

**Linear amplifier broadband 600 watts peak with two VRF-2933**

**AMPLIFICADOR LINEAL DE 600 WATIOS de 3 a 30 Mhz**

**Modelo : KAOLIN - 2.016**

=====  
Original de: Ramón Carrasco Caríssimo EA-1-KO



**Fig 1: Aspecto frontal del amplificador.**

Presento una nueva versión basada en anteriores amplificadores lineales, siendo ahora el modelo: KAOLIN-2016, capaz de proporcionar una potencia de salida de 600 vatios de pico en SSB en las bandas de HF comprendidas entre 3 y 30 megaciclos.

En las modalidades digitales y en CW / AM / FM la potencia de pico máxima es de 350 vatios ; el prototipo emplea un push-pull de transistores Mosfet tipo VRF-2933.

Permite obtener alta potencia de salida de RF, útil para comunicaciones a larga distancia con equipos transceptores de tipo convencional , así como con equipos de baja potencia SDR o QRP, en las bandas de HF.

Todos los elementos de montaje son comunes, y sólo los filtros de salida y las adaptaciones asociadas son diferentes para cada gama de frecuencias.

Con 5 a 6 vatios de excitación, proporciona las potencias nominales indicadas, pero es posible modificar el atenuador ,que lleva el montaje incorporado, o eliminarlo, para lograr la plena salida con menos de 2 vatios de entrada.

La ganancia típica del montaje es de: +18 dB , + - 1 dB en todas las bandas, con el atenuador incorporado de - 5,5 dB.

Se parte de una plantilla que se adjunta, y que al ser impresa proporciona un dibujo a escala 1:1 con la colocación de las isletas en las que ubicaremos los componentes, debiéndose cortar un trozo de placa de circuito impreso de fibra de vidrio a doble cara con las medidas indicadas.







Fig 3 y 4: Detalles del choque de alimentación T-2 y del transformador de salida



Finalmente colocar también silicona térmica y atornillar los transistores, teniendo especial cuidado en el manejo frente a descargas de corrientes estáticas, porque estos componentes como MOSFET que son, pueden resultar destruidos por una manipulación incorrecta.

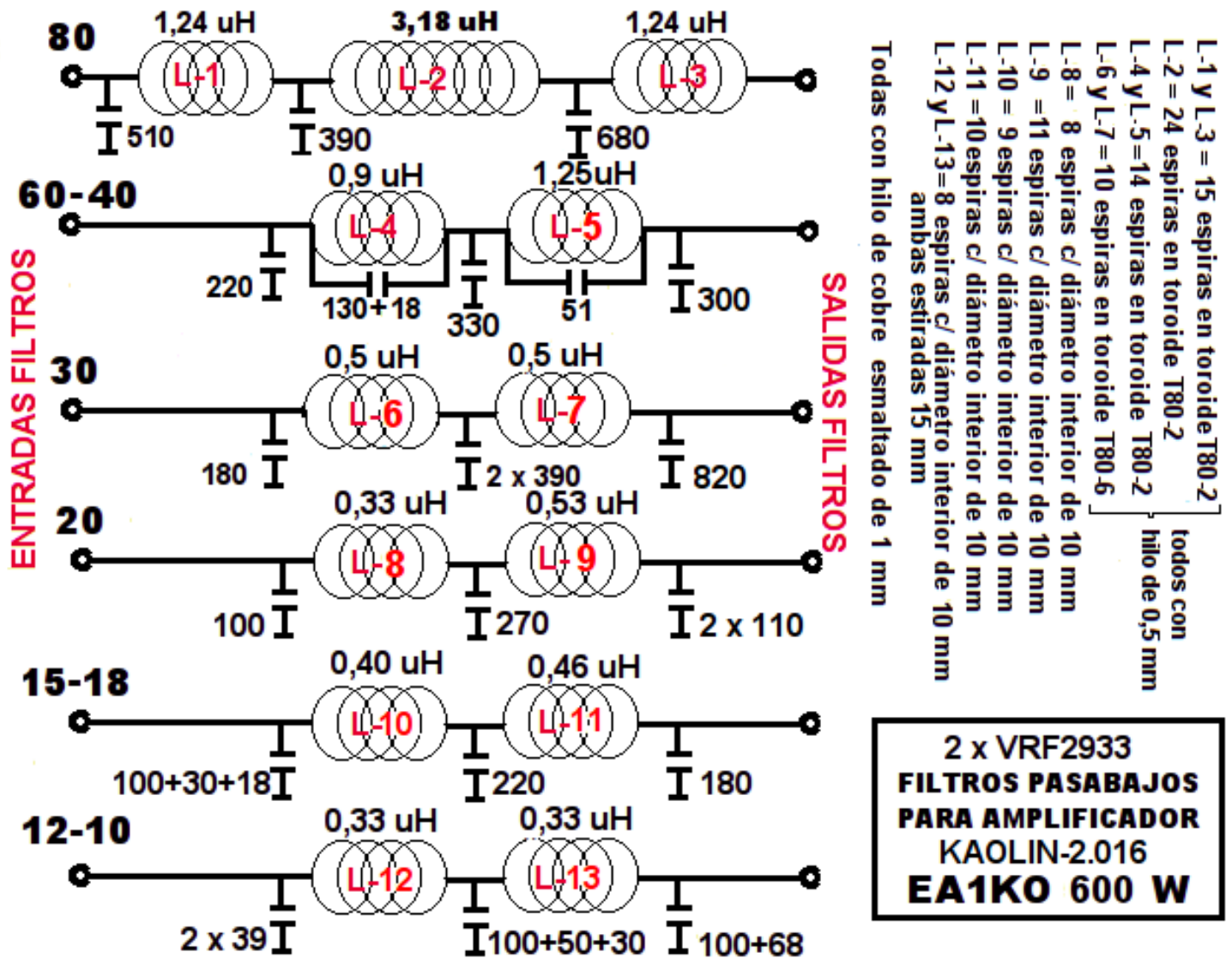


Fig 5: Valores de los componentes de los filtros empleados.

Fijada la placa al refrigerador, y atornillados los elementos anteriores, podemos proceder a colocar el relé de antena que irá soldado sobre las isletas, dejando sobrante de pistas suficientes como para que posteriormente podamos soldar los cables coaxiales; ahora habrá que mecanizar la caja, los agujeros para los conectores etc.

En este proyecto, los cables coaxiales utilizados son: el RG178, fino de teflón para la entrada y el resto RG-142 también de teflón.

El transformador de salida está confeccionado con 6 anillos de ferrita marca Ferroxcube tipo: CST19/10/15-4S2, pero también se puede hacer con 4 tubos CST26/13/29-4S2 con longitud algo superior; se pueden conseguir en:

[www.Farnell.com](http://www.Farnell.com)

Los anillos de ferrita van pegados entre sí con pegamento de cianoacrilato, tipo Loctite o similar.

Los tubos de latón, tendrán una longitud acorde al tamaño de las ferritas, dejando unos 4 milímetros adicionales para que se puedan soldar a las placas de circuito impreso frontal y posterior, según se indica en las figuras 4 y 10.

La placa frontal, tiene dos cortes en el cobre, para poder separar las conexiones de cada drain, mientras que la posterior es de una sola pieza.

Por dentro del tubo de latón, discurren dos espiras de hilo de teflón de 1 mm, o de otro material que sea resistente al calor.

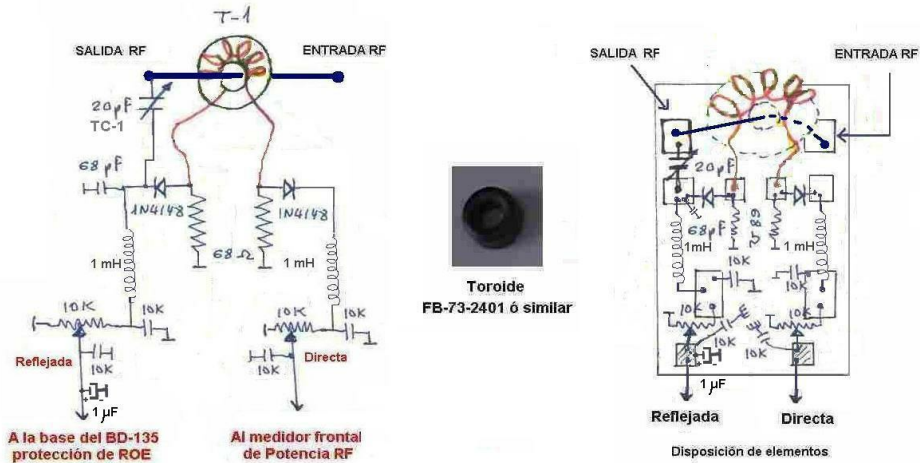


El choque de alimentación T-2 , está formado por un toroide de ferrita, con medidas de 25 mm de diámetro externo, y con un grosor de 5 mm, al que se le dan 8 espiras bifilares con hilo esmaltado de 0,85 mm de diámetro; después se conecta como si fuese un transformador de relación 4:1, uniendo los extremos adecuados de los devanados, que corresponden al comienzo de uno con el final del otro, para que queden las fases en orden correcta, y empleando la unión de ambos, para introducir la alimentación de +48 voltios a los Drain.

Este choque T-2 va soldado directamente a la placa de circuito impreso del T-3, y a CH-4 en la placa base.

Las medidas no son críticas, ni tampoco el tamaño ni la permeabilidad del toroide, con tal de que sea igual o superior a 850A, y tenga al menos 20 mm de diámetro exterior.

Por su interior, lleva una espira captadora, convenientemente aislada con un trozo de aislante de teflón, que se puede recuperar del corte de alguna funda de los coaxiales de teflón usados en el montaje; en sus extremos irán soldadas las resistencias de 22 ohmios 2 vatios, que irán hacia T-1, formado el bucle de realimentación de RF , según se ve en la Fig-15.



T-1 : Toroide de 9 mm exterior, 5 mm interior y 5 mm grueso tipo: FB-73-2401 ó similar  
 8 vueltas de hilo esmaltado de 0,4 mm por el interior pasa un hilo de teflón de 1 mm.  
 las resistencias son de medio watio.  
 los potenciómetros son lineales.  
 No hay medidas críticas

**CONTROL DE POTENCIA  
 y MEDIDOR DE R.O.E  
 EA-1-KO**

**Fig 6: Circuito medidor de potencia relativa y ROE**

La protección contra ROE consiste en un detector incorporado a la placa de filtros pasabajos de RF, que muestrea la presencia de ROE en la salida del amplificador, enviando una tensión de control a la base de un transistor BD-135, que se encargará de activar un pequeño relé con auto-enclavamiento, que corta la alimentación a la cadena de relés de antena y gates, evitando la posible destrucción de los transistores VRF-2933; el circuito protege eficazmente el amplificador frente a desadaptaciones de antena; la otra salida del detector se lleva a un instrumento frontal para medir la potencia de radiofrecuencia en cada momento, aunque no es un watímetro, si no un mero indicador de salida de RF.

Si se produce un exceso de ROE el amplificador se desconectará automáticamente, y un piloto en el frontal señalará la situación, siendo preciso volver a poner en espera el amplificador para que se rearme el dispositivo.

En el presente montaje se ha reutilizado un viejo medidor de ROE procedente de un transceptor desguazado, pero es válido el esquema arriba reseñado.

Para la protección por exceso de temperatura, se coloca sobre uno de los transistores, un bimetálico que va en serie con la alimentación de los devanados de los relés, y que a partir de 70 grados abre el circuito, dejando fuera de servicio el amplificador, hasta que baje la temperatura.

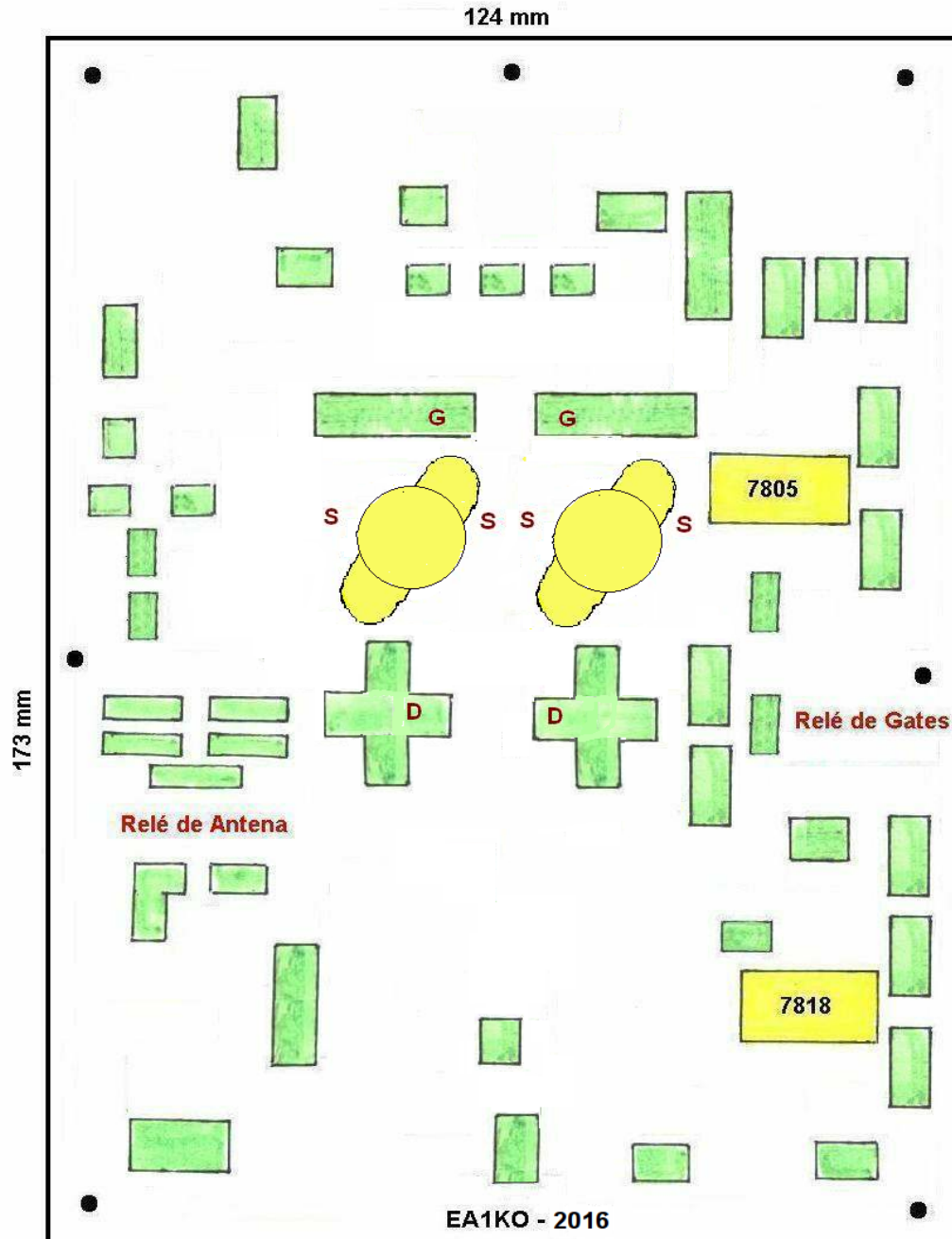
En la parte superior del refrigerador lleva un ventilador de 12 x 12 centímetros a 12 voltios conectado de forma que el flujo del aire incida sobre su superficie.

Después de haber revisado y comprobado que no nos hemos equivocado en ningún componente, podemos pasar a la fase de montaje de la placa de filtros y medidor de ROE.

# AMPLIFICADOR TRANSISTORIZADO DE 600 WATIOS EA-1-KO

para las bandas de : 10 - 12 - 15 - 18 - 20 - 30 - 40 - 80 metros

## PLACA BASE DE MONTAJE ESCALA 1:1



Plantilla con la disposición de las isletas de circuito impreso pegadas sobre placa de doble cara. Las zonas amarillas, representan los cortes en la placa base, para alojar los transistores y aquellos elementos que quedarán en contacto directo con el refrigerador. Ninguna distancia o colocación es crítica, salvo las que sirven de soporte al relé de antena, que estarán dimensionadas acordes al tamaño del mismo.

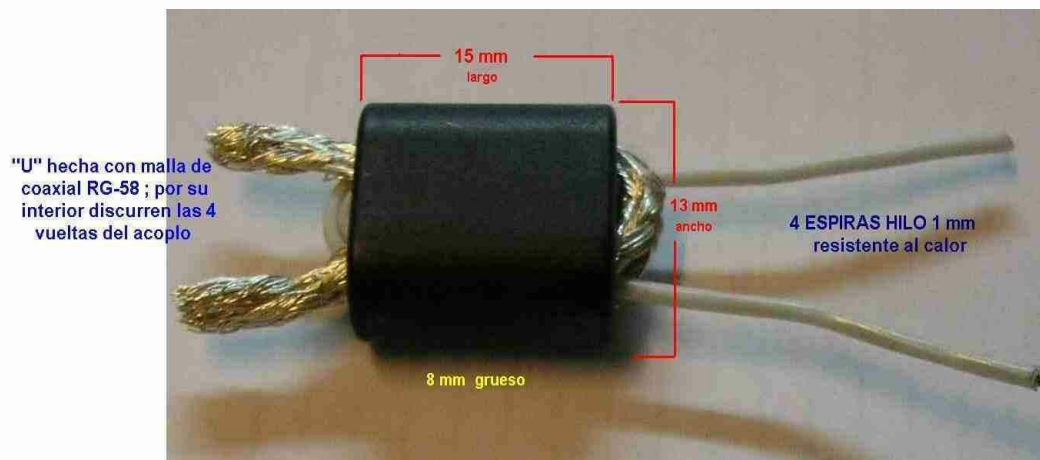
**Imprimiendo esta plantilla, saldrá la misma a tamaño real 1:1**

**Nota:** Algunas impresoras reproducen la plantilla con tamaño diferente al original; verificar las medidas.

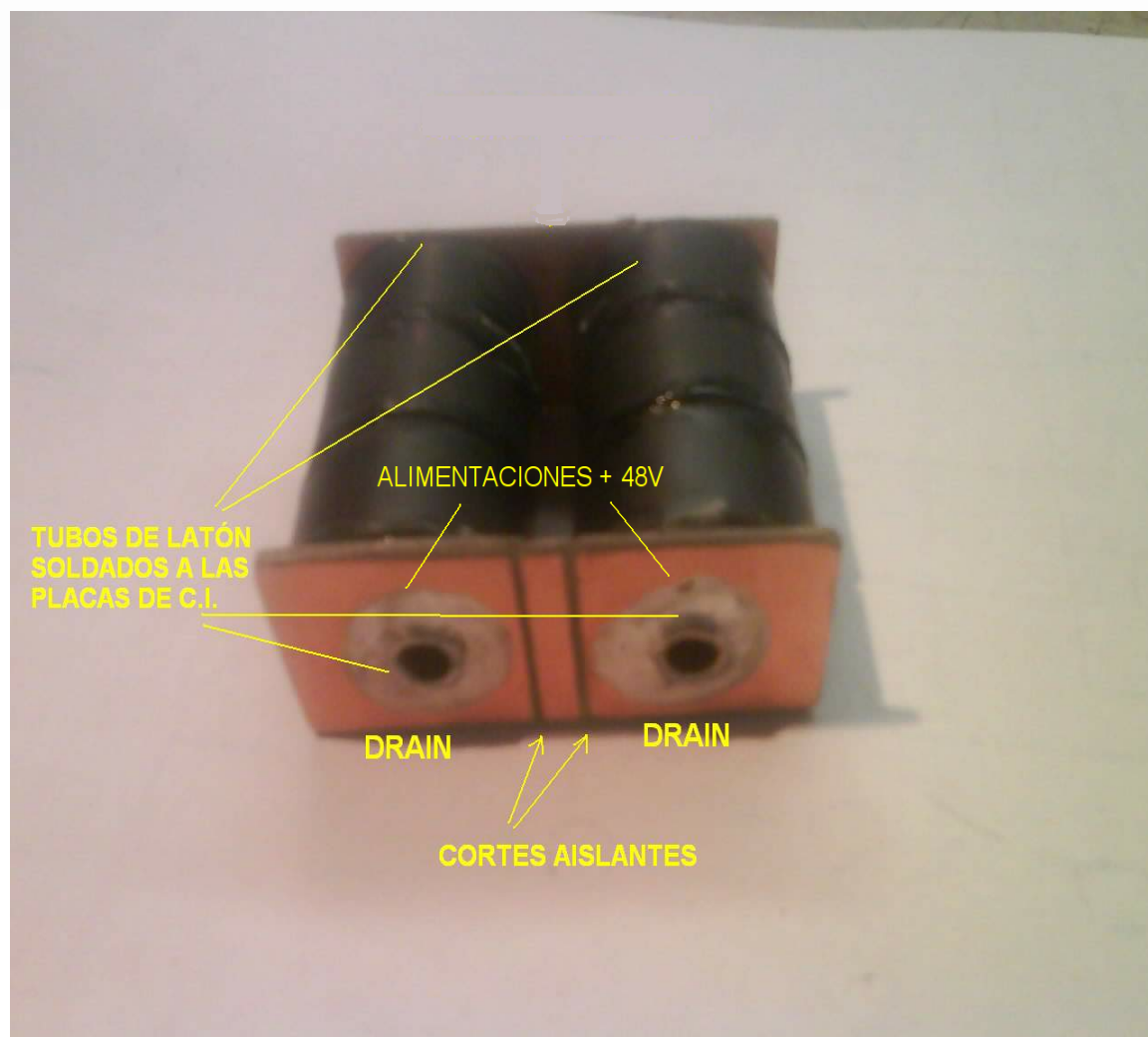
Fig 7: Plantilla de circuito base a escala 1:1







**DETALLES Y MEDIDAS DEL BALUN DE ENTRADA  
BINOCULAR TIPO: BN43-202**



**Fig 9 y 10: Detalles de los transformadores de entrada y salida**



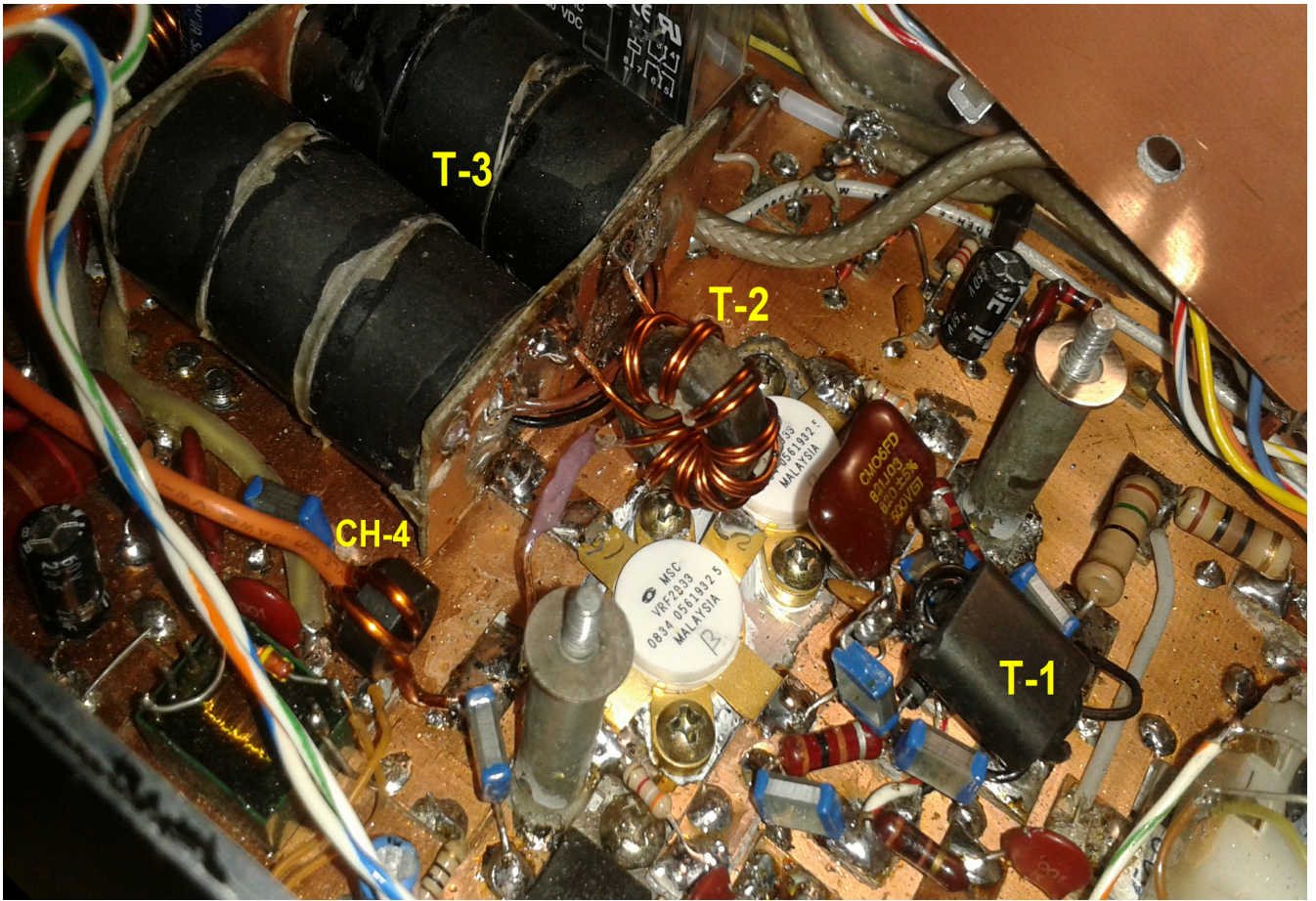


Fig 11: Detalles de T-1 , T-2 , T-3 y CH4.

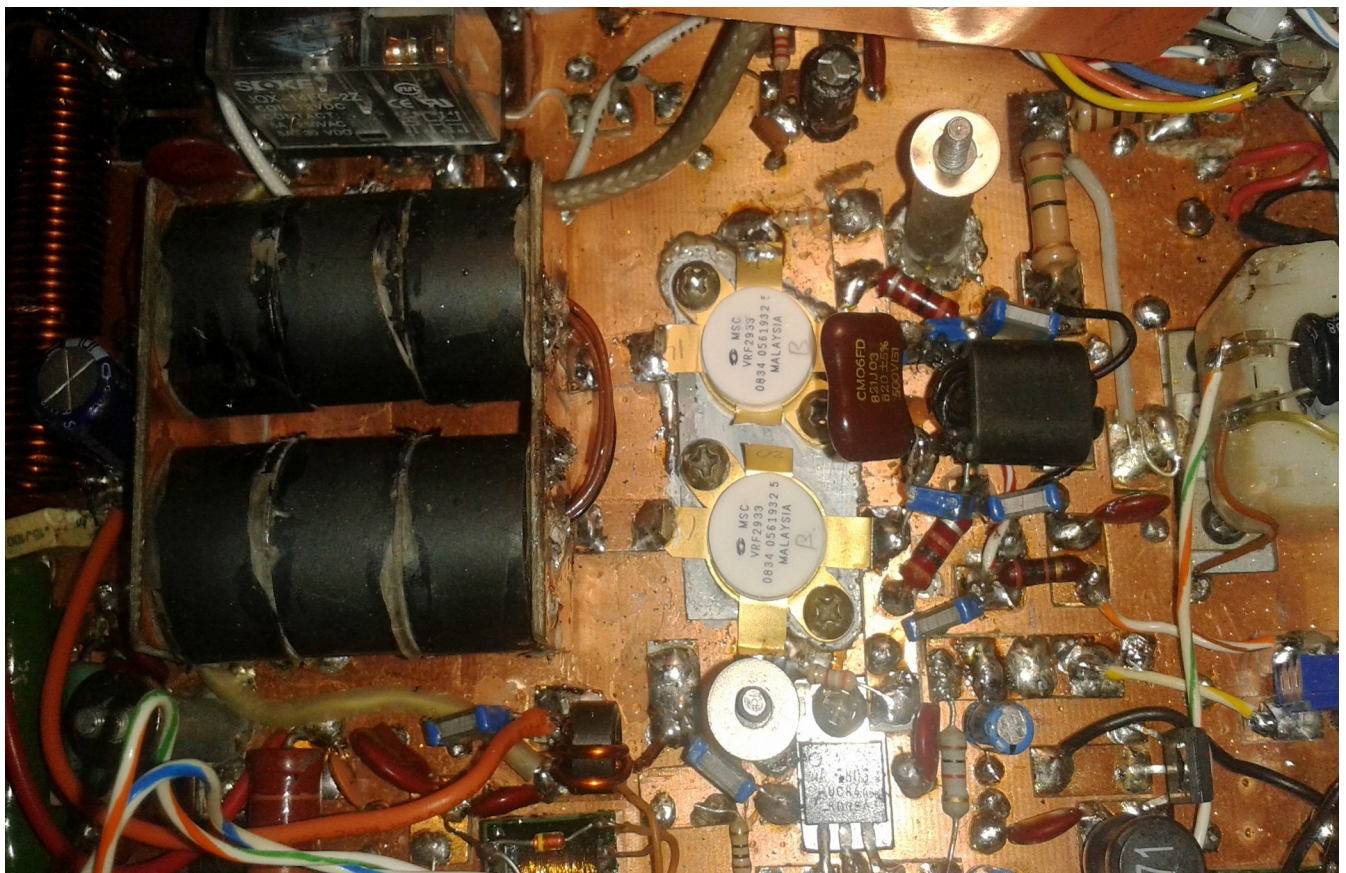


Fig 12: Placa base sin T-2 ni la realimentación.



## PLACA DE FILTROS Y MEDIDOR DE ROE:

Va colocada sobre la placa base, mediante el uso de espaciadores metálicos largos, de tal forma que se puede abatir sobre un lateral del amplificador, para permitir la operación de ajuste de la polarización, o para cualquier otra intervención en la placa base, sin tener que desoldar ningún hilo.

Contiene 6 filtros de paso bajo y un medidor de potencia de salida directa y de potencia reflejada ROE, existentes en el circuito de salida del amplificador, en éste caso recuperado de un viejo tranceptor.

Los filtros cumplen con una doble misión: De una parte adaptan impedancias a la carga de 50 Ohmios, y por otro lado a la vez eliminan los armónicos indeseados, siendo filtros del tipo de impedancia progresiva, a diferencia de los típicos de impedancia constante, con una relación de 1:2,5, porque la salida del transformador del push-pull, tiene 20 Ohms de  $Z$ ; el agrupar condensadores de mica en paralelo en algunos filtros, es debido a que en esos puntos, hay corrientes de RF elevadas, que es preciso repartir entre los diferentes condensadores.

A la hora de hacer las bobinas de los filtros, tomar como referencia las espiras indicadas en el esquema, pero teniendo en cuenta que el valor resultante de la inductancia de cada bobina estará condicionado por la forma de repartir las espiras en los toroides, la presión y la tracción ejercida con el hilo etc; puede ser que un mismo valor de inductancia requiera más o menos espiras de las indicadas en el esquema, por lo que se recomienda verificar los valores con un inductómetro, para obtener los microHenrios requeridos para cada bobina, aunque difiera el número de espiras con respecto a las indicadas.

Se utiliza también placa de circuito impreso de doble cara, e isletas aislantes para soportar los diferentes filtros y componentes asociados al detector de potencia y ROE.

El conmutador de los filtros es de plástico o baquelita de 6 posiciones 2 circuitos; no hace falta que sea especial.

No hay medidas críticas, debiéndose únicamente respetar los datos constructivos de las bobinas, que están hechas con hilo de cobre esmaltado, de los utilizados para bobinar transformadores o motores etc.

Los condensadores de los filtros son de mica plateada, de 500 voltios y 5 % de tolerancia.

Los toroides de los tipos T80-2 y T80-6; se pueden conseguir por Internet en las direcciones:

USA: <http://www.partsandkits.com>

España: <http://www.micropik.com>

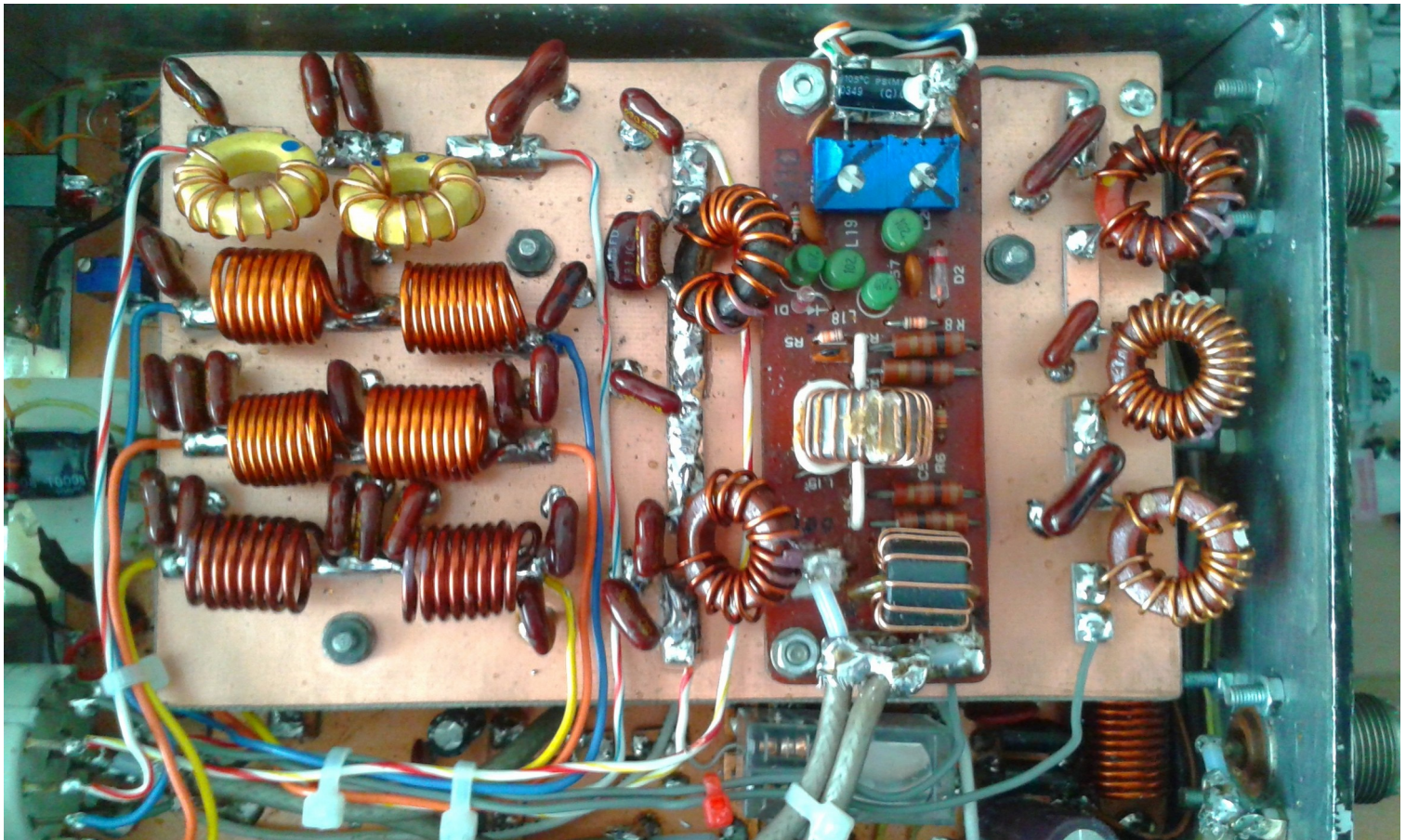


Fig 13 : Placa de filtros y detector de potencia - ROE.



## Ajuste preliminar del amplificador:

Es muy importante disponer de una buena fuente de alimentación, que tenga un sistema de protección frente a sobrecargas y que se inhiba con corrientes superiores a 14 amperios; eso asegurará la supervivencia de los transistores, frente a maniobras no deseadas o errores de ajuste.

La fuente deberá de poder proporcionar una tensión comprendida entre 40 y 48 voltios, aunque para hacer los primeros ajustes puede resultar de utilidad el disponerla con una tensión de salida de 45 voltios, y la intensidad limitada a unos 10 amperios, por si surgiera alguna complicación.

Antes de suministrarle tensión al amplificador por primera vez, nos cercioraremos que el cursor del potenciómetro multivuelta de 10 K que regula la tensión de Gates, esté en la parte de masa, es decir que apenas pueda salir tensión por él, con lo que los transistores estarán al corte y sin consumo; después desoldar el extremo del choque de RF que va a la isleta de los diodos protectores y del condensador electrolítico de 47 uF / 100 Voltios.

Entre los + 45 voltios y el extremo desoldado del choque de RF , insertar un amperímetro capaz de medir 500 miliamperios c.c ; dar tensión al amplificador , accionar el interruptor frontal: ACTIVO y poner a masa el conector PTT sin ninguna señal de RF en la entrada , e ir regulando **LENTAMENTE** el potenciómetro de polarización de Gates hasta lograr que fluya una corriente total de Drain de 300 a 320 miliamperios, que corresponderán a 150/160 miliamperios por cada transistor VRF-2933.

Estarán iluminados los diodos LED Verde y Rojo ; el ventilador estará girando suavemente, y midiendo la tensión de gates en el punto que se indica en el esquema, con un voltímetro que tenga al menos 50.000 ohmios por voltio, ésta será de 3,6 voltios o muy cercana.

Apagaremos la fuente de alimentación, volveremos a soldar el choque de RF en su lugar; si la fuente empleada no tiene amperímetro propio, insertaremos un amperímetro externo con alcance de al menos 20 amperios en serie con la alimentación que estemos usando, para poder visualizar lo que nos va a consumir el amplificador en su conjunto.

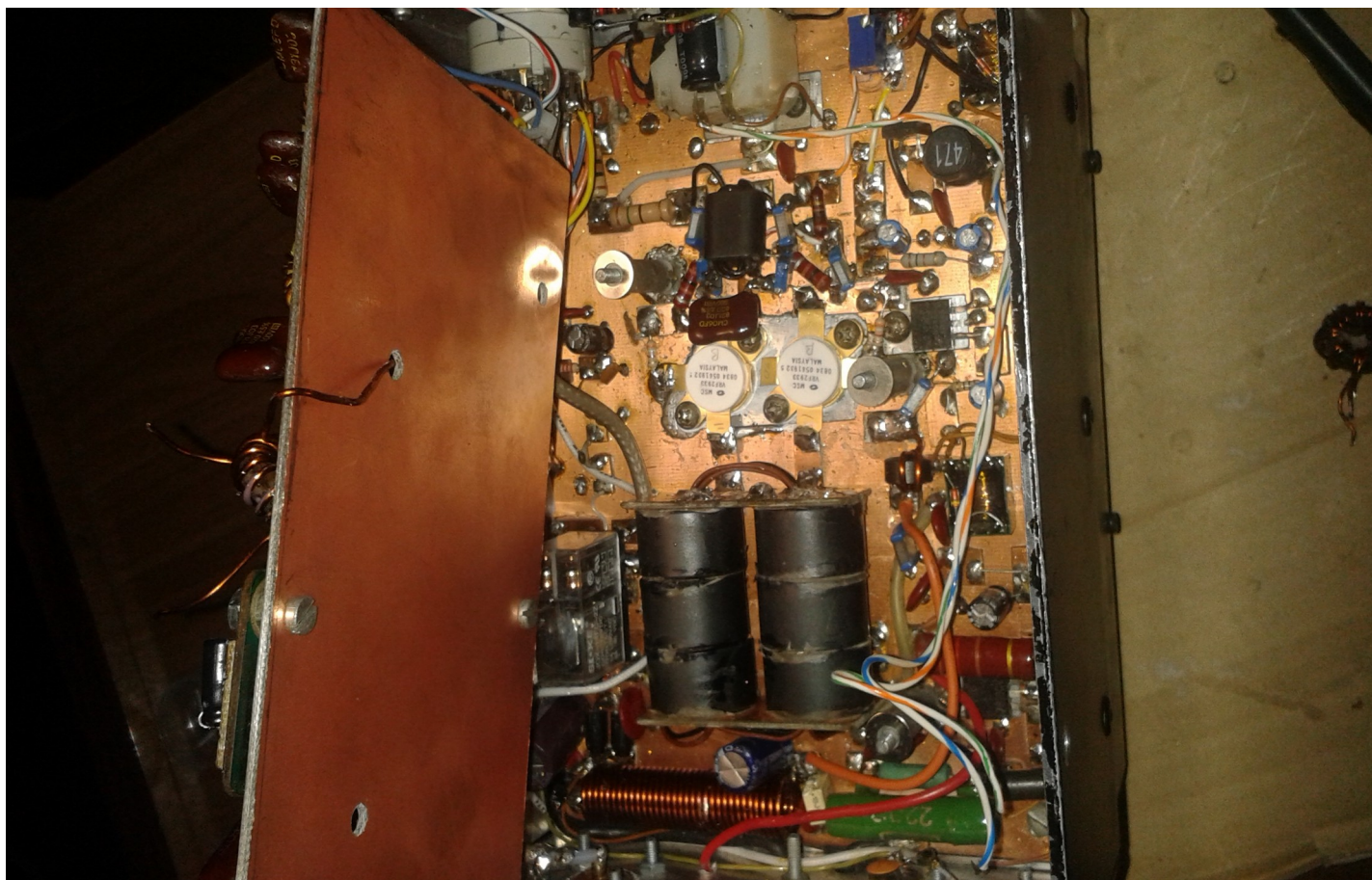


Fig 14: Vista interior durante la fase de construcción con la placa de filtros desplegada

## Ajustes complementarios del amplificador :

Colocar en la salida del amplificador un watímetro de RF que al menos mida 1000 vatios y una carga artificial de 50 ohmios , capaz de soportar los 450 vatios eficaces que puede llegar a dar de salida este amplificador; el mando del selector de filtros de salida RF del amplificador estará en la posición correspondiente a la banda de 40 mts.

Conectar la entrada del amplificador a la salida de un transceptor sintonizado en la banda de 40 metros, ajustado para una potencia de salida de 2 vatios en este ajuste inicial; para ello podemos o bien reducir el nivel de modulación al mínimo e ir dando después ganancia, o bien jugar con el mando de POWER en aquellos equipos que dispongan de él , para poner mínima potencia de salida; el cable será de al menos 1 metro de longitud; dejaremos libre la conexión PTT y así se activará el amplificador por Radiofrecuencia; **Atención a las sobreexcitaciones peligrosas imprevistas.** La máxima excitación admitida con el atenuador del esquema de -5,5 dB, es de: 6 a 8 vatios eficaces.

Daremos tensión al amplificador con 48 voltios de alimentación y ajustaremos el limitador a una intensidad de 14 amperios, accionaremos el interruptor frontal: ACTIVO y emitiremos desde el transceptor una señal que pueden ser unas palabras en SSB, para que el amplificador comience a dar potencia.

Incrementar la potencia de excitación hasta los 5 ó 6 vatios que es la excitación habitual que precisa el amplificador; lo normal es que la corriente de consumo total varíe entre 600 miliamperios y los 8 a 12 amperios ; el consumo a máxima potencia de salida en CW o TUNE , no deberá exceder los 13 A , siendo consumos aceptables los comprendidos entre 10 y 12 amperios.

Observar la relación entre consumo de corriente continua del amplificador, y la potencia de RF obtenida; si todo está bien el rendimiento del amplificador rondará entre el 57 y el 65% según las bandas, caso contrario, de tener mucho consumo en continua y poca salida en potencia de RF, significará o bien una auto-oscilación, o un problema en la resonancia del filtro de salida en funcionamiento.

Ir conmutado el amplificador a otras bandas y comprobar las potencias de salida, para ver el comportamiento de los filtros.

## Nunca cambiaremos la posición del conmutador de filtros con el amplificador activado.

Si empleásemos un analizador de espectros podríamos ver que en algunas bandas antes del filtro de salida, el tercer armónico está sólo a -13 dB por debajo de la frecuencia fundamental , lo que representa más de 20 vatios a eliminar sobre el monto total de vatios eficaces disponibles, de ahí que algunas bobinas de los filtros lleguen a templarse – los condensadores no tienen que calentarse NUNCA -, pues caso contrario indicarían que no son aptos para esta potencia de RF.

Con el conjunto de filtros que se emplean en ésta versión , se logra una reducción de al menos -50 dB de armónicos en los casos mas desfavorables, siendo lo habitual valores comprendidos entre -52 a -60 dB según bandas.

Como el presente montaje está desarrollado a partir de otras versiones anteriores, existe una práctica constructiva que indica que utilizando este esquema como referencia, puede haber casos particulares debido a las tolerancias de los componentes, o a las calidades de las ferritas , que precisen retoques de última hora para optimizar el rendimiento del amplificador, pero serán casos puntuales.

Para protección contra ROE y también para la medida de la potencia de salida, se emplea un toroide FB73-2401, que muestrea las ondas estacionarias de la antena, colocado en la placa de filtros de RF; en función de la ROE existente en cada momento, envía una tensión a la base de un transistor BD135 que se encarga de controlar el relé de protección contra ROE.

Para el correcto funcionamiento del detector de ROE hay que ajustar el condensador variable TC-1 para una lectura en la salida de ROE mínima, medidos con una carga resistiva de 50 ohmios, en la banda de 10 metros; así quedará equilibrado el detector.

Hay que ajustar también el disparo del relé de protección de ROE, a partir de una ROE de 1,7 aproximadamente, con la ayuda del potenciómetro correspondiente en el módulo detector ; el otro potenciómetro regulará la sensibilidad del medidor de potencia en el frontal del amplificador.

Es muy recomendable no exceder de una ROE superior a 1,7 a 1 en antena a plena potencia, aunque éstos transistores pueden llegar a soportar ROE de hasta 70 a 1 ; el autor emplea este amplificador junto a un acoplador modificado con un apilamiento de dos toroides tipo T-200-2, para adaptar impedancias en aquellas bandas en las que la antena presenta una relación de onda estacionaria superior a la citada.



## Consideraciones finales:

Previa modificación del atenuador de entrada, es posible excitar este amplificador con potencias menores de 5 vatios , para alcanzar la máxima salida en cualquiera de las bandas de trabajo, o por el contrario, incrementando la atenuación, poder excitarlo con potencias mayores.

Una vez concluidos los ajustes, y dejado el amplificador en servicio, el consumo habitual para máxima potencia no deberá sobrepasar los 13 amperios a 48 voltios en SSB, para mantener una adecuada relación consumo / salida RF; el limitador de intensidad en la fuente de alimentación deberá quedar ajustado para el corte a 14 amperios.

El fabricante del transistor VRF-2933 , indica una potencia de salida nominal de 300 vatios de RF en CW , y una disipación de 648 vatios en servicio continuo , con ROE de hasta 70:1, pero nosotros lo vamos a utilizar en servicio intermitente y en clase AB1, por lo que nunca alcanzaremos esa potencia ni aún en los picos de modulación en la modalidad de SSB; **recuerde que en modos digitales, y en CW / AM / FM , la potencia debe reducirse a 250 vatios eficaces como máximo, equivalentes a 350 vatios de pico.**

El transistor VRF-2933, es la versión reforzada del SD-2933, que ya está descatalogado en muchos proveedores; admite 43 Amperios de corriente de Drain, tiene unas capacidades de entrada y salida internas menores que el SD, y una ganancia media de +24 dB a 30 Mhz, de ahí sus reducidas necesidades de excitación; en este montaje, la corriente de Drain es de unos 5 a 6,5 amperios por unidad, por lo que los dos transistores trabajan muy descansados.

A diferencia de los montajes con válvulas, los circuitos transistorizados de potencia para RF, requieren la adopción de precauciones en grado extremo, para evitar la destrucción de los mismos, aunque éstos transistores son muy robustos.

El conexionado de los relés de Gates y ROE pueden diferir de lo aquí mostrado, en función del patillaje de cada modelo, por lo que habrá que adaptarse a cada tipo específico de relé.

Mediante la salida: PTT podremos conectar el amplificador al relé de activación de lineales en nuestros transceptores, caso contrario el amplificador se conectará y desconectará automáticamente según estemos hablando, siguiendo el ritmo de nuestra voz con un pequeño retardo, para evitar el tableteo del relé de antena.

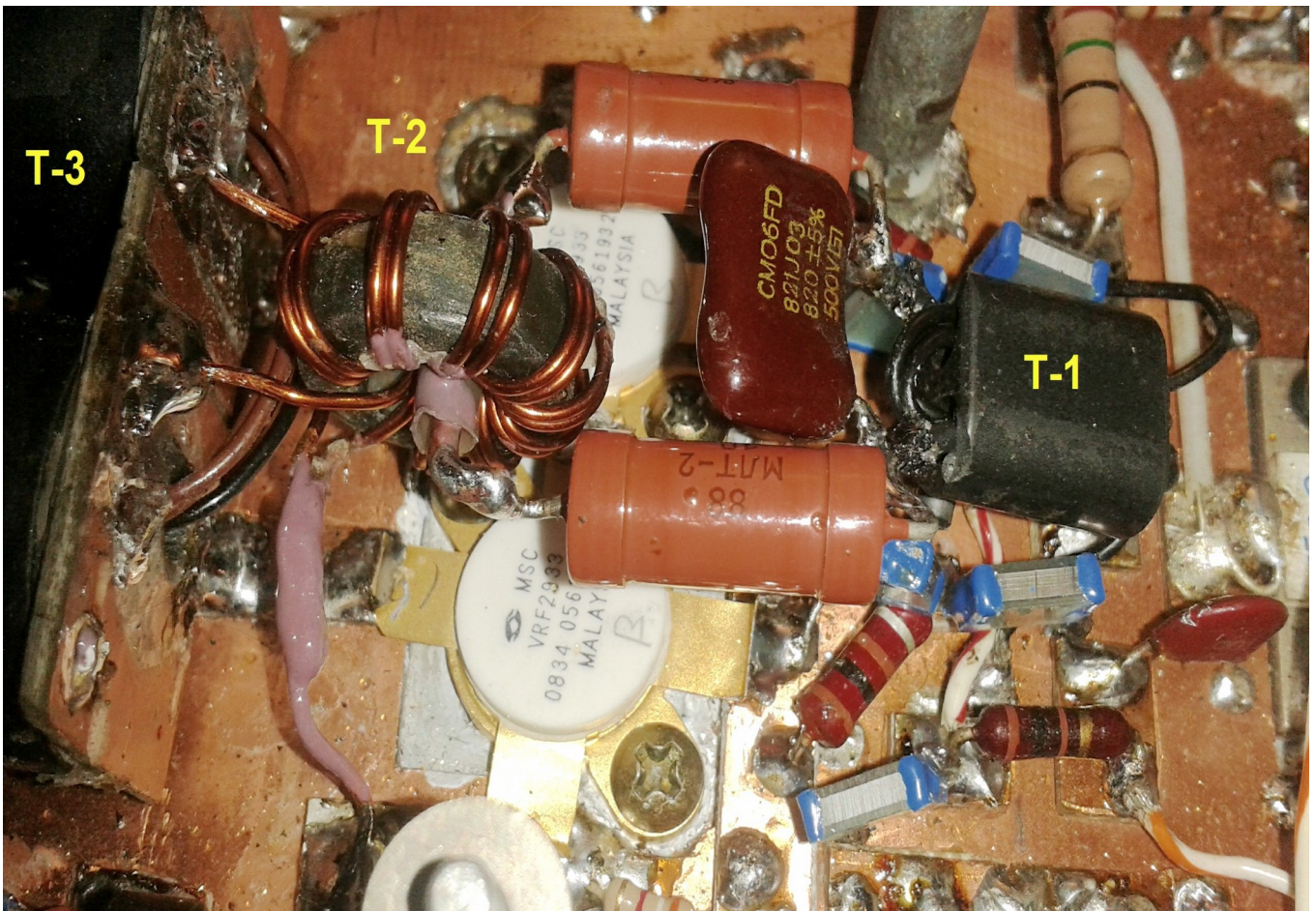


Fig 15: Amplificador terminado, con T2 y la realimentación de RF a T-1.





**Fig 16: Potencia de salida pico RF: 600 vatios SSB**

Los transistores de potencia MOSFET tipo VRF-2933, a fecha de hoy nuevos, cuestan entre 24 y 60 Euros por unidad, y recuperados sobre 15 a 18 Euros; se pueden comprar por Internet, en: E-Bay, AliExpress , etc, o también en la página Rusa: <http://www.eb104.ru>

Conviene cerciorarse del origen de los transistores, para que sean del mismo lote, es decir: **Pareados y genuinos**, porque existen en el mercado numerosas falsificaciones; unas directamente no funcionan, y otras sólo llegan a amplificar en frecuencias bajas, sin tener ganancia en las frecuencias más altas.

En la página Rusa reseñada, tienen disponibles: Amplificadores, filtros, y sistemas de protección, fuentes de alimentación etc, en kits, o ya montados , a precios muy competitivos, para los que no se atrean a montar éste prototipo.

**Este montaje no es para principiantes**, si no para quién ya tenga alguna experiencia en montajes de RF con transistores .

Téngase en cuenta, que este proyecto es Low-Cost, y que todos los componentes empleados, salvo los transistores de potencia de salida, son materiales usados y reciclados.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a: Jesús EA2-WM y a: Jesús EA1-IRJ por sus apoyos morales y materiales, así como a todos aquellos radioaficionados que en más de 34 países , han acometido la construcción de anteriores proyectos en los que se basa éste amplificador, a lo largo de los siete últimos años, y que me han hecho llegar sus ideas y experiencias.

Si está interesado en realizar el presente montaje, o tiene alguna duda, consulte mediante correo electrónico al autor sobre las posibles nuevas versiones o mejoras en: [ea1ko@hotmail.com](mailto:ea1ko@hotmail.com)

Ponferrada ( León-España ) : 1 de Mayo de 2016