

## **Nº24: TRANSCEPTOR MULTIBANDA HF, SSB Y CW PARA LAS BANDAS DE 80, 40, 20 y 15 METROS**

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 01-10-02.  
Sant Cugat del Vallès (Barcelona) [ea3eis@hotmail.com](mailto:ea3eis@hotmail.com)

### **INTRODUCCIÓN**

Después de tener la oportunidad, de montar un transceptor monobanda HF SSB y CW para la banda de 40 metros utilizando un kit modelo MB3FXF, me planteé el poder llevar a término la versión multibanda con una filosofía de funcionamiento similar. Para ello, utilicé parte del mismo kit y el resto de la circuitería, estaría fundamentada en disponer solamente de las cuatro bandas para mí más usuales como son: 80, 40, 20 y 15 metros, modos: LSB, USB y CW. Este proyecto empezaba, en el mes de Noviembre del año 95 y posteriormente se ha ido modificando.

Estos cambios, me obligaron a disponer para cada una de las bandas, de preamplificadores de RF y filtros PB para las funciones Rx y Tx, también de los respectivos osciladores heterodinos, un premezclador y finalmente añadir la modalidad USB. Esta es en síntesis, la modificación o ampliación más significativa para conseguir la versión multibanda de dicho transceptor. También tuve que diseñar algunas placas de CI y distribuir de manera óptima el poco espacio disponible.

He de decir que antes de emprender este nuevo montaje, me dediqué a consultar toda la información que tenía a mi alcance para decidir, la solución más idónea para el sistema selector de bandas. Habían varias soluciones, desde el voluminoso selector por conmutador rotativo con todos los circuitos LC asociados, la conmutación por relés con mando a distancia y finalmente, la conmutación por diodos direccionales, que es la solución más indicada para seleccionar: la parte frontal del transceptor tanto en Rx como en Tx, los osciladores heterodinos y filtros PB después del premezclador, el resultado práctico es bueno, por ocupar poco espacio y de fácil aplicación. La incógnita que tenía al principio, era que pasaría con la capacidad residual de varios diodos dispuestos en paralelo a título de puertas conmutadoras y al estar presentes, en las entradas y salidas de los preamplificadores de RF en la función Rx, posteriormente me di cuenta que esta posible influencia de la capacidad de dichos diodos, es escasa pues los puntos de conmutación, son de baja impedancia con lo cual, la suma de la capacidad residual de los mismos es poco significativa. Este comentario, queda demostrado en la correspondiente evaluación de la función Rx.

### **DESCRIPCIÓN GENERAL**

Empezando por la función Rx, remarcar que el circuito es un superheterodino de simple conversión, aprovecho para comentar que este sistema tiene sus ventajas e inconvenientes como casi todo. Como ventajas, indicaría que comporta simplicidad y menos ruido interno o sea, que la mínima señal discernible o sensibilidad, puede llegar a ser muy buena. Las desventajas serían, que si no se dispone de un buen filtro paso de banda antes y después de la etapa preamplificadora de RF cual es nuestro caso, podemos tener problemas ante las señales fuertes adyacentes que estén presentes en la sintonía de tal modo, que pueden saturar el transistor o elemento activo de dicho preamplificador de RF provocando la desensibilización del mismo y también, la distorsión por intermodulación. En lo que se refiere a la frecuencia imagen y al mismo efecto de intermodulación, es importante que esta quede atenuada al máximo. Es evidente que ante estos inconvenientes y también para obtener sintonía continua en toda la banda de HF, en los equipos contemporáneos se opta por la doble conversión, solución que es eficaz si está bien resuelta no obstante, cave considerar su complejidad y costo económico superior.

Tras este comentario y continuando con la descripción general en recepción Rx, nos situamos en la entrada de Antena y tenemos el filtro LPF, el relé RLA, un atenuador de RF por pasos muy útil por cierto, los preamplificadores de RF uno para cada banda y precedidos por filtros PA y PB, a la salida de dichos preamplificadores de RF, filtros PB ajustables, todos ellos conmutados por diodos direccionales a tenor de cada banda, la salida de dichos filtros PB va a un relé RLP que tiene la misión de pasar de Rx a Tx o viceversa, la salida o selector de RLP va al mezclador pasivo (SBL1) en la segunda entrada de dicho mezclador, confluye la señal del VFO. Este conjunto VFO local, comprende cuatro osciladores a cristal uno para cada banda conmutados por tensión y diodos direccionales, también por un oscilador tipo Colpitts de 5 a 5,5 MHz como elemento principal de sintonía, ambas señales locales convergen en un premezclador activo (MC1496) a cuya salida nos quedaremos con la suma de ambas frecuencias de entrada, por esta razón es necesario el disponer de filtros PB ajustables conmutados por diodos y dar paso a esta señal resultante de frecuencia más alta hacia el mezclador pasivo (SBL1). Este sistema de osciladores variables heterodinos, es quizá un tanto complejo pero nos permite disponer de la función multibanda, dentro de unos rangos de frecuencia con una estabilidad razonable impuesta por los cuatro osciladores a cristal y el oscilador principal de 5 a 5,5 MHz. A la salida del mezclador (SBL1) tenemos, muchas señales no deseadas pero nos quedaremos con la diferencia entre la señal de RF de entrada y la del VFO, hacia el amplificador de FI de tres etapas sintonizadas y filtro de 9 MHz de cuarzo los cuales, permiten que esta débil señal de RF sea amplificada en 50 dB, de manera que a la salida del amplificador de FI, ya disponemos de una señal de RF de mayor amplitud con una selectividad adecuada y por lo tanto, ya podremos hacer la traslación de la información de RF a AF mediante un demodulador pasivo también a base de anillo de diodos doblemente balanceado pero de construcción casera como se verá más adelante, en la otra entrada de dicho mezclador demodulador, está presente la señal de un oscilador de batido BFO, esta señal local define el modo de funcionamiento del sistema de tal manera, que en esta versión multibanda HF, tenemos tres osciladores a cristal seleccionados por conmutación de tensión y diodos direccionales, esta disposición permite operar en tres modalidades: USB, LSB y CW. La señal de salida por diferencia de las señales de entrada, es aplicada a un filtro RC para dar paso a la señal AF solamente, esta señal se aprovecha para generar la tensión de CAG, señal del Smeter y mediante un amplificador monolítico (TDA2003) y control manual de volumen, se excita un altavoz o auriculares ambos seleccionables por conector jack.

En transmisión Tx, además de la circuiteria que es común para Rx-Tx y de la cual ya se ha hecho mención (filtro LPF, mezclador, VFO, filtro FI, dem. / mod.), tenemos el preamplificador AF de micrófono, demodulador / modulador, amplificador de FI y el filtro de cristal de 9 MHz en disposición reversible Rx-Tx. De manera sintetizada hacer constar, que en las modalidades SSB y en esta función Tx, el conjunto: BFO, modulador y FI mas el filtro de cristal de 9 MHz, permiten la traslación de la información de AF a RF i la supresión de la banda lateral no deseada. A partir de la FI, la señal de RF va hacia una de las dos entradas del mezclador (SBL1), la otra entrada admite la señal del VFO y la salida por diferencia de este mezclador, pasa al relé RPL selector Rx-Tx y de aquí a los filtros PB seleccionables por diodos direccionales hacia la entrada de un preamplificador de RF banda ancha, control manual de ganancia Tx, amplificador lineal de potencia, relé de antena RLA, filtros LPF conmutados por relés y conector PL de antena.

Insistir que los filtros LPF, mezclador, conjunto del VFO, premezclador, amplificador más el filtro de FI y dem./mod. son de uso permanente tanto en Rx como en Tx. El mezclador y dem./mod. son reversibles por su condición pasiva; el amp y filtro de FI en disposición bilateral y reversible, están conmutados por diodos. En el resto de circuiteria la conmutación Rx-Tx, se hace conmutando las tensiones de +10 y +12 V por relé y diodos. Véase el diagrama de bloques del transceptor multibanda HF, SSB y CW para las bandas de 80, 40, 20 y 15 metros, en la Figura N°1.

## CARACTERISTICAS

Las características más importantes de este transceptor multibanda HF, son las siguientes:

### Generales:

<b>Márgenes de frecuencia</b>	: 80 metros, de 3500 a 3800 KHz. : 40 .. 7000 a 7200 .. : 20 .. 14000 a 14350 .. : 15 .. 21000 a 21450 ..
<b>Modos de operación</b>	: LSB, USB y CW.
<b>VFO principal</b>	: De 5 a 5,5 MHz, analógico o PLL exterior.
<b>Presentación de la frecuencia</b>	: Dial analógico o digital exterior.
<b>Margen de frec RIT</b>	: Ajustable por mando exterior +/- 2 KHz.
<b>Estabilidad de frecuencia</b>	: VFO an. -179 Hz y PLL +5 Hz, pasados 30 mi.
<b>Frecuencia intermedia y filtro</b>	: 9 MHz y 2,4 KHz a -6 db.
<b>Alimentación</b>	: +13,5 V y 3,5 A máximo en Tx.
<b>Dimensiones y peso</b>	: 260x90x230 m/m y 3 Kg.

### Recepción (Rx):

<b>Mínima señal discernible (MDS, s/n 3 dB, CW)</b>	: 80 metros, -133 dBm (3700 KHz). : 40 .. -133 .. (7050 .. ). : 20 .. -135 .. (14200 .. ). : 15 .. -136 .. (21200 .. ).
<b>Rango dinámico de bloqueo (respecto a MDS)</b>	: 80 metros 105 dB : 40 .. 102 .. : 20 .. 109 .. : 15 .. 108 ..
<b>Rango dinámico por intermod. (IMD, F1 – F2 = 20 KHz) (respecto a MDS)</b>	: 80 metros 89 dB : 40 .. 87 .. : 20 .. 91 .. : 15 .. 87 ..
<b>Impedancia de salida AF</b>	: 8 Ohms (altavoz o auriculares)

### Transmisión (Tx):

<b>Modos de emisión</b>	: USB, LSB y CW.
<b>Potencia máxima de salida (modos: LSB, USB y CW)</b>	: 80 metros, 15 W <sub>pep</sub> y 15 W en CW. : 40 .. 14 .. 14 .. : 20 .. 13 .. 13 .. : 15 .. 11 .. 11 ..
<b>Supresión de portadora</b>	: Mejor de 40 dB.
<b>Sup. banda lateral no deseada</b>	: Mejor de 40 dB.
<b>Distorsión por intermodulación</b>	: Ver ensayo de doble tono.
<b>Respuesta armónica</b>	: - 40 dB, ver ensayo espectrografico.
<b>Respuesta AF (LSB y USB)</b>	: De 300 a 2700 Hz (-6 dB), ver ensayo.
<b>Impedancia de antena</b>	: 50 – 75 Ohms.
<b>Impedancia de micrófono</b>	: 500 Ohms (micro dinámico).

## DESCRIPCIÓN POR MODULOS Y CONSTRUCCIÓN

Tanto la descripción como la construcción de este transceptor multibanda es modular lo cual, ocupa más espacio y requiere cableado de interconexión no obstante, tiene algunas ventajas de manipulación y funcionales, por ejemplo: la posibilidad de verificar y ajustar los módulos por separado antes de su ensamblado o en caso de avería y también, a posteriori el poder efectuar modificaciones a nivel de circuito como es el caso que hoy se presenta. Los módulos que comprende este transceptor multibanda, son los siguientes:

**Preamplificadores de RF Rx, Filtros y Mezclador.  
VFO de 5 a 5,5 MHz (analógico).  
Osciladores heterodinos, Premezclador y Filtros PB.  
Amplificadores de FI y Filtro de 9 MHz Rx-Tx.  
Demodulador/Modulador, BFO y Audio Rx-Tx.  
Filtros PB Tx y preamplificador de RF Tx.  
Amplificador lineal Tx y Filtros LPF.  
Alimentación, Control y Maniobra Rx-Tx.**

**Preamplificadores de RF Rx, Filtros y Mezclador:** En la función Rx la señal proveniente de la antena, filtros LPF seleccionables y relé selector RLA, se aplica a un atenuador rotativo por pasos de: 0, 2, 5, 10, 15 y 20 dB, situado en el panel frontal y cuya misión, es atenuar de manera manual y voluntaria las señales o ruidos fuertes que pueden estar presentes en el propio punto de sintonía o de manera adyacente y sobrepasando los límites de actuación del CAG (control automático de ganancia). Después esta señal, pasa a través de dos filtros: LPF y HPF (L1, L2, L3 y L4), esta primera combinación paso de banda, tiende a eliminar la frecuencia imagen y otras señales adyacentes no deseadas. A continuación, el transformador de RF (L5), presintoniza y adapta las impedancias de acoplamiento hacia la puerta G1 de Q1 (MFE201) MOS-FET de doble puerta como preamplificador de RF con bajo nivel de ruido; la otra puerta G2, está conectada a la línea de CAG controlando de manera automática la ganancia de esta primera etapa amplificadora ; el surtidor S, con polarización fija mediante dos diodos en serie los cuales, aseguran una tensión de 1,2 V de manera que cuando la tensión de CAG es de un nivel inferior a 1,2 V dicho transistor Q1, se comporta como un atenuador de la señal de RF, pasando lo contrario al aumentar dicha tensión de CAG; a la salida del drenador D de Q1 y diodo D4 de protección direccional, además de los +10 V Rx tenemos otro filtro Paso de Banda PBF (L6 y L7) sintonizables por permeabilidad y con una señal a la salida de mayor amplitud ( +15 dB) hacia el relé selector RLP y mezclador (SBL1), este relé independiza de manera total los circuitos y funciones Rx-Tx. El mezclador (SBL1), es bien conocido por su simplicidad y altas prestaciones, una vez más indicaré que es de condición pasiva y doblemente balanceado, con tres puertos de entrada o salida e impedancia de 50 Ohms; otra posibilidad importante de este dispositivo, es que permite el disponerlo de forma reversible según las funciones Rx o Tx, precisamente por su condición pasiva lo cual, no deja de ser una ventaja que ha permitido optimizar este montaje.

Para conseguir la función multibanda, se pensó en disponer de un preamplificador para cada una de las cuatro bandas de: 80, 40, 20 y 15 metros, según se ha expuesto con anterioridad, direccionando cada conjunto preamplificador y filtros, por diodos de conmutación (1N4148) en el propio módulo en cuanto a las señales de RF y también, por el selector BAND en el panel frontal que es el que selecciona la tensión de alimentación y conducción de +10 V, para activar los diodos de conmutación en cada una de las bandas o módulos preamplificadores de RF.

La construcción de este módulo, se ha hecho confeccionando una placa de circuito impreso para esta finalidad. He de reconocer que lo circuitos impresos no son mi fuerte, pues me ha tocado el tenerla que modificar posteriormente; este montaje parcial, también se hubiera podido hacer con

placa Repro Circuit CT17 en fibra de vidrio como solución funcional al tratarse de un prototipo. Para detalles de todo el circuito al cual se ha hecho referencia, véase la Figura N°2.

**VFO de 5 a 5,5 KHz (analógico):** El VFO (Oscilador de frecuencia variable), es del tipo Colpitts y se fundamenta en un oscilador realimentado a partir de un divisor capacitivo que provee la correcta relación de fase y tensión para el arranque y mantenimiento de la oscilación en RF; como elemento activo, tenemos el transistor Q1 (BF245) FET N realimentado por surtidor S y salida de señal por el mismo surtidor, el drenador D está referenciado a masa con respecto a la RF capacitivamente con lo cual, se consigue que la puerta G o entrada de dicho transistor Q1 tenga una impedancia muy alta y por lo tanto, se minimiza el efecto de carga sobre el tanque LC, esta disposición que acostumbra a ser bastante usual en este tipo de osciladores, contribuye en gran manera a la estabilidad de la frecuencia y también, a disminuir el ruido de fondo inherente que se llega a generar dentro del propio oscilador de RF.

La función RIT, tanto en Rx como en Tx a título permanente, se hace mediante un diodo varicap (BB122) asociado a la capacidad C1 de sintonía y por un potenciómetro de 4,7 K en el panel frontal; la sintonía mediante este ajuste fino, se hace muy cómoda pues el mando reductor 6:1 en el dial principal sobre el condensador C1 de sintonía, es de una eficacia limitada.

La señal de RF presente en el surtidor S de Q1, se aplica mediante una pequeña capacidad a la puerta de otro transistor Q2 (BF245) el cual, con la misma disposición de Q1 actúa como separador, la salida de esta etapa por surtidor también por capacidad va a la base del transistor Q3 (2N3904) NPN actuando este, como amplificador de corriente y adaptador de impedancia y por lo tanto, tenemos una salida por emisor con una señal de potencia y amplitud suficiente y de baja impedancia; esta señal pasa a través de un filtro LPF hacia un potenciómetro de ajuste de 500 Ohms que permite un margen de de regulación de 0 a 1,5 Vpp de salida hacia el premezclador.

Comentar que para conseguir una estabilidad en la frecuencia que fuera aceptable, ha sido necesario utilizar condensadores cerámicos de coeficiente negativo de temperatura (MPO); con la combinación de condensadores NPO y estiroflex tanto en el tanque LC como en los acoplamientos interetapa, la deriva después de transcurridos los primeros 30 minutos es de -179 Hz.

El condensador variable C1 TUNE, se ha dispuesto con la máxima solidez mecánica montado sobre pletina y separadores exagonales de unión con el panel frontal y además, lleva incorporado en el eje de accionamiento, un reductor relación 6:1 con botón de mando tipo grande de 40 m/m de diámetro, índice de plástico y carátula con escalas en KHz para cada una de las bandas en el panel frontal del transceptor.

La ubicación del VFO, se ha hecho en una caja independiente a título de blindaje para evitar cualquier influencia de tipo electrostático con respecto al resto del transceptor tanto en Rx como en Tx. Para más detalles de todo lo expuesto, ver Figura N° 3.

Posteriormente la sintonía de este transceptor multibanda, ha sido modificada al contar con un sintetizador de frecuencia exterior de construcción propia el cual, es seleccionable por un conmutador Int-Ext dispuesto en el panel frontal del transceptor. Este sintetizador es del tipo PLL, con un margen de frecuencia de 5 a 5,5 MHz, saltos de 1 KHz mediante pulsadores Up-Down y con un ajuste fino de frecuencia de 2,2 KHz. Es evidente que con este VFO exterior, la estabilidad de frecuencia queda notablemente mejorada. En reportaje aparte: **VFO sintetizado de 5 a 5,5 MHz**, puede verse una descripción detallada del mismo.

**Osciladores heterodinos, Premezclador y Filtros:** Para conseguir la función multibanda en este transceptor, me decidí por fragmentar el VFO en márgenes de frecuencia más bien de espectro alto, la mejor solución ha sido la de poder disponer de cuatro osciladores heterodinos controlados a cristal seleccionables para cada una de las bandas desde el selector BAND y también, de un premezclador que acepte las dos señales de entrada: la del VFO de sintonía interior o exterior y la del oscilador heterodino seleccionado según la banda; por lo tanto a la salida del premezclador tenemos de forma mayoritaria, la suma y la diferencia de ambas señales de entrada, además de otros productos y subproductos no deseados, nosotros nos quedaremos con la suma de dichas señales de

entrada, eliminando las de tipo adyacente insisto no deseadas y para ello, se utiliza un filtro Paso de Banda ( PB) seleccionable también para cada una de las bandas a la salida del premezclador. Esta es en síntesis, la filosofía principal de dicha función multibanda.

El oscilador heterodino controlado a cristal, es un circuito Pierce y como elemento activo, tenemos un transistor bipolar Q1 (BF115) NPN, salida por colector y con un transformador sintonizado adaptador de impedancia L1. Esta solución bastante simple, es capaz de proveer una salida de señal suficiente sin ninguna etapa separadora y además, permite trabajar dentro de un amplio margen de frecuencias relativamente altas con buena forma de onda y un arranque seguro de la oscilación. Añadir que este oscilador, también es adecuado para trabajar con cristales de sobretono debido al transformador sintonizado L1.

La selección de los osciladores heterodinos para cada banda, se hace mediante el selector BAND situado en el panel frontal y actuando este sobre la alimentación de +10 V y por diodos direccionales o de conmutación (1N4148) en la salida de cada oscilador los cuales convergen hacia uno de los puertos de entrada del premezclador U1.

El premezclador U1 (MC1496), es un CI que asume la función de mezclador activo y doblemente balanceado, se trata de una célula de Gilbert con ajuste de ganancia externa R2 lo cual, permite optimizar dicha función como se verá más adelante. Las señales presentes de manera constante, en los dos puertos de entrada de dicho premezclador son: la del oscilador heterodino seleccionado que se aplica a la patilla 8 a través de un potenciómetro de ajuste R1 y la señal que procede del VFO a la patilla 1; el puerto de salida por las patillas 6 y 9, hacia un transformador adaptador de impedancia y banda ancha, con primario equilibrado por toma media y secundario de baja impedancia acoplado este, por capacidad a los filtros Paso de Banda sintonizables y seleccionados por el selector BAND y diodos de conmutación (1N4148) dispuestos a la entrada y salida de cada uno de los filtros Paso de Banda. Estos filtros PB seleccionables, se encargaran de eliminar las señales no deseadas que están siempre presentes a la salida de cualquier mezclador.

Esta señal de amplitud limitada, es llevada de manera simultánea a dos preamplificadores de banda ancha Q3 (40841) MOS FET de doble puerta, uno de ellos con ajuste de ganancia R3 y con salida por drenador, va al transformador de banda ancha T2 relación 4:1 cuyo secundario de baja impedancia 50 Ohms, nos permitirá su acoplamiento al mezclador SBL1; el otro preamplificador Q2 (2N3819) FET N, permite disponer de una salida exterior de señal COUNTER para excitar un frecuencímetro opcional. Puede verse a continuación, una tabla de correspondencia entre el margen de frecuencia para cada banda y la del VFO heterodino a la salida de T2 y de Q2.

<b>Banda Metros</b>	<b>Frecuencia KHz</b>	<b>VFO heterodino KHz</b>
80	3500 a 3800	12500 a 12800
40	7000 a 7200	16000 a 16200
20	14000 a 14350	23000 a 23350
15	21000 a 21450	30000 a 30450

Este módulo se ha montado en dos placas de CI, modificadas posteriormente dado que se trata de un primer prototipo, pero tal como se ha comentado anteriormente, su realización también se puede hacer con placa Repro Circuit CT17. Para detalles de todo el circuito ver la Figura N°4.

Actualmente la frecuencia de trabajo de este transeptor, se controla mediante un frecuencímetro programable exterior también de construcción propia el cual, se conecta a la salida BNC auxiliar para este menester, para descripción detallada del mismo, puede verse el reportaje: N° 32, Frecuencímetro HF programable.

**Amplificador de FI y Filtro de 9 MHz Rx-Tx:** La ganancia más destacable y selectividad de las señales de RF tanto en Rx como en Tx, son factibles mediante un amplificador de FI además, de un sistema de filtro de cuarzo FL que sea eficaz. Los amplificadores de FI con respecto al filtro FL, son de funcionamiento bilateral gracias a un doble circuito amplificador sintonizado para Rx y

Tx, estos amplificadores se conmutan mediante las tensiones de +10 V que corresponden a las funciones Rx y Tx y también por diodos direccionales (1N4148), en ambas funciones la señal de RF pasa siempre a través del filtro FL de 9 MHz pero, invirtiéndose la dirección de dicha señal; decir que el sistema es ingenioso y eficaz, este módulo corresponde enteramente al Kit MB3 FXF.

El funcionamiento es el siguiente, en recepción Rx estando en reposo el relé RL1 de conmutación de las tensiones, se alimentan con +10 V las tres etapas amplificadoras de FI: Q4 (BC308), Q5 (BF960) y Q6 (BF960), la señal de RF parte del mezclador (SBL1) y se aplica a un transformador L1 sintonizable por permeabilidad el cual, actúa como filtro paso de banda y adaptador de impedancia hacia la base de Q4 (BC308) transistor PNP, la salida por colector de Q4 y diodo D4 con misión direccional permite inyectar la señal de RF al filtro de cristal tipo celosía, en este caso de 9 MHz y 2,4 KHz (-6 dB), la resistencia de 560 Ohms ejerce la función de carga y se adapta a la impedancia de dicho filtro de cristal FL. Una vez la señal de RF ha sido filtrada por FL, pasa a la entrada o puerta G1 de Q5 (BF960) transistor MOS FET N de doble puerta, a su salida por drenador D y diodo direccional D5, tenemos otro transformador L2 sintonizado y acoplado por el bobinado de baja impedancia a otro transformador L3 de características idénticas; cave añadir que la puerta G2 de Q5, está controlada por la tensión del CAG lo cual permite, tener un margen de bloqueo lo suficientemente amplio ante las señales fuertes; la señal desde L3, es aplicada a otra etapa amplificadora de RF Q6 (BF960) dicha señal es amplificada de la misma manera que en la etapa anterior, la salida de Q6 por drenador D y diodo direccional D6 va hacia el primario de un transformador de banda ancha T1 relación 1:1 para ser aplicada a una de las entradas del dispositivo demodulador pasivo y doblemente balanceado del cual, ya hablaremos más adelante.

En transmisión Tx y estando el relé RL1 activado por el PTT, se alimentan con +10 V las tres etapas amplificadoras de FI: Q3 (BC308), Q2 (BC308) y Q1 (BF960), la señal de RF parte de T1 hacia la base de Q3 (BC308) transistor PNP, la salida de Q3 por colector y diodo direccional D3 se aplica, a un transformador sintonizado L3 acoplado por baja impedancia con otro transformador de las mismas características L2 de cuyo devanado secundario, se extrae la señal hacia la base de Q2 (BC308) cuya salida por colector y diodo direccional D2 se aplica al filtro de cuarzo FL; tanto en la entrada como en la salida de dicho filtro, se han dispuesto resistencias de 560 Ohms adaptadoras de impedancia además, de condensadores de paso y bloqueo de la componente continua; a la salida de filtro LF, se toma la señal ya filtrada y se aplica a la puerta G1 de Q1 (BF960) tercera etapa amplificadora de FI en la función Tx, la salida por drenador D de dicho transistor y diodo direccional D1, va a parar a un transformador sintonizado L1 cuya salida de baja impedancia estará acorde con la correspondiente entrada del mezclador (SBL1).

Como se ha indicado al principio, la ganancia de estas tres etapas amplificadoras de FI en cada una de las dos funciones: Rx y Tx, es de 50 y 40 dB respectivamente, asociada esta a la eficacia del filtro FL de 9 MHz, hace que en esta parte del transceptor se pongan de manifiesto, alguna de las cualidades más importantes como son: La ganancia y la selectividad en Rx y también, la supresión de la banda lateral no deseada en Tx. La diferencia existente de ganancia entre Rx y Tx, de debe a que el ajuste óptimo de la sintonía de: L1, L2 y L3, se ha hecho en Rx.

Con respecto al origen, ya se ha indicado que este módulo amplificador de FI y filtro de cuarzo de 9 MHz, son parte integrante del Kit MB3 FXF y para resaltar más su filosofía de funcionamiento, lo he presentado todo en un solo esquema. Véase la Figura N°5,

**Demodulador/Modulador, BFO y Audio Rx Tx:** Siguiendo el curso de la señal en Rx y partiendo de la salida del amplificador de FI por el transformador T1, nos situamos en uno de los dos puertos de entrada del demodulador. Este es un dispositivo de gran importancia, se trata de un mezclador pasivo doblemente balanceado, el circuito es muy simple consistiendo, en dos transformadores T1 y T2 con devanados trifilares enfasados sobre núcleos toroidales FT37-43 (u 850) y un anillo de diodos D6 a D9 del tipo Schottky (2N5711), estos diodos deben de ser seleccionados con anterioridad, presentando una resistencia ohmica de conducción directa, que sea lo más igual posible entre ellos, esta información puede confirmar, que este elemento mezclador es

de construcción casera y he podido comprobar, los buenos resultados al compararle con una unidad de mercado SBL1. En este mezclador es recomendable como se ha podido comprobar posteriormente, el utilizar núcleos toroidales FT37-77 (u 2000) de mayor permeabilidad lo cual, favorece las frecuencias de audio más bajas, téngase presente que en uno de los tres puertos, tenemos un margen de frecuencia de audio que va de 300 a 2700 Hz, en Rx este puerto es el de salida y en Tx es el de entrada, insistir que este mezclador es de uso reversible también.

Continuando con la función Rx en el demodulador, recordar que tenemos dos puertos de entrada y uno de salida; en uno de dichos puertos de entrada, ya se ha dicho que está presente la señal de RF que procede de la FI; para hacer la mezcla, necesitaremos otra señal de RF procedente del oscilador local de batido (BFO), señal que deberá ser de naturaleza sinusoidal, de ciclaje fijo y además estable tanto en frecuencia como en amplitud. Esta mezcla da como resultado que en el puerto de salida, tengamos la suma y la diferencia de las dos señales de entrada, nos quedaremos con la diferencia que será una señal de audio útil después de ser filtrada.

Dado que la función multibanda exige distintos modos de emisión, como son: LSB, USB y CW, ha sido necesario el disponer de un BFO adecuado para cada modo. La descripción de este oscilador local es muy sencilla, se trata de un circuito Colpitts clásico controlado por cristales de cuarzo seleccionables: Y1, Y2 y Y3, en este caso son tres cristales de cuarzo uno para cada modo y seleccionados por diodos de conmutación D1, D2 y D3, (1N4148) desde el mismo mando MODE en el panel frontal. El elemento activo de este oscilador, es el transistor Q1 (BFW10) FET N con salida por surtidor hacia otro transistor Q2 (BC238) NPN trabajando este como seguidor, con alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida, en el mismo emisor de Q2 por capacidad de paso y potenciómetro de ajuste R2, tenemos una señal disponible de 0 a 1,5 V, hacia uno de los dos puertos de entrada del demodulador.

Estas dos señales de RF presentes en los dos puertos de entrada y al ser mezcladas, dan básicamente una suma y una diferencia resultante además de otros productos de orden superior e inferior, nosotros por razón de utilidad, nos quedaremos con la diferencia entre las dos frecuencias de entrada y por lo tanto, en el puerto de salida del demodulador y en la función Rx, tendremos una señal de audiofrecuencia exenta de productos no deseados una vez pasada por un filtro paso bajo RC; esta señal de audio, mediante una capacidad de paso y bloqueo de 1 uF va a una etapa amplificadora de audio a cargo de Q3 (BC238) NPN la salida del cual por colector, se lleva a un potenciómetro de 20 K logarítmico AF GAIN en el panel frontal y por condensador de paso de 1 uF hacia otro amplificador de audio tipo monolítico U3 (TDA2003) el cual, es capaz de entregar 0,5 W de potencia acústica sobre un altavoz de 8 Ohms de impedancia o bien, auriculares ambos conmutables mediante jack PHONES en el panel frontal. La alimentación en esta parte de audio, se hace a +13,5 V como máximo en la función Rx.

El control automático de ganancia (CAG) sobre las distintas etapas amplificadoras de RF, se efectúa a partir de la señal de audio y el sistema es el siguiente: después del filtro RC y por condensador de paso de 100 nF, se lleva la señal a la entrada negativa del amplificador operacional U2 (LM741), dispuesto como etapa amplificadora inversora y 22 de ganancia, la salida de dicho amplificador por capacidad de paso de 1 uF, va hacia otra etapa amplificadora Q4 (BC238) NPN, esta etapa es la que se encarga de establecer que la tensión de CAG, sea inversamente proporcional al nivel de la señal de RF recibida por la antena en la función Rx es decir, en ausencia de señal de RF la tensión de CAG estará a más de 5 V y con señales de RF fuertes, la tensión de CAG bajará cerca de 0 V. Todo esto con el bien entendido, que las tres etapas amplificadoras de RF en Rx controladas por el CAG, comprenden en nuestro caso transistores MOS FET N de doble puerta y el control de ganancia en cada una de ellas se hace sobre la puerta G2, de tal manera que con más tensión tenemos más ganancia y viceversa. Este mismo circuito de CAG, debido a su dinámica de comportamiento ante las señales de amplitud variable, nos permite excitar un instrumento de c/m o medidor "S" situado en el panel frontal, la señal sobre el instrumento se puede regular mediante un potenciómetro de ajuste R4 de 20 K, dicho instrumento no aparece en el esquema por estar

conectado sobre el relé RL1, para este menester se ha incluido un dispositivo amortiguador RC compuesto por una resistencia de 330 Ohms y un condensador de 22 uF ambos en serie y con influencia sobre las señales SSB. La alimentación de toda esta circuitería, es a +13,5 V y +10 V correspondientes a la función Rx.

En la función Tx partimos del micrófono el cual, es dinámico con 500 Ohms de impedancia, la débil señal de audio que es capaz de generar, discurre por un filtro RC paso bajo para prevenir la entrada parásita de RF y se aplica a un amplificador operacional U1 (LM741) dispuesto como amplificador inversor de ganancia elevada y regulable esta por un potenciómetro de realimentación R1 de 500 K. El preamplificador de micro U1, es alimentado por +10 V Tx cuando estamos operando en en los modos: LSB o USB; a la salida de U1, ya se dispone de una señal de audio de amplitud adecuada para ser convertida a una señal de RF de doble banda lateral, esta conversión o traslación se realiza en el propio modulador por mezcla de la señal de audio y la señal de RF que proviene del BFO correspondiente, en este caso tendremos en el puerto de salida del modulador hacia la FI, dos señales resultantes que son de gran importancia: La banda lateral inferior LSB y la banda lateral superior USB, que representan también, la diferencia y la suma de las dos señales en los dos puertos de entrada de este mezclador pasivo. Para poder seleccionar de antemano una de las dos bandas laterales LSB o USB, es necesario que la frecuencia del BFO sea desplazada sobre esta especie de ventana espectral o filtro de cuarzo FL de la FI, con una frecuencia central de 9000 KHz y un paso de banda de 2,4 KHz (-6 dB), en nuestro caso y en los modos: LSB y USB la frecuencia del BFO corresponde a 8998,5 KHz y 9001,5 KHz (Y1 y Y2) respectivamente y por lo tanto, la supresión de la banda lateral no deseada, se efectúa en el filtro de cuarzo de la FI. Con todo lo expuesto en este último comentario, se ha querido poner de manifiesto la gran importancia que tienen, un buen sistema demodulador / modulador asociado al conjunto de filtro de cuarzo y amplificador de FI, tanto en la función Rx como en Tx.

En el modo CW en la función Rx y en el BFO, se utiliza el mismo cristal que en el modo USB (9001,5 KHz) con lo cual, el ancho de banda para esta modalidad de telegrafía en recepción, queda en lo que permite el filtro de cuarzo de 2,4 KHz (-6 dB). En la función Tx, se da paso a la tensión +10 V manipulados lo cual, hace que además de seleccionarse el cristal de cuarzo correspondiente Y3 sobre el BFO se active este con una frecuencia de oscilación de 9000,8 KHz, con un tono resultante para el corresponsal de unos 800 Hz, la señal de +10 V manipulados también estará presente en el modulador, alterando el balance o equilibrio del sistema permitiendo el paso de la RF o portadora manipulada hacia la FI, la amplitud de esta señal de RF, es regulable mediante un potenciómetro de ajuste R3 de 100 K. Este módulo modificado, formaba parte del Kit MB3 FXXF.

Quiero poner de manifiesto, el buen comportamiento en cuanto a supresión de portadora y banda lateral no deseada con este sistema demodulador / modulador así como, la no deriva en el aumento residual de portadora en ausencia de modulación en la función Tx. Para detalles y esquema eléctrico, ver la Figura N°6.

**Filtros Paso de Banda y Preamplificador de RF Tx:** A la salida del mezclador SBL1 y del relé RLP activado en la función Tx, tenemos una señal de RF relativamente débil y no exenta de productos y subproductos no deseados por lo tanto, es necesario el contar con los correspondientes filtros PB y de un preamplificador de RF de banda ancha, que sea capaz de restituir la amplitud de dicha señal de RF en todas las bandas, téngase en cuenta que el mezclador SBL1 por su naturaleza pasiva, tiene una pérdida de señal de unos 6 dB.

Los filtros PB de manera unitaria, comprenden dos transformadores sintonizados L1 y L2 seleccionables para cada banda a partir de los +13,5 V Tx desde el selector BAND y diodos direccionales D1 y D2. La salida de los filtros PB a través de un condensador de 10 nF, se aplica a la base de Q1 (2N5109) NPN, VHF, trabajando como preamplificador de RF de banda ancha con una ganancia aproximada de 12 dB; la salida de Q1 por colector, transformador T1 adaptador de impedancias y capacidad de 100 nF. Esta señal manejable y limpia, se aplica a un sistema atenuador de variación continua, consistente en un potenciómetro de 100 Ohms no inductivo de accionamiento

manual TX GAIN, situado en el panel frontal, con indicaciones de los puntos de potencia máxima para cada una de las bandas.

A la salida de este módulo, ya tenemos una señal regulable en amplitud, apta para poder excitar con la máxima potencia el amplificador lineal que le sigue. Cave añadir, que para conseguir un margen cómodo, en la regulación manual en la ganancia Tx de las cuatro bandas, fue necesario atenuar la señal a la entrada de alguno de los filtros PB mediante resistencias R1 según se indica en la tabla adjunta. La construcción de este módulo, se ha hecho con placa de CI Repro Circuit. Para detalles y esquema eléctrico, ver la Figura N°7.

**Amplificador Lineal Tx y Filtros LPF:** El amplificador lineal en SSB y por propia definición, es necesario que tenga siempre un comportamiento dinámico rigurosamente lineal y que sea capaz de evitar en el mayor grado posible, la presencia de cualquier tipo de distorsión a máxima potencia, ya sea por intermodulación o saturación en las señales amplificadas.

Después de este comentario, pasemos a la descripción y construcción de este amplificador lineal Tx y filtros LPF (filtros paso bajo) poniendo de manifiesto, que también este módulo forma parte del Kit MB3 FXF destacando, por su sencillez y por utilizar transistores bipolares en contrafase con lo cual, se elimina en buena parte la presencia del segundo armónico a la salida.

Siguiendo el curso de la señal de RF en la función Tx, nos situamos en la base del transistor Q1 (2N4427) NPN, VHF, trabajando como amplificador de RF en clase A con salida por colector, hacia el primario de T1 transformador de banda ancha relación 4:1 con secundario con toma media, donde tenemos ya la señal en contrafase que permite excitar las bases de Q2 y Q3 (2SC1972) transistores de potencia NPN para VHF, trabajando en clase AB; la disposición y tipo de transistor, tiene alguna ventaja que vale la pena indicar, la disposición en contrafase de Q2 y Q3, además de duplicar la potencia de salida, elimina en buena medida los armónicos de orden par y en cuanto al tipo de transistor, permiten disipar la temperatura que se genera dentro de las uniones, al estar en contacto directo el emisor con el soporte metálico o refrigerador y también, por que los emisores a nivel de circuito, van conectados a masa directamente y por lo tanto, no es necesario el intercalar aislantes simplificando mucho el montaje de los mismos. La salida por colectores de Q2 y Q3, va al primario con toma media de T2 relación 1:4 y el secundario adapta la impedancia de 50 Ohms hacia el relé RLA, este relé es el que selecciona las funciones Rx Tx a nivel de filtros LPF y antena, en la situación de reposo Rx, la señal que proviene de la antena y filtros LPF se canaliza hacia los preamplificadores de RF Rx y cuando RLA está activado por los +13,5 V Tx, permite el paso de la potencia de RF del amplificador lineal hacia los filtros LPF y antena.

Los filtros LPF, es imprescindible en este tipo de amplificadores lineales transistorizados de banda ancha, este filtro es el que se encarga de eliminar los armónicos superiores de orden impar y está compuesto por dos células "Pi" las cuales, están formadas por: L1, L2 y los condensadores: C1, C2 y C3, cuyos valores de inductancia y capacidad para cada banda figuran en una tabla adjunta, la impedancia tanto de entrada como de salida es de 50 Ohms, la conmutación o selección de dichos filtros LPF, se hace por relés RL2 activados a +13,5 V desde el selector BAND.

La polarización fija de las bases de Q2 y Q3, corre a cargo del transistor Q4 (BD136) PNP trabajando como diodo Zener (0,65 V) y una resistencia R de 110 Ohms 1 W, este circuito proporciona una polarización de las bases de Q2 y Q3, casi constante en virtud de la tensión presente en la unión emisor base / colector de Q4, este transistor está acoplado de manera física y térmicamente al disipador de calor de Q2 y Q3, estableciéndose una autorregulación por efecto térmico debido a que la tensión directa en la unión de Q4, tiende a disminuir con el aumento de la temperatura de todo el conjunto disipador. La alimentación del amplificador lineal, es a +13,5 V Tx.

Este amplificador lineal Tx y filtros LPF, se han dispuesto en el panel posterior del equipo y se le ha dotado de aletas de refrigeración, con tal de disipar mejor la temperatura que generan los transistores de potencia Q2, Q3 y el diodo de polarización Q4. También hacer constar que con el mismo propósito, el transistor Q1 lleva un pequeño radiador enchufable en la propia envoltura metálica. Para poder muestrear la potencia de RF en la salida de antena, se ha previsto un sensor o

detector cuya señal rectificadora es presentada en el instrumento indicador de c/m que también hace la función de Smeter, al ser seleccionado por el relé RL1. Para esquema eléctrico y más detalles de todo lo expuesto, puede verse la Figura N°8.

Se adjuntan dos estudios de comportamiento en SSB del amplificador lineal Tx, dentro del margen de frecuencias HF, con ello se ha querido poner de manifiesto, la limitación en la ganancia de los transistores al trabajar como amplificadores de RF. Obsérvese que tenemos dos curvas, la de señal de entrada y la de potencia de salida, ambas en función de la frecuencia en MHz; estos resultados, se han obtenido después de ajustar el punto de polarización de manera optima tanto en la etapa amplificadora de entrada Q1 como también en la de potencia Q2 y Q3, en la progresión de las curvas al subir la frecuencia, vemos que la señal de entrada en Vpp va en aumento cuando la de potencia de salida en Wpew disminuye de manera inexorable, todo ello con la mínima distorsión por intermodulación y saturación. El primero de los ensayos en contrafase, corresponde a un montaje de 2 x 2SC1972 y el segundo lo es para 2 x 2SC1971. Figuras: N°8 B y N°8 C, respectivamente. La diferencia más importante entre ambas disposiciones, es la potencia de salida pues los circuitos son prácticamente idénticos exceptuando, los transistores de potencia, y la resistencia de polarización R. Otra cuestión importante es la diferencia de precio entre estos transistores, digna de tomarse en consideración al decidirse por el tipo de transistor a emplear. Véanse estas curvas de respuesta, en las Figuras N°8 B y N°8 C.

**Alimentación Control y Maniobra Rx Tx:** Para la alimentación de este transceptor multibanda, es necesario disponer de una fuente de alimentación exterior estabilizada de 9 a 15 V regulables, que pueda suministrar una intensidad de 4 a 5 A sin una variación apreciable de la tensión de salida a máxima carga y con un nivel de rizado mínimo del orden de 3 mVpp a plena carga. Como medios de control, tenemos un led de color rojo como indicador de tensión después del interruptor POWER, un fusible de protección de 5 A y diodo D1 de seguridad, que se encargaría de fundir el fusible en caso de invertir la polaridad de los cables de alimentación hacia la fuente, esta protección es quizá un poco primaria pero es efectiva, tanto para la fuente como para alguno de los componentes activos del propio transceptor que podrían resultar dañados. También hay que contar como control visual, con un instrumento de c/m presentador del nivel de señal o Smeter en la función Rx y el mismo instrumento por conmutación mediante el relé RL1, actúa como indicador de la potencia relativa de RF hacia la antena en la función Tx. En el panel frontal además de todos los mandos afines, lleva incorporada una escala de sintonía graduada en KHz (VFO) para las cuatro bandas de: 80, 40, 20 y 15 metros.

La maniobra para poder pasar de Rx a Tx o viceversa, se ha resuelto por conmutación de las tensiones de alimentación +13,5 V y +10 V sobre los correspondientes circuitos de Rx y Tx mediante el relé RL1, también conmutando las señales en los preamplificadores de RF relé RLP y sobre los filtros LPF y antena relé RLA. De modo inicial este cambio Rx Tx, se hace a partir de la maniobra en el interruptor PTT situado en el micro de mano y modos LSB y USB.

En el modo CW, interviene un circuito de maniobra muy simple pero de mucha efectividad el cual, merece algún comentario al respecto, el transistor Q2 (BC308) PNP ejerce la función de un interruptor, al ser conectada la base del mismo a masa según posición del selector MODE en CW y accionando el manipulador KEY, en paralelo con el conector KEY hay un selector CW – TUNE el cual, permite disponer de un modalidad añadida TUNE para poder sintonizar un acoplador de antena o un amplificador lineal de mayor potencia asociado al transceptor, cuando la base de Q2 está a masa ya sea en el modo CW o TUNE, tenemos la tensión de +10 V B en el colector de Q2 y por lo tanto, a través de D7 estarán presentes los +10 V manipulados en el BFO y modulador, con ello se activara el BFO y se desequilibrará el modulador, dando paso a la señal de portadora CW, además esta tensión positiva a través del diodo D6 con una constante de tiempo RC regulable por R1, generan un retardo en la desactivación de Q1 (2N2222) NPN y relé RL2, esta maniobra es la que gobierna la función Rx Tx en CW o TUNE y también sobre el relé de mando RL1.

Para activar de manera remota un amplificador lineal de mayor potencia, acoplado a este transceptor multibanda, se ha previsto una salida por conector AL en el panel posterior y sobre la cual, interviene el pulsador PTT y un contacto auxiliar de RL2, con ello se puede energizar el sistema de maniobra Rx Tx de dicho amplificador lineal, esta maniobra queda protegida por el diodo direccional D2 al igual que los otros diodos: D4, D5, D6, D7 y D8, que cumplen la misma función en el resto de la circuitería.

El mando MODE, es un conmutador rotativo de 3 posiciones 4 circuitos, el mando BAND es un conmutador de 4 posiciones 3 circuitos, ambos en el panel frontal, el mando CW – TUNE es un conmutador deslizante dispuesto en el panel posterior.

Los niveles relativos de señal tanto de Rx como en Tx, se miden con un instrumento de c/m de 200 uA el cual, lleva dos escalas, la de unidades “S” para Rx y de potencia en Tx, la conmutación se hace por dos contactos inversores en el relé RL1 que son: SM Rx y PW Tx respectivamente, hacer constar que este instrumento es de mercado. Para esquema eléctrico y detalles, ver la Figura N°9.

## **PUESTA EN MARCHA Y COMENTARIOS FINALES**

La puesta en marcha de este transceptor multibanda, no debe presentar ningún problema de importancia dado que de manera previa, se ha podido hacer una comprobación y preajuste de cada módulo como estaba previsto, solo se deberá tener en cuenta, el montaje mecánico y ensamblado de los módulos, su interconexión, la puesta en marcha y el ajuste final a nivel de conjunto. En lo que respecta a la parte mecánica, todo dependerá de los medios, habilidad y también de las preferencias de cada uno, yo opté por una caja del comercio con paneles frontal y posterior de aluminio anodizado, después del mecanizado de ambos, inserte los letreros con las indicaciones en letras y números DECAdry pintándolos a continuación con un spray transparente brillante, de esta manera se consigue una buena protección y acabado. Algunos detalles de presentación y situación, pueden verse en las Figuras N°12, 13, 14 y 15.

Con respecto al interconexión y en lo que se refiere a los circuitos de RF, se recomienda utilizar cable blindado coaxial RG174 de 50 Ohms, dado que tanto las entradas como las salidas de la mayoría de los módulos, son de baja impedancia 50 Ohms, esta cuestión es muy importante pues con ello, se evita la posibilidad de que pueda haber enganches o acoplamientos no deseados.

Al considerar los ajustes de este transceptor, podríamos empezar por los circuitos que son comunes en las funciones Rx y Tx por ejemplo: el VFO, los osciladores heterodinos a cristal, el premezclador con los filtros PB, el amplificador de FI y BFO.

El ajuste del VFO, consiste primero en establecer que el segmento total de las frecuencias coincidan con las escalas de sintonía en KHz, esto está condicionado por las capacidades asociadas y la inductancia L1, para ello es recomendable ajustar el extremo alto de la frecuencia con el trimer y la parte baja separando o uniendo las espiras de la bobina o toroide, una vez conseguido este ajuste, cementar con metacrilato líquido; para conseguir los +/- 2 KHz en el mando RIT, es cuestión de variar las resistencias extremas del potenciómetro de 5 K, la amplitud de la señal de salida del VFO hacia el premezclador, se ha dejado en 0,63 Vpp o 0 dBm mediante el potenciómetro de ajuste R1, la forma de onda resultante es buena,

El ajuste de los osciladores heterodinos, consiste primero en la exactitud de la frecuencia de los cristales de cuarzo para cada banda según la tabla y también, ajustando el arranque y buena forma de onda mediante los transformadores sintonizados L1, la señal a la salida es de 2 Vpp y con R1 se deja en 0,63 Vpp; el premezclador U1 solamente tiene un ajuste de ganancia R2 de 1 K lo dejé en 500 Ohms; después de ajustar los filtros PB sintonizables L2 y L3 a máxima señal a la salida de Q3 secundario de T2, disponemos de 0,4 a 0,5 Vpp en todas las bandas mediante el ajuste R3, la forma de onda es sinusoidal y limpia, factores muy importantes.

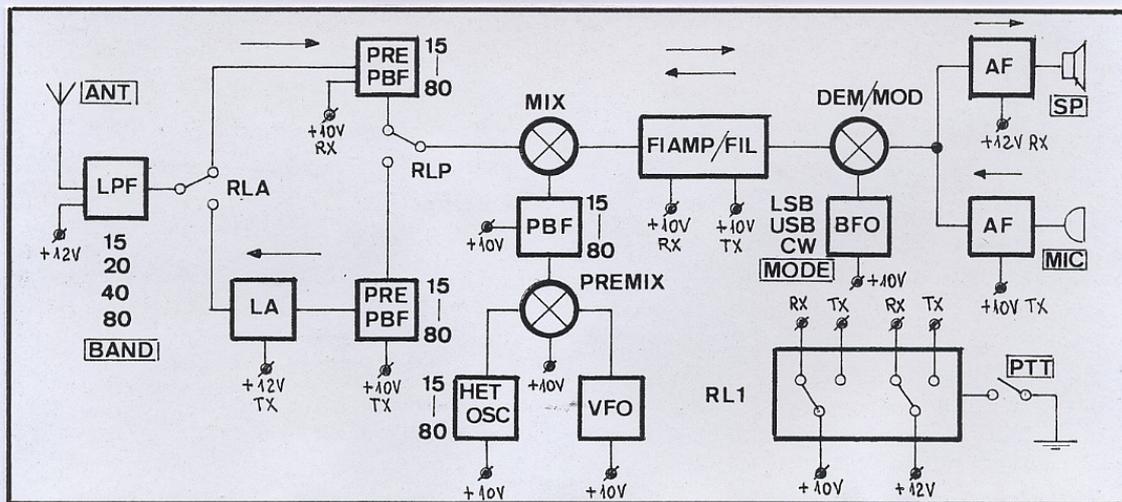
En el amplificador de FI de 9 MHz, tenemos tres transformadores sintonizados: L1, L2 y L3, los cuales, de manera reversible actúan en las funciones Rx y Tx según se ha indicado, el ajuste a máxima señal se ha efectuado en Rx, con una ganancia total de 50 dB, en Tx es de 40 dB.

El BFO que permite tres modalidades por selección de cristales: Y1 a Y3, es necesario ajustar la frecuencia de oscilación en cada uno de los modos mediante los trimers de tal manera, que en LSB sea de 8998,5 KHz, en USB 9001,5 KHz y en CW 9000,8 KHz, la forma de onda y arranque son aceptables después de ajustar L1 y la amplitud a la salida de Q2, es de 1,5 Vpp dejándola en 0,7 Vpp mediante el potenciómetro de ajuste R2.

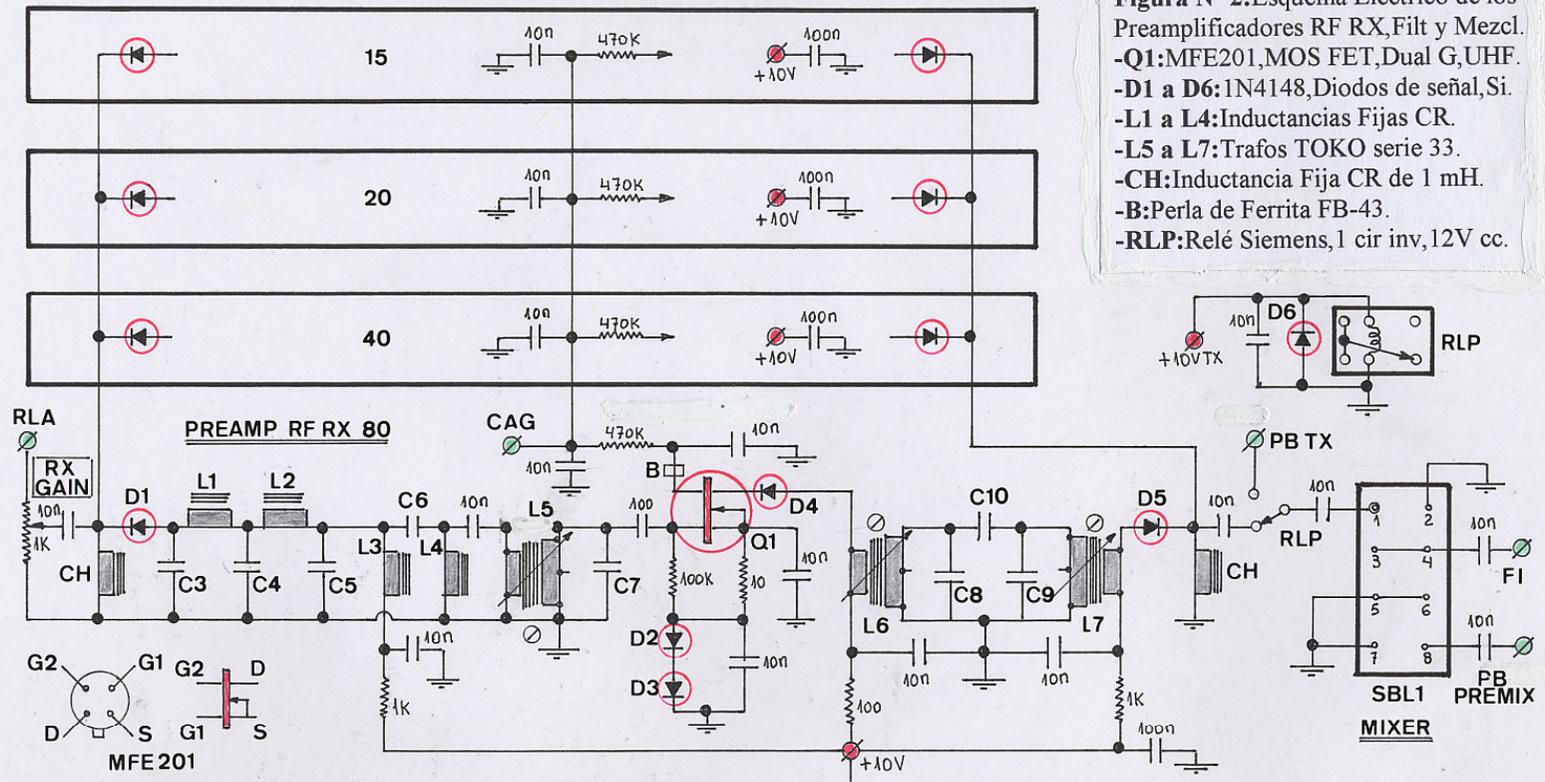
La puesta a punto de los preamplificadores de RF para Rx y Tx y filtros correspondientes, es necesario hacerlo con un generador de RF ajustando a máxima señal cada una de las bandas; en 80 metros, opte por hacerlo a distinta frecuencia con tal de conseguir un achatamiento en la respuesta.

Se adjuntan dos análisis de comportamiento en Tx, uno se refiere a la prueba de doble tono AF o de intermodulación y otro de un solo tono AF, con respecto a la banda pasante (-6 dB), ambas pruebas, pueden verse en las Figuras: N°10 y N°11 respectivamente.

Como último comentario añadir, que desde el origen de este trabajo hasta la fecha que se indica (01-09-12), este transceptor no ha perdido actualidad en lo esencial, gracias a la versatilidad del montaje, que ha permitido, introducir algunas modificaciones en el tiempo y de las cuales, se hace mención al final de este reportaje. Ver páginas: N°29, N°30, N°31, N°32, N°33 y N°34. En un futuro próximo, espero dotarle de un altavoz con DSP para poder minimizar el ruido muy molesto en las bandas más bajas (80 y 40 metros) y también, de un amplificador lineal en Tx, para compensar el rendimiento de la antena vertical HF6V. Entre tanto saludos de Joan, EA3-EIS.



**Figura Nº 1:** Diagrama en bloques del transceptor HF, modos LSB, USB y CW, para las bandas de 80, 40, 20 y 15 metros. Véanse los dos osciladores VFO y BFO de uso permanente, tanto en recepción Rx como en transmisión Tx. El mezclador y el demodulador, dispositivos doblemente balanceados de altas prestaciones, ambos de utilización constante en las funciones Rx y Tx. Los amplificadores de FI y filtro de cuarzo de 9 MHz, en disposición reversible y conmutados por las tensiones de alimentación Rx - Tx mediante diodos direccionales. En el resto de circuitería, la conmutación Rx - Tx, se hace mediante relés RLA, RLP y RL1 en lo que respecta a las tensiones de alimentación +10 y +12 V. La selección de bandas de 80 a 15 metros, es por selector rotativo BAND, partiendo de las tensiones de alimentación Rx - Tx y por diodos direccionales en los propios módulos, este sistema es simple y efectivo sobre todo en la parte de RF. La potencia de salida en transmisión SSB, es muy aceptable en todos sentidos y suficiente para excitar un amplificador lineal, como se puede ver en la foto superior.

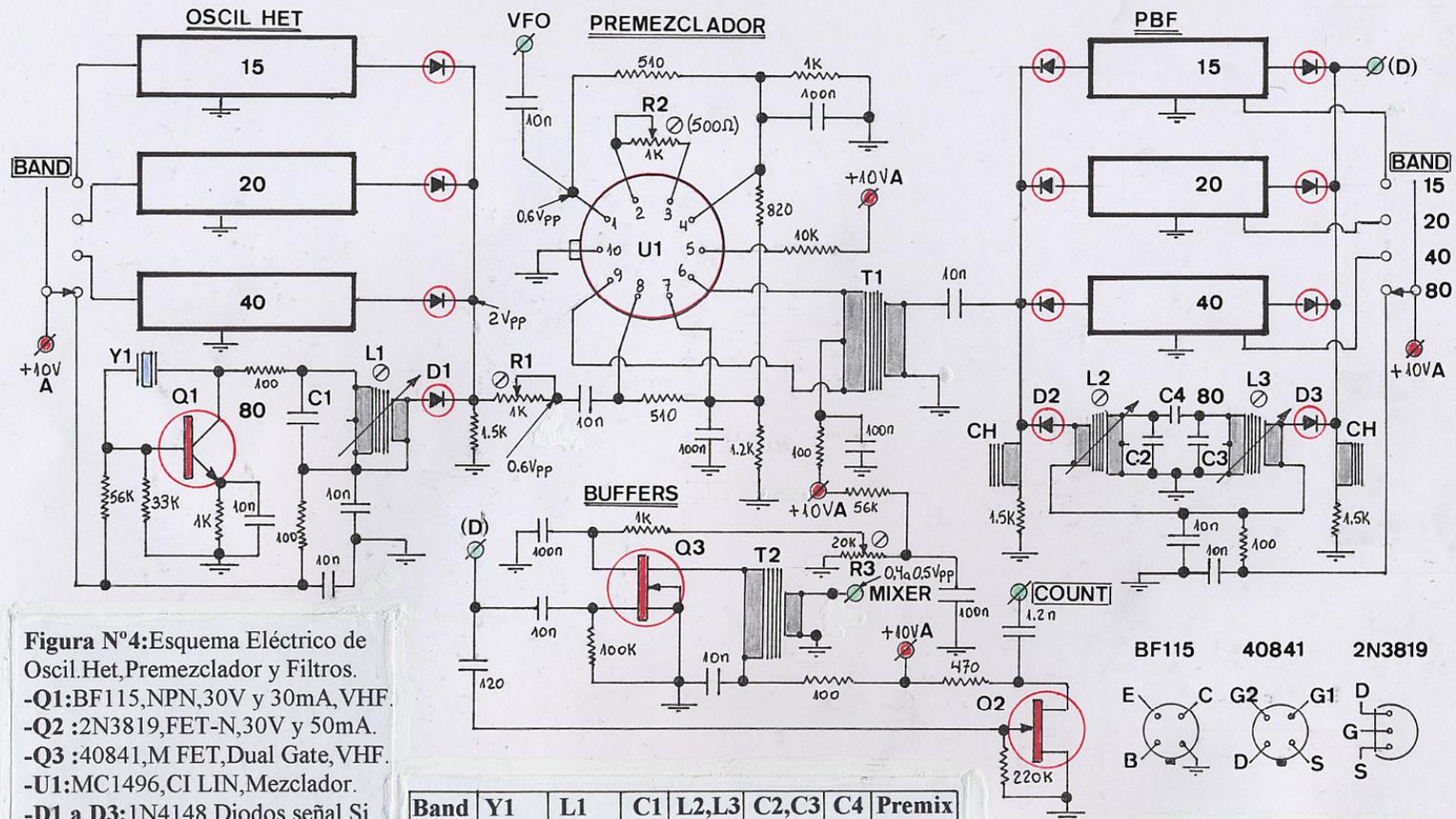


**Figura N° 2:**Esquema Eléctrico de los Preamplificadores RF RX, Filt y Mezcl.  
 -Q1:MFE201, MOS FET, Dual G,UHF.  
 -D1 a D6: 1N4148, Diodos de señal, Si.  
 -L1 a L4: Inductancias Fijas CR.  
 -L5 a L7: Trafos TOKO serie 33.  
 -CH: Inductancia Fija CR de 1 mH.  
 -B: Perla de Ferrita FB-43.  
 -RLP: Relé Siemens, 1 cir inv, 12V cc.

Band Mt.	L1-L4 $\mu$ H	C3,C5	C4	C6 pF	L5	C7 pF	L6,L7	C8,C9	C10 pF
15	0,47	180	270	100	3335	39	3335	39	4,7
20	0,47	220	470	180	3335	100	3335	100	6,8
40	0,82	680	1,8 n	470	3334	82	3334	82	6,8
80	2,7	1,2 n	1,8 n	680	3333	47	3333	47	6,8

**PREAMPLIFICADORES DE RF RX, FILTROS Y MEZCLADOR**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW  
 EA3-EIS, 01-10-02.

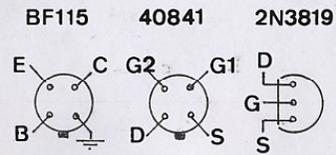


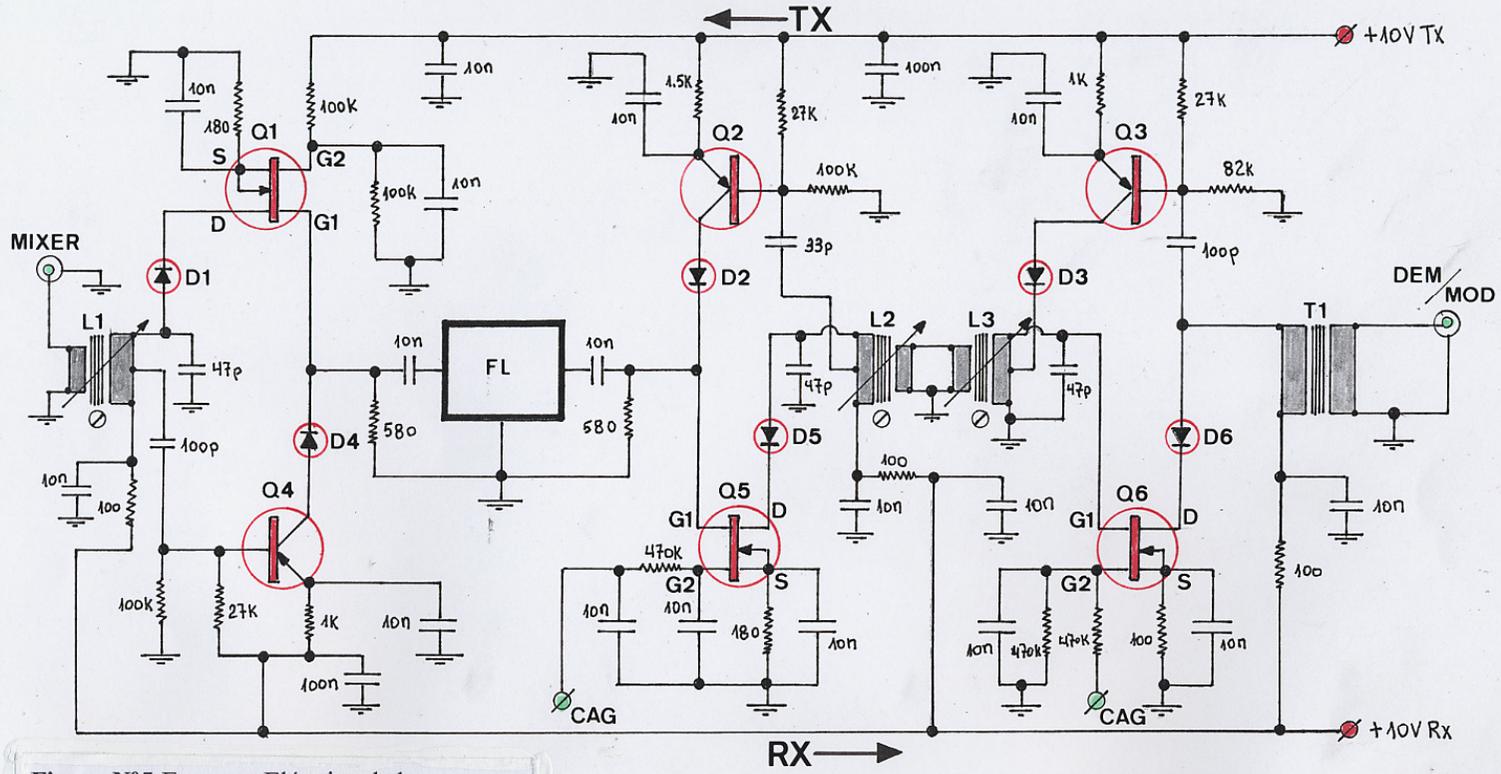


**Figura N°4:** Esquema Eléctrico de Oscil. Het, Premezclador y Filtros.  
 -Q1: BF115, NPN, 30V y 30mA, VHF.  
 -Q2 : 2N3819, FET-N, 30V y 50mA.  
 -Q3 : 40841, M FET, Dual Gate, VHF.  
 -U1: MC1496, CI LIN, Mezclador.  
 -D1 a D3: 1N4148, Diodos señal, Si.  
 -CH: Inductancia Fija CR, 470 uH.  
 -L1 a L3: Trafos TOKO serie 33.  
 -T1: Balum FB8, Pri 4+4 e, Sec 1 e.  
 -T2: Balum FB8, Pri 4 e, Sec 2 e.  
 -Y: Cristales de Cuarzo HC18.

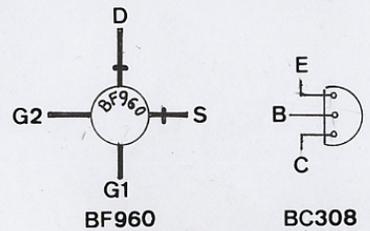
Band Mt	Y1 MHz	L1	C1 pF	L2,L3	C2,C3 pF	C4 pF	Premix MHz
15	25	3335	47	3335	27	3,3	30-30,5
20	18	3335	68	3335	33	3,3	23-23,5
40	11	3334	47	3334	18	3,9	16-16,5
80	7,5	3334	82	3334	39	8,2	12,5-13

**OSCILADORES HETERODINOS  
 PREMEZCLADOR Y FILTROS**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW  
 EA3-EIS,01-10-02.

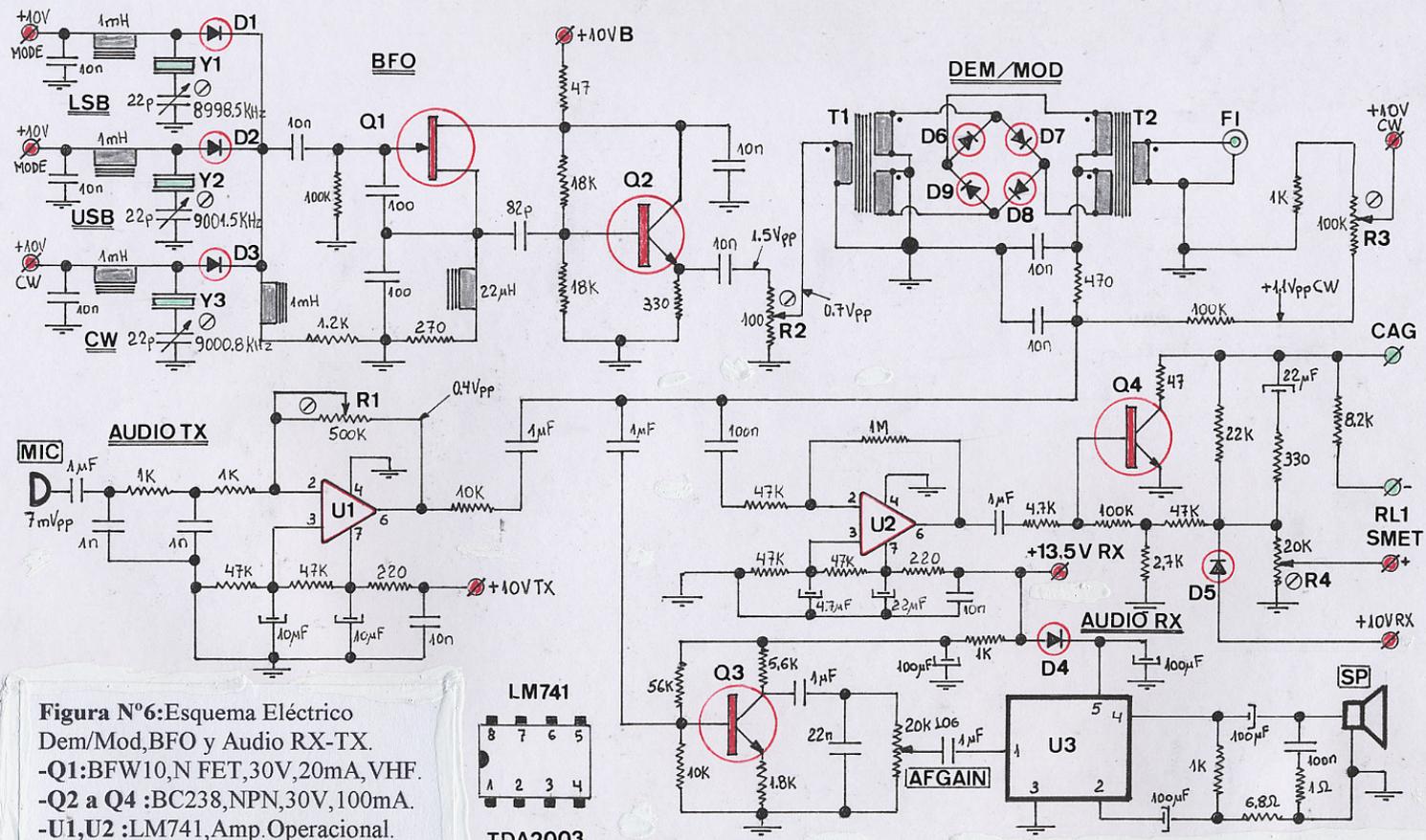




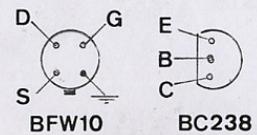
**Figura N°5:**Esquema Eléctrico de los Amp de FI y Filtro de 9 MHz RX-TX.  
 -Q1,Q5,Q6:BF960,MOS FET,Dual G,UHF.  
 -Q2,Q3,Q4:BC308,PNP,30V y 0,1 A.  
 -D1 a D6:1N4148,Diodos de señal,Si.  
 -L1 a L3:Trafos TOKO K3334.  
 -FL:Filt Celosia Showa,9 MHz 2,4 KHz,9 Pol.  
 -T1:Núcleo Toro FT50-43,6 espiras II.



**AMPLIFICADORES DE FI Y FILTRO DE 9 MHz RX-TX.**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW.  
 MB3-FXF,GCY COM,01-10-02.



**Figura N°6:**Esquema Eléctrico Dem/Mod,BFO y Audio RX-TX.  
 -Q1:BFW10,N FET,30V,20mA,VHF.  
 -Q2 a Q4 :BC238,NPN,30V,100mA.  
 -U1,U2 :LM741,Amp.Operacional.  
 -U3:TDA2003,CI Amp. Audio.  
 -D1 a D5:1N4148,diodos de señal,Si.  
 -D6 a D9:1N5711,diodos Schottky,(=).  
 -T1,T2:Toro FT37-43,5 esp III,enfás.  
 -Y1 a Y3 :Crist.de Cuar.9MHz,HC18.



**DEMODULADOR/MODULADOR BFO Y AUDIO RX-TX.**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW,  
 Modificado:EA3-EIS,01-02-02.

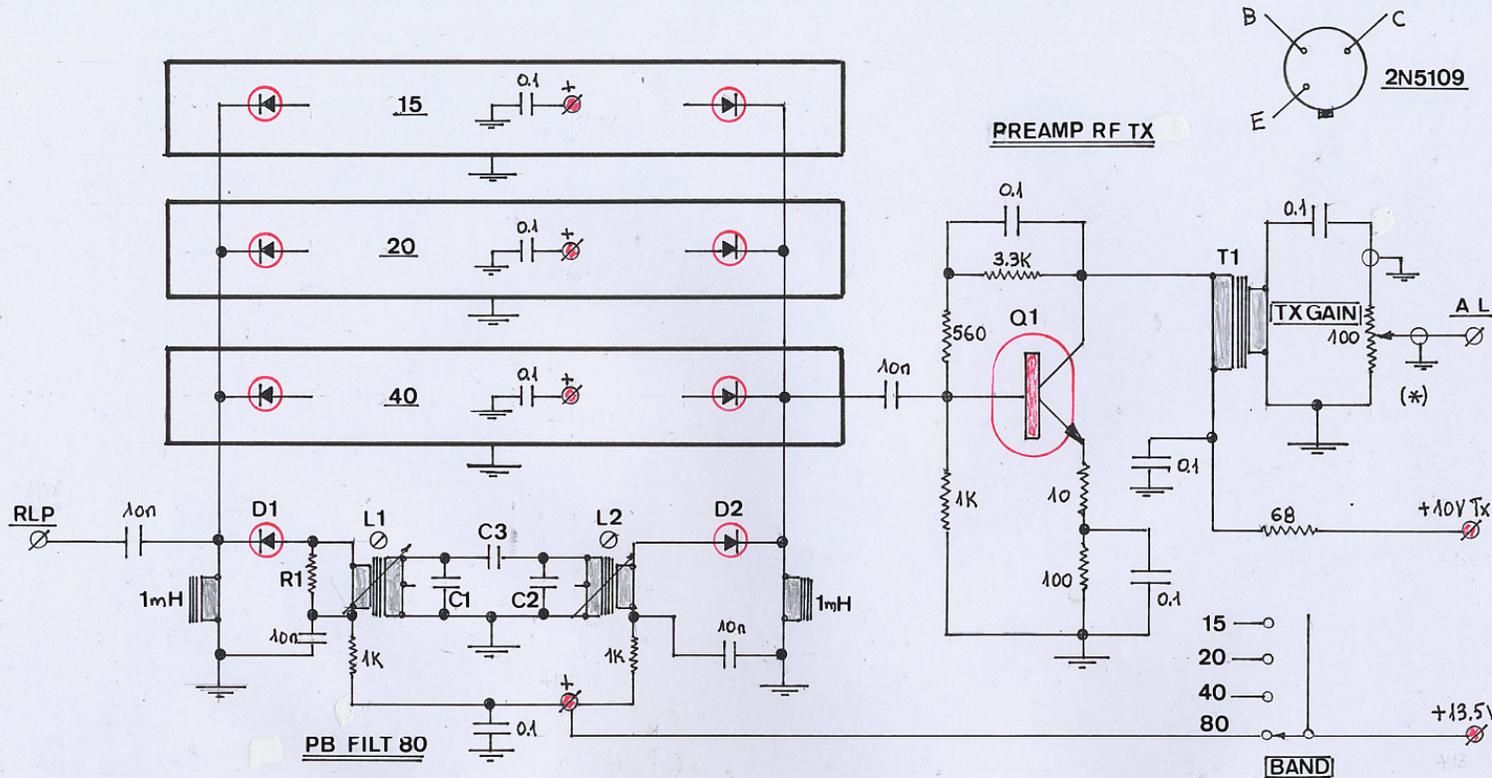
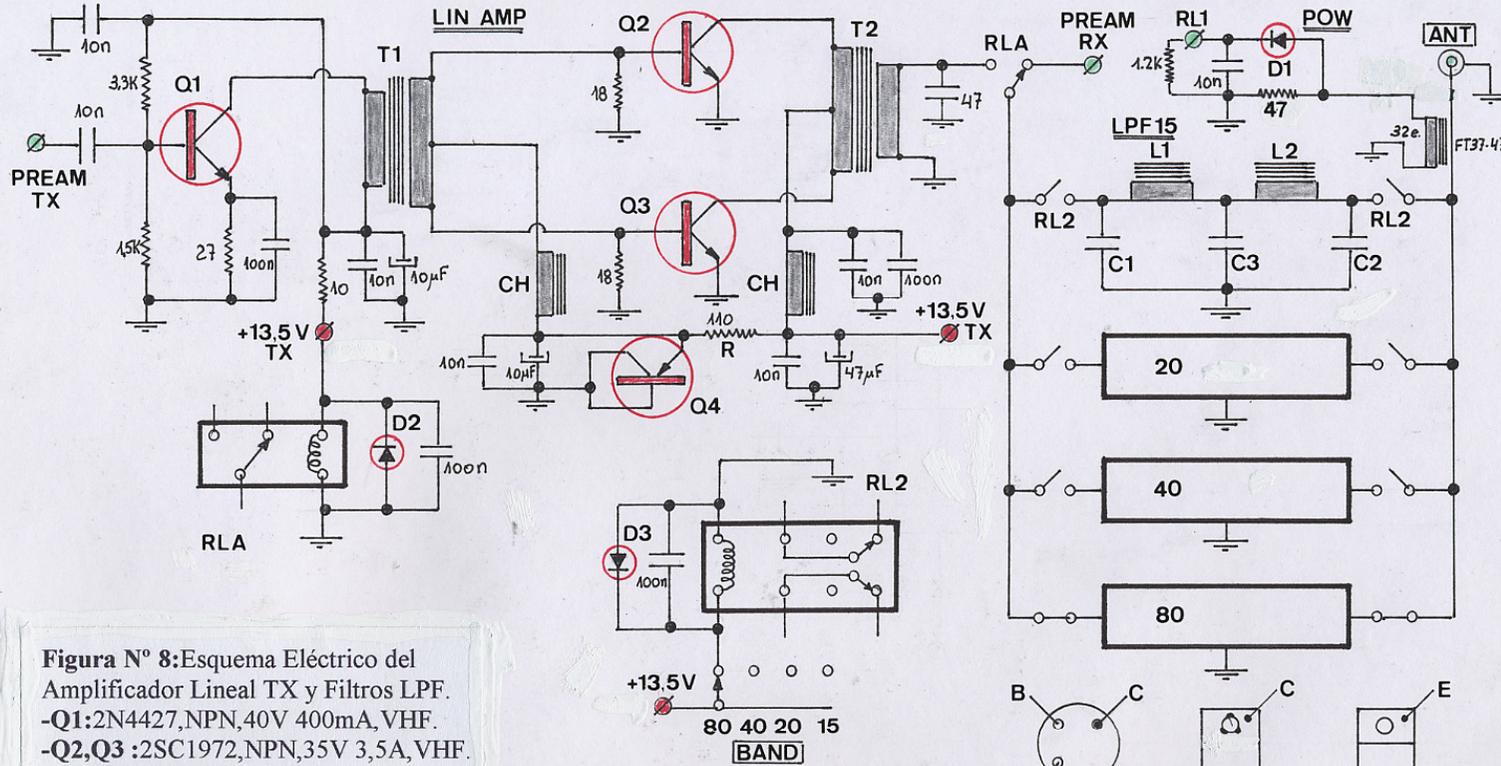


Figura N°7: Esquema electrico de los filtros PB y preamplificador de RF Tx.  
**Q1:** 2N5109, NPN, 40 V, 0,4 A, VHF.  
**D1, D2:** 1N4148, diodos de señal, Si.  
**L1, L2:** Trafos TOKO serie 33.  
**T1:** FT37-41, prim 12 esp, sec 6 esp.

Banda Met	L1-L2	C1-C2	C3	R1
		pF	pF	Ohms
15	3335	39	4,7	
20	3335	100	6,8	220
40	3334	47	6,8	150
80	3334	82	6,8	

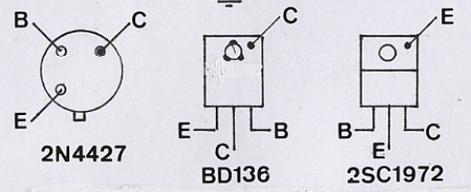
**FILTROS PB Y PREAMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA Tx**

Transceptor Multibanda HF SSB y CW.  
 EA3-EIS, 01-10-02.  
 Modificado: 01-09-12. (\*)



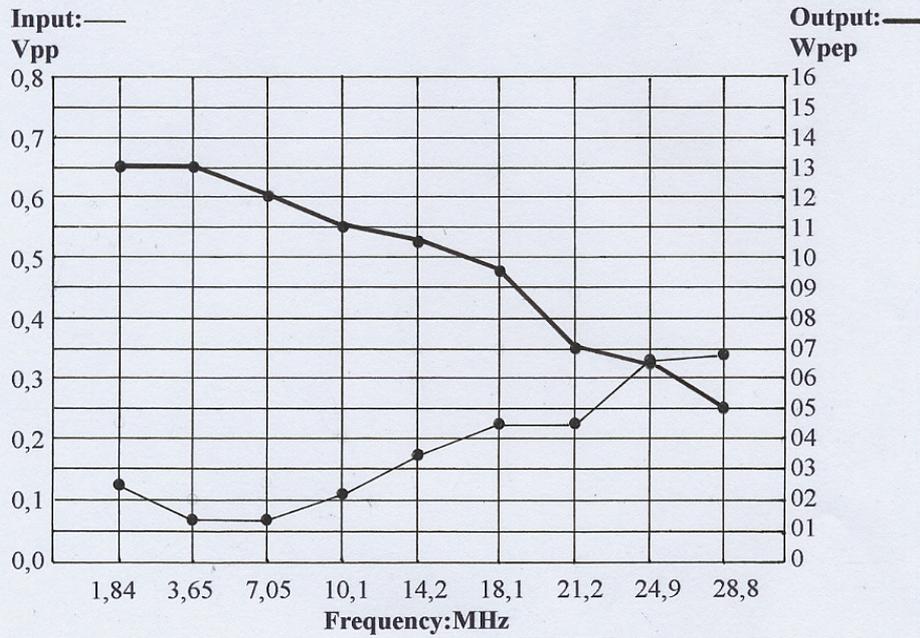
**Figura N° 8:**Esquema Eléctrico del Amplificador Lineal TX y Filtros LPF.  
 -Q1:2N4427,NPN,40V 400mA, VHF.  
 -Q2,Q3 :2SC1972,NPN,35V 3,5A, VHF.  
 -Q4 :BD136,PNP,45V 1A.  
 -D1:OA90,diodo de señal,Ge.  
 -D2,D3:1N4148,diodo de señal,Si.  
 -T1:Balum FB8P,Pri 4e,Sec 2e t/med.  
 -T2 :Balum FB14P,Pri 2e t/m,Sec 4e.  
 -CH :Choque RF VK200.  
 -RLA :Relé Ralux ZV,12V=,1 inv.  
 -RL2 :Relés Finder,12V=,2 inv.

Band Mts	L1,L2: Toru,µH/esp	C1,C2 pF	C3 pF
15	T50-6 0,47/9	120	220
20	T50-6 0,68/12	180	390
40	T50-2 1,80/17	470	820
80	T50-2 2,7/21	1000	1800

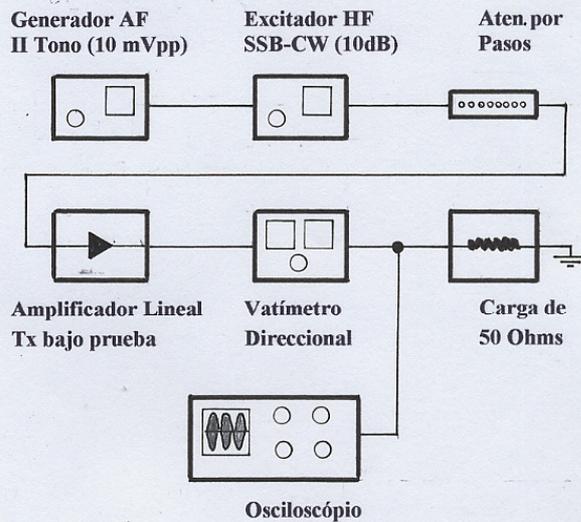


**AMPLIFICADOR LINEAL TX Y FILTROS LPF**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW  
 Modificado:EA3-EIS,01-10-02.  
 " " 01-09-08  
 " " 01-09-12

### AMPLIFICADOR LINEAL EN CONTRAFASE (2x2SC1972)



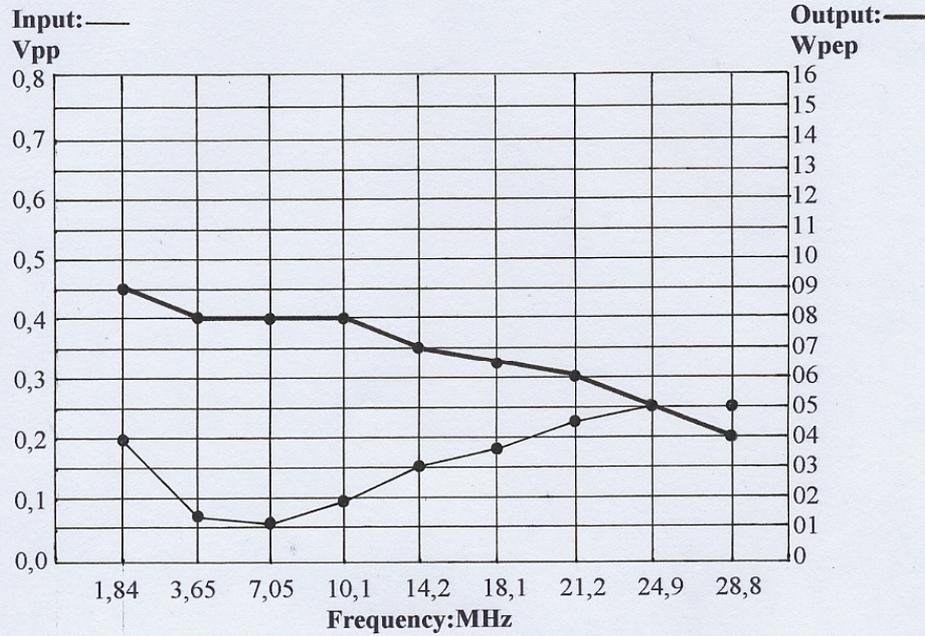
Freq MHz	Input dBm	Input Vpp	Output Wpep
1,84	-14	0,125	13
3,65	-19	0,070	13
7,05	-19	0,070	12
10,1	-15	0,111	11
14,2	-11	0,177	10,5
18,1	-09	0,223	9,5
21,2	-07	0,221	7,0
24,9	-05	0,335	6,5
28,8	-04	0,338	5,0



**Figura N° 8 (B):Curvas de Respuesta del Amplificador Lineal TX en la modalidad SSB.**

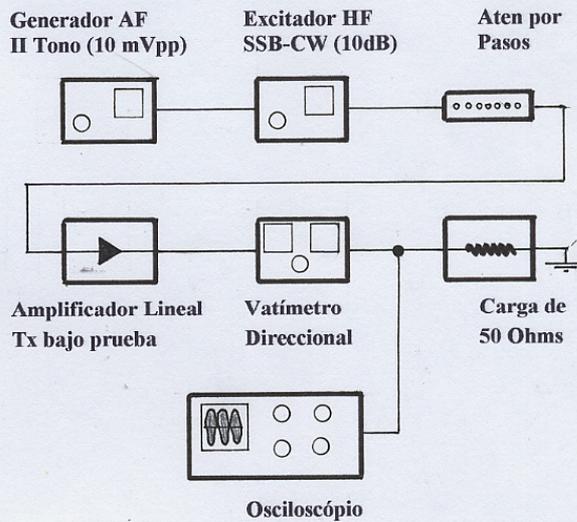
Los parámetros que se presentan en este ensayo son los siguientes:La frecuencia en MHz,la señal de entrada en Vpp y la potencia de salida en Wpep a minima distorsión por intermodulación y por saturación,según control mediante Osciloscopio con señales que provienen de un Generador AF de doble tono y un Excitador de HF SSB y CW. Tambien se adjunta un listado de frecuencias en Mhz lecturas en dBm y equivalencias en Vpp asi como,diagrama del dispositivo utilizado para conseguir estos resultados.

### AMPLIFICADOR LINEAL EN CONTRAFASE (2x2SC1971)



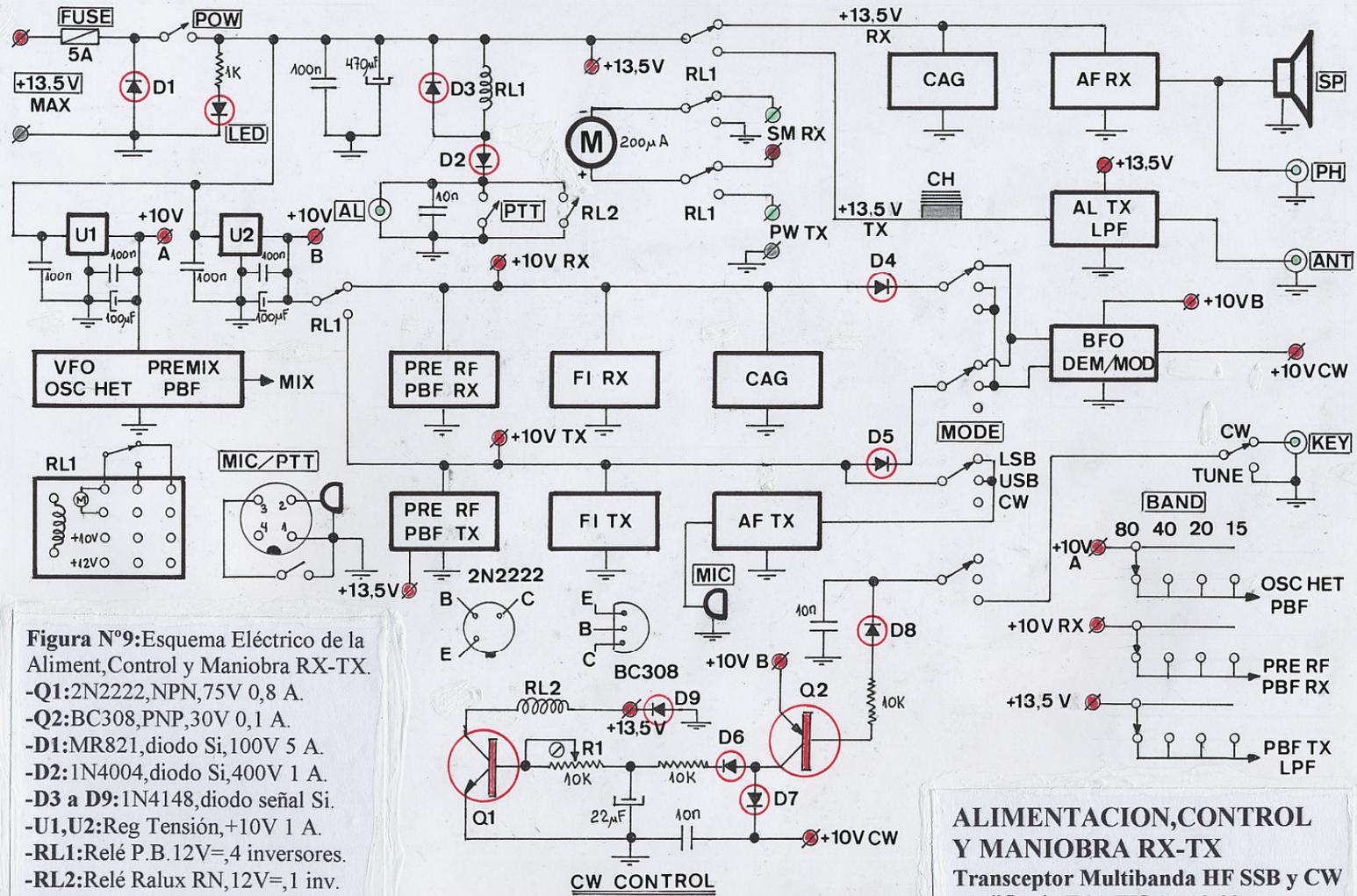
Freq MHz	Input dBm	Input Vpp	Output Wpep
1,84	-10	0,199	9,0
3,65	-19	0,070	8,0
7,05	-21	0,056	8,0
10,1	-16	0,099	8,0
14,2	-12	0,158	7,0
18,1	-11	0,177	6,5
21,2	-09	0,223	6,0
24,9	-08	0,251	5,0
28,8	-08	0,251	4,0

Nota: 2SC1971, NPN, 35V, 2A, VHF.



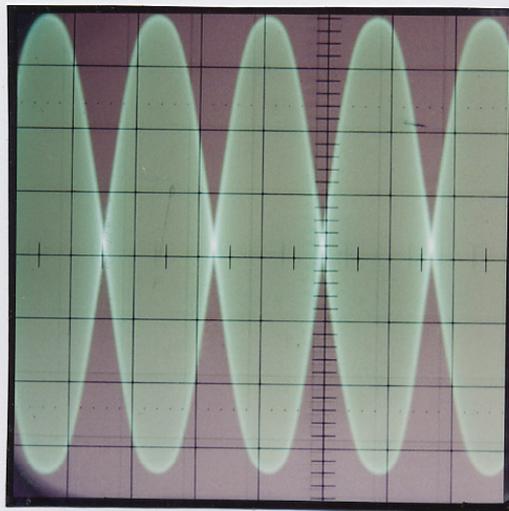
**Figura N° 8 (C): Curvas de Respuesta del Amplificador Lineal TX en la modalidad SSB.**

Los parámetros que se presentan en este ensayo son los siguientes: La frecuencia en MHz, la señal de entrada en Vpp y la potencia de salida en Wpep a mínima distorsión por intermodulación y por saturación, según control mediante Osciloscopio con señales que provienen de un Generador AF de doble tono y un Excitador de HF SSB y CW. También se adjunta un listado de frecuencias en Mhz lecturas en dBm y equivalencias en Vpp así como, diagrama del dispositivo utilizado para conseguir estos resultados.

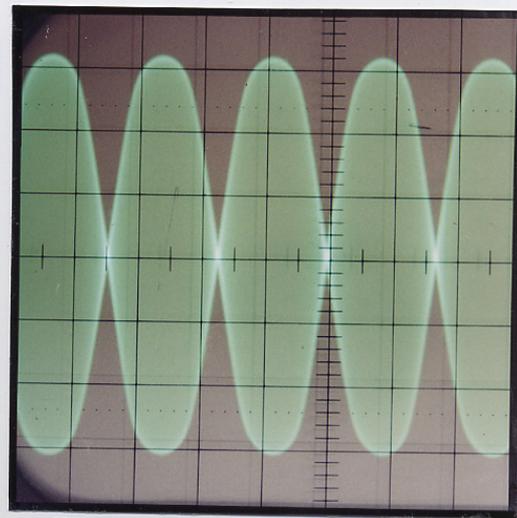


**Figura N°9:**Esquema Eléctrico de la Aliment,Control y Maniobra RX-TX.  
 -Q1:2N2222,NPN,75V 0,8 A.  
 -Q2:BC308,PNP,30V 0,1 A.  
 -D1:MR821,diode Si,100V 5 A.  
 -D2:1N4004,diode Si,400V 1 A.  
 -D3 a D9:1N4148,diode señal Si.  
 -U1,U2:Reg Tensión,+10V 1 A.  
 -RL1:Relé P.B. 12V=,4 inversores.  
 -RL2:Relé Ralux RN,12V=,1 inv.  
 -CH :Nuc Toro NTF12,14 esp.

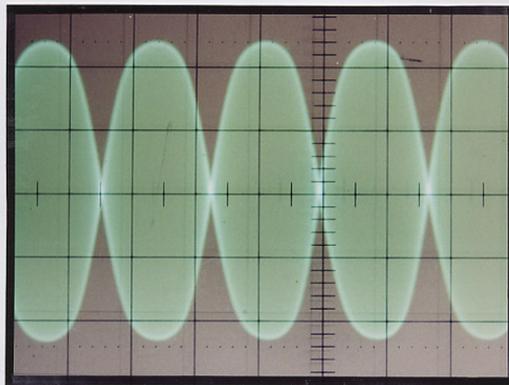
**ALIMENTACION,CONTROL Y MANIOBRA RX-TX**  
 Transceptor Multibanda HF SSB y CW  
 Modificado:EA3-EIS,01-10-02.



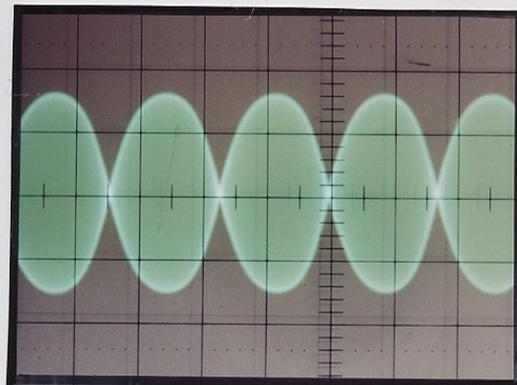
**80 MET.(3700 KHz),LSB,12 Wpep.**



**40 MET.(7050 KHz),LSB,10 Wpep.**



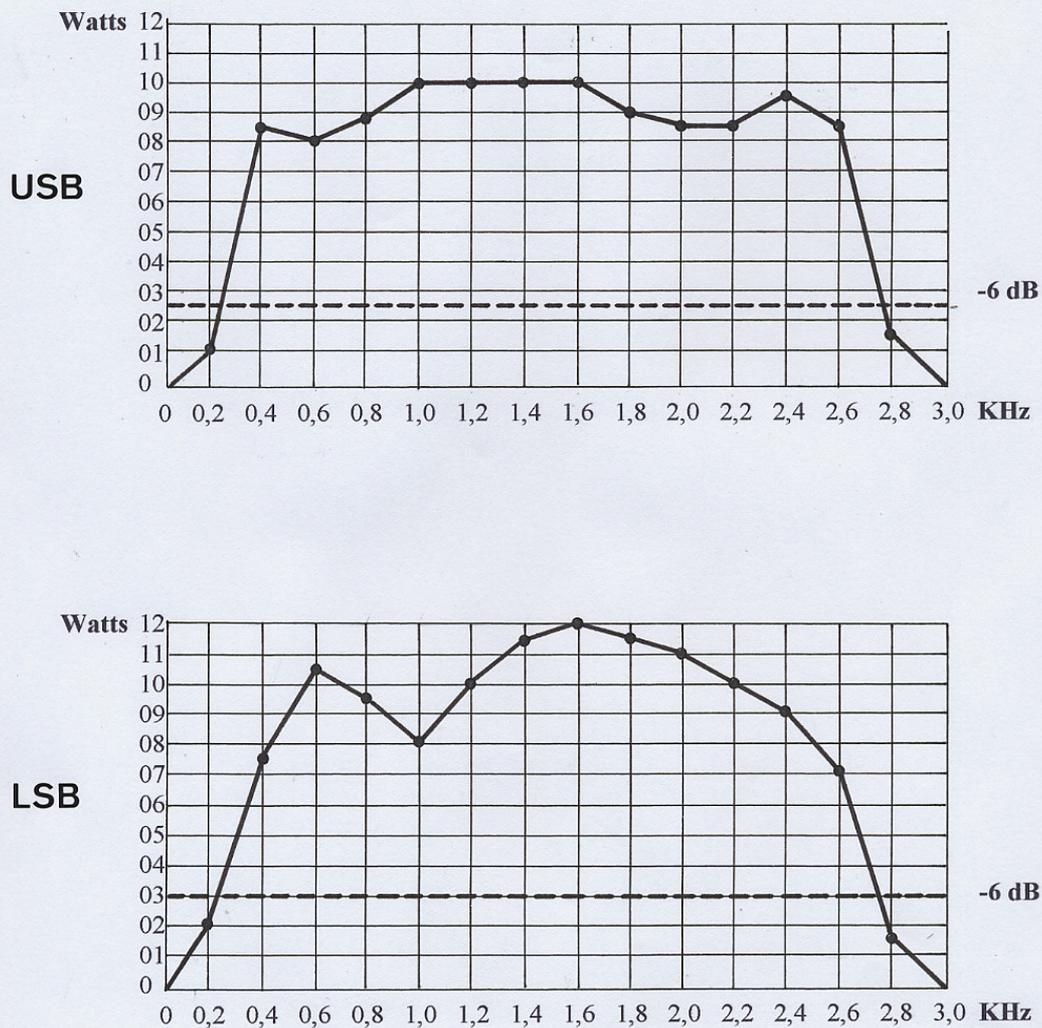
**20 MET.(14200 KHz),USB,9 Wpep.**



**15 MET.(21200 KHz),USB,6 Wpep.**

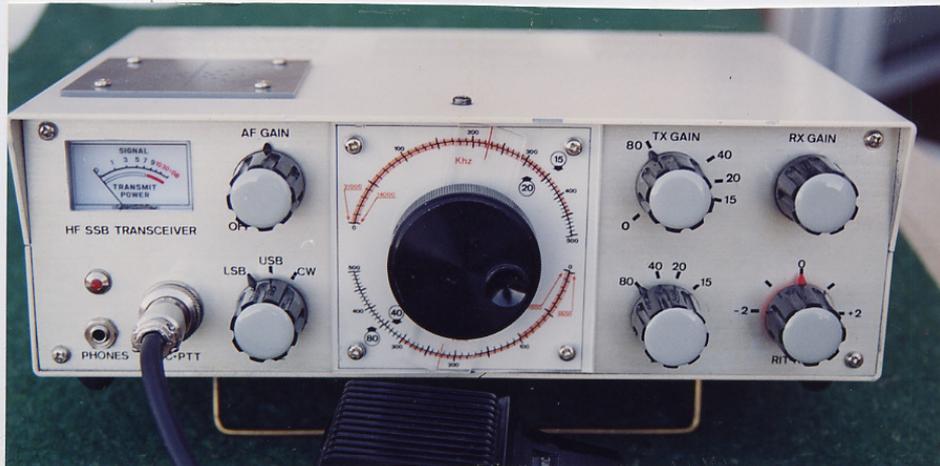
**Figura N°10: TRANSCEPTOR MULTIBANDA HF SSB Y CW. Análisis de Comportamiento.**

Prueba de Intermodulación con Doble Tono en los Modos: LSB y USB, en las cuatro bandas de: 80, 40, 20 y 15 Metros, a un nivel de potencia máxima, mínima distorsión por Intermodulación y por Saturación. La señal AF de entrada en Doble Tono, es de 7 mVpp de amplitud y los dos tonos del Generador de AF, corresponden a 700 y 1700 Hz. Por tratarse de una prueba de interpretación visual observe la intersección central de la envolvente que tiene forma de "X", esto es una indicación bastante clara del ajuste óptimo en la polarización de las bases de los transistores Q2 y Q3 en el Amplificador Lineal (2x2SC1972), si este punto de trabajo, se encontrara desplazado hacia la parte curvada inferior de la característica, la intersección o cruce central, aparecería en la pantalla del TRC como dos curvas contrapuestas verticalmente. Este ajuste, se hace variando la resistencia "R" de más a menos valor óhmico, yo la dejé en 110 Ohms; esta resistencia, es la que fija el consumo de las bases justo en el inicio de la parte recta de la característica de Q2 y Q3. Las partes superior e inferior de la envolvente, también están condicionadas por el curvado superior de la característica y por lo tanto se debe limitar la excitación de Q2 y Q3 para evitar el recorte. Este ensayo, se ha efectuado con un Osciloscopio de 20 MHz (-3 dB), la deflexión vertical en 1 V/cm y sonda atenuadora 10:1.

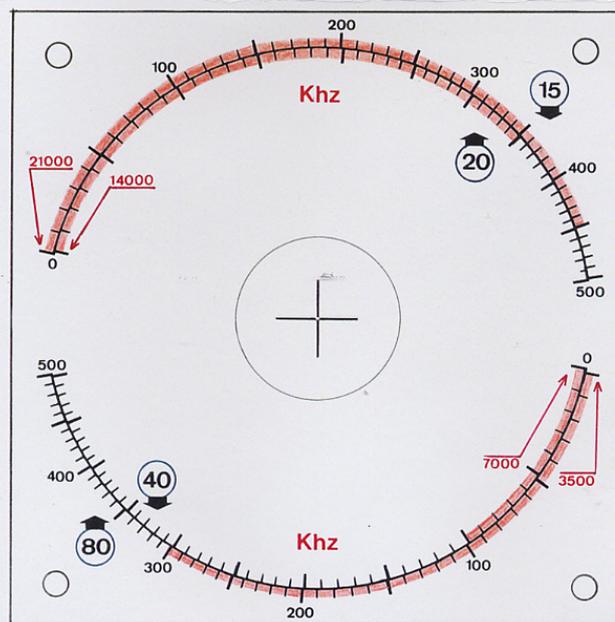


**Figura N°11: TRANSCEPTOR MULTIBANDA HF SSB Y CW. Análisis de Comportamiento.**

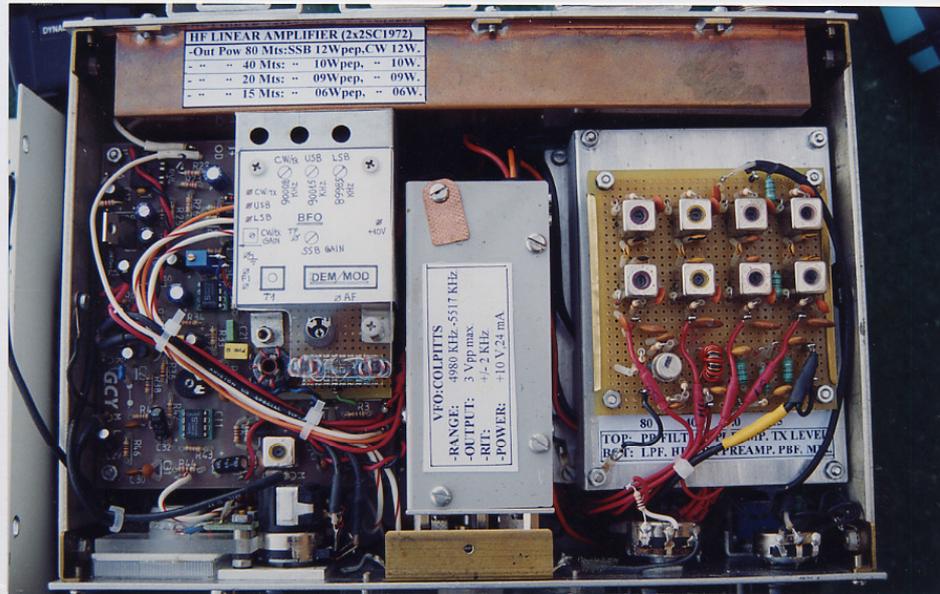
Curvas de respuesta AF en los dos Modos: LSB y USB con una señal de entrada AF de 7 mVpp, un solo tono de 0 a 3000 Hz, senoidal y exento de armónicos. La prueba en LSB, se ha efectuado en la Banda de 40 Metros en la frecuencia de 7050 KHz y la prueba en USB, se ha efectuado en la banda de 20 Metros frecuencia de 14200 KHz. A la vista de los resultados, véase la Banda Pasante a -6 dB en las dos modalidades lo cual, viene condicionado en gran manera por el Filtro de FI y también por el sistema y tipo de modulador utilizado. Matizando más este último comentario, sobre la Banda Pasante y envolvente resultante, cave añadir, que el Filtro de FI juega un papel importante en la traslación de la voz humana, en nuestro caso se trata de un Filtro de Celosia, con buen factor de forma y rizado; también es de destacar, el tipo de mezclador pasivo utilizado como Modulador, por anillo de diodos, doblemente balanceado, con buen aislamiento entre puertos y con un bajo nivel de distorsión. La potencia de salida, está indicada en Watts sobre una Carga Artificial de 50 Ohms.



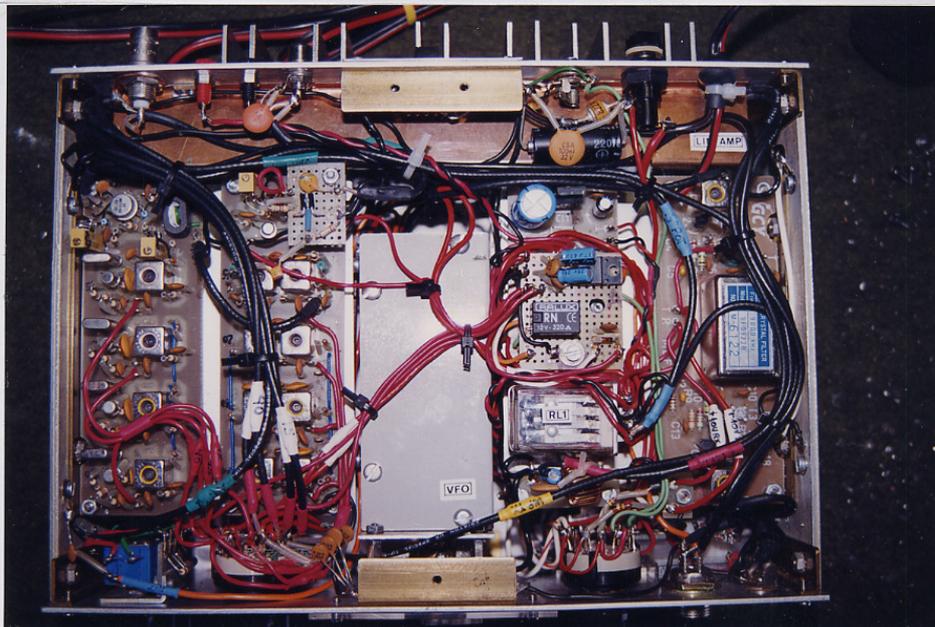
**Figura N°12:Tranceptor Multibanda HF SSB y CW.**Vista exterior de izquierda a derecha,el Instrumento de c/m indicador de la señal "S" en RX y tambien de la potencia relativa de salida en TX;mandos de Volumen AF e interruptor Power con el Led indicador,a continuación el selector de Modo,conector de Micro/PTT y auriculares.En la parte superior de la caja el Altavoz;continuando con el panel,el mando de Sintonia con reductor 6:1 y escalas para las cuatro bandas de 80,40,20 y 15 Metros en KHz;tambien ,el mando de Ganancia TX con los límites indicados para cada banda,el selector de Bandas,Ganancia RX y mando RIT de +/- 2 KHz.



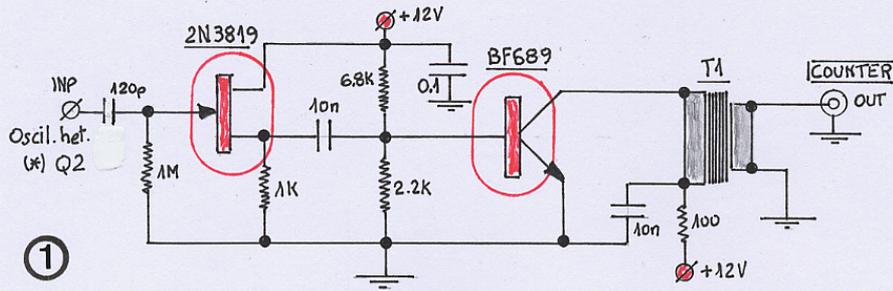
**Figura N°13:Tranceptor Multibanda HF SSB y CW.**Detalle de la Escala de Sintonia para las cuatro bandas de:80,40,20 y 15 Metros,el taraje se ha efectuado en divisiones de 10 KHz y los márgenes para cada banda,están coloreados en rojo.Al confeccionar el dibujo y para conseguir una cierta exactitud en las indicaciones,se hizo a escala 2:1 con respecto al tamaño real de 75x75 m/m.



**Figura N°14:TRANSCPTOR MULTIBANDA HF SSB Y CW.**Vista general del interior,parte superior de izquierda a derecha:El módulo Demodulador/Modulador,BFO y Audio RX-TX;el VFO dentro de su caja ó blindaje;Preamplificadores de RF y Filtros Rx-TX dispuestos en dos niveles y al fondo,el Amplificador Lineal y Filtros LPF también con su blindaje metálico de Cu.

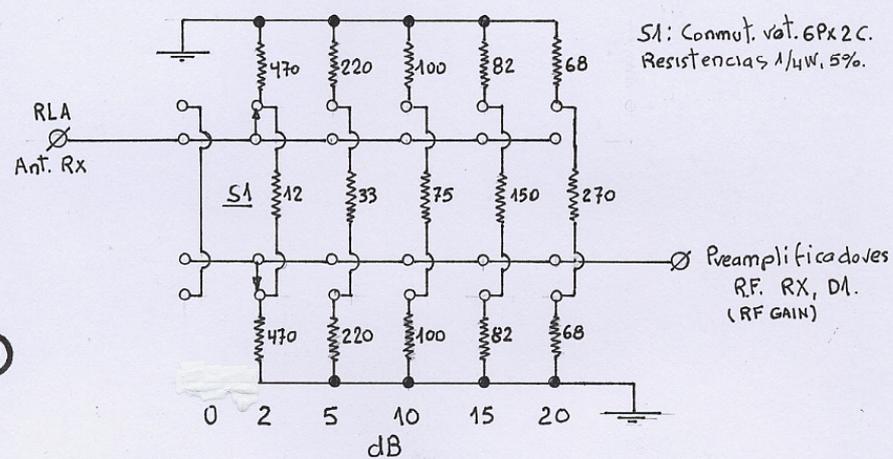


**Figura N°15:TRANSCPTOR MULTIBANDA HF SSB Y CW.**Vista general del interior,parte inferior de izquierda a derecha:Módulo de Osciladores Heterodinos y Premezclador activo;filtros PB y Buffers;a continuación, el VFO;maniobra RX-TX (relés RL1 y RL2),Reguladores de tensión de +10V;Amplificadores y Filtro de Cuarzo de FI;en el frontal,los selectores de Banda y Modo.



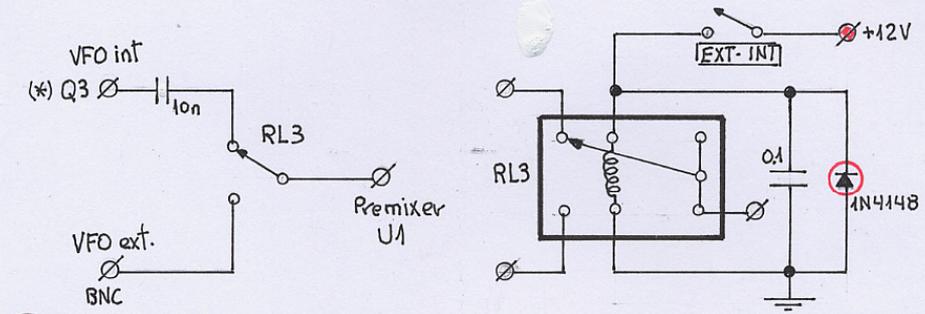
①

T1: Trato vel. 4:1, bal. m TV, 4e/2e.



②

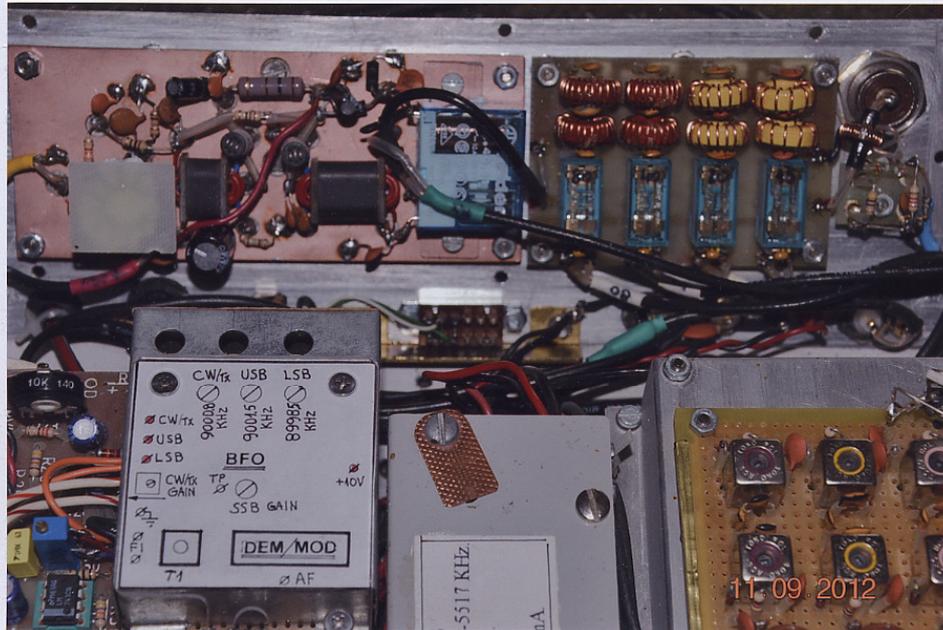
S1: Conmut. vat. 6Px2C. Resistencias 1/4W, 5%.



③

- Transceptor multibanda HF, 80,40,20 y 15 metros, SSB y CW (15 W). Modificaciones:**  
 N° 1: Preamplificador para contador exterior de frecuencia Rx y Tx. (modif. 26-06-04).  
 N° 2: Atenuador de RF entrada antena Rx, impedancia 50 Ohms. (modif. 01-09-08).  
 N° 3: Selector oscilador VFO, interior analógico o exterior PLL. (modif. 22-10-10).

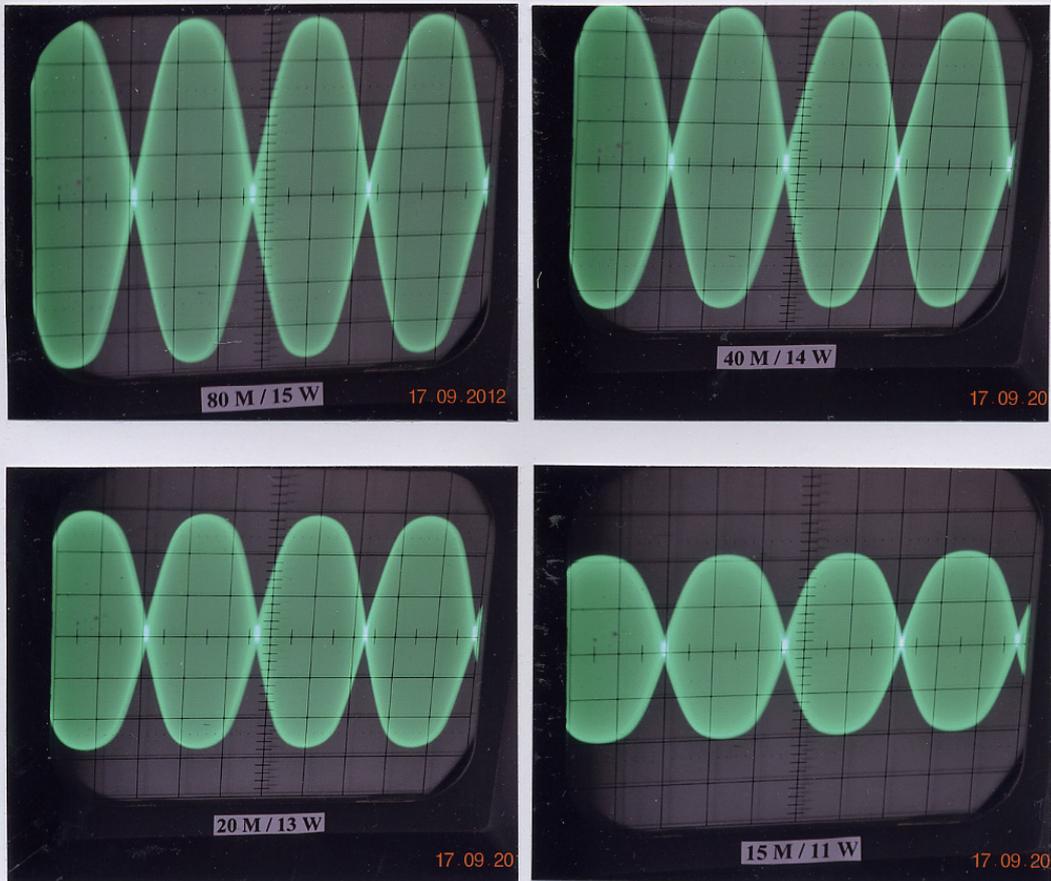




Banda	C1 – C2	C3	L1 – L2	Nuc / esp	Frec de corte
80 met	560 pF	1200 pF	2,50 uH	T50-2 / 21 esp	4056 KHz
40 ..	270 ..	560 ..	1,12 ..	T50-2 / 12 ..	7818 ..
20 ..	150 ..	330 ..	0,67 ..	T50-6 / 11 ..	15000 ..
15 ..	100 ..	220 ..	0,46 ..	T50-6 / 09 ..	22000 ..

**Transceptor multibanda HF, 80, 40, 20 y 15 metros, SSB y CW (15 W). Modificaciones:**

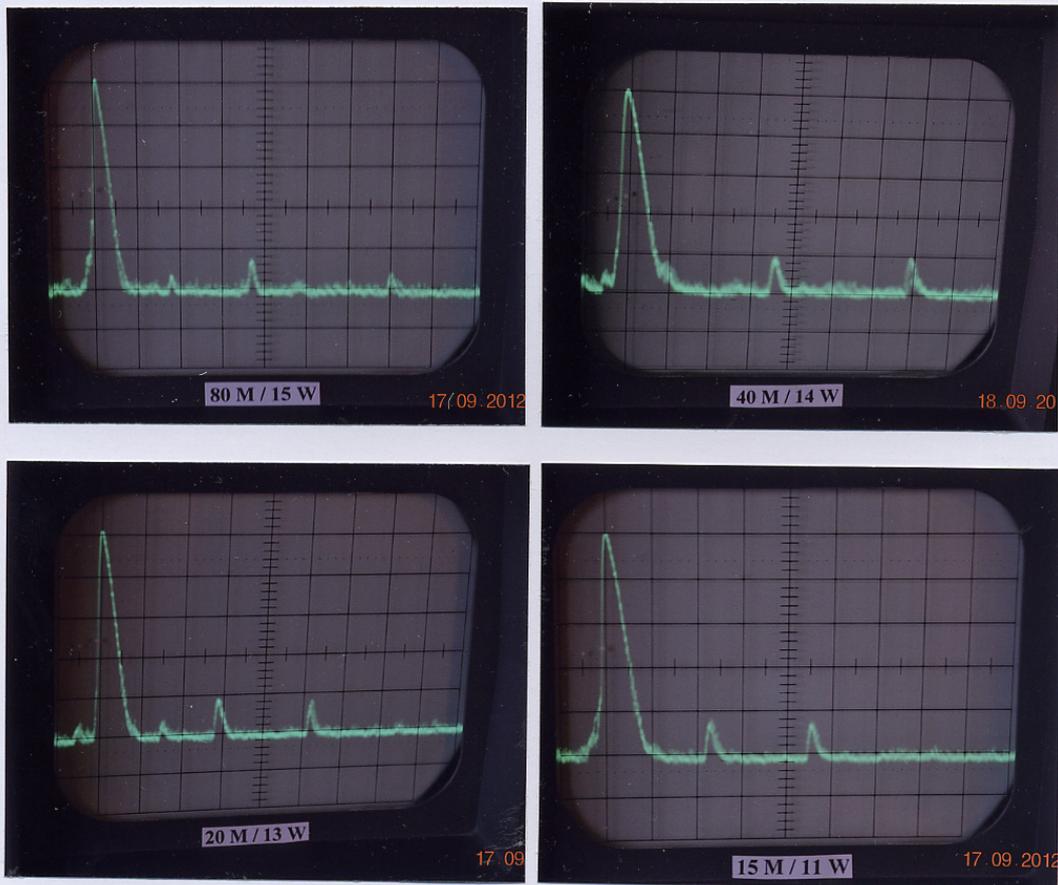
En la foto de arriba, aspecto interior del panel posterior del transceptor. A la izquierda, la placa de fibra de vidrio y Cu que corresponde al amplificador lineal, con las isletas que permiten la fijación de todos los componentes activos y pasivos, véase la disposición horizontal, de los transformadores T1 y T2, así como el relé RLA, para aprovechar el espacio y optimizar el interconexión entre elementos. A la derecha, los filtros LPF, seleccionados por relés con contactos doble inversor, todo el conjunto montado en una plaqueta de CI habilitada para esta aplicación. En la parte inferior una tabla, con los datos constructivos de los filtros LPF, necesarios para cada una de las bandas, donde también se indica la frecuencia de corte, todo según el manual Data Book ARRL; esta información corresponde, a la modificación más reciente la cual, se efectuó en fecha 01-09-12.



### Transceptor Multibanda HF, 80, 40, 20 y 15 metros, modos SSB y CW (15 W).

#### Prueba de Intermodulación por doble tono.

Este ensayo de apreciación visual consiste, en aplicar a la entrada de micrófono del transceptor, modo SSB, una señal de doble tono (700 y 1700 Hz), procedente de un generador AF específico para esta función y al mismo tiempo, se controla la señal de salida en transmisión, en la pantalla de un osciloscopio. La validez de esta prueba, está en comprobar que la figura o envolvente que tenemos en pantalla, no presenta recorte importante de las crestas, de lo contrario al transmitir lo haríamos haciendo barbas o splatters; también es importante, la intersección central en forma de "X", esta debe de ser, casi perfecta lo cual indica, una correcta polarización de los transistores en este caso, de la etapa final de potencia. El nivel de potencia máxima de cresta  $W_{pep}$ , para cada una de las bandas, se ha controlado con un vatímetro CN-801, sobre una carga artificial de 50 Ohms; intercalado en la misma carga, un acoplador direccional de muestreo para atenuar y permitir, la conexión hacia el osciloscopio. El resultado del ensayo, se puede dar por aceptable.



**Transceptor Multibanda HF, 80, 40, 20 y 15 metros, modos SSB y CW (15 W).**

**Prueba de la respuesta armónica.**

Esta prueba de evaluación comparativa, parte de una señal CW a máxima potencia de salida en cada una de las bandas. La muestra de señal, se extrae mediante un acoplador direccional intercalado en la carga artificial de 50 Ohms, atenuadores fijo de 10 dB / 2 W y variable por pasos, hacia la entrada de RF del analizador de espectros. Este analizador, está asociado a un osciloscopio el cual, presenta en la pantalla de manera espectrográfica X-Y, la señal fundamental seguida del segundo y tercer armónico. La resolución horizontal X en pantalla, que se correspondería con el espectro de frecuencias, en cada una de las bandas, es el siguiente: para 80 metros 1 MHz / división, para 40 metros 2 MHz / división, para 20 metros 5 MHz / división y para 15 metros 10 MHz / división. La amplitud vertical Y, es de 10 dB / división para todas las bandas. Obsérvese que en todas las pruebas, el segundo y tercer armónico, quedan 40 dB por debajo de la señal fundamental la cual, se corresponde con una amplitud de 50 dB. Este ensayo se ha controlado, con un vatímetro CN-801, sobre una carga artificial de 50 Ohms. Como resumen de la prueba se podría decir, que este transceptor, tiene una respuesta armónica aceptable, con la máxima potencia en transmisión.



**Transceptor Multibanda HF, 80, 40, 20 y 15 metros, modos SSB y CW (15 W).**

En la foto tenemos, el transceptor en estado operativo y complementado, por algunos accesorios que son dignos de mención: un VFO exterior sintetizado PLL de 5 a 5,5 MHz el cual, le da una estabilidad en la frecuencia muy buena, al compararle con el VFO interior analógico; también tenemos, un frecuencímetro programable, un altavoz exterior dotado de DSP por cierto, muy útil en la banda de 80 metros, al eliminar en buena parte, el ruido que está presente en las bandas más bajas, dificultando la recepción cómoda del correspondal y finalmente un vatímetro direccional.