



# Analizador Vectorial de redes: VNA

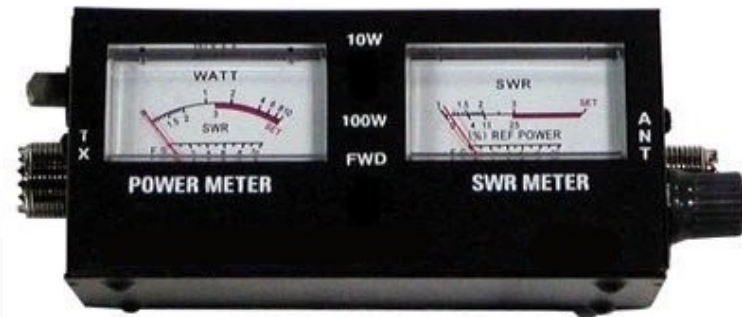
Unión de Radioaficionados Españoles Sección local de Madrid

EA4EJR - Pedro



# Para qué sirve un VNA

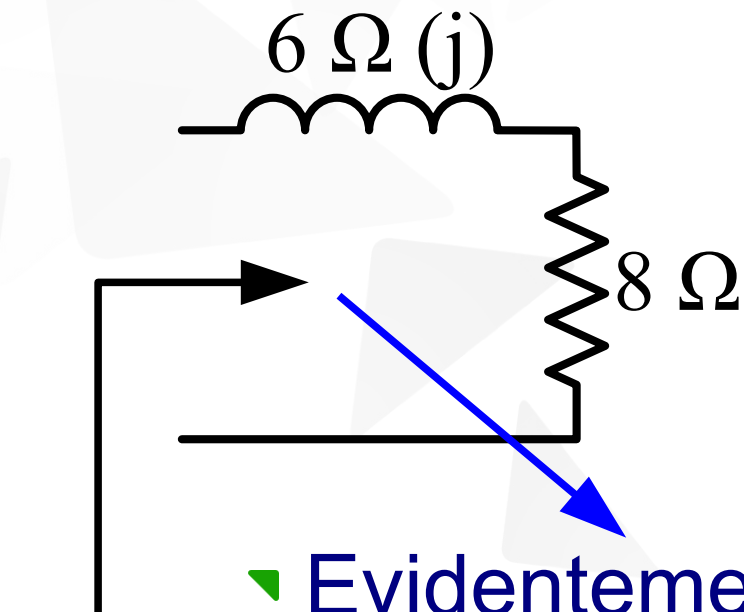
- ▶ Es un equipo de medida ¿pero qué mide?
- ▶ ¿Reflexión? → ¿Que diferencias tiene con un medidor de estacionarias?
- ▶ ¿Filtros?
- ▶ ¿Amplificadores?
- ▶ Es mas que todo eso, la diferencia está en la “V” de vectorial. Mide el vector, es decir magnitud y fase, lo que mide son los parámetros “S” barriendo en frecuencia.





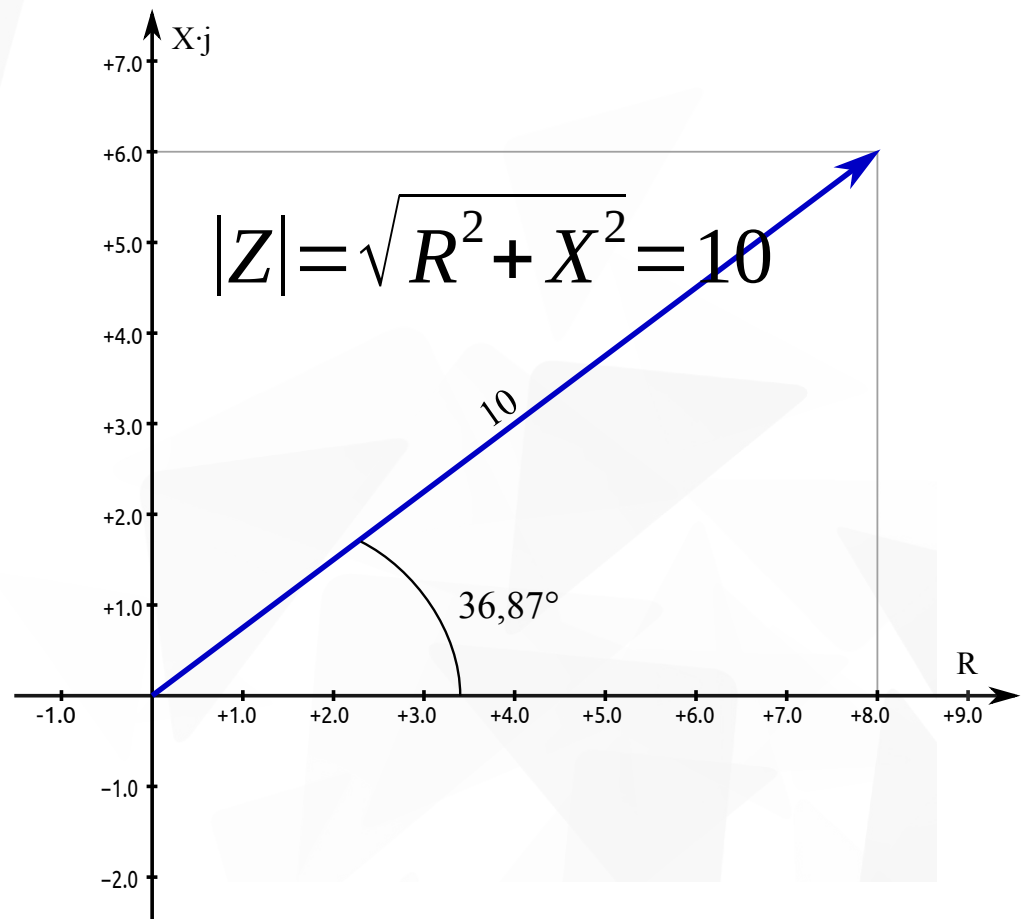
# Vector

- En las magnitudes vectoriales además del valor necesitamos conocer la fase, ejemplo: la impedancia



$$Z=6+8j$$

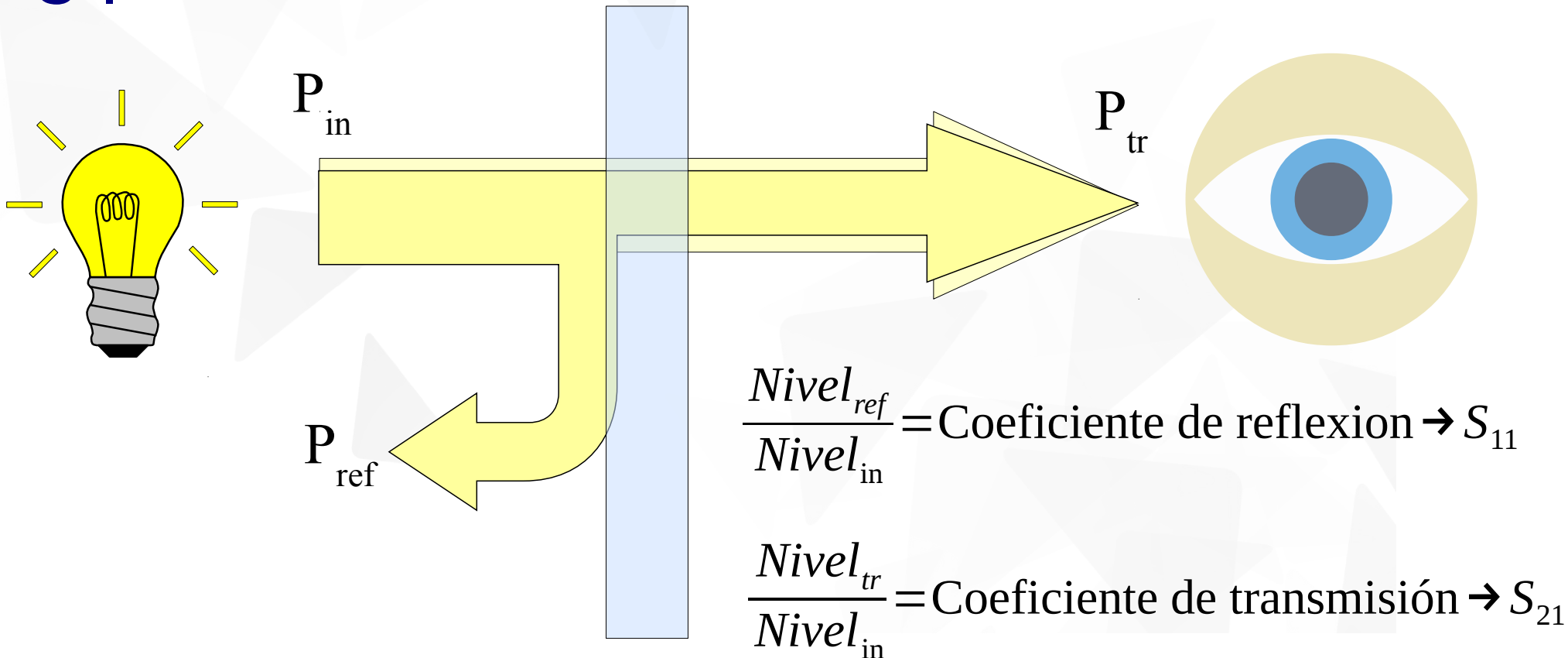
- Evidentemente, **NO** es lo mismo que  $10\Omega$





# Parámetros "S"

- En RF es prácticamente imposible medir tensiones y corrientes y en su lugar usamos los parámetros "S".





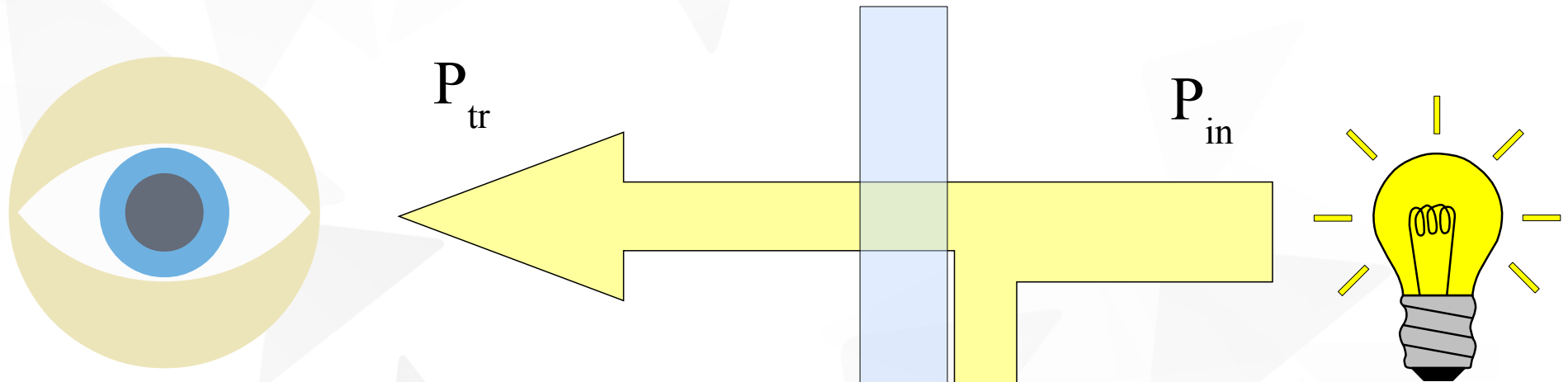
# Parámetros "S"





# Parámetros "S"

- Si intercambiamos entrada por salida obtenemos los otros dos parámetros.



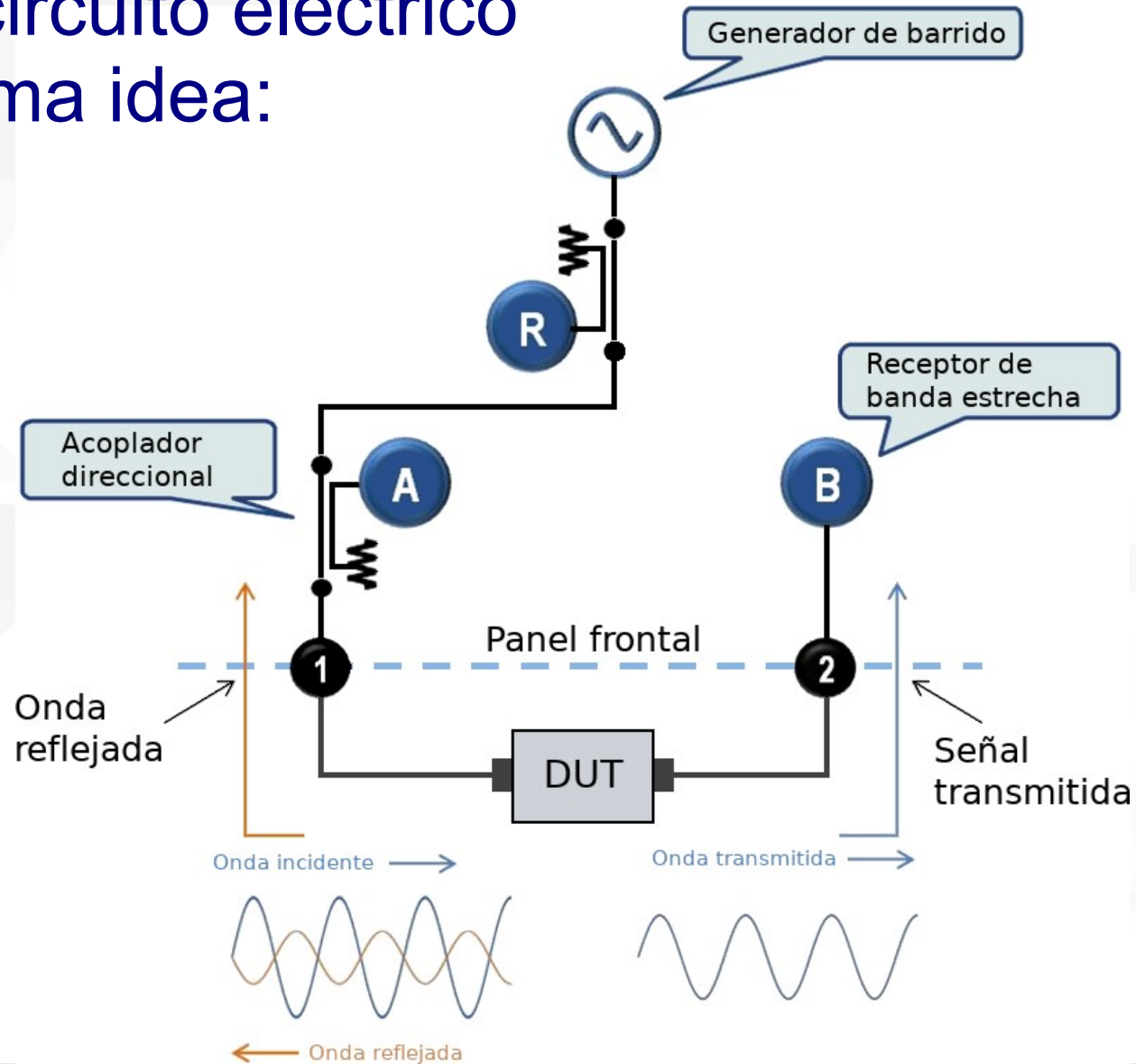
$$\frac{Nivel_{ref}}{Nivel_{in}} = \text{Coeficiente de reflexion a la salida} \rightarrow S_{22}$$

$$\frac{Nivel_{tr}}{Nivel_{in}} = \text{Coeficiente de transmisi3n inversa} \rightarrow S_{12}$$



# Parámetros "S"

- Para un circuito eléctrico es la misma idea:







# Parámetros “S”

- ▼ En realidad, el significado físico de los parámetros S ya sabemos lo que son, pero los conocemos con otro nombre



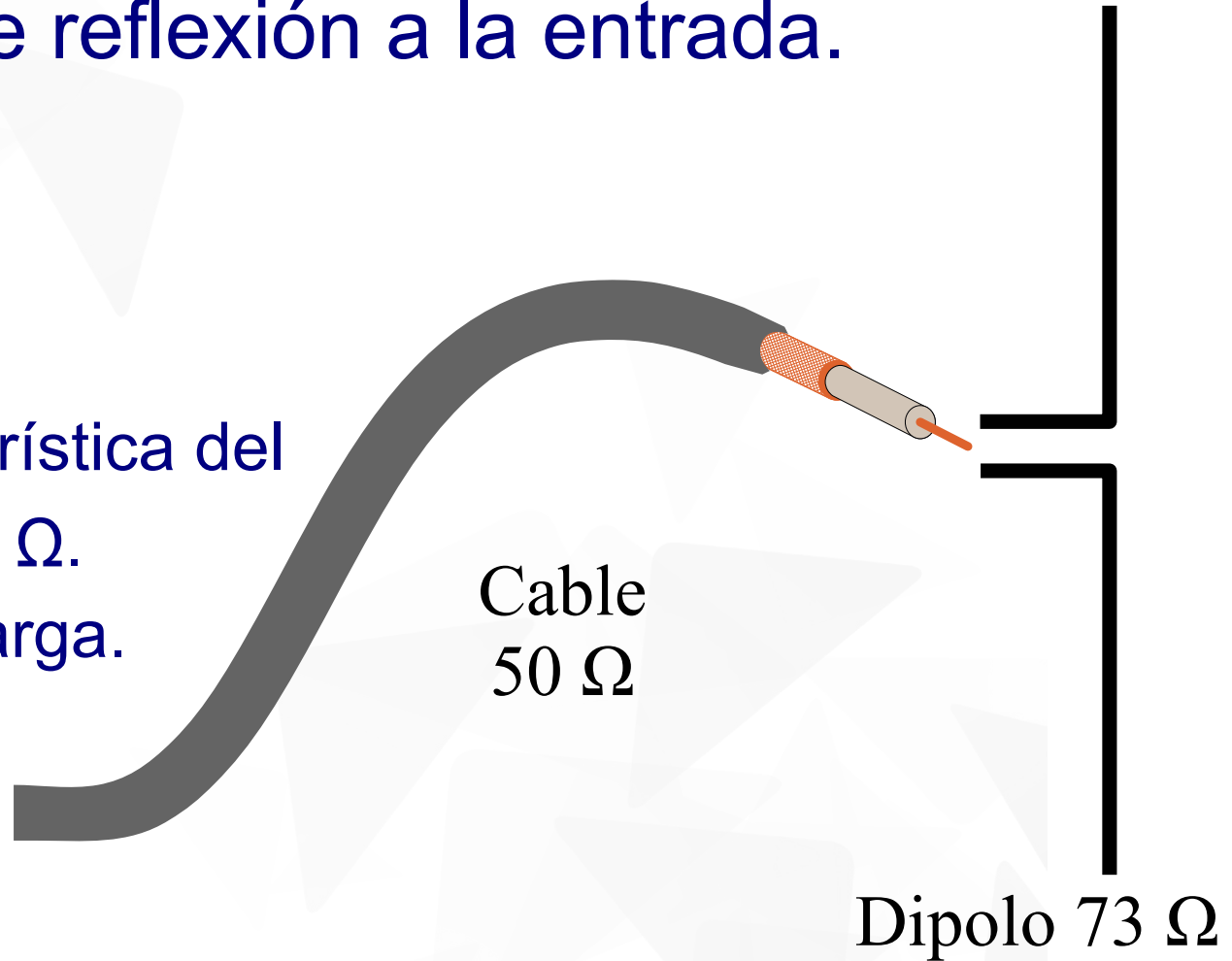


$S_{11}$

- ▼ Es el coeficiente de reflexión a la entrada.

$$\Gamma = \rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

- ▼  $Z_0$ , impedancia característica del cable, normalmente  $50 \Omega$ .
- ▼  $Z_L$ , impedancia de la carga.



$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{73 - 50}{73 + 50} = 0,187$$



$S_{11}$

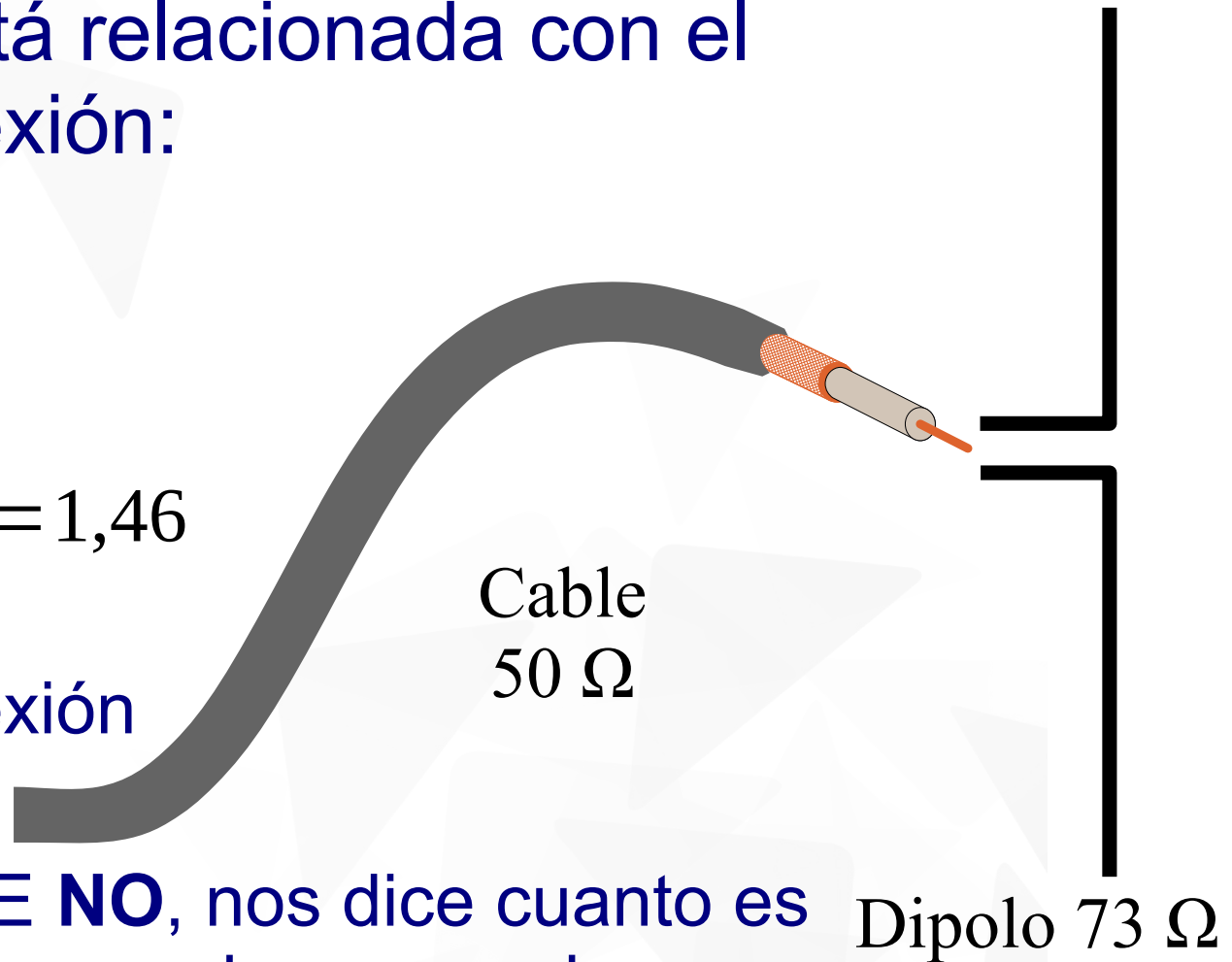
- La ROE (SWR) está relacionada con el coeficiente de reflexión:

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$SWR = \frac{1 + 0,187}{1 - 0,187} = 1,46$$

- El coeficiente de reflexión es vectorial, tiene

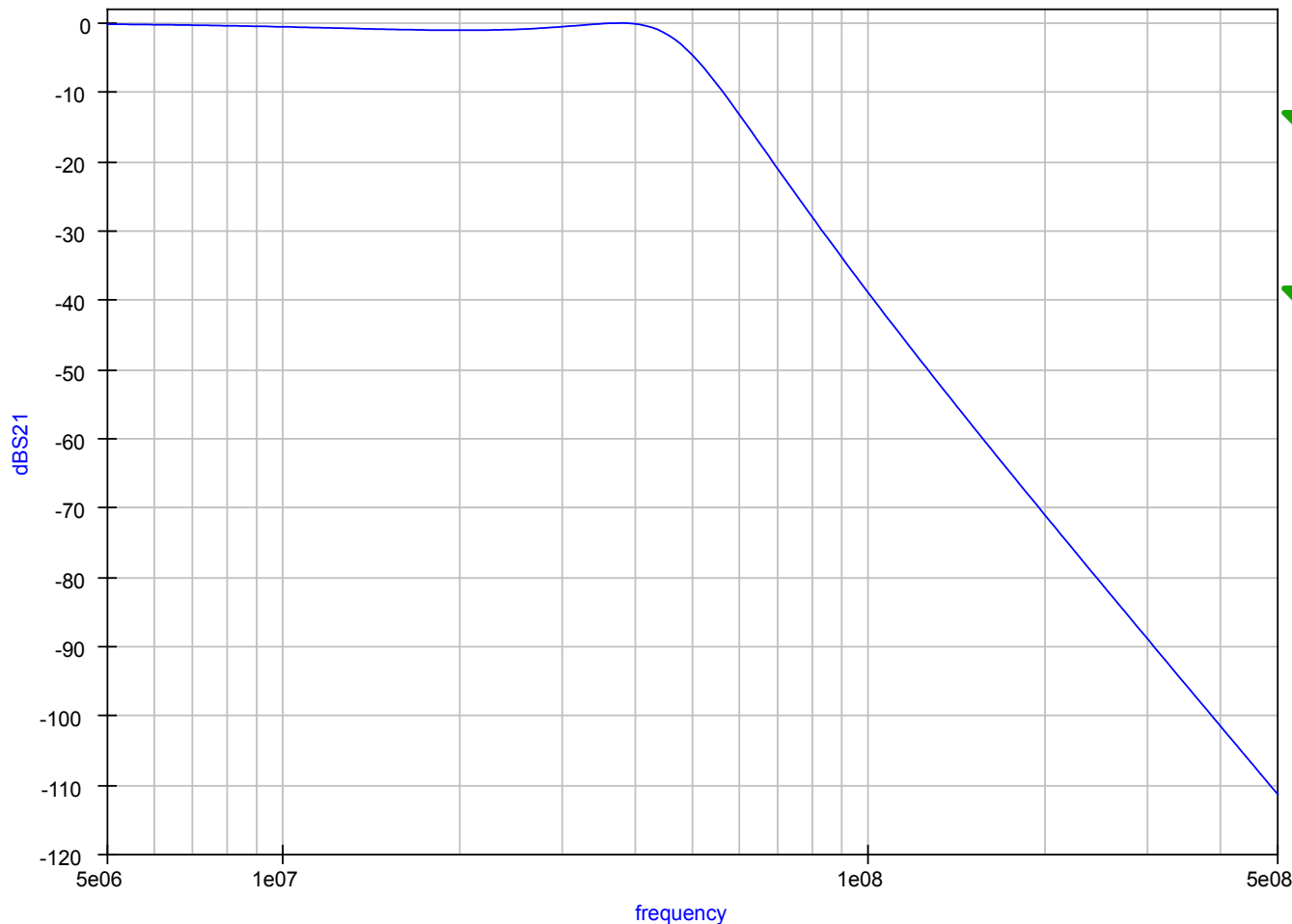
módulo y fase, la ROE **NO**, nos dice cuanto es la desadaptación pero no sabemos nada mas. Una carga de  $34,25 \Omega$  produce la misma ROE





$S_{21}$

- ▼ Es la ganancia (o pérdida) de la salida con respecto a la entrada. Por ejemplo un filtro paso bajo pasivo:



- ▼ Suele representarse en dB
- ▼ Aunque normalmente se represente sólo el módulo, también es vectorial, tiene módulo y fase.



# Calibración

- ▶ Antes de realizar cualquier medida es imprescindible calibrar. ¿Por qué?
- ▶ Necesitamos cables que conecten nuestro equipo de medida con el dispositivo a medir.
- ▶ Los cables de medición influyen, sabemos que la impedancia que presenta una antena, por ejemplo, si no está adaptada cambia con la longitud del cable.
- ▶ Los cables pueden llegar a ser largos y hay que descontar las pérdidas.
- ▶ El nivel de salida de nuestro propio equipo de medida puede variar con la frecuencia.
- ▶ Que impedancia del VNA sea algo distinta de  $50\Omega$



# Calibración

- ▼ Con la calibración eliminamos todas estas incertidumbres.
- ▼ Hay 2 tipos de calibración que realizar:
  - ▼ Reflexión
  - ▼ Transmisión

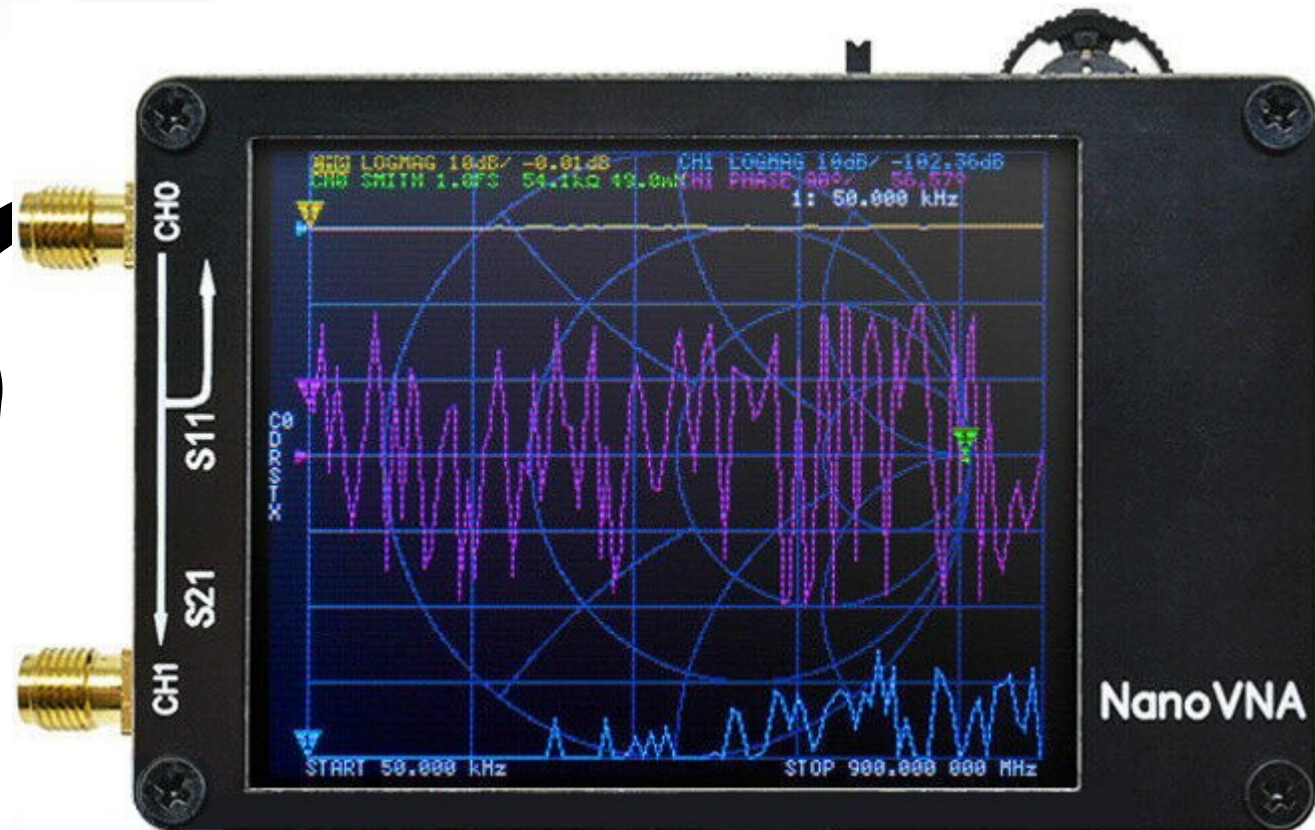
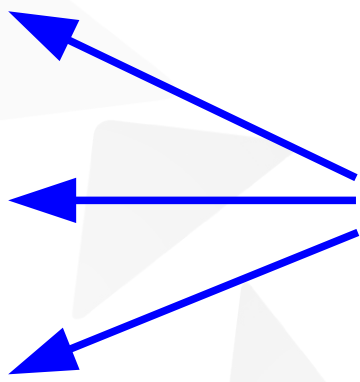


# Calibración en reflexión

Corto

Abierto

Carga  
50  $\Omega$

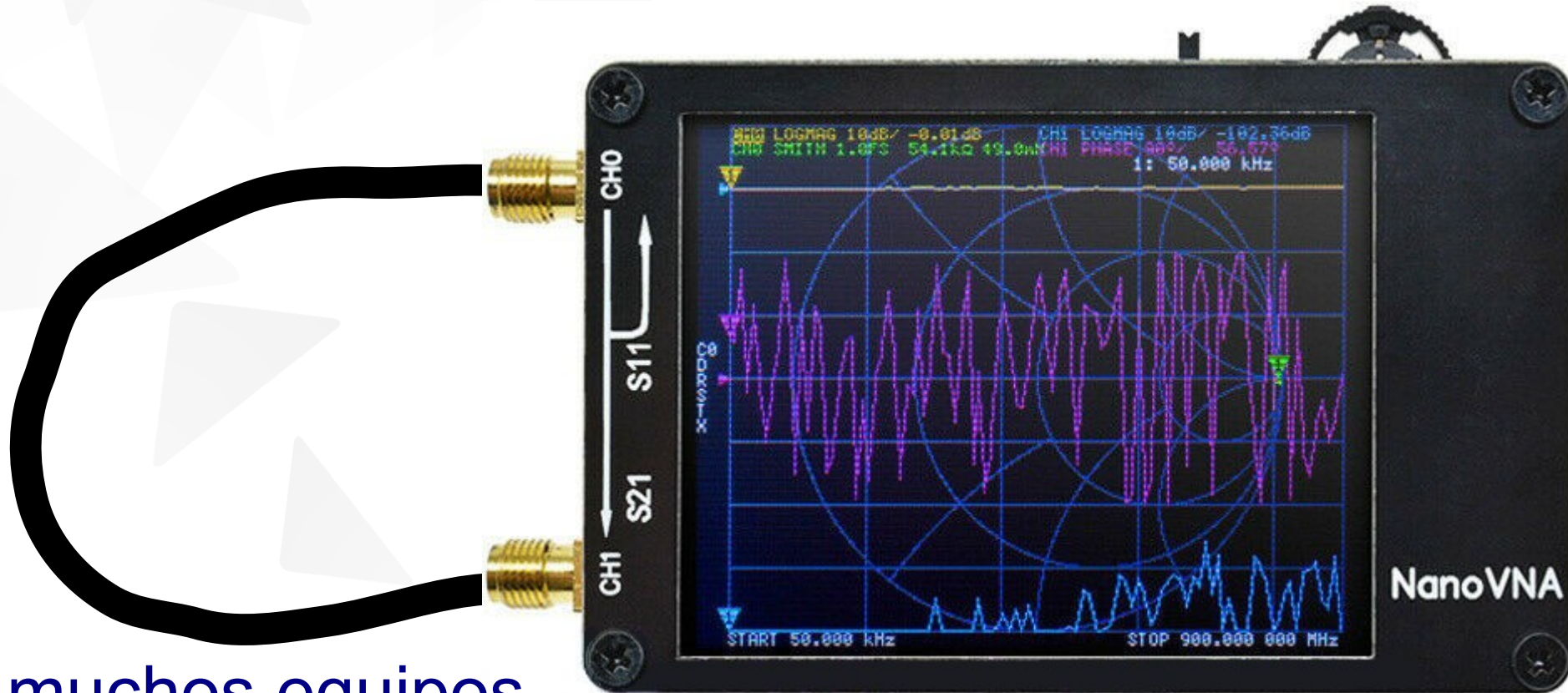




# Calibración en transmisión



Transmisión → Señal directa  
→ Aislamiento



En muchos equipos,  
las medidas de aislamiento se pueden saltar



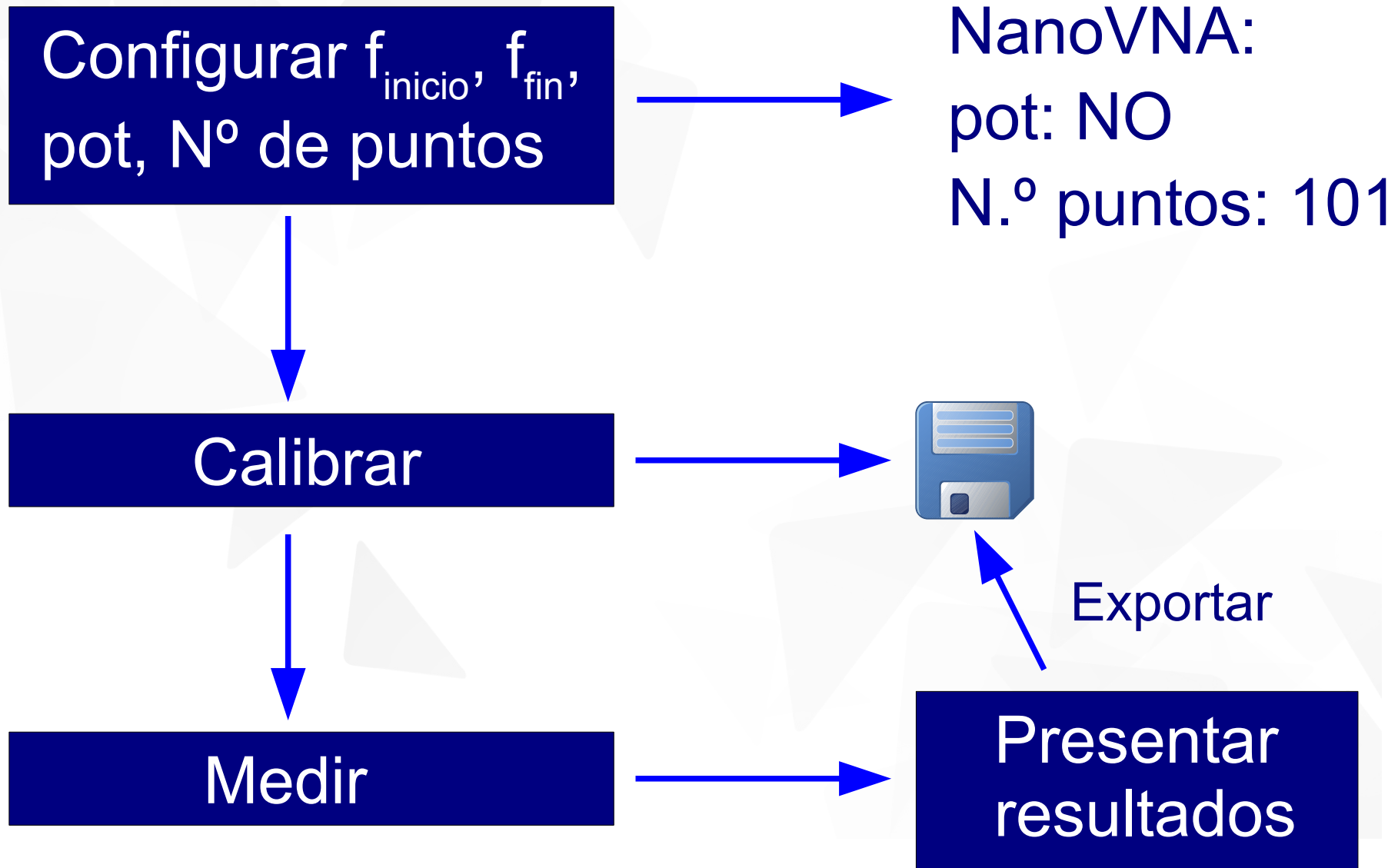


# Calibración. Consideraciones:

- ▶ Si el equipo tiene dos puertos (mide  $S_{12}$  y  $S_{22}$ ), el calibrado hay que hacerlo en los dos (nanoVNA, no)
- ▶ Una calibración sirve siempre que no cambiemos la frecuencia, la potencia o el n° de puntos de medida.
- ▶ Tampoco podemos cambiar los cables con los que hemos calibrado aunque en algunos equipos se pueden compensar si añadimos algo mas de cable pero esto no tiene en cuenta las pérdidas del mismo → Poca longitud si no se pierde precisión.
- ▶ Como es un proceso tedioso, se pueden guardar las calibraciones.



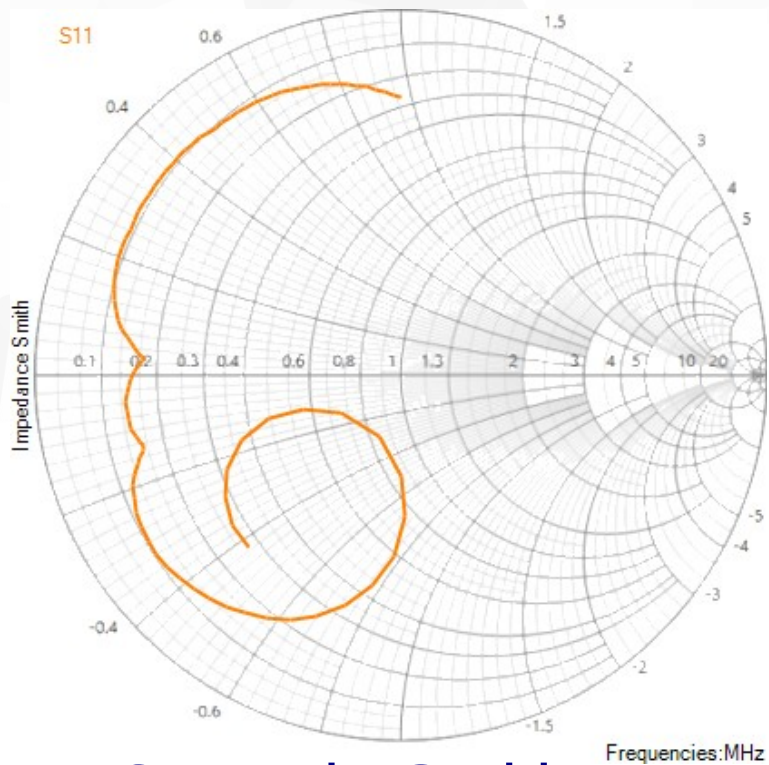
# Proceso de medida



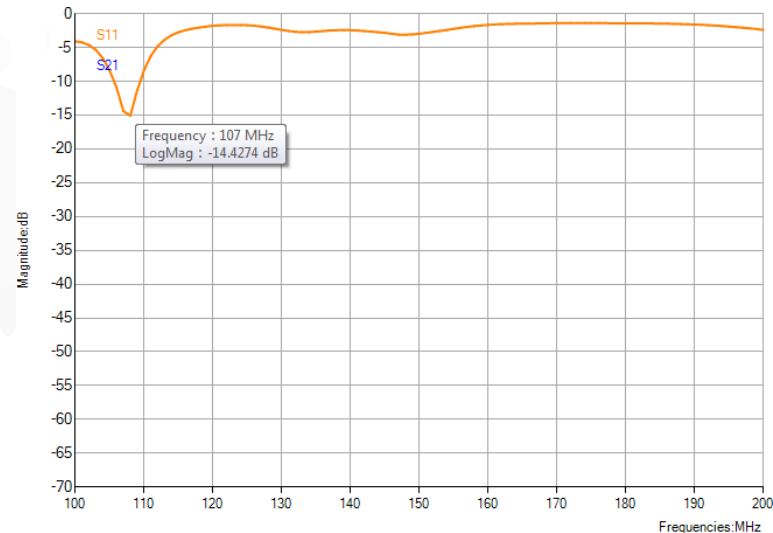


# Presentacion resultados

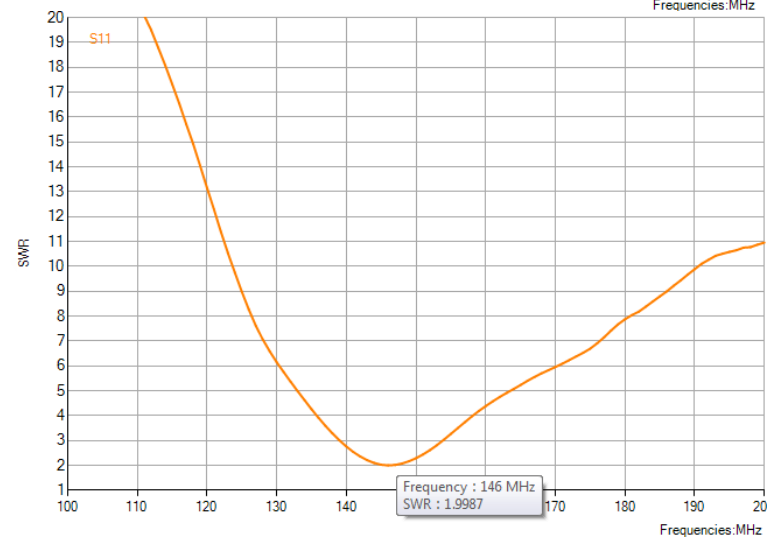
▼ Reflexión ( $S_{11}$  o  $S_{22}$ ):



Carta de Smith



Módulo  
en dB



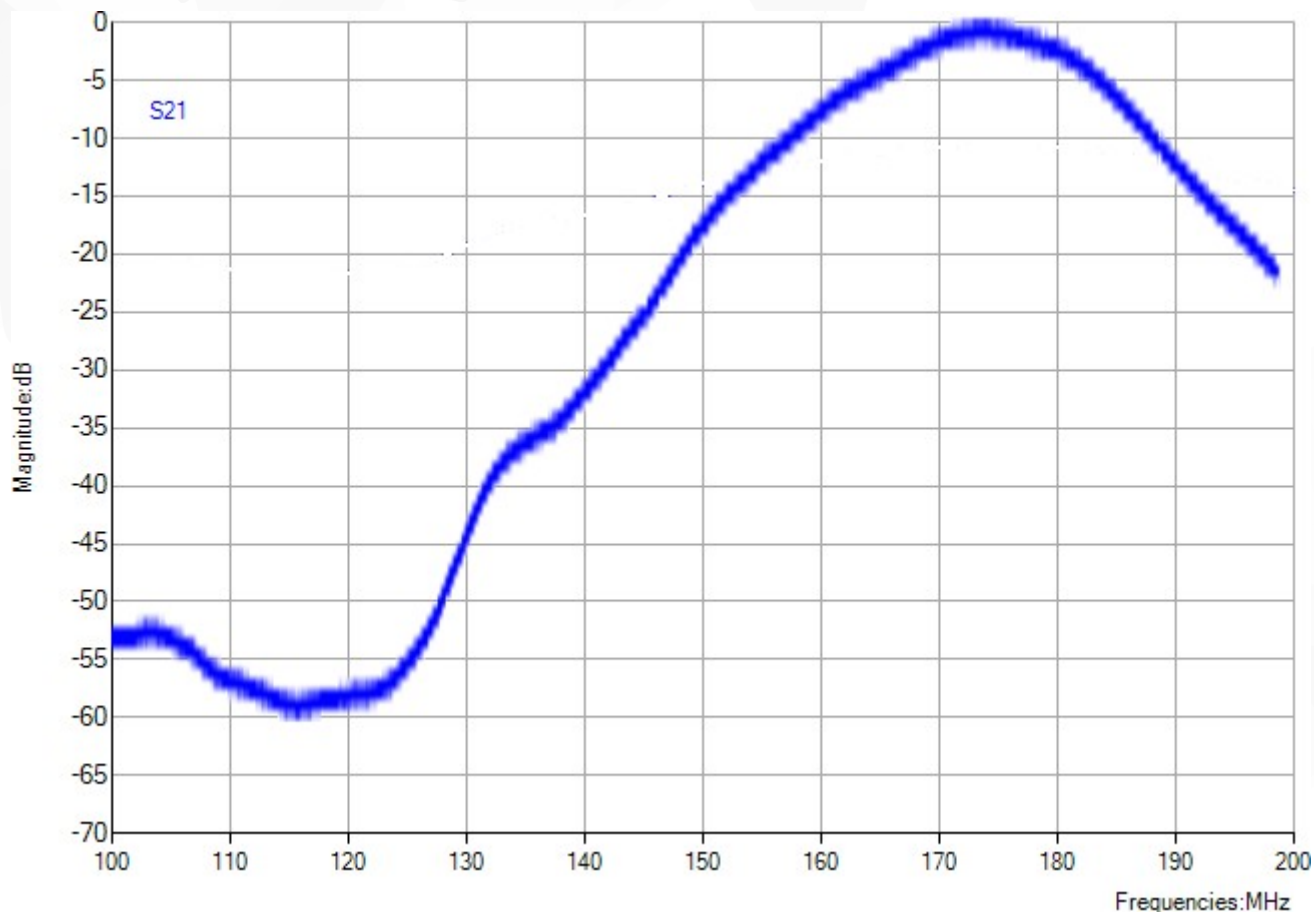
SWR

Mas comunes (hay mas)



# Presentacion resultados

## ▼ Transmisión ( $S_{21}$ o $S_{12}$ ):



El mas común es el módulo en dB, Pero hay más: fase, parte real- parte imaginaria, retardo etc...



# Exportar resultados

- ▼ Para medidas de campo está bien usar el equipo “stand alone”, él solo y ver los resultados en la pantalla; sobre todo el modelo con batería
- ▼ Para medidas “un poco mas serias” es mejor usar el ordenador. Conectamos el equipo al PC y usamos la pantalla para presentar los resultados.



# Exportar resultados

- ▼ Se pueden exportar los resultados a ficheros de tipo “touchstone” (\*.s1p, \*.s2p ...) un formato de texto entendido por todos los programas de simulación.
- ▼ Podemos por ejemplo medir un transistor, exportar los datos a un fichero \*.s2p e incluirlo en un programa de simulación para diseñar por ejemplo una red de adaptación.
- ▼ Recordar que el nanoVNA sólo mide dos de ellos ( $S_{11}$  y  $S_{21}$ ) y para medir los otros dos ( $S_{12}$  y  $S_{22}$ ) hay que darle la vuelta al dispositivo.



# Parte práctica

- ▼ Muchas gracias por su atención.
- ▼ 73