

# Trabajo Práctico 2: Medición de ROE

Gaston Grasso  
Franco Palombo  
Matias Salinas

Medios de Enlace  
Comisión: 3R2  
Fecha: 02/11/2025

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduccion</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Marco Teorico</b>	<b>3</b>
2.1	Cálculo de la Relación de Onda Estacionaria (ROE) en Líneas de Transmisión . . . . .	3
2.1.1	Fundamentos de Campos y Ondas Electromagnéticas . . . . .	3
2.1.2	Reflexión y Coeficiente de Reflexión . . . . .	4
2.1.3	La Relación de Onda Estacionaria (ROE) . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>6</b>
3.1	Actividades . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>12</b>

# Chapter 1

## Introducción

En el presente trabajo práctico se aborda la medición del ROE (Relación de Onda Estacionaria) en sistemas de radiofrecuencia, un parámetro fundamental que permite evaluar la adaptación de impedancias entre el transmisor y la antena.

El objetivo principal es comprender de manera práctica cómo medir la potencia incidente y reflejada en una línea de transmisión utilizando un vatímetro de RF, y a partir de estos valores calcular el ROE del sistema. Esta relación es crucial ya que un valor elevado de ROE indica desadaptación, lo que puede provocar pérdidas de potencia, reducción en la eficiencia del sistema y potenciales daños en el equipamiento transmisor.

Para el desarrollo de esta práctica se utilizará un transmisor UHF Alinco DR 430, un vatímetro Bird modelo 43, y diferentes irradiantes de longitudes variadas montados sobre una base magnética. El análisis comparativo de los diferentes irradiantes permitirá determinar cuál presenta la mejor adaptación para la frecuencia de trabajo de 450 MHz.

# Chapter 2

## Marco Teorico

### 2.1 Cálculo de la Relación de Onda Estacionaria (ROE) en Líneas de Transmisión

Para este trabajo práctico necesitamos entender la Relación de Onda Estacionaria (ROE), un parámetro fundamental en sistemas de radiofrecuencia que nos permite evaluar qué tan bien está adaptada una antena al transmisor. Este concepto se basa en la propagación de ondas electromagnéticas en líneas de transmisión y el fenómeno de reflexión que ocurre cuando hay desadaptación.

#### 2.1.1 Fundamentos de Campos y Ondas Electromagnéticas

El marco teórico que utilizamos parte de los conceptos vistos en la materia sobre campos electromagnéticos y medios de enlace entre transmisor y receptor. Las Ecuaciones de Maxwell forman la base de toda la teoría, permitiéndonos entender cómo se comportan los campos eléctrico y magnético en diferentes situaciones.

De estas ecuaciones se deriva la Ecuación de Onda Electromagnética, que describe cómo una perturbación en un punto del espacio se reproduce en otros lugares después de cierto tiempo. Este retardo temporal es proporcional a la distancia recorrida.

El flujo de energía de una onda electromagnética se describe mediante el Vector de Poynting, que es perpendicular tanto al campo eléctrico ( $E$ ) como al magnético ( $H$ ). Este vector representa la velocidad con que fluye la energía o potencia. En nuestro experimento, cuando medimos la potencia incidente ( $P_i$ ) y la potencia reflejada ( $P_r$ ) con el vatímetro, estamos midiendo justamente este flujo de potencia transportado por la onda.

### 2.1.2 Reflexión y Coeficiente de Reflexión

Cuando una onda electromagnética viaja por una línea de transmisión, transporta energía. Si encuentra un cambio en las características del medio (por ejemplo, cuando llega a la antena), parte de esa energía se transmite y otra parte se refleja de vuelta.

Estudiamos principalmente dos tipos de reflexión:

1. **Reflexión Normal:** Cuando la onda incide perpendicularmente sobre la superficie (por ejemplo, entre dos dieléctricos o entre un dieléctrico y un conductor).
2. **Reflexión Oblicua:** Cuando la onda incide en ángulo.

El parámetro que cuantifica cuánta energía se refleja es el Coeficiente de Reflexión ( $\Gamma$ ):

- En líneas de transmisión, este coeficiente depende de la impedancia de la carga ( $Z_L$ ) y la impedancia característica de la línea ( $Z_0$ ).
- El coeficiente  $\Gamma$  es un número complejo (tiene módulo y fase).
- Si la línea está perfectamente adaptada ( $Z_L = Z_0$ ), entonces  $\Gamma = 0$  (no hay reflexión).
- Si la carga está en circuito abierto,  $\Gamma = +1$ , y si está en cortocircuito,  $\Gamma = -1$ .

En nuestro trabajo práctico, el coeficiente de reflexión lo calculamos a partir de las potencias que medimos con el vatímetro BIRD Thruline 43, que nos permite leer tanto la potencia incidente ( $P_i$ ) como la reflejada ( $P_r$ ).

### 2.1.3 La Relación de Onda Estacionaria (ROE)

Cuando hay una onda reflejada que viaja en sentido contrario a la onda incidente, ambas ondas se superponen formando lo que llamamos una onda estacionaria. Este fenómeno da lugar a puntos de máxima y mínima amplitud a lo largo de la línea.

La Relación de Onda Estacionaria (ROE) se define como la relación entre la amplitud máxima y mínima de esta onda estacionaria, y se calcula a partir del módulo del coeficiente de reflexión  $|\Gamma|$ :

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.1)$$

## Características y Significado de la ROE:

- **Rango de Valores:** La ROE siempre es un número positivo mayor o igual a 1 ( $1 \leq ROE \leq \infty$ ).
- **Adaptación:** La ROE nos indica qué tan bien está adaptada la carga:
  - $ROE = 1$  significa adaptación perfecta. Toda la potencia se transmite a la antena, nada se refleja ( $\Gamma = 0$ ).
  - $ROE > 1$  indica que hay reflexión. Parte de la energía vuelve al transmisor en lugar de radiarse por la antena.
- **Objetivo del TP:** En nuestro experimento medimos  $P_i$  y  $P_r$  para diferentes longitudes de antenas (radiantes) operando a 450 MHz. Con estos datos calculamos la ROE de cada una para determinar cuál tiene mejor adaptación al sistema.

---

En resumen, este trabajo práctico aplica la teoría de reflexión en líneas de transmisión usando mediciones reales de potencia para calcular la ROE, que es el parámetro clave para evaluar la adaptación en radiofrecuencia.

# **Chapter 3**

## **Laboratorio**

Para la realización de la actividad practica de laboratorio, se requieren los siguientes materiales/elementos:

- Radio transmisor UHF Alinco DR 430,
- Vatimetro de RF Bird modelo 43,
- Base magnética para antena,
- Irradiantes para la base magnética:  $31.7\text{cm}$ ,  $17\text{cm}$ ,  $16\text{cm}$  y  $13.5\text{cm}$ ,
- Fuente de alimentación  $12V$ .

### 3.1 Actividades

1. Verificar los datos del transmisor y vatímetro a fin de evitar daños a los instrumentos. Verificar estado de fuentes de alimentación del transmisor.

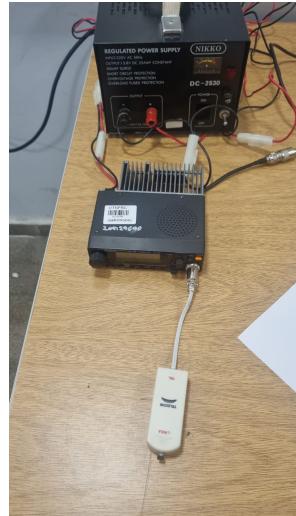


Figure 3.1: Conexión inicial del equipamiento.

2. Seleccionar el acoplador para una potencia de 10 W y una frecuencia de 200 a 500 MHz.



Figure 3.2: Vatímetro configurado para 10W.

3. Se posee 4 irradiantes (31.70 cm, 17 cm, 16 cm y 13,5 cm) colocar uno de los irradiantes en la base magnética.

4. No encender los transmisores antes de hacer las conexiones de los elementos.
5. Conectar mediante cable coaxial el vatímetro entre el transmisor y la antena.



Figure 3.3: Conexión del vatímetro entre transmisor y antena.

6. Ajustar la frecuencia de transmisor a: 450 MHz.



Figure 3.4: Ajuste de frecuencia a 450 MHz.

7. Configurar el medidor para medición de potencia incidente como lo indica figura 3.5.

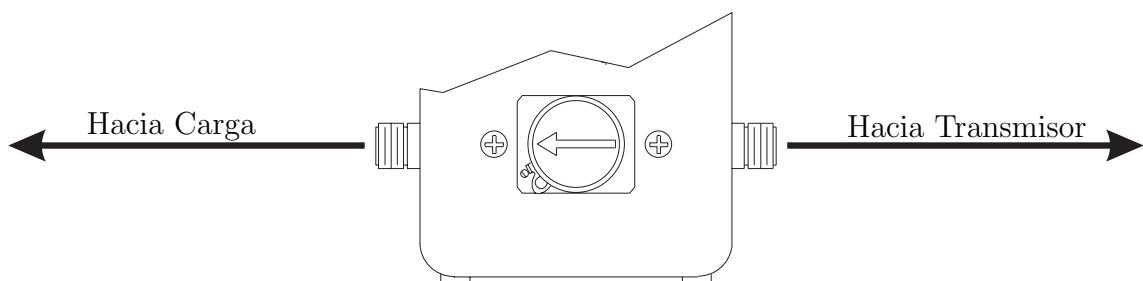


Figure 3.5: disposición para medición de potencia incidente.

8. Encender el medidor y el transmisor. Pulsar el botón de transmisión y verificar que el sistema está transmitiendo.



Figure 3.6: Prueba de transmisión del sistema.

9. Realizar la medición pulsando momentáneamente el botón de transmisión.

$$P_i = *W$$

- p/10 cm    Valor de la  $P_i$  (W) = 3.2
- p/13,7 cm    Valor de la  $P_i$  (W) = 2
- p/17 cm    Valor de la  $P_i$  (W) = 2
- p/32 cm    Valor de la  $P_i$  (W) = 0.6

10. Apagar el transmisor y configurar el vatímetro para medición de onda reflejada como lo indica figura 3.7.

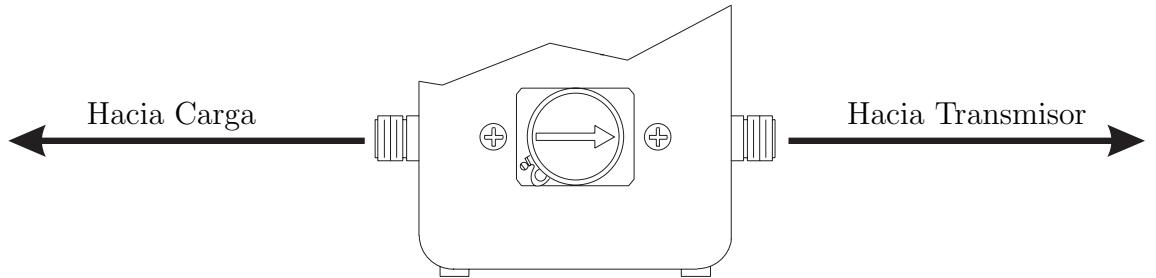


Figure 3.7: disposición para medición de potencia reflejada.

11. Encender el transmisor y realizar la medición pulsando momentáneamente el botón de transmisión.

$$P_r = *W$$

- p/10 cm    Valor de la  $P_r$  (W) = 0.2
- p/13,7 cm    Valor de la  $P_r$  (W) = 0.3
- p/17 cm    Valor de la  $P_r$  (W) = 0.54
- p/32 cm    Valor de la  $P_r$  (W) = 2.4

12. Calcular el valor del ROE para cada uno de los irradiantes (31.70 cm, 17 cm, 16 cm y 13,5 cm.) por medio de su ecuación.

Se define como relación de onda estacionaria a:

$$ROE = \frac{E_{MAX}}{E_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (3.1)$$

sabiendo que:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}} \quad (3.2)$$

reemplazando 3.2 en 3.1 nos queda:

$$ROE = \frac{\sqrt{P_i} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_i} - \sqrt{P_r}} \quad (3.3)$$

reemplazando los valores obtenidos, nos queda:

$$ROE = *$$

- p/10 cm ROE = 1.6667
- p/13,7 cm ROE = 2.2642
- p/17 cm ROE = 3.1633
- p/32 cm ROE = 3

13. Determinar cual de los irradiantes posee un menor ROE

El elemento radiante de menor ROE es el que mide 10cm de longitud.

# Chapter 4

## Conclusiones

En este trabajo práctico realizamos mediciones de la Relación de Onda Estacionaria (ROE) en diferentes elementos radiantes utilizando un vatímetro direccional Bird. El objetivo fue analizar cómo la longitud de cada elemento afecta la adaptación de impedancias entre la línea de transmisión y la antena.

Los resultados experimentales mostraron que el elemento de 10 cm presentó el mejor desempeño ya que posee el menor valor de ROE. Esto significa que este posee la mejor adaptación, permitiendo que la mayor parte de la potencia transmitida llegue efectivamente a la antena en lugar de ser reflejada de vuelta hacia el transmisor.

Durante las mediciones observamos que a medida que nos alejamos de la longitud óptima del elemento radiante, el ROE aumenta significativamente. Este comportamiento tiene sentido desde el punto de vista teórico: la impedancia de entrada de un dipolo varía con su longitud eléctrica, y la máxima eficiencia se alcanza cuando las dimensiones son apropiadas para la frecuencia de trabajo.

El uso del vatímetro Bird nos permitió medir separadamente la potencia incidente en la antena y la que se refleja, facilitando el cálculo directo del ROE.

En conclusión, este trabajo nos permitió comprobar en la práctica conceptos que habíamos visto en teoría sobre adaptación de impedancias y ondas estacionarias. Quedó demostrado que elegir correctamente las dimensiones del elemento radiante es fundamental para lograr una transmisión eficiente, y que el ROE es una herramienta muy útil para evaluar qué tan bien está funcionando nuestro sistema de antena; también, un aspecto importante que aprendimos es que un ROE elevado no solo representa pérdida de potencia si no que también puede causar problemas serios en el equipo ya que las ondas estacionarias generan picos de voltaje y corriente en ciertos puntos de la línea que pueden dañar el transmisor.