



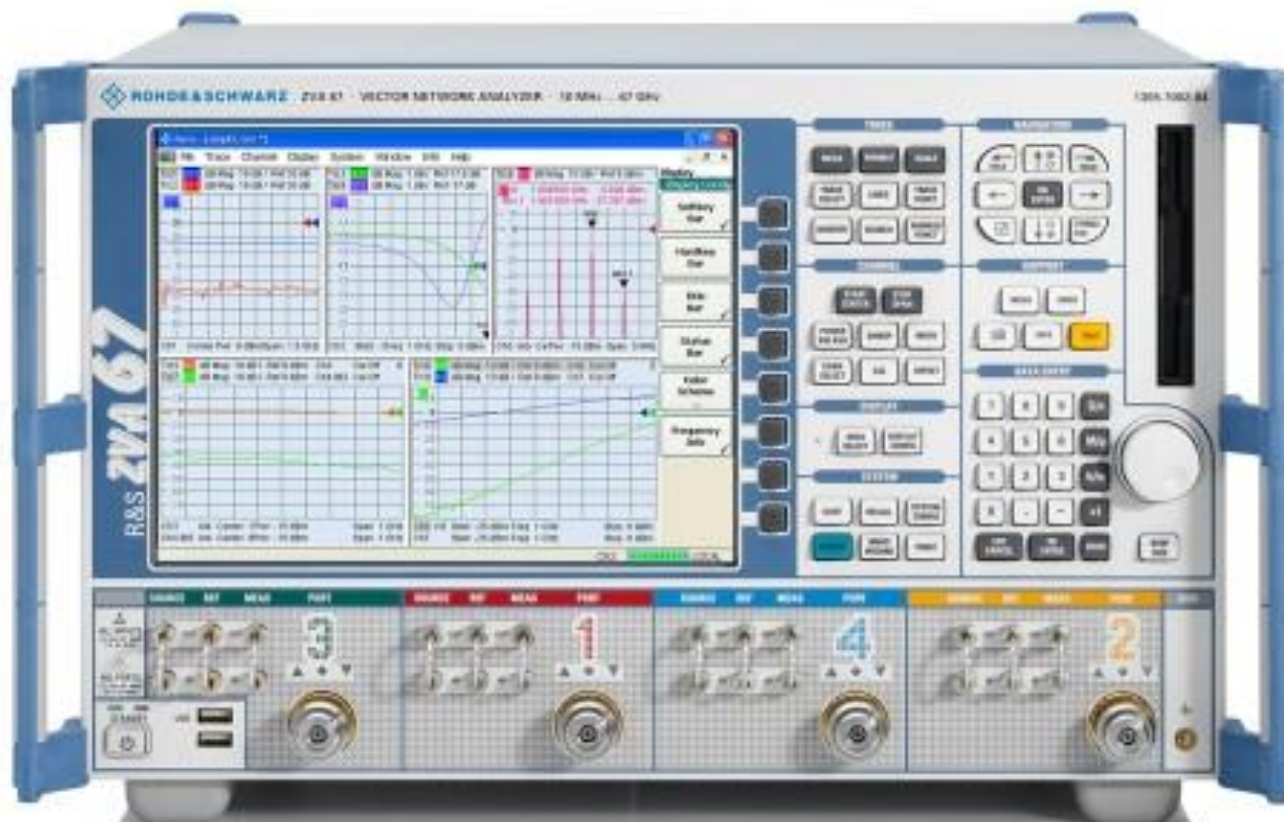
APLICACIONES PRÁCTICAS DEL ANALIZADOR VECTORIAL VNWA de DG8SAQ

ALEJANDRO FERNÁNDEZ – EA4BFK

Agenda

- ¿Qué es un Analizador Vectorial?
- Un poco de Teoría
- Analizador Vectorial VNWA (DG8SAQ)
 - Principios de Funcionamiento
 - El Software
 - Calibración, Planos de Referencia y Planos de Medida
- Aplicaciones de 1 Puerto
 - Antenas
 - Medición LCR y Xtal
 - Reflectometría en el Dominio del tiempo
- Aplicaciones de 2 Puertos
 - Análisis de Filtros
 - Análisis de amplificadores
- Otras aplicaciones del VNWA

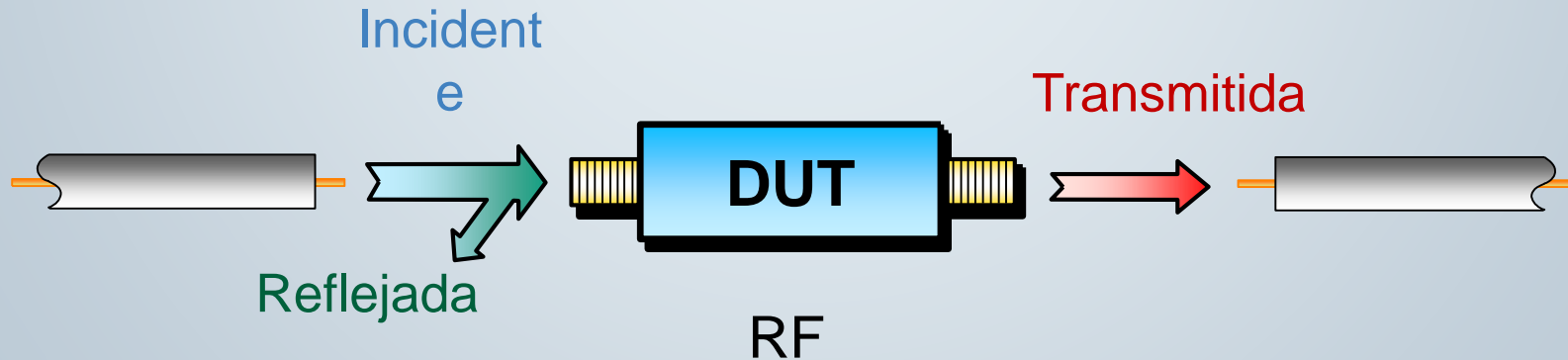
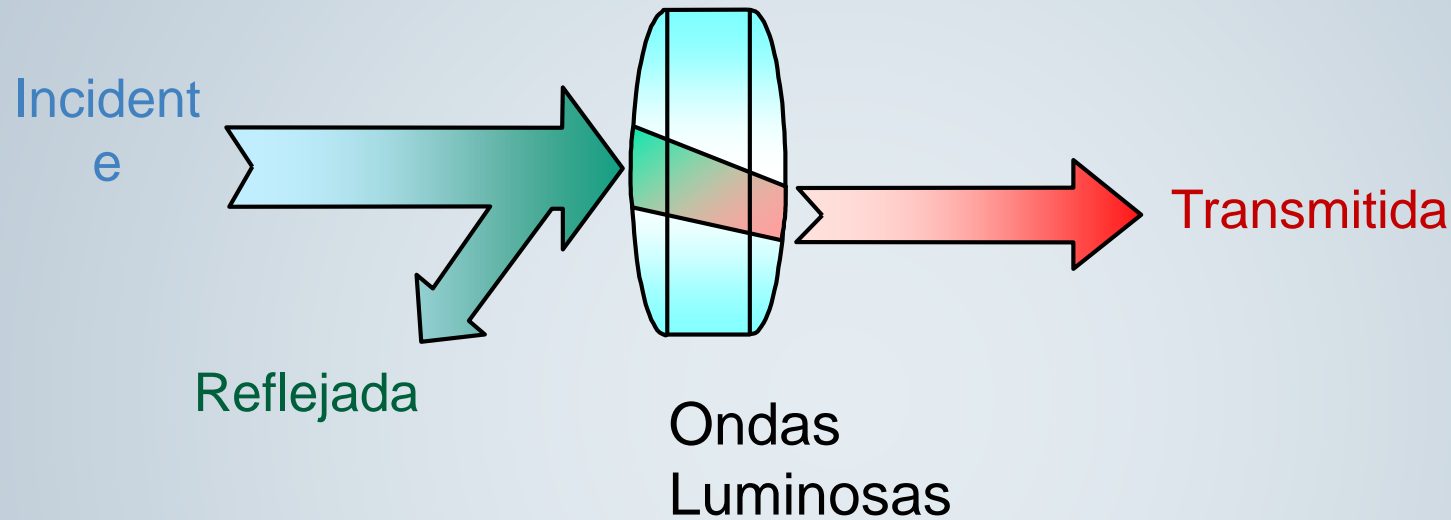
¿Qué es un Analizador Vectorial?



- La suma de todos ellos, y mucho mas...
- Permite medir magnitudes de Amplitud y Fase de líneas, componentes y circuitos de RF
- Un instrumento altamente versatil
- Un instrumento divertido, educativo y muy ADICTIVO !!!

Un poco de Teoría

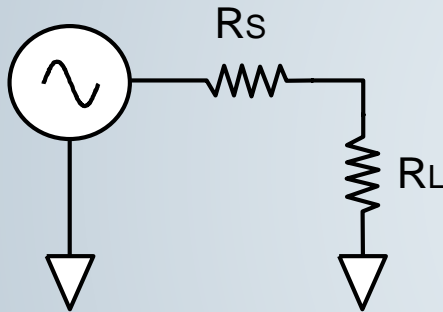
Analogía entre la Óptica y el comportamiento de la Radio Frecuencia



Un Poco de Teoría

Impedancia = Resistencia

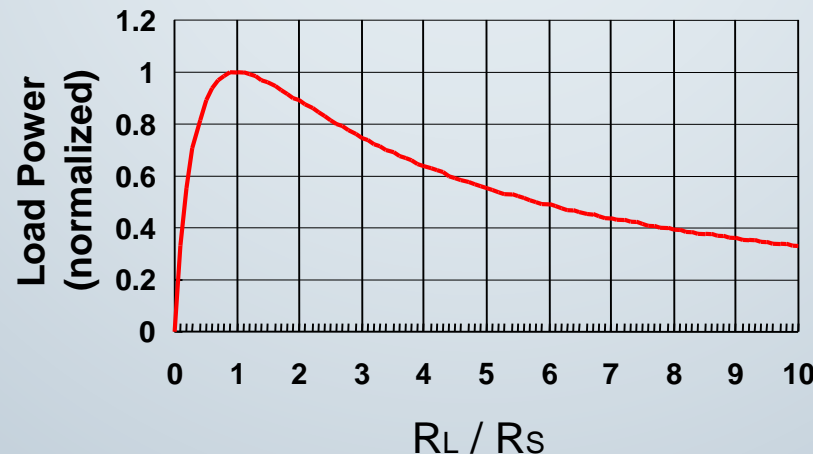
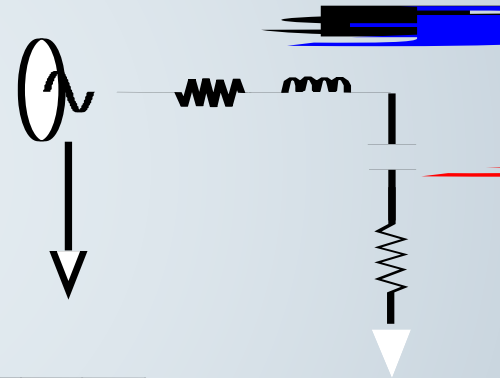
La máxima transferencia de potencia se logra cuando la Impedancia de Carga (R_L) es igual a la impedancia del generador (R_S)



Impedancia = Resistencia+Reactancia

La máxima transferencia de potencia de RF se logra cuando la Impedancia de Carga (Z_L) es igual a la impedancia del generador (Z_S).

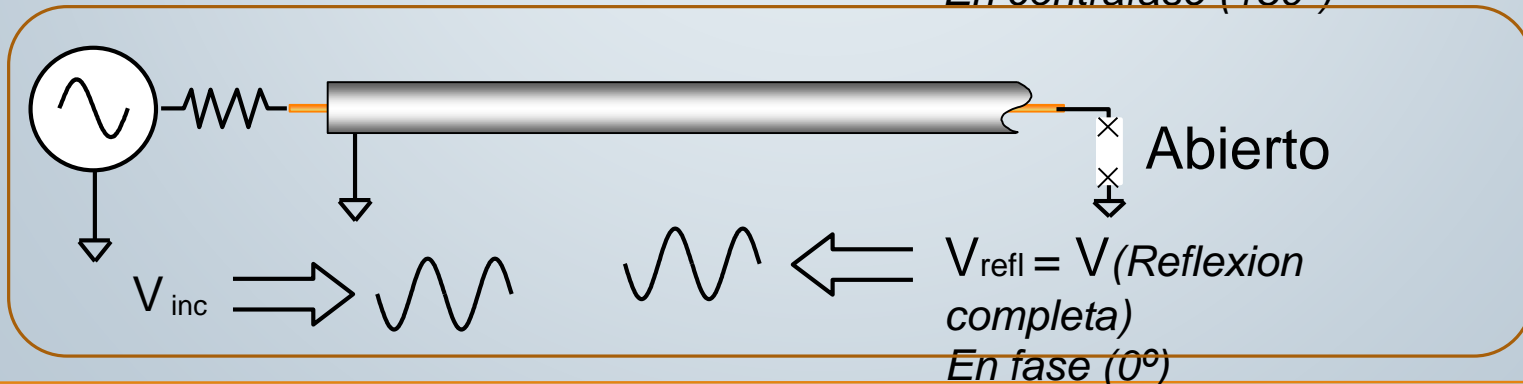
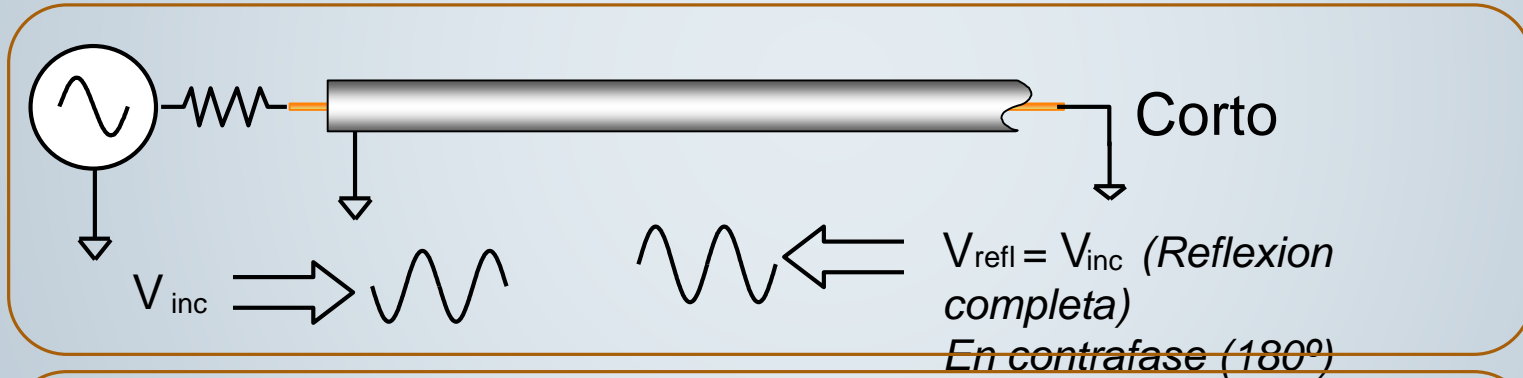
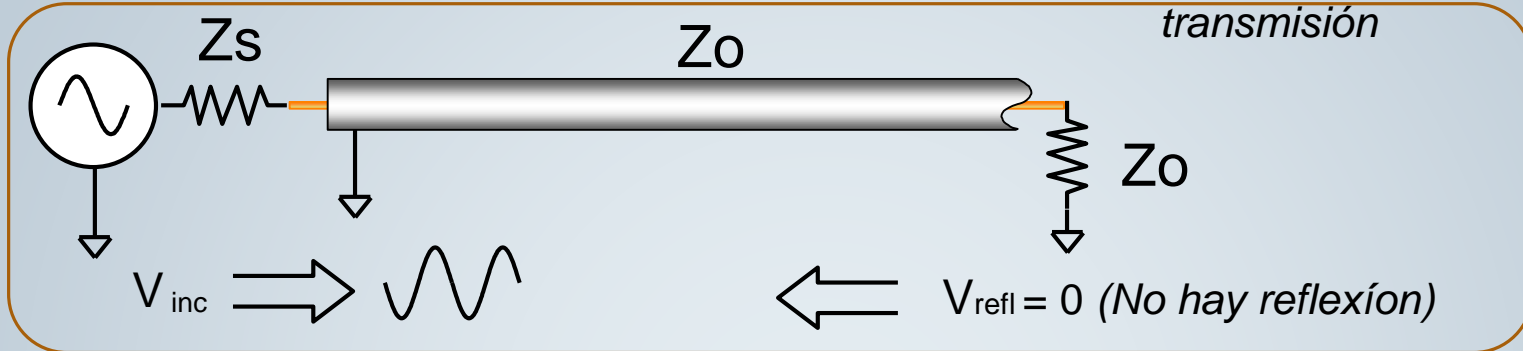
Adaptación conjugada



Un Poco de Teoría

Líneas de Transmisión e Impedancia de carga

Z_0 = Impedancia línea transmisión



Un Poco de Teoría

Los parámetros de Reflexión

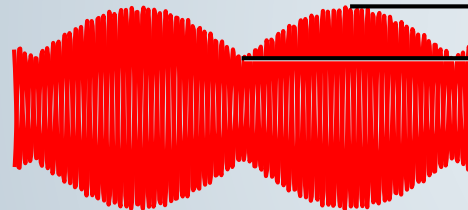
Coeficiente

de

Reflexión

$$\Gamma = \frac{V_{\text{reflejada}}}{V_{\text{incidente}}} = \rho \angle \Phi = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Return loss = $-20 \log(\rho)$, $\rho = |\Gamma|$



Voltage Standing Wave Ratio

$$\text{VSWR} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

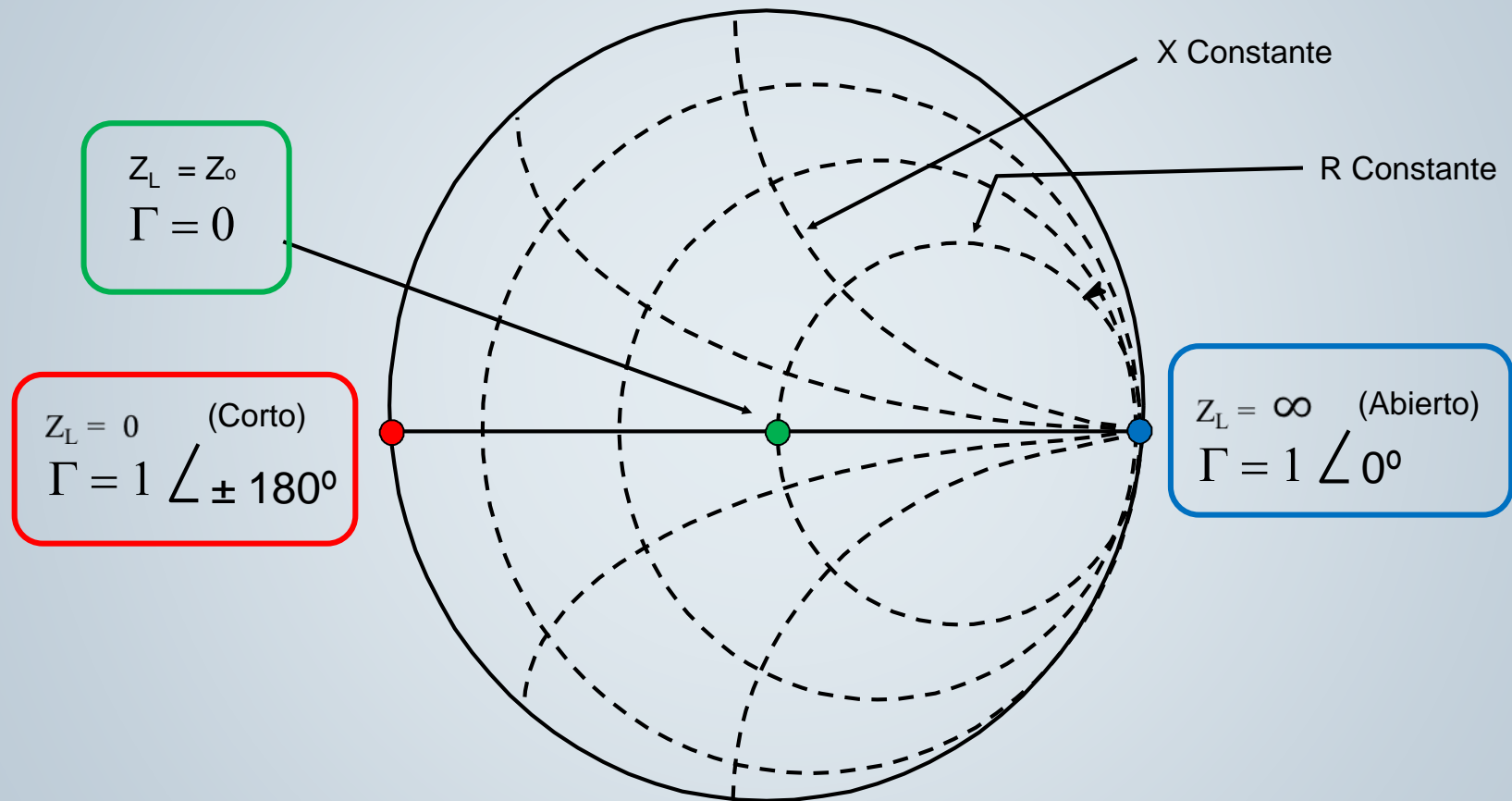
Sin reflexión
($Z_L = Z_0$)

Reflexión Total
($Z_L = \text{Abierto, Cortocircuito}$)

| | | |
|-------------|--------|----------|
| 0 | ρ | |
| ∞ dB | RL | 0 dB |
| 1 | VSWR | ∞ |

Un Poco de Teoría

Los parámetros de Reflexión – Chart de Smith



Un Poco de Teoría

Los parámetros de Transmisión



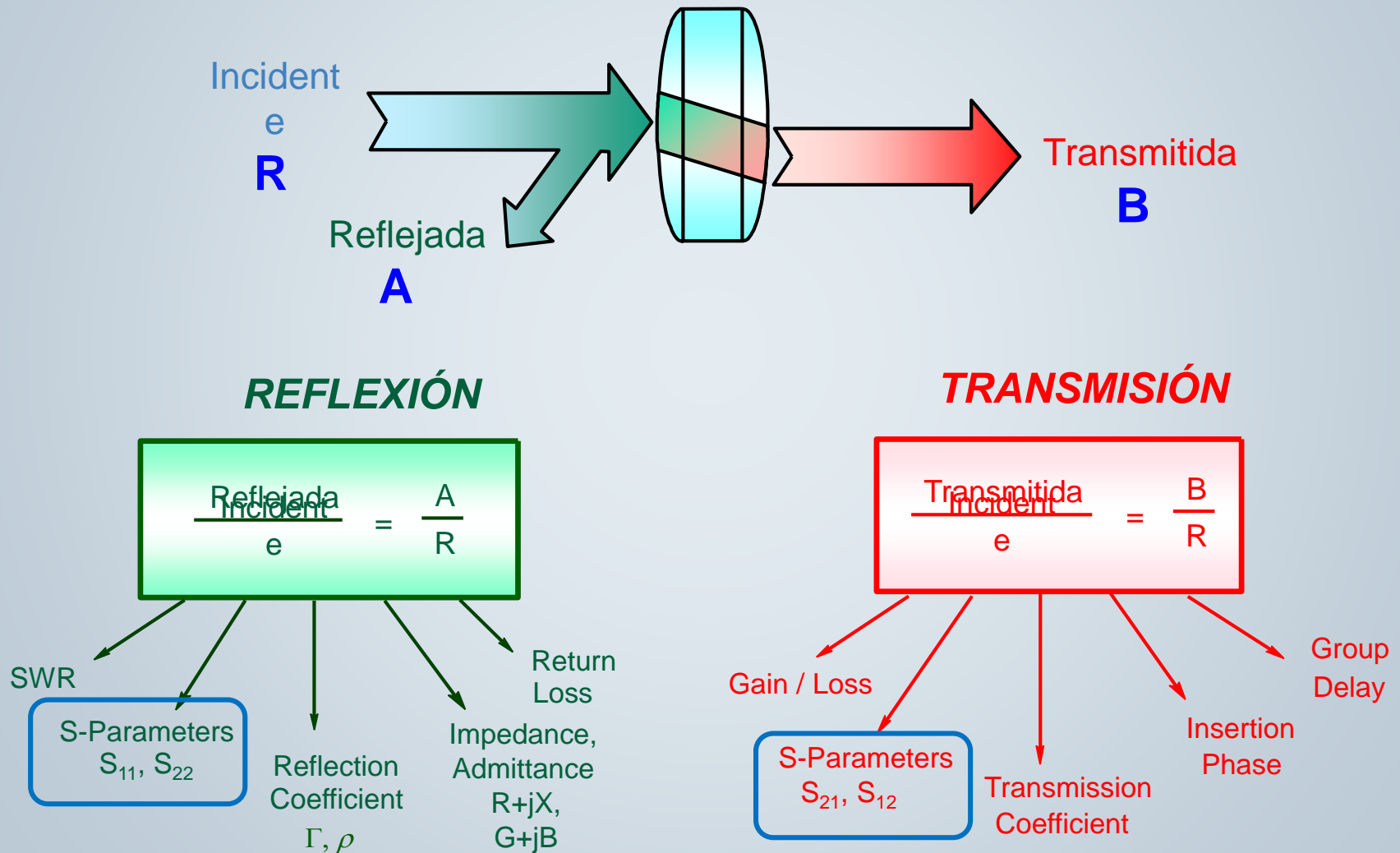
$$\text{Coeficiente Transmisión} = T = \frac{V_{Trans}}{V_{Incid}} = \tau \angle \phi$$

$$\begin{array}{l} \text{Pérdida Inserción (dB)} \\ \text{Log} \end{array} = -20 \log \left| \frac{V_{Trans}}{V_{Incid}} \right| = -20 \log \tau$$

$$\begin{array}{l} \text{Ganancia (dB)} \\ \text{Log} \end{array} = 20 \log \left| \frac{V_{Trans}}{V_{Incid}} \right| = 20 \log \tau$$

Un Poco de Teoría

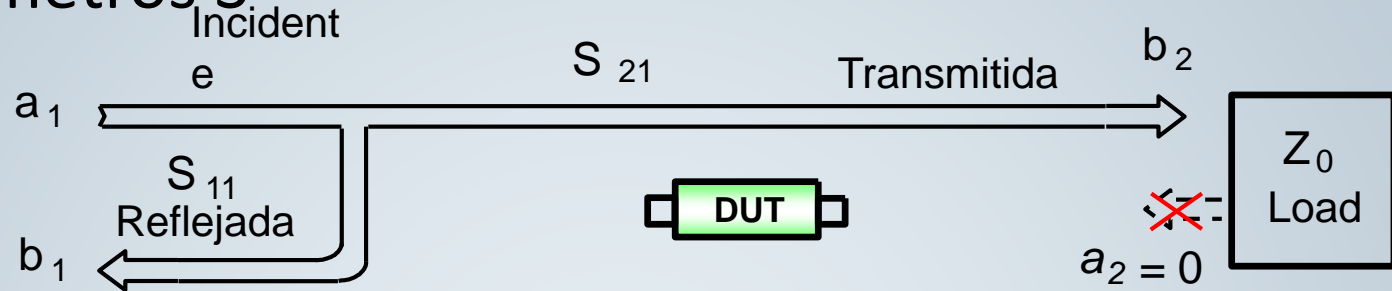
Caracterización de Dispositivos en RF



Un Poco de Teoría

Los parámetros S

Directo



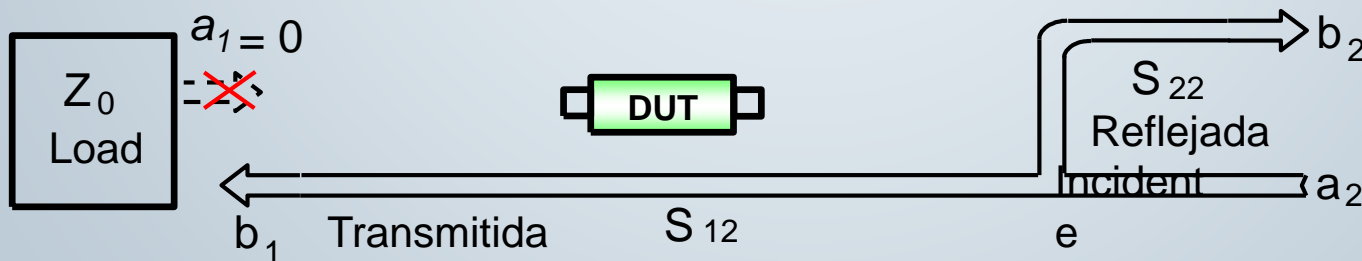
$$S_{11} = \frac{\text{Reflejada}}{\text{Incidente}} = \frac{b_1}{a_1} \Big|_{a_2 = 0}$$

$$S_{21} = \frac{\text{Transmitida}}{\text{Incidente}} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2 = 0}$$

$$S_{22} = \frac{\text{Reflejada}}{\text{Incidente}} = \frac{b_2}{a_2} \Big|_{a_1 = 0}$$

$$S_{12} = \frac{\text{Transmitida}}{\text{Incidente}} = \frac{b_1}{a_2} \Big|_{a_1 = 0}$$

Inversa



Un Poco de Teoría

Los parámetros S - ¿Por qué usarlos?

- Relativamente fáciles de medir mediante un Analizador Vectorial
- Están relacionados con medidas habituales (Ganancia, Pérdida de inserción, coeficiente de reflexión, SWR, ...)
- Se pueden encadenar los parámetros S de múltiples dispositivos para predecir el comportamiento de un sistema o circuito
- Se exportan e importan los datos en formatos standard para emplearlos en herramientas de simulación.

S_{11} = Coeficiente de reflexión Directa (***Adaptación de Entrada***)

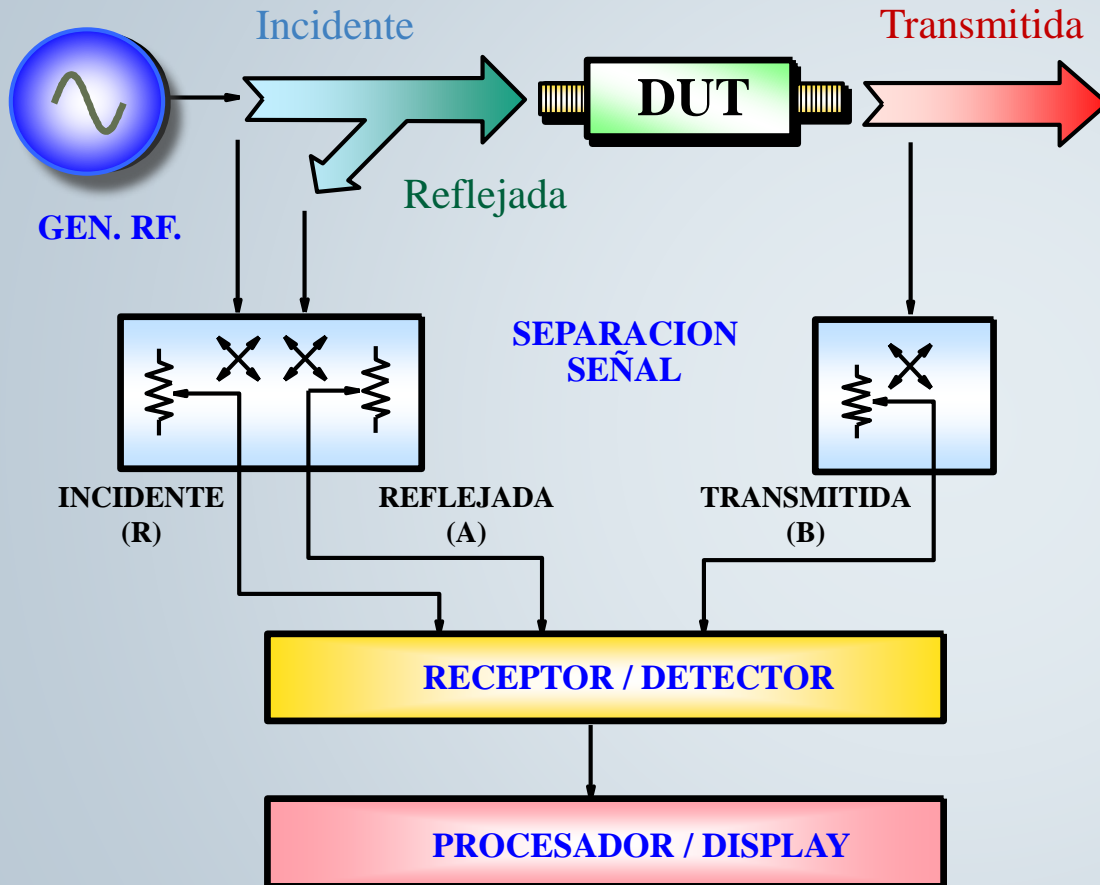
S_{22} = Coeficiente de reflexión Inversa (***Adaptación de Salida***)

S_{21} = Coeficiente de Transmisión (***Ganancia o Pérdidas***)

S_{12} = Coeficiente de Transmisión Inversa (***Aislamiento Salida Entrada***)

¿Qué es un Analizador Vectorial?

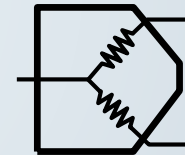
Diagrama de Bloques de un VNA



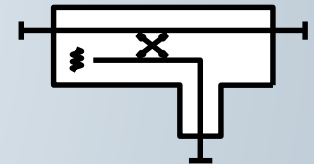
DUT (Device Under Test):
Dispositivo a medir

Separación de Señal:

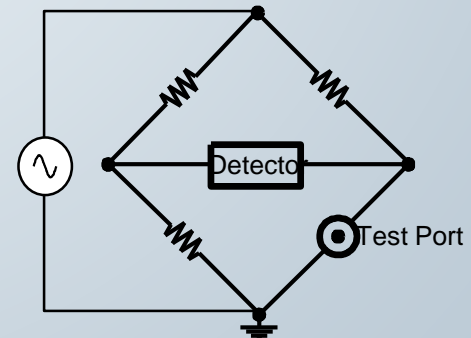
- Separa señal incidente y reflejada
- Mide señal incidente como referencia
- Diferentes tipos:



Splitter



Acoplador
Direccional



Puente

Analizador Vectorial VNWA (DG8SAQ)

Evolución:

➤ 2007 VNWA 1

Prueba de Concepto

Rango :1Khz – 160Mhz

Revista QEX 2007



➤ 2009 VNWA 2.X

Kits y Montados

Rango: 1Khz – 1,3Ghz

Interface USB



➤ 2012 VNWA 3 / 3E

Rango: 1Khz – 1,3Ghz

TCXO / Multiplicador Clock DDS por PLL

E: Expansión 2º CODEC de Audio

Entrada Reloj externo. GPSDO

<http://www.sdr-kits.net>



Analizador Vectorial VNWA (DG8SAQ)

Caraterísticas:

- Coverage from 1 kHz to 1300 MHz:
- Up to 500 MHz with dynamic range of up to 90dB Useful performance up to 1.3 GHz with reduced (50dB) dynamic range and accuracy
- S-Parameter S11, S12, S21 & S22, VSWR, Smith Chart
- Component Measurements Resistance, Admittance Capacitance, Inductance & Quality Factor (Q)
- Time domain & Gating in Time domain - Distance to Fault (DTF) measurement
- Import and Export of Touchstone files (S1P - S2P - S3P)
- Logarithmic and Listed sweep: up to 8192 points with sampling time adjustable from 0.2mS to 100mS
- Network Matching Tool, Complex Calculator & Crystal Parameter tool
- User defined S-parameter calculator - Zplot & Excel application Support
- Basic Spectrum Analyzer - useful up to 100 MHz
- Basic Signal Generator - max RF Output as signal generator -17dBm - no harmonic filtering
- Power requirement - USB 1.1 or USB 2 Interface 5V DC max 400mA
- 12 MHz TCXO Master Clock - stability of +/-2 ppm
- Microprocessor: Atmel ATmega 328P with - 16K Flash memory - clocked at 16 MHz
- Connectors: SMA x 2, Mini USB-B
- Power requirement - USB 1.1 or USB 2 Interface 5V DC max 400mA
- Dimensions: Width 10.4 cm, Depth 8.0 cm, Height 4.6 cm, Weight 0.35 Kg
- CE and RoHS Compliant

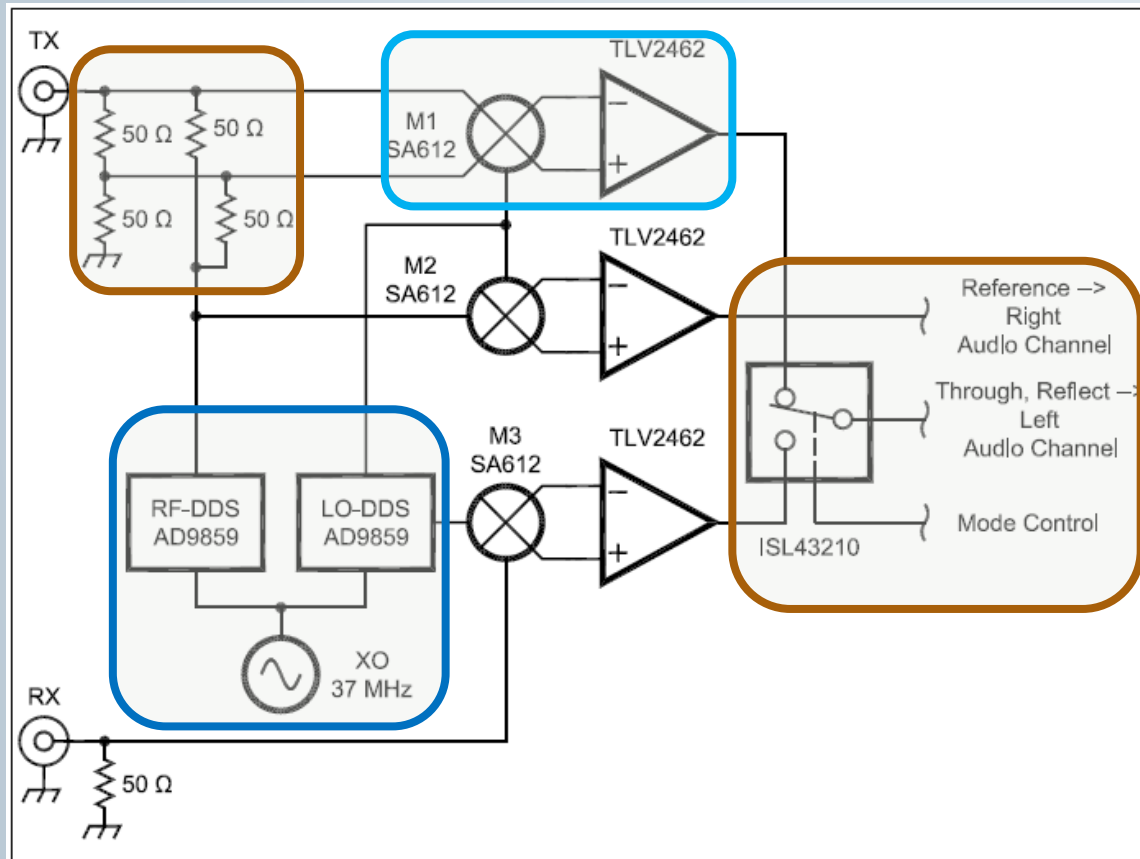


<http://www.sdr-kits.net>

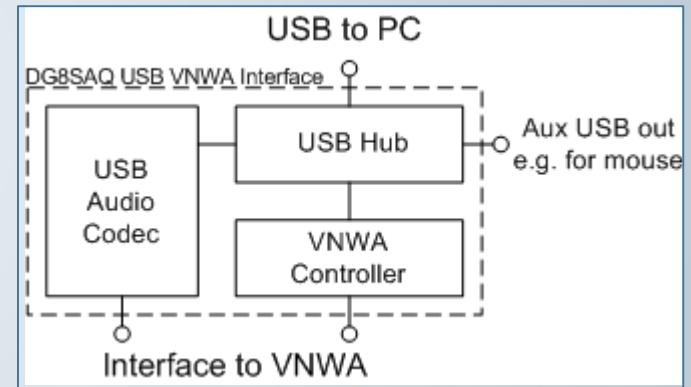
Analizador Vectorial VNWA (DG8SAQ)

Diagrama de Bloques del VNWA

Sección de RF / FI (12Khz)

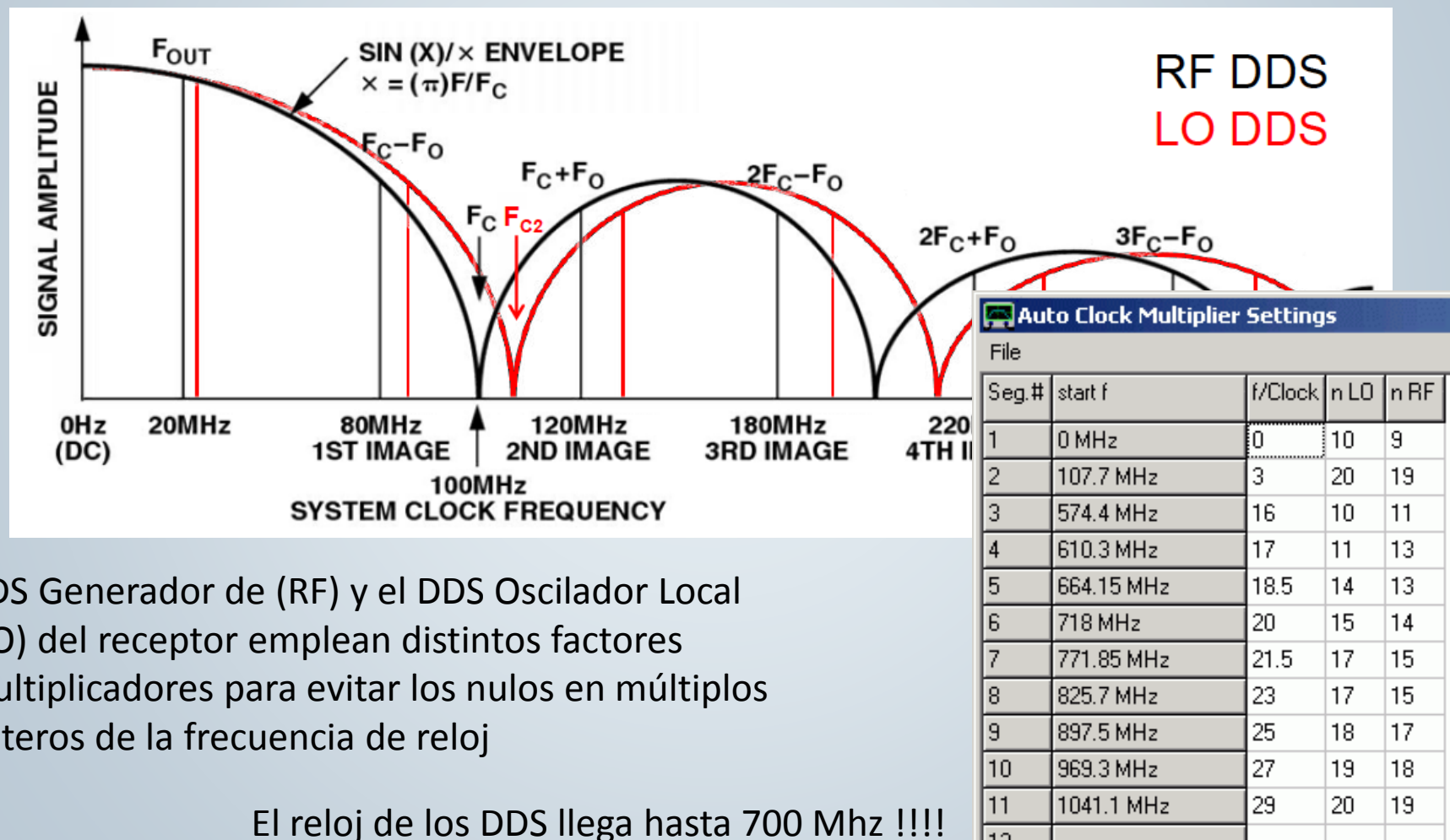


Adaptador USB VNWA



Analizador Vectorial VNWA (DG8SAQ)

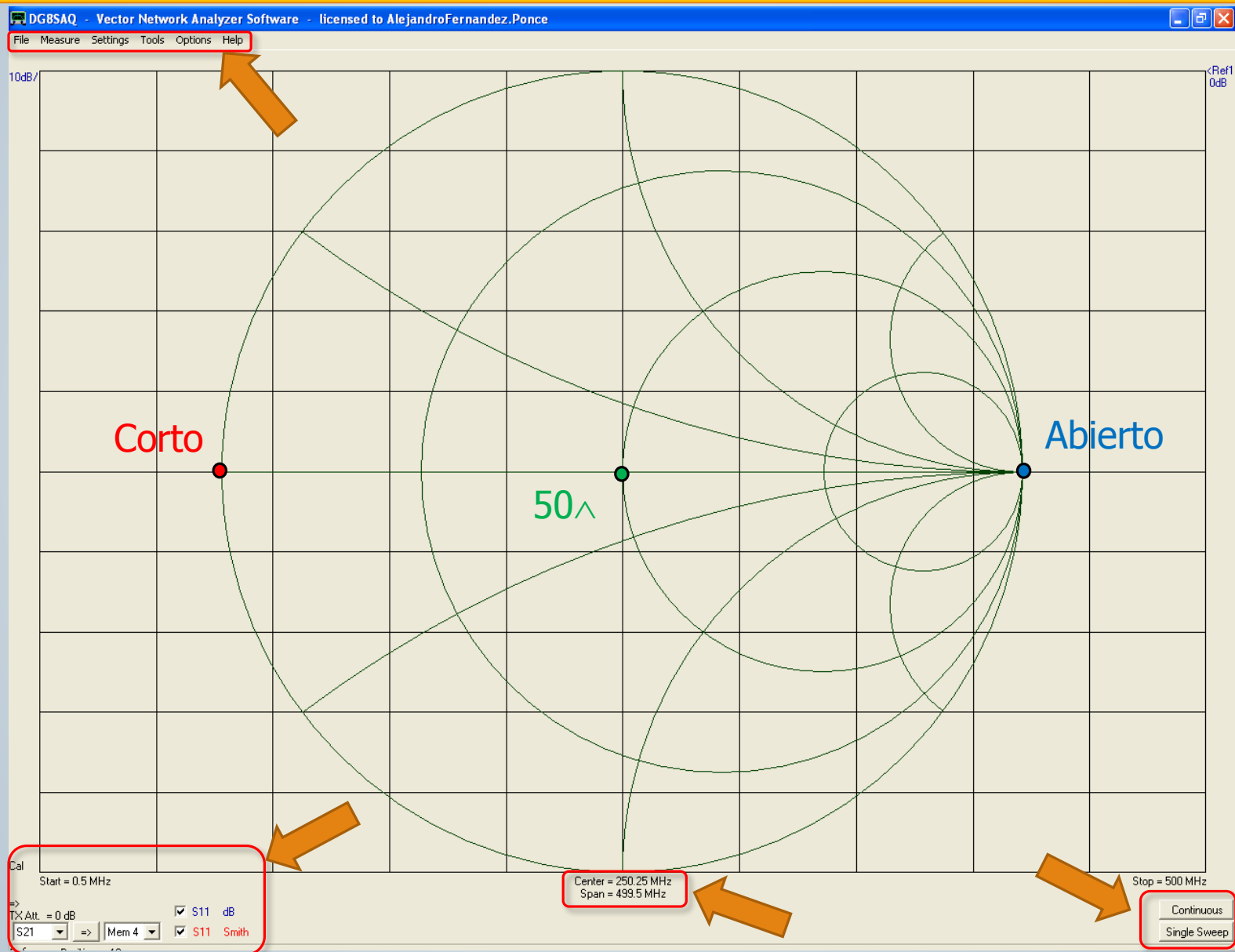
Osciladores RF y LO mediante DDS AD9859 o AD9951



DDS Generador de (RF) y el DDS Oscilador Local (LO) del receptor emplean distintos factores multiplicadores para evitar los nulos en múltiplos enteros de la frecuencia de reloj

El reloj de los DDS llega hasta 700 Mhz !!!!

VNWA - Software



VNWA – Calibración

➤ Para realizar una medición siempre es necesario calibrar el instrumento para corregir los errores:

- Errores del Equipo
- Errores introducidos por los coaxiales y conectores empleados
- Errores debido a la distancia entre el conector y el dispositivo a medir

➤ Kit de Calibración

- (S) Conector en Corto
- (O) Conector en Abierto
- (L) Carga 50Ω
- (T) Conector Doble



➤ Con características eléctricas bien determinadas

VNWA – Calibración

➤ Ayudas clave:

- Manual de Calibración en Español : José Antonio - EA7BIA

(<http://sdr-kits.net/VNWA/Calibracion-del-VNWA3-EA7BIA.pdf>)

- Características del Kit de Calibración: Kurt - OZ7OU

(<http://www.hamcom.dk/VNWA/>)

SDR-Kits - Amphenol Connex CAL Standards for the DG8SAQ VNWA

by Kurt Poulsen OZ7OU

Revision 4 Oct-2014 - Page1

Female Calibration Kit

CII=50 fF
Delay= - 50ps
Load
50 ohm
69.20ps(VHF)
68.67ps(1MHz)
Position of the Physical Short
Short
51.54ps(VHF)
51.43ps(1MHz)
As Thru
As Open
1.35ps
Endpoint Radiation
Connector Reference Planes
S11 and S21 Calibration Reference Plane
S11 delay=51.6ps as open standard

Male Calibration Kit

CII=95 fF
Delay= - 15ps
Load
50 ohm
17.24ps(VHF)
17.10ps(1MHz)
Position of the Physical Short
Short
78.10ps(VHF)
77.90ps(1MHz)
S21
4.5ps
Thru

SMA Male-Female Adaptor

For protection of the VNWA TX and RX Ports
Delay=56,75ps

On this sheet you will find the settings required in "Calibration Settings" and "Simple SOLT" for the Reflection (S11/S22) and Transmission (S21/S12) calibrations. Find on page 2 arbitrary calibration settings.

- Please note that if you want to calibrate to the Reference plane of the VNWA Female TX SMA connector on the cabinet, then use the settings for the "SMA Male Reference Plane".
- When using testcables and measuring both S11 and S21, then the Thru adaptor is used, during S21 calibration, but removed during real measurements. To compensate for the changed transmission delay between the TX and RX port, you have to enter the delay for the Thru adaptor in the calibration settings. When doing so the reference planes for both reflection and transmission remain "in sync" at the chosen testcable's calibration plane.
- When the test cables have male SMA at the testing end, the Female Calibration Kit data is used, and likewise for female SMA the Male Calibration Kit data is used.
- Do not use the Crosstalk Calibration for general use.
- Always set Delay Thru to 0 ps else transmission and reflection is not "in sync" any longer.

VNWA – Calibración

➤ Ayudas clave:

- Manual de Calibración en Español : José Antonio - EA7BIA

(<http://sdr-kits.net/VNWA/Calibracion-del-VNWA3-EA7BIA.pdf>)

- Características del Kit de Calibración: Kurt - OZ7OU

(<http://www.hamcom.dk/VNWA/>)

Female Calibration Kit

Short 69.2ps(VHF) 68.67ps(1MHz)

Open

Load

Thru

Calibration to SMA Male Reference Plane

Calibration Settings

General Settings | Simple SOLT Model Settings | SOLT Simulation Settings | Special Settings | Measure

OSL Calibration Standard Setup

OPEN: Delay = **-103.2** ps => one way electrical length = **-10.836mm**

SHORT: Delay = **-138.4** ps => one way electrical length = **-14.532mm**

LOAD: R = **50.00** Ohms C II = **50** fF

Note: The Delays above are correction values, i.e. the NEGATIVE of the delays of the standards!

THRU Calibration Standard Setup

THRU: Transmission Factor = **1** => attenuation = 0.000 dB

THRU: Transmission Delay = **51.54** ps => electrical length = **10.823mm**

A few Hints:

The calibration Plane can be moved forward and backward by using Measure/Port Extensions. Port 1 used for the forward direction (S11 and S21), and Port 2 used for the reverse direction (S22/S12). During reverse direction the DUT is reversed. For a positive delay the Calibration Plane is moved away from the TX port and Vice Versa. If the TX level is changed the calibration is also changed slightly. **READ ALSO THE HELP FILE**

If using an empty Thru adaptor (no center conductor no PTFE insert) then the SMA male is used as the Open standard. Thus the delay - 5ps used. In calibration setting use 2x - 5ps=-10ps.

VNWA – Calibración

DG8SAQ - Vector Network Analyzer Software - licensed to Alejandro Fernandez Ponce

File Measure Settings Tools Options Help

10dB/ <Ref1 0dB

Proceso de Calibración

1. Rango de Frecuencias
2. Control de barrido (puntos y duración) !!!
3. Verificar Extensiones de Puertos a 0

Input

Start: 0.1 Stop: 1300 Unit: MHz

Center: 650.05 MHz Span: 1299.9 MHz

Sweep Mode: Linear # X-Divisions: 10 OK

Mouse Wheel Increments for ...

Center, Start, Stop

1 MHz 1 MHz

VNWA Sweep Settings

Sweep Control

Number of Datapoints = 5000

Measurement Time:

Time per sweep = 20.00 secs

Time per data point = 4.00 ms

Sweep Progress Display

☒ Progress Bar On ☐ Progress Text On

Progress Bar Color

Port Extensions

Ext. Port 1: 0 ps = 0 m

Ext. Port 2: 0 ps = 0 m

Velocity Factor: 0.7 ☐ Port Ext. ON

Start = 0.5 MHz Center = 250.25 MHz Span = 499.5 MHz Stop = 500 MHz

TX Att. = 0 dB S11 dB S11 Smith

Continuous Single Sweep

VNWA - Calibración

DG8SAQ - Vector Network Analyzer Software - licensed to Alejandro Fernandez Ponce

File Measure Settings Tools Options Help

10dB/

Proceso de Calibración
4. Calibrar

Full Calibration

Exit Calibration Master Calibration Cal Kit

Calibration Menu Correction Schemes

Cal Kit = Amphenol_Cal_Kit.ckf

Measurement Direction
☒ Forward ☐ Reverse

Reflect Calibration

Short Open Load Cal ☐ on / off

Thru Calibration

Crosstalk Cal ☐ on / off

Thru Cal ☐ on / off

Thru Match Cal ☐ on / off

Invalidate All Thru Calibrations

Swap Process

Puerto 1 Puerto 2

Cal

Start = 0.5 MHz Center = 250.25 MHz Span = 499.5 MHz Stop = 500 MHz

TX Att = 0 dB S11 dB S11 Smith Mem 4

Continuous Single Sweep

Calibration

Connect SHORT to NWA output!

Aceptar Cancelar

VNWA – Calibración

DG8SAQ - Vector Network Analyzer Software - licensed to AlejandroFernandez.Ponce

File Measure Settings Tools Options Help

10dB/

Proceso de Calibración
4. Calibrar

Full Calibration

Exit Calibration Master Calibration Cal Kit

Calibration Menu

Cal Kit = Amphenol

Reflect Calibration

Cal ☒

LISTO

Cal

Start = 0.5 MHz

Center = 250.25 MHz

Span = 499.5 MHz

Stop = 500 MHz

TX Att. = 0 dB

S21

Mem 4

S11 dB

S11 Smith

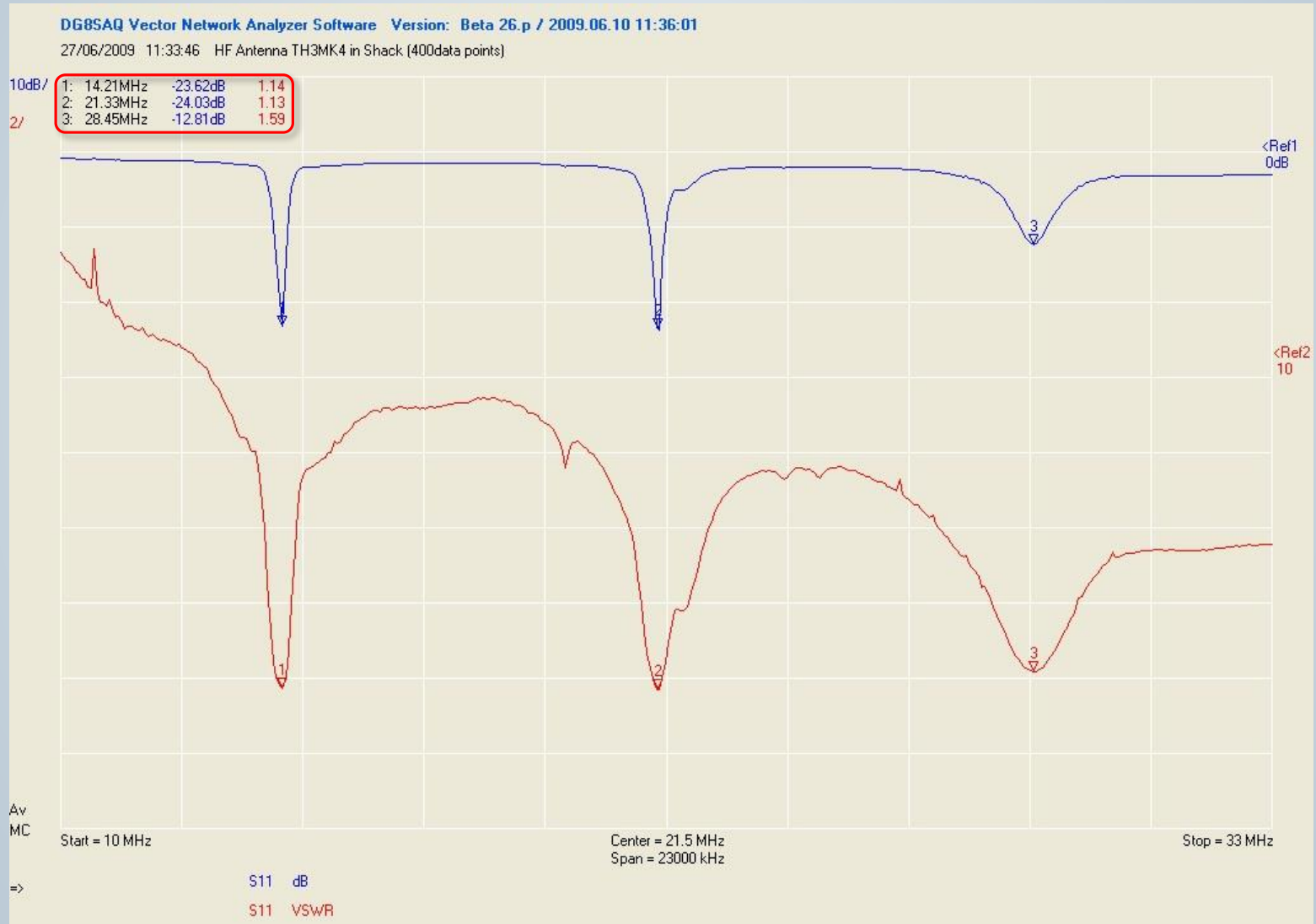
Continuous

Single Sweep

A cartoon illustration of a man in a green tank top and blue shorts, looking down at a scale with a red apple in his hand. He appears to be waiting for a result, which is emphasized by the large 'LISTO' (Ready) text overlay.

Aplicaciones 1 Puerto

➤ Medida y Análisis de Antenas (TH3MK4)



Aplicaciones 1 Puerto

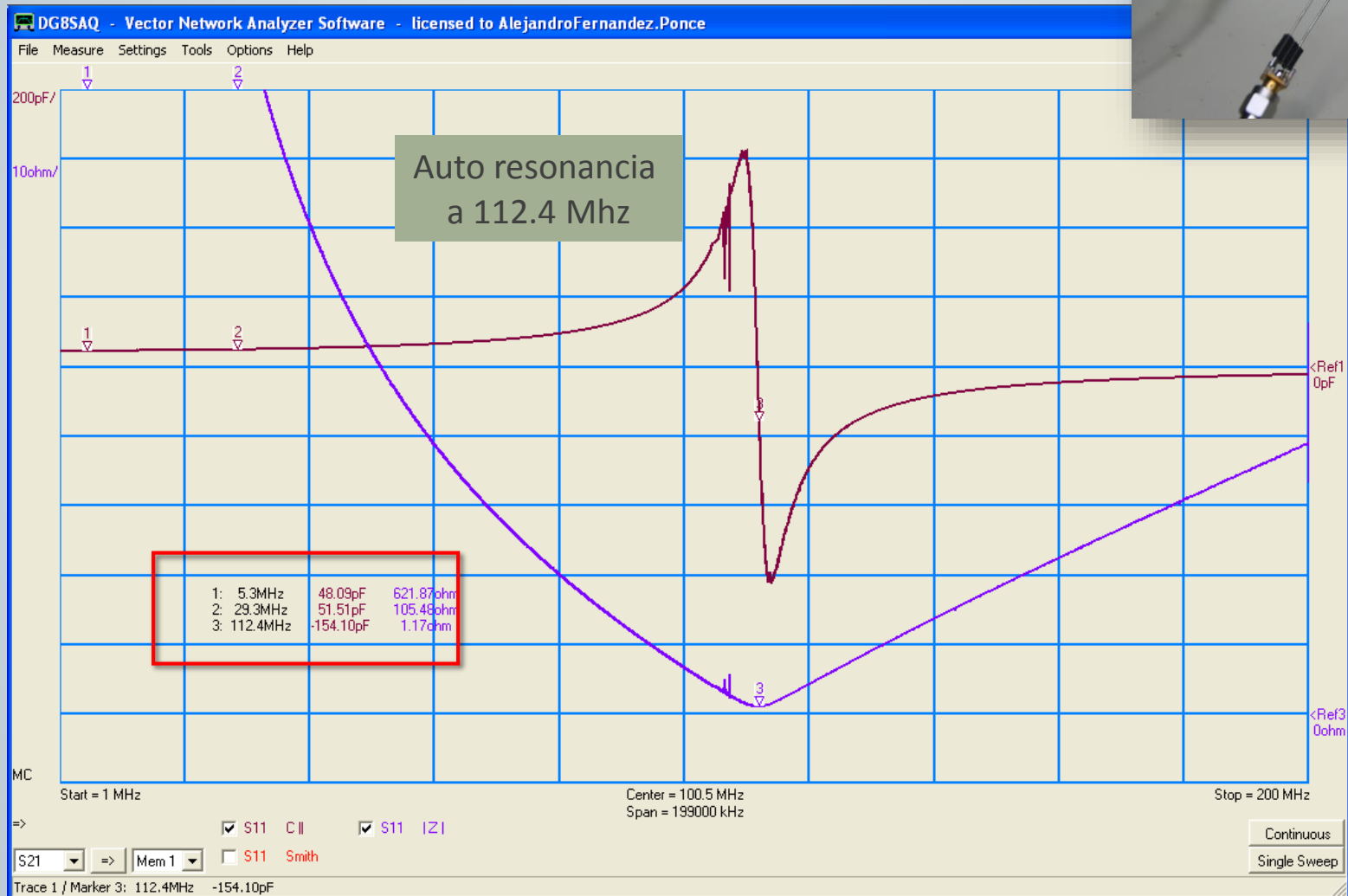
➤ Medida y Análisis de Antenas (Dipolo 40m ???)



Aplicaciones 1 Puerto

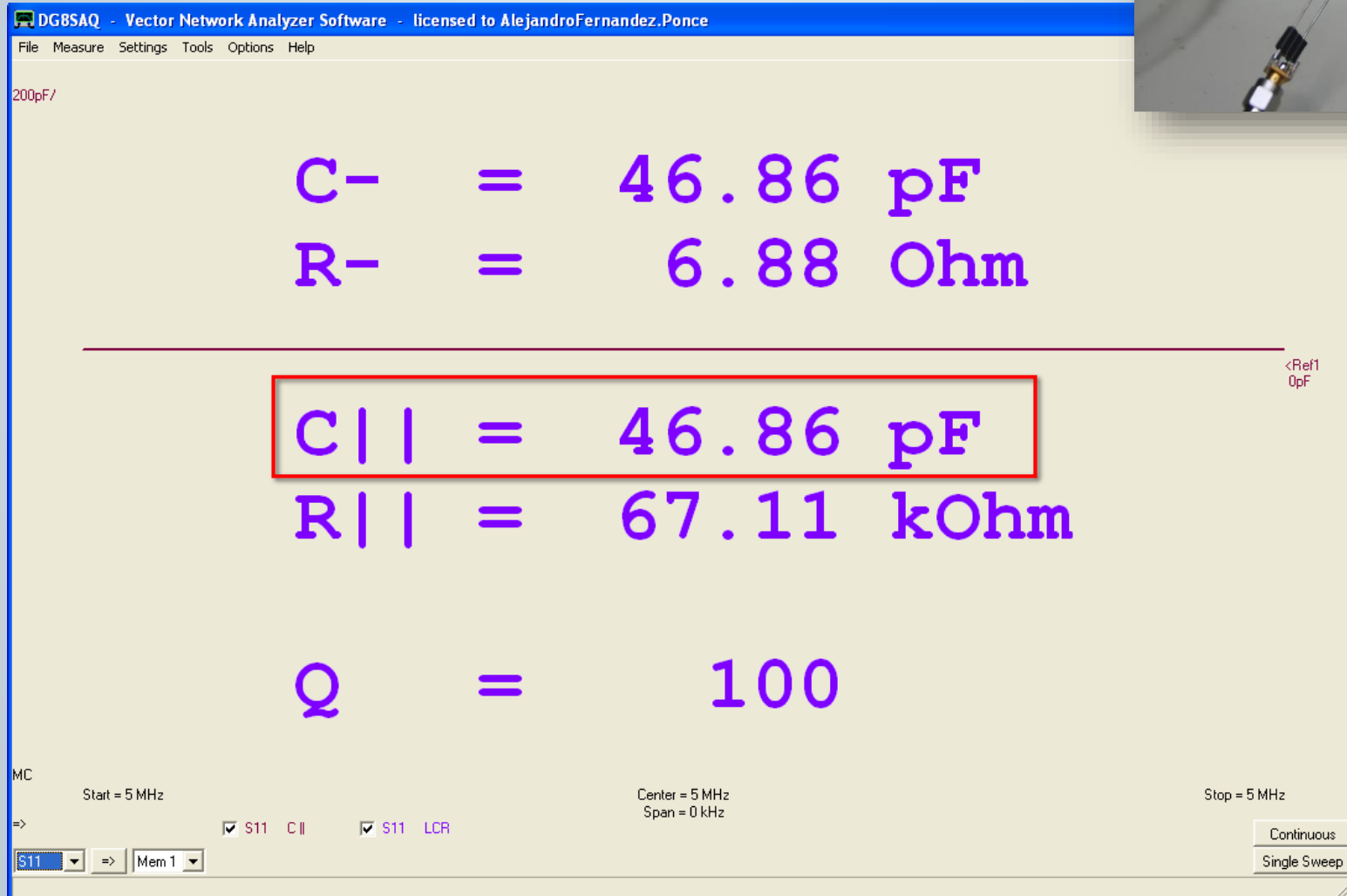
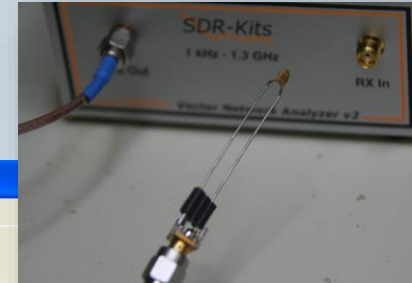
➤ Medida de Componentes

Condensador 47pF. Fcia= 1 a 200 Mhz



Aplicaciones 1 Puerto

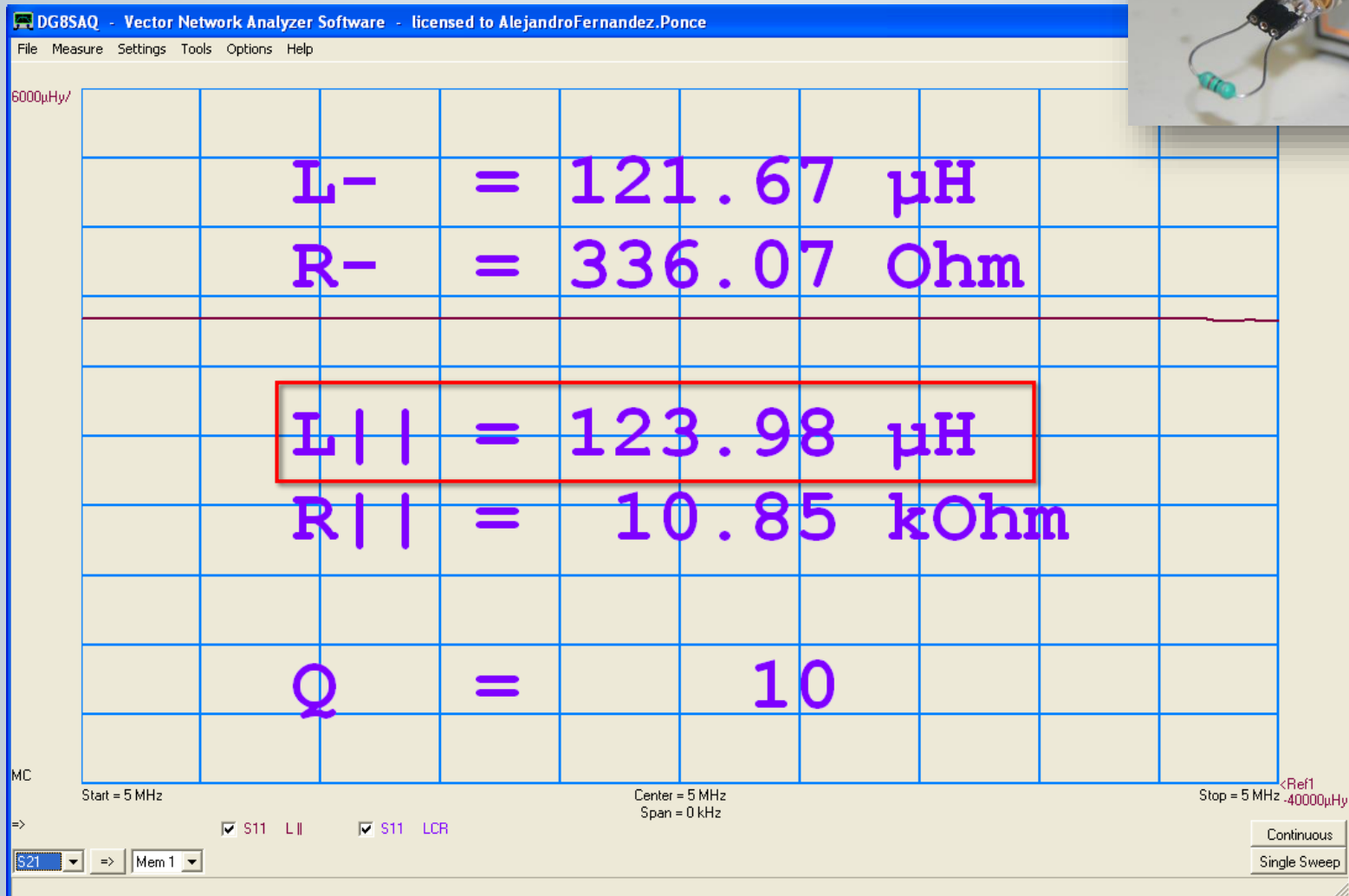
- Medida de Componentes
Condensador 47pF. Fcia= 5 Mhz (Span=0)



Aplicaciones 1 Puerto

➤ Medida de Componentes

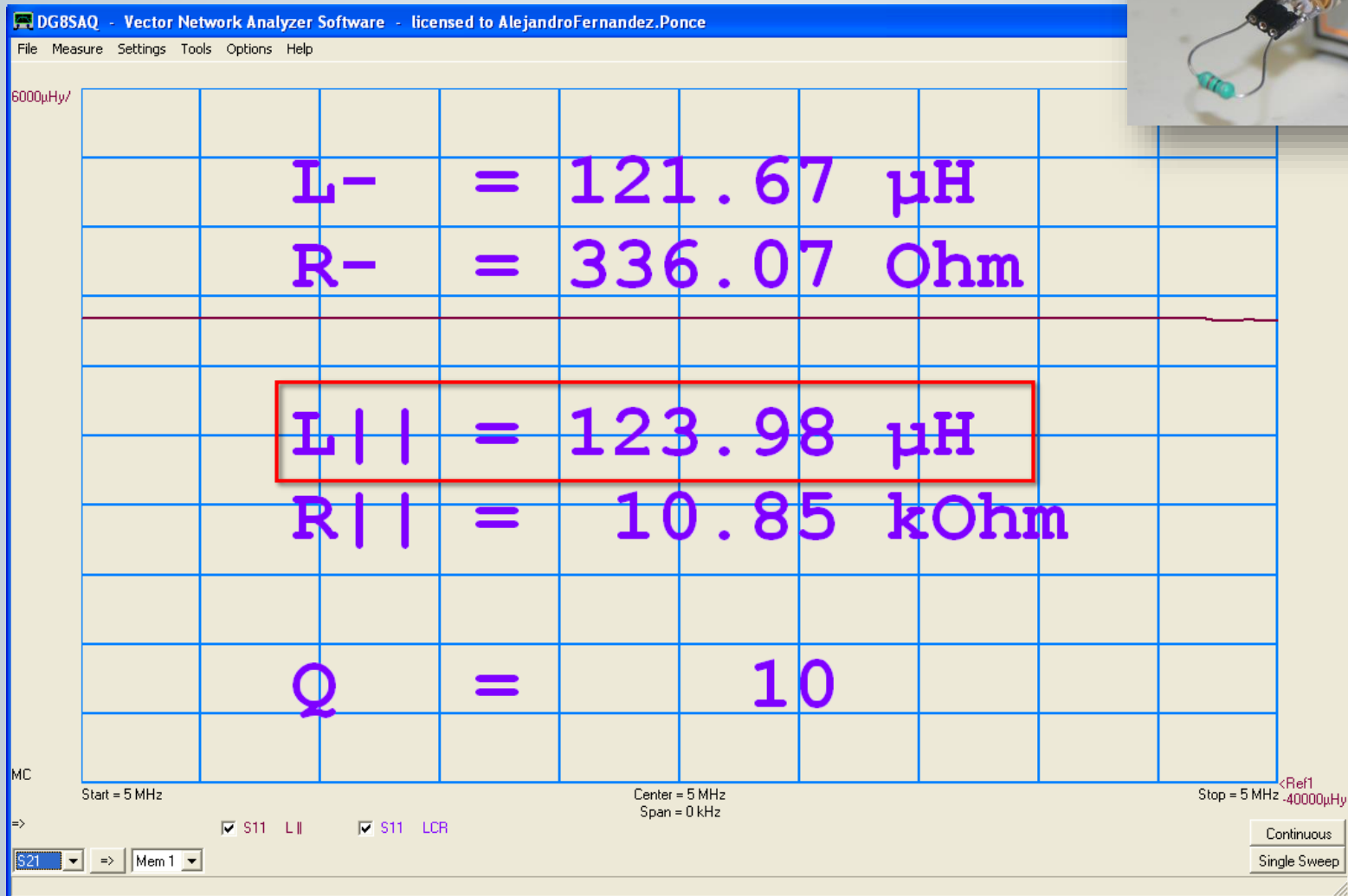
Inductor: 120uH. Fcia= 5 Mhz (Span=0)



Aplicaciones 1 Puerto

➤ Medida de Componentes

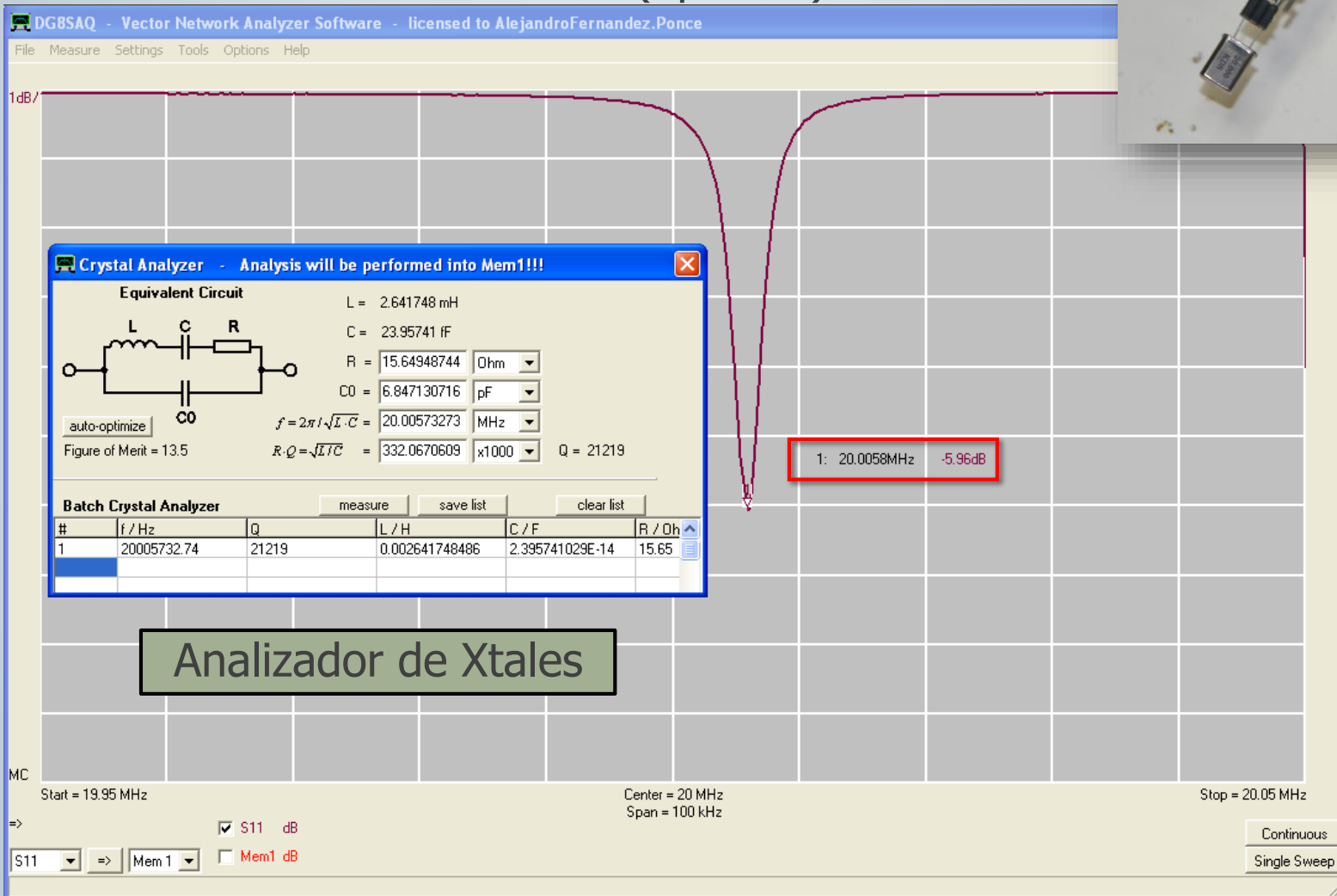
Xtal: 20 Mhz



Aplicaciones 1 Puerto

➤ Medida de Componentes

Inductor: 120uH. Fcia= 5 Mhz (Span=0)

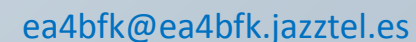


Aplicaciones 1 Puerto

- Reflectometría: Medida de un coaxial (Westflex 103). $FV=0,81$

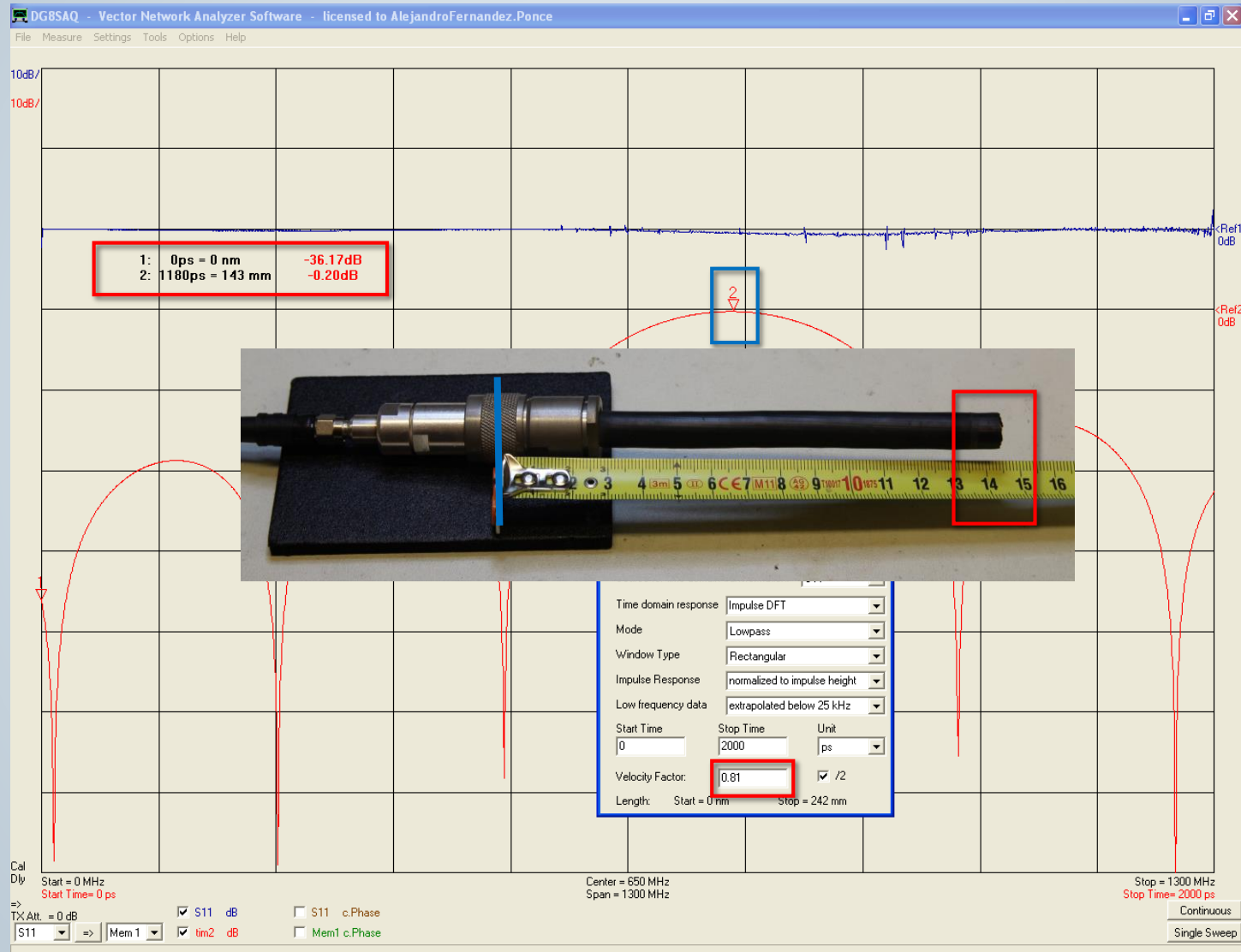


Reflectometría: Medida de un coaxial (Westflex 103). FV=0,81



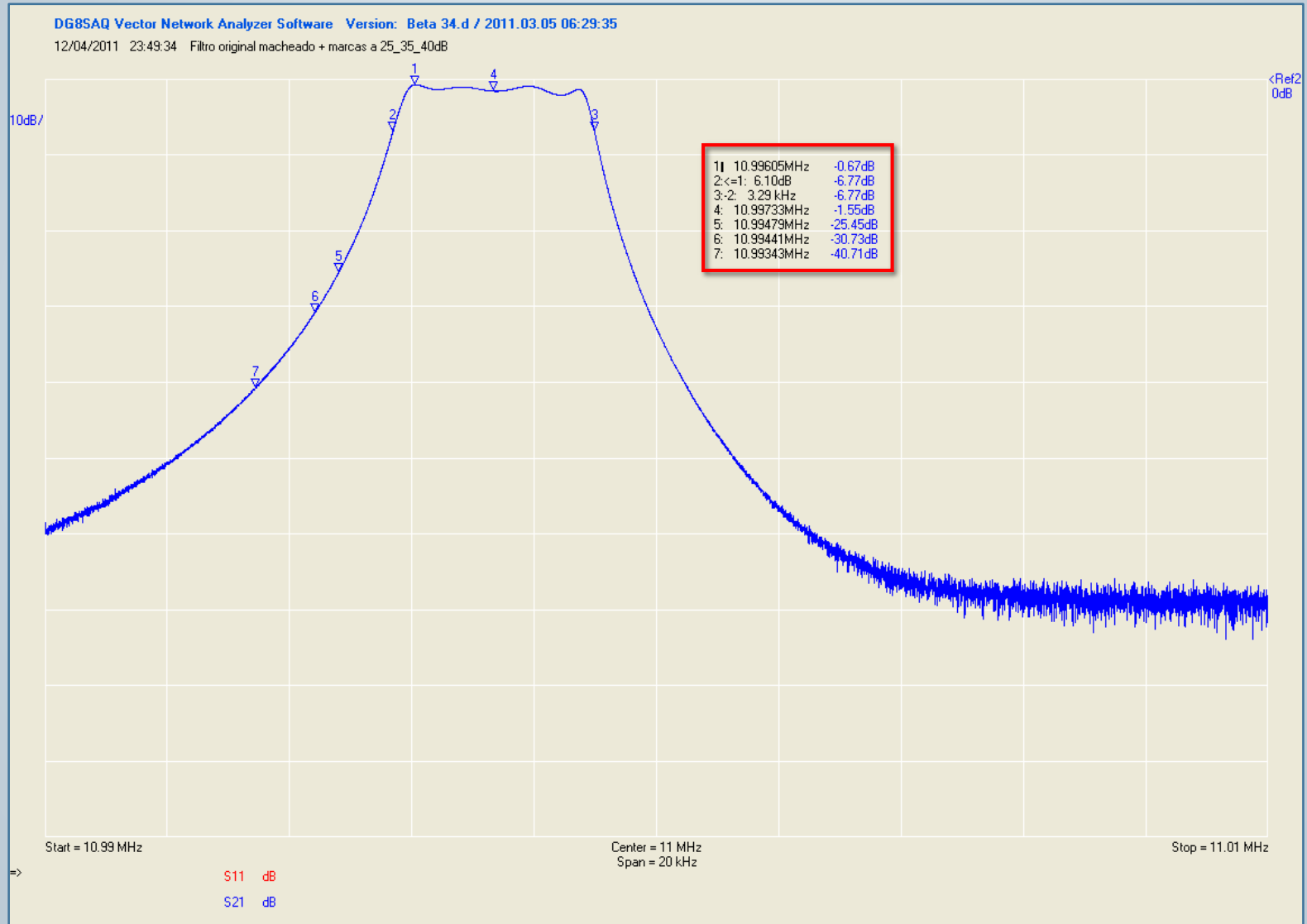
Aplicaciones 1 Puerto

➤ Reflectometría: Medida de un coaxial (Westflex 103). $FV=0,81$



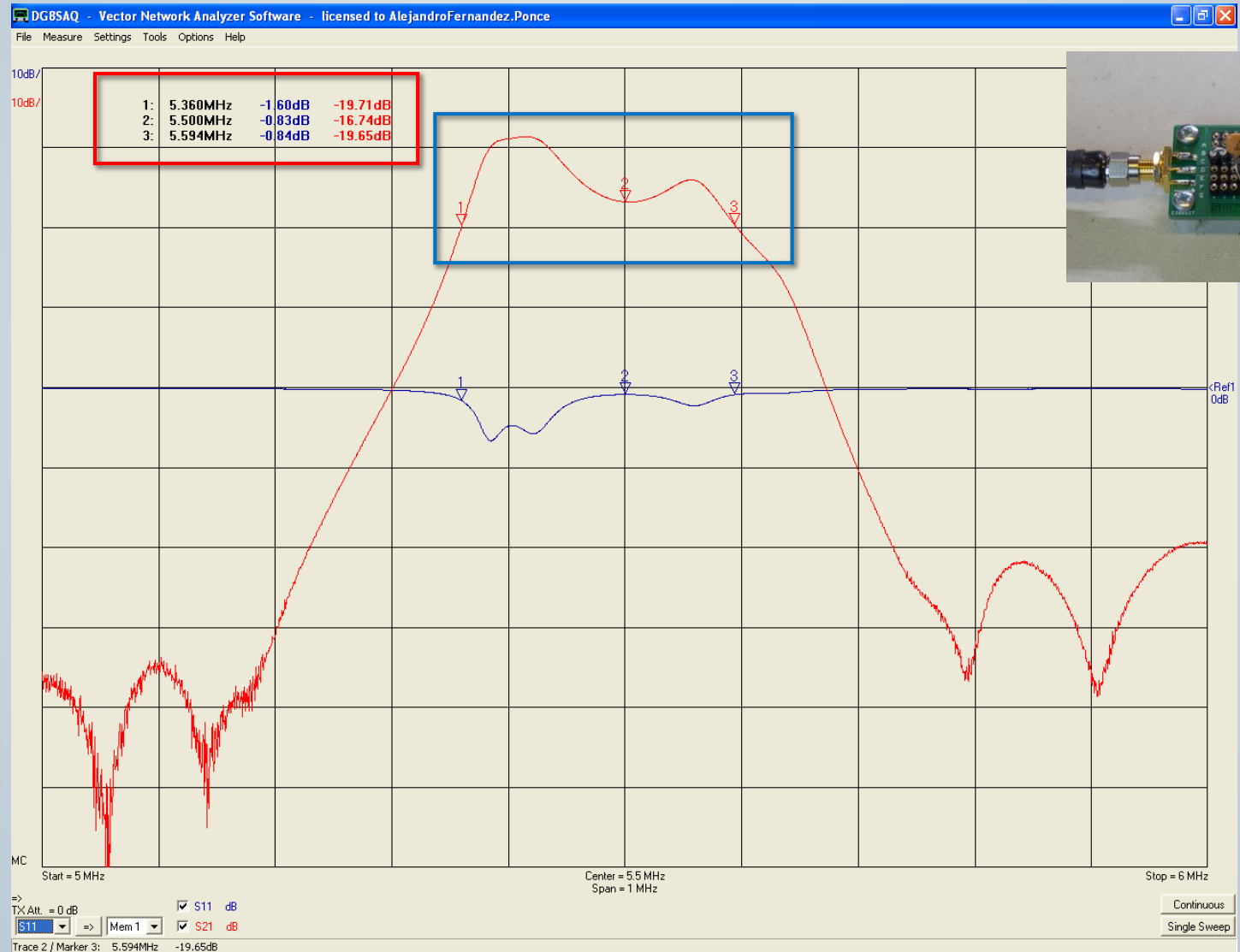


➤ Análisis de Filtros: Filtro BitX20 con Xtals 11 Mhz



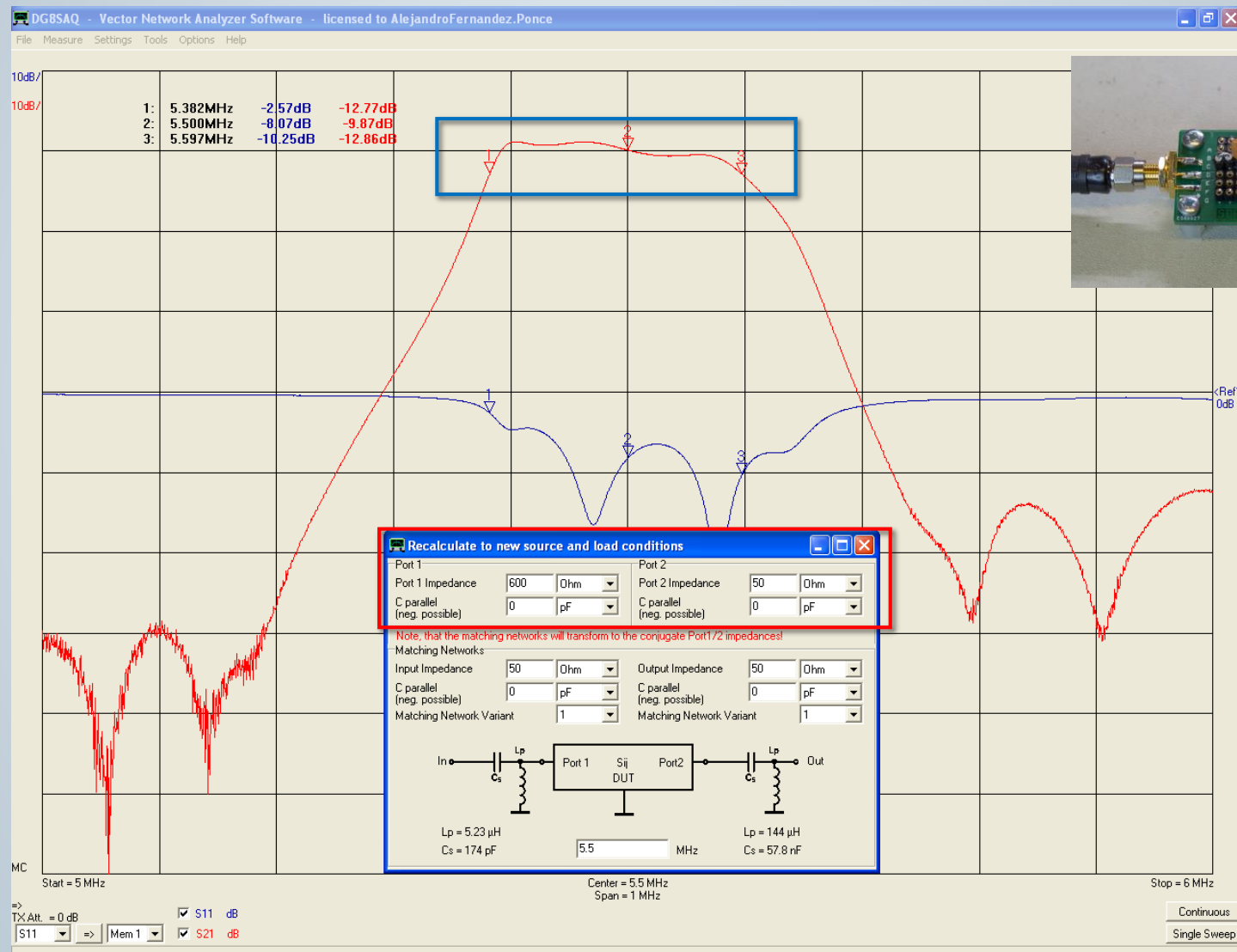
Aplicaciones 2 Puertos

➤ Análisis de Filtros: Filtro Cerámico SFE 5.5Mhz



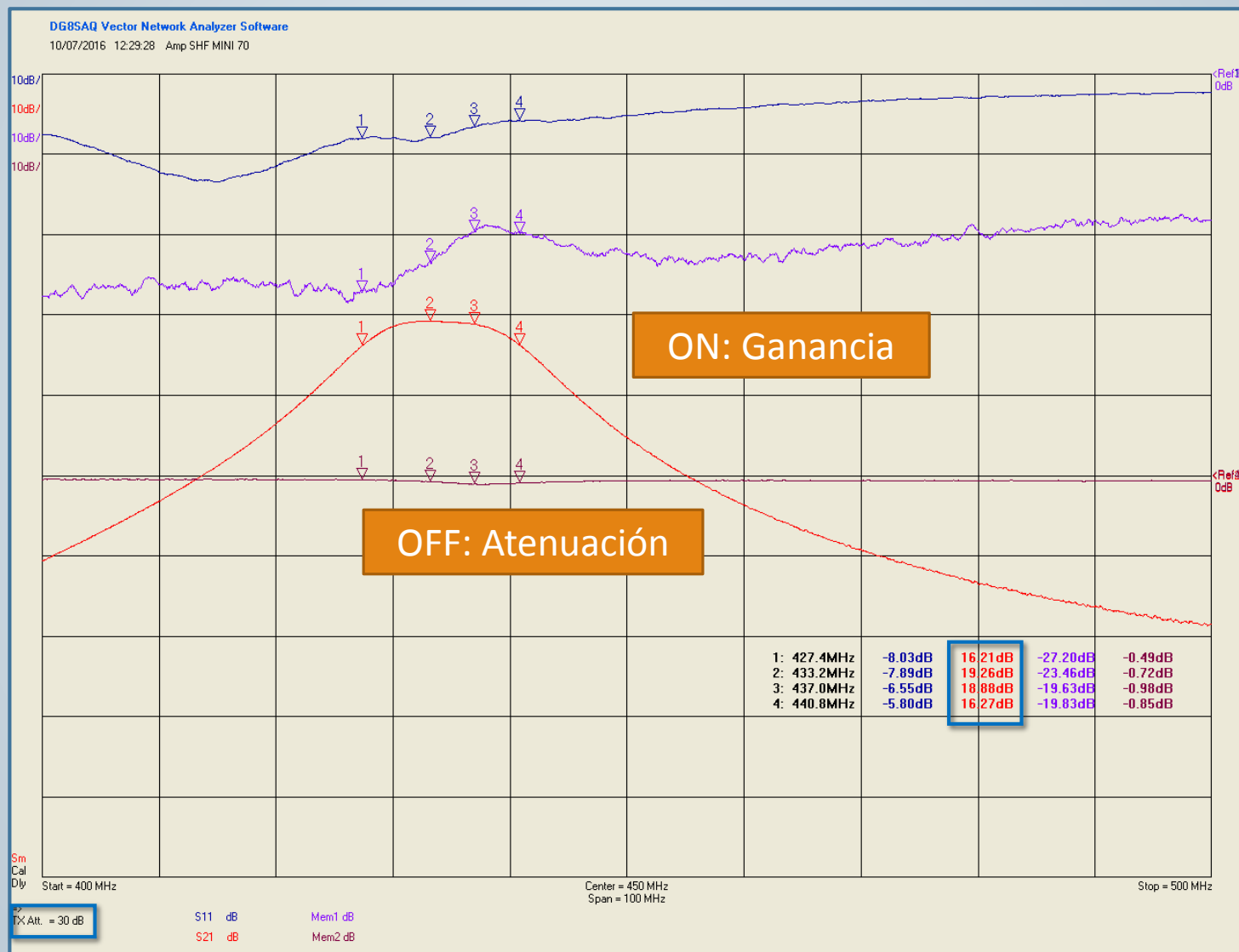
Aplicaciones 2 Puertos

➤ Análisis de Filtros: Filtro Cerámico SFE 5.5Mhz



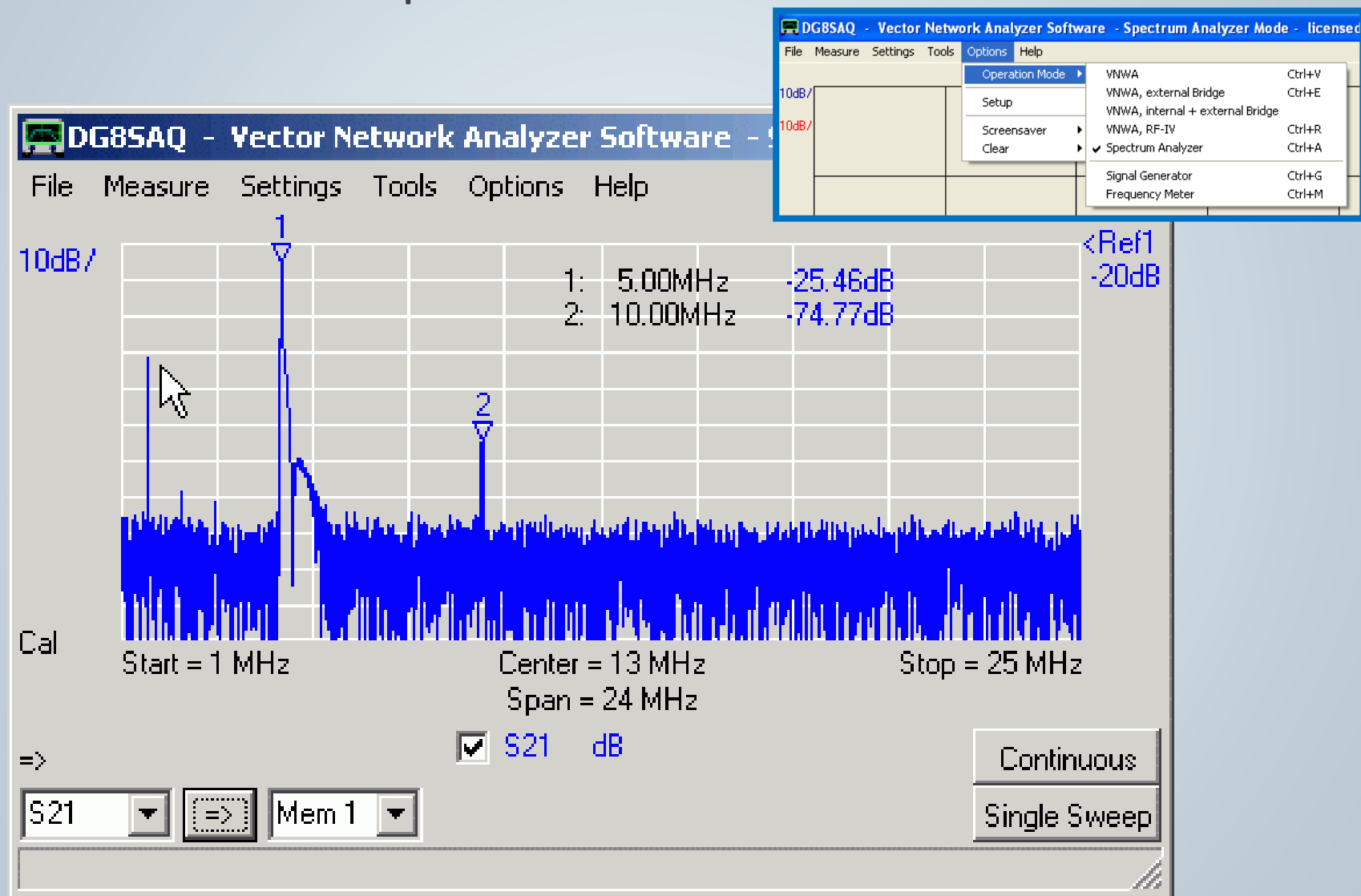
Aplicaciones 2 Puertos

➤ Análisis de Previos UHF: SHF Mini 432



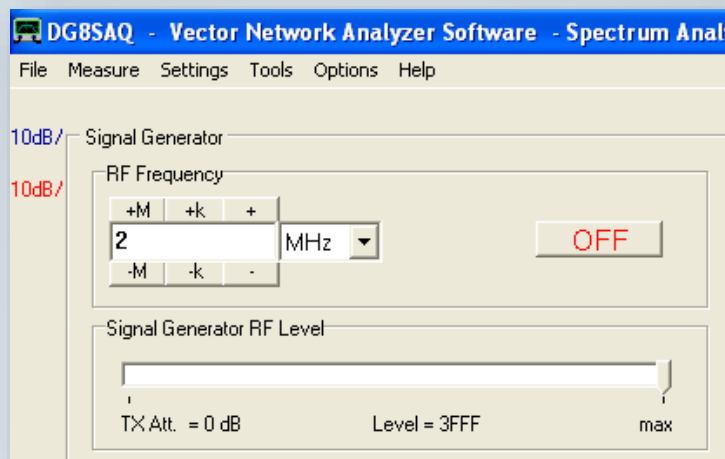
Otras Aplicaciones

➤ Analizador de Espectro hasta 100Mhz

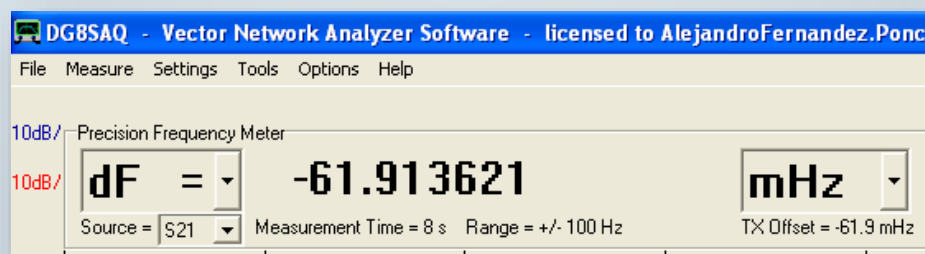


Otras Aplicaciones

➤ Generador de RF



➤ Frecuencímetro de precisión



➤ Calculadora de expresiones complejas y funciones

➤

Agradecimientos

- ❖ Comité Organizador de IberRadio 2016
- ❖ Tom Baier - DG8SAQ
- ❖ Jan Verduyn –
- ❖ Kurt Poulsen - OZ7OU
- ❖ Fred – PA4TIM
- ❖ Gerfried Palme – DH8AG
- ❖ Jose Antonio – EA7BIA
- ❖ ANRITSU
- ❖ KEYSIGHT TECHNOLOGIES (Agilent, HP)

Referencias

SDR KITS Web: <http://sdr-kits.net/index.php>

Software: <http://www.sdr-kits.net/vnwasoftware/?20>

Documentación: <http://www.sdr-kits.net/vnwasoftware/?21>

Web de DG8SQ Tom Baier: <http://www.dg8saq.darc.de> <http://dg8saq.darc.de/VNWA21/>

Presentaciones y Videos Tom Baier

<http://www.hamcom.dk/HAMRADIO-DG8SAQ-VNWA-Links.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=C94J4AutCRc>

<https://www.youtube.com/watch?v=x6RKa7QDiA>

<https://www.youtube.com/watch?v=qKT4wEZHMHQ>

Grupo Yahoo (+2900 usuarios): <https://groups.yahoo.com/neo/groups/VNWA/info>

Web OZOU: <http://www.hamcom.dk/VNWA/>

Web PA4TIM: <http://www.pa4tim.nl>

KEYSIGHT / AGILENT / HP: <http://www.keysight.com>

ANRITSU: <http://www.anritsu.com>

GRACIAS

ALEJANDRO FERNÁNDEZ – EA4BFK