

Medidor de ROE y analizador de antenas: uso práctico, ajuste y diagnóstico

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Alimentación

Etiquetas: Sin etiquetas

Medidor de ROE y analizador de antenas: uso práctico, ajuste y diagnóstico

El medidor de ROE (Relación de Onda Estacionaria, SWR en inglés) y el analizador de antenas son los dos instrumentos de medida más importantes para el radioaficionado y el comunicador de emergencia. El primero permite verificar en tiempo real que la antena está bien adaptada al transmisor; el segundo permite caracterizar completamente una antena, encontrar su frecuencia de resonancia y ajustarla con precisión. Dominar estos instrumentos es la diferencia entre una estación que funciona de forma fiable y una que sufre problemas crónicos de rendimiento, interferencias o incluso daños en el equipo por reflexiones excesivas.

Principios de la ROE y la adaptación de impedancias

Cuando la impedancia de la antena no coincide exactamente con los $50\ \Omega$ de la línea de transmisión, parte de la potencia enviada a la antena se refleja de vuelta al transmisor. La ROE cuantifica esta desadaptación como la relación entre el voltaje máximo y mínimo de la onda estacionaria resultante en la línea.

ROE

Potencia reflejada

Potencia radiada

Estado

1,0:1

0%

100%

Adaptación perfecta (teórica)

1,5:1

4%

96%

Excelente. Objetivo para antenas fijas

2,0:1

11%

89%

Buena. Aceptable para operación normal

3,0:1

25%

75%

Límite. Muchos equipos reducen potencia

5,0:1

44%

56%

Mala. Riesgo de daño al PA del equipo

10,0:1

67%

33%

Peligrosa. Protección del equipo activada

∞ :1

100%

0%

Circuito abierto o cortocircuito

La mayoría de transceptores modernos incorporan circuitos de protección que reducen automáticamente la potencia de salida cuando detectan una ROE superior a 2:1 o 3:1. Algunos equipos como los Yaesu FT-891 o los ICOM IC-7300 tienen acopladores internos (ATU) capaces de compensar desadaptaciones de hasta 3:1 sin intervención del operador.

Tipos de medidores de ROE y su uso

Existen varias categorías de medidores de ROE, cada una con ventajas e inconvenientes para diferentes escenarios de uso.

Medidor de ROE por acoplamiento direccional (tipo Diamond SX-600): El tipo más común. Utiliza un acoplador direccional con dos sensores (directo y reflejado) y dos agujas o un display digital. Se inserta en la línea entre el transmisor y la antena. Requiere calibración a potencia real (mínimo 5-10 W). Rango típico: 1,6-525 MHz. Precisión: ± 5 -10%. Precio: 80-150 €.

Medidor de ROE en cruz (tipo Daiwa CN-901): Utiliza un puente de acopladores cruzados que permite lectura simultánea de potencia directa, reflejada y ROE sin conmutar. Más preciso que el tipo anterior. Rangos: HF (1,8-200 MHz) y VHF/UHF (140-525 MHz). Precio: 120-250 €.

Vatímetro/ROE digital (tipo MFJ-849): Display digital con lectura de potencia media, potencia de pico (PEP), ROE e impedancia. Algunos modelos almacenan máximos. Útil para monitorización continua. Precio: 150-300 €.

ROE integrado en el transceptor: La mayoría de equipos modernos incluyen medidor de ROE en el display. Suficiente para monitorización en operación normal, pero no sustituye a un instrumento dedicado para ajuste de antenas. Precisión limitada (± 15 -20%).

Para usar correctamente un medidor de ROE externo: insertar en línea con cables cortos, seleccionar el rango de frecuencia adecuado, transmitir con potencia baja (5-25 W) en portadora continua (modo CW o FM), y leer la ROE. Nunca ajustar antenas con potencia alta.

Analizadores de antenas: tipos y uso práctico

El analizador de antenas es un instrumento que genera su propia señal de baja potencia y mide la impedancia compleja ($R + jX$) y la ROE de la antena barriendo un rango de frecuencias. Esto permite encontrar la frecuencia de resonancia real, identificar problemas y ajustar la antena sin transmitir.

Analizadores analógicos (MFJ-259/269): Los clásicos de MFJ. El MFJ-269 cubre 0,28-230 MHz y 415-470 MHz. Miden ROE, resistencia, reactancia y frecuencia de resonancia. Alimentados por pilas AA, ideales para trabajo de campo. Limitación: no guardan barridos ni generan gráficas. Precio: 250-400 €.

Analizadores vectoriales (RigExpert AA-600, NanoVNA): Miden magnitud y fase de la impedancia, generan diagramas de Smith, gráficas de ROE vs frecuencia, y permiten guardar y comparar mediciones. El NanoVNA (20-50 €) ha democratizado el acceso a la medición vectorial, aunque con menor rango dinámico que equipos profesionales como el RigExpert AA-600 (0,1-600 MHz, ~400 €).

NanoVNA: la revolución accesible: El NanoVNA y sus variantes (NanoVNA-H, NanoVNA-H4, SAA-2N) cubren desde 50 kHz hasta 1,5-3 GHz según modelo. Incluyen pantalla táctil, batería recargable y conexión USB para software de PC (NanoVNA Saver). Limitaciones: rango dinámico de 50-70 dB (vs 80-100 dB de equipos profesionales), precisión reducida por encima de 1 GHz, sensibilidad a la calibración.

Independientemente del instrumento, el procedimiento de calibración es crítico. Antes de cada sesión de medición, calibrar con los estándares SOLT: cortocircuito (Short), circuito abierto (Open), carga de $50\ \Omega$ (Load) y, si el instrumento lo permite, conexión directa (Through). Siempre calibrar en el extremo del cable que se conectará a la antena, para que las mediciones incluyan las pérdidas y la transformación de impedancia del cable.

Procedimiento de ajuste de una antena dipolo con analizador

El ajuste de un dipolo de media onda es el ejemplo canónico que ilustra el uso práctico del analizador. El procedimiento es transferible a cualquier tipo de antena resonante.

Paso 1: Cálculo inicial: Longitud total del dipolo (metros) = $142,5 / \text{frecuencia (MHz)}$. Para un dipolo de 40 m centrado en 7,1 MHz: $L = 142,5 / 7,1 = 20,07\text{ m}$ (10,03 m por brazo). Cortar un 5% más largo (10,53 m por brazo) para tener margen de ajuste.

Paso 2: Montaje y primera medición: Instalar la antena en su posición definitiva (la altura y los objetos cercanos afectan a la resonancia). Conectar el analizador al balun o punto de alimentación mediante el cable coaxial. Barrer de 6,5 a 7,5 MHz y buscar el punto de mínima ROE.

Paso 3: Interpretación: Si la frecuencia de resonancia está por debajo de 7,1 MHz, la antena es demasiado

larga → recortar ambos brazos la misma cantidad. Si está por encima, es demasiado corta → añadir cable (o replugar si se dejó margen). La regla práctica: cada 1% de variación en longitud desplaza la resonancia un 1%.

Paso 4: Verificar impedancia: En resonancia, la reactancia debe ser cercana a 0Ω ($X \approx 0 \pm j5 \Omega$). La resistencia debe ser cercana a $50\text{-}75 \Omega$ para un dipolo a media longitud de onda. Si $R > 100 \Omega$, hay un problema de acoplamiento, altura insuficiente o elementos parásitos.

Paso 5: Iterar: Recortar 2-3 cm de cada brazo, medir de nuevo. Repetir hasta que la ROE sea inferior a 1,5:1 en la frecuencia deseada. Un dipolo bien ajustado debe tener ROE

Diagnóstico de problemas comunes con el analizador

El analizador de antenas es una herramienta de diagnóstico que permite identificar fallos que serían invisibles con un simple medidor de ROE.

Síntoma en el analizador

Causa probable

Solución

ROE alta y plana en todo el rango

Cable cortado o conector abierto

Verificar continuidad del cable con multímetro

ROE baja y plana ($\approx 1:1$ siempre)

Cable en cortocircuito

Revisar conectores y buscar daños en el cable

Resonancia correcta pero $R \gg 50 \Omega$

Antena demasiado alta o sin balun

Instalar balun 1:1, verificar altura respecto a λ

Resonancia correcta pero R

Antena muy baja o acoplada a estructuras

Elevar antena, separar de mástil metálico

Doble resonancia inesperada

Interferencia de elementos cercanos o trampa defectuosa

Aislar elementos, verificar trampas

ROE empeora con lluvia

Entrada de humedad en conectores o balun

Sellar conectores, impermeabilizar balun

Resonancia se desplaza con el cable

Corrientes de modo común en la malla

Instalar choke balun (ferritas en el cable)

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.