

**LABORATORIO DE FÍSICA****GRUPO N° 2****CURSO: Z2001****PROFESOR: Carlos Insúa****JTP: Carlos Elizalde****ATP: Mariano Alonso, Rodolfo Delmonte, María Pilar Braña****ASISTE LOS DÍAS: Jueves****EN EL TURNO: Mañana****TRABAJO PRÁCTICO N°: 7****TÍTULO: Corriente Alterna****INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ**

Arias Lucas	Herzkovich Agustín
Estévez Julián	Piacentini Nicolás
Gallardo Federico	Su Ezequiel

	<b>FECHAS</b>	<b>FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE</b>
<b>REALIZADO EL</b>	07/11/2024	
<b>CORREGIDO</b>		
<b>APROBADO</b>		

**INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:**

## **Objetivos**

El objetivo del trabajo práctico es el estudio de un circuito RLC serie conectado a un generador de tensión senoidal en régimen permanente. El trabajo se divide en tres partes:

- a) Utilización del osciloscopio para la comprobación de la frecuencia de resonancia por tres métodos diferentes.
- b) Realización de mediciones para calcular y comprobar parámetros del circuito a la frecuencia de resonancia y por encima y debajo de ella.
- c) Con los valores obtenidos en el punto anterior, se realizan los correspondientes diagramas fasoriales de tensión, corriente e impedancia.

## **Introducción Teórica**

Para esta práctica introducimos los siguientes conceptos:

- Inductor.
- Corriente alterna.
- Impedancia.
- Frecuencia de resonancia.
- Desfase entre tensión y corriente en un circuito RLC.

### **Inductor**

Un inductor es un componente eléctrico que almacena energía en forma de campo magnético cuando circula corriente a través de él. Este fenómeno se basa en la inductancia, que es la propiedad del inductor de oponerse a cambios en la corriente. La inductancia (L) se mide en henrios (H) y depende de factores como el número de vueltas de la bobina, el área de la sección transversal, y el tipo de material del núcleo.

La inductancia representa la capacidad del inductor para inducir una fuerza electromotriz (fem) en respuesta a cambios en la corriente, según la ley de Faraday. Esto significa que cuando la corriente en un inductor varía, se genera una tensión en el inductor opuesta a esa variación, lo que conocemos como reactancia inductiva. En un circuito de corriente alterna, esta reactancia inductiva se calcula como  $X_L = 2\pi fL$ , donde f es la frecuencia de la corriente alterna. Cuanto mayor es la inductancia y la frecuencia de la señal, mayor es la oposición al paso de la corriente alterna.

### **Corriente alterna**

La corriente alterna es un tipo de corriente eléctrica en la que la dirección del flujo de carga cambia de manera periódica, en contraposición a la corriente continua (CC), donde la corriente mantiene una dirección constante. La CA es ampliamente utilizada en sistemas eléctricos y es la forma de corriente suministrada en la mayoría de los hogares y redes eléctricas debido a su facilidad para ser transformada a diferentes niveles de voltaje. Su representación matemática se suele expresar como una función senoidal de la forma  $V(t) = V_0 \sin(2\pi ft + \phi)$ , donde  $V_0$  es el valor máximo de la tensión, f la frecuencia, y  $\phi$  la fase. En el contexto del circuito RLC serie, la CA induce comportamientos oscilatorios debido a la presencia de inductores y capacitores.

### **Impedancia**

La impedancia es una magnitud compleja que representa la oposición que un circuito presenta al paso de corriente alterna. A diferencia de la resistencia, que afecta únicamente a la magnitud de la corriente, la impedancia afecta tanto la magnitud como la fase. En un circuito RLC, la impedancia total Z es la suma vectorial de la resistencia R, la reactancia inductiva  $X_L$  y la reactancia capacitiva  $X_C$ , de acuerdo con la expresión  $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ . Esta depende de la frecuencia de la señal aplicada, siendo mínima en la frecuencia de resonancia, cuando  $X_L = X_C$ , y el circuito se comporta como puramente resistivo.

### **Frecuencia de resonancia**

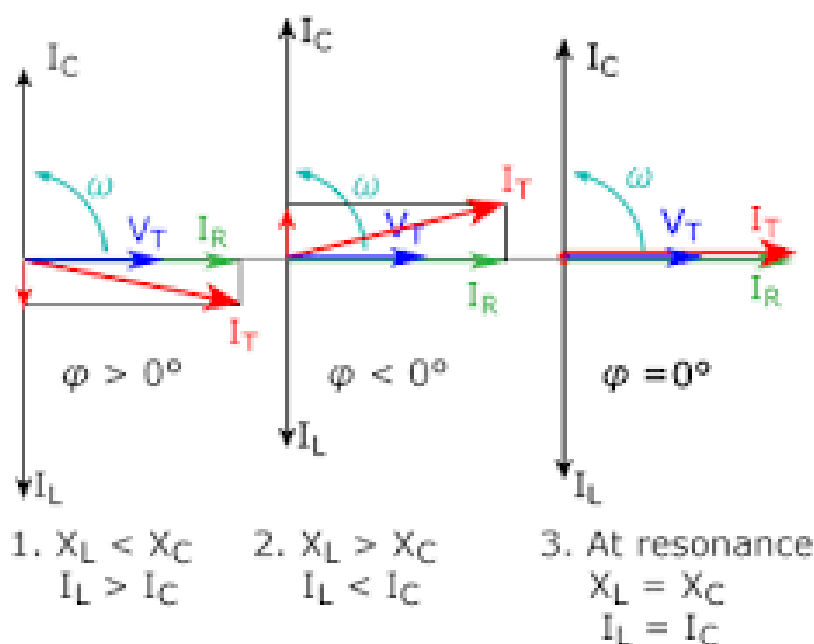
La frecuencia de resonancia en un circuito RLC es la frecuencia a la cual la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva se anulan mutuamente, resultando en una impedancia mínima y una máxima transferencia de potencia. Se puede calcular como  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , donde L es la inductancia y C la

capacitancia. En la frecuencia de resonancia, la corriente en el circuito alcanza su valor máximo, y la fase entre la tensión y la corriente es cero, lo que implica un comportamiento resistivo ideal.

### Desfase entre tensión y corriente en un circuito RLC

En un circuito RLC serie conectado a una fuente de corriente alterna, la relación de fase entre la tensión y la corriente depende de la frecuencia de operación con respecto a la frecuencia de resonancia del circuito. Existen tres casos principales:

1. **Frecuencia por debajo de la frecuencia de resonancia (comportamiento capacitivo):**
  - En este caso, la reactancia capacitiva ( $X_C$ ) es mayor que la reactancia inductiva ( $X_L$ ), lo que provoca que el circuito se comporte de manera capacitiva.
  - La **corriente adelanta a la tensión** en fase. Esto significa que la corriente alcanza su valor máximo antes que la tensión.
  - El desfase entre la tensión y la corriente es un ángulo positivo (por convención, se suele tomar como  $+90^\circ$  en un circuito puramente capacitivo), pero en un circuito RLC con una resistencia, el ángulo será menor que  $90^\circ$ .
  - En el diagrama fasorial, el fasor de la corriente estará adelantado con respecto al de la tensión.
2. **Frecuencia en la frecuencia de resonancia (comportamiento resistivo):**
  - A la frecuencia de resonancia, la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva se cancelan mutuamente ( $X_L = X_C$ ), y sólo queda la resistencia  $R$  como oposición a la corriente.
  - La **corriente y la tensión están en fase**, es decir, no existe desfase entre ambas.
  - En el diagrama fasorial, el fasor de la corriente y el de la tensión estarán alineados en la misma dirección (en el mismo eje horizontal) con un ángulo de fase de  $0^\circ$ .
3. **Frecuencia por encima de la frecuencia de resonancia (comportamiento inductivo):**
  - En este caso, la reactancia inductiva ( $X_L$ ) es mayor que la reactancia capacitiva ( $X_C$ ), y el circuito muestra un comportamiento inductivo.
  - La **tensión adelanta a la corriente** en fase. Esto significa que la tensión alcanza su valor máximo antes que la corriente.
  - El desfase entre la tensión y la corriente es un ángulo negativo (por convención, se suele tomar como  $-90^\circ$  en un circuito puramente inductivo), aunque en un circuito RLC con resistencia, este ángulo será menor que  $90^\circ$ .
  - En el diagrama fasorial, el fasor de la tensión estará adelantado con respecto al fasor de la corriente.

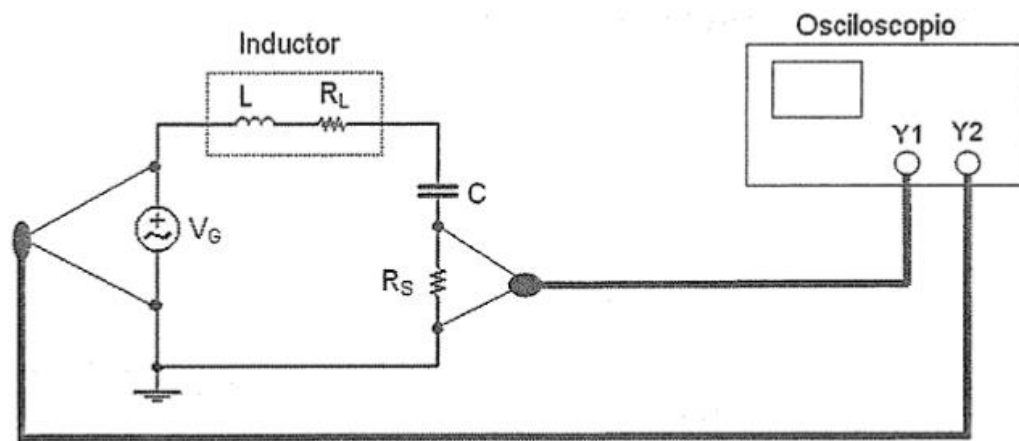


## Materiales utilizados

- Osciloscopio.
- Multímetro digital.
- Generador de funciones.
- Capacitor.
- Resistor.
- Inductor.

## Desarrollo

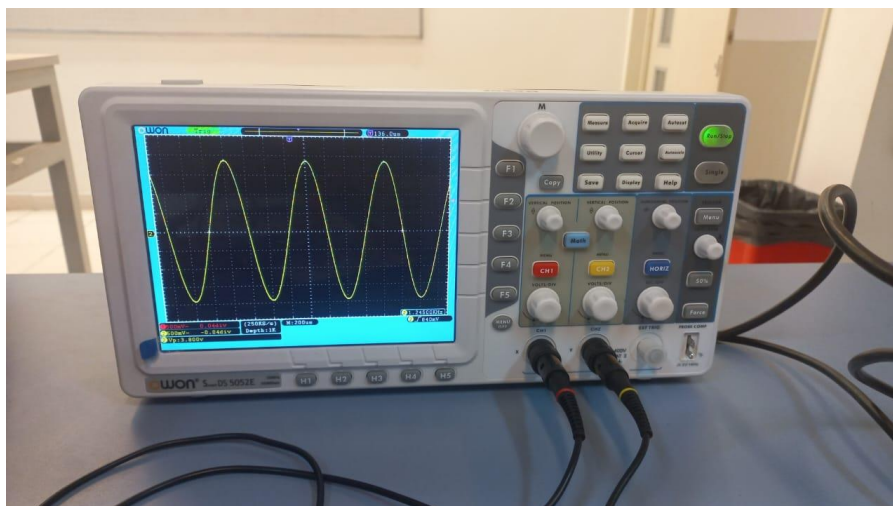
### Circuito Utilizado



El circuito RLC bajo estudio, está constituido por el inductor ( $L$ ), el capacitor ( $C$ ), y la parte resistiva está formada por  $R_L$ , que es la resistencia propia del inductor, debida al arrollamiento de cobre con el que se construyó y  $R_S$ , que es la única resistencia física, sobre la que podemos medir la diferencia de potencial en sus extremos para visualizar de esta manera en el osciloscopio la fase de la corriente del circuito serie que será la misma que la de la tensión en la resistencia. El circuito está alimentado por un generador de fuerza electromotriz variable en tensión y frecuencia.

### PARTE a): COMPROBACIÓN DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA CON OSCILOSCOPIO POR TRES MÉTODOS DIFERENTES

1. Detección de la máxima corriente del circuito: En la resonancia serie la corriente que circula por el circuito es máxima, en consecuencia, la tensión sobre  $R_S$ , también pasará por un máximo. Esta verificación la realizamos modificando la frecuencia del generador en valores próximos a los de la frecuencia de resonancia y observando en el osciloscopio la tensión sobre  $R_S$ . Conviene operar con un tiempo de barrido mayor para poder observar mejor el máximo, tal como se indica en la figura.

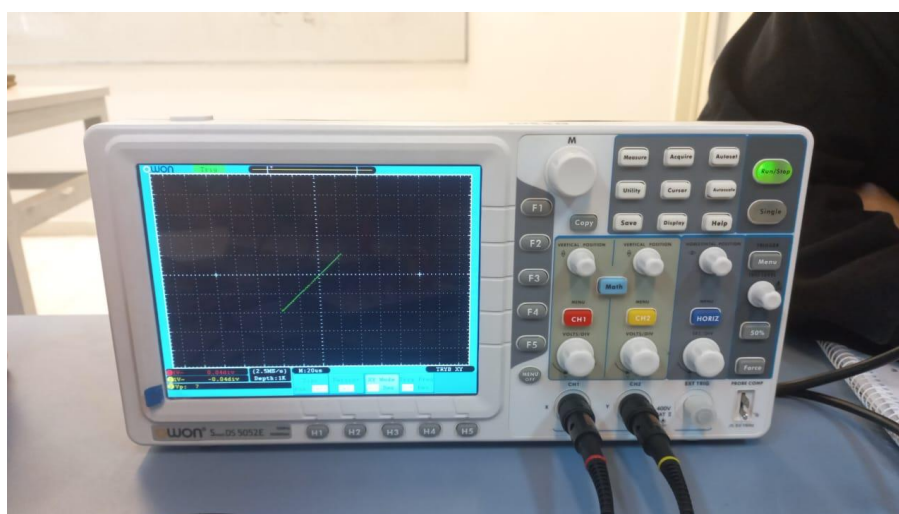


El valor de la frecuencia de resonancia, lo determinamos midiendo en cualquier punto del circuito utilizando el multímetro digital operando como medidor de frecuencia.

2. Comparación de las fases usando figuras de Lissajous, para esta medición se deberá colocar el control Time/div. en la posición (X-Y): Se determinará ahora la frecuencia de resonancia por el método de las figuras de Lissajous. Este método está basado en la composición de movimientos armónicos ortogonales (X-Y), de la misma frecuencia o múltiplos enteros y fase arbitraria. Supongamos entonces que aplicamos dos tensiones armónicas, a las nuevas entradas X -Y del osciloscopio:

Horizontal:  $x = X \sin \omega t$

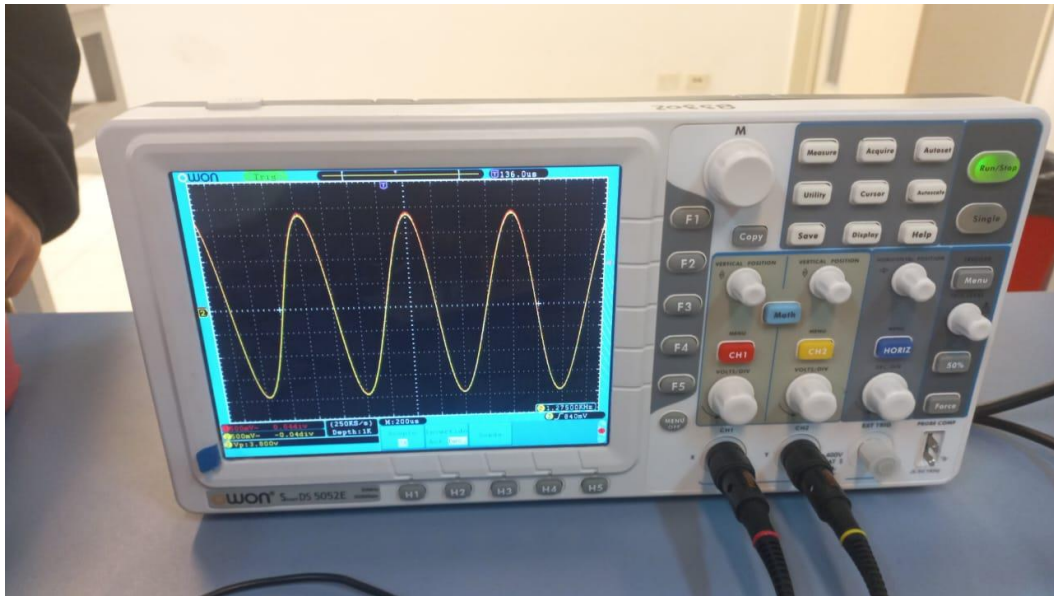
Vertical:  $y = Y \sin (\omega t + \varphi)$



Bajo estas condiciones, el punto luminoso describe en la pantalla unas figuras cerradas, denominadas figuras de Lissajous y cuya forma sólo depende de  $\varphi$ . Si  $\varphi = 0$ , las dos tensiones se encuentran en fase y el punto se desplaza sobre una recta de pendiente unitaria ( $\alpha = 45^\circ$ ) tal como indica la figura. En nuestro circuito RLC, la tensión del generador ( $V_c$ ), y la corriente en el mismo, que tendrá la misma fase que la tensión sobre  $R_s$ , ( $V_s$ ), se encontrarán en fase sólo en la frecuencia de resonancia, por lo tanto, podremos detectarla variando la frecuencia del generador hasta obtener en la pantalla del osciloscopio una imagen como la de la figura. Se mide la frecuencia con el multímetro, igual que en el punto anterior.

3. Comparación de las relaciones de fase usando el modo dual, para esta medición se deberá colocar el control mode en la posición dual: Un tercer método, consiste en verificar la frecuencia de resonancia utilizando el modo DUAL. Se debe disparar el barrido con el canal Y2, donde observamos la tensión del generador ( $V_c$ ), y en el canal Y1 observamos la tensión

en los bornes de  $R_s$ , que tendrá la misma fase que la corriente. Ambas tensiones en la frecuencia de resonancia deben encontrarse en fase, tal como se indica en la figura. En estas condiciones volvemos a medir la frecuencia de resonancia con el multímetro.



## **PARTE b): MEDICIÓN Y CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL CIRCUITO**

Utilizando el multímetro digital como voltímetro medimos las siguientes tensiones a la frecuencia de resonancia:

- Tensión salida del generador  $V_G$
- Tensión sobre  $R_s$   $V_{R_s}$
- Tensión sobre el capacitor  $V_C$
- Tensión sobre el inductor  $V_L$

Como estos valores son medidos con un voltímetro que responde a valores eficaces de tensión alterna, los valores obtenidos son eficaces. También se mide con un óhmetro la resistencia interna del inductor ( $R_L$ ). Observar cómo resultan los valores de  $V_L$  y  $V_C$ , respecto de la tensión del generador ( $V_G$ ). Con los valores medidos calculamos los siguientes parámetros del circuito

En los valores medidos calculamos los siguientes parámetros														
	VALORES MEDIDOS					VALORES CALCULADOS								
	$V_G$ [V]	$V_S$ [V]	$V_L$ [V]	$V_C$ [V]	$R_L$ [Ω]	$I_{ef}$ [A]	$Z$ [Ω]	$X_C$ [Ω]	$C$ [μF]	$Z_L$ [Ω]	$X_L$ [Ω]	$L$ [H]	$\phi$ [°]	$Q$ [-]
$f_0$														
$f > f_0$														/
$f < f_0$														/

Observar cómo resultan  $X_L$  y  $X_C$ .

Repetir las mediciones y cálculos para una frecuencia inferior y una superior a la de resonancia ( $f < f_0$  y  $f > f_0$ ).

## **PARTE c): REALIZACIÓN DE LOS DIAGRAMAS FASORIALES**

Se realizan los diagramas fasoriales de tensiones, corrientes e impedancias para los tres casos analizados en el punto anterior.

## Resultados y Análisis

### Anexo de Fórmulas

$$I_{ef} = \frac{V_{rs}}{R_s}$$

$$X_c = \frac{V_c}{I_{ef}}$$

$$Z_L = \frac{V_L}{I_{ef}}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{X_L - X_c}{R_L + R_s}\right)$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

$$Z = \frac{V_G}{I_{ef}}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

$$Q = \frac{V_L}{V_G} = \frac{X_L}{R_L + R_s}$$

### Datos, mediciones y resultados calculados

Fo = 1245Hz -> Frecuencia con método corriente máxima.

Fo = 1280 Hz -> Frecuencia con método Lissajous.

Fo = 1274Hz -> Frecuencia con método DUAL.

Para realizar los cálculos tomamos la fo de Lissajous, fo = 1280Hz.

Resultados:

	VG	Vs	VL	VC	R L	I <sub>ef</sub>	Z	XC	C	ZL	XL	L	φ	Q
F o	1,32 9v	1,31 6v	0,36 4v	0,35 9v	11 Ω	1,345 mA	988,1 Ω	266,9 1Ω	465,8 5nF	270,6 3Ω	270, 40 Ω	33,60 mH	0,2°	0,2 73
F > f o	1,32 9v	1,29 1v	0,49 8v	0,45 1v	11 Ω	1,320 mA	1006, 82Ω	190,1 5 Ω	470,2 2nF	377,2 7 Ω	373, 10 Ω	33,36 mH	10,4 8°	
F < f o	1,32 9v	1,27 3v	0,11 4v	0,57 5v	11 Ω	1,301 mA	1021, 52 Ω	441,9 6 Ω	461,6 8nF	164,4 9 Ω	164, 12 Ω	33,48 mH	- 15,6 9°	

### Escala para los diagramas fasoriales

Escala Tensión = 0.26v/cm

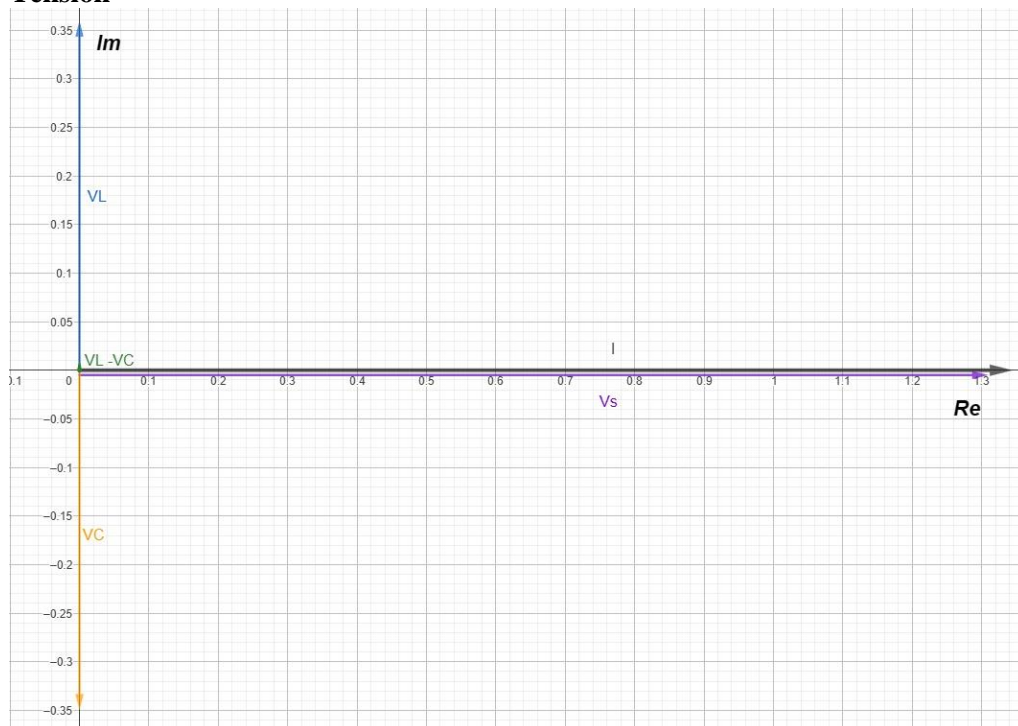
Escala Corriente = 0,5mA/cm

Escala Impedancia = 100Ω/cm

## Diagramas fasoriales

### Fo

- **Tensión**



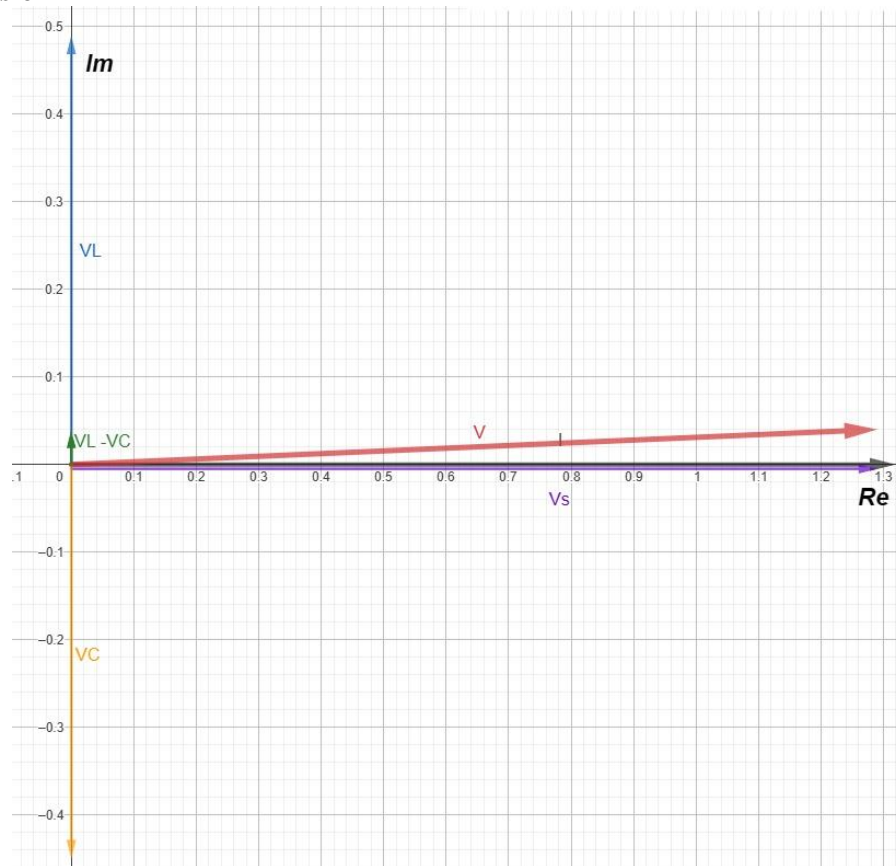
- **Impedancia**



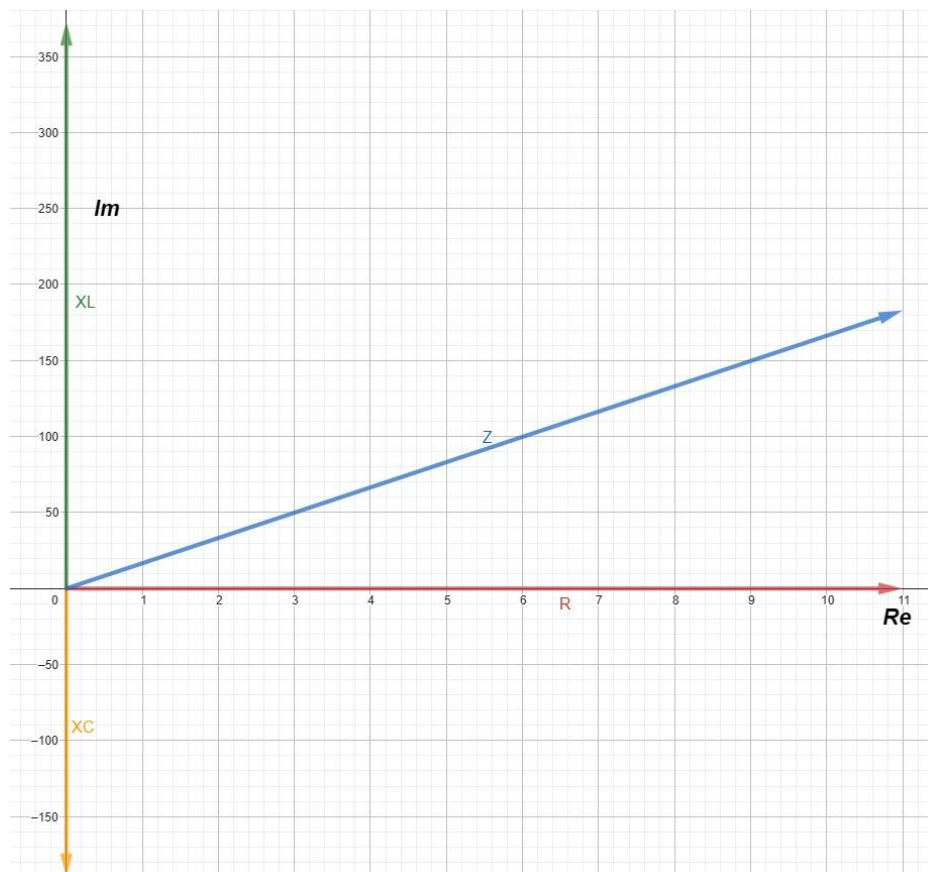


**$F > F_0$**

- **Tensión**

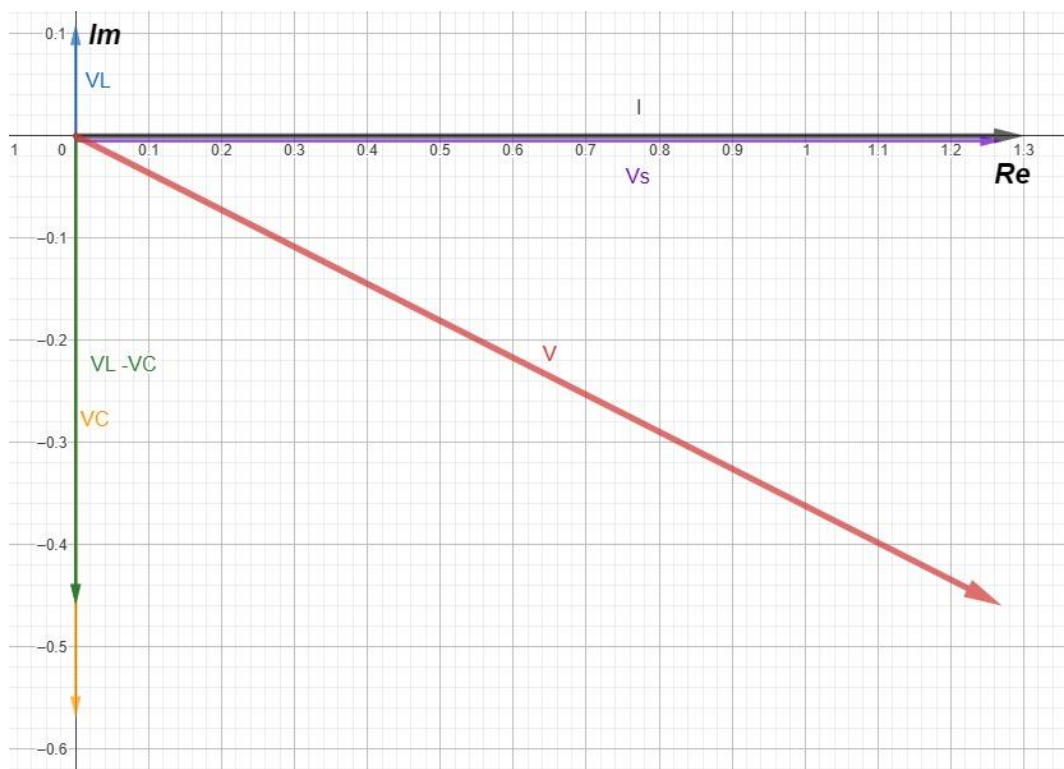


- **Impedancia**

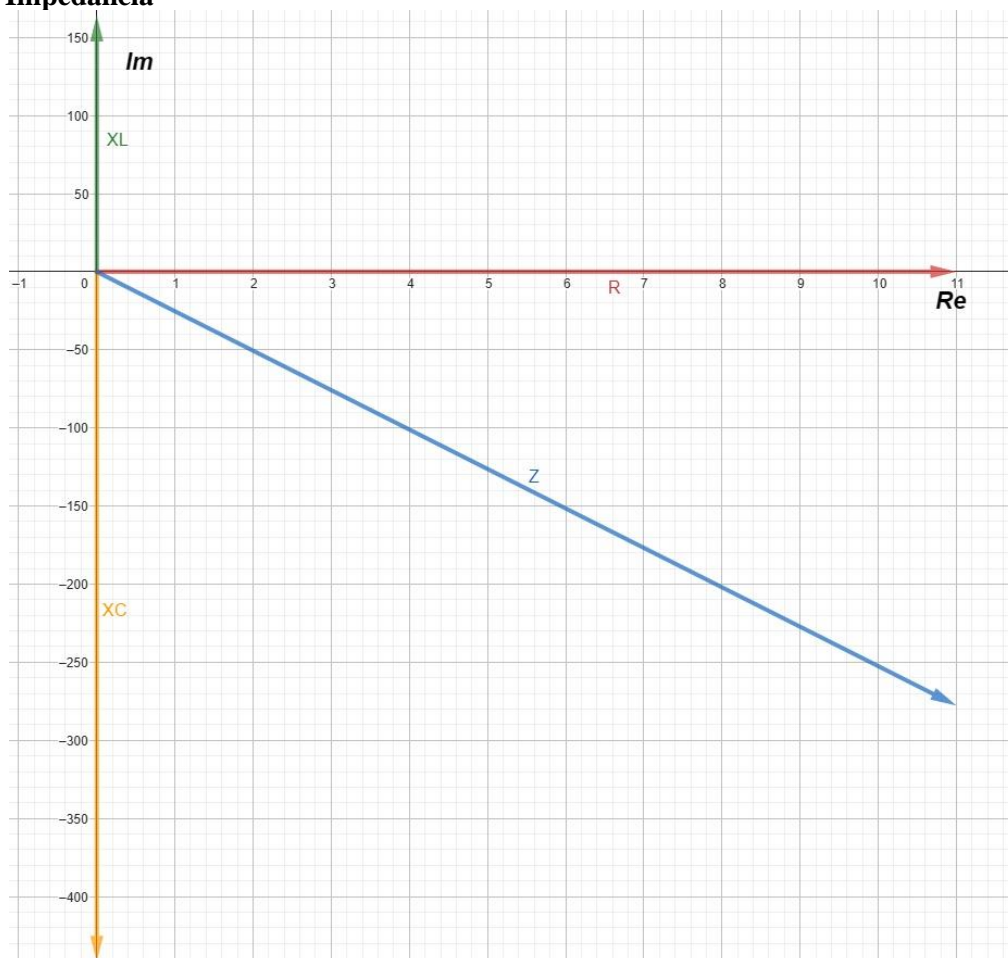


**$F < F_0$**

- Tensión



- Impedancia



## Conclusión

Comparación de los métodos:

1) **Detección de la máxima corriente:** Este método es directo y eficaz, ya que se basa en la observación de la tensión máxima sobre la resistencia  $R_s$ , la cual es proporcional a la corriente en el circuito. Este método es práctico y claro, especialmente si se utiliza un tiempo de barrido adecuado para observar el máximo de forma precisa. Sin embargo, la precisión puede depender de la sensibilidad del osciloscopio y la exactitud con que se logre ajustar la frecuencia del generador en torno a la resonancia.

2) **Figuras de Lissajous (Comparación de fases en modo X-Y):** Este método ofrece una visualización precisa de la fase entre la tensión del generador y la corriente en el circuito. Estas figuras son útiles para confirmar la resonancia mediante la alineación en una línea recta de  $45^\circ$ , lo que indica que la tensión y la corriente están en fase. Este método proporciona una clara verificación de la resonancia cuando se obtiene la imagen deseada, por lo cual puede considerarse el más confiable para aplicaciones donde la fase es fundamental.

3) **Modo dual (Comparación de fases en canales Y1 y Y2):** El uso del modo dual permite observar simultáneamente las tensiones del generador y de  $R_s$  en el mismo barrido, facilitando la comparación directa de las fases. La ventaja de este método es que permite verificar visualmente que ambas tensiones están en fase en la frecuencia de resonancia. Este método combina la simplicidad de la observación con un enfoque preciso de fase, aunque puede ser menos intuitivo que el método de Lissajous para detectar pequeños desfases.

En conclusión, considerando la simplicidad de uso y la precisión en la detección de la resonancia, el método de figuras de Lissajous es, a nuestro criterio, el más adecuado, ya que permite una verificación directa y confiable de la fase en la frecuencia de resonancia.

Valores: Medidos						Calculados									
	$V_g$	$V_s$	$V_L$	$V_C$	$R_L$	$I_{ef}$	$Z$	$X_C$	$C$	$Z_L$	$X_L$	$L(mH)$	$\phi$	$Q$	$\omega$
$f_0$	1,379 V	1,316 V	0,364 V	0,359 V	11 $\Omega$	1,345 mA	988,1 $\Omega$	766,91 $\Omega$	465,85 nF	270,6 $\Omega$	930,4 $\Omega$	23,6	0,2°	0,723	15600
$>f_0$	1,329 V	1,291 V	0,498 V	0,251 V	11 $\Omega$	1,32 mA	1006,8 $\Omega$	190,5 $\Omega$	430,2 nF	377,27 $\Omega$	373,1 $\Omega$	33,36	10,48°	<del>0,724</del>	<del>15600</del>
$<f_0$	1,329 V	1,273 V	0,414 V	0,535 V	11 $\Omega$	1,301 mA	1021,52 $\Omega$	441,96 $\Omega$	461,68 nF	164,49 $\Omega$	164,22 $\Omega$	33,48	-15,67°	<del>0,724</del>	<del>15600</del>

$R = 978 \Omega$

$f_0 = 1,28 \text{ KHz}$   
 $f > f_0 = 1,38 \text{ KHz}$   
 $f < f_0 = 780 \text{ Hz}$

↑  
NO CAMBIA

*Sumi* 62  
JUSUA 7/11