

## 1 Introducción Teórica

En el trabajo práctico de laboratorio titulado “Medición de potencia en corriente alterna” se alimentó un circuito con un autotransformador variable seteado a 101V y la experimentación a realizar se dividió en dos etapas:

La primera etapa consistió en medir cuánto influía las resistencias internas en términos de la potencia.

En la segunda etapa se midió la potencia entrante a un circuito. El circuito esta dividido en 3 partes (en paralelo) las cuales son excitadas por la fuente de alimentación si la llave correspondiente se encuentra encendida.

La primera parte consta de un resistor, la segunda de un resistor y un inductor y la tercera de un capacitor. Como consecuencia se pueden obtener varias combinaciones.

## 2 Método Experimental

### 2.1 Influencia del Instrumental en las mediciones

Con el fin de considerar en la comparación de las mediciones con los valores calculados la potencia consumida por el vatímetro, se realizó la conexión especificada en el trabajo práctico para obtener dichos valores. Con la indicación del voltímetro y teniendo el valor de la  $R_{int}$  del vatímetro, se calculó la potencia consumida mediante la expresión  $P_{vatimetro} = \frac{V^2}{R_{int}}$ .

### 2.2 Circuito R-L-C Paralelo

En el análisis del circuito, se utilizaron los indicados en el **Caso/Grupo 1** :

- R1 = Resistencia de las lámparas incandescentes
- L = Bobina con núcleo de aire
- R2 = Resistencia de la bobina
- C = Banco de capacitores

Como R1, se utilizaron dos lámparas. Luego, la resistencia de la bobina medida con un multímetro resultó de  $21\Omega$ , y la capacidad utilizada fue de  $20\mu F$ .

## 3 Analisis de Datos

Para la consideración de la potencia consumida por el vatímetro, sabiendo que la tensión de alimentación utilizada fue de 101V, y midiendo la resistencia interna del vatímetro  $R_{int} = 23K\Omega$ , se obtiene que la potencia consumida es de  $P_{vatimetro} = \frac{V^2}{R_{int}} = 0.44W$ .

Para los valores medidos, se confecciona la siguiente tabla.

VALORES MEDIDOS																		
Ensayo	U			I			P			I <sub>R</sub>			I <sub>L</sub>			I <sub>C</sub>		
	$\alpha$	$K_V$	Valor[V]	$\alpha$	$K_A$	Valor[A]	$\alpha$	$K_W$	Valor[W]	$\alpha$	$K_A$	Valor[A]	$\alpha$	$K_A$	Valor[A]	$\alpha$	$K_A$	Valor[A]
R	101	1	101	17	0.02	0.34	32	1	32	60	0.005	0.3	-	-	-	-	-	-
L	101	1	101	37	0.02	0.74	12	1	12	-	-	-	29	0.025	0.725	-	-	-
C	101	1	101	79	0.01	0.79	2	1	2	-	-	-	-	-	-	65	0.01	0.65
R-L	101	1	101	53	0.02	1.06	84	0.5	42	60	0.005	0.3	29	0.025	0.725	-	-	-
R-C	101	1	101	33	0.02	0.66	63	0.5	31.5	60	0.005	0.3	-	-	-	65	0.01	0.65
L-C	101	1	101	7	0.02	0.14	24	0.5	12	-	-	-	29	0.025	0.725	65	0.01	0.65
R-L-C	101	1	101	42	0.01	0.42	84	0.5	42	60	0.005	0.3	29	0.025	0.725	65	0.01	0.65

Valores calculados								
Ensayo	$\Delta P$	$P' = P - \Delta P (\Delta P = 0.44W)$	Q	S	Y	$\cos\varphi$	G	B
	W	W	VAR	VA	mS	—	mS	mS
R	32	31.56	0	34.34	3.136/0°	1	3.136	0
L	12	11.56	73.74	74.74	7.323/-80.76°	0.16303	1.176	-7.228
C	2	1.56	-64.09	79.79	6.581/72.667°	0.5956	1.9606	6.282
R-L	42	41.56	73.74	107.06	8.318/-60.33	0.7249	4.1172	-7.228
R-C	31.5	31.06	-64.09	66.66	7/63.823°	0.275	3.088	6.282
L-C	12	11.56	6.497	14.14	1.3374/28.443°	0.89	1.176	0.637
R-L-C	42	41.56	6.497	42.42	4.159/8.81°	0.988	4.11	0.637
Compensado	42	41.56	20.34	46.67	4.667/-28.09°	0.88	4.1172	-2.198

Para la compensación del circuito R-L a un  $\cos(\varphi_F) = 0.9$ , se tomaron previamente las mediciones de potencia y  $\cos(\varphi_I)$  del circuito sin compensar. Luego, mediante la relación  $S = \frac{P}{\cos(\varphi_I)}$ , se obtiene el valor de S. Después, con la relación pitagórica  $\sqrt{S^2 - P^2} = Q_I$ , se calcula el valor de la potencia reactiva actual.

Ensayo	P[W]	$\cos(\varphi_I)$	Q[VAR]	S[VA]
R-L	42	0.67	46.54	62.67

Para realizar la compensación, se toma el valor de la potencia activa y el  $\cos(\varphi_F)$  buscado, para calcular la potencia reactiva  $Q_F$  que debería tener el circuito ya compensado. Despejando el valor de  $\varphi_F$ , se obtiene el  $Q_F$  mediante la relación  $Tg(\varphi_F) * P = Q_F$ . Para saber que potencia reactiva debe proveer el banco de capacitores, se calcula la diferencia entre los Q inicial y final, tal que  $\Delta Q_C = Q_F - Q_I$ . Teniendo ya la potencia, de la relación  $XC = \frac{V^2}{\Delta Q_C}$ , se calcula el valor de la impedancia capacitiva, y sabiendo que la alimentación senoidal trabaja a una frecuencia de 50Hz, se despeja finalmente el valor de la capacidad desde  $C = \frac{1}{2 * \pi * f * XC}$ . Del procedimiento anterior se obtuvieron los siguientes resultados.

Ensayo	$Q_F$ [VAR]	$\Delta Q_C$ [VAR]	C		$\cos(\varphi_F)$	
			Calculado	Experimental	Teórico	Medido
R-L	20.34	26.2	$8.17\mu F$	$16\mu F$	0.9	0.92

Considerando el valor experimental de C utilizado (debido a un error inicial cometido en la escala de P, se modificó el  $\Delta Q$  necesario y por ende el valor de capacidad teórica), se recalcula el  $\cos(\varphi_F)$  que se debería obtener, confeccionando la siguiente tabla.

Ensayo	$\Delta Q_C$ [VAR]	$Q_F$ [VAR]	$\cos(\varphi_F)$
R-L	51.28	-4.74	0.9937

## 4 Diagramas de Fasores

### 4.1 Ensayo R

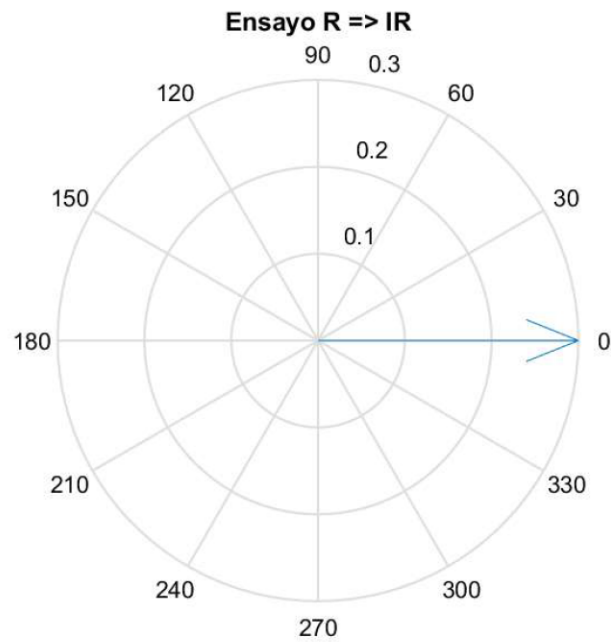


Figure 1: Fasor de Corriente R

### 4.2 Ensayo L

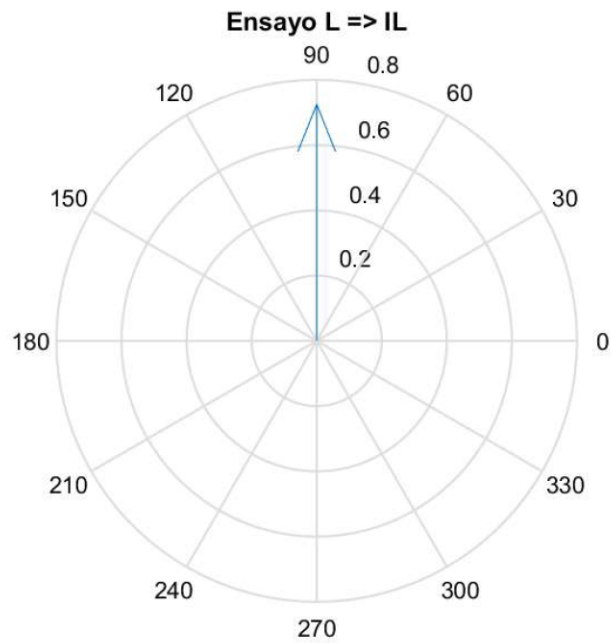


Figure 2: Fasor de Corriente L

### 4.3 Ensayo C

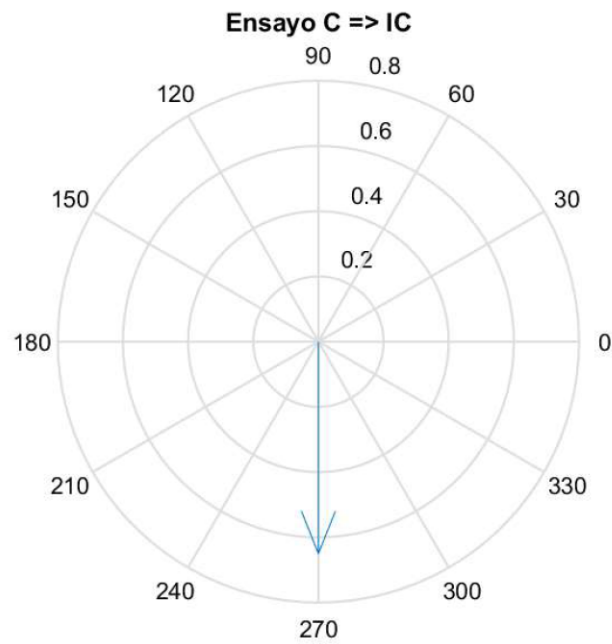


Figure 3: Fasor de Corriente

### 4.4 Ensayo R-L

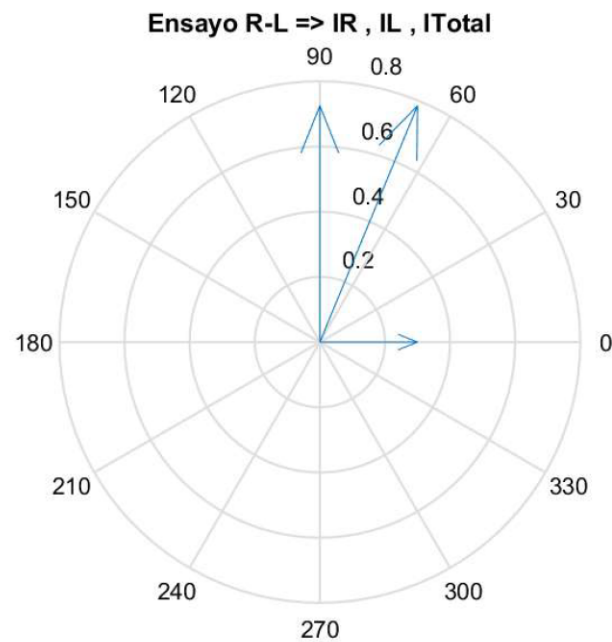


Figure 4: Fasor de Corrientes R-L

#### 4.5 Ensayo R-C

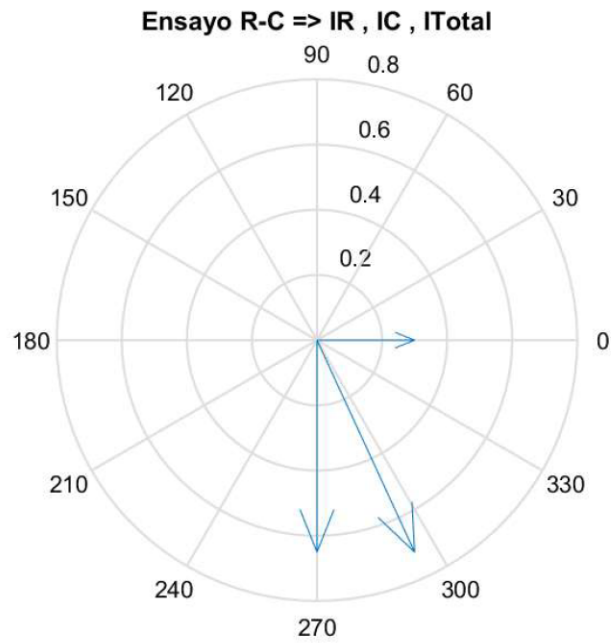


Figure 5: Fasores de Corrientes R-C

#### 4.6 Ensayo L-C

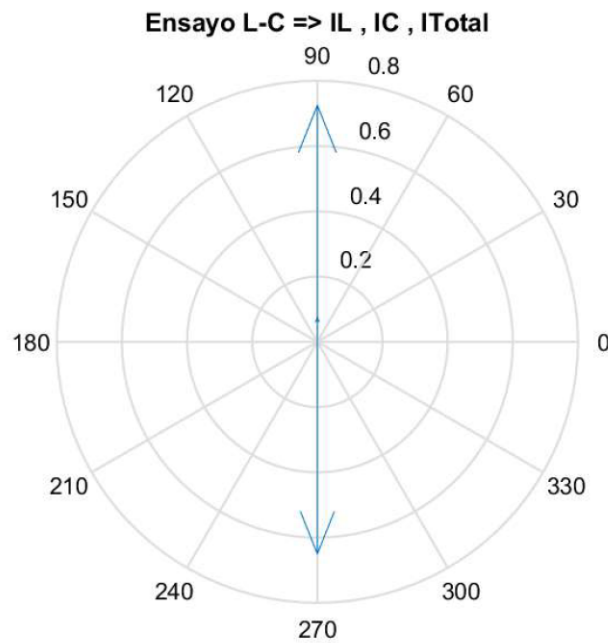


Figure 6: Fasores de Corrientes L-C

## 4.7 Ensayo R-L-C

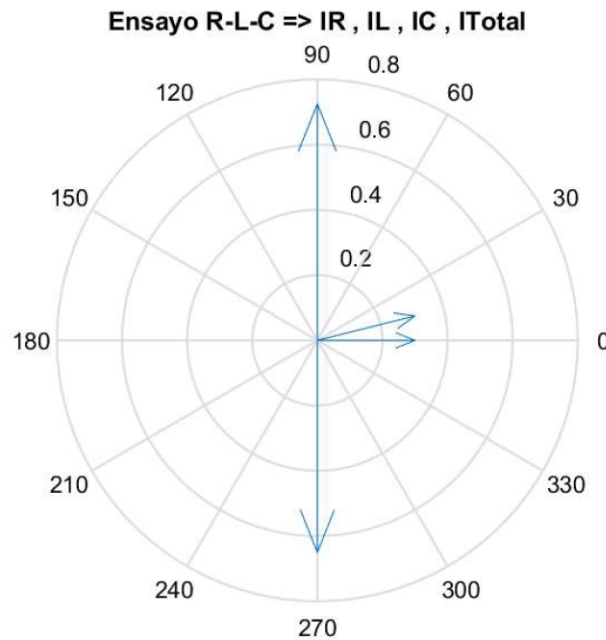


Figure 7: Fasorse de Corriente R-L-C

## 5 Conclusiones

Analizando en primera instancia el ensayo con R, se puede observar que la corriente medida sobre la R resulta menor que la corriente total del circuito. Esta diferencia es introducida por el consumo de potencia del vatímetro, dado que la parte voltimétrica del mismo se conecta en paralelo, la corriente total se bifurca, dando lugar a la diferencia mencionada. Esta misma diferencia se ver reflejada en los ensayos posteriores, dado que en todos los casos se utilizó el vatímetro.

En el ensayo con L, aunque en forma teórica sólo se debería tener potencia reactiva, se observa una parte de potencia activa. Esto se debe a que la bobina posee una resistencia entre sus terminales debido al devanado (que como se mencionó es de aproximadamente  $21\Omega$ ), la cual se suma al error cometido por la potencia activa consumida por el vatímetro.

En el ensayo con C, al igual que en el caso anterior, se debería observar que la potencia activa es 0 en forma teórica, dado que se tiene solo parte capacitiva en el circuito, por lo que toda la potencia debería ser reactiva. En este caso, el error de potencia activa no nula introducido por el vatímetro es más notorio, dado que no ocurre como el caso anterior que se debía incluir la resistencia de la bobina, sino que en este caso sólo se tiene como parte resistiva a la introducida por el instrumental.

En el ensayo con R-L, combinando los análisis de R y L por separado, resulta coherente observar que la suma de las potencias activas obtenidas en cada caso es aproximadamente igual a la resultante medida en este ensayo. No es exactamente igual dado que en ambos casos por separado se tiene presente al vatímetro, por lo que sumarlas directamente implicaría sumar dos veces la potencia que este consume. Se tendría un valor más cercano a la suma directa si, visto desde lo práctico, se suman las potencias de los dos casos por separado y restando una vez la potencia del vatímetro.

En el ensayo con R-C, se observa que la potencia activa medida resulta prácticamente igual a la obtenida en el ensayo con R (despreciando el error introducido por el cambio de escala en el vatímetro). Esto es consistente con el hecho de que la parte capacitiva introducida en paralelo no modifica la parte activa del circuito R original (no así como ocurrió en el ensayo R-L en comparación con el ensayo con R). Por otra parte, las corrientes obtenidas para cada rama en este ensayo son las mismas con las obtenidas para cada uno en los ensayos de R y C por separado.

En el ensayo con L-C, aunque visto desde lo teórico la potencia activa debería ser nula, no ocurre en el ensayo experimental dado que se introduce la resistencia de la bobina (como ocurre en el caso de L), además de

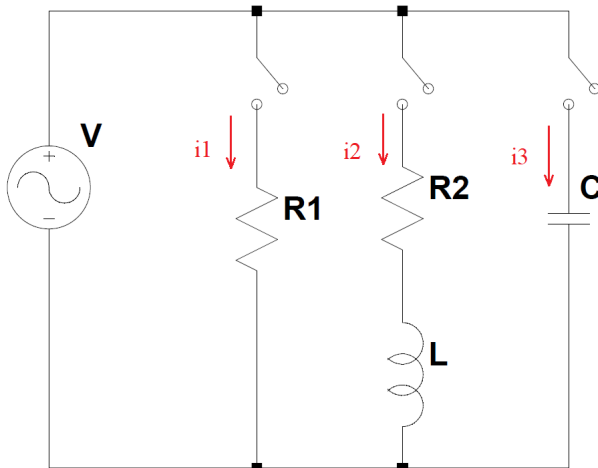
la potencia consumida por el vatímetro. Si se suman las potencias activas de los ensayos L y C por separado, da aproximadamente igual a la obtenida en este ensayo conjunto. La diferencia observada, así como en el ensayo R-L, se puede mejorar al restar una vez la potencia del instrumento, dado que la suma directa de los ensayos por separado implica sumar dos veces el aporte activo del vatímetro.

En el ensayo con R-L-C, similar a lo ocurrido en los casos combinados de dos elementos, se observa que la suma de las potencias activas obtenidas en los casos analizados para cada uno es similar a la medida en este caso. Para aproximar mejor el valor que resultaría de la suma directa, se debe restar dos veces la potencia consumida por el instrumento, dado que al sumar se la incluye tres veces (por estar presente en todos los casos). Se puede observar además que la corriente de cada rama es la misma que la medida en los casos de R, L y C por separado.

En la compensación de  $\cos(\varphi)$  realizada para el circuito R-L, debido a un error cometido en la escala de la potencia activa, se calculó erróneamente la potencia reactiva capacitiva a proveer y por ende el valor de capacidad necesaria. Como se observa en las tablas, al colocar una mayor capacidad que la requerida realmente, se compensó en exceso al sistema, por lo que pasó a ser de reactivo inductivo a reactivo capacitivo (por ello el  $Q_F$  teórico da negativo). En cualquier caso, se observa de las mediciones con la cofimétrica que se logró mejorar el  $\cos(\varphi)$  original a un valor similar al buscado.

## 6 Anexo

Para tomar las mediciones se trató de mantener V constante, por ende, utilizamos tensión constante para los cálculos.



Si  $V = \text{cte}$  entonces se cumple que siempre que esté encendida la llave correspondiente:

$$i_1 = \frac{V}{R_1} ; i_2 = \frac{V}{R_2 + j\omega L} ; i_3 = \frac{V}{-j\frac{1}{\omega C}}$$

Bajo este análisis, la potencia se calcula como:

R)  $P_1 = \frac{|V|^2}{R_1}$

L)  $P_2 = (|i_2|)^2 R_2$  y  $Q_L = (|i_2|)^2 (\omega L)$

C)  $Q_C = -\frac{V^2}{(\frac{1}{\omega C})}$

R y L)  $P = P_1 + P_2$  y  $Q = Q_L$

R y C)  $P = P_1$  y  $Q = Q_C$

L y C)  $Q = Q_L + Q_C$

R, L y C)  $P = P_1 + P_2$  y  $Q = Q_L + Q_C$