



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

Guía de Trabajo

Línea de Transmisión Bifilar

Contenido

1	Introducción	1
2	Temas a Investigar.....	2
3	Trabajo de Laboratorio.....	3
3.1	Equipamiento	3
3.2	Consideraciones de seguridad	3
3.3	Montaje.....	5
3.4	Distribución de corriente y de tensión.....	5
3.5	Razón de tensión de onda estacionaria	5
3.6	Potencia Reflejada.....	6
3.7	Línea en circuito abierto.....	6
3.8	Línea en corto circuito.....	6
3.9	Línea con carga.....	7
4	Anexos	8
4.1	Datos	8
4.1.1	Distribución de corriente y tensión.....	8
4.1.2	Razón de tensión de onda estacionaria	9
4.1.3	Potencia Reflejada.....	9
4.1.4	Línea en circuito abierto.....	9
4.1.5	Línea en corto circuito.....	10
4.1.6	Línea con carga.....	11

1 Introducción

Sabemos que las cargas y corrientes variables con el tiempo son fuentes de campos y ondas electromagnéticas. Las ondas transportan potencia electromagnética y se propagan en el medio circundante. El efecto de las ondas en un receptor, depende entre otras cosas, de la densidad de potencia media de las ondas en el lugar donde se encuentra el receptor. La densidad de potencia (potencia por unidad de área) es muy baja a grandes distancias, debido al valor tan grande del área total de la esfera con su centro en las fuentes. Por consiguiente, la transmisión de potencia desde una fuente electromagnética omnidireccional a un receptor es muy ineficiente. Incluso si la fuente radia con la ayuda de una antena altamente direccional, su potencia se expande sobre un área muy amplia a grandes distancias.

Para la transmisión eficiente de potencia e información de punto a punto hay que guiar la energía de la fuente (es decir, guiar la onda electromagnética); para esto se utilizan las llamadas líneas de transmisión. Pueden utilizarse varios tipos de línea, dependiendo de la aplicación, potencia y frecuencia:

- Línea de transmisión de dos alambres.
- Línea de transmisión coaxial.
- Línea de transmisión de placas paralelas.
- Guías de ondas.

Algunas de estas se muestran en la Figura 1.

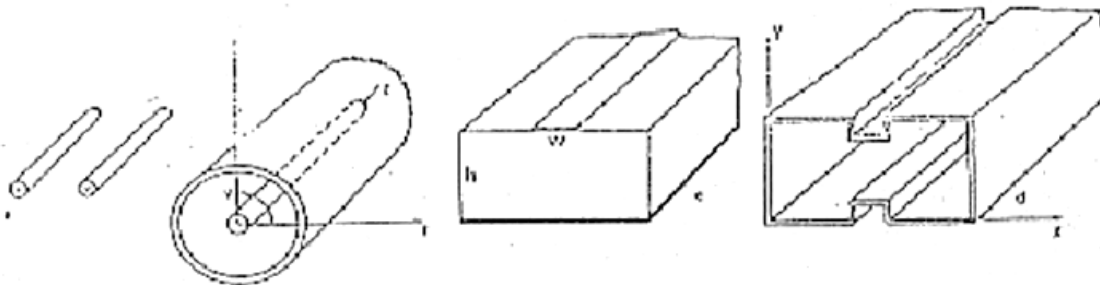


Figura 1: Diversas líneas de transmisión.

La línea de dos alambres (primera a la izquierda de la Figura 1), consiste en un par de alambres conductores paralelos separados por una distancia uniforme. Como ejemplo de este tipo de línea están las líneas aéreas telefónicas y de transmisión de energía que se pueden ver en las áreas rurales, así como los cables planos que descienden desde la antena hasta el televisor.

2 Temas a Investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

- Líneas de Transmisión
 - Relación entre la corriente y la tensión en la línea.
 - Ondas reflejadas en una línea y la razón de onda estacionaria (SWR).
 - Razón de tensión de onda estacionaria (VSWR).

- Efectos en líneas de transmisión de:
 - Corto-circuito
 - Circuito abierto
 - Resistencia.

3 Trabajo de Laboratorio

3.1 Equipamiento

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

Tabla 1: Equipamiento de la experiencia junto con su código.

Cantidad	Descripción	Código
1	Transmisor UHF	SO4100-1A
1	Línea Lecher	SO4100-1C
2	Clip de corto circuito	SO4100-1D
1	Indicador de lámpara	SO4100-1E
1	Elementos de simetría	SO4100-1F
1	Resistencia	SO4100-
1	Condensador	SO4100-
1	Inductancia	SO4100-
1	Riel	SO4100-1L
1	Medidor de corriente	SO4100-3D
1	Medidor de tensión	SO4100-3E

3.2 Consideraciones de seguridad

- En cuanto a los medidores, tanto de tensión como de corriente, se debe tener especial cuidado en **NO tocar la línea de transmisión** con ninguno de ellos.
- Notar que la magnitud de la variable que está siendo medida depende de la separación entre el medidor y la línea.
- En cuanto a su uso, el medidor de tensión se deberá mover a través de la línea, pero **a un lado** de ésta (a unos 7 mm de distancia), es decir, como indica la Figura 2.

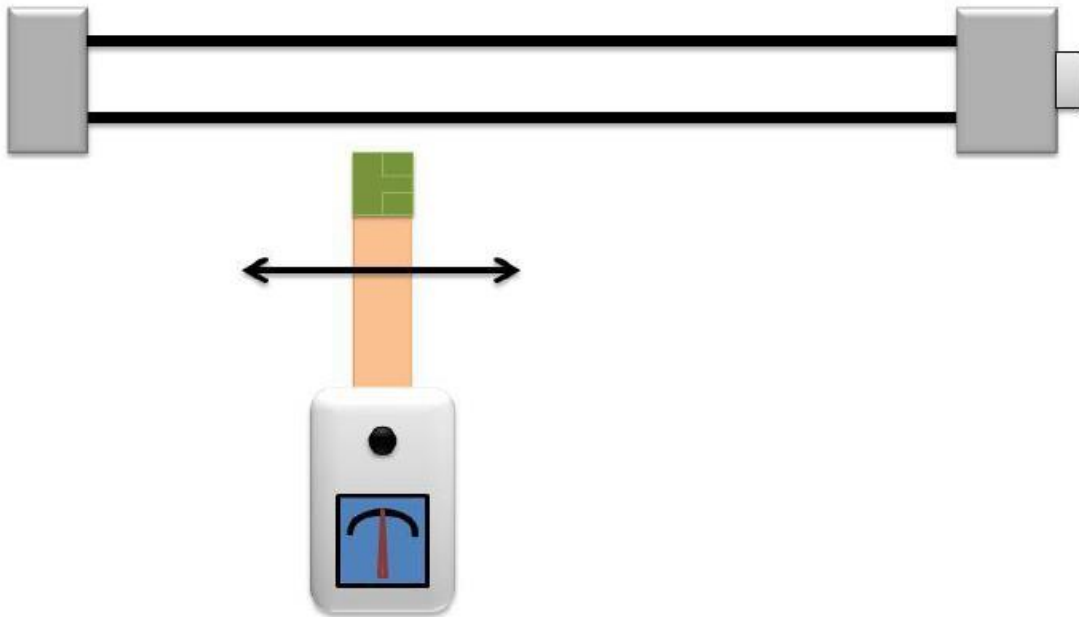


Figura 2: Mediciones de tensión.

- El medidor de corriente en cambio, se deberá mover a través de la línea pero sobre ésta (a una distancia de unos 5 mm), es decir, como indica la Figura 3.

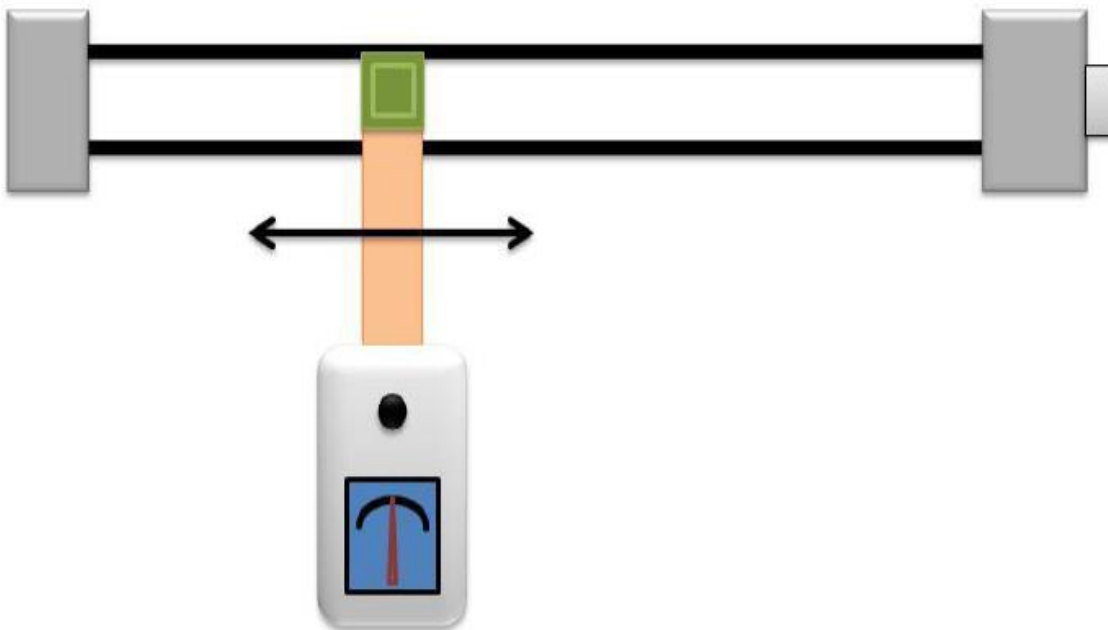


Figura 3: Mediciones de corriente.

3.3 Montaje

Una vez definido el lugar de trabajo se debe procurar que la mesa donde se monten los instrumentos esté **libre** de cualquier tipo de **metal** y además que el transmisor SO 4100-1A esté ubicado lateralmente a la línea de transmisión, como lo indica la Figura 4.

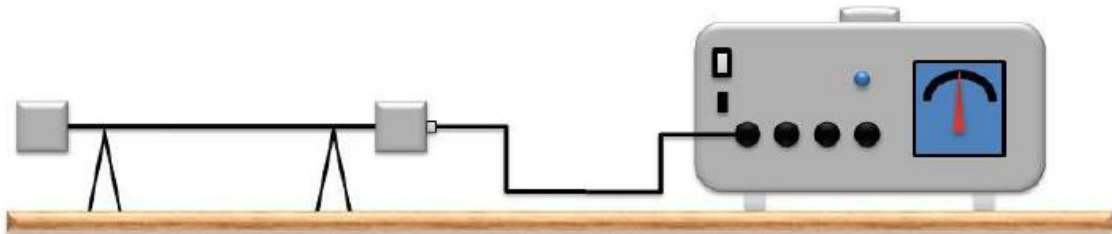


Figura 4: Montaje de equipos.

- Conecte la línea de transmisión al generador a través del elemento simétrico de adaptación y el cable coaxial.
- En el otro extremo de la línea conecte la carga resistiva de 220 [Ω].
- A través del generador se **aplicará una potencia** P_{out} al sistema (1 o 0.5 [W]), visualizada en el panel frontal del generador.

3.4 Distribución de corriente y de tensión

- Ajuste la potencia del generador a 1[W].
- Con los respectivos medidores, mida la distribución de corriente y de tensión a lo largo de la línea siguiendo cuidadosamente las instrucciones previamente señaladas (asuma que ambas ondas —de corriente y de tensión— siguen formas sinusoidales). Anote en las Tabla 2 y Tabla 3.
- La presencia **cercana** del **operador** de los sensores puede también **afectar** la medida, por lo que se sugiere mantenerlos con el brazo estirado.
- Confeccione gráficos de tensión y corriente versus distancia, es decir, versus el largo de la línea, en que tanto máximos como mínimos sean claramente identificables.

3.5 Razón de tensión de onda estacionaria

- Calcule la razón de tensión de onda estacionaria (VSWR) a partir de:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

Donde tanto los V_{max} como los V_{min} los debe obtener de los gráficos previamente realizados.

- Calcule el coeficiente de reflexión según:

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

¿Por qué el coeficiente de reflexión es distinto de cero?

- Anote los datos en la Tabla 4 en el anexo.

3.6 Potencia Reflejada

- Calcule la potencia reflejada según:

$$P_R = \Gamma^2 P_{OUT}$$

- Calcule la potencia en la carga según:

$$P_C = (1 - \Gamma^2) P_{OUT}$$

- Anote los datos en la Tabla 5 en el anexo.

3.7 Línea en circuito abierto

- Reduzca la potencia de salida del generador a 0.5 [W] y realice los mismos cálculos anteriores (3.4, 3.5. y 3.6) para la línea en circuito abierto.
- ¿Cuál es la relación entre la separación de dos mínimos de tensión consecutivos y la longitud de onda?
- Anote los datos en las Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 en el anexo.

3.8 Línea en corto circuito

- Mantenga la potencia de salida del generador en 0.5 [W] y realice los mismos cálculos anteriores (3.4, 3.5 y 3.6) conectando al final de la línea el clip de corto circuito SO4100-1D.
- ¿Qué diferencias se pueden establecer entre la distribución de voltaje de la línea en circuito abierto y en corto-circuito?
- Anote los datos en las Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 en el anexo.

3.9 Línea con carga

- Ajuste la potencia de salida del generador a 1 [W] y realice los mismos cálculos anteriores (3.4, 3.5. y 3.6) modificando la carga de la línea (Capacitiva, resistiva e inductiva).
- Anote los datos en las Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17 en el anexo.
- Ajuste la potencia de salida del generador a 0.5 [W] y realice los mismos cálculos anteriores (3.4, 3.5 y 3.6) modificando la carga de la línea (Capacitiva, resistiva e inductiva).
- Anote los datos en las Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 en el anexo.

4 Anexos

4.1 Datos

Estos datos deben ser entregados al ayudante a cargo al finalizar la sesión correspondiente.

4.1.1 Distribución de corriente y tensión

Tabla 2: Corriente v/s Distancia para $P=1[W]$.

Distancia [cm]	I[A]

Tabla 3: Tensión v/s Distancia para $P=1[W]$.

Distancia [cm]	V[V]

4.1.2 Razón de tensión de onda estacionaria

Tabla 4: CVSWR y Γ para $P=1[W]$.

$V_{\max}[V]$	$V_{\min}[V]$	VSWR	Γ

4.1.3 Potencia Reflejada

Tabla 5: Potencia de salida, reflejada y en la carga para $P=1[W]$.

Γ^2	$P_{\text{Out}}[W]$	$P_R[W]$	$P_C[W]$

4.1.4 Línea en circuito abierto

Tabla 6: Corriente v/s Distancia para $P=0.5[W]$.

Distancia [cm]	$I[A]$

Tabla 7: Tensión v/s Distancia para $P=0.5[W]$.

Distancia [cm]	$V[V]$

Tabla 8: CVSWR y Γ para $P=0.5[W]$.

$V_{\max}[V]$	$V_{\min}[V]$	VSWR	Γ

Tabla 9: Potencia de salida, reflejada y en la carga para $P=0.5[W]$.

Γ^2	$P_{\text{Out}}[W]$	$P_R[W]$	$P_C[W]$

4.1.5 Línea en corto circuito

Tabla 10: Corriente v/s Distancia para $P=0.5[W]$.

Distancia [cm]	$I[A]$

Tabla 11: Tensión v/s Distancia para $P=0.5[W]$.

Distancia [cm]	$V[V]$

Tabla 12: CVSWR y Γ para $P=0.5[W]$.

$V_{\max}[V]$	$V_{\min}[V]$	VSWR	Γ

Tabla 13: Potencia de salida, reflejada y en la carga para $P=0.5[W]$.

Γ^2	$P_{\text{Out}}[W]$	$P_R[W]$	$P_C[W]$

4.1.6 Línea con carga

4.1.6.1 $P=1[W]$

Tabla 14: Corriente v/s Distancia.

Distancia [cm]	$I_{\text{resistivo}}[A]$	$I_{\text{capacitivo}}[A]$	$I_{\text{inductivo}}[A]$

Tabla 15: Tensión v/s Distancia.

Distancia [cm]	$V_{\text{resistivo}}[V]$	$V_{\text{capacitivo}}[V]$	$V_{\text{inductivo}}[V]$

Tabla 16: CVSWR y Γ .

	V_{\max} [V]	V_{\min} [V]	VSWR	Γ
Resistivo				
Capacitivo				
Inductivo				

Tabla 17: Potencia de salida, reflejada y en la carga.

	Γ^2	P_{Out} [W]	P_R [W]	P_C [W]
Resistivo				
Capacitivo				
Inductivo				

4.1.6.2 $P=0.5$ [W]

Tabla 18: Corriente v/s Distancia.

Distancia [cm]	$I_{\text{resistivo}}$ [A]	$I_{\text{capacitivo}}$ [A]	$I_{\text{inductivo}}$ [A]

Tabla 19: Tensión v/s Distancia.

Distancia [cm]	$V_{\text{resistivo}}$ [V]	$V_{\text{capacitivo}}$ [V]	$V_{\text{inductivo}}$ [V]

Tabla 20: CVSWR y Γ .

	$V_{\max}[V]$	$V_{\min}[V]$	VSWR	Γ
Resistivo				
Capacitivo				
Inductivo				

Tabla 21: Potencia de salida, reflejada y en la carga.

	Γ^2	$P_{\text{Out}}[W]$	$P_R[W]$	$P_C[W]$
Resistivo				
Capacitivo				
Inductivo				