



ESTACIÓN SATÉLITE QO-100

Aprendizaje y Experimentación



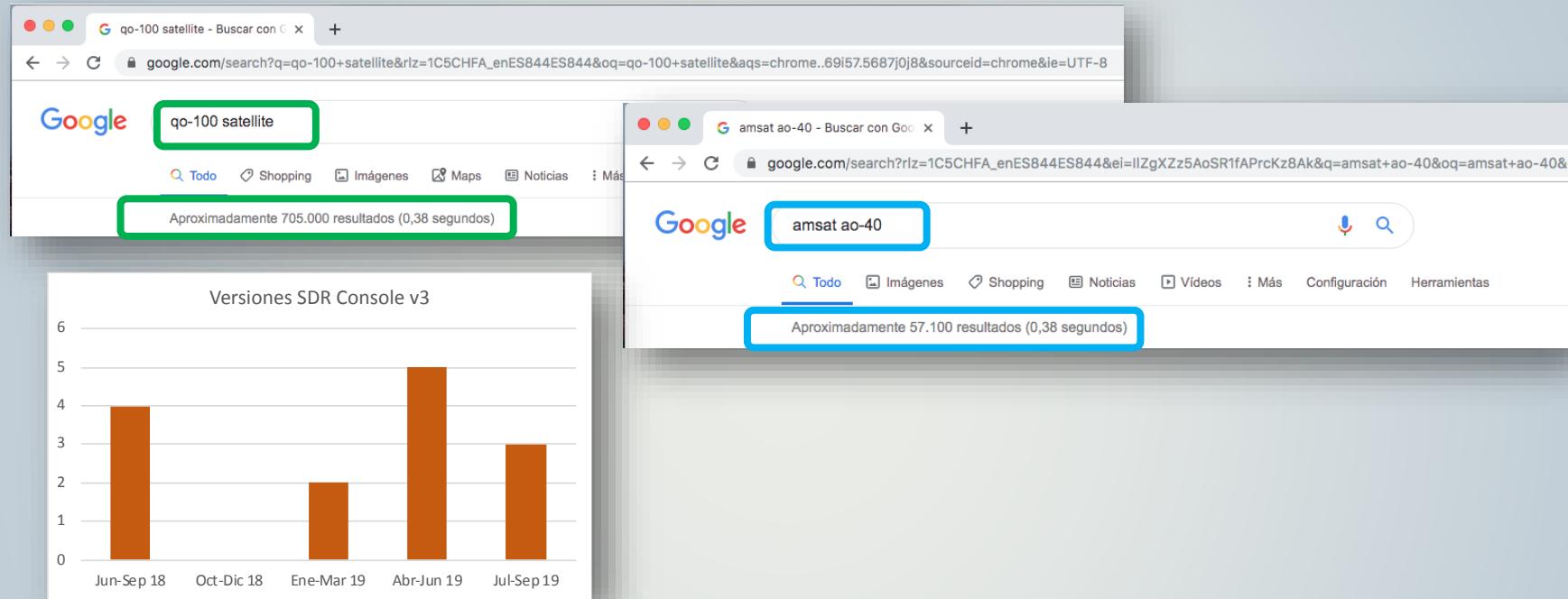
ALEJANDRO FERNÁNDEZ – EA4BFK

Agenda

- Motivación
- El dB es tu amigo y...
- Introducción al Satélite QO-100
- Recepción
 - Esquema de Bloques
 - Antenas Parabólicas I
 - LNB's
 - SDR's y Software
 - Apuntando al Satélite
- Transmisión
 - Esquema de Bloques
 - Up-Converters
 - Amplificadores de Potencia
 - Cables y Conectores
 - Alimentadores de Antena (Feeders)
 - Antenas Parabólicas II
- Seguridad
- Equipos de Medida
- Aprendizajes
- Agradecimientos y Referencias

Motivación

- Primer Satélite Geo Estacionario con Transponder para Radiaficionados
- Un boom en el mundillo de los satélites



- Una forma fácil y asequible de introducirse en el mundo de las MW's...
- Mucha información y material disponible. Mucho que leer y aprender
- Muchas áreas de Experimentación
- Y además puedes hacer DX's sin propagación...



El dB es tu amigo y ...

- El **decibelio (dB)**, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, o tensión y potencia eléctrica (no es una unidad de medida)

$$dB = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{Out}}{P_{In}} \right)$$

dB	Relación
-3	Div x 2
+3	Mul x 2
-10	Div x 10
+10	Mul x 10

- El **dBm**, es la medida de potencia respecto un 1 mW = 0 dBm

$$dBm = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P(w)}{0,001w} \right)$$

$$P(w) = 10^{\left((P(dBm)-30)/10 \right)}$$

dBm	Potencia	Unidad
-60	0,000001	mW
-20	0,010	mW
-10	0,100	mW
-6	0,251	mW
-3	0,501	mW
0	1,0	mW
3	2,0	mW
6	4,0	mW
10	10,0	mW
20	100	mW
30	1,0	W
33	2,0	W
34	2,5	W
35	3,2	W
40	10	W
50	100	W



El dB es tu amigo y ... La Temperatura tu rival



- Todos los Cristales de Cuarzo tienen deriva térmica, pero se puede controlar.
- Parámetros Clave de un Xtal.

PARAMETERS	CONDITIONS	CSM-7X			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
Frequency		3.57		70.000	MHz
Frequency Tolerance*	@ +25°C			± 30	ppm
Frequency Stability*	Standard -10 ~ +70°C			± 50	ppm
Shunt Capacitance	C ₀			7	pF
Load Capacitance	Specify in P/N	10	20	Series	pF
Drive Level	D _L			500	μW
Operating Temperature*	T _{opr}	-10		+70	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-55		+125	°C
Aging (First Year)	@ +25°C ±3°C			±5	ppm

25 MHz	
-750	750
-1250	1250

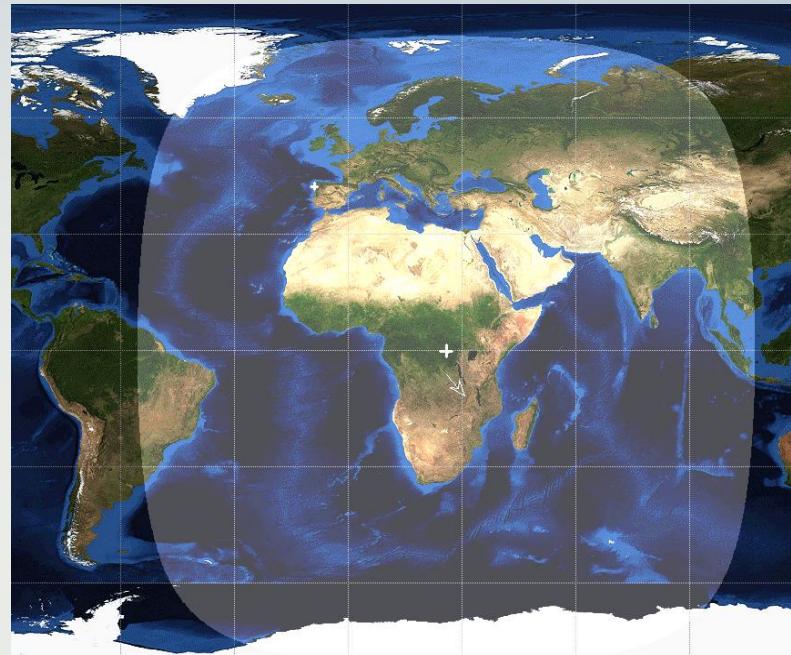
Aprox: 0,7 ppm x °C

Satélite QO-100

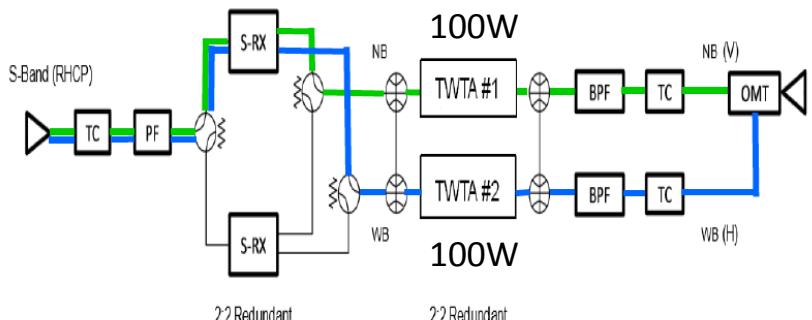
- Idea y desarrollo: AMSAT-DL, QARS, Es'hailSat Company
- Desarrollo: Mitsubishi Electric para AMSAT-DL & QARS
- Orbita Geoestacionaria 25,9º E
- 2 Trasponders de radioaficionados a bordo del Es'hail Sat 2
- Lanzamiento: 15 Nov 2018.
- Lanzador: SpaceX Falcon 9
- Transponders Activos: 14 Feb 2019
- Centros de Control: Doha (Qatar) y Bochum (Alemania)



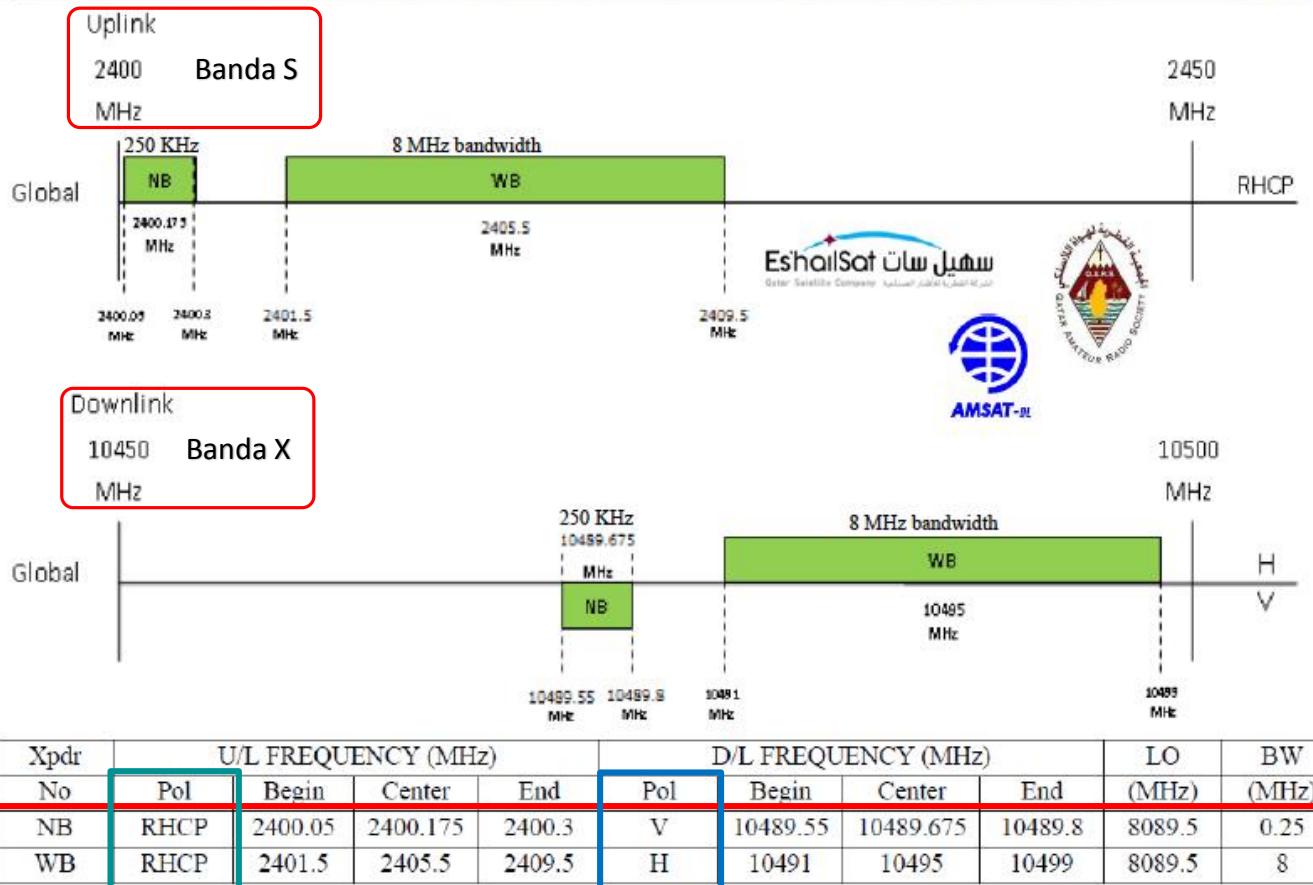
COBERTURA



AMSAT Payload Block Diagram



Satélite QO-100 - Plan de Banda



REQUISITOS N. B.

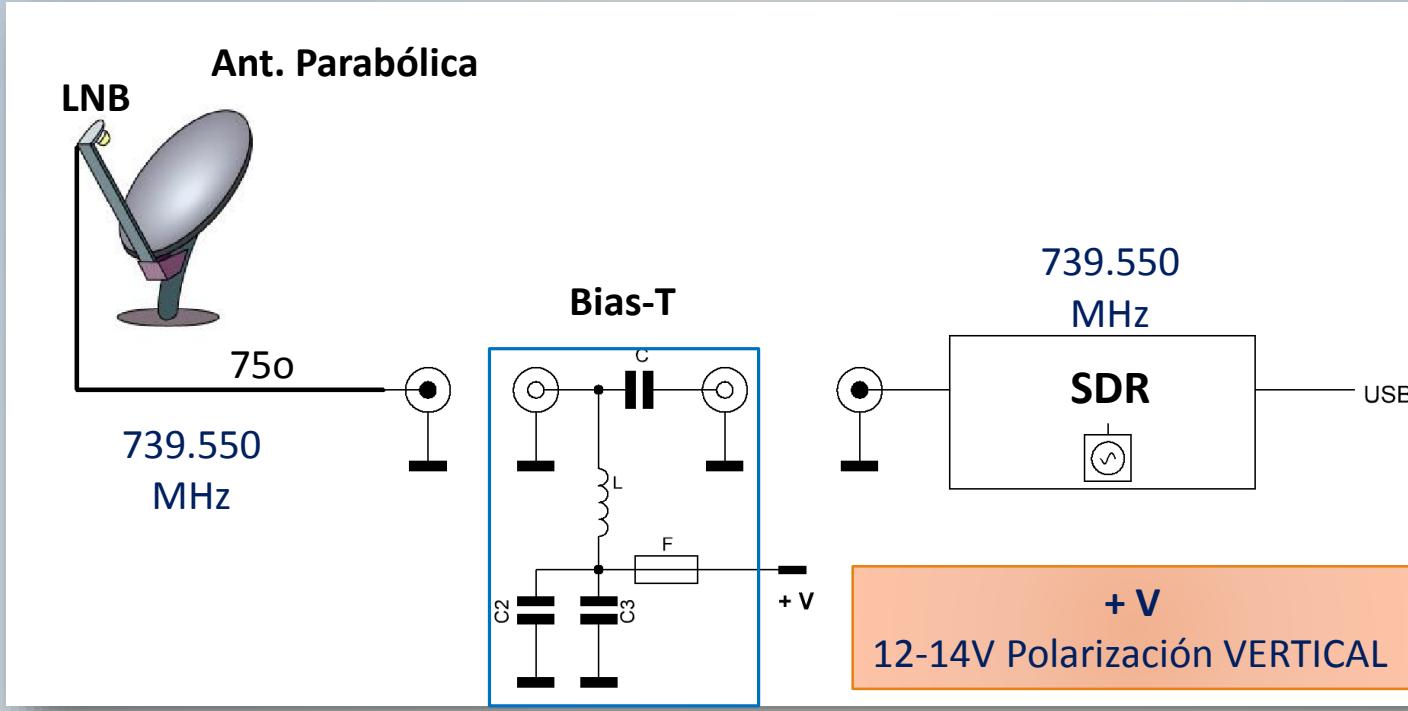
RECEPCIÓN

- Parábola de 60cm - ...
- LNB PLL
- Pol: Vertical

TRANSMISIÓN

- Parábola de 75cm - ...
- 5,0 W en 2,4GHz
- Pol: RHCP

Rx - Esquema de Bloques

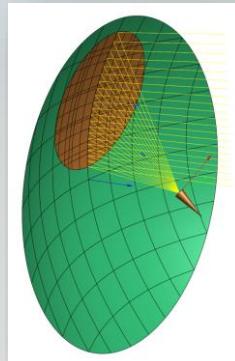


- Antena Parabólica Offset o Foco Primario
- LNB PLL para convertir la señal de 10.489,550 Mhz a 739,550MHz
- Bias - T suministro de tensión al LNB
- Receptor SDR capaz de sintonizar 739,550 Mhz a 739,800MHz
- Software SDR (SDR Console, SDR#, HDSDR, GQRX, ...)

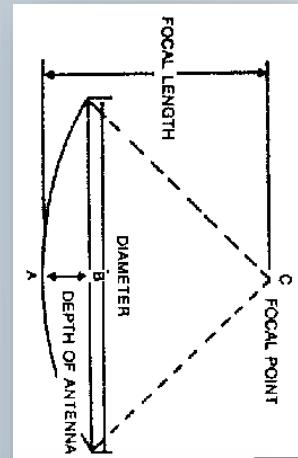
Rx - Antenas Parabólicas



Foco Primario

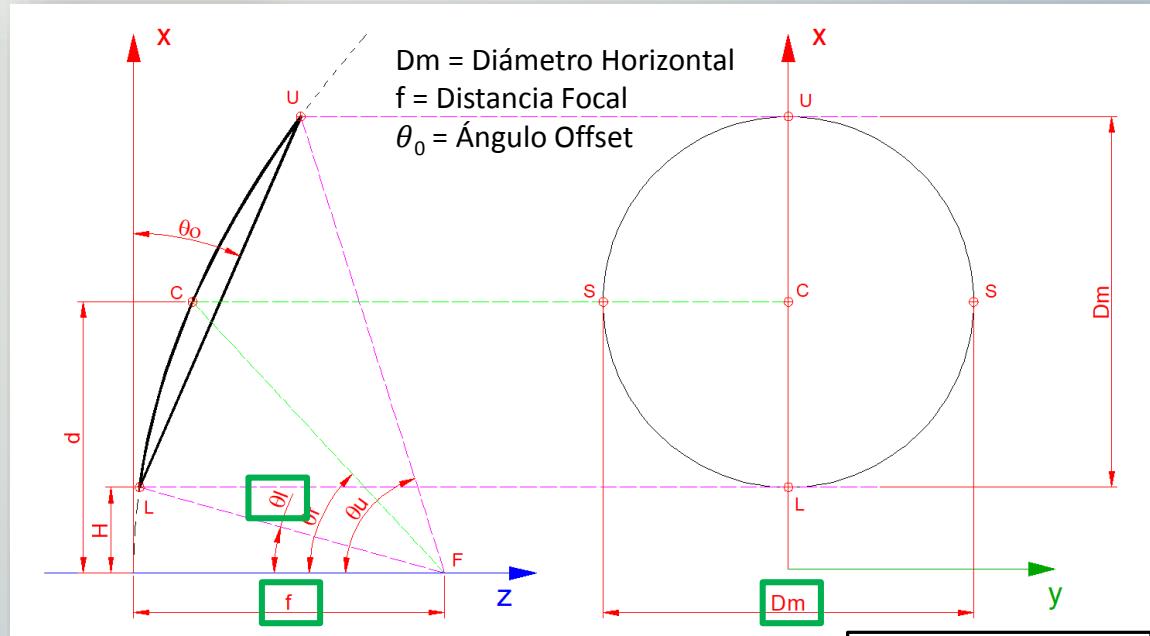


Offset



$$f = \frac{D^2}{16 \cdot z_{max}}$$

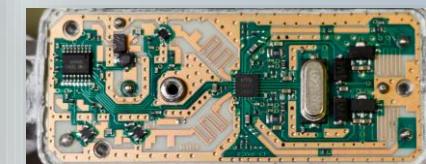
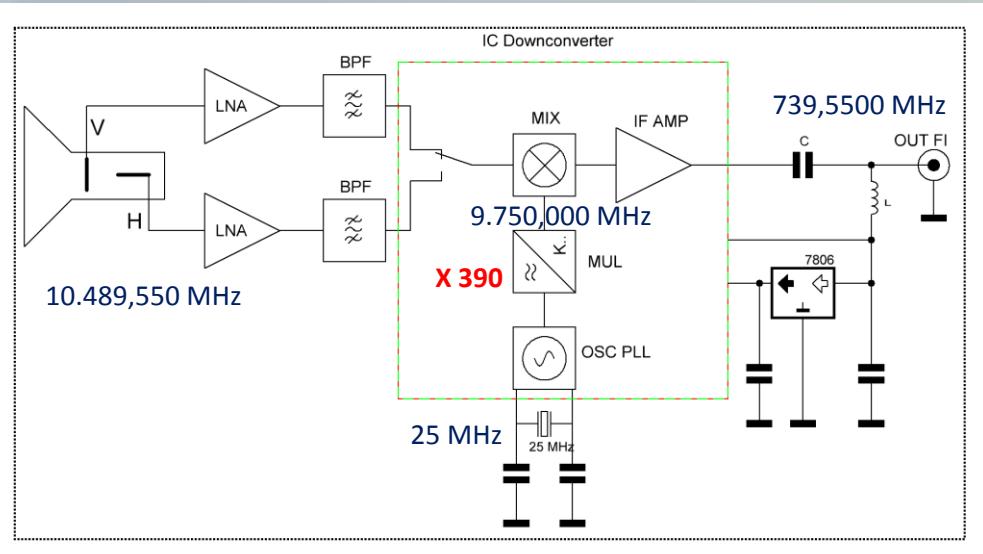
$$\frac{f}{D_m} = 0,3 - 0,4$$



$$\frac{f}{D_m} = 0,5 - 0,6$$

- Antenas Offset muy fáciles de encontrar
- Desde 60 cm de Diámetro Horizontal funcionan perfectamente en Rx

Rx - LNB's

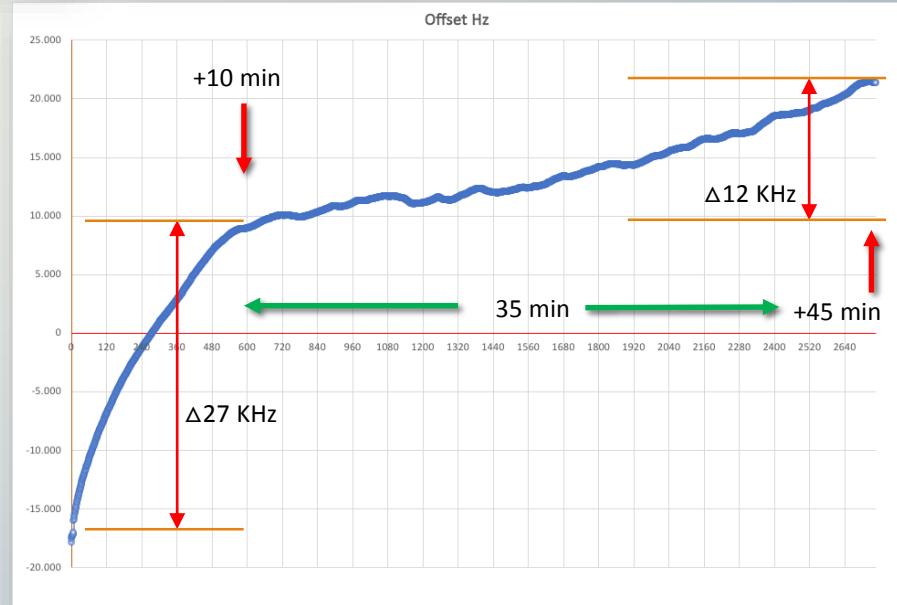


- Tolerancia -> Frecuencia O.L.

F Xtal Mhz	Tolerancia Hz	O.Local MHz
25,000	-750	9.750,293
	0	9.750,000
	750	9.749,708

- Estabilidad -> Drift / Patinaje

F Xtal Mhz	Inc T (°C)	O.Local MHz	Variación (Drift)
25,000	-2	9.749,986	-14 KHz
	0	9.750,000	0
	2	9.750,014	+14 KHz



Rx - LNB's

Especificaciones



MEDIDA	Octagon Green HQ Single	Sat Integral Duo S/N 921	Sat Integral Duo S/N 945	STAR COM SR320 Single	STAR COM 3602 Duo	TELEVÉS UNIVERSAL
Tipo	PLL	PLL	PLL	PLL	PLL	DRO
Gain (dB)	60-65dB	50-62	50-62	65	???	58
NF (dB)	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3
Ruido de Fase (dBc/Hz)	???	???	???	80 @10KHz	80 @10KHz	75 @10KHz
Precio	9-17€	14€	14€	3,50€	6,50€	6-10€

- Comparación difícil por especificaciones publicadas.
- Dificultad de encontrar PLL's en las tiendas de SAT
- Hay que buscar información sobre la práctica de otros

<http://www.pabr.org/radio/Lnblineup/Lnblineup.en.html>



Rx - LNB's

Mis Experiencias

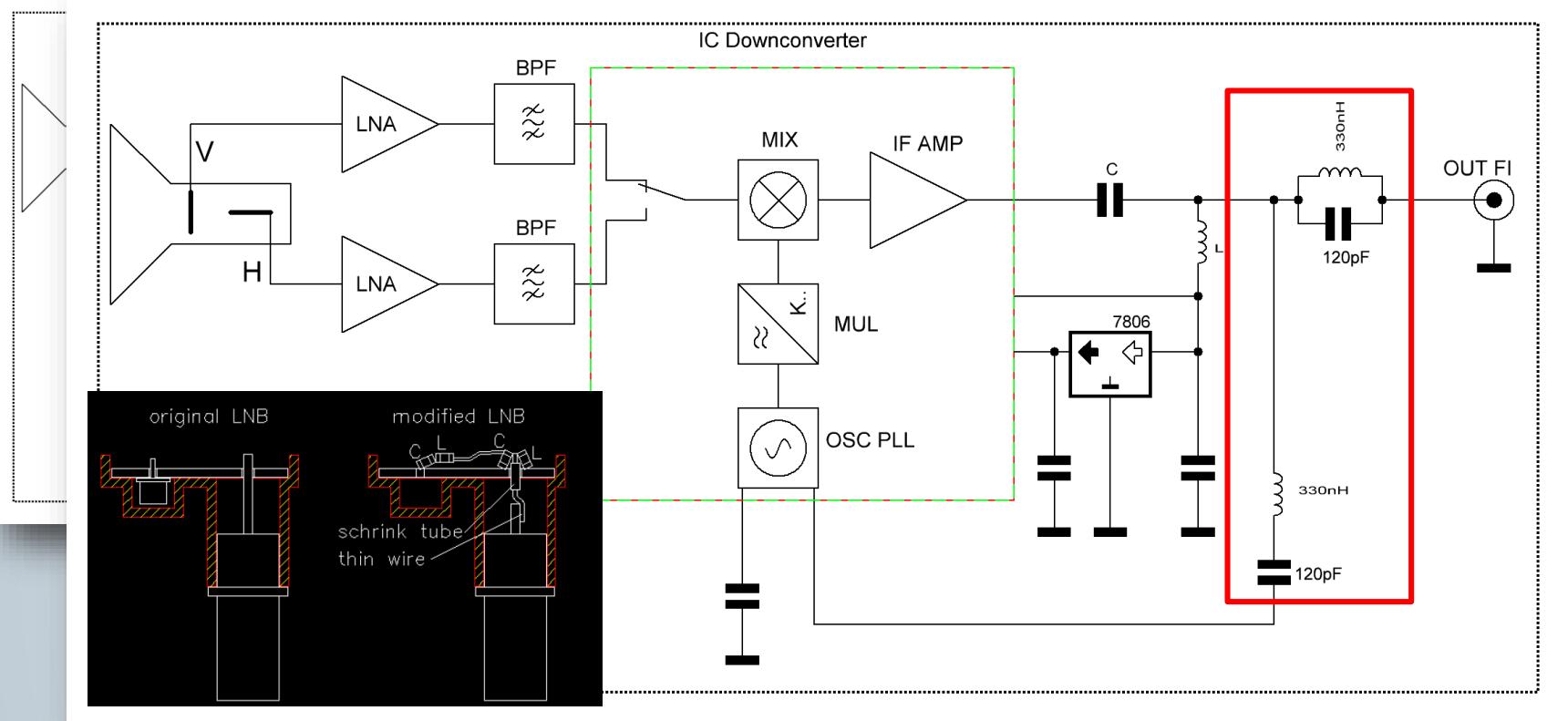


DRO

MEDIDA	Octagon Green HQ Single	Sat Integral Duo S/N 921	Sat Integral Duo S/N 945	STAR COM SR320 Single	STAR COM 3602 Duo	TELEVÉS UNIVERSAL
O.L. (MHz)	9.750,175	9.750,250	9.750,353	9.749,710	9.749,213	9.750,100
Max (dBm)	-75,7	-71,6	-69	-72	-70,5	-74
Noise F.G. (dBm)	-111	-107	-107	-108	-101	-106
S/N (dB)	35,3	36,5	37,5	34,0	30,5	32,0
MER (dB)*	5,1-5,3	5,5-5,6	5,5-5,6	3,5-3,8	4,3-4,5	6,1-6,2
IF Display						

- Parábola Offset: 80 cm
- SDR: RSP1A. Gain:2. BW: 1 MHz. Fcias: 10.489.550 (CW Beacon) // MiniTiuone v2
- Soft: SDR Console 3.0.13. Mode: CW-U Filter 600 Hz + Antidrift // MiniTiuone v0.9

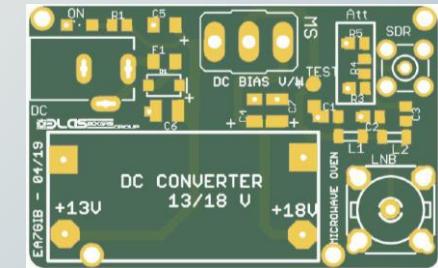
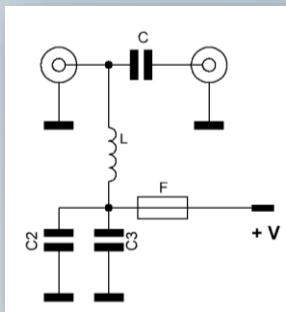
Rx - LNB's Disciplinados



- Cambiar Xtal por un TCXO 25 MHz alta estabilidad + zener....
- Emplear un LNB con doble salida y usar una de las salidas para inyectar 25 MHz (Quitar Xtal 25 MHz, cortar una pista y poner un condensador)
- Emplear un LNB sencillo e instalar dos trampas LC con SMD's para inyectar 25 MHz por el mismo coaxial que lleva la bajada + Alimentación. Requiere un Triplexor en el Inyector de Tensión

Rx - Inyectores

- Inyector, Bias-T o también utilizables los mezcladores de TV y SAT
- Permiten alimentar el LNB mediante el Coaxial de bajada.
 - +12-14 V → Polarización Vertical
 - +16-18V → Polarización Horizontal
- Como precaución instalar en la línea de alimentación un Fusible rearmable (Bourns: MF-R050 - 60V 500mA) por si hay un corto.
- Multiples opciones: Comerciales, Kits, Autoconstruidos



by Blas EA7GIB

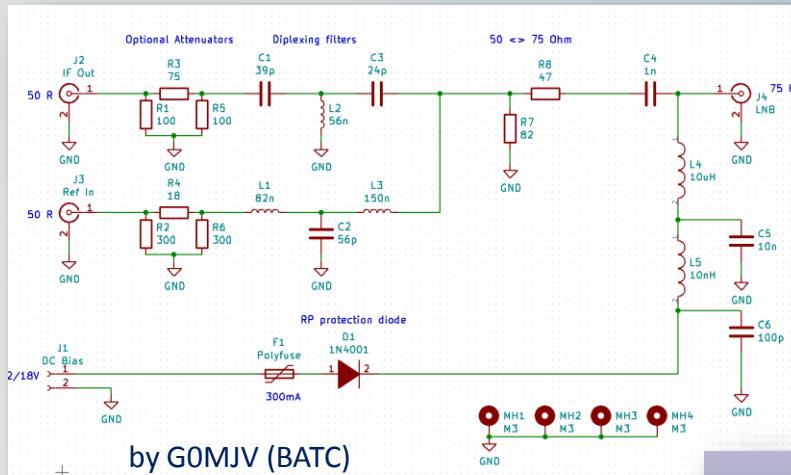
Rx - Inyectores Plus...

- Permiten inyectar la tensión y la frecuencia de Referencia para el PLL (25 Mhz / 25,787180 Mhz para Rx en 432MHZ, etc) junto con la tensión para el LNB.
- Control por GPSDO
 - Leo Bodnar
 - GPSDO by EA5IOT+EA3HMJ
 - PLL by EA3CNO



by EA3CNO

- Varias soluciones comerciales
 - DX Patrol
 - transverters-store.com

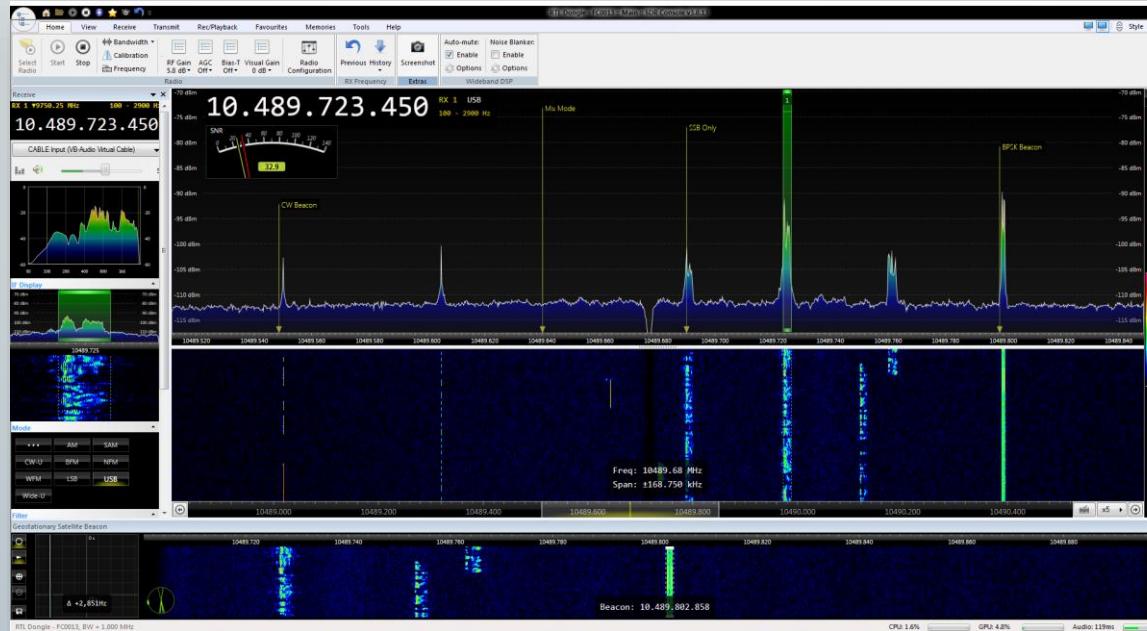


Rx - SDR's & Software...

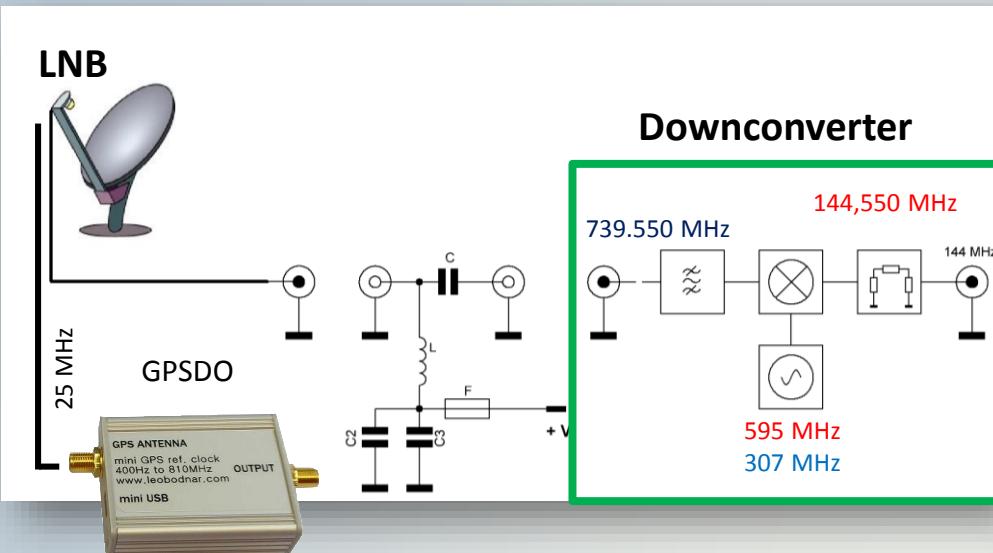
- SDR's: Amplísimo surtido de SDR's (Con TCXO a ser posible y BW > 250 KHz)



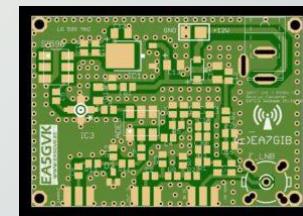
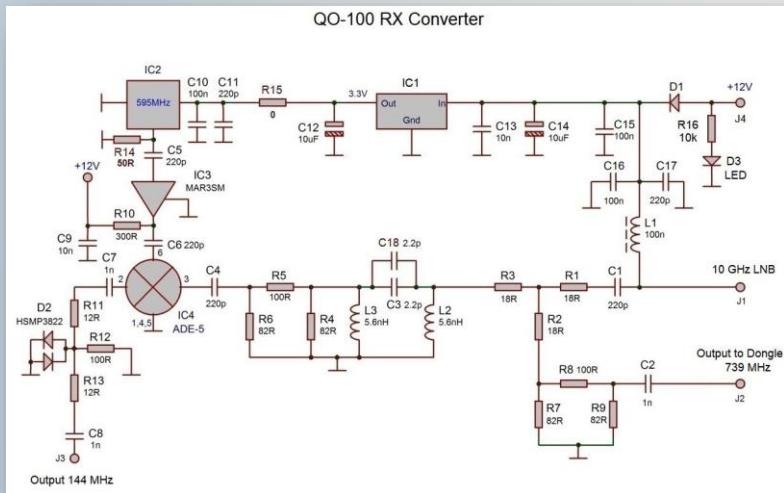
- Software: HDSDR, SDR#, GQRX, SDR Angel, SDRUno, pero...
 - **SDR Console** destaca por su módulo antidrift y la posibilidad de usarlo en Tx con Adalm Pluto, Lime SDR...



Rx - Esquema de Bloques PC Free



- + LNB Disciplinado + Downconverter 739 MHz a 144 MHz. Desarrollo de GOMRf (David)
- PCB's by Blas (EA7GIB)

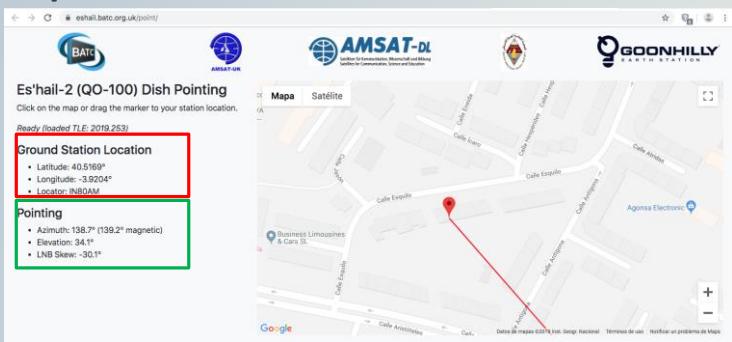


- DxPatrol, transverter-store.com, etc



Rx - Apuntando al Satélite

- Web de BATC: <https://eshail.batc.org.uk/point/>
- Aplicaciones varias de SAT



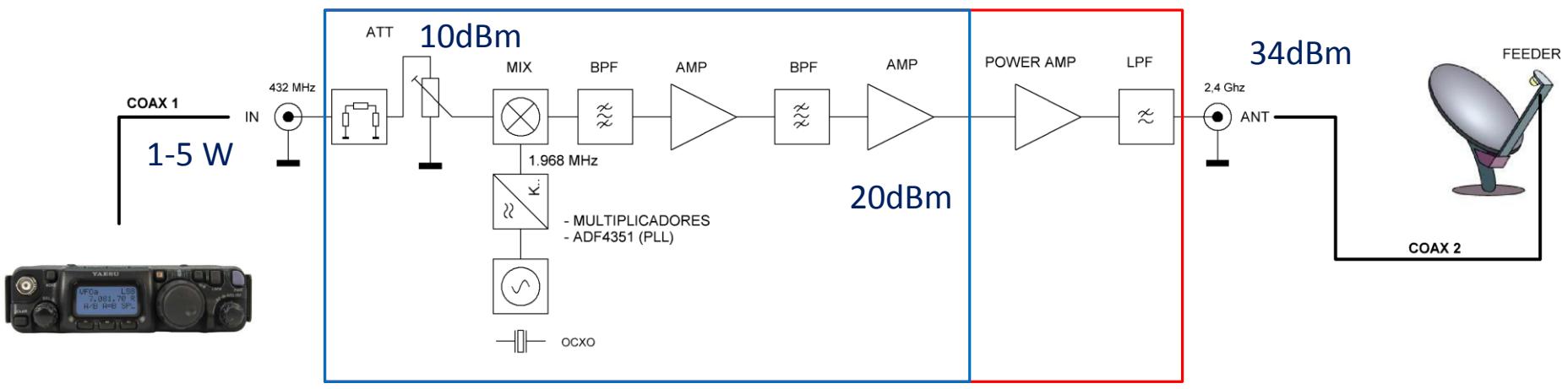
- Método para resolver 4 variables (LO, Azimut, Elevación y Skew)

1. Determinar la frecuencia del LO del LNB apuntando a mano y buscando la baliza de CW (10.489,550 Mhz -> 739,550 MHz) mediante el SDR sintonizado en 739,500 MHz y con BW de 1 MHz.

$$F_{cia} = 739,247 \text{ Mhz} \rightarrow \text{Dif } 303 \text{ KHz mas baja} \rightarrow OL = 9.750,303 \text{ MHz}$$

2. Ajustar en la parábola la Elevación aprox. con la escala de la parábola
3. Instalar Parábola y LNB en el mástil (Bien vertical) manteniendo flojo el azimut y con el coaxial del LNB a las 7 hrs y orientar azimut aprox con un brújula o referencia visible
4. Conectar alimentación, SDR e introducir en el Soft el valor calculado del LO. Sintonizar 10.489.550 Mhz y debería verse la señal débil de la Baliza de CW
5. Ajustar azimut y Elevación alternativamente a max S/N en la baliza de CW (tono continuo)
6. Reajustar Skew (inclinación) del LN a max S/N

Tx - Esquema de Bloques



- TRX 432 MHz USB
- COAX 1: Coaxial Bajas pérdidas... Depende.
- Up-Converter
- Amp. Lineal 2,4 Ghz
- COAX 2: Coaxial Muy Bajas pérdidas y muy corto
- Feeder: Alimentador de Antena
- Parábola

¿Por qué 432 MHz?

$$Out = \pm mxLO \pm n \times TX$$

Tx - Up-converters



IF In: 144 ó 432
P In: 0,5 - 5 W
P Out: 20 W
LO Stab: +/- 0,5ppm

GPSDO In: SI



PE1CMO
amateur radio products

IF In: 144 ó 432
P In: max 20W
P Out: 20 W
LO Stab: N/A

GPSDO In: SI



SG Laboratory Ltd
(Transverter 13 cm)

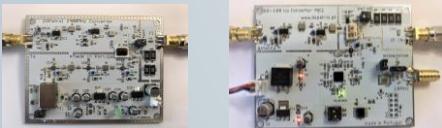
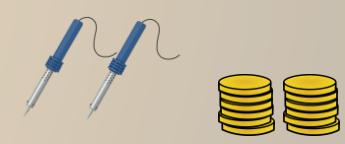
IF In: 432 Mhz
P In: 200mW - 5W
P Out: 2,5 W
LO Stab: +/- 2,5 ppm

GPSDO In: SI



IF In: 100 - 1300 MHz
P In: max 100mW
P Out: 500mW
LO Stab: +/- 2,5 ppm

GPSDO In: SI



IF In: 434 Mhz
P In: 100mW - 5W
P Out: 80-100mW
LO Stab: +/- 0,5ppm (V2)

GPSDO In: SI (MK2)



Satelliten für Kommunikation, Wissenschaft und Bildung
Satellites for Communication, Science and Education

IF In: 435 Mhz
P In: Max 0,5W
P Out: 50mW
Lo Stab: N/A

GPSDO In: SI

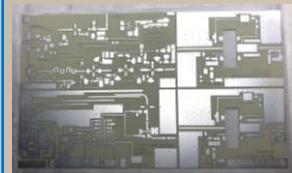


Tx - Up-converters



ADF4351

Minikits.com.au



PLL DF9NP

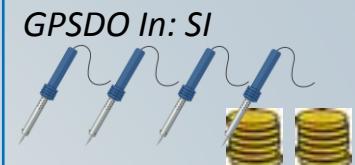


Radio Station DF9NP HAM PLLs

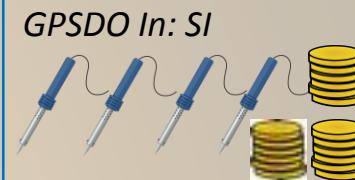


The Easy-100
No-tune uplink converter
for QO-100 (Es'hail-2) sat

IF In: 147 ó 435 MHz
P In: 5 W
P Out: 80 mW
LO Stab: $f(\text{ADF4351 OCXO})$



IF In: 144 ó 432
P In: max 20W
P Out: 60 mW - 30W
LO Stab: OCXO del PLL



IF In: 432 Mhz
P In: 1 - 5W
P Out: 1 - 2 W
LO Stab: $f(\text{ADF4351 OCXO})$



AD CN0417



Transmisor SDR
Pluto SDR TX 2,4 Ghz

Modificar OCXO Pluto para SSB
(VCXO: ASVX13-C-40.000-I05)

Controlable por LAN

GPSDO In: SI



Amplificadores de Potencia



6dBi
8W
2.4GHz

Alim: +12V
Cons: 1,5A
P In: 100 - 200 mW
P Out:

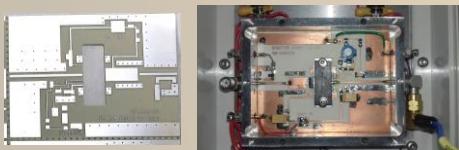


PE1CMO
amateur radio products



SG Laboratory Ltd

Alim: +30V
Cons: 3 -4A
P In: 80 mW
P Out: 20 W

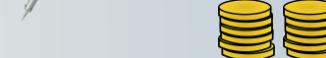


Un Radio Amateur
Passionné d'Hyper fréquence
F6BVA



SURPLUS

Alim: +24 - 28V
Cons: 1,5 A
P In: 500 mW
P Out: 15 - 22W



Alim: +12-28V
Cons: max 2,2A
P In: 50 mW
P Out: 30W



Alim: +28V
Cons: 3,6 - 4,2A
P In: 2 W
P Out: 36 - 47W

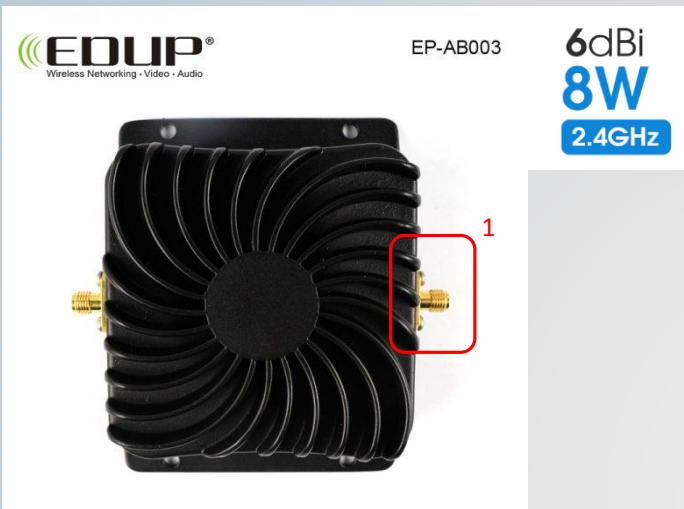


IMPORTANTE

- Siempre usar los radiadores adecuados para las potencias de los PA's
- **NUNCA** activar el PA sin tener cerrado el blindaje/caja RIESGO MUY ALTO

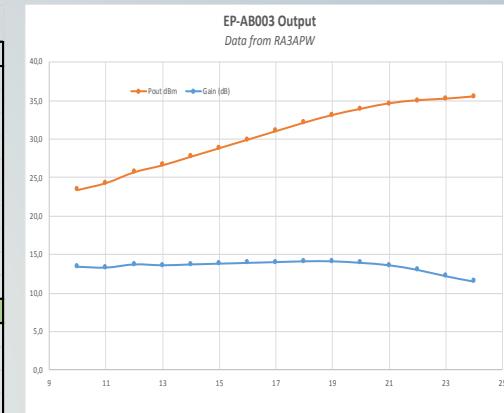
Tx - Amplificadores de Potencia. EDUP EP-AB003

■ El Ampli WiFi ...



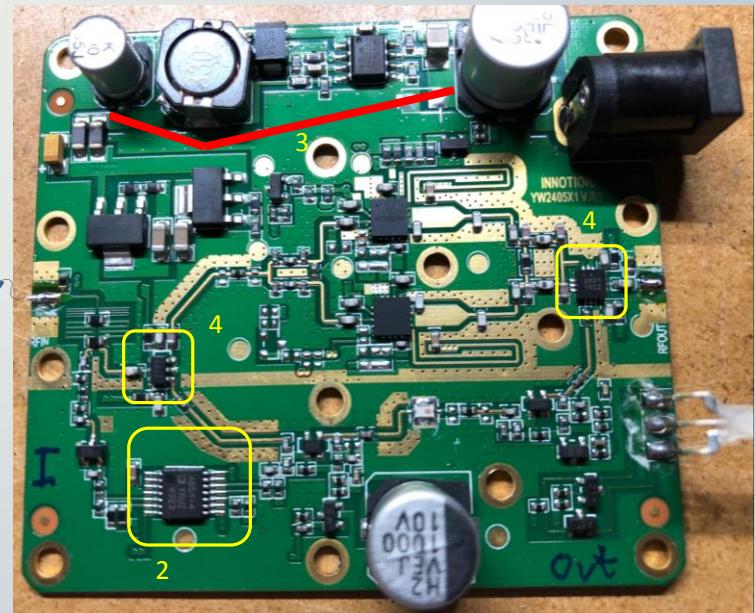
Evaluación de Karen (RA3APW)

ALIM: 12 VOLTIOS						
Pin dBm	Pin, mW	Pout dBm	Pout W	Gain (dB)	I, Amp	
10	10	23,4	0,2	13,4	0,56	
11	12,6	24,3	0,3	13,3	0,60	
12	15,8	25,7	0,4	13,7	0,65	
13	20	26,6	0,5	13,6	0,70	
14	25,1	27,7	0,6	13,7	0,75	
15	31,6	28,8	0,8	13,8	0,81	
16	39,8	29,9	1,0	13,9	0,88	
17	50,1	31,0	1,3	14,0	0,96	
18	63,1	32,1	1,6	14,1	1,06	
19	79,4	33,1	2,1	14,1	1,16	
20	100	33,9	2,5	13,9	1,26	
21	126	34,6	2,9	13,6	1,34	
22	158	35,0	3,2	13,0	1,43	
23	200	35,2	3,4	12,2	1,50	
24	251	35,5	3,5	11,5	1,54	



■ MODIFICACIONES (+1-2dB)

1. Cambiar SMA de Salida por SMA normal
2. Puentear Pin 4 y 5 del ADA 4851 para dejarlo en TX o quitar Transistor del VOX
3. Mejorar alimentación al circuito de Bias
4. Eliminar los conmutadores de Entrada y Salida
5. Conectar SMA de entrada y salida directamente a las pistas



Tx - Coaxiales y Conectores

■ COAXIALES

- De las menores pérdidas posibles siempre, pero..
....TRX (432) a Up-Converter. Dependiendo de la potencia de TRX
puede ser útil emplear el coaxial para atenuar nivel necesario
- En 2,4GHz las mínimas perdidas posibles y la mínima longitud
possible. (https://www.wimo.com/coaxial-cable_s.html)

■ CONECTORES

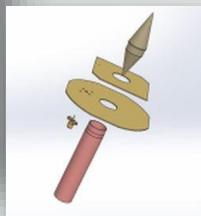


Tx - Alimentadores de Antena (Feeders)

■ MONO - BANDA (PATCHS) (2,4 GHz)



POTY



■ BI - BANDA (PATCHS) (2,4 GHz / 10,7 GHz)



Bamatech DJ7GP

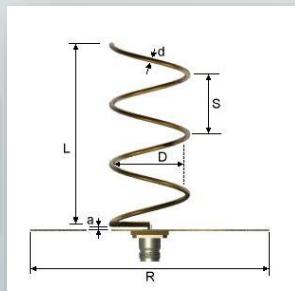


+LNB

■ MONO BANDA (HELIX) (2,4 GHz)

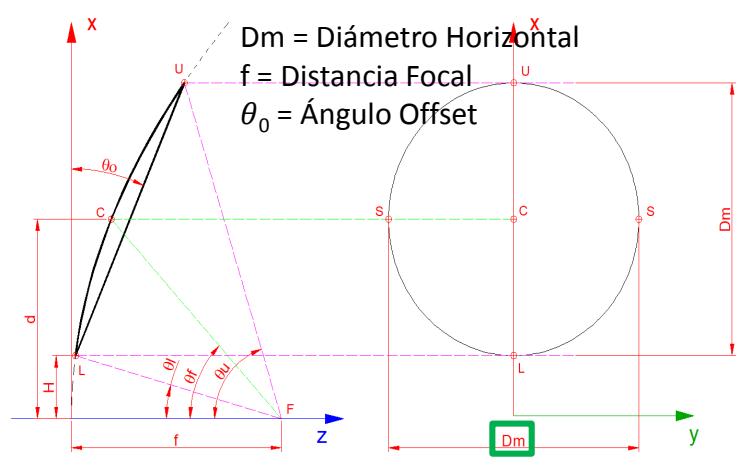
- ✓ Sencilla de fabricar
- ✓ 4,5,6 Espiras en función de f/D de la Parábola....

$f/D = 0,4 \rightarrow 4$ ESPIRAS
 $f/D = 0,6 \rightarrow 6$ ESPIRAS



Tx - Parábola

■ GANANCIA



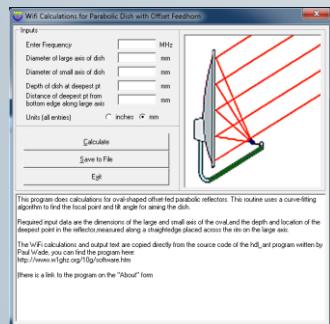
$$Gain (dB) = 10 \times \log_{10} k \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Frec (MHz)	10.700	2.400
L. Onda (m)	0,028	0,125
Eff (k %)	80	80

Tamaño	Dm H (cm)	G 10.7 (dB)	G 2.4 (dB)	Dif vs 60
60	55	34,8	21,8	
80	77	37,7	24,8	2,9
95	87	38,8	25,8	4,0
110	100	40,0	27,0	5,2
120	110	40,8	27,9	6,0

■ EFICIENCIA (k)

- Es función del iluminador empleado y la f/D de la Parábola
- ¿Qué f/D tiene mi Parábola?
 - ✓ *Parabola Calculator 2.0*

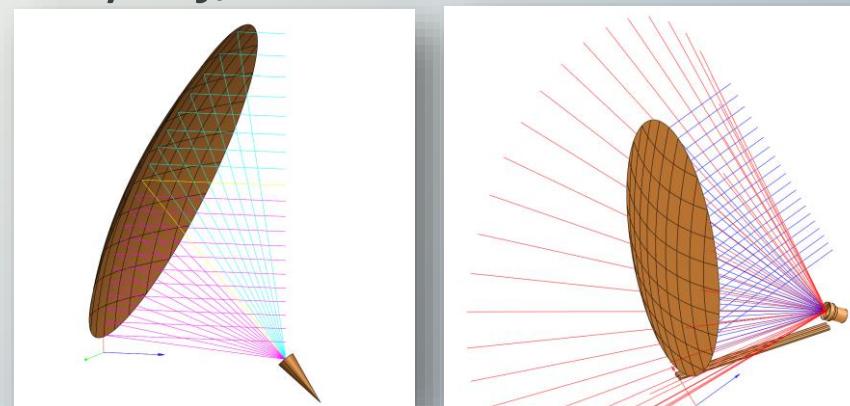


Offset

$$\frac{f}{D_m} = 0,5 - 0,6$$

Foco P.

$$\frac{f}{D_m} = 0,3 - 0,4$$



Seguridad

■ SEGURIDAD FÍSICA/MECÁNICA

- Fijar bien la Parábola. Ej: Parte baja de la Torre, en una pared...
- La resistencia al viento es muy grande y aun mayor con el aumento de diámetro.

■ SEGURIDAD EN RF

- ASEGURAR QUE EN EL HAZ DE TRANSMISION NO HAY CIRCULACION DE PERSONAS, NI ANIMALES. DISTANCIA DE SEGURIDAD



- NO TRANSMITIR NI AJUSTAR AMP. LINEALES SIN HABERLOS CERRADO EN SU CAJA METÁLICA Y CON UN EL RADIADOR ADECUADO

Equipos de Medida

MEDIDORES DE POTENCIA

RC Inmersion RF V2



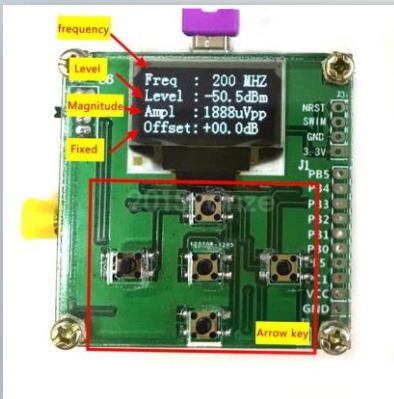
Power Level: -20dBm up to +30dBm

Calibrated Frequencies: 35, 72, 433, 868, 915, 1200, 2400, 5600-6000MHz in 50MHz steps

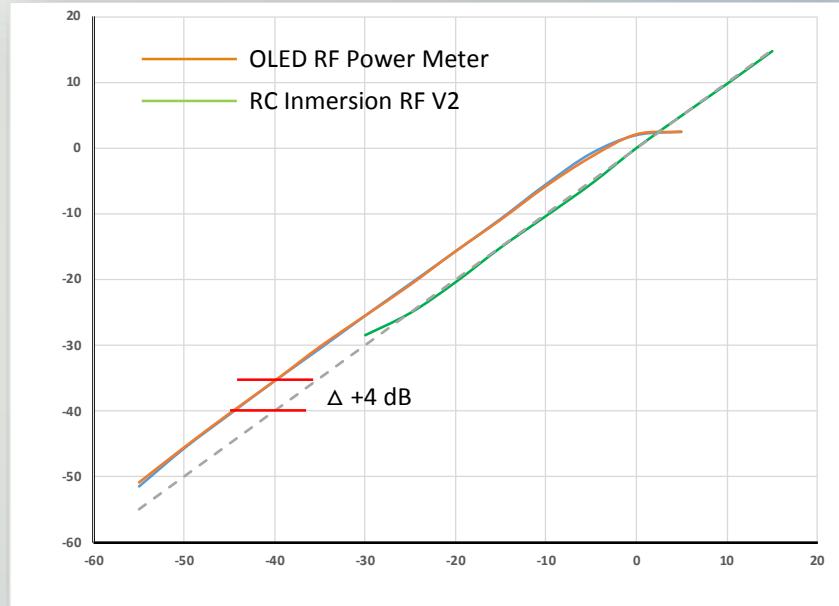
Accuracy: +/- 0.5dB

Attenuator: 30dB (Internal)

OLED RF Power Meter



Evaluación PW Meter's
Fcia: 2400 MHz



- ✓ Utilizable, pero hay que tener una tabla de calibración por cada frecuencia a medir.
- ✓ Sin calibración mide + 4dB...

Equipos de Medida

■ MEDIDORES DE ANTENA

■ AAI N1201SA



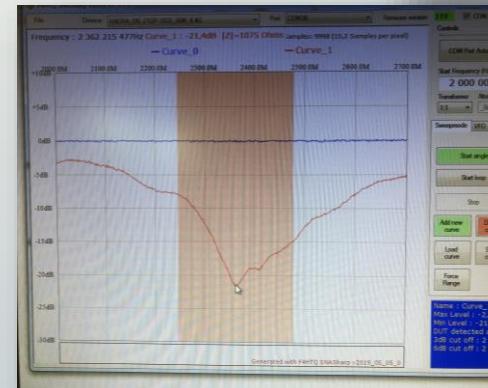
■ DAIWA CN801S2



■ SA D6 + ACOPLADOR DIRECCIONAL



REQUIERE VARIAS
MODIFICACIONES



Aprendizajes

- ❖ Informarse en los Foros y Web's. Hay muchos y muy buenos.
- ❖ Evalúa el espacio disponible para la Parábola/s y su orientación
- ❖ Diseña un esquema de bloques con los elementos necesarios, incluyendo metros de coaxiales, donde poner el Up-Converter, y el PA si lo necesitas, etc
- ❖ Evalúa en función de los componentes en TX las ganancias y perdidas que tendrías en tu estación.
- ❖ Primero Rx. Coges práctica como Instalador de Antenas de SAT !!!
- ❖ Decide un software de Rx y trata de conocer bien sus opciones
- ❖ Si tienes preguntas, habla con los colegas, siempre hay alguien que seguro te ayuda (Grupo Whats up "QO-100 Geo")
- ❖ Y sobre todo APRENDE, PRACTICA y DISFRUTA....



Agredecimientos

- ❖ Comité Organizador de IberRadio 2019
- ❖ Amsat EA, Amsat DL y BATC.org
- ❖ “Los HAM Cacharreros”, Toni (EA4LE), Aitor (EB2AT), Oscar (DJ0MY), Lucio (EA7HOG), Antonio (EA1IW), Antoni (EA3CNO), Blas (EA7GIB)
- ❖ Willi (HB9PZK) por sus excelentes diagramas y teoría de antenas
- ❖ José (EA3HMJ) y Luis (EA5DOM) a los “Microwavers” por meterme en esta locura....
- ❖ Simon Brown (G4ELI) por su genial SDR Console...
- ❖ Y muchos más que me inspiran para seguir “cacharreando” y aprendiendo cada día....



GRACIAS

Referencias 1

Info General

- <https://www.amsat-ea.org/>
- <https://forum.amsat-dl.org/index.php?board/3-qo-100-es-hail-2-p4-a/>
- <https://amsat-uk.org/satellites/geo/eshail-2/>
- https://wiki.batc.org.uk/Es%27hail-2_Basic_Information
- <https://www.oe7forum.at/viewforum.php?f=7&sid=8bc14e9e5472d8ac1e8c010b110481b9>

Apuntamiento Antenas y WEB SDR

- <https://eshail.batc.org.uk/point/>
- https://www.satlex.us/en/azel_calc.html
- <https://eshail.batc.org.uk/nb/>

Antenas Parabólicas y Feeders

- <https://rfantennas.wordpress.com/>
- https://uhf-satcom.com/blog/patch_antenna
- <http://jcoppens.com/ant/helix/calc.en.php>
- <http://www.hybridpretender.nl/>
- <https://www.bamatech.net/antennen/duoband-feed-2-4-10-ghz.html>
- <http://www.w1ghz.org/antbook/contents.htm>

LNB's y BIAS-T

- <http://www.pabr.org/radio/lnblineup/lnblineup.en.html#LSP-02G>
- <https://remoteqth.com/lnb.php>
- <https://ea5gvk-dmr.zigor.es/qo100-construyetelo-tumismo-por-ea7gib/>

DOWN-Converters

- <http://dxpatrol.pt/index.php/kit>
- http://hfprints.com/pe1cmo/rc_images/pe1cmo_products.pdf
- <https://shop.amsat-dl.org/produkt/universeller-empfangsmischer-fuer-eshail-2-amsat-phase-4a>
- http://transverters-store.com/qo100_board.htm
- <https://ea5gvk-dmr.zigor.es/qo100-construyetelo-tumismo-por-ea7gib/>
- <https://ukamsat.files.wordpress.com/2019/03/on215-qo100-downconverter.pdf>

SDR's

- <https://www.sdrplay.com/rsp1a/>

SDR Console

- <https://www.sdr-radio.com/Software/Version3>

Referencias 2

ADALM PLUTO

- <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/adalm-pluto.html>
- <https://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/hardware-reference-design/circuits-from-the-lab/cn0417.html>
- <https://wiki.analog.com/university/tools/pluto/users>

UP-Converters

- <http://www.df9np.de/index.html>
- <https://www.sg-lab.com/TR2300/tr2300.html>
- <https://hides.en.taiwantrade.com/product/bu-500-13cm-up-converter-for-ssb-cw-fm-fm-atv-dvb-1618393.html>
- <http://dxpatrol.pt/index.php/kits>
- <https://www.minikits.com.au/eme227-12cm>
- http://hfprints.com/pe1cmo/rc_images/pe1cmo_products.pdf
- <https://f6bva.pagesperso-orange.fr/Technique/Satellite/Satellite.htm>
- <https://groups.io/g/Easy-100/topics>
- <http://www.df9np.de/>

Amplificadores Lineales 2,4 GHz

- <http://www.szedup.com/product-item/8w-wireless-wifi-signal-booster-broadband-amplifiers/>
- <https://www.sg-lab.com/AMP2400/amp2400.html>
- http://hfprints.com/pe1cmo/rc_images/pe1cmo_products.pdf
- <https://f6bva.pagesperso-orange.fr/Technique/Satellite/Satellite.htm>

Desarrollos Diversos

- <https://ea5gvk-dmr.zigor.es/qo100-construyetelo-tu-mismo-por-ea7gib/>
- <https://ea3cno.wordpress.com/2019/04/15/satelite-eshail-2/>
- <https://f6bva.pagesperso-orange.fr/Technique/Satellite/Satellite.htm>

Información sobre Coaxiales

- <http://www.w4rp.org/ref/coax.html>

Equipos de Medida y GPSDO

- http://www.leobodnar.com/shop/index.php?main_page=product_info&cPath=107&products_id=301
- https://github.com/EA5IOT/EA5IOT_GPSDO