

**NUEVA CALIBRACION DEL RECEPTOR
BANDA X**

José Antonio López Fernández, Alberto Barcia,
José Antonio Abad

Informe Técnico CAY 1999-1

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

Se ha substituido el amplificador de banda X existente en el criostato por otro realizado en su totalidad en el CAY. Este nuevo amplificador presenta tres mejoras notables con respecto al anterior: menor temperatura de ruido, mayor ganancia y mayor fiabilidad.

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan las medidas de ganancia y ruido de los amplificadores empleados con anterioridad en el receptor en banda X (Xamp1 y Xamp3) y del nuevo amplificador YXV004, respectivamente. Estas medidas han sido efectuadas en los laboratorios del CAY. Las tablas I y II resumen las características principales de los tres. El amplificador Xamp3 es el que se encontraba en el criostato antes de ser substituido por YXV004. El amplificador Xamp1 fue el primero en emplearse en el receptor y posteriormente fue cambiado por Xamp3. Las medidas reseñadas en el informe técnico CAY 1994-6 corresponden a Xamp1. Las medidas que se muestran en el informe técnico CAY 1996-13 corresponden a Xamp3.

Amplificador	Gmedia, dB (8.2-8.6 GHz)	Tmedia, K (8.2-8.6 GHz)	ΔG , dB (8.2-8.6 GHz)	Leds
Xamp1	28.01	13.47	2.0	ON
Xamp3	30.8	12.72	0.5	ON
YXV004	35.73	5.75	0.5	ON

Tabla I: Ganancia y temperatura de ruido medias de los amplificadores en la banda 8.2-8.6 GHz.

En el centro de la banda, 8.4 GHz, las medidas fueron:

Amplificador	G, dB	T, K
Xamp1	28.99	13.41
Xamp3	31.08	12.84
YXV004	35.63	5.69

Tabla II: Ganancia y temperatura de ruido de los amplificadores a la frecuencia central 8.4 GHz.

La polarización de las diferentes etapas de los amplificadores se indica en la tabla siguiente:

Amplificador	1ª etapa	2ª etapa	3ª etapa	Leds
Xamp1	Vd=3 Id=5	Vd=3 Id=5	Vd=3 Id=5	ON
Xamp3	Vd=3 Id=5	Vd=3 Id=5	Vd=3 Id=5	ON
YXV004 ¹	Vd=0.5 Id=2	Vd=2 Id=5	Vd=2 Id=5	ON

Tabla III: Polarización de las etapas de los amplificadores.

¹ YXV004 tiene un transistor InP en su primera etapa. Las otras dos, así como todas las etapas de Xamp1 y Xamp3 son de AsGa.

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

A continuación se exponen las medidas de calibración de ganancia y de ruido del receptor en banda X con el nuevo amplificador YXV004. Estas medidas se comparan con las realizadas previamente cuando el amplificador empleado era el Xamp3.

I.-Medidas de ganancia

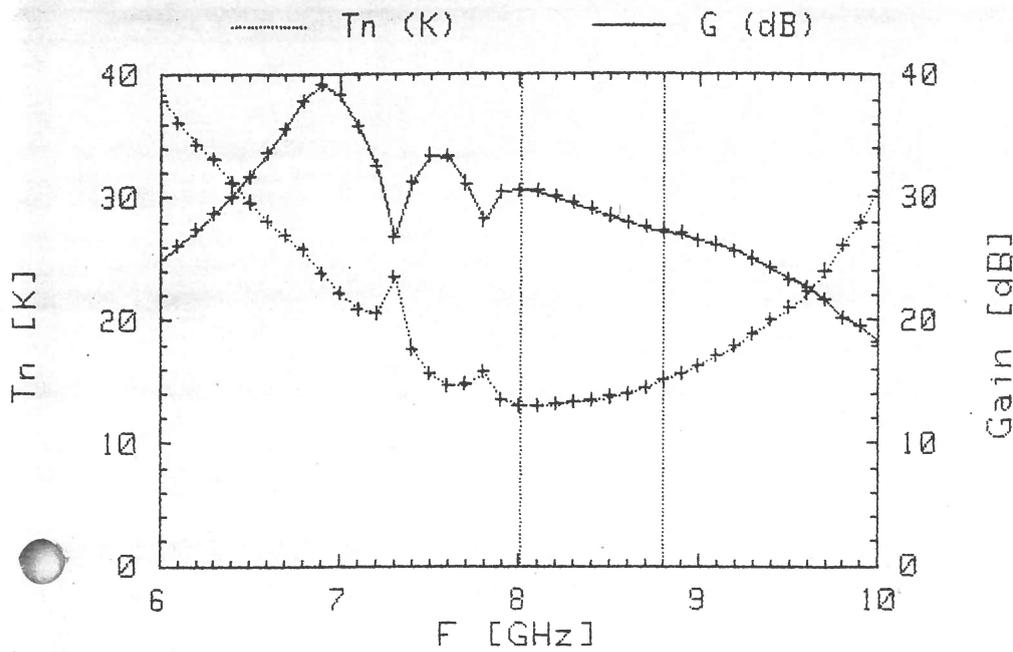
En las figuras 4 y 5 se presentan dos medidas realizadas a la salida IF OUTPUT del distribuidor de FI del DAR. En la figura 4 la antena se encontraba a 6 grados de elevación mientras que en la figura 5 estaba a 45 grados. En ambos casos la configuración de la frecuencia intermedia ha sido modificada debido a que el amplificador YXV004 presenta mayor ganancia que el Xamp3. La diferencia media entre ambas ganancias es de 4.9 dB, mientras que a frecuencia central 8.4 GHz es de 4.5 dB.

En particular, en la frecuencia intermedia se han efectuado dos modificaciones. En primer lugar se ha cambiado el atenuador opcional de 10 dB de la frecuencia intermedia del receptor por otro de 20 dB, con ello se evitaba saturar la última etapa de esta frecuencia intermedia. En segundo lugar se ha retirado el atenuador de entrada de 6 dB del DAR para que el nivel de potencia a la entrada de los detectores sea el adecuado para realizar observaciones de VLBI, ≈ -59 dBm/MHz. Con estas modificaciones el nuevo sistema debe presentar un incremento de ganancia de 0.5 dB a la frecuencia central 750 MHz con respecto a las medidas mostradas en el informe técnico CAY 1996-13. Aquella medida se muestra en la figura 6.

Como la ganancia es igual de plana en ambos amplificadores no se observa mejoría alguna entre ambas figuras.

El nuevo amplificador ha sido sometido a pruebas rigurosas de fiabilidad. Con ello se prevé su funcionamiento correcto soportando ciclos térmicos y temperaturas criogénicas. Es pues un amplificador adecuado para su instalación en el receptor S/X cuya accesibilidad es difícil.

FIGURA 1



NOISE AND GAIN MEASUREMENT PROGRAM NOISEX

TIME 18:21:28 DATE : 3 Mar 1994 Tamb= 13.21K

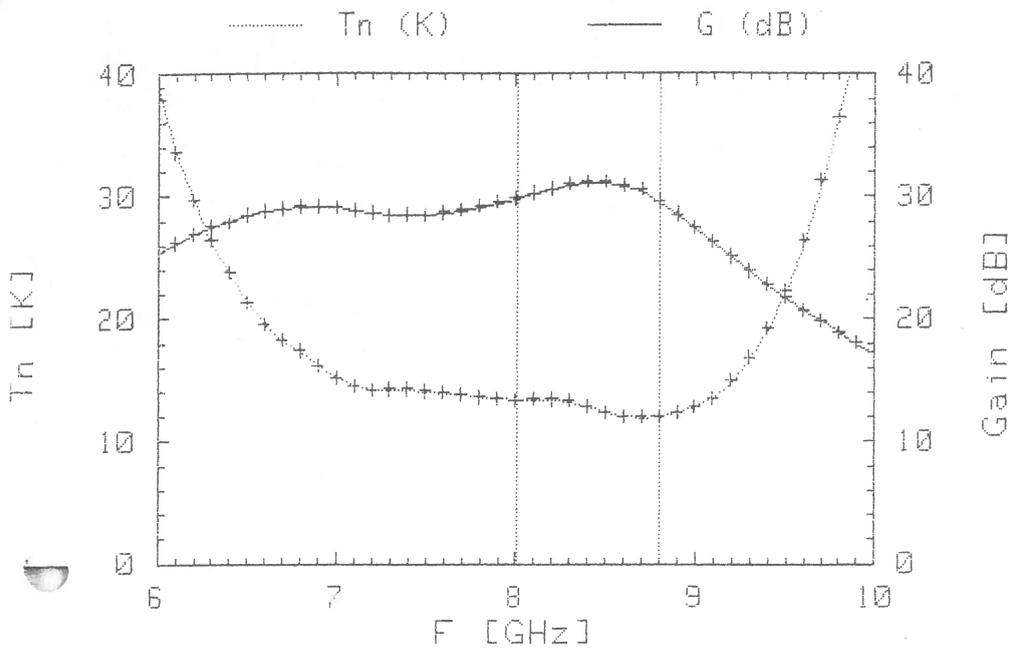
X1 (VD=3 ID=5 LED ON)

Tmin= 12.96 K @ F= 8.000 GHz. Tmean= 13.66
 GMIN= 27.13 dB GMAX= 30.49 dB
 Tcold= 13.20 K NdB Table= 4

F	Gdut	Tdut	IF	RF	NdB	TH	TC
6.000	24.90	38.29	-25	+0	-2.04	203.6	22.3
6.200	27.32	34.26	-25	+0	-2.02	204.5	22.3
6.400	29.99	31.16	-30	+0	-2.00	205.5	22.3
6.600	33.57	28.06	-35	+0	-1.97	206.4	22.3
6.800	37.86	25.70	-35	+0	-1.95	207.3	22.3
7.000	38.30	22.15	-30	-10	-1.93	208.3	22.3
7.200	32.45	20.52	-25	-10	-1.90	209.6	22.3
7.400	31.15	17.60	-20	-10	-1.87	210.9	22.3
7.600	33.21	14.63	-25	-10	-1.84	212.2	22.3
7.800	28.10	15.68	-30	+0	-1.81	213.5	22.3
8.000	30.49	12.96	-30	+0	-1.78	214.8	22.3
8.200	29.97	13.06	-30	+0	-1.76	215.9	22.3
8.400	28.99	13.41	-30	+0	-1.73	216.9	22.3
8.600	27.92	13.95	-30	+0	-1.71	218.0	22.3
8.800	27.13	15.15	-30	+0	-1.68	219.1	22.3
9.000	26.42	16.24	-30	+0	-1.66	220.2	22.3
9.200	25.61	17.84	-25	+0	-1.61	222.4	22.3
9.400	24.23	19.93	-25	+0	-1.56	224.6	22.3
9.600	22.63	22.21	-25	+0	-1.52	226.9	22.3
9.800	20.21	26.06	-30	+10	-1.47	229.1	22.3
10.000	18.25	30.51	-30	+10	-1.42	231.4	22.3

Polarización optimizada

FIGURA 2



NOISE AND GAIN MEASUREMENT PROGRAM NOISEX

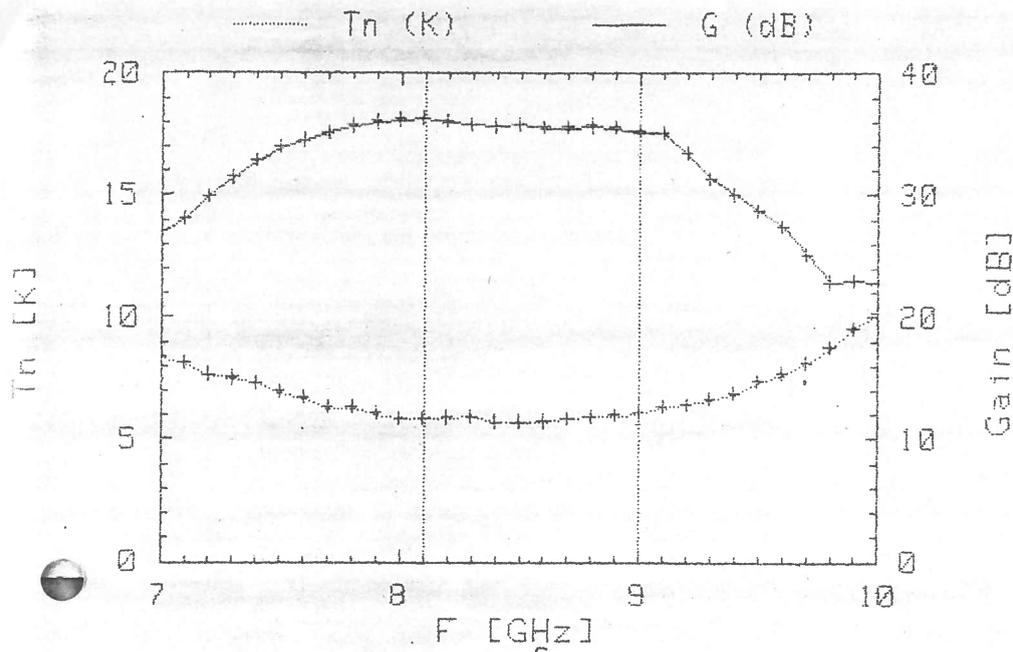
TIME 18:43:43 DATE : 7 Jul 1994 Tamb= 14.13K

ZAMP3 (VD1=2 ID1=4 LED ON) $V_{D2}=V_{D3}=3$ $I_{D2}=I_{D3}=5$

Tmin= 11.93 K @ F= 8.700 GHz. Tmean= 12.71
 GMIN= 29.43 dB GMAX= 31.09 dB
 Teold= 14.12 K NdB Table= 4

F	Gdut	Tdut	IF	RF	NdB	TH	TC
6.000	25.45	38.80	-25	+0	-2.04	204.5	23.2
6.200	26.92	29.65	-25	+0	-2.02	205.4	23.2
6.400	27.91	23.72	-25	+0	-2.00	206.3	23.2
6.600	28.75	19.56	-30	+0	-1.97	207.3	23.2
6.800	29.10	17.29	-30	+0	-1.95	208.2	23.2
7.000	29.05	15.10	-30	+0	-1.93	209.1	23.2
7.200	28.59	14.11	-30	+0	-1.90	210.4	23.2
7.400	28.43	14.19	-30	+0	-1.87	211.7	23.2
7.600	28.61	13.90	-30	+0	-1.84	213.0	23.2
7.800	29.15	13.53	-30	+0	-1.81	214.3	23.2
8.000	29.74	13.32	-30	+0	-1.78	215.7	23.2
8.200	30.56	13.36	-30	+0	-1.76	216.7	23.2
8.400	31.08	12.84	-30	+0	-1.73	217.8	23.2
8.600	30.79	11.98	-30	+0	-1.71	218.9	23.2
8.800	29.43	12.01	-30	+0	-1.68	220.0	23.2
9.000	27.35	12.79	-30	+0	-1.66	221.1	23.2
9.200	25.00	14.87	-25	+0	-1.61	223.3	23.2
9.400	22.76	19.15	-25	+0	-1.56	225.5	23.2
9.600	20.60	26.31	-25	+0	-1.52	227.7	23.2
9.800	18.87	36.44	-30	+10	-1.47	230.0	23.2
10.000	17.18	49.67	-30	+10	-1.42	232.3	23.2

FIGURA 3



NOISE AND GAIN MEASUREMENT PROGRAM NOISE_LOG2

TIME 17:23:59 DATE : 13 Nov 1998 Tamb= 13.96K

YXV004 1098

(.5 3 .01) (2 4.98 -.16) (2.01 5 -.12) (0 .02 12.4) 5.86

Tmin= 5.69 K @ F= 8.400 GHz. Tmean= 5.85
 GMIN= 35.19 dB GMAX= 36.29 dB
 Tcold= 13.95 K NdB Table= 5

F	Gdut	Tdut	IF	RF	NdB	TH	TC
7.000	27.03	8.32	-25	+0	-1.97	206.6	22.3
7.100	28.03	8.10	-25	+0	-1.96	207.2	22.3
7.200	29.88	7.66	-30	+0	-1.94	207.8	22.3
7.300	31.38	7.50	-30	+0	-1.93	208.5	22.3
7.400	32.76	7.32	-30	+0	-1.91	209.1	22.3
7.500	33.87	6.94	-35	+0	-1.90	209.7	22.3
7.600	34.49	6.70	-35	+0	-1.88	210.4	22.3
7.700	35.10	6.30	-25	-10	-1.86	211.0	22.3
7.800	35.64	6.28	-25	-10	-1.85	211.7	22.3
7.900	35.99	6.05	-25	-10	-1.83	212.3	22.2
8.000	36.14	5.82	-25	-10	-1.82	213.0	22.2
8.100	36.29	5.83	-25	-10	-1.80	213.7	22.2
8.200	36.04	5.86	-25	-10	-1.79	214.3	22.2
8.300	35.74	5.90	-25	-10	-1.77	215.0	22.2
8.400	35.63	5.69	-25	-10	-1.76	215.7	22.2
8.500	35.74	5.69	-25	-10	-1.74	216.5	22.2
8.600	35.53	5.70	-25	-10	-1.72	217.2	22.2
8.700	35.50	5.82	-25	-10	-1.71	217.9	22.2
8.800	35.64	5.93	-25	-10	-1.69	218.6	22.2
8.900	35.54	5.97	-25	-10	-1.68	219.3	22.1
9.000	35.19	6.06	-25	-10	-1.66	220.0	22.1
9.100	35.13	6.28	-25	-10	-1.65	220.6	22.1

9.200	33.38	6.42	-25	-10	-1.63	221.3	22.1
9.300	31.34	6.61	-20	-10	-1.62	221.9	22.1
9.400	30.02	6.88	-30	+0	-1.60	222.5	22.1
9.500	28.69	7.36	-30	+0	-1.59	223.2	22.1
9.600	27.40	7.68	-30	+0	-1.58	223.8	22.1
9.700	25.12	8.14	-25	+0	-1.56	224.5	22.1
9.800	22.85	8.76	-25	+0	-1.55	225.1	22.1
9.900	22.98	9.53	-25	+0	-1.53	225.7	22.0
10.000	22.78	10.16	-25	+0	-1.52	226.4	22.0

FIGURA 4

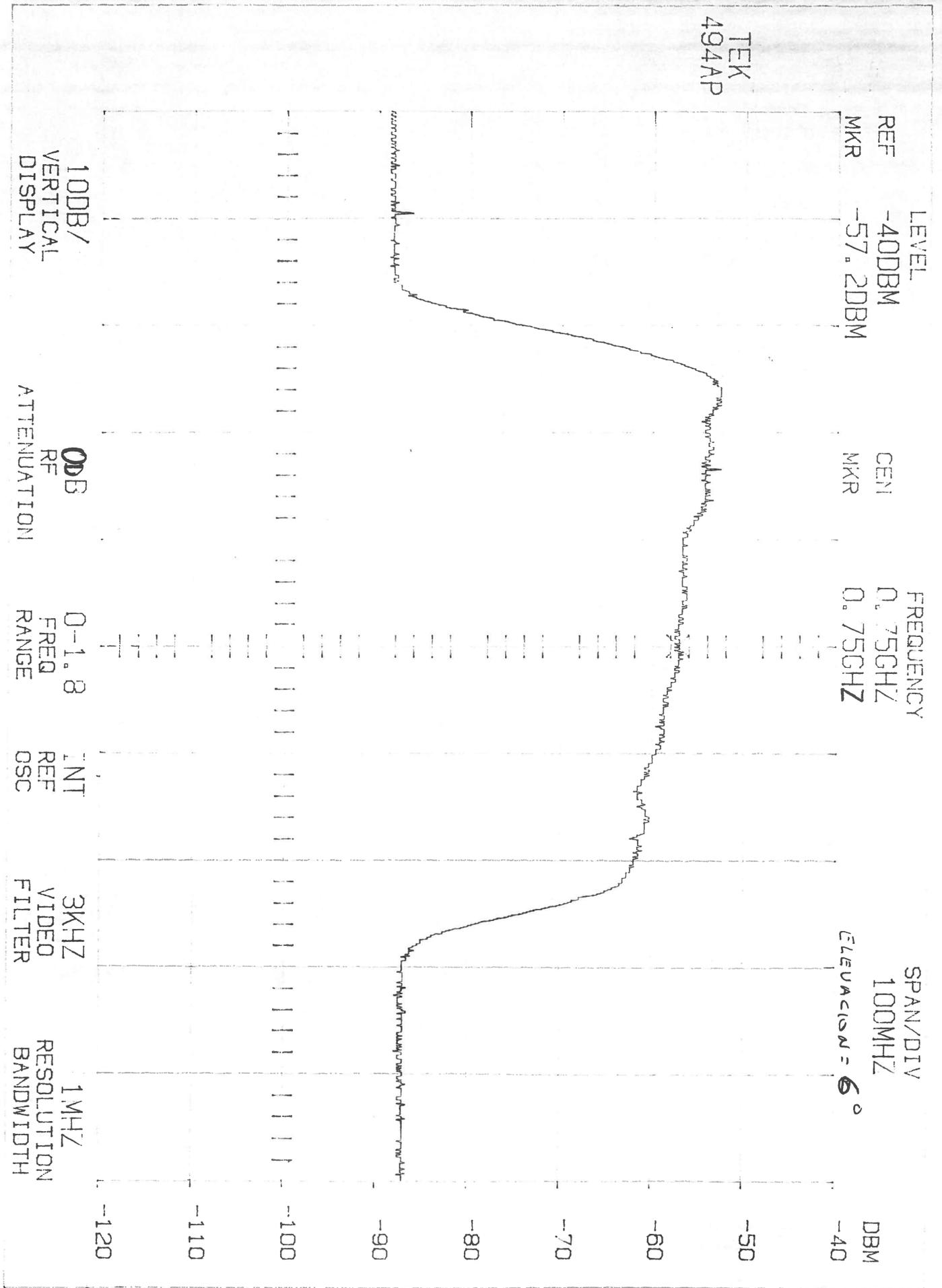
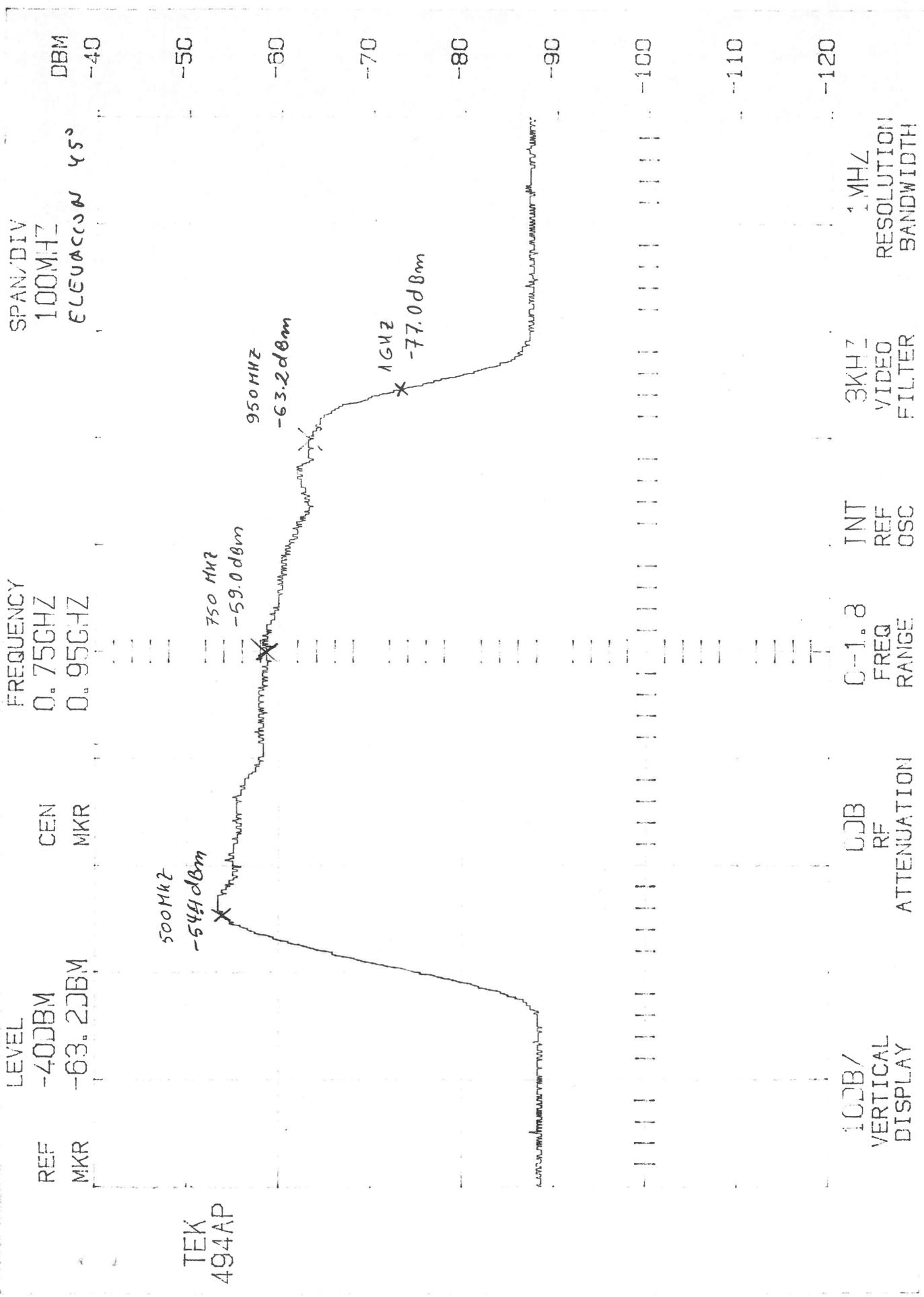


FIGURA 5



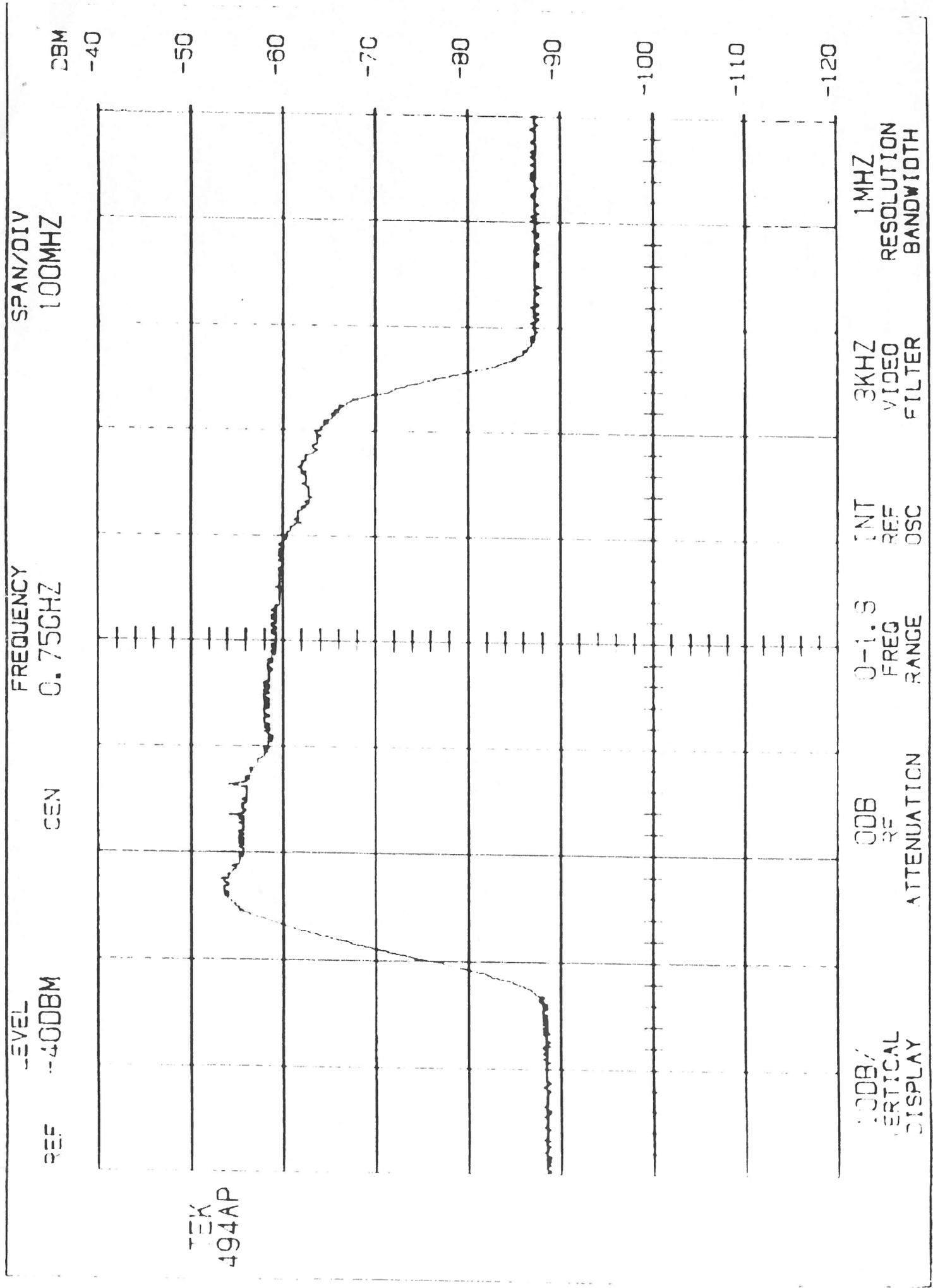


FIGURA 6

II.- Medidas de temperatura de ruido

II.1 Caracterización del sistema de medida.

Las medidas de la temperatura de ruido se realizaron utilizando el método del factor Y. Para ello se empleó absorbente de microondas AAP-1.5C de 30 dB de absorción en banda X y un recipiente de poliestireno expandido de 295x295x295 mm³ de volumen, figura 7. La pared del fondo es de 20 mm de grosor. El recipiente lo suministró IRAM (Grenoble).

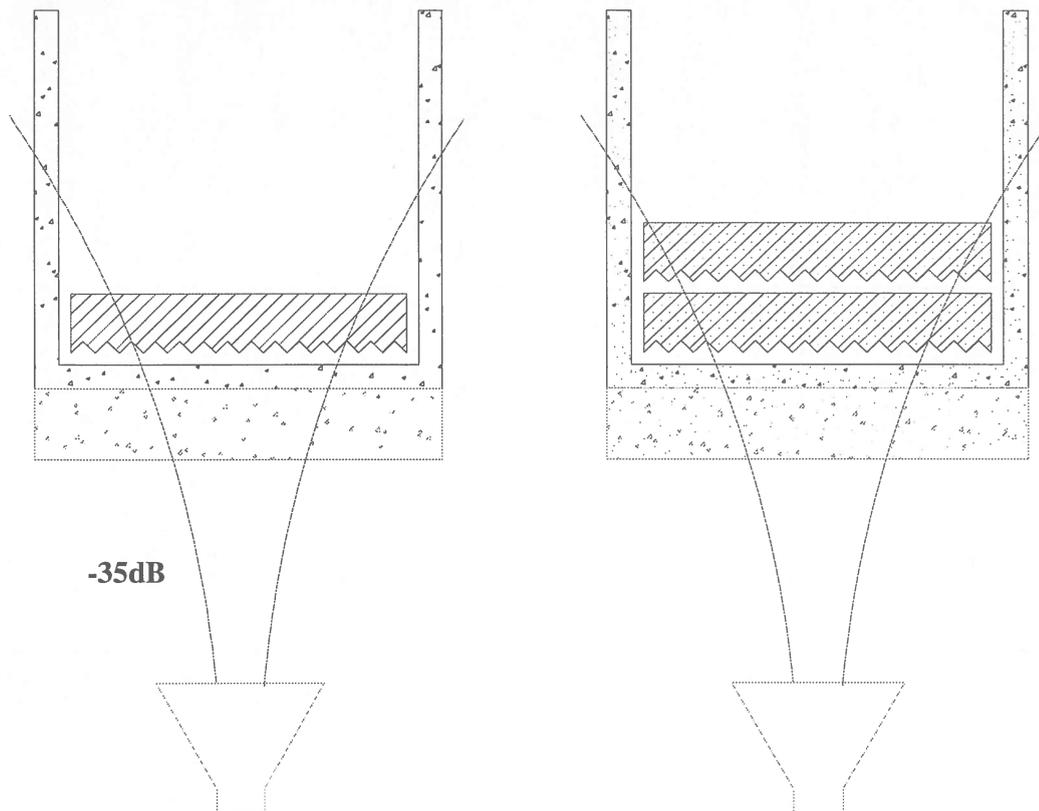


Figura 7: Carga fría empleada en la calibración de ruido del receptor.

Uno de los problemas asociados al empleo de nitrógeno líquido con este tipo de recipientes es la condensación de vapor de agua en sus paredes. La medida de ruido queda entonces falseada puesto que la temperatura que es vista por el receptor ya no es 77 K. Por ello, hemos puesto una plancha de poliestireno expandido del mismo tipo de 60 mm de espesor, la tapa del recipiente, en contacto con el fondo de la caja. Con ello se impide la renovación de aire y por lo tanto se evita la formación de una capa importante de humedad en esta superficie.

Otro de los problemas es la transparencia de la carga. En realidad la temperatura vista por la bocina cuando se presenta la carga fría no es 77K, la temperatura del nitrógeno. La temperatura real de la carga vista por la bocina dependerá de la atenuación del material absorbente y de la temperatura a la que se encuentre el material que se encuentra tras éste. Para verificar este punto se hicieron medidas de la temperatura de ruido del receptor

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

empleando cargas frías compuestas de una y dos láminas de absorbente. Sobre la carga fría se situó un absorbente para verificar la transparencia de la carga.

V_H, V	V_C, V	T_{amb}, K	T_{ruido}, K	Condiciones
8.23	3.404	16	72.5	Carga fría simple
8.23	3.510	16	80.6	+ absorbente detrás
8.23	3.424	16	74.0	Carga fría doble
8.23	3.424	16	74.0	+ absorbente detrás

Tabla IV: Efecto de la transparencia de la carga en las medidas de ruido. Las medidas se realizaron en día nublado con radomo mojado.

Como se observa, la carga fría con un absorbente no es lo suficientemente opaca y las medidas de la temperatura de ruido pueden quedar falseadas en un 10 %. Es pues necesario emplear dos hojas de este material absorbente para que las medidas sean correctas.

Otro de los problemas es la dimensión del recipiente. Para que la medida sea consistente, el diámetro inscrito en él debe ser de al menos cuatro veces el waist del haz radiado por la antena, 35 dB respecto al máximo de radiación. Con ello nos aseguramos que el haz de la antena "ve" efectivamente un absorbente a 77K. Por consiguiente, para una bocina y un recipiente dados existe una distancia máxima entre el centro de fases de la bocina y el absorbente para que la medida sea correcta.

Teniendo en cuenta que el beam waist de la bocina en banda X es, $\omega(z)=0.9\lambda=32.1\text{mm}$, podríamos situar el recipiente de poliestireno de manera que la distancia entre el absorbente y la apertura de la bocina fuera de 200 milímetros. Como con la configuración elegida el absorbente queda a 80 milímetros del fondo del recipiente, existe un margen suficiente para separar el recipiente de poliestireno de la apertura de la bocina. Esto es 120 mm. Nosotros optamos por poner el fondo del recipiente muy cerca de la apertura aunque sin tocarse. Esto es así para evitar que la lámina de plástico que cubre la apertura de la bocina adquiriera una temperatura inferior a la del ambiente.

Previamente a la realización de las medidas de ruido se realizaron pruebas de aptitud del sistema de medida. En primer lugar se probó la atenuación del poliestireno. Esta prueba consistió en medir la potencia total a la salida del sistema cuando la bocina mira el cielo intercalando diferentes grosores de este material. De esta manera se hicieron medidas con 2, 8 y 14 cm de poliestireno. No se encontró variación significativa entre ellas.

En segundo lugar, para establecer si el poliestireno es o no un material de baja reflectividad se hizo la prueba siguiente, figura 8. A un lado de la bocina se situó una placa de absorbente AAP-1.5C vertical de manera que no interfiriese el haz de ésta. Frente a la bocina se situó una plancha de metal a 45 grados. Con ello se verificaba que la bocina lograba ver buena parte de esta carga a temperatura ambiente. Posteriormente se substituyó esta plancha de aluminio por una placa de poliestireno expandido. Se observaba una ligera variación entre la potencia obtenida por este método y la que se recibía directamente desde el cielo. Se consideró que la reflectividad del poliestireno era suficientemente baja para no falsear las medidas de ruido.

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

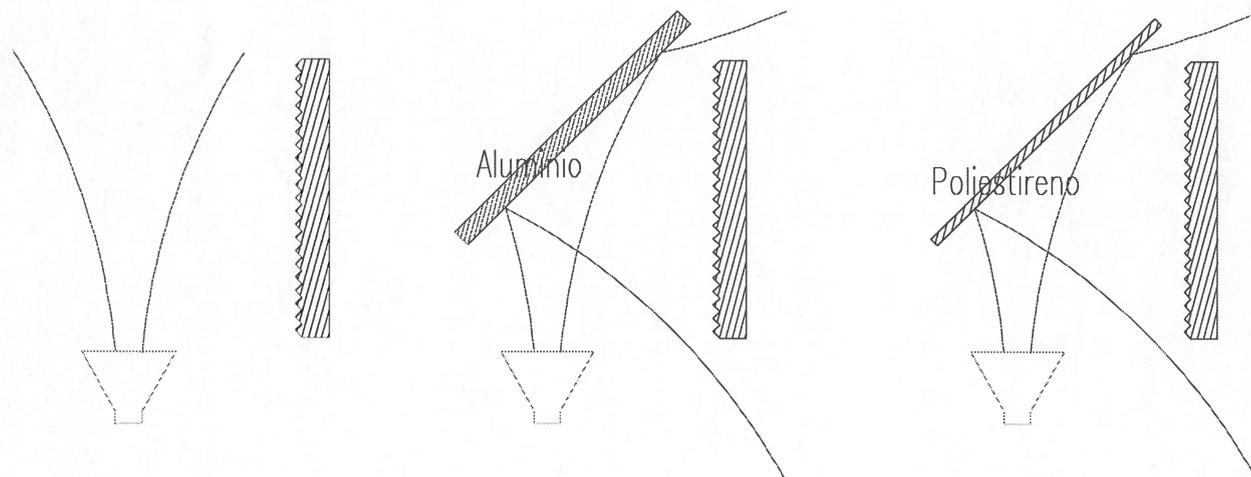


Figura 8: Test de reflectividad del poliestireno.

Reflector	V_{abs}, V	V_{ciel}, V con absorbente vertical
Aluminio	7.8	2.206
Poliestireno	2.193	2.206

Tabla V: Reflectividad del poliestireno.

Finalmente, la medida de ruido se realizó comprobando que ninguna etapa amplificadora, incluyendo las internas del DAR, saturaban. Para ello se introdujo un atenuador de entrada al DAR de 10 dB. No existiendo ningún efecto sobre la temperatura de ruido medida con y sin atenuador. Todas las medidas se realizaron en condiciones de cielo claro. El esquema del sistema de medida en la sala de control se muestra en la figura 9.

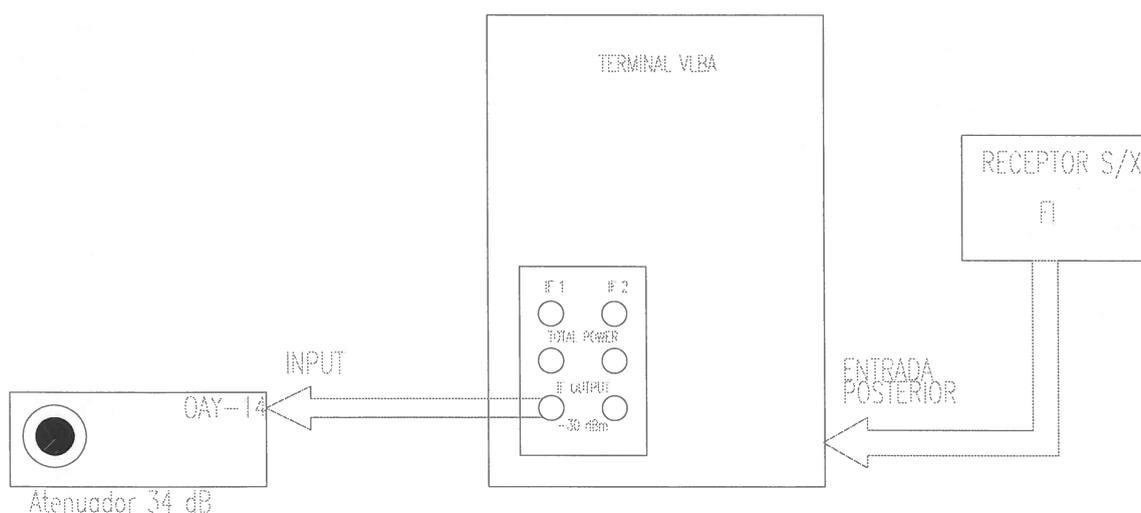


Figura 9: Configuración del sistema de medida.

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

II.2 Medidas de temperatura del ruido del receptor con generador de ruido, V_{on}/V_{off}

Atenuador Detector OAY-14:34dB

Señal del receptor insertada directamente al terminal VLBA.

Carga caliente: absorbente

Carga fría: N_2 líquido. Protección inferior antihumedad puesta y absorbente doble.

V_H , V	V_C , V	Generador ruido	T_{amb} , K	T_{ruido} , K	T_{diodo} , K
9.865	---	OFF	16	38.3	
10.235	---	ON	16	49.8	11.5
---	3.505	OFF	16	38.3	
---	3.86	ON	16	49.8	11.5
9.865	---	OFF	16	38.2	
10.235	---	ON	16	49.8	11.6
---	3.503	OFF	16	38.2	
---	3.86	ON	16	49.8	11.6

Tabla VI: Medidas de la temperatura de ruido del receptor.

Las medidas así realizadas, con carga fría y carga caliente colocadas en la boca de la bocina, proporcionan la temperatura equivalente de ruido del diodo referida a la boca de la bocina.

II.3 Medidas de temperatura del ruido de sistema con generador de ruido, V_{on}/V_{off} . Calibración del tubo de ruido.

Atenuador Detector OAY-14:34dB

Señal del receptor insertada directamente al terminal VLBA.

Carga caliente: absorbente

Carga fría: Cielo, 7K.

V_H , V	V_C , V	Generador ruido	T_{amb} , K	T_{ruido} , K	T_{diodo} , K
9.865	---	OFF	16	73.0	
10.235	---	ON	16	86.6	13.6
---	2.180	OFF	16	73.0	
---	2.550	ON	16	86.6	13.6
9.87	---	OFF	16	73.1	
10.24	---	ON	16	86.6	13.5
---	2.183	OFF	16	73.1	
---	2.552	ON	16	86.6	13.5

Tabla VII: Medidas de la temperatura de ruido del sistema incluyendo los efectos del radomo.

Las medidas así realizadas, tomando como carga fría el cielo ($T=7K$), proporcionan la temperatura equivalente de ruido del diodo referida al exterior del radomo, si asumimos que este se comporta como un absorbente a la misma temperatura que la carga caliente. Esta temperatura equivalente permite calibrar directamente la temperatura de antena producida por una fuente situada en el exterior del radomo.

CALIBRACION RECEPTOR EN BANDA X

De las medidas anteriores puede deducirse un valor aproximado de la atenuación introducida por el radomo en banda X. Como hipótesis suponemos que todas las pérdidas debidas a éste provienen de la absorción y no de reflexiones. Aplicaremos la ecuación:

$$T_{sys} = (L_{rad} - 1) \cdot T_0 + L_{rad} \cdot T_{rec}$$

luego

$$L_{rad} = \frac{T_{sys} + T_0}{T_{rec} + T_0} = \frac{73.0 + 289}{38.3 + 289} = 1.1060 = 0.44dB$$

que es un valor que coincide con los que suministra el fabricante del radomo.

II.4 Medidas de temperatura del ruido del sistema para distintas elevaciones.

Por último, se ha efectuado una calibración de los diodos a distintas elevaciones de la antena. Como hipótesis suponemos que la ganancia del receptor no cambia con la elevación.

V_{OFF} con carga caliente a $16^\circ C = 9.865 V$

V_{ON} con carga caliente a $16^\circ C = 10.235 V$ $T_{amb} = 16^\circ C$ Carga fría cielo = 7K

Elev (°)	V_{OFF} (V)	V_{ON} (V)	Offset(mV)	T_{sys}^{OFF} (K)	T_{sys}^{ON} (K)	ΔT (K)
90	2.091	2.448	-2.0	68.9	81.7	12.8
60	2.066	2.424	-20.0	67.7	80.5	12.8
40	2.109	2.465	“	69.7	82.5	12.8
30	2.145	2.498	“	71.4	84.0	12.6
20	2.248	2.595	-23.0	76.2	88.8	12.6
10	2.546	2.893	“	91.1	104.1	13.0
7	2.698	3.042	-21.0	99.2	112.3	13.1

Tabla VIII: Medidas de la variación de la temperatura de ruido del sistema con la elevación.

Se observa una ligera disminución próxima a 4K entre las temperaturas de sistema de las tablas VII y VIII cuando la antena se encuentra a 90° de elevación. Además esto repercute en un decremento de la temperatura de calibración de los diodos ΔT que pasa de 13.6K a 12.8K. Esto es debido a que durante las medidas de calibración de la tabla VII se encontraban dos personas sobre el reflector primario. La presencia de personas sobre la superficie del primario no afecta las medidas realizadas con carga fría de nitrógeno ya que no incluyen los efectos del trayecto entre bocina y radomo. No es así para las medidas en las cuales la carga fría es el cielo. En este caso cualquier objeto situado entre bocina y cielo puede afectar la medida. Esto es lo que sucede en las medidas de la tabla VIII. Por lo cual estimamos que la medida de la temperatura de ruido del sistema es más próxima a 68.9 K que a 73 K. Y la temperatura de calibración ΔT es más próxima a 12.8K que a 13.6K.

$$T_{rec} = 38.3K$$

$$T_{sys} = 68.9K$$

$$\Delta T = 12.8K$$