

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS (ESPE)

LABORATORIO N°8



Janeth Katherine Oyasa Sepa, Juan Daniel Tixi Yupa

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas

ESPE, Autopista General Rumiñahui S/N y Ambato, Sangolquí 171103.

E-mail: jkoyasa@espe.edu.ec, jdtixi@espe.edu.ec

(Recibido el martes 23 de marzo de 2021, aceptado el martes 30 de marzo de 2021)

I. Introducción

Durante este parcial los temas tratados se entrelazan para mejorar la comprensión sobre los fundamentos de circuitos eléctricos, logrando que se entienda mejor el teorema de Máxima Transferencia de Potencia, donde se establece que la resistencia de carga que maximiza la transferencia de potencia es la que mantiene el valor óhmico igual a la resistencia de fuente. Especialmente ya que puede contribuir a encontrar el Teorema de Norton y Thévenin, mismos que fueron explicados en mayor profundidad en los laboratorios anteriores. Tal es el caso del tema que abordaremos en esta ocasión a lo largo de este laboratorio, el teorema de Máxima Transferencia de Potencia así nos encontramos con un circuito que armado en el simulador de Tinkercad, puede mejorar la comprensión de este tema.

Objetivo General

Estudiar y comprobar por medio de la práctica, la simulación y el análisis, el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia, además, de mejorar la comprensión debido al circuito armado en el simulador para comprobar las respuestas obtenidas en los cálculos.

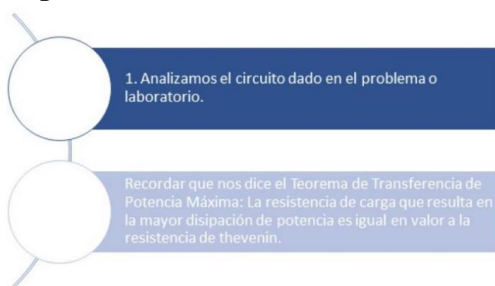
Objetivos Específicos

- Abstraer de forma sencilla y clara el conocimiento sobre cuando es importante obtener la Máxima Transferencia de Potencia.
- Reconocer la utilidad y mejorar la comprensión sobre el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia.
- Comprobar la aplicabilidad de como la potencia máxima se entrega a la carga cuando la

resistencia de carga es igual a la resistencia interna de una fuente donde podemos trabajar mejor en los conceptos principales

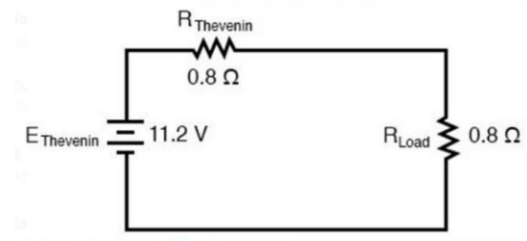
I. Marco Teórico

Uno de los primeros conceptos y principal que debemos abordar en este informe es el teorema de Máxima Transferencia de Potencia se puede aplicar tanto a los circuitos de CC como a los circuitos CA, con la diferencia de que la resistencia se reemplaza por la impedancia en el circuito de CA. Además, es importante recalcar que este teorema mantiene un tratamiento especial ya que hay posibles valores que puede tomar en cuestión la carga, como es el caso de energía alterna donde esta es una impedancia y con cada variación somos conscientes que la aplicación varía de acuerdo con los tipos de valores. Uno de los personajes destacados al momento de abordar este tema es el físico e ingeniero alemán Moritz Hermann von Jacobi, a quien se le atribuye el descubrimiento de la Ley de Jacobi. También el Teorema de Máxima Potencia establece como escoger la resistencia de carga, una vez que la resistencia de fuente ha sido fijada. Incluso debemos tomar en cuenta que, dada una cierta resistencia de carga, la resistencia de potencia es siempre de valor nulo, sin depender del valor de la resistencia de carga.



En esta ocasión vamos a tomar el siguiente circuito como ejemplo y realizamos los pasos anteriormente mencionados y de esa manera somos capaces de visualizar un posible caso de uso del teorema, sin embargo, para explicarlo de mejor manera nos centraremos sobre todo en el desarrollo que nos lleve a resolver el circuito dado en el laboratorio. Algo que debemos recordar

es que, en una red eléctrica de CA, la potencia máxima se transferirá de la sección de fuente a la sección de carga de manera que sabemos que la impedancia de la carga es un conjugado complejo de la impedancia de la fuente. Otro aspecto fundamental para comprender este tema es que, en el circuito de CA, la fuente también posee una reactancia interna. Por lo tanto, para tener una transferencia de potencia máxima, la carga debe poseer de manera continua el mismo valor de reactancia, pero considerando además que debe ser del tipo opuesto. En otras palabras, esto significa que la carga debe tener una reactancia capacitiva equivalente para que sea aplicable al caso o si la fuente tiene reactancia inductiva, y viceversa.



Aplicaciones del Teorema

Para entenderlo de mejor manera, decimos que la transferencia de potencia no coincide con la eficiencia máxima, dicho de manera más simple la aplicación de este teorema no da como resultado una eficiencia máxima o incluso alta. Referente a la eficiencia de este proceso se considera que es del 50% tan solo en condiciones de transferencia de potencia máxima. Así, en la red del sistema eléctrico, esta condición llega a causar una gran caída de voltaje en las líneas lo que afecta de cierta manera al proceso como tal por lo que tuvimos que considerar este aspecto al momento de realizar la práctica de este laboratorio. Sin embargo, es bueno recordar que el principal objetivo de la red del sistema de energía es el de incrementar la eficiencia en lugar de la potencia máxima. Entonces, sabemos que el sistema de energía no llega a funcionar bajo la máxima transferencia

de energía. El objetivo de la alta eficiencia en el desarrollo de este es tomado como primordial debido a la distribución de energía de CA, que nos indica una impedancia del generador relativamente baja cuando lo comparamos con la impedancia de carga. Así es fundamental comprender un caso aplicable más real, como es el caso de distribución de alimentación de CA, donde los amplificadores de audio construidos para la alta fidelidad están diseñados para una impedancia de salida relativamente baja y una impedancia de carga de altavoz que es considerada relativamente alta. Esto es más conocido como relación, es decir, impedancia de salida e impedancia de carga conocido mejor como el factor de amortiguación que tiene un rango común de cien a mil.

Lista de componentes

Cantidad	Elemento
1	Fuente de Voltaje de C.D.
1	Multímetro Digital
1	Resistor de 220 Ω
1	Resistor de 470 Ω
1	Resistor de 680 Ω
1	Resistor de 820 Ω
1	Resistor de 1 k Ω
1	Resistor de 1.5 k Ω
1	Resistor de 1.8 k Ω
1	Resistor de 2.2 k Ω
1	Resistor de 3.9 k Ω
1	Resistor de 4.7 k Ω
1	Protoboard

II. Pruebas de funcionamiento

5 Explicación

En la presente práctica procedemos a armar el circuito dado en la guía N°8, que es uno de los circuitos más simple que se estudian en el análisis de nuestra materia, el circuito lo armaremos en el simulador de Tinkercad, para eso vamos

a tomar la fuente de 15 V y conectamos el polo positivo de la fuente a la primera terminal de la resistencia de 1.2k Ohm, para luego conectar la segunda terminal de la resistencia de 1.2k a la primera terminal de la resistencia de carga y la terminal que queda de esta resistencia la conectaremos al polo negativo de la fuente de 15 V.

I. Diseño y Cálculos

Mida el voltaje y la corriente en la resistencia de carga para cada uno de las resistencias dadas

Para 220 Ohm

Con divisor de voltaje

$$V_{RL} = \frac{220}{220 + 1200} * 15 = 2.323 V$$

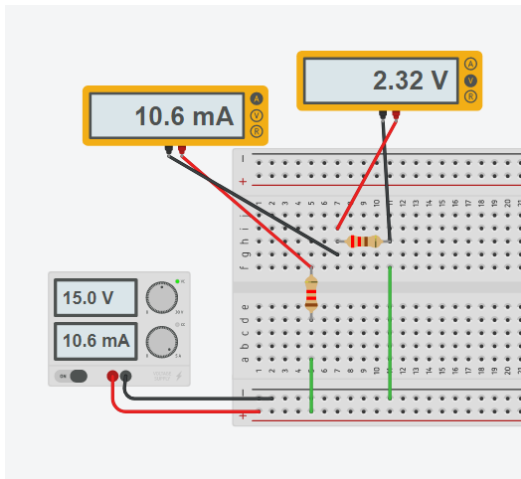
Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{220 + 1200} = 10.563 mA$$

Potencia consumida por la resistencia de carga

$$P = 2.323 * 10.563 mA = 0.0245$$

$$Error = \frac{0.0245 - 0.02459}{0.0245} * 100 = \pm 0.36$$



Para 470 Ohm

Con divisor de voltaje

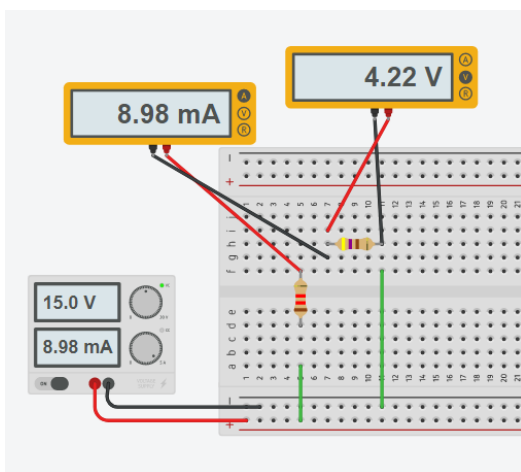
$$V_{RL} = \frac{470}{470 + 1200} * 15 = 4.222 \text{ V}$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{470 + 1200} = 8.982 \text{ mA}$$

$$P = 4.222 * 8.922 \text{ mA} = 0.0376$$

$$Error = \frac{0.0376 - 0.03789}{0.0376} * 100 = \pm 0.77$$



Para 680 Ohm

Con divisor de voltaje

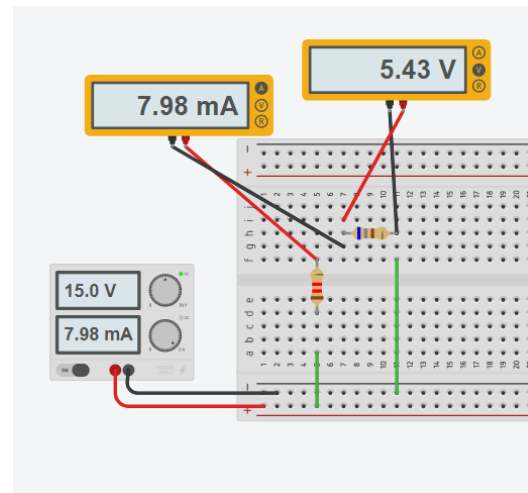
$$V_{RL} = \frac{680}{680 + 1200} * 15 = 5.425 \text{ V}$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{220 + 1200} = 7.978 \text{ mA}$$

$$P = 5.425 * 7.978 \text{ mA} = 0.0432 \text{ W}$$

$$Error = \frac{0.0432 - 0.04333}{0.0432} * 100 = \pm 0.3$$



Para 820 Ohm

Con divisor de voltaje

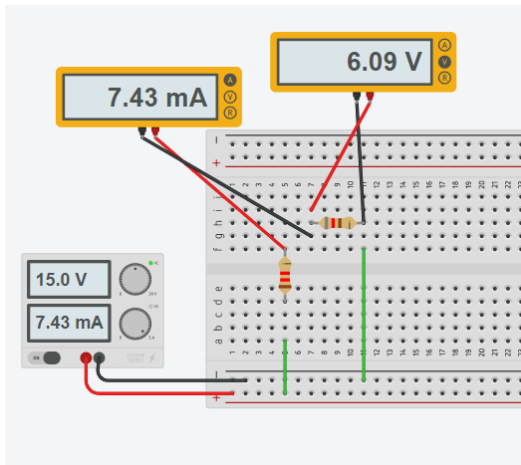
$$V_{RL} = \frac{820}{820 + 1200} * 15 = 6.089 \text{ V}$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{820 + 1200} = 7.425 \text{ mA}$$

$$P = 6.089 * 7.425 \text{ mA} = 0.0452 \text{ W}$$

$$Error = \frac{0.0452 - 0.04524}{0.0452} * 100 = \pm 0.08$$



Para 1.5k Ohm

Con divisor de voltaje

$$V_{RL} = \frac{1.5k}{1.5k + 1200} * 15 = 8.333 V$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{1.5k + 1200} = 5.556 mA$$

$$P = 8.333 * 5.556mA = 0.0462 W$$

$$Error = \frac{0.0462 - 0.04631}{0.0462} * 100 = \pm 0.23$$

Para 1k Ohm

Con divisor de voltaje

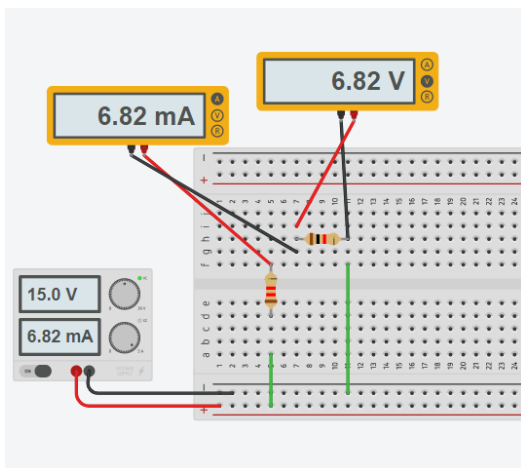
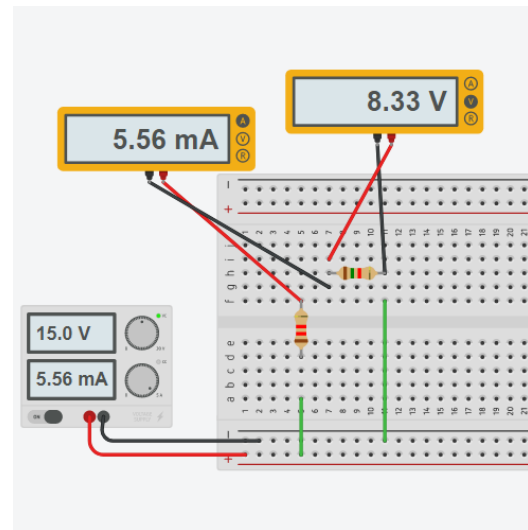
$$V_{RL} = \frac{1k}{1k + 1200} * 15 = 6.818 V$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{1k + 1200} = 6.818 mA$$

$$P = 6.818 * 6.818mA = 0.0464 W$$

$$Error = \frac{0.0464 - 0.04651}{0.0464} * 100 = \pm 0.23$$



Para 1.8k Ohm

Con divisor de voltaje

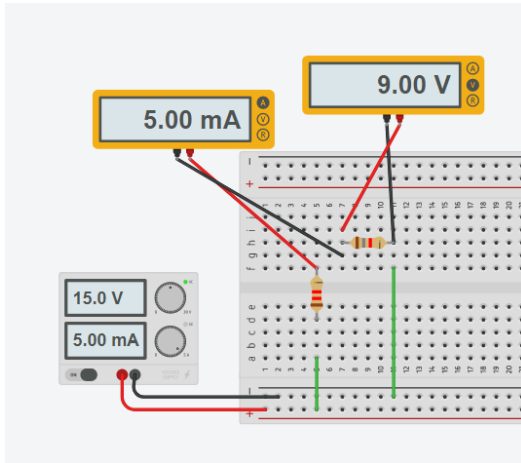
$$V_{RL} = \frac{1.8k}{1.8k + 1200} * 15 = 9 V$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{1.8k + 1200} = 5 mA$$

$$P = 9 * 5mA = 0.045 \text{ W}$$

$$Error = \frac{0.045 - 0.045}{0.045} * 100 = \pm 0.00$$



Para 2.2k Ohm

Con divisor de voltaje

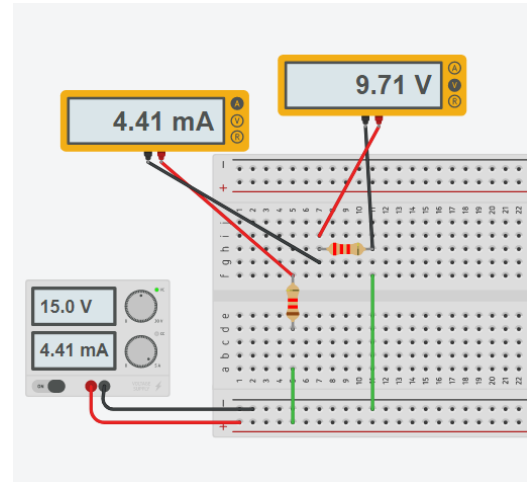
$$V_{RL} = \frac{2.2k}{2.2k + 1200} * 15 = 9.705V$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{2.2k + 1200} = 4.412 \text{ mA}$$

$$P = 9.705 * 4.412mA = 0.0428 \text{ W}$$

$$Error = \frac{0.0428 - 0.04282}{0.0428} * 100 = \pm 0.04$$



Para 3.9k Ohm

Con divisor de voltaje

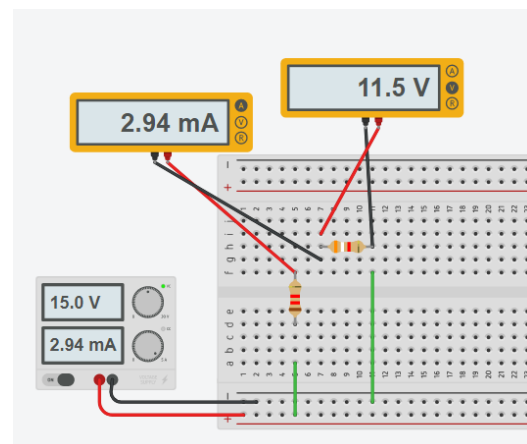
$$V_{RL} = \frac{3.9k}{3.9k + 1200} * 15 = 11.471 \text{ V}$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{3.9k + 1200} = 2.941 \text{ mA}$$

$$P = 11.471 * 2.941 \text{ mA} = 0.0337 \text{ W}$$

$$Error = \frac{0.0337 - 0.03381}{0.0337} * 100 = \pm 0.33$$



Para 4.7k Ohm

Con divisor de voltaje

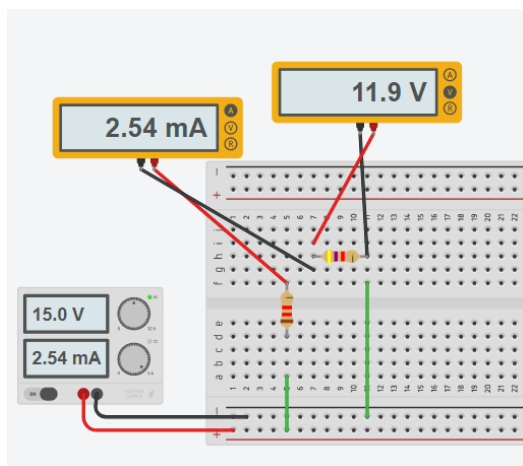
$$V_{RL} = \frac{4.7k}{4.7k + 1200} * 15 = 11.949 \text{ V}$$

Con la ley de Ohm

$$I_{RL} = \frac{15}{4.7k + 1200} = 2.542 \text{ mA}$$

$$P = 11.949 * 2.542 \text{ mA} = 0.0304 \text{ W}$$

$$\text{Error} = \frac{0.0304 - 0.03022}{0.0304} * 100 = \pm 0.59$$



Una vez hallados los valores, tantos experimentales como calculados aplicando las leyes, obtenemos la siguiente tabla

RL (Ohm)	Corriente medida (mA)	Voltaje medido	Potencia calculada experimentalmente	Potencia calculada teóricamente
220	10,6	2,32	0,024592	0,0245
470	8,98	4,22	0,0378956	0,0376
680	7,98	5,43	0,0433314	0,0432
820	7,43	6,09	0,0452487	0,0452
1000	6,82	6,82	0,0465124	0,0464
1200	6,25	7,5	0,046875	
1500	5,56	8,33	0,0463148	0,0462
1800	5	9	0,045	0,045
2200	4,41	9,71	0,0428211	0,0428
3900	2,94	11,5	0,03381	0,0337
4700	2,54	11,9	0,030226	0,0304

La columna Potencia calculada experimentalmente fue obtenida usando la facilidad de las hojas de cálculo de Excel según la fórmula:

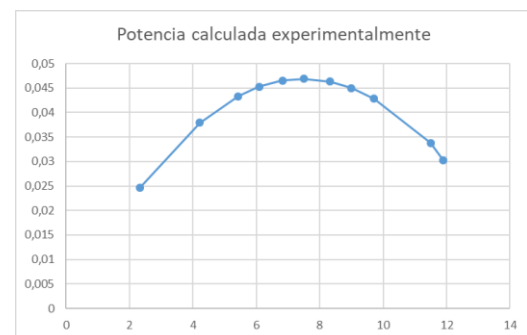
$$P = \text{CELDA CORRIENTE} * \text{CELDA VOLTAJE} * 0.001$$

Ejemplo

=C3*D3*0,001				
B	C	D	E	F
RL (Ohm)	Corriente medida (mA)	Voltaje medido	Potencia calculada experimentalmente	Potencia calculada teóricamente
220	10,6	2,32	0,024592	0,0245
470	8,98	4,22	0,0378956	0,0376
680	7,98	5,43	0,0433314	0,0432
820	7,43	6,09	0,0452487	0,0452
1000	6,82	6,82	0,0465124	0,0464
1200	6,25	7,5	0,046875	
1500	5,56	8,33	0,0463148	0,0462
1800	5	9	0,045	0,045
2200	4,41	9,71	0,0428211	0,0428
3900	2,94	11,5	0,03381	0,0337
4700	2,54	11,9	0,030226	0,0304

y la Potencia calculada teóricamente es el resultado de multiplicar cada corriente que pasa por el resistor de carga por el voltaje en el resistor de carga.

¿Se cumple el Teorema de la Máxima Transferencia de Potencia?



En la gráfica podemos observar como obtenemos una potencia máxima a medida que la resistancia de carga va tomando un valor casi igual que la

resistencia de Thévenin, aunque no toma el mismo valor.

pueden tener valores incorrectos (ya que estamos trabajando en un simulador)

6.5.5. ¿Cuál fue la potencia máxima en RL?

En la resistencia de 1k Ohm alcanzó una potencia de 0.0465 Watts

¿Para qué valor de RL se obtiene la MTP?

Con una resistencia de 1.2k Ohm

7 Descripción de prerequisites y configuración

Como primer prerequisite para esta práctica es tener un conocimiento previo de la Potencia Máxima a manera de introducción, además de saber los teoremas de Thévenin y Norton.

El circuito no necesita de alguna configuración en especial, solo debemos asegurarnos de realizar las conexiones en serie de las resistencias correctamente. Para las fuentes de voltaje asegurarnos de que tengan los valores adecuados de voltaje y por los multímetros, cambiar las perillas de corriente a voltaje con cuidado.

8 Aportaciones o Recomendaciones

- La máxima transferencia de potencia es de gran importancia en el ámbito de la electrónica, ya que de acuerdo a estos se diseñan transformadores, con el fin de evitar excesivas pérdidas de calor
- Se recomienda no olvidarse de cambiar las perillas correctamente de los multímetros, caso contrario se

9 Conclusiones

Al culminar la práctica N°8 de este semestre podemos visualizar no solo prácticamente, teóricamente sino matemáticamente la funcionalidad del Teorema Máximo de Transferencia de Potencia, donde se nos dice que en una red suministra una potencia máxima a una resistencia de carga RL, cuando el valor de dicha resistencia de carga es equivalente a la resistencia equivalente de Thévenin de la red, recordando que lo que nos permite Thévenin que el valor de las resistencias se puede sustituir por otra fuente de tensión y así facilitar los cálculos en la resolución del circuito. Si algo podemos resaltar de este laboratorio es que este teorema nos permitió conocer de mejor manera el cálculo de la máxima potencia no solo con cálculos manuales descritos en el informe, sino que además con ayuda del uso del simulador Tinkercad, que para esta ocasión resultó ser mucho más didáctico para analizar los resultados tabulados en las tablas anteriormente presentadas, donde de manera más general podemos comprobar la eficacia de este método que describe la condición para la transferencia de potencia máxima de una red activa a una resistencia de carga externa.

Además, analizando los resultados expuestos en el informe somos capaces de visualizar que el porcentaje de error presente en el laboratorio no es grande, de modo, que concluimos que los resultados obtenidos y plasmados en este informe son en su mayoría exitosos hay que lo único diferenciable es el uso de decimales, donde en el simulador se

mantienen los valores en decimas y nosotros por preferencia para mayor exactitud decidimos ponerlos en milésimas.

10 Bibliografía

Teorema máxima transferencia de potencia en circuitos CA.
Recuperado el 29 de Marzo de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=UzpnKdlnRFc> Txelo Ruiz Vázquez, O. A. (2004). Análisis Básico de Circuitos Eléctricos y Electrónicos . Madrid: Pearson Prentice Hall.

Castro, J. (21 de Noviembre de 2014). Tutoriales de electrónica Básica. Recuperado el 28 de Marzo de 2021, de <http://tutorialesdeelectronica basica.blogspot.com/2020/03/teorema-de-transferencia-de-potencia.html>

Educatina. (19 de Septiembre de 2014). Máxima Transferencia de Potencia. Máxima Transferencia de Potencia. Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=px-2BChTSK8>

Jack E. Kemmerly, W. H. (2007). Análisis de Circuitos en Ingeniería. México: Mc. Graw Hill.

Zeines, B. (s.f.). Análisis de Circuitos Eléctricos . C.E.C.S.A.

Instituto Tecnológico de Tláhuac. (11 de Diciembre de 2015). Máxima Transferencia de Potencia. 1.10. Teorema de la Máxima Transferencia

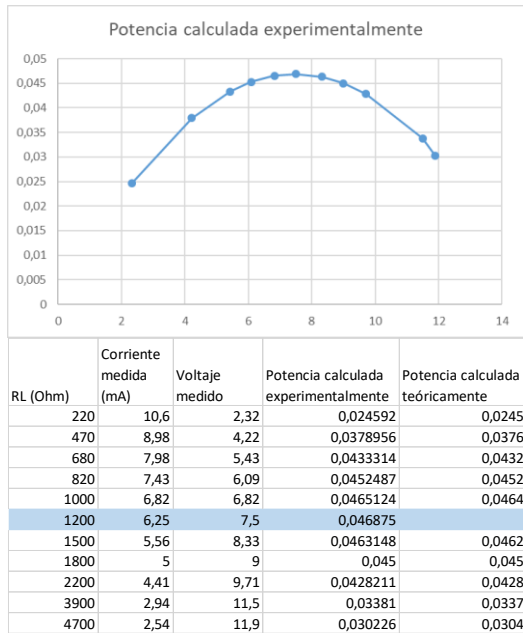
de Potencia. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <https://sites.google.com/site/e91mediosdiitalesricardotrejo/home/1-10-teorema-de-la-maxima-transferencia-de-potencia>

Mario Colunga, Miguel Peña, Jorge Torres, Hermenegido de la Cruz. (6 de Mayo de 2013). Circuitos I. Circuitos I. Recuperado el 26 de Marzo de 2021

Pavón, J. M. (19 de Noviembre de 2010). Teorema de Máxima Transferencia de Potencia. Teorema de Máxima Transferencia de Potencia. Recuperado el 30 de Marzo de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/75153355/Practica-6-Teorema-de-Maxima-Transferencia-de-Potencia>

Charles K. Alexander, M. N. (2006). : FUNDAMENTALS OF ELECTRIC CIRCUITS, THIRD EDITION. México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

11 Anexos



=C3*D3*0,001				
B	C	D	E	F
	Corriente medida (mA)	Voltaje medido	Potencia calculada experimentalmente	Potencia calculada teóricamente
RL (Ohm)				
220	10,6	2,32	0,024592	0,0245
470	8,98	4,22	0,0378956	0,0376
680	7,98	5,43	0,0433314	0,0432
820	7,43	6,09	0,0452487	0,0452
1000	6,82	6,82	0,0465124	0,0464
1200	6,25	7,5	0,046875	
1500	5,56	8,33	0,0463148	0,0462
1800	5	9	0,045	0,045
2200	4,41	9,71	0,0428211	0,0428
3900	2,94	11,5	0,03381	0,0337
4700	2,54	11,9	0,030226	0,0304

