

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN  
DEL PROCESADOR FI PARA EL ESPECTRÓMETRO  
FFT DEL RADIOTELESCOPIO  
DE 40 METROS**

José Antonio López Pérez, David Cuadrado Calle,  
Carlos Almendros, Sergio Henche,  
J. A. Abad, J. M. Yagüe

INFORME TÉCNICO - CAY 2011 - 10  
Septiembre 2011

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción .....                              | 2  |
| 2. Diseño.....                                     | 3  |
| 3. Integración .....                               | 4  |
| 4. Banco de medidas en el laboratorio. ....        | 5  |
| 5. Adaptación de los puertos .....                 | 6  |
| 5.1 Adaptación de los puertos de entrada .....     | 6  |
| 5.2 Adaptación de los puertos de salida.....       | 8  |
| 6. Ganancia de los canales .....                   | 11 |
| 6.1 Canal LCP.....                                 | 11 |
| 6.2 Canal RCP .....                                | 13 |
| 7. Saturación del módulo .....                     | 16 |
| 8. Instalación en el radiotelescopio. ....         | 17 |
| 9. Medidas del módulo en la sala de backends ..... | 19 |
| 10. Rango dinámico de potencias. ....              | 25 |
| 11. Conclusión .....                               | 26 |
| APÉNDICE A: transición N m – SMA h .....           | 27 |

# 1. Introducción

El radiotelescopio de 40 metros del Centro Astronómico de Yebes cuenta con un espectrómetro de Transformada Rápida de *Fourier*, conocido por sus siglas FFTS, para las observaciones de líneas moleculares en modo *single-dish*.

La figura siguiente muestra el aspecto de este equipo tras su instalación en la sala de *backends* del radiotelescopio.



Figura 1: Espectrómetro FFTS instalado en la sala de backends del radiotelescopio de 40 metros.

Como muestra la figura 1, el espectrómetro cuenta con 8 unidades, cada una de las cuales es configurable en cualquiera de los cuatro modos descritos en la tabla 1.

| Modo | Ancho de banda | Canales | Resolución | ENBW* |
|------|----------------|---------|------------|-------|
|      | (MHz)          |         | (KHz)      | (KHz) |
| A    | DC - 1500      | 8192    | 183,1      | 212   |
| B    | DC - 750       | 16384   | 45,8       | 53    |
| C    | DC - 500       | 16384   | 30,5       | 35    |
| D    | DC - 100       | 16384   | 6,1        | 7     |

Tabla 1: Modos de funcionamiento del espectrómetro FFTS del radiotelescopio de 40 metros

\* ENBW = Equivalent Noise Band Width.

Dado que los receptores instalados en el radiotelescopio tienen su frecuencia intermedia en el rango entre 500 – 1000 MHz, según las especificaciones para receptores VLBI, es necesaria una unidad previa que convierta este rango de frecuencias al rango de entrada del espectrómetro, en particular para los modos C y D.

El presente informe presenta el diseño, construcción y caracterización de un procesador de la señal de FI para adaptar los rangos de frecuencia entre los receptores y el espectrómetro FFTS.

## 2. Diseño

La figura 2 muestra el diagrama de bloques del procesador de FI. Como puede comprobarse, el procesador consta de dos canales iguales (uno para cada una de las dos polarizaciones circulares) y un oscilador común a 500 MHz para realizar la conversión de frecuencia necesaria.

Las entradas al módulo son amplificadas y filtradas previamente a la mezcla. Una muestra de la señal de entrada se lleva como salida auxiliar para conectar otros equipos de análisis (backends, terminan Mk-4,...) o diagnóstico (anализador de espectros). Tras la mezcla, la señal ya en banda de base divide en dos ramas que son amplificadas nuevamente y filtradas paso bajo a 100 MHz y 500 MHz, respectivamente.

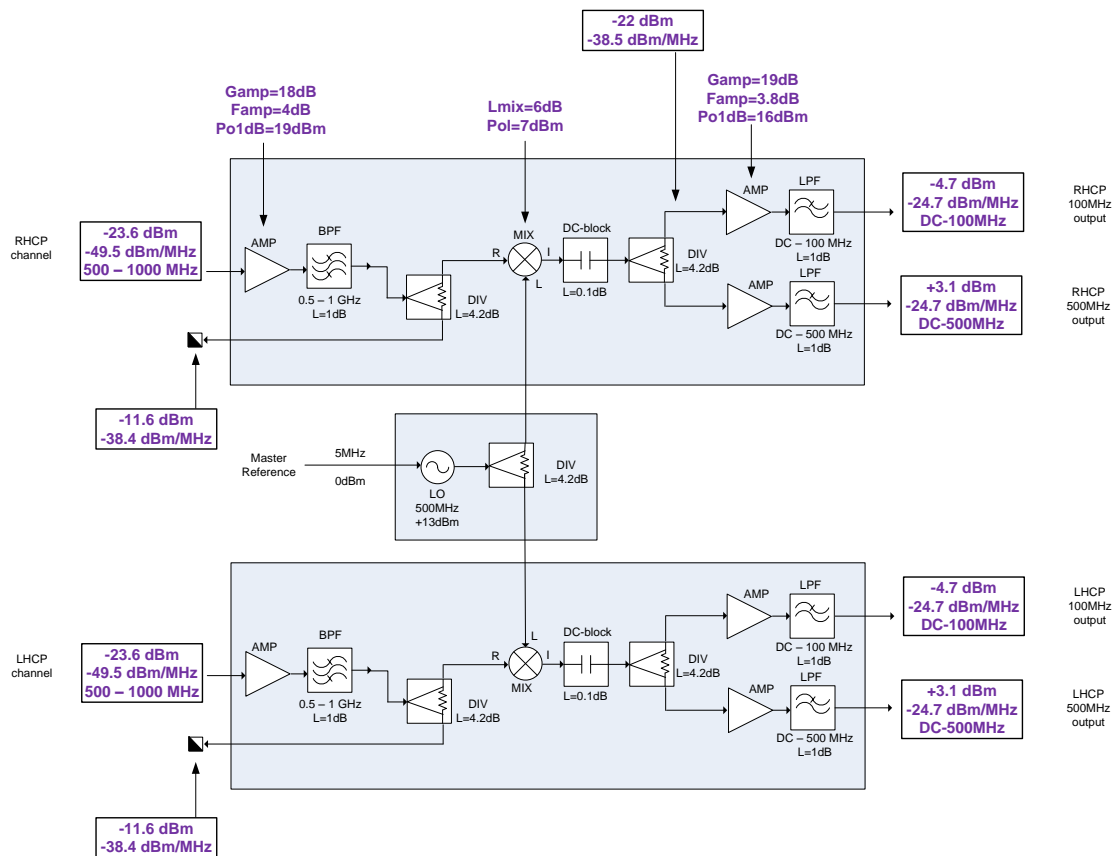


Figura 2: Diagrama de bloques del procesador de FI para el FFTS.

### 3. Integración

Todos los componentes mostrados en el diagrama de bloques de la figura 2 fueron adquiridos mediante expediente de contratación, incluyendo la fuente de alimentación y el rack donde se llevó a cabo la integración. Dicha integración fue llevada a cabo en los laboratorios del Centro Astronómico de Yebes. La figura 3 muestra el aspecto final del interior del módulo.

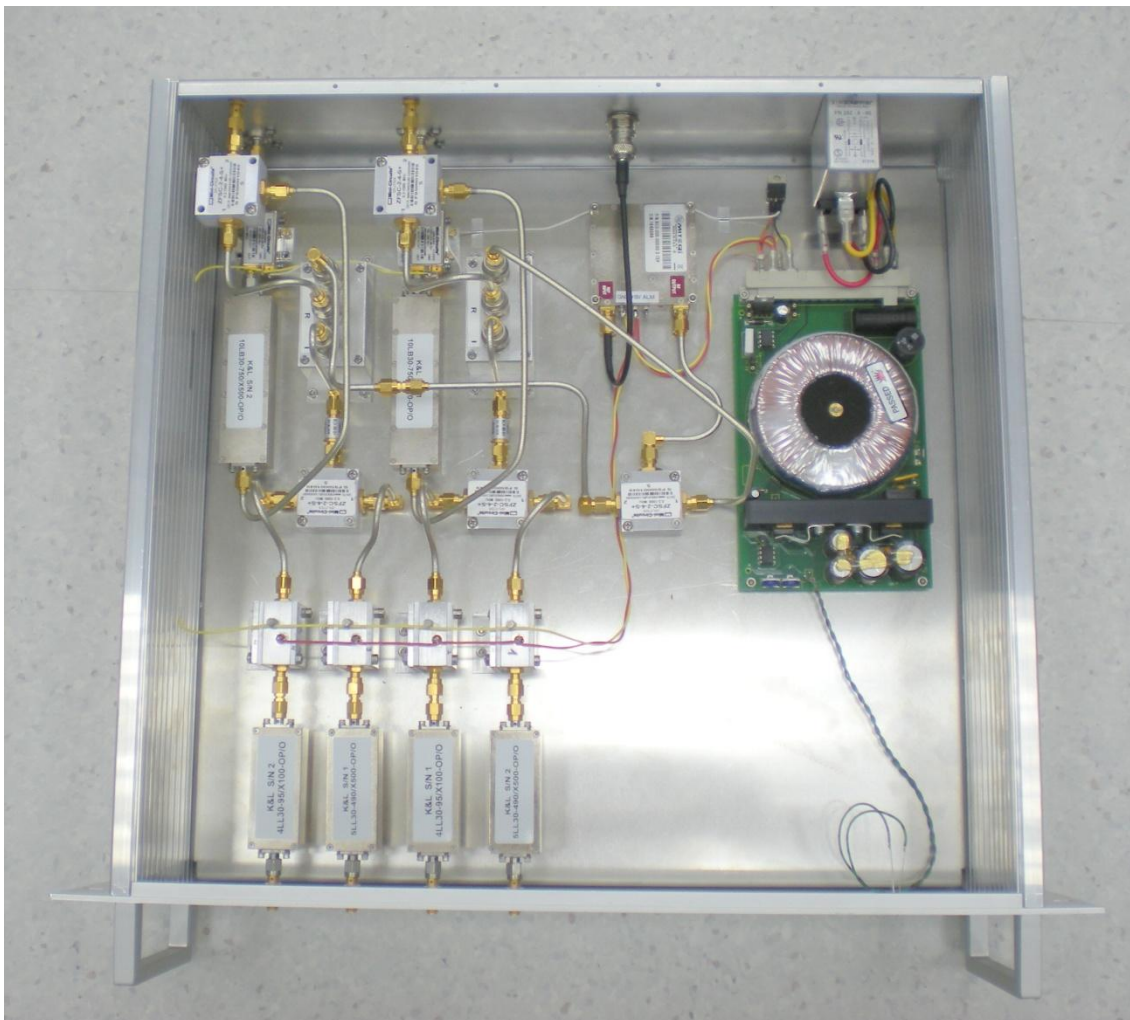


Figura 3: Aspecto final del procesador de FI para el espectrómetro FFTS.

Las figuras 4 y 5 muestran los frontales delantero y trasero, respectivamente.

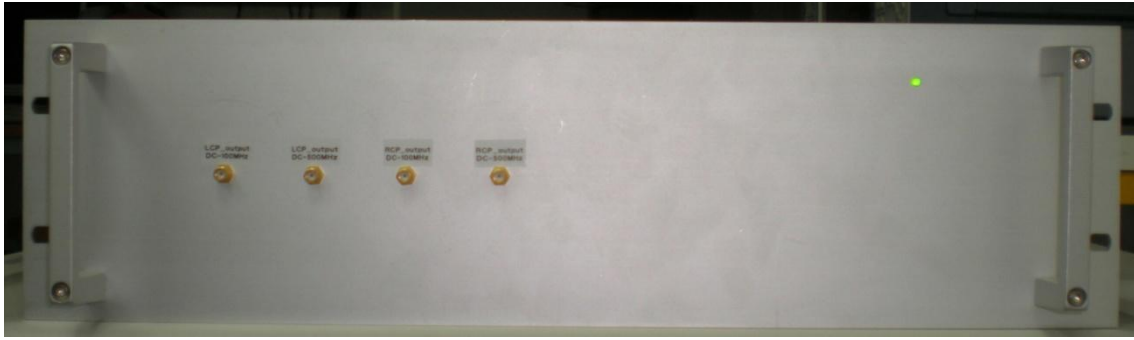


Figura 4: Frontal delantero del procesador de FI.



Figura 5: Frontal trasero del procesador de FI.

#### 4. Banco de medidas en el laboratorio.

Las medidas se han realizado haciendo uso de la siguiente instrumentación:

- Analizador vectorial de redes ZVK de Rodhe & Schwarz (10MHz – 40GHz). Empleado para la medida de los parámetros S.
- Generador de señal Agilent 33250A. Empleado para generar la señal de 5MHz y 0dBm necesaria para el oscilador local.
- Generador de señal Agilent E8257D (250kHz – 67GHz). Empleado para generar la señal de entrada en el proceso de medida de las curvas de ganancia.
- Analizador de espectros HP 8564E (9kHz – 40GHz). Empleado para la medida de las curvas de ganancia.

Las figuras 6 y 7 representan respectivamente los bancos de medidas empleados para realizar las medidas de adaptación (parámetros S) y para obtener las curvas de ganancia y los puntos de saturación del módulo bajo estudio.

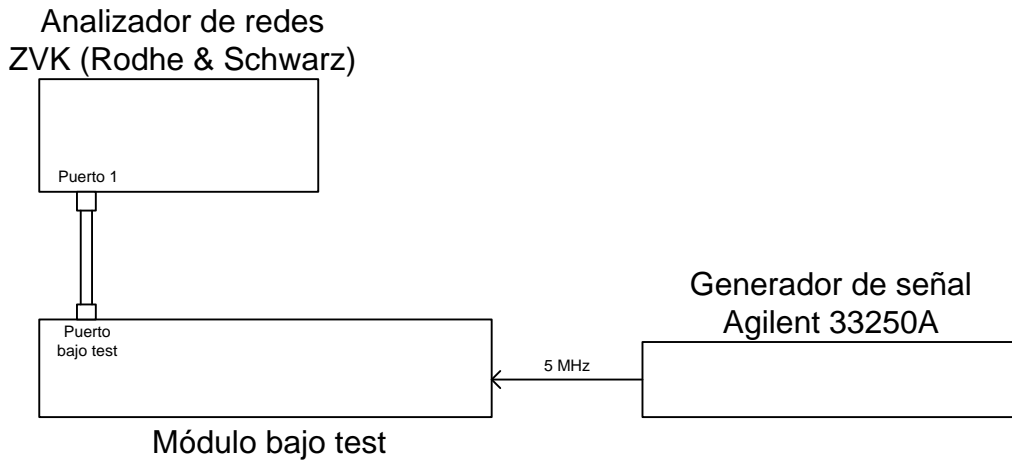


Figura 6: banco de pruebas para medidas de adaptación.

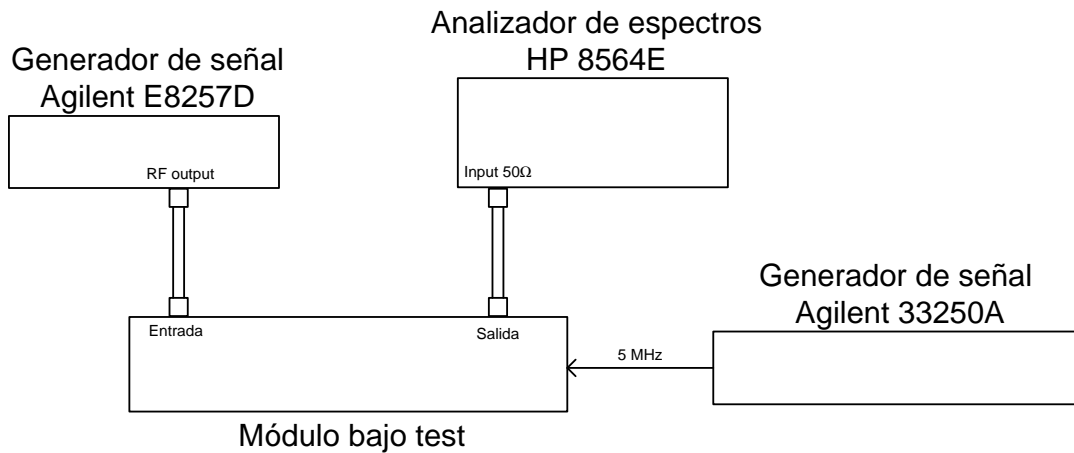


Figura 7: banco de pruebas para medidas de ganancia.

## 5. Adaptación de los puertos

### 5.1 Adaptación de los puertos de entrada

Las figuras 8 y 9 muestran el resultado de medir el parámetro S11 en los puertos de entrada de los canales LCP y RCP del módulo bajo estudio. Para la realización de estas medidas se ha empleado una transición N m – SMA h cuyas características se detallan en el apéndice A.

Se puede observar que ambos canales presentan buena adaptación en la banda de trabajo entre 500 MHz y 1000 MHz ya que las pérdidas de retorno están siempre por encima de los 13 dB.

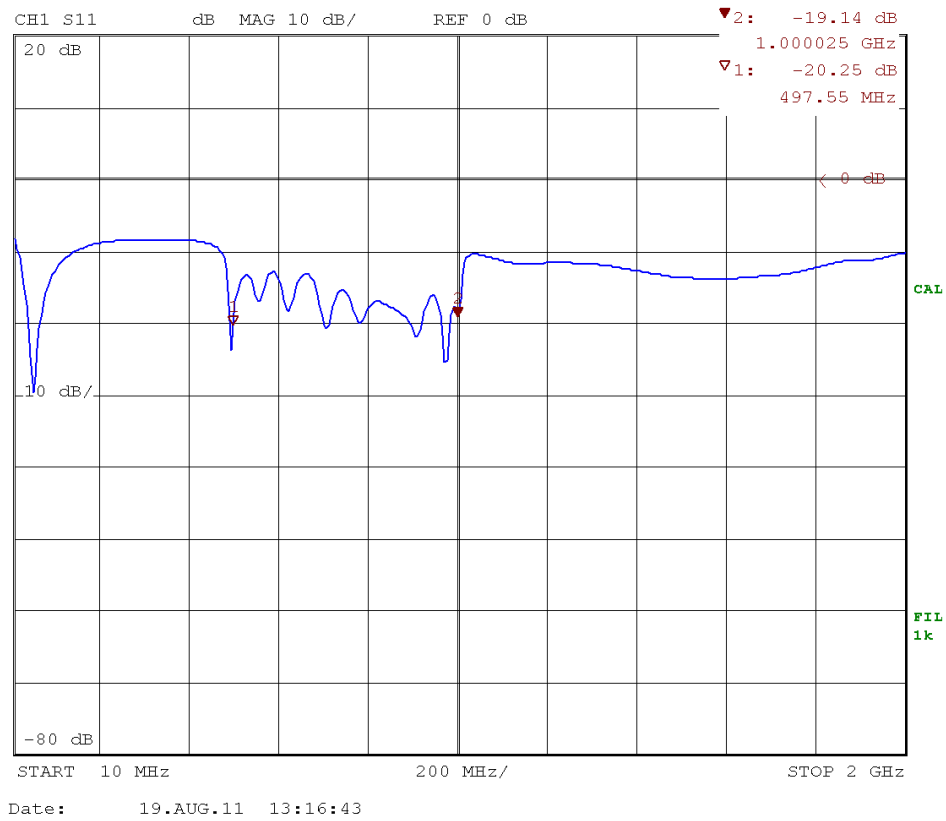


Figura 8: Adaptación del puerto IF\_LCP input.

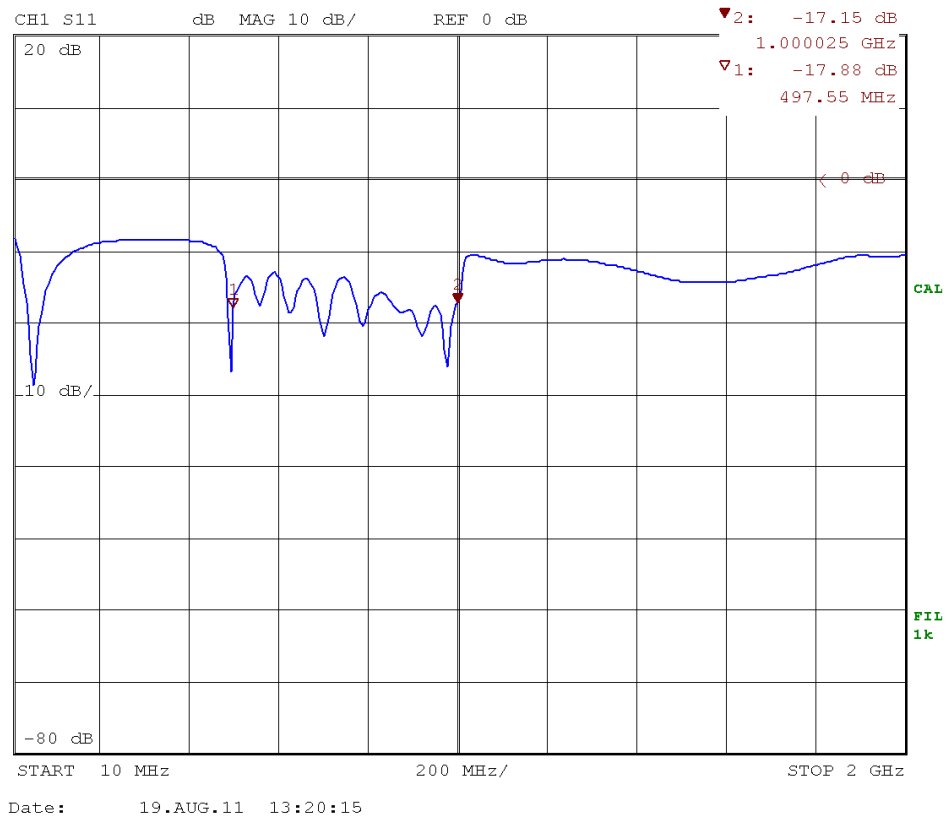


Figura 9: Adaptación del puerto IF\_RCP input.



## 5.2 Adaptación de los puertos de salida

Las figuras 10 y 11 representan la adaptación en los puertos de monitorización de la señal de IF. En la figura 10 se muestra el canal LCP y en la figura 11 se muestra el canal RCP.

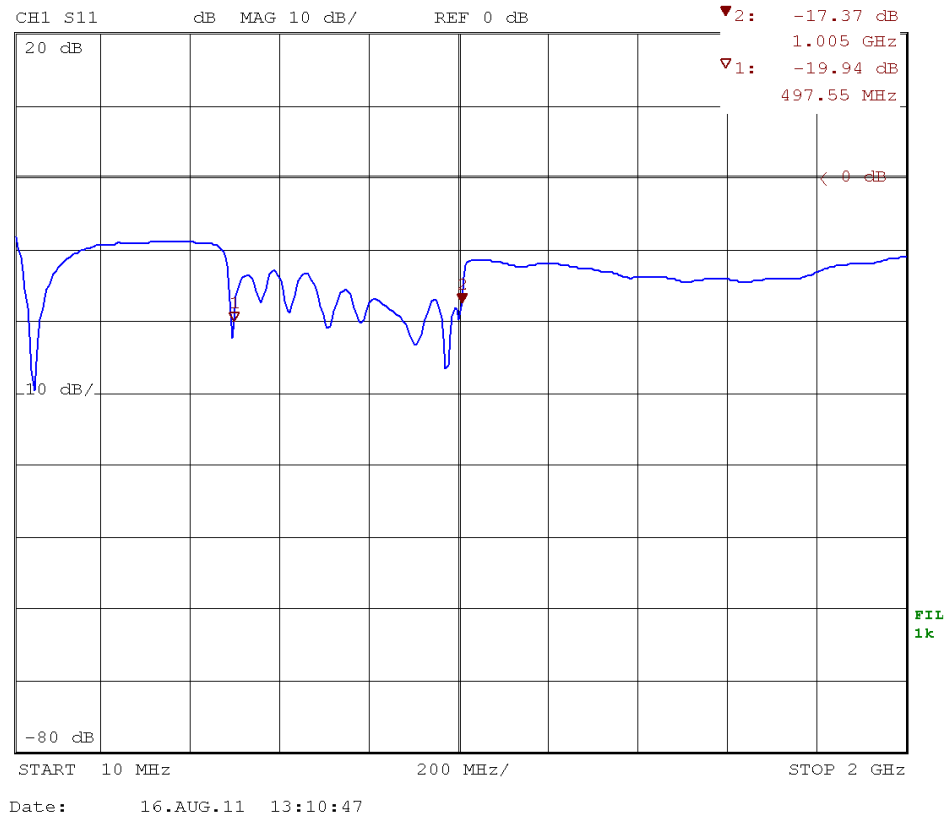


Figura 10: Adaptación del puerto de monitorización IF\_LCP output.

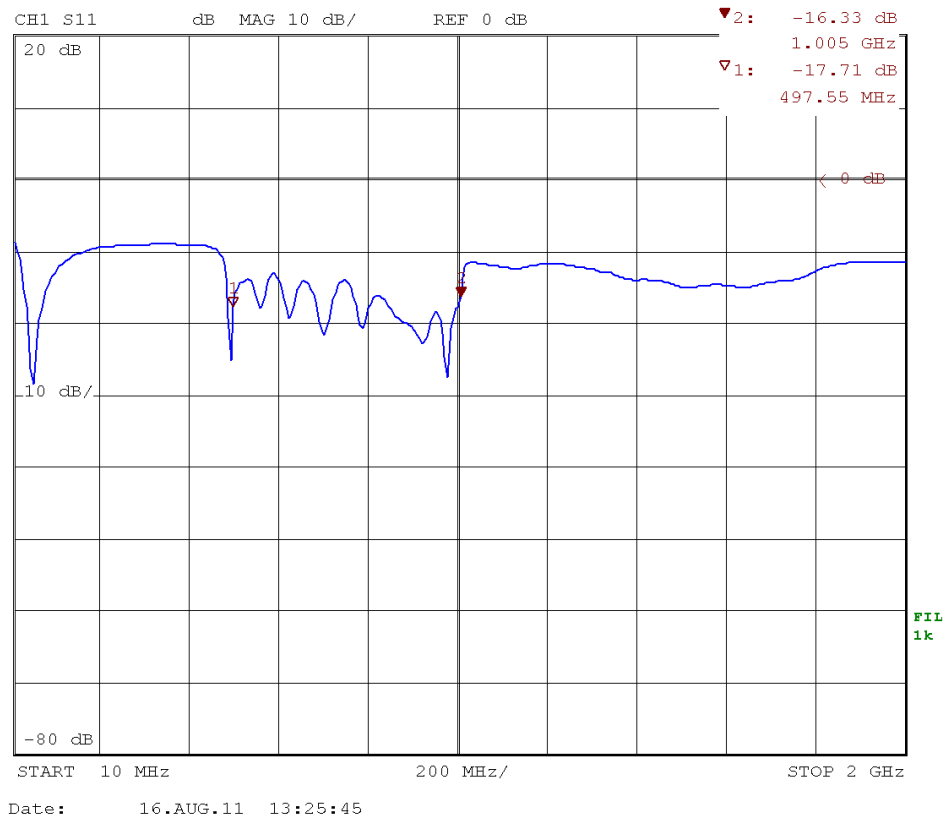


Figura 11: Adaptación del puerto de monitorización IF\_RCP output.

Finalmente, las figuras de la 12 a la 15 representan la adaptación de los puertos de salida del módulo bajo estudio.

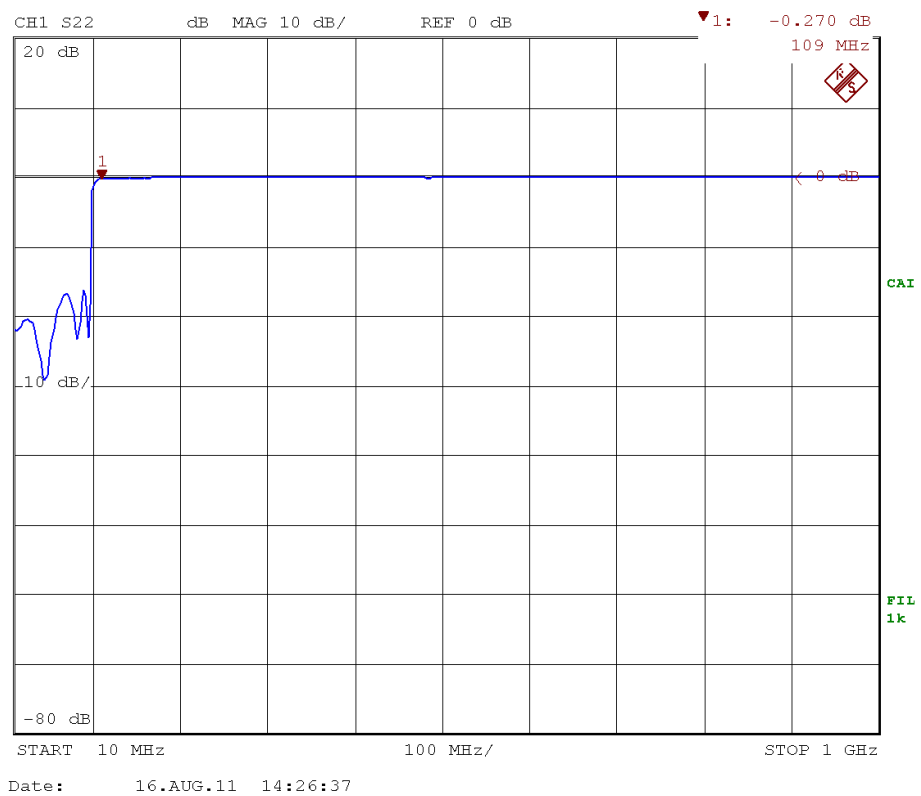


Figura 12: Adaptación del puerto LCP\_output DC-100MHz.

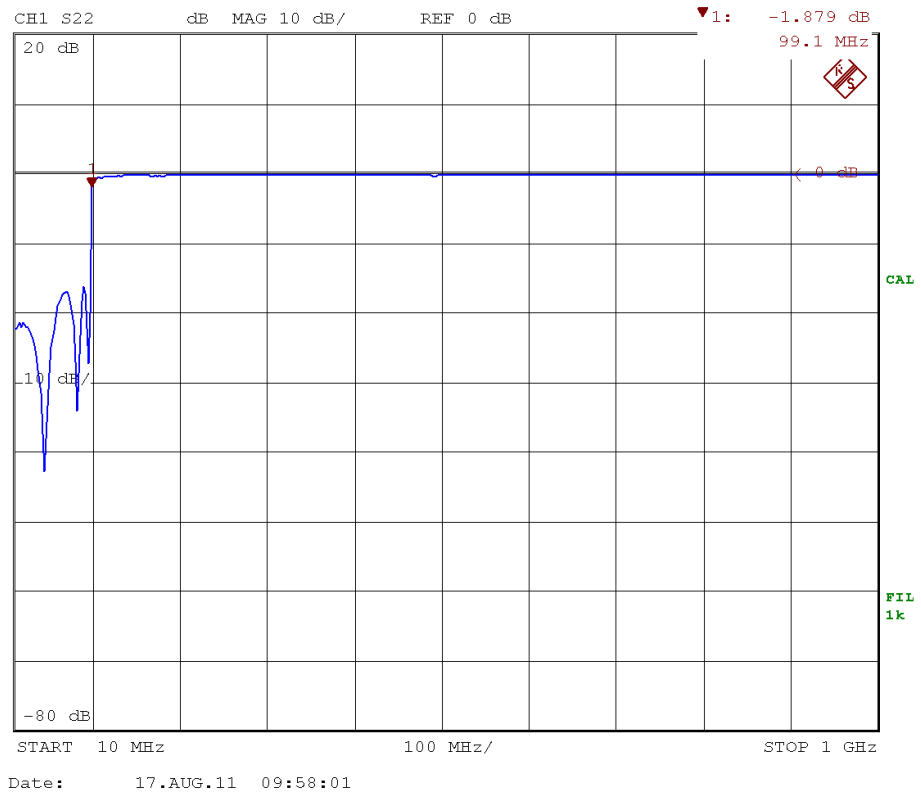


Figura 13: Adaptación del puerto RCP\_output DC-100MHz.

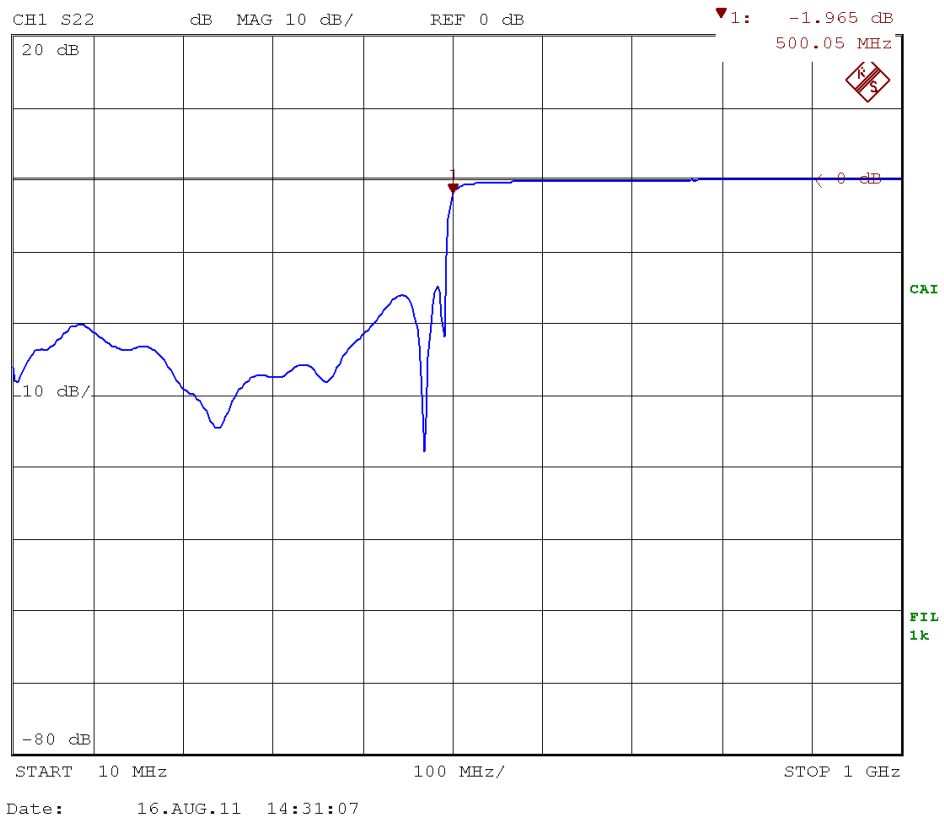


Figura 14: Adaptación del puerto LCP\_output DC-500MHz.

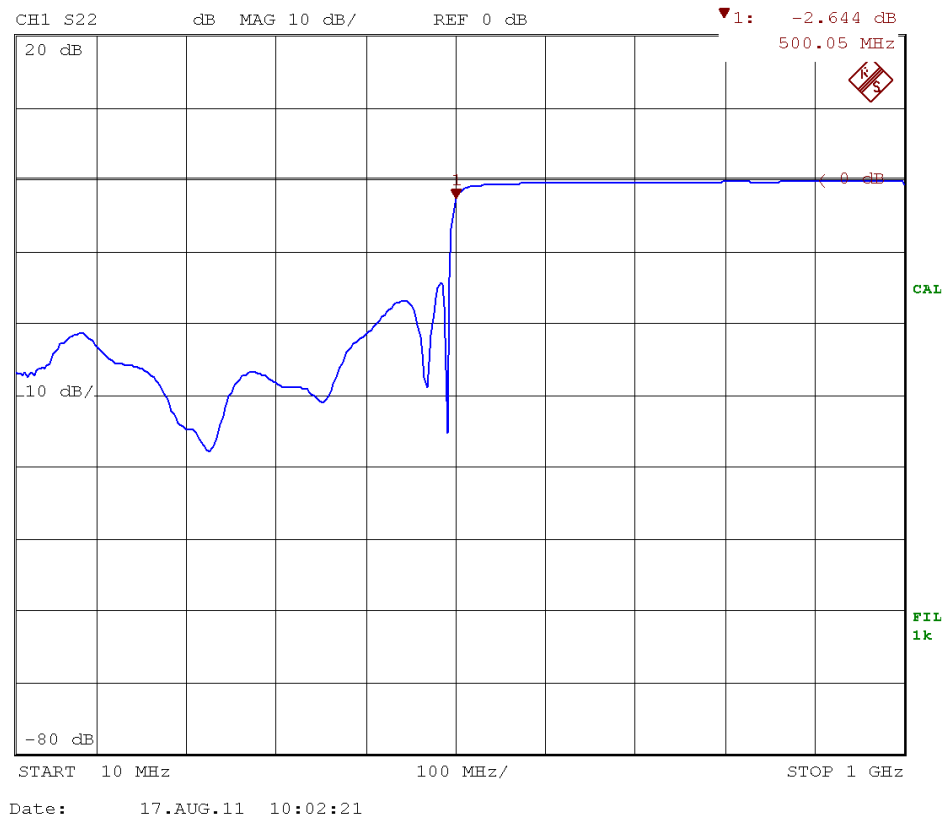


Figura 15: Adaptación del puerto RCP\_output DC-500MHz.

## 6. Ganancia de los canales

Para medir la ganancia de los canales, se han realizado multitud de medidas para los distintos valores de frecuencias y potencias de la señal a la entrada.

### 6.1 Canal LCP

Las tablas 2 y 3 recogen las mediciones de los niveles de potencia en dBm realizadas para las salidas DC-500MHz y DC-100MHz del canal LCP del módulo bajo estudio.

| Potencia (dBm) | 510 (MHz) | 550 (MHz) | 600 (MHz) | 650 (MHz) | 700 (MHz) | 750 (MHz) | 800 (MHz) | 850 (MHz) | 900 (MHz) | 950 (MHz) | 990 (MHz) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -40            | -14,17    | -15       | -14,5     | -15       | -14,5     | -14,33    | -14,67    | -14,17    | -12,5     | -16,33    | -19,67    |
| -37            | -11,17    | -12       | -11,83    | -12       | -11,83    | -11,33    | -11,83    | -11,33    | -11,83    | -13,5     | -17       |
| -34            | -8,17     | -9        | -8,83     | -9        | -8,83     | -8,67     | -8,83     | -8,33     | -8,83     | -10,5     | -14       |

|     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -31 | -5,17 | -6    | -5,83 | -6    | -5,67 | -5,67 | -5,83 | -5,33 | -5,83 | -7,5  | -11   |
| -28 | -2,17 | -3,17 | -2,83 | -3,17 | -2,67 | -2,67 | -2,83 | -2,33 | -2,83 | -4,5  | -8,17 |
| -25 | 0,5   | -0,17 | 0,17  | -0,17 | 0,33  | 0,67  | 0,17  | 0,67  | 0,17  | -1,5  | -5,17 |
| -22 | 3,5   | 2,83  | 3,17  | 2,83  | 3,33  | 3,5   | 3,17  | 3,67  | 3,17  | 1,5   | -2,17 |
| -19 | 6,5   | 6     | 6,17  | 5,83  | 6,17  | 6,67  | 6,17  | 6,5   | 6,17  | 4,5   | 0,83  |
| -16 | 9,57  | 8,83  | 9,17  | 9     | 9,17  | 9,33  | 9,17  | 9,33  | 9     | 7,33  | 3,67  |
| -13 | 12,17 | 11,5  | 11,83 | 11,83 | 11,5  | 12    | 11,67 | 11,67 | 11,33 | 10    | 6,5   |
| -10 | 13,83 | 13,5  | 13,67 | 13,83 | 13    | 13,17 | 13,67 | 13,17 | 12,5  | 11,83 | 8,5   |
| -7  | 15    | 14,67 | 14,83 | 15    | 14,17 | 14    | 14,5  | 13,67 | 12,83 | 12,67 | 9,5   |
| -4  | 15,67 | 15,5  | 15,5  | 15,83 | 14,83 | 15,17 | 15    | 13,83 | 13    | 13    | 9,83  |
| -1  | 16    | 15,83 | 15,83 | 16,17 | 15    | 15,67 | 15,17 | 14    | 13    | 12,5  | 9     |

Tabla 2: Medida de potencias en el puerto DC-500MHz del canal LCP.

| Potencia (dBm) | 510 (MHz) | 550 (MHz) | 590 (MHz) | 600 (MHz) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -40            | -14,5     | -15,5     | -15,17    | -34       |
| -37            | -11,67    | -12,5     | -12,33    | -33       |
| -34            | -8,83     | -9,5      | -9,33     | -32       |
| -31            | -5,83     | -6,33     | -6,33     | -31       |
| -28            | -2,83     | -3,33     | -3,33     | -29       |
| -25            | 0,33      | -0,33     | -0,33     | -28       |
| -22            | 3,33      | 2,67      | 2,67      | -26,17    |
| -19            | 6,33      | 5,67      | 5,67      | -24       |
| -16            | 9,33      | 8,67      | 8,33      | -21,5     |

|     |       |       |       |        |
|-----|-------|-------|-------|--------|
| -13 | 12    | 11,33 | 11    | -19,5  |
| -10 | 13,67 | 13,17 | 13    | -18,17 |
| -7  | 14,67 | 14,17 | 14,33 | -17    |
| -4  | 15,5  | 15    | 15,17 | -16,67 |
| -1  | 15,83 | 15,33 | 15,5  | -16,5  |

Tabla 3: Medida de potencias en el puerto DC-100MHz del canal LCP.

A partir de las tablas anteriores se ha realizado una representación en la que para cada frecuencia se muestra una curva que representa el nivel de potencia a la salida respecto al nivel de potencia a la entrada del canal. Los resultados obtenidos para el canal de frecuencias entre DC y 500 MHz se muestran en la figura 16:

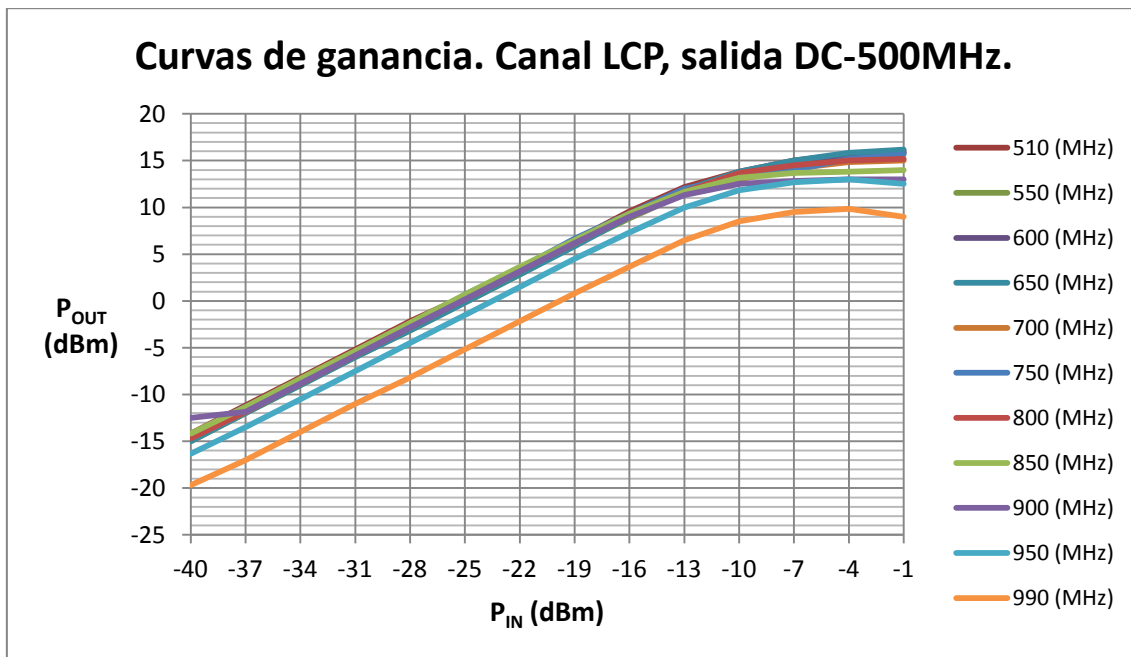


Figura 16: Curvas de ganancia del canal LCP.

Se puede apreciar que en su zona lineal, el módulo presenta una ganancia de unos 25 dB.

## 6.2 Canal RCP

Las tablas 4 y 5 recogen las mediciones de los niveles de potencia en dBm realizadas para las salidas DC-500MHz y DC-100MHz del canal LCP del módulo bajo estudio.

| Potencia (dBm) | 510 (MHz) | 550 (MHz) | 600 (MHz) | 650 (MHz) | 700 (MHz) | 750 (MHz) | 800 (MHz) | 850 (MHz) | 900 (MHz) | 950 (MHz) | 990 (MHz) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -40            | -14,5     | -15       | -15,67    | -16,33    | -15       | -14,67    | -14,83    | -14,33    | -14,67    | -16,17    | -19,67    |
| -37            | -11,5     | -12,17    | -12,83    | -13       | -12       | -12       | -12       | -11,33    | -11,67    | -13,33    | -17       |
| -34            | -8,5      | -9,17     | -9,67     | -10,33    | -9        | -9,17     | -9        | -8,5      | -8,67     | -10,33    | -14,33    |
| -31            | -5,5      | -6,17     | -7        | -7,33     | -6        | -6,17     | -6        | -5,33     | -5,67     | -7,33     | -11,33    |
| -28            | -2,5      | -3,17     | -4,33     | -4,33     | -3        | -3,17     | -3        | -2,33     | -2,67     | -4,33     | -8,33     |
| -25            | 0,5       | -0,17     | -0,83     | -1,17     | -0,17     | 0,17      | 0         | 0,5       | 0,17      | -1,33     | -5,5      |
| -22            | 3,33      | 2,83      | 2,17      | 1,67      | 2,83      | 3,33      | 3         | 3,5       | 3,17      | 1,67      | -2,5      |
| -19            | 6,33      | 5,83      | 5,17      | 4,33      | 5,83      | 6,17      | 6         | 6,5       | 6,17      | 4,67      | 0,5       |
| -16            | 9,33      | 8,67      | 8         | 7,5       | 8,83      | 9         | 9         | 9,33      | 9         | 7,33      | 3,5       |
| -13            | 12        | 11,33     | 10,67     | 11,33     | 11,33     | 11        | 11,33     | 11,5      | 11,33     | 10        | 6,33      |
| -10            | 13,83     | 13,33     | 12,67     | 13,67     | 13        | 13,17     | 13,17     | 12,67     | 12,33     | 11,83     | 8,17      |
| -7             | 15        | 14,67     | 14        | 15,17     | 14        | 14,17     | 14,33     | 13,33     | 12,67     | 12,5      | 9         |
| -4             | 15,5      | 15,33     | 14,67     | 16        | 14,67     | 15,33     | 15        | 13,83     | 13        | 12,67     | 8,83      |
| -1             | 15,83     | 15,67     | 14,83     | 16,33     | 15        | 16        | 15,17     | 14        | 13        | 12,33     | 8,17      |

Tabla 4: Medida de potencias en el puerto DC-500MHz del canal RCP.

| Potencia (dBm) | 510 (MHz) | 550 (MHz) | 590 (MHz) | 600 (MHz) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -40            | -14,5     | -15       | -15,33    | -35       |
| -37            | -11,5     | -12       | -12,33    | -34       |
| -34            | -8,5      | -9        | -9,5      | -33       |
| -31            | -5,5      | -6        | -6,5      | -32       |

|     |       |       |       |        |
|-----|-------|-------|-------|--------|
| -28 | 8,5   | -3,17 | -3,5  | -31    |
| -25 | 0,5   | 0     | -0,5  | -29,33 |
| -22 | 3,5   | 3     | 2,5   | -27,5  |
| -19 | 6,33  | 6     | 5,5   | -25,83 |
| -16 | 9,33  | 9     | 8,33  | -23,5  |
| -13 | 12    | 11,67 | 11    | -21,5  |
| -10 | 13,83 | 13,5  | 13    | -20,17 |
| -7  | 15    | 14,83 | 14,33 | -19,5  |
| -4  | 15,5  | 15,33 | 15    | -19    |
| -1  | 15,83 | 15,67 | 15,33 | 0,17   |

Tabla 5: Medida de potencias en el puerto DC-100MHz del canal RCP.

La figura 17 muestra las curvas de ganancia del canal RCP para las distintas frecuencias de la señal a la entrada.

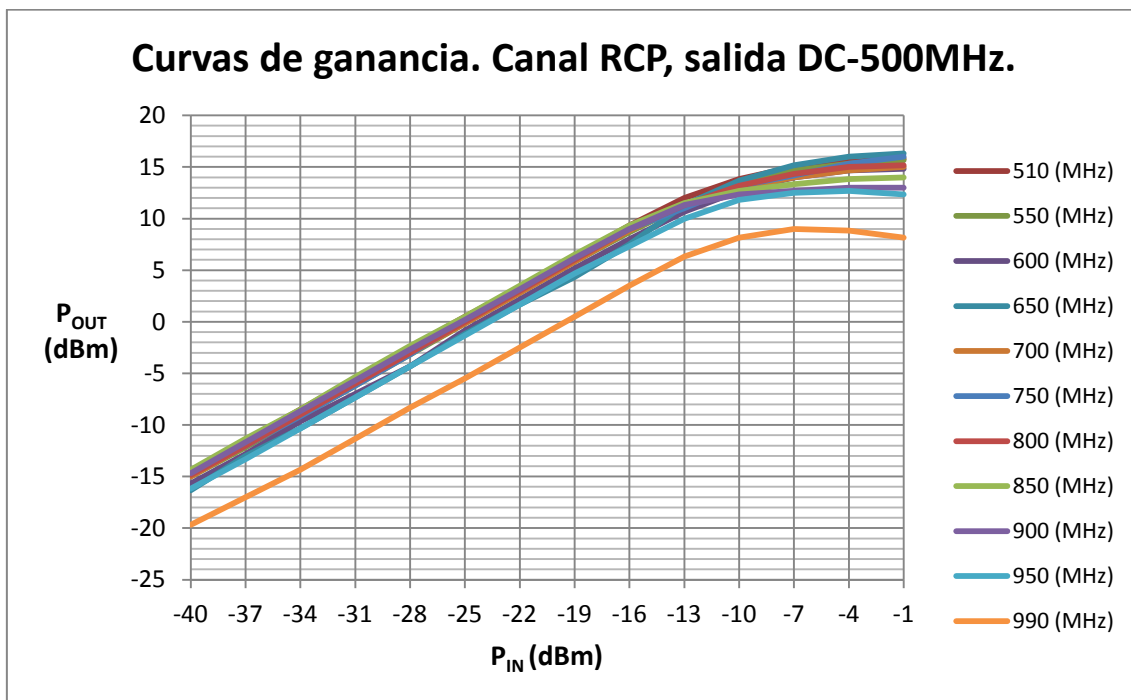


Figura 17: Curvas de ganancia del canal RCP.



Se puede apreciar que en la zona lineal del canal RCP, el módulo presenta una ganancia de unos 25 dB, similar a la que presentaba en el canal LCP.

## 7. Saturación del módulo

Para conocer el punto donde la ganancia del módulo bajo estudio deja de tener un comportamiento lineal, se define el punto de compresión a 1dB como el punto donde el nivel de potencia a la salida está 1dB por debajo del comportamiento lineal.

Según se ha mostrado en el apartado anterior, el módulo bajo estudio presenta distintas curvas de ganancia en función de la frecuencia de la señal de entrada. Para obtener el punto de compresión a 1dB, se ha considerado la curva más restrictiva de entre todas las que caen en la banda de trabajo pero que no se encuentran en los límites de dicha banda. Esa curva se corresponde con la frecuencia de 950MHz.

Las figuras 18 y 19 muestran el punto de compresión de los canales LCP y RCP respectivamente.

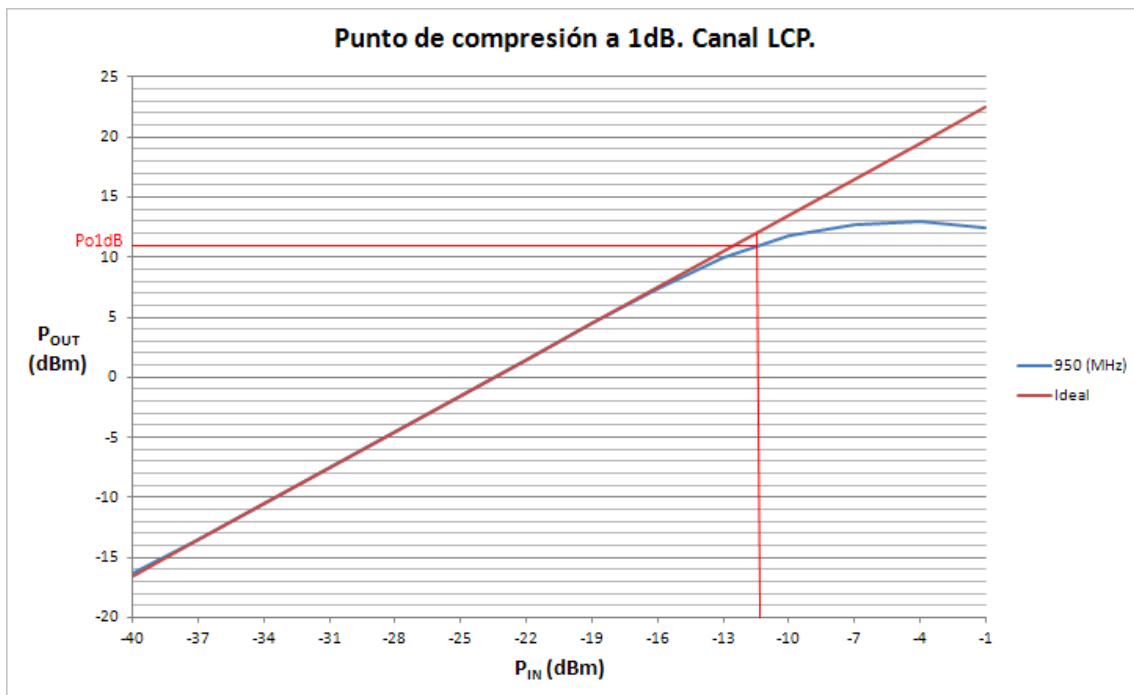


Figura 18:  $P_{o1dB}$  del canal LCP.

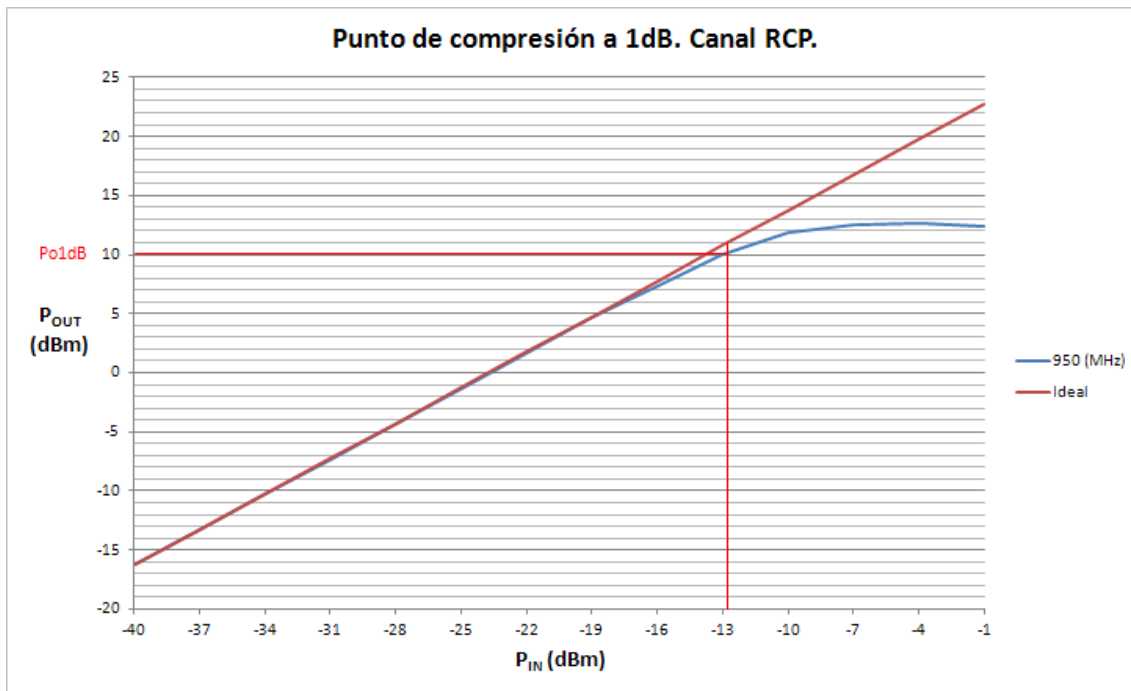


Figura 19: Po1dB del canal RCP.

Se tiene entonces que:

|              | Canal LCP | Canal RCP |
|--------------|-----------|-----------|
| <b>Po1dB</b> | 11 dBm    | 10 dBm    |

Tabla 6: Saturación de los canales

Por tanto, habrá que hacer trabajar al procesador de FI en unas condiciones de potencia de entrada tales que la potencia de salida guarde una distancia mínima de 5dB con respecto al Po1dB, ósea con una potencia de salida de 5dBm máximo. Dado que la ganancia vale 25dB, la máxima potencia de entrada será de -20dBm.

## 8. Instalación en el radiotelescopio.

Tras realizar la caracterización del módulo en adaptación y ganancia, se ha procedido a su instalación en la sala de back-ends del radiotelescopio de 40m del Centro Astronómico de Yebes.

Tal y como muestran las figuras 20 y 21, el preprocesador de FI se ha instalado en el mismo rack que el FFTS justo debajo del mismo.

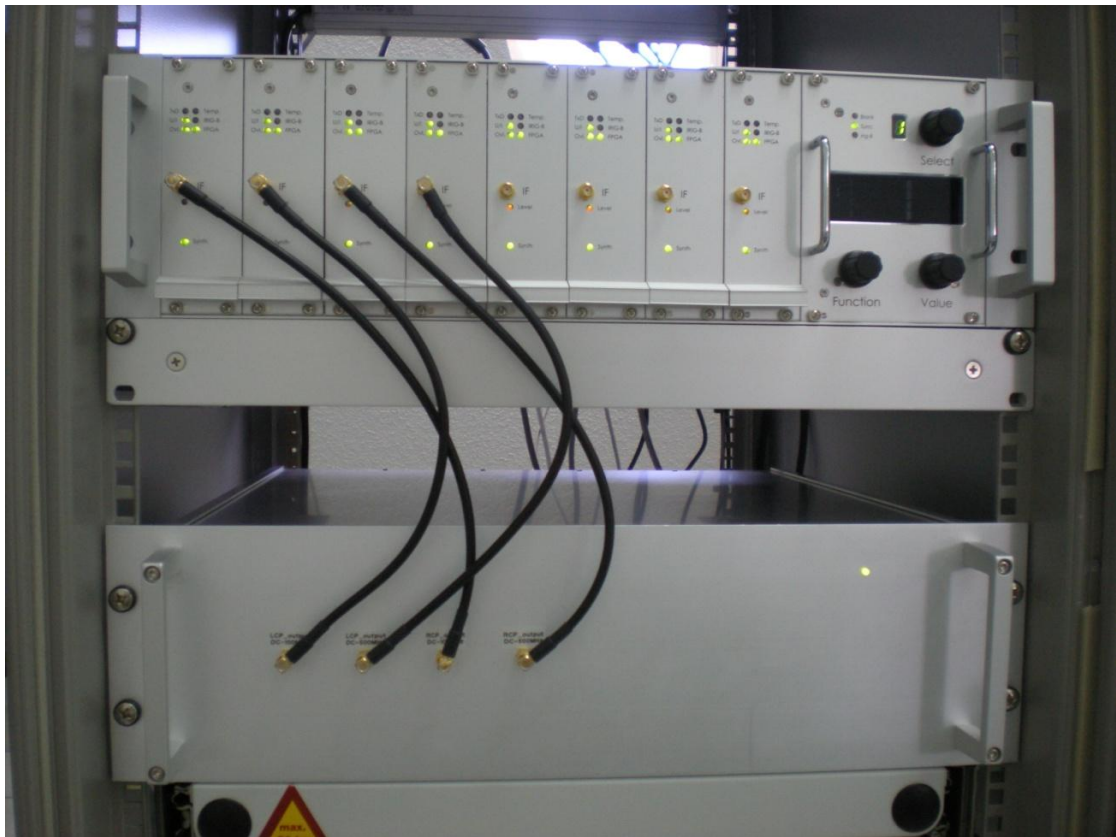


Figura 20: Vista frontal del preprocesador de FI instalado en la sala de back-ends.

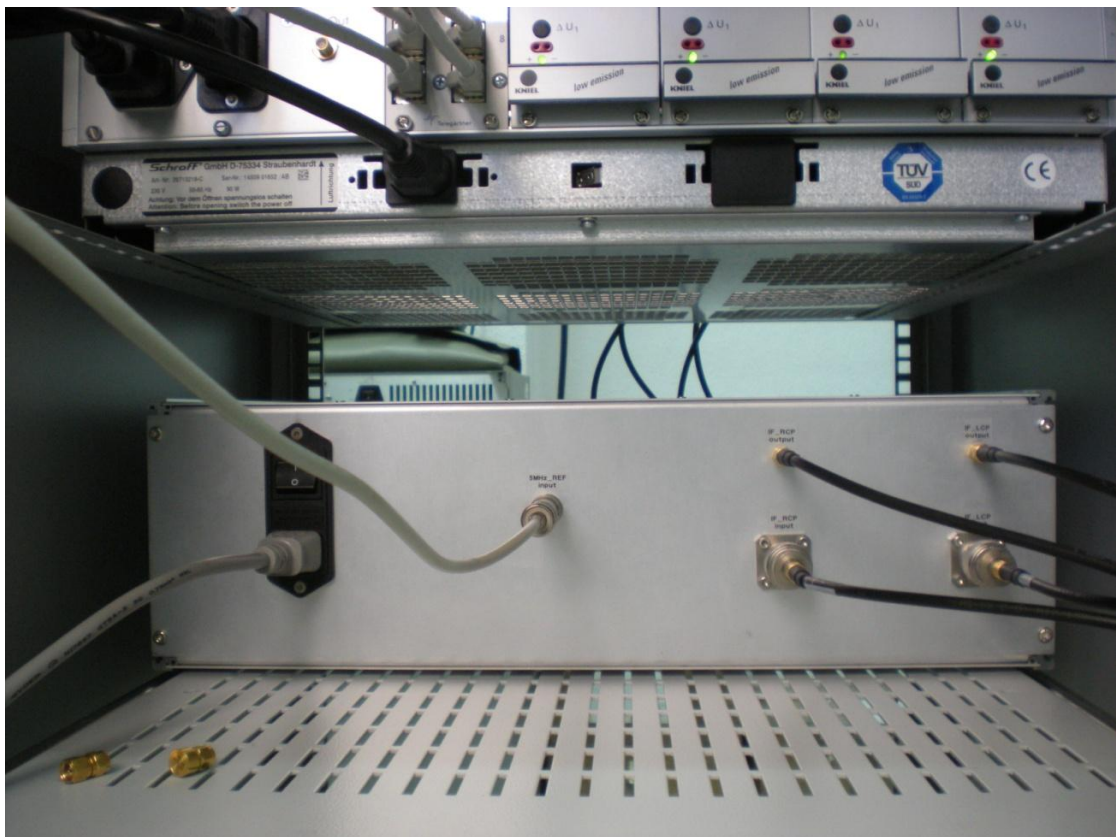


Figura 21: Vista trasera del preprocesador de FI instalado en la sala de back-ends.

## 9. Medidas del módulo en la sala de backends

Para estudiar el comportamiento del preprocesador de FI en la sala de backends, se ha empleado un generador de ruido que junto con un filtro paso banda entre 500 y 1000 MHz proporcionan una señal de características similares a una señal astronómica. La figura 22 muestra como se ha caracterizado la citada señal:

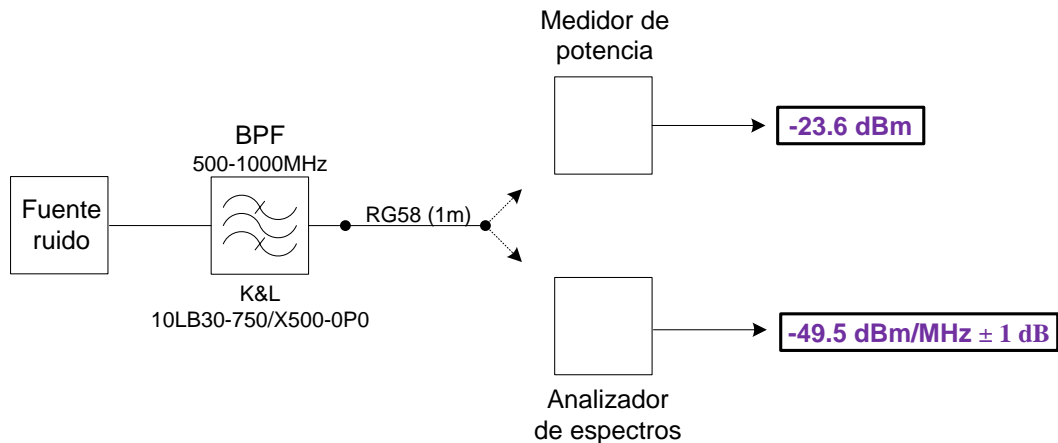


Figura 22: Caracterización de la señal inyectada.

Tras inyectar la señal en las entradas del preprocesador de FI, se ha procedido a tomar medida de los niveles de potencia en cada una de las salidas y a capturar los espectros obtenidos. El banco de pruebas para la realización de estas pruebas se representa en la figura 23.

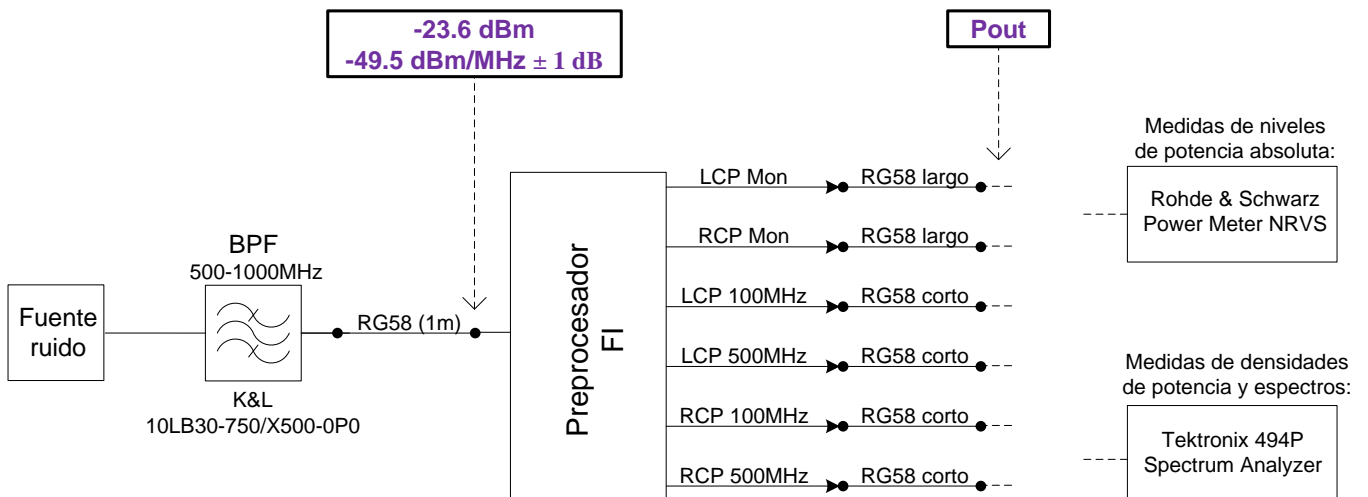


Figura 23: Banco de pruebas para las medidas del preprocesador FI en la sala de back-ends.

Los valores de potencia obtenidos a la salida de cada canal se recogen en la tabla 7.

| $P_{OUT}$     | Potencia absoluta<br>(dBm) | Densidad de potencia<br>(dBm/MHz) |
|---------------|----------------------------|-----------------------------------|
| LCP Mon       | -13.3                      | -39.7                             |
| RCP Mon       | -13.3                      | -40.1                             |
| LCP DC-100MHz | -5.3                       | -25.1                             |
| LCP DC-500MHz | 2.5                        | -26.1                             |
| RCP DC-100MHz | -5.2                       | -25.1                             |
| RCP DC-500MHz | 2.6                        | -25.1                             |

Tabla 7: Potencia en las salidas del módulo.

Para la comprensión de las medidas anteriores, es importante tener en cuenta las características de los cables que se han utilizado para conectar la salida del preprocesador FI con los dispositivos de medida. Se han empleado dos cables de distinta longitud, el más largo para las salidas de monitorización, y el más corto para las salidas del módulo. La tabla 8 recoge las pérdidas de ambos tipos de cable en función de la frecuencia. **Estas pérdidas ya han sido sumadas en las medidas de la tabla 7** por lo que dichas medidas están referidas a los puertos del módulo bajo estudio sin verse afectadas por los cables.

| PÉRDIDAS DE LOS CABLES       | 500 MHz | 750 MHz | 1000 MHz |
|------------------------------|---------|---------|----------|
| Cable largo (monitorización) | 1.3 dB  | 1.7 dB  | 2.1 dB   |
| Cable corto (salidas)        | 0.5 dB  | 0.6 dB  | 0.7 dB   |

Tabla 8: Pérdidas de los cables.

Las figuras 24 y 25 muestran el espectro de la señal de entrada para configuraciones del analizador de espectros de 10dB/div y 2dB/div respectivamente, con un ancho de banda de resolución de 1MHz en ambos casos.

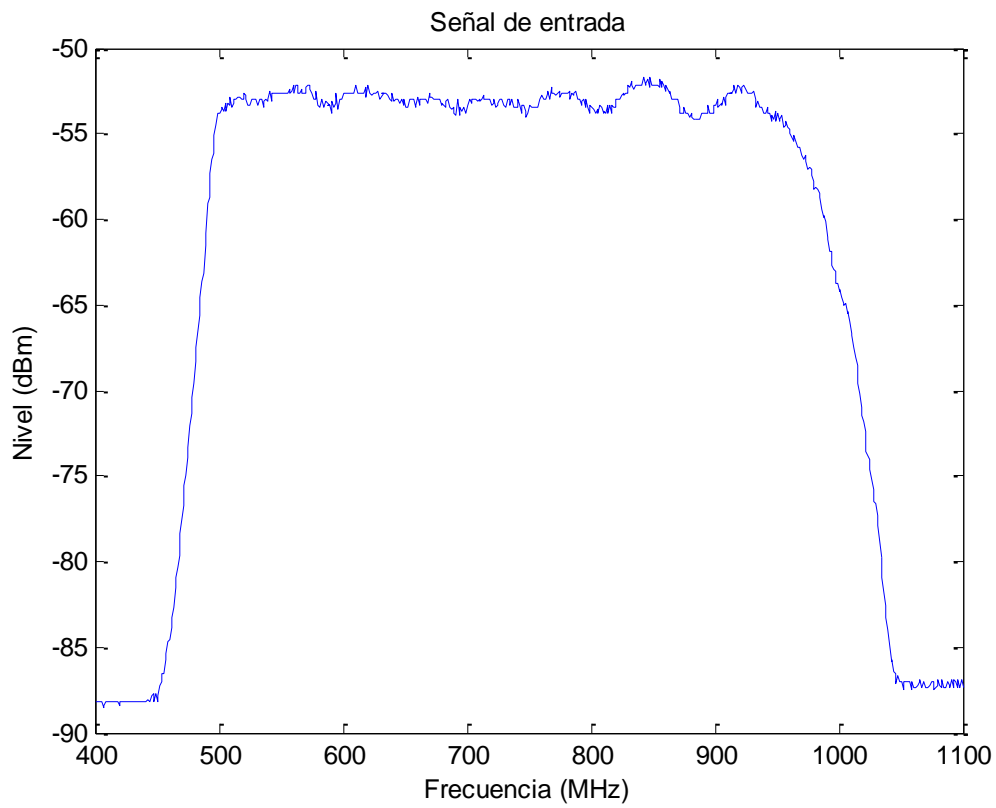


Figura 24: Señal de entrada para efectuar las medidas del módulo.

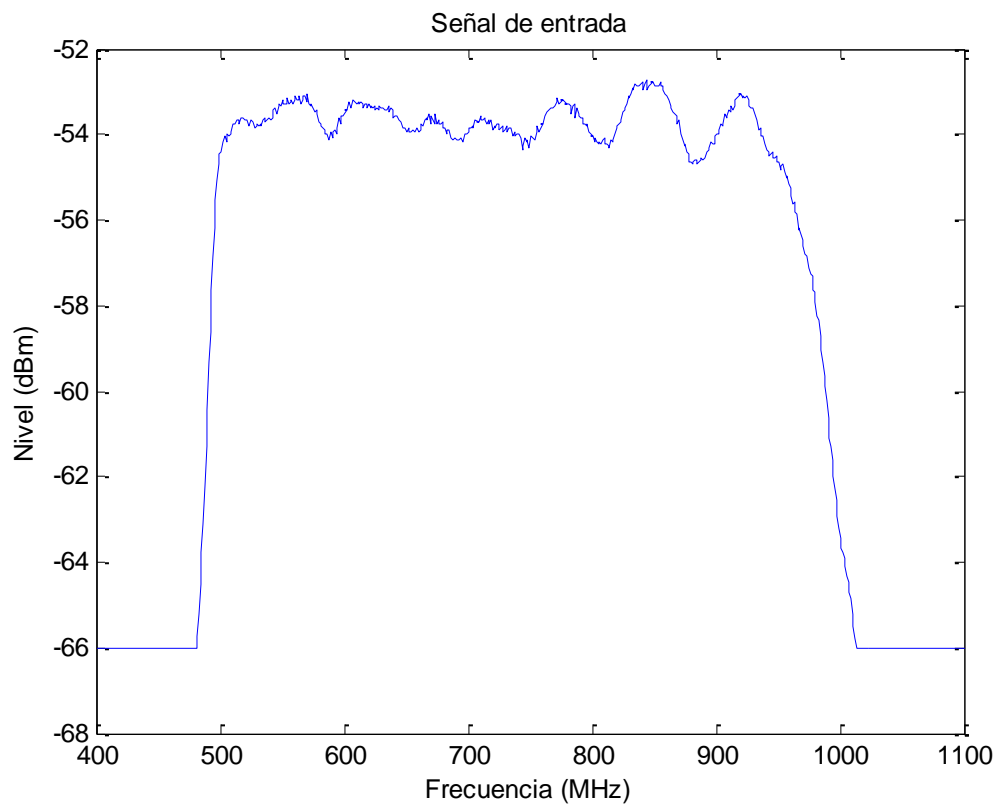


Figura 25: Zoom de la señal de entrada para efectuar las medidas del módulo.

Una vez caracterizada la señal de entrada, se ha procedido a la toma de medidas en cada uno de los puertos del preprocesador de FI.

La figura 26 muestra la medida del espectro obtenida en los canales de monitorización.

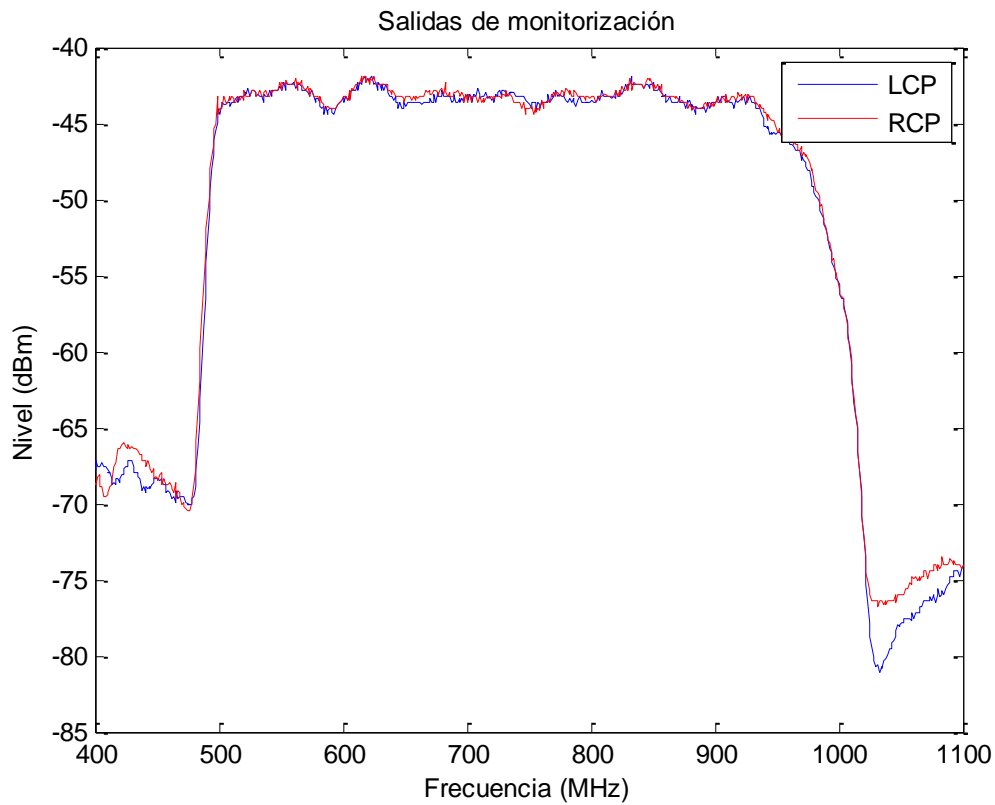


Figura 26: Medida sobre los canales de monitorización.

Las figuras de la 27 a la 30 muestran los espectros obtenidos a la salida de los distintos canales del módulo bajo estudio. Todos los espectros han sido tomados con dos escalas distintas en el analizador de espectros de 10dB/div y 2dB/div, con un ancho de banda de resolución de 1MHz en ambos casos.

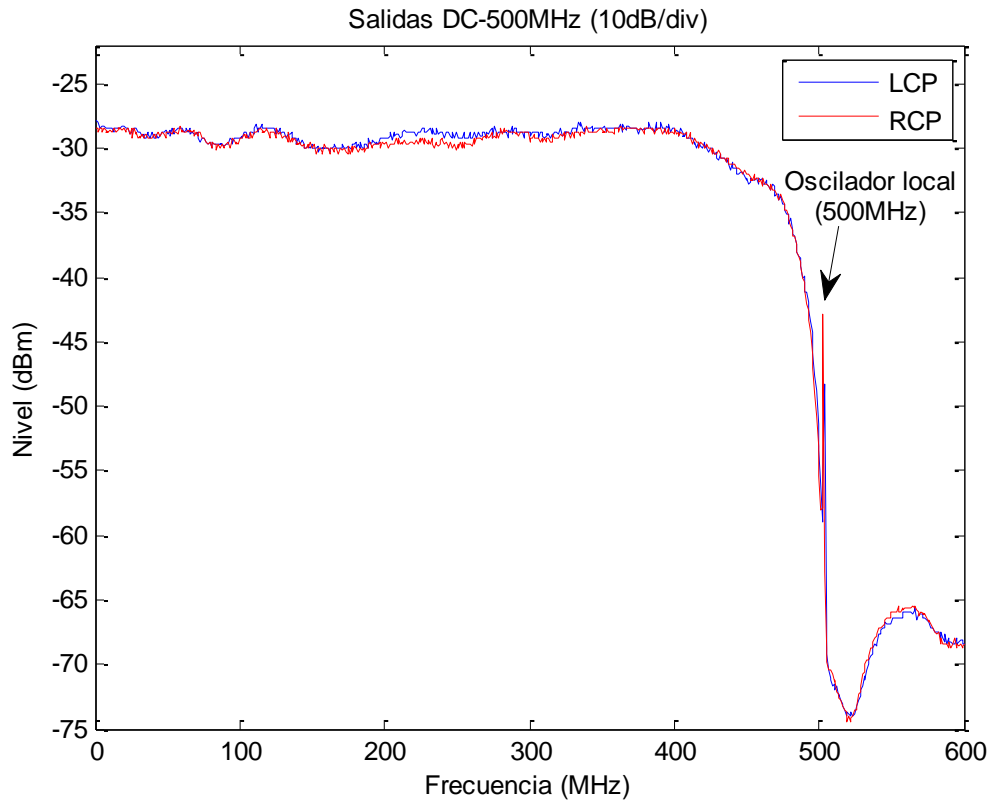


Figura 26: Medida sobre los canales DC-500MHz con 10dB/div.

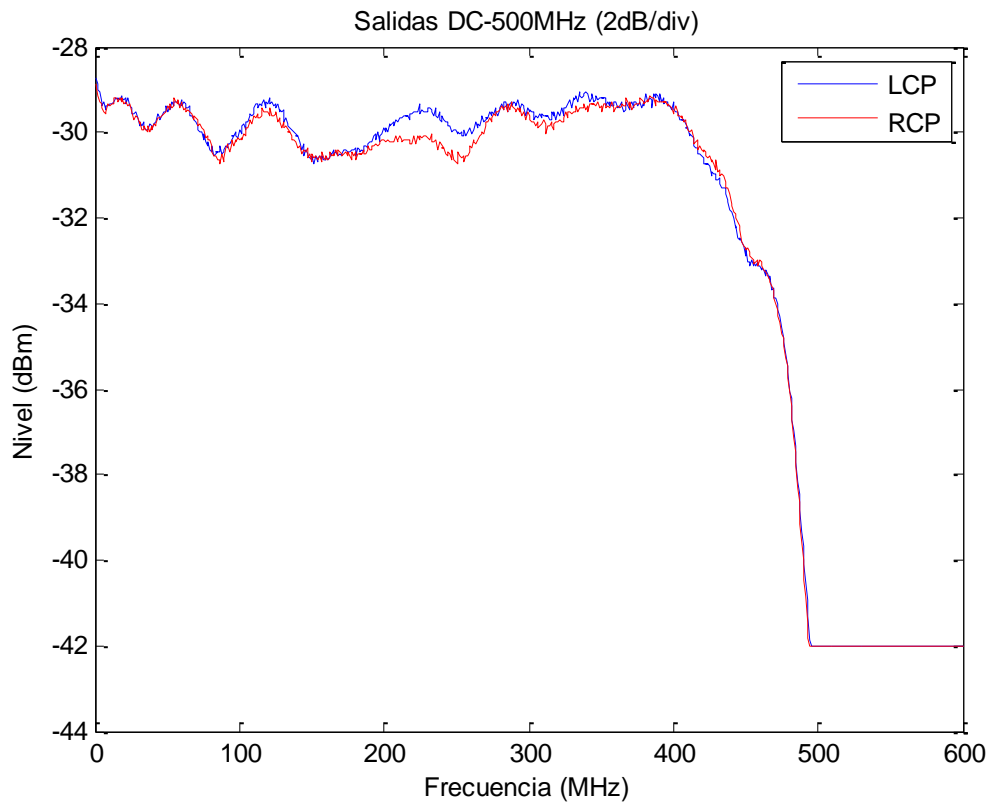


Figura 27: Medida sobre los canales DC-500MHz con 2dB/div.



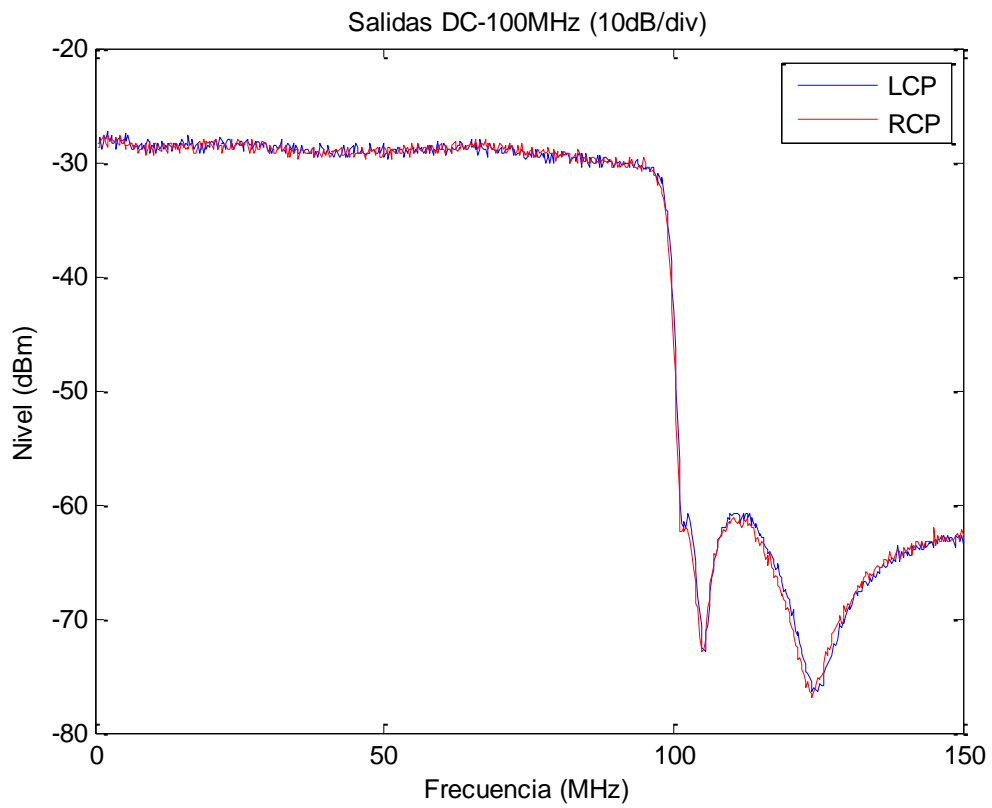


Figura 28: Medida sobre los canales DC-100MHz con 10dB/div.

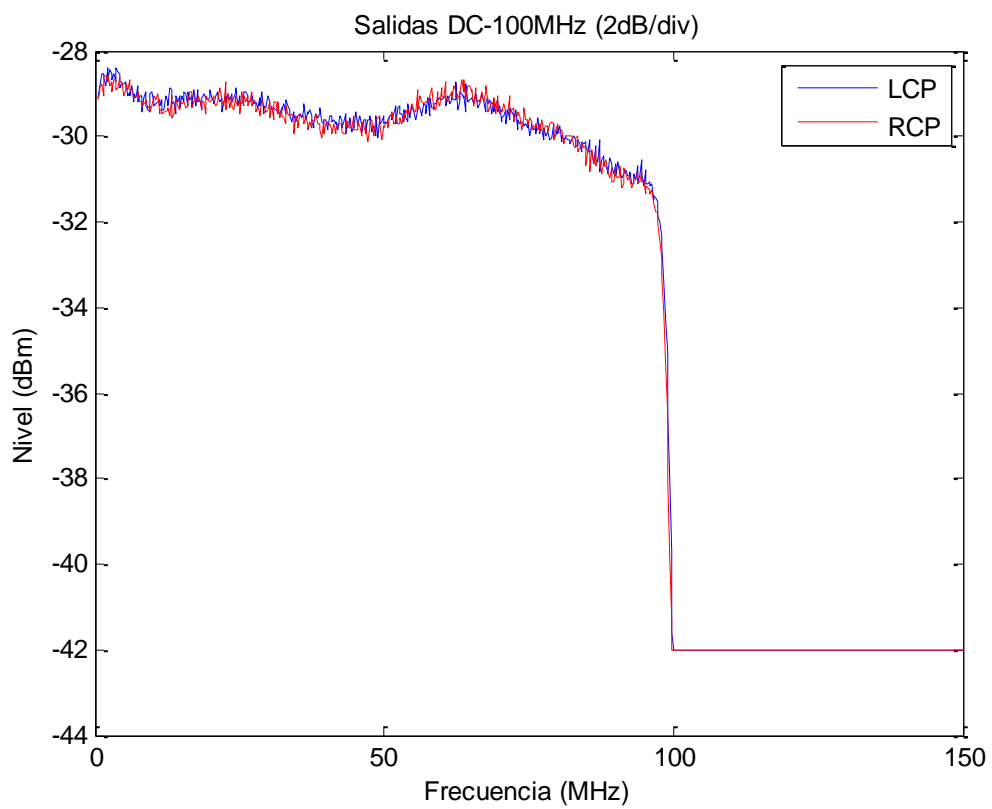


Figura 29: Medida sobre los canales DC-100MHz con 2dB/div.

## 10. Rango dinámico de potencias.

El espectrómetro de transformada rápida de Fourier para el que se ha diseñado el módulo bajo estudio, presenta un LED en cada placa que permite saber si la potencia que se está inyectando a la entrada es insuficiente o por el contrario excesiva.

Se han realizado unas pruebas para conocer el rango de potencias a la entrada del preprocesador de FI que permiten al espectrómetro trabajar en sus niveles de potencia óptimos. Para ello, se ha modificado la atenuación del generador de ruido y por consiguiente la potencia a la entrada del preprocesador, de forma que para cada tarjeta del FFTS se ha averiguado el nivel de potencia mínima necesaria a la entrada y el nivel en el cual el FFTS empieza a saturar.

La tabla 9 muestra los resultados obtenidos:

| <b>TARJETA 1 del FFTS (canal RCP 100MHz)</b> |   |
|--|---|
| <i>Atenuador: 15dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -20.6dBm (-46.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -2.3dBm (-22.1dBm/MHz)$  |
| <i>Atenuador: 25dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -30.6dBm (-56.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -12.3dBm (-32.2dBm/MHz)$ |
| <b>TARJETA 2 del FFTS (canal LCP 100MHz)</b> |   |
| <i>Atenuador: 15dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -20.6dBm (-46.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -2.2dBm (-22.1dBm/MHz)$  |
| <i>Atenuador: 25dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -30.6dBm (-56.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -12.2dBm (-32.1dBm/MHz)$ |
| <b>TARJETA 3 del FFTS (canal RCP 500MHz)</b> |   |
| <i>Atenuador: 22dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -27.6dBm (-53.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -1.5dBm (-30.1dBm/MHz)$  |
| <i>Atenuador: 31dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -36.6dBm (-62.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -9.5dBm (-39.1dBm/MHz)$  |
| <b>TARJETA 4 del FFTS (canal LCP 500MHz)</b> |   |
| <i>Atenuador: 22dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -27.6dBm (-53.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÁXIMA} = -1.4dBm (-29.1dBm/MHz)$  |
| <i>Atenuador: 32dB</i> ⇒                     | $P_{IN\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -37.6dBm (-63.5dBm/MHz)$<br>$P_{OUT\ PREPROCESADOR\ MÍNIMA} = -11.4dBm (-39.1dBm/MHz)$ |

Tabla 9: Estudio de niveles de potencias para el óptimo funcionamiento del FFTS.

Nota:  $P_{OUT\ PREPROCESADOR} = P_{IN\ FFTS}$

## 11. Conclusión

Se ha llevado a cabo el diseño, construcción y caracterización de un módulo procesador de frecuencia intermedia para adaptar el rango de frecuencia de las señales de los receptores del radiotelescopio de 40 metros, al rango de entrada del espectrómetro FFTS. Además, se realizó la instalación del mismo en la sala de *backends* del radiotelescopio.

Se puede afirmar que el módulo construido presenta buena adaptación tanto en sus puertos de entrada como de salida, con unas pérdidas de retorno mejores que 13 dB.

Por otro lado, se han extraído las curvas de ganancia del módulo, el cual presenta una ganancia de aproximadamente 25 dB en su zona lineal. No obstante, a esos 25 dB de ganancia habría que sumarles las pérdidas de inserción de la transición N m - SMA h empleada (Apéndice A), que son despreciables en el ancho de banda de funcionamiento. También se ha medido el punto de saturación a 1 dB de cada uno de los canales. El Po1dB del canal LCP se encuentra en torno a 11 dBm, mientras que el canal RCP tiene un Po1dB de unos 10 dBm.

Una vez instalado el módulo en la sala de back-ends, se ha analizado su comportamiento ante una señal de entrada generada con un generador de ruido blanco (AWGN). Los resultados obtenidos han sido completamente satisfactorios.

Finalmente, se ha caracterizado el rango de potencias que debe presentar el preprocesador de FI a su entrada para trabajar con unos niveles óptimos a la entrada del FFTS. Es muy importante respetar este rango de valores de potencia, que se recogen en la tabla 10 y que evitan la no detección de señal o la saturación del FFTS.

---

|  |   |
|--|---|
| <b>Canal RCP 100MHz</b><br><b>(Tarjeta 1 del</b><br><b>FTTS)</b> | $-30.6dBm (-56.5dBm/MHz) < P_{IN\ PREPROCESADOR} < -20.6dBm (-46.5dBm/MHz)$ |
| <b>Canal LCP 100MHz</b><br><b>(Tarjeta 2 del</b><br><b>FTTS)</b> | $-30.6dBm (-56.5dBm/MHz) < P_{IN\ PREPROCESADOR} < -20.6dBm (-46.5dBm/MHz)$ |
| <b>Canal RCP 500MHz</b><br><b>(Tarjeta 3 del</b><br><b>FTTS)</b> | $-36.6dBm (-62.5dBm/MHz) < P_{IN\ PREPROCESADOR} < -27.6dBm (-53.5dBm/MHz)$ |
| <b>Canal LCP 500MHz</b><br><b>(Tarjeta 4 del</b><br><b>FTTS)</b> | $-37.6dBm (-63.5dBm/MHz) < P_{IN\ PREPROCESADOR} < -27.6dBm (-53.5dBm/MHz)$ |

Tabla 9: Estudio de niveles de potencias para el óptimo funcionamiento del FFTS.

## APÉNDICE A: transición N m – SMA h

Para la realización de las medidas de adaptación de los puertos de entrada y de ganancia, ha sido necesario emplear una transición N macho – SMA hembra.

La figura 15 muestra el parámetro S11 de dicha transición. Se puede observar que la transición empleada presenta una adaptación bastante mejor a la de los puertos de entrada del módulo bajo estudio, por tanto su utilización no entorpece la medida realizada sobre el módulo.

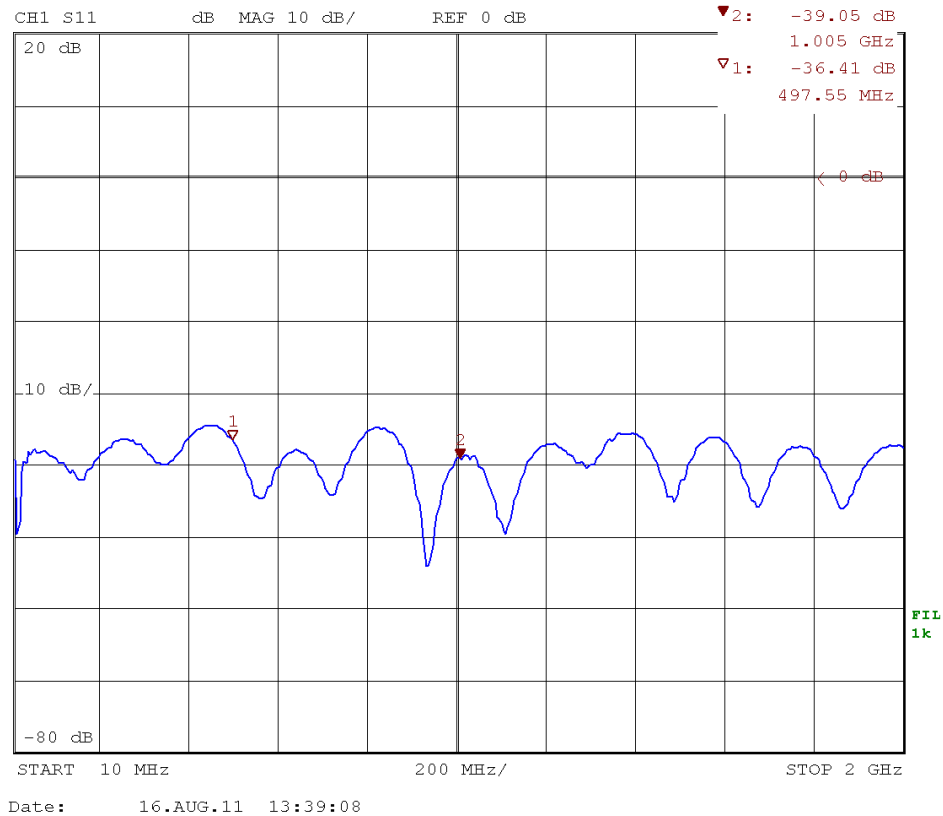
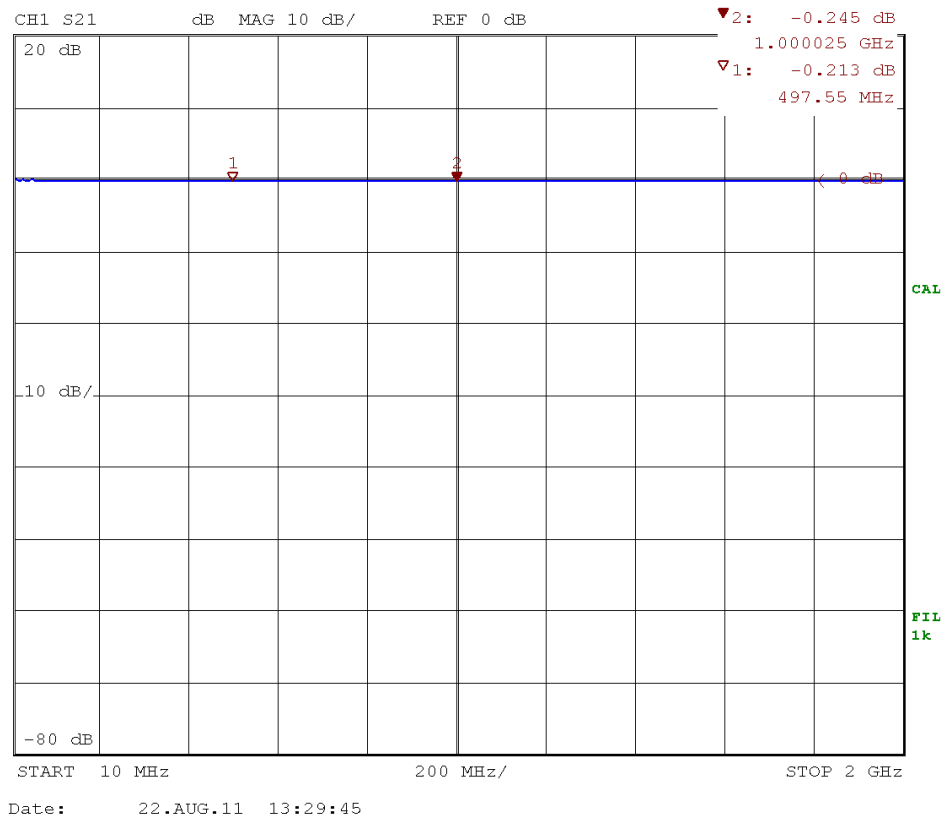


Figura 15: Adaptación de la transición N macho – SMA hembra.

Para medir las pérdidas de inserción de la transición N macho – SMA hembra, ha sido necesario emplear otra transición N hembra – SMA macho. La figura 16 muestra las pérdidas de inserción conjuntas de ambas transiciones.



Se observa que en la banda de interés existen unas pérdidas de inserción de aproximadamente 0.24dB. Si consideramos que ambas transiciones presentan unas pérdidas de inserción muy parecidas, llegamos a la conclusión de que la transición N macho – SMA hembra empleada para las medidas realizadas sobre el módulo introduce unas pérdidas de inserción de unos 0.12dB.