

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



INFORME DE LABORATORIO

LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

RELACIONES ESCALARES Y COMPLEJAS EN CIRCUITOS LINEALES
CA

RELACIONES ESCALARES Y COMPLEJAS EN CIRCUITOS LINEALES CA

ENTREGADO:

27 NOVIEMBRE 2019

ALUMNOS:

Huaroto Villavicencio Josue, 20174070

Landeo Sosa Bruno, 20172024J

Quesquen Vitor Angel, 20170270C

Sotelo Caverio Sergio, 20172125K

PROFESOR:

ING. SINCHI YUPANQUI, FRANCISCO

Índice general

1. Objetivos	1
2. Marco teórico	2
2.1. Circuito RLC en corriente alterna	2
2.1.1. Circuito R en corriente alterna	2
2.1.2. Circuito C en corriente alterna	3
2.1.3. Circuito L en corriente alterna	4
2.1.4. Circuito RLC en corriente alterna	4
3. Cuestionario	5
4. Conclusiones y recomendaciones	21
Bibliografía	22

Capítulo 1

Objetivos

1. Determinar experimentalmente la variación de la intensidad y el voltaje a través de los elementos R-L-C, al aplicarles un voltaje alterno sinusoidal.
2. Observar como afecta la variación de un elemento del circuito (R o C), al valor de la intensidad de la corriente para diferentes circuitos.
3. Verificar el cumplimiento de la segunda ley de Kirchhoff en cada uno de los circuitos empleados.

Capítulo 2

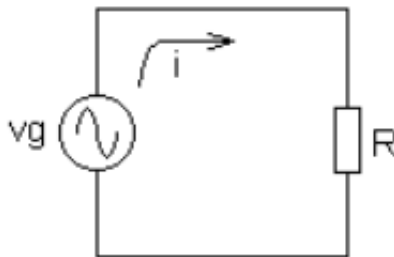
Marco teórico

2.1. Circuito RLC en corriente alterna

Son circuitos básicos, formados por resistencias, condensadores y bobinas, cuando se alimentan por una fuente de tensión alterna senoidal. En corriente alterna aparecen dos nuevos conceptos relacionados con la oposición al paso de la corriente eléctrica. Se trata de la reactancia y la impedancia. Un circuito presentará reactancia si incluye condensadores y/o bobinas. La naturaleza de la reactancia es diferente a la de la resistencia eléctrica. En cuanto a la impedancia decir que es un concepto totalizador de los de resistencia y reactancia, ya que es la suma de ambos. Es por tanto un concepto más general que la simple resistencia o reactancia.

2.1.1. Circuito R en corriente alterna

El circuito formado por una resistencia alimentada por una fuente de tensión alterna senoidal:



La tensión V_g tendrá un valor instantáneo que vendrá dado en todo momento por:

$$V_g = V_0 \sin(2\pi ft)$$

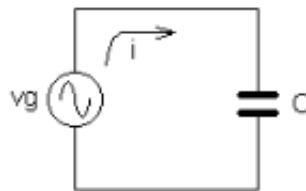
En corriente alterna la oposición al paso de la corriente eléctrica tiene dos componentes, una real y otra imaginaria. Dicha oposición ya no se llama resistencia sino impedancia, Z . La

impedancia se expresa mediante un número complejo, por ejemplo de la forma $a + jb$, siendo a la parte real del número complejo y b su parte imaginaria. Pues bien, una resistencia presenta una impedancia que solo tiene componente real, ya que su componente imaginaria es de valor cero. Tendremos entonces que en el caso que nos ocupa la impedancia total del circuito será igual al valor que presenta la resistencia R , ya que no existe ningún otro elemento en el circuito. Así pues:

$$Z = R + j0$$

2.1.2. Circuito C en corriente alterna

Este tipo de oposición al paso de la corriente eléctrica es de carácter reactivo, entendiendo tal cosa como una “reacción” que introduce el condensador cuando la tensión que se le aplica tiende a variar lentamente o nada.



Cuando el condensador está totalmente descargado se comporta como un cortocircuito. Cuando está totalmente cargado como una resistencia de valor infinito. Para valores intermedios de carga se comportará como una resistencia de valor intermedio, limitando la corriente a un determinado valor. Como en corriente alterna el condensador está continuamente cargándose y descargándose, mientras más lentamente varíe la tensión (frecuencia baja) más tiempo estará el condensador en estado de casi carga que en estado de casi descarga, con lo que presentará de media una oposición alta al paso de la corriente. Para variaciones rápidas de la tensión (frecuencias altas) el efecto será el contrario y por tanto presentará una oposición baja al paso de la corriente. Podemos decir, por tanto, que la naturaleza de este tipo de oposición es de carácter electrostático: la carga almacenada en el condensador se opone a que éste siga cargándose y esta oposición será mayor cuanto más carga acumule el condensador.

$$Z = 0 - jX_C$$

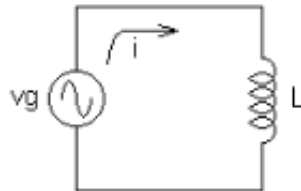
Donde X_C es la reactancia capacitiva que se calcula así:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Como puede apreciarse, la impedancia que presenta un condensador solo tiene componente imaginaria reactiva.

2.1.3. Circuito L en corriente alterna

La bobina presentará oposición al paso de la corriente eléctrica y ésta será reactiva, de manera similar al caso capacitivo.



Sin embargo, la naturaleza de la reactancia inductiva no es de carácter electrostático, sino de carácter electromagnético. Una bobina inducirá en sus extremos (debido a su autoinducción) una tensión que se opondrá a la tensión que se le aplique, al menos durante unos instantes. Ello provoca que no pueda circular corriente libremente. Cuanto mayor sea la velocidad de variación de la tensión aplicada mayor valor tendrá la tensión inducida en la bobina y, consecuentemente, menor corriente podrá circular por ella. Así, a mayor frecuencia de la tensión aplicada mayor será la reactancia de la bobina y a menor frecuencia de la tensión aplicada menor será la reactancia de la bobina.

$$Z = 0 + jX_L$$

$$X_L = 2\pi fL$$

2.1.4. Circuito RLC en corriente alterna

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{jX_C} + \frac{1}{jX_L}}$$

Reemplazando X_C y X_L :

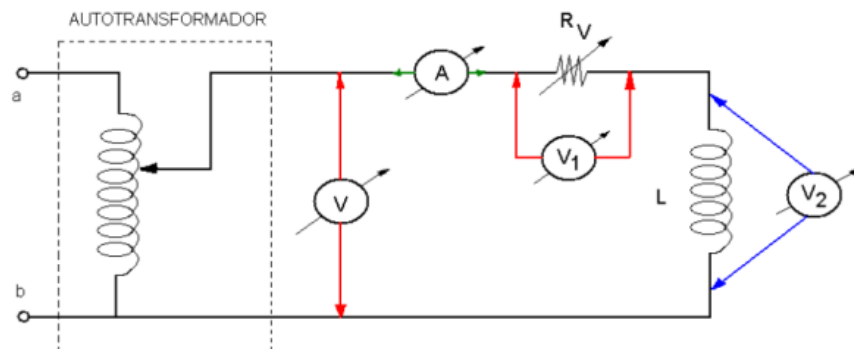
$$Z = \frac{j\omega LR}{j\omega L - \omega^2 RLC + R}$$

Capítulo 3

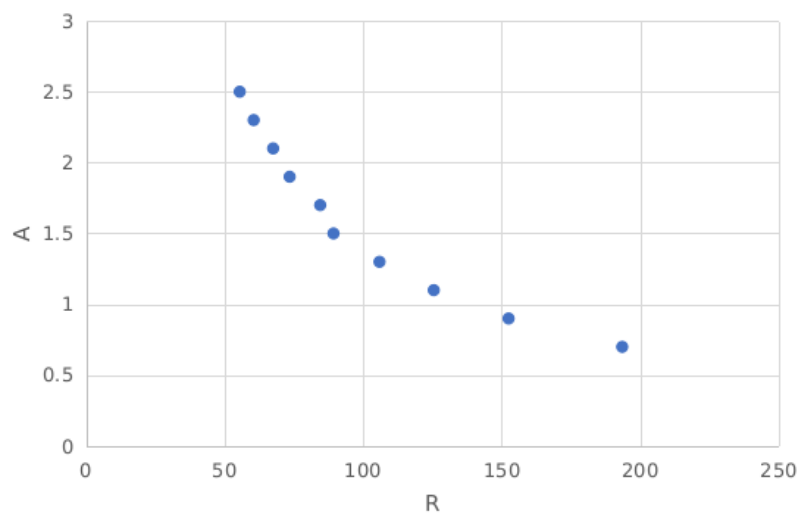
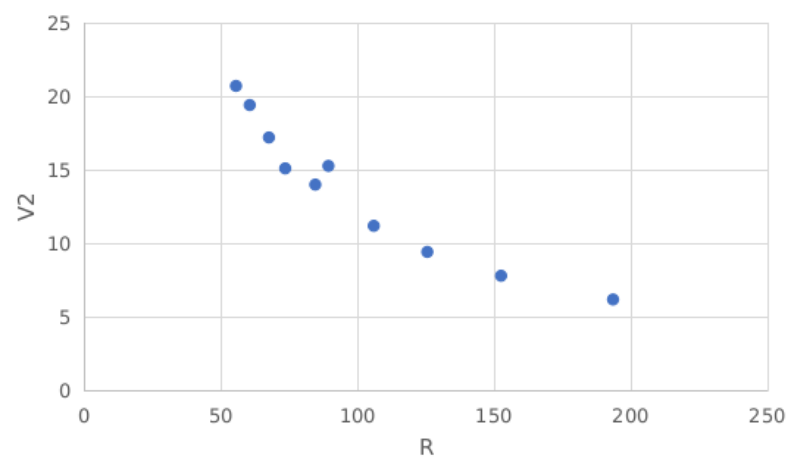
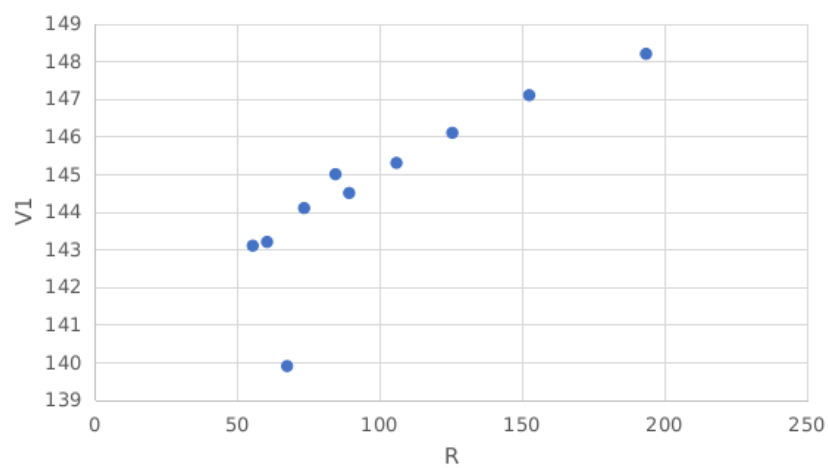
Cuestionario

1. Sobre un par de ejes coordenados graficar en función de R (caso 1) y C (caso 2 y 3) las lecturas de V_1 , V_2 , y A tomadas en la experiencia.

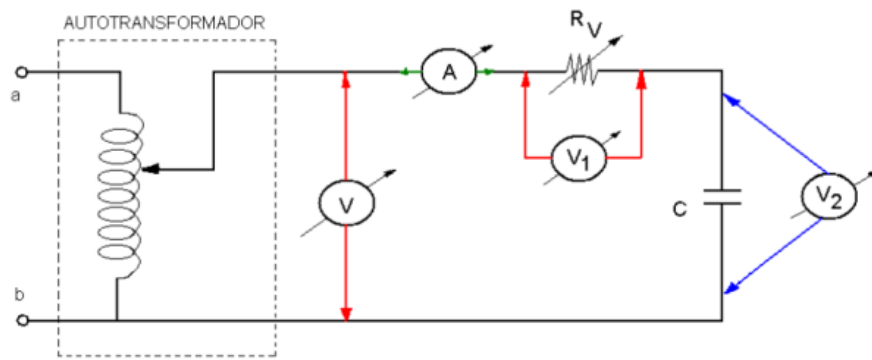
Caso 1



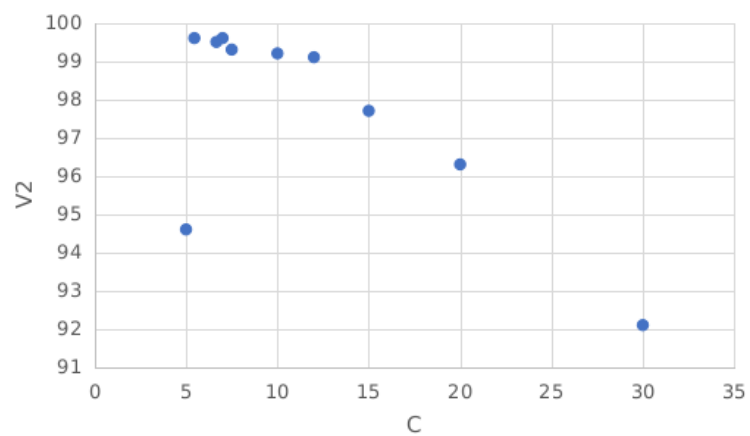
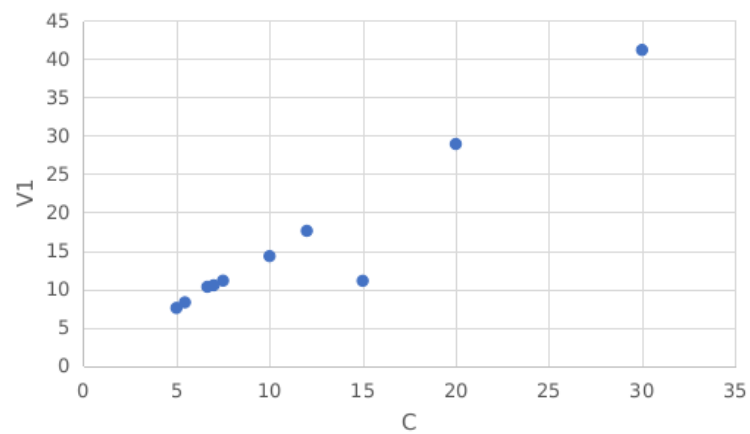
V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	R (ohm)
148.2	6.2	0.7	193.5
147.1	7.81	0.9	152.5
146.1	9.43	1.1	125.5
145.3	11.2	1.3	105.9
144.5	15.27	1.5	89.3
145	14	1.7	84.5
144.1	15.1	1.9	73.48
139.9	17.2	2.1	67.51
143.2	19.4	2.3	60.49
143.1	20.7	2.5	55.46

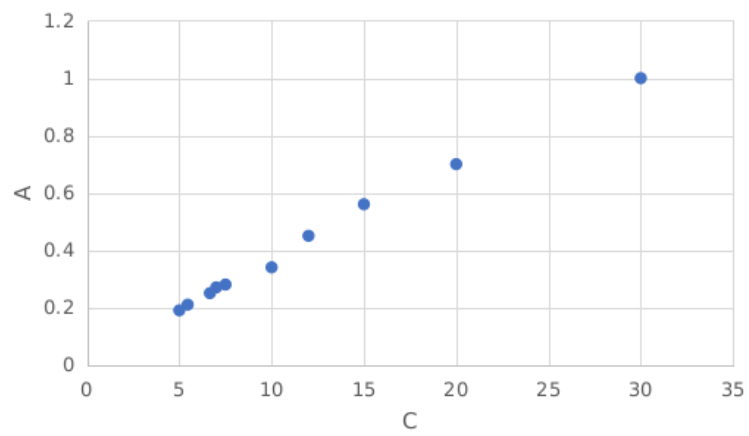


Caso 2



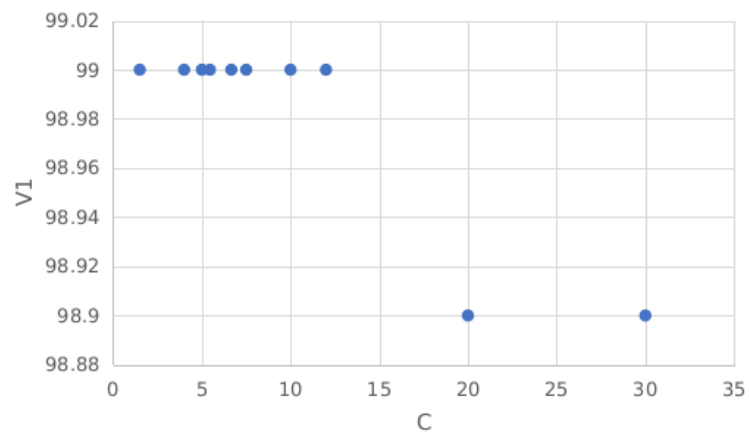
V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	C(uF)
28.93	96.3	0.7	20
41.2	92.1	1	30
14.3	99.2	0.34	10
17.6	99.1	0.45	12
11.1	99.3	0.28	7.5
10.3	99.5	0.25	6.66
7.54	94.6	0.19	5
11.08	97.7	0.56	15
8.27	99.6	0.21	5.454
10.5	99.6	0.27	7

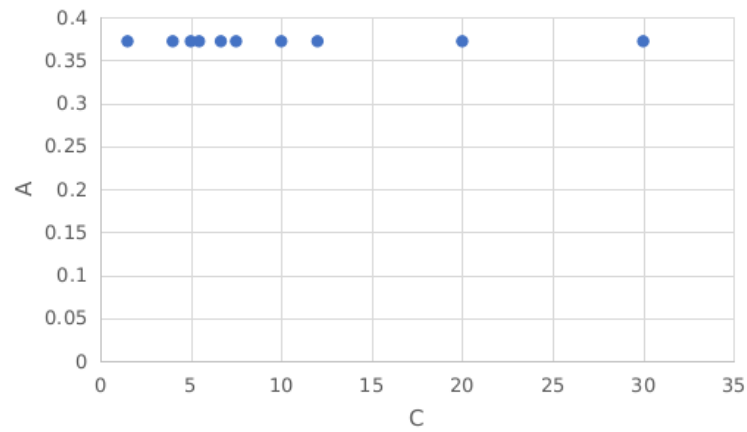
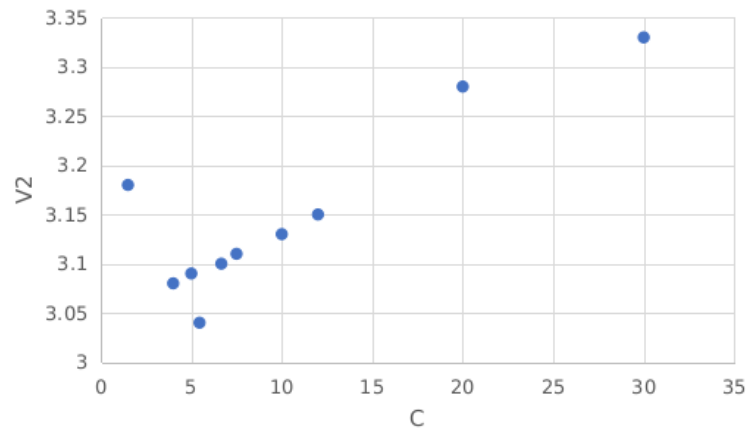




Caso 3

V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	C(uF)
98.9	3.33	0.372	30
98.9	3.28	0.372	20
99	3.13	0.372	10
99	3.15	0.372	12
99	3.11	0.372	7.5
99	3.1	0.372	6.66
99	3.09	0.372	5
99	3.18	0.372	1.5
99	3.04	0.372	5.4554
99	3.08	0.372	4





2. Graficar en cada caso el lugar geométrico de la impedancia del circuito, en el plano R-X.

Caso 1

Tenemos una resistencia variable en serie con una bobina, entonces la impedancia tiene la siguiente forma:

$$Z = RV + R_B + jX_L$$

Donde X_L es la reactancia inductiva de la bobina y está definida por:

$$X_L = 2\pi fL$$

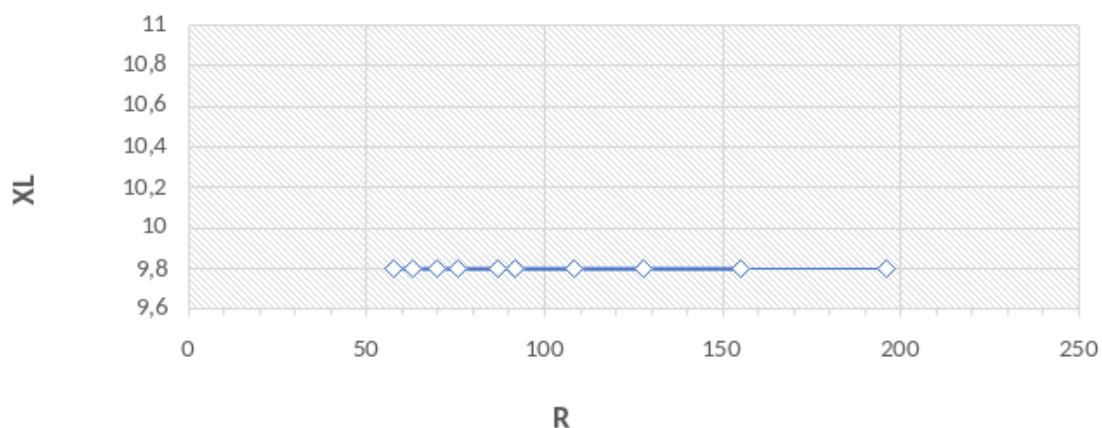
Además se conoce que la resistencia propia de la bobina R_B es 2.4 ohm y tiene un $L=25.9984$ mH. Con datos conocidos de frecuencia (60Hz) se puede calcular la reactancia inductiva:

V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	Rv (ohm)	X _L (ohm)
148.2	6.2	0.7	193.5	9.80116589
147.1	7.81	0.9	152.5	9.80116589
146.1	9.43	1.1	125.5	9.80116589
145.3	11.2	1.3	105.9	9.80116589
144.5	15.27	1.5	89.3	9.80116589
145	14	1.7	84.5	9.80116589
144.1	15.1	1.9	73.48	9.80116589
139.9	17.2	2.1	67.51	9.80116589
143.2	19.4	2.3	60.49	9.80116589
143.1	20.7	2.5	55.46	9.80116589

Y se hace un cuadro con la reactancia para cada valor de resistencia:

Rv	R _B	jX _L
193.5	195.9	9.80116589
152.5	154.9	9.80116589
125.5	127.9	9.80116589
105.9	108.3	9.80116589
89.3	91.7	9.80116589
84.5	86.9	9.80116589
73.48	75.88	9.80116589
67.51	69.91	9.80116589
60.49	62.89	9.80116589
55.46	57.86	9.80116589

CASO I



Como se puede apreciar el valor es una recta horizontal debido a que el valor de la bobina es constante para cada medición.

Caso 2

Tenemos una resistencia variable en serie con un condensador, entonces la impedancia tiene la siguiente forma:

$$Z = R_1 - jX_C$$

Donde X_C es la reactancia inductiva de la bobina y está definida por:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

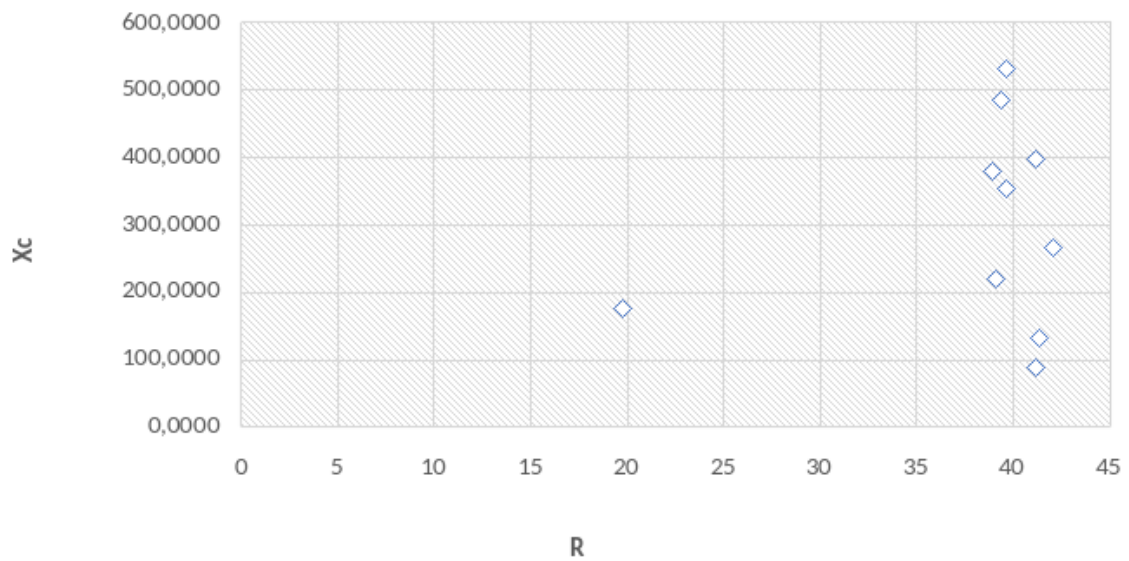
Además, se conoce que el condensador tiene un $C = 20\mu\text{F}$. Con datos conocidos de frecuencia(60Hz) se puede calcular la reactancia capacitiva:

V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	C(uF)	X _c
28.93	96.3	0.7	20	132.6291
41.2	92.1	1	30	88.4194
14.3	99.2	0.34	10	265.2582
17.6	99.1	0.45	12	221.0485
11.1	99.3	0.28	7.5	353.6777
10.3	99.5	0.25	6.66	398.2856
7.54	94.6	0.19	5	530.5165
11.08	97.7	0.56	15	176.8388
8.27	99.6	0.21	5.454	486.3554
10.5	99.6	0.27	7	378.9403

Y se hace un cuadro con la reactancia capacitiva para cada valor medido de resistencia, donde la resistencia es V_1/I .

R1 (ohm)	X _c
41.3286	132.6291
41.2000	88.4194
42.0588	265.2582
39.1111	221.0485
39.6429	353.6777
41.2000	398.2856
39.6842	530.5165
19.7857	176.8388
39.3810	486.3554
38.8889	378.9403

CASO II



Como se aprecia la tendencia es una línea vertical, pero por errores de medición los puntos se dispersaron mucho.

Caso 3

Tenemos una resistencia variable en serie con una bobina que está en paralelo con un condensador, entonces la impedancia tiene la siguiente forma:

- R_1 se puede calcular por la división de V_1 con I_1 .
- R_2 se puede calcular por la división de V_2 con I_2 .
- La impedancia se puede representar como: $Z = R_1 + R_2 \pm jX$.

V1 (volt)	V2 (volt)	A (amp)	C(uF)
98.9	3.33	0.372	30
98.9	3.28	0.372	20
99	3.13	0.372	10
99	3.15	0.372	12
99	3.11	0.372	7.5
99	3.1	0.372	6.66
99	3.09	0.372	5
99	3.18	0.372	1.5
99	3.04	0.372	5.4554
99	3.08	0.372	4

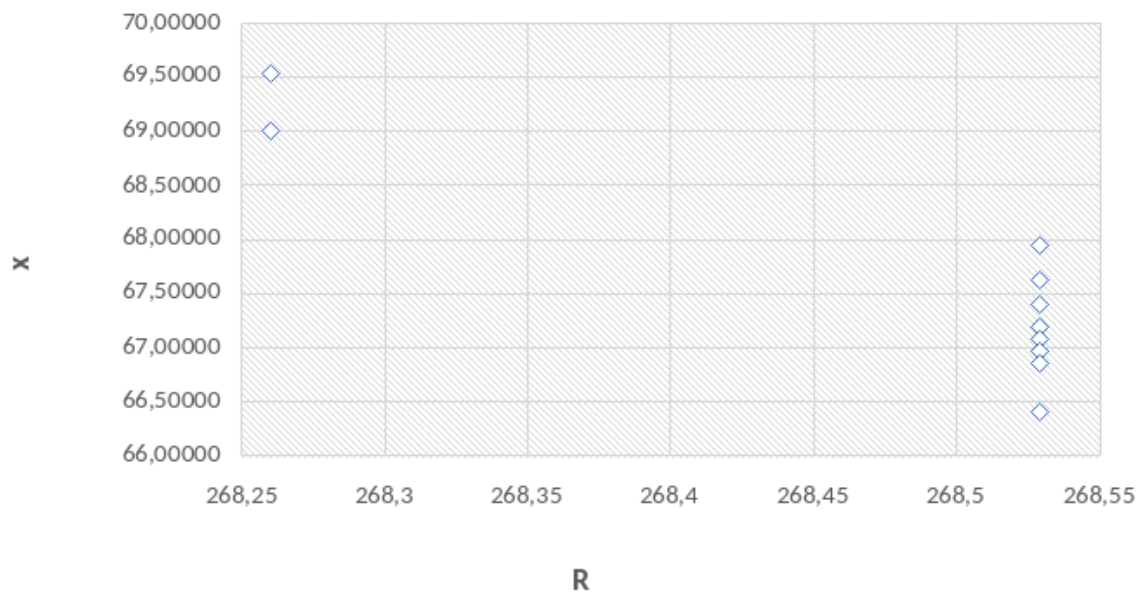
Con los datos obtenidos se construye otra tabla:

Vef	Imp	R1	R2	$R1^2 + R2^2$	Z^2	jX
102.23	274.811828	265.86022	2.4	70687.4139	75521.5408	69.52789
102.18	274.677419	265.86022	2.4	70687.4139	75447.6847	68.99472
102.13	274.543011	266.12903	2.4	70830.4218	75373.8648	67.40507
102.15	274.596774	266.12903	2.4	70830.4218	75403.3884	67.62371
102.11	274.489247	266.12903	2.4	70830.4218	75344.3469	67.18575
102.1	274.462366	266.12903	2.4	70830.4218	75329.5901	67.07584
102.09	274.435484	266.12903	2.4	70830.4218	75314.8348	66.96576
102.18	274.677419	266.12903	2.4	70830.4218	75447.6847	67.95044
102.04	274.301075	266.12903	2.4	70830.4218	75241.0799	66.41279
102.08	274.408602	266.12903	2.4	70830.4218	75300.0809	66.85551

Entonces la impedancia total sería de la forma:

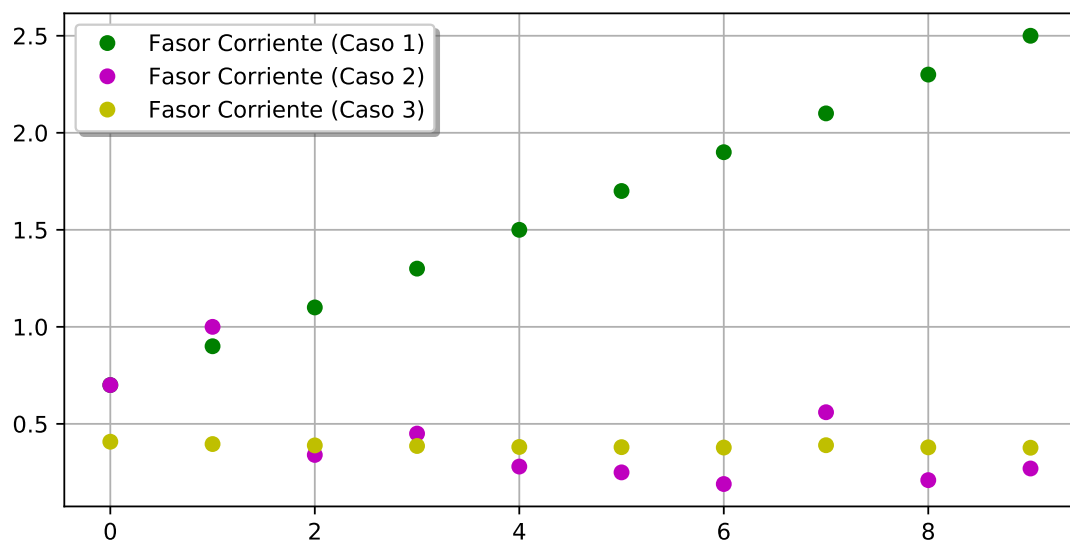
R	jX
268.260215	69.52789
268.260215	68.99472
268.529032	67.40507
268.529032	67.62371
268.529032	67.18575
268.529032	67.07584
268.529032	66.96576
268.529032	67.95044
268.529032	66.41279
268.529032	66.85551

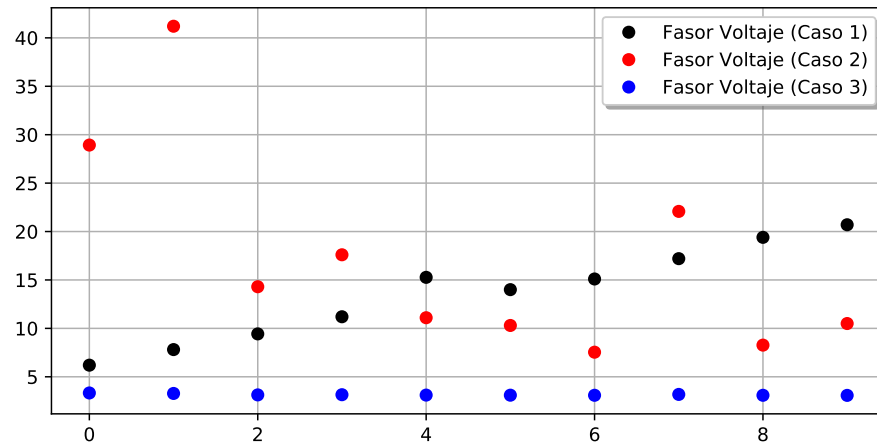
CASO III



En este caso la tendencia también es una línea vertical, pero hay 2 mediciones que salieron distintas a la tendencia.

3. Graficar el lugar geométrico de los fasores corriente para los tres casos, tomando como referencia el fasor tensión (V) En el mismo diagrama graficar el lugar geométrico de los fasores V_1, V_2 .

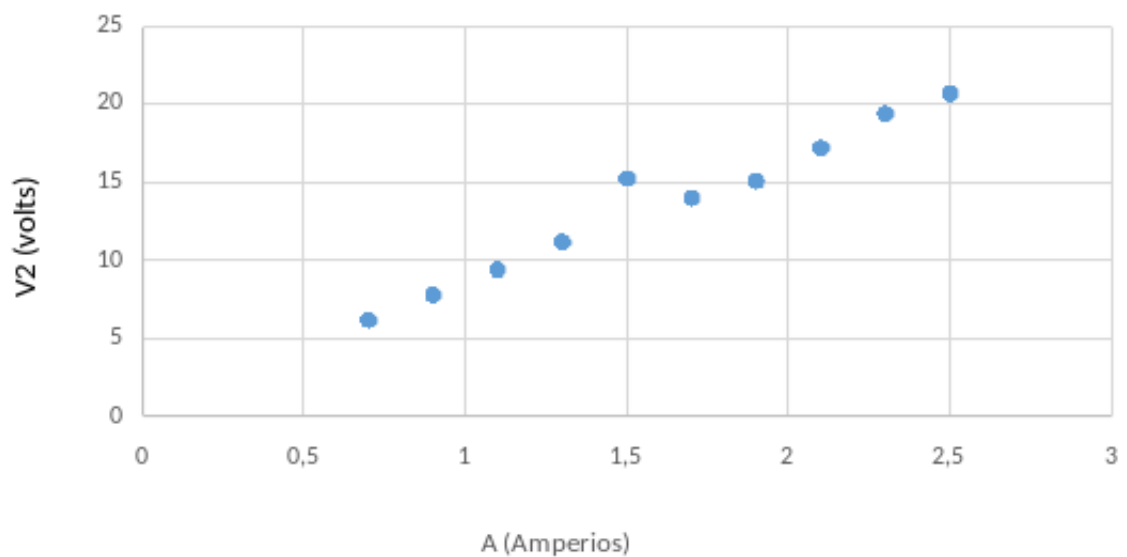




4. Para el caso 1, graficar el voltaje V_2 en función de la corriente registrada por el amperímetro A .

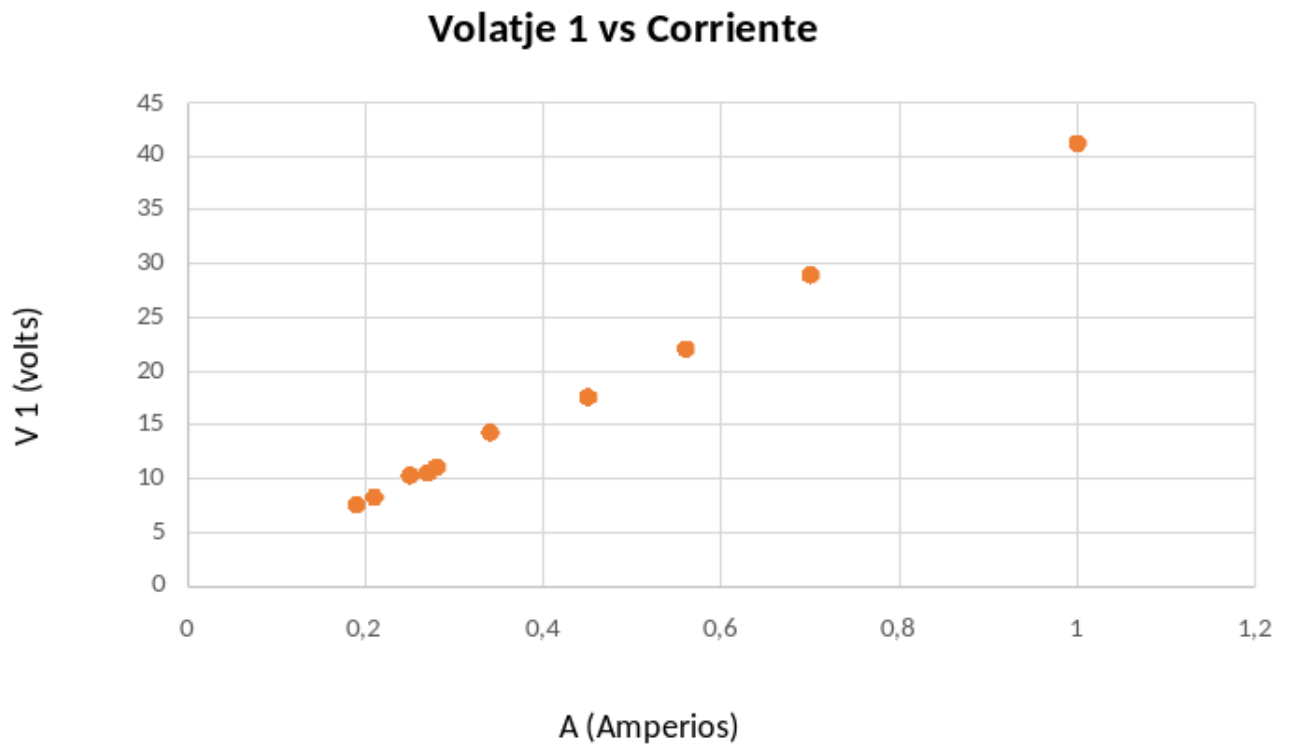
Medida	V2 (volts)	A (Amperios)
1	6.2	0.7
2	7.81	0.9
3	9.43	1.1
4	11.2	1.3
5	15.27	1.5
6	14	1.7
7	15.1	1.9
8	17.2	2.1
9	19.4	2.3
10	20.7	2.5

Volatje 2 vs Corriente



5. Para el caso 2, graficar los voltajes V_1 en función de la corriente registrada por el amperímetro A .

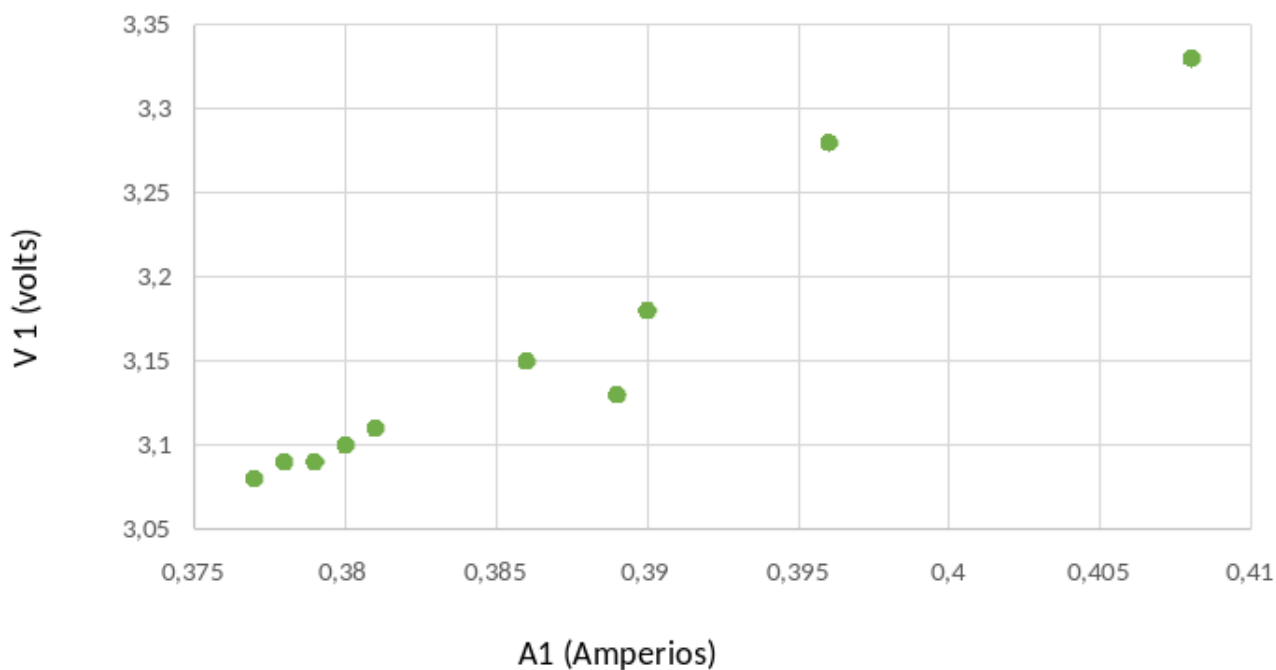
Medida	V1 (volts)	A (Amperios)
1	28.93	0.7
2	41.2	1
3	14.3	0.34
4	17.6	0.45
5	11.1	0.28
6	10.3	0.25
7	7.54	0.19
8	22.08	0.56
9	8.27	0.21
10	10.5	0.27



6. Para el caso 1, graficar los voltajes V_2 en función de la corriente registrada por el amperímetro A_1 .

Medida	V2 (volts)	A1 (Amp)
1	3.33	0.408
2	3.28	0.396
3	3.13	0.389
4	3.15	0.386
5	3.11	0.381
6	3.1	0.38
7	3.09	0.378
8	3.18	0.39
9	3.09	0.379
10	3.08	0.377

Volatje 1 vs Corriente



- Para los 3 casos plantear y verificar el cumplimiento de las Leyes de Kirchhoff y la Ley de Ohm en cada uno de los circuitos empleados, asimismo, elaborar un cuadro con los valores de los voltajes y corrientes obtenidos en cada caso y compararlo con los obtenidos teóricamente, indicando el % de error del voltaje y corriente suministrada por la fuente (obtenida al resolver cada circuito).

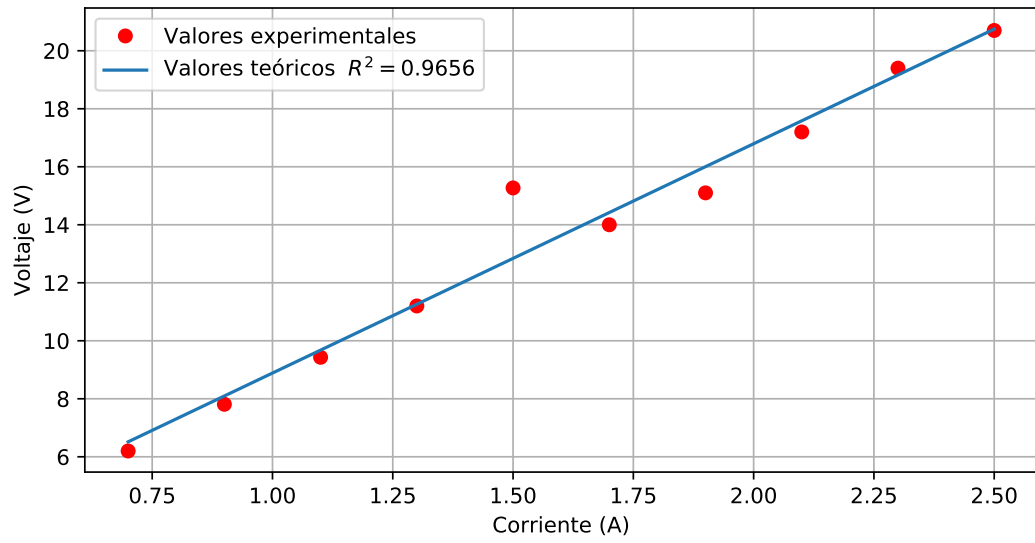


Figura 3.1: Caso 1

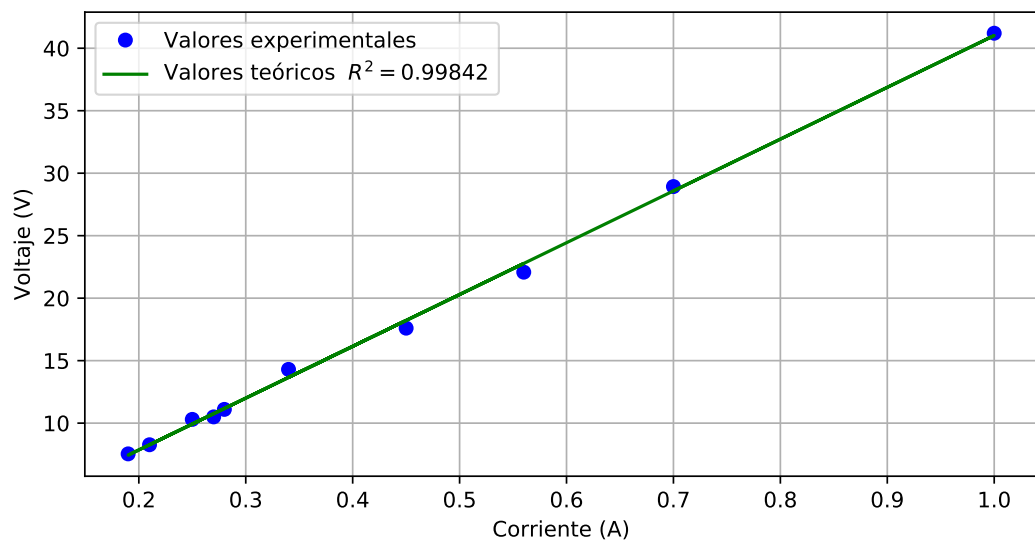


Figura 3.2: Caso 2

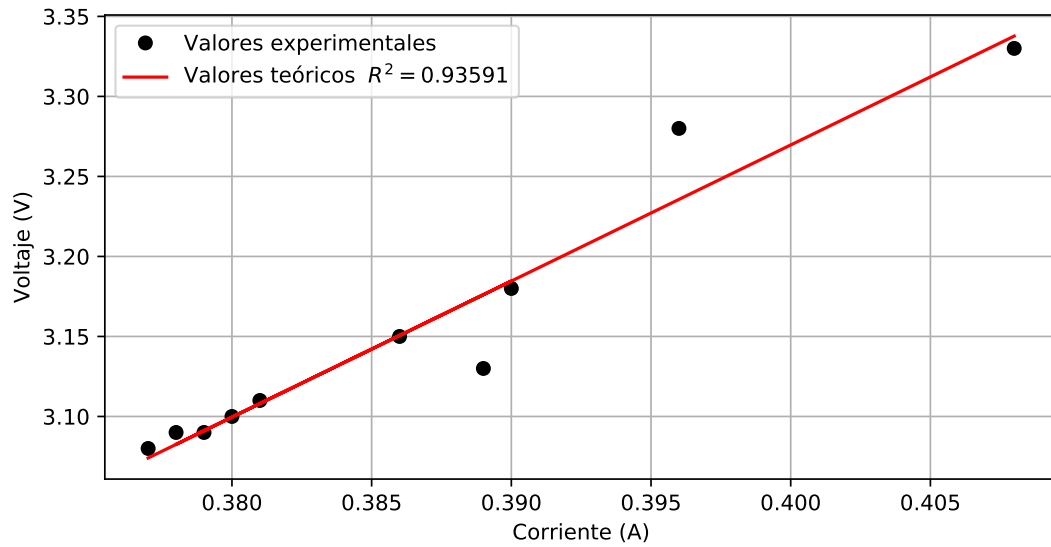


Figura 3.3: Caso 3

	Voltaje real 1	Voltaje teórico 1	Error 1 (%)	Voltaje real 2	Voltaje teórico 2	Error 2 (%)	Voltaje real 3	Voltaje teórico 3	Error 3 (%)
1	6.20	6.515273	5.085044	28.93	28.580704	1.207384	3.33	3.337690	0.230936
2	7.81	8.096545	3.668956	41.20	41.015653	0.447443	3.28	3.235640	1.352437
3	9.43	9.677818	2.627976	14.30	13.658764	4.484166	3.13	3.176111	1.473190
4	11.20	11.259091	0.527597	17.60	18.218246	3.512760	3.15	3.150598	0.018995
5	15.27	12.840364	15.911175	11.10	11.171774	0.646616	3.11	3.108077	0.061818
6	14.00	14.421636	3.011688	10.30	9.928279	3.608938	3.10	3.099573	0.013765
7	15.10	16.002909	5.979530	7.54	7.441290	1.309158	3.09	3.082565	0.240617
8	17.20	17.584182	2.233615	22.08	22.777727	3.159997	3.18	3.184615	0.145127
9	19.40	19.165455	1.208997	8.27	8.270286	0.003460	3.09	3.091069	0.034599
10	20.70	20.746727	0.225736	10.50	10.757276	2.450248	3.08	3.074061	0.192832

Observamos que los valores son muy cercanos, siendo que el error se mantiene menor a 2% para las mediciones.

Capítulo 4

Conclusiones y recomendaciones

1. Tener cuidado con las mediciones del multímetro debido a que habrán casos en el que la corriente sea mayor a 5 amperios y esto puede hacer que queme el fusible en el amperímetro si no se ha colocado en la escala adecuada.
2. Se aconseja usar la pinza amperimétrica para una mejor medición y no tener problemas con la escala.
3. Regular muy bien el autotransformador debido a que este voltaje es muy importante en los cálculos.
4. Ser bastante cuidado con la resistencia variable porque no se encuentra en buen estado y generalmente oscila su valor.
5. Cerciorarse del buen funcionamiento de la inductancia.
6. No olvidar agregar en sus cálculos el valor de la resistencia interna de la bobina.

Bibliografía

[1] Boylestad, Robert M. “Introducción al análisis de circuitos”. *Pearson*

[2] Sadiku, Matthew N. “Fundamemtos de circuitos eléctricos”. *Mc Graw Hill*

[3] Apuntes circuitos transitorios.

`http://users.df.uba.ar/moreno/cursos/lab3/apuntes/transitorios.pdf`