

INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE  
BUENOS AIRES

**Trabajo Práctico N° 5**

Teoría de Circuitos I  
25.10

**Grupo N° 2**

Juan Bautista Correa Uranga  
Juan Ignacio Caorsi  
Rita Moschini

Legajo: 65016  
Legajo: 65532  
Legajo: 67026

9 de noviembre de 2025

# Resumen

Este trabajo abordó la variación de la inductancia y la resistencia interna de un inductor en función de la frecuencia de la excitación, la obtención de la frecuencia de resonancia y los diagramas de bode de los distintos componentes en un circuito RLC serie.

# Índice

<b>1.. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Instrumental . . . . .	3
1.2. Marco teórico . . . . .	3
<b>2.. Desarrollo</b>	<b>4</b>
2.1. Procedimiento . . . . .	4
a). Analizador de impedancias . . . . .	4
b). Resonancia . . . . .	4
c). Respuesta en frecuencia . . . . .	4
2.2. Datos recolectados . . . . .	4
a). Analizador de impedancias . . . . .	4
b). Resonancia . . . . .	5
c). Respuesta en frecuencia . . . . .	5
2.3. Cálculos y Comparación Teórica . . . . .	6
<b>3.. Conclusiones</b>	<b>7</b>

# 1. Introducción

## 1.1 Instrumental

En esta experiencia se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Osciloscopio Keysight (Agilent) DSO6014A
- Generador de ondas con resistencia interna de  $50\ \Omega$
- Analizador de impedancias.
- Resistencia de  $100\ \Omega$  (nominal y medido).
- Capacitor de  $2,2\ \text{nF}$ .
- Inductor de inductancia entre  $0,5\ \text{mH}$  y  $2\ \text{mH}$

## 1.2 Marco teórico

Un circuito RLC serie está compuesto por una resistencia de valor  $R$ , un inductor de inductancia  $L$  y un capacitor de capacitancia  $C$  conectados en serie. La resistencia total del circuito ( $R_{Total}$ ) debe considerar todas las resistencias:  $R_{Total} = R_{gen} + R + R_L$

La frecuencia de resonancia angular para un circuito RLC, serie o paralelo, es :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Se puede calcular el factor de calidad o factor de selectividad  $Q$ . Para un circuito serie, se define como:

$$Q_S = \frac{\omega_0 L}{R_{Total}} = \frac{1}{\omega_0 C R_{Total}} \quad (2)$$

El \*\*Ancho de Banda (B)\*\* se define como la diferencia entre las dos frecuencias de corte (potencia media),  $f_{c2}$  y  $f_{c1}$ :

$$B = f_{c2} - f_{c1} \quad (3)$$

El factor de calidad también relaciona la frecuencia de resonancia con el ancho de banda:

$$Q = \frac{f_0}{B} \quad (4)$$

Las \*\*Funciones Transferencia\*\* para las tensiones en cada componente, considerando  $V_{in}$  como la tensión total de la fuente  $V_S$ , son:

$$H_R(s) = \frac{V_R(s)}{V_S(s)} = \frac{R}{R_{Total} + sL + 1/sC} = \frac{sCR}{s^2LC + sCR_{Total} + 1} \quad (5)$$

$$H_L(s) = \frac{V_L(s)}{V_S(s)} = \frac{sL}{R_{Total} + sL + 1/sC} = \frac{s^2LC}{s^2LC + sCR_{Total} + 1} \quad (6)$$

$$H_C(s) = \frac{V_C(s)}{V_S(s)} = \frac{1/sC}{R_{Total} + sL + 1/sC} = \frac{1}{s^2LC + sCR_{Total} + 1} \quad (7)$$

## 2. Desarrollo

### 2.1 Procedimiento

#### a) Analizador de impedancias

Con el fin de saber entre cuáles frecuencias se encontraría la frecuencia de resonancia, dados el rango de inductancia de la bobina utilizada, se obtuvieron sus valores teóricos para los extremos del rango de inductancia (0,5 mH y 2 mH) , haciendo:

$$f_{1,-1} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \frac{1}{2\pi} \quad (8)$$

También se obtuvo  $f_{-2} = \frac{f_{-1}}{2}$  (una octava menor a  $f_{-1}$ ) y  $f_2 = f_1 \cdot 2$  (una octava mayor a  $f_1$ ) y se midieron la inductancia y la resistencia de la bobina para cada una de estas frecuencias, variando la frecuencia con el analizador de impedancias .

#### b) Resonancia

Se armó el circuito de la figura 1, fijando la tensión del generador en 1 V de amplitud (es decir, 2 V pico a pico) .

Figura 1: Circuito estudiado a lo largo de la práctica.

Se varió la frecuencia de la señal generada entre  $f_{-1}$  y  $f_1$ , buscando la frecuencia de resonancia  $f_0$  (el máximo de tensión sobre la resistencia) . Luego se buscaron las frecuencias de corte  $f_{c1}$  y  $f_{c2}$  (frecuencias para las cuales  $V_R = V_{R,max}/\sqrt{2}$ ) .

#### c) Respuesta en frecuencia

Se utilizó la función FRA (Frequency Response Analysis) del osciloscopio para obtener los diagramas de Bode de  $V_R$ ,  $V_L$  y  $V_C$  . Adicionalmente, se midieron puntos individuales para la transferencia de  $V_R$  .

### 2.2 Datos recolectados

#### a) Analizador de impedancias

Los valores medidos se presentan en la Tabla 1 .

Tabla 1: Mediciones de la bobina con el analizador de impedancias.

Frecuencia (f)	Resistencia Inductor ( $R_L$ )	Inductancia (L)
38 kHz	60,9 $\Omega$	1,562 mH
76 kHz	99,2 $\Omega$	1,414 mH
114 kHz	126,0 $\Omega$	1,320 mH
151 kHz	150,0 $\Omega$	1,257 mH
304 kHz	257,0 $\Omega$	1,162 mH

### b) Resonancia

Los valores medidos experimentalmente en el circuito fueron :

- Frecuencia de Resonancia:  $f_0 = 80$  kHz
- Frecuencia de Corte Inferior:  $f_{c1} = 63$  kHz
- Frecuencia de Corte Superior:  $f_{c2} = 102,5$  kHz

A partir de estos datos, se calcularon el ancho de banda (B) y el factor de calidad (Q) experimentales:

- Ancho de Banda:  $B = f_{c2} - f_{c1} = 102,5 \text{ kHz} - 63 \text{ kHz} = 39,5 \text{ kHz}$
- Factor de Calidad (por B):  $Q_B = f_0/B = 80 \text{ kHz}/39,5 \text{ kHz} = \mathbf{2,025}$

Adicionalmente, se midió el factor Q midiendo la sobretensión en el capacitor en  $f_0$  :

- $V_S(\text{pico-pico}) = 2,0 \text{ V}$
- $V_C(\text{pico-pico}) = 3,973 \text{ V}$
- Factor de Calidad (por V):  $Q_V = |V_C|/|V_S| = 3,973/2,0 = \mathbf{1,987}$

Ambos valores de Q medidos (2,025 y 1,987) son muy consistentes entre sí.

### c) Respuesta en frecuencia

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran los diagramas de Bode obtenidos con el osciloscopio.

Figura 2: Diagrama de Bode de la Tensión en la Resistencia ( $V_R$ ).

Figura 3: Diagrama de Bode de la Tensión en el Inductor ( $V_L$ ).

Figura 4: Diagrama de Bode de la Tensión en el Capacitor ( $V_C$ ).

Se midieron los siguientes puntos para la transferencia  $H_R(s) = V_R/V_S$ , presentados en la Tabla 2.

Tabla 2: Puntos de Bode medidos para  $V_R$ .

Frecuencia (kHz)	Amplitud (dB)	Fase (°)
39,1	-20,53	81,47
51,73	-16,19	74,63
59,49	-13,25	66,58
66,07	-10,52	54,76
70,85	-8,54	41,22
<b>81,49</b>	<b>-6,62</b>	<b>-0,33</b>
93,72	-8,42	-34,57
100,5	-9,83	-45,57
119,7	-13,34	-61,82
152,9	-17,43	-71,87
202,3	-21,07	-77,02
297,1	-25,19	-80,29

El punto de máxima ganancia ( $-6,62$  dB) a  $81,49$  kHz coincide con la frecuencia de resonancia experimental  $f_0 = 80$  kHz.

## 2.3 Cálculos y Comparación Teórica

Para el análisis teórico, se utilizan los valores de componentes medidos a la frecuencia más cercana a la resonancia experimental ( $f_0 = 80$  kHz). De la Tabla 1, la más cercana es  $76$  kHz, por lo que se usan:

- $L = 1,414$  mH (medido a  $76$  kHz)
- $R_L = 99,2 \Omega$  (medido a  $76$  kHz)
- $C = 2,2$  nF
- $R_{gen} = 50 \Omega$
- $R = 100 \Omega$
- $R_{Total} = R_{gen} + R + R_L = 50 \Omega + 100 \Omega + 99,2 \Omega = 249,2 \Omega$

Con estos valores, se calculan los parámetros teóricos:

- $f_0(\text{teórica}) = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1,414 \times 10^{-3} \text{ H} \cdot 2,2 \times 10^{-9} \text{ F}}} \approx 89,9 \text{ kHz}$
- $Q(\text{teórico}) = \frac{\omega_0 L}{R_{Total}} = \frac{2\pi \cdot 89,9 \times 10^3 \text{ Hz} \cdot 1,414 \times 10^{-3} \text{ H}}{249,2 \Omega} \approx 3,20$
- $B(\text{teórico}) = \frac{f_0}{Q} = \frac{89,9 \text{ kHz}}{3,20} \approx 28,1 \text{ kHz}$

La Tabla 3 resume la comparación entre los valores teóricos (calculados con componentes medidos) y los experimentales (medidos en el circuito).

Tabla 3: Comparación de valores Teóricos y Experimentales.

Parámetro	Teórico (calculado)	Experimental (medido)
$f_0$	89,9 kHz	80,0 kHz
$Q$	3,20	2,025 (por B) / 1,987 (por V)
$B$	28,1 kHz	39,5 kHz

### 3. Conclusiones

Se ha verificado exitosamente el comportamiento resonante de un circuito RLC serie. La medición de los componentes con el analizador de impedancias (Tabla 1) fue fundamental, ya que demostró que la resistencia parásita del inductor ( $R_L$ ) no es despreciable y varía significativamente con la frecuencia

. Esta resistencia parásita, sumada a la resistencia interna del generador ( $R_{gen} = 50 \Omega$ ), compone una  $R_{Total}$  de  $249,2 \Omega$ , que es mucho mayor a la  $R$  nominal de  $100 \Omega$ . Este es el factor principal que domina el comportamiento del circuito.

Los valores experimentales de  $Q$  (2,025 y 1,987) fueron muy consistentes entre sí, validando las mediciones de frecuencias de corte y de tensión.

Como se ve en la Tabla 3, los valores teóricos (calculados usando los datos de 76 kHz) difieren de los experimentales. La  $f_0$  teórica (89,9 kHz) es un 12% mayor que la experimental (80 kHz), y el  $Q$  teórico (3,20) es significativamente mayor que el experimental (2,0). Esto es la "mayor causa de diferencia" mencionada en la guía del TP : el modelo teórico usa valores fijos de  $L$  y  $R_L$  medidos a 76 kHz, pero en la realidad, estos valores cambian para  $f_0$ ,  $f_{c1}$  y  $f_{c2}$ , afectando los resultados.

Finalmente, los diagramas de Bode (Figuras 2, 3 y 4) confirmaron el comportamiento esperado:  $V_R$  actúa como un filtro pasa-banda,  $V_L$  como un pasa-alto y  $V_C$  como un pasa-bajo.