia de sobreoscilaciones con una señal en escalera a la entrada. Significamos que esta prueba no es aconsejable en la mayor parte de los amplificadores y que no debe llevarse a cabo en éste por aquellos montadores que carezcan de experiencia.





La mayor parte de los componentes de este amplificador se montarán sobre una placa de circuito impreso como la mostrada en la figura 5a; en la figura 5b es visible la disposición de los componentes, cuyos terminales se soldarán sobre las pistas de cobre.

2

Los transistores de potencia Tr7 y Tr8 se deben montar sobre aletas refrigeradoras que al mismo tiempo les servirán de soporte, conectando sus terminales con el circuito impreso por medio de hilos de conexión.

La bobina L1 se realizará con hilo de cobre esmaltado de 0,5 mm. Ø, devanada a espiras juntas en una sola capa sobre el cuerpo de la resistencia R19. El valor exacto de esta bobina no es crítico, siendo de 8 a 10 las vueltas que admite la resistencia. Eliminar el esmalte en los extremos de la bobina y soldarlos a los terminales de R19. A continuación se monta el conjunto L1-R19 en su lugar correspondiente en el circuito impreso.

En los taladros contraseñados A, F y H del circuito impreso se soldarán conductores de colores distintos con una longitud de aproximadamente 25 cm., entrelazándolos. Se soldará otro trozo de conductor de 25 cm. de longitud en el orificio G y otro de 15 cm. en los taladros contraseñados con los signos +, -, V. Finalizado esto, el circuito impreso debe excluirse momentáneamente.

Para la alimentación de este amplificador se puede utilizar cualquier alimentador capaz de proporcionar 2 amperios con + 40 V y - 40 V. En la figura 6 publicamos un alimentador adecuado para este empleo.

La fotografía de la figura 7 muestra una versión estereofónica del amplificador. Tanto para la versión monofónica como

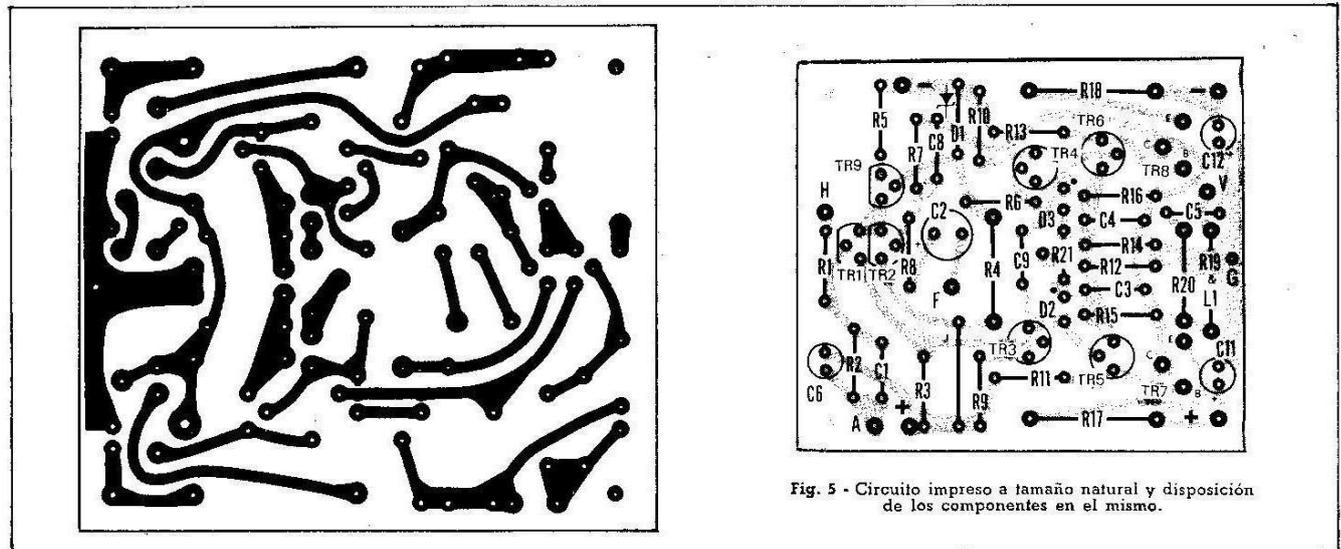
para la estereofónica, es válido el mismo procedimiento de montaje.

Ahora se montarán en la caja los componentes del alimentador, excepción hecha de los condensadores de filtro y de sus fijaciones. El rectificador en puente se fija directamente en el fondo de la caja con un tornillo.

Después de haber montado los jacks de entrada y de salida en el panel frontal, se fijarán las bridas con los finales y a continuación los circuitos impresos.

Una vez fijadas las placas de montaje, tomar los conductores trenzados que provienen del circuito impreso y llevarlos hacia J1, a lo largo de la caja, alejándolos del transformador de alimentación. Se conecta y se suelda el conductor procedente del orificio A al contacto de señal central de J1. Se conectan y se soldan los otros dos conductores al terminal de masa de J1. De los orificios H y F se usan dos conductores separados, conectándolos a masa en el jack de entrada.

Fijar el portafusible del altavoz al fondo de la caja y montar los soportes para los condensadores de filtro en la pared posterior de la propia caja, introduciendo en ellos los condensadores. Con referencia a la figura 6, se efectuarán las conexiones del alimentador. La línea común del alimentador parte del punto de unión entre C1 y C2 y se conecta al terminal de masa de J2. Si se construye una versión estereofónica, partirán de los condensadores dos conductores separados, que irán a los respectivos terminales de masa. Tomando el conductor procedente del orificio G, se hace pasar a lo largo de la parte mediana de la caja soldándolo al borne de masa de la regleta de terminales. Se conecta el conductor procedente del orificio V al terminal más próximo del portafusible del altavoz y a continuación un trozo de conductor del otro terminal del portafusible al contacto de señal de J2. Finalmente, se conecta C10 a los terminales de J2 y se soldarán todas las conexiones al jack de salida y al porta-



AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE ALTA FIDELIDAD

fusible del altavoz. Las conexiones terminan conectando y soldando los dos conductores procedentes de los orificios — del circuito impreso al terminal negativo de C2 y los dos conductores procedentes de los taladros + del circuito impreso al terminal positivo de C1.

Con la ayuda de la figura 1 y de la figura 6 se controlarán atentamente todas las conexiones, procurando localizar cualquier error de cableado. Utilizar un óhmetro para medir la resistencia hacia masa de los terminales de los diodos de polarización y de los transistores de salida. Estas medidas se repetirán después de haber invertido las puntas del óhmetro. En todas las medidas se debe detectar una resistencia comprendida entre unos pocos megohmios e infinito. Si se obtiene una indicación de cortocircuito o de resistencia muy reducida, significa que el componente controlado no está bien aislado de la caja y debe ser desmontado y colocado de nuevo para obtener el aislamiento debido.

3

Se introduce la clavija del cordón de red en un enchufe de corriente y se cierra el interruptor S1. Se controlarán las tensiones c.c. respecto masa, debiendo estar comprendidas entre 30 V y 35 V en ambas polaridades. Se controlarán ahora las tensiones en los terminales de R11 y R13. Típicamente, la tensión en los terminales de R11 deberá ser muy baja o no mensurable. Para un buen funcionamiento del amplificador, en ningún caso debe existir una tensión superior a 0,5 voltios en los terminales de R13. El último control de tensión se llevará a cabo entre masa y el punto V; si todo funciona bien, se deberán detectar 0,1 V o menos. Si cualquier transistor o cualquier otro elemento se calienta excesivamente sin señal de entrada y sin carga, se desconectará inmediatamente el dispositivo, localizando la causa de la avería antes de seguir operando.

Llegados a este punto, se regula el control de polarización R21 para obtener los mejores resultados. Se conecta con una carga de 8 ohmios a través de J2 y se pilota el amplificador introduciendo en J1 una señal senoidal de 10.000 Hz, de suficiente amplitud para obtener una salida de 1 W. Observar la forma de la onda de salida con un osciloscopio, girando R21 para hacer desaparecer las irregularidades a lo largo del eje cero de la forma de onda. Si no se poseen instrumentos adecuados, se lleva R21 a aproximadamente tres cuartas partes de rotación en el sentido de las agujas del reloj.

4

La potencia de 30 W especificada es exacta incluso aunque las prestaciones limitadas del alimentador impiden obtener esta potencia por debajo de los 300 Hz. Con 30 W por canal, la distorsión es sólo del 0,084 % a 300 Hz; aumenta al 7 % a 100 Hz y es mucho mayor disminuyendo la frecuencia. Por el contrario, la distorsión a cualquier nivel de potencia hasta 30 W por canal es inferior al 0,1 % de 20 Hz a 20.000 Hz. Con un nivel de escucha normal, la distorsión es inferior al 0,07 % a cualquier fre-

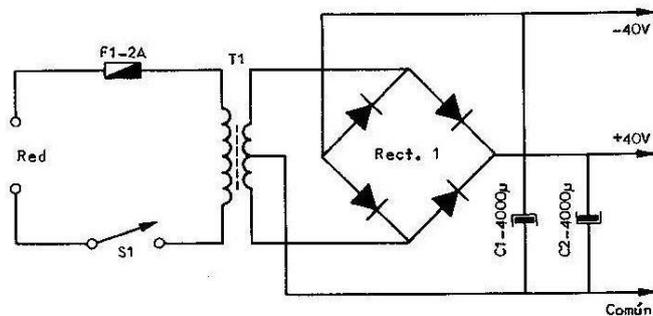


Fig. 6 - En este alimentador típico para el amplificador, RECT1 puede estar constituido por un solo rectificador en puente, o bien por cuatro diodos de silicio, separados. Componentes: los condensadores C1 y C2 son electrolíticos, de 50 V. F1 = fusible de 2 A. RECT1 = cuatro diodos de silicio BY126 o rectificador en puente. S1 = interruptor. T1 = transformador de alimentación: secundario de 2x40 V, 2 A.

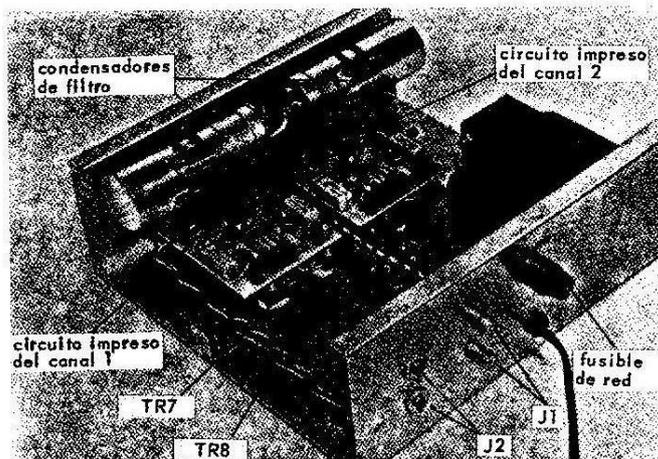


Fig. 7 - Versión estereofónica del amplificador.

cuencia, calificándolo como un amplificador de alta fidelidad de excepcional clase.

La distorsión armónica a 1.000 Hz permanece inferior al 0,09 % de 0,1 vatio a 30 vatios, elevándose después a más altos niveles de potencia. La distorsión de intermodulación posee una característica similar, pero es algo superior, típicamente inferior al 0,3 % hasta 30 vatios de salida.

Al punto visible de corte de la forma de onda, la potencia de salida a 4 ohmios era de 40,5 W por canal; a 8 ohmios, de 33 W por canal; a 16 ohmios, de 25 W por canal. El nivel de corte a 8 ohmios ha sido controlado también a frecuencias bajas: era de 22 W a 50 Hz y de 18,7 W a 20 Hz.

Todas las medidas hasta aquí descritas han sido efectuadas con el control de polarización del amplificador en la posición en que se encontraba. El control ha sido regulado después para la mínima distorsión a reducidos niveles de la potencia de salida. Con ello se obtuvo una notable reducción de la distorsión armónica y de intermodulación a niveles inferiores a 1 W, pero un efecto despreciable a niveles de potencia más elevados. La mejor regulación resultó con el control a un extremo. No se efectuaron medidas de corrientes de reposo en estas condiciones, pero es posible que la disipación de los transistores fuese demasiado alta. Si es así, no hay un punto para reducir al mínimo la distorsión, por cuanto ésta es adecuadamente baja en casi todas las posiciones del control.

La respuesta en frecuencia del amplificador es plana dentro del espectro de audio, 0,2 dB por debajo de 15 Hz y 50.000 Hz y 1,7 dB por debajo del límite inferior de medida de 5 Hz. La salida era 3 dB a 190.000 Hz. El tiempo de salida con onda cuadrada fue de 2 microsegundos, mientras que el ruido era de 83 dB a 10 V.

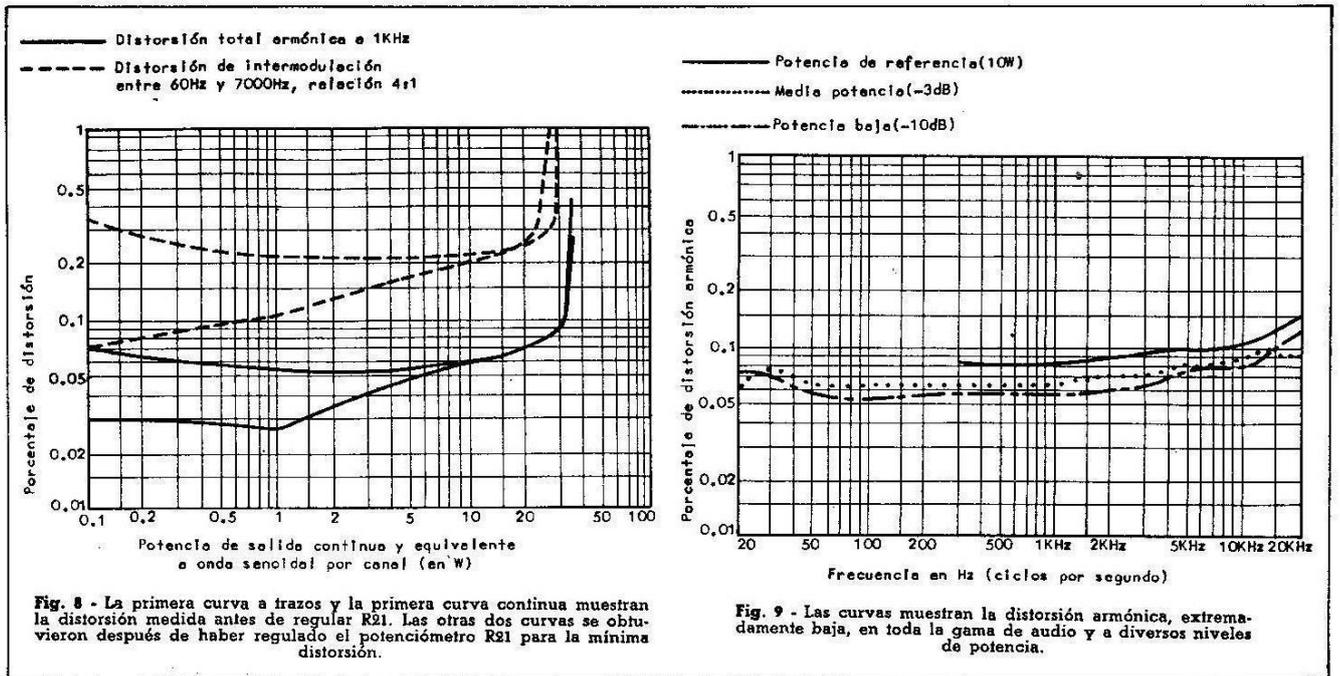
El amplificador se calentaba durante las pruebas, pero no durante el normal empleo de audición. Todo ello sumado, es ciertamente un óptimo y económico amplificador de potencia.

La figura 8 muestra la distorsión en función de la potencia de salida; mientras que la figura 9 muestra la distorsión en función de la frecuencia.

5

- C1, C8 = 220 pF pin-up
- C2 = 200 µF 6,4 V, electrolítico
- C3, C4 = 1.000 pF pin-up
- C5, C9 = 0,1 µF poliéster
- C6, C11, C12 = 2,5 µF 64 V, electrolíticos
- C7 = no se utiliza
- C10 = 0,01 µF poliéster
- D1 = diodo zener de 4,7 V 400 mW tipo BZY88/C4V7
- D2, D3 = diodos tipo SD560
- F1 = fusible de 2 A.
- J1 = jack telefónico
- J2 = jack telefónico de simple conmutación
- L1 = 8 ó 10 espiras de hilo de cobre esmaltado de 0,5 mm. Ø devanadas, a espiras juntas, sobre el cuerpo de R19.

AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE ALTA FIDELIDAD



Tr1, Tr2, Tr4, Tr9 = transistores SC109.
 Tr3 = transistor 2N4289.
 Tr5 = transistor MC140
 Tr6 = transistor MC150
 Tr7 = transistor BDX18
 Tr8 = transistor 2N3055
 R1, R5, R7 = 2,2 kΩ
 R2 = 22 kΩ
 R3 = 4,7 kΩ
 R4 = 18 kΩ 1 W 10 %

R6 = 1 kΩ
 R8 = 150 ohmios
 R9 = 470 ohmios
 R10 = 820 ohmios
 R11, R13 = 100 ohmios
 R12, R14, R15, R16 = 220 ohmios
 R17, R18 = 0,5 ohmios 0,7 W (tipo DAVI)
 R19, R20 = 10 ohmios 1 W 10 %
 R21 = potenciómetro de 250 ohmios
 Todas las resistencias, excepto las indicadas, de 0,5 W 10 %