



FIUSAC
FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



“COMPONENTES PASIVOS: RESISTENCIA, CAPACITOR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ”

Universidad de San Carlos De Guatemala - Escuela de Mecánica Eléctrica.

Dylan Ricardo Marroquín Siquibach 201801171, Jefferson Rodrigo Retana Mansilla 201700088, Héctor Fernando Carrera Soto 201700923
Oscar David Chaicoj 201807238, Gerber Erick Cuyuch Mejia 200517820.
Ing Mario Alberto Reyes Calderón
Martes G

Para la realización de la práctica de componentes pasivos se procedió con un circuito resistivo donde se midieron las resistencias, voltaje y corriente a través de cada uno de ellos y luego se realizó el análisis matemático por medio de las leyes de Kirchoff y se compararon con los datos obtenidos. Se realizó un segundo circuito con un capacitor descargado con seis resistencias, se midieron las magnitudes eléctricas de interés y se dedujo la ecuación de carga y descarga del capacitor.

I. OBJETIVOS

A. Generales

- Determinar mediante la ley de Ohm que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia y directamente proporcional a la tensión.

B. Específicos

- * Demostrar que las leyes de kirchhoff satisfagan con la conservacion de la energia y la carga en los circuitos eléctricos.
- * Determinar el funcionamiento de carga y descarga de el capacitor por medio de modelo matematico y grafico.
- * Deducir las ecuaciones de carga y descarga de un capacitor en circuitos R-C en función del voltaje y la corriente.

II. MARCO TEORICO

A. Resistencia Electrica

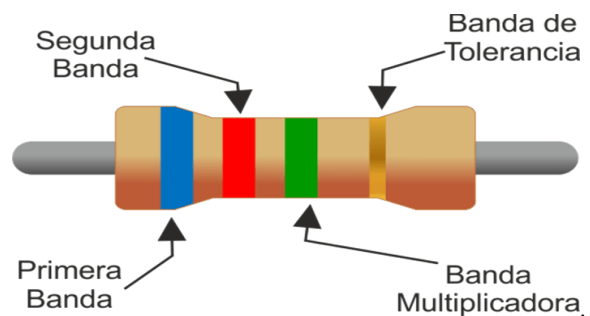


Figura 1: Resistencia de 4 bandas

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.



Figura 2: Resistencia Eléctrica

Normalmente los electrones tratan de circular por el circuito eléctrico de una forma más o menos organizada, de acuerdo con la resistencia que encuentren a su paso. Mientras menor sea esa resistencia, mayor será el orden existente en los electrones; pero cuando la resistencia es elevada, comienzan a chocar unos con otros y a liberar energía en forma de calor. Esa situación hace que siempre se eleve algo la temperatura del conductor y que, además, adquiera valores más altos en el punto donde los electrones encuentren una mayor resistencia a su paso.

B. Ley de OHM

El ohm es la unidad de medida de la resistencia que oponen los materiales al paso de la corriente eléctrica y se representa con el símbolo o letra griega Ω . La razón por la cual se acordó utilizar esa letra griega en lugar de la "O" del alfabeto latino fue para evitar que se confundiera con el número cero "0"

$$I = \frac{E}{R} \quad (1)$$

$$R = \frac{E}{I} \quad (2)$$

1. Circuito Serie y Paralelo:

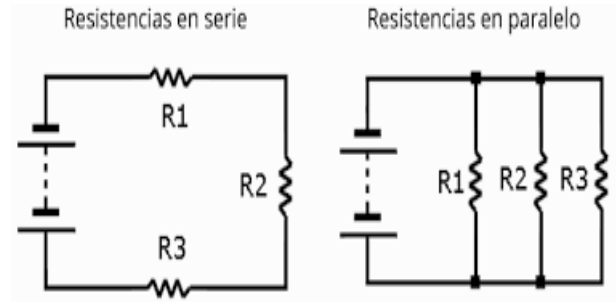


Figura 3: Circuito Serie, Paralelo

2. Circuito Mixto:

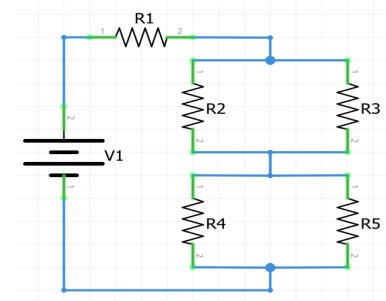


Figura 4: Circuito Serie, Paralelo

III. CAPACITANCIA



Figura 5: Capacitancia

Un capacitor consiste de dos conductores a y b llamados placas. Se supone que están completamente aislados y que se encuentran en el vacío. Se dice que un capacitor está cargado si sus placas tienen cargas iguales y opuestas, +q y q. Cuando se mencione a la carga, q,

de un capacitor se considera a la magnitud de la carga de cualquiera de las placas. Un capacitor puede adquirir carga eléctrica si se conecta a las terminales de una batería. Puesto que las placas son conductoras, entonces son equipotenciales, y la diferencia de potencial a través de las placas será la misma que la de la batería. Por conveniencia, a la magnitud de la diferencia de potencial entre las placas se le llama V . La carga y la diferencia de potencial en un capacitor se relacionan por

$$q = CV \quad (3)$$

donde C es una constante de proporcionalidad llamada capacitancia. La unidad de medida de la capacitancia en el SI es el farad

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{\text{volt}} \quad (4)$$

Calculo de la Capacitancia

- * Se supone una carga q en las placas
- * se calcula el campo eléctrico E entre las placas en términos de su carga, usando la ley de Gauss
- * una vez conocido E , se calcula la diferencia de potencial V entre las placas y se calcula C a partir de

$$C = \frac{q}{V} \quad (5)$$

Capacitores en Serie y Paralelo

Al analizar los circuitos eléctricos, con frecuencia se desea conocer la capacitancia equivalente de dos o más capacitores que están conectados de cierta manera. Por capacitancia equivalente se entiende la capacitancia de un solo capacitor que se puede sustituir por la combinación sin cambio en la operación del resto del circuito.

1. Capacitores conectados en Paralelo:

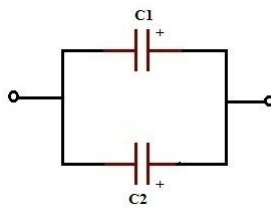


Figura 6: Conexión en paralelo

$$C_{eq} = C1 + C2 \quad (6)$$

Si se tienen más de dos capacitores conectados en paralelo, entonces

$$C_{eq} = \Sigma_n C_n \quad (7)$$

2. Capacitores conectados en Serie:

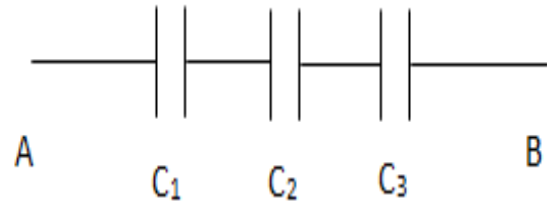


Figura 7: Conexión en serie

$$\frac{1}{C_{eq}} = \Sigma_n \frac{1}{C_n} \quad (8)$$

A. Materiales

- * Simulador de circuitos LiveWire
- * Fuente de voltaje directo de 12V o 5V.
- * Una resistencia de 4kΩ, una de 5kΩ, una de 3kΩ, una de 10kΩ y una de 500Ω. Todas de potencia 1/4 de Watt.
- * Multímetro.
- * Cronómetro.
- * Grabador de video obs.
- * Protoboard y alambre para protoboard.
- * 2 resistencias de 4kΩ, una resistencia de 3kΩ, una resistencia de 500Ω, una resistencia de 10kΩ y una resistencia de 2.2kΩ.
- * Un capacitor electrolítico de 3300μF.
- * Interruptor de 1 polo 2 contactos.

B. Magnitudes físicas a medir

- * Voltaje.
- * Resistencia.
- * Corriente

C. Procedimiento

1. Circuito Resisitivo

- * Se midió los valores de las resistencias con el multímetro y se comparo con el valor teorico.
- * Se armó l circuito de la figura 1.
- * Se midió el voltaje y corriente de cada resistencia.
- * Se realizó el análisis matemático por medio de las leyes de Kirchhoff.
- * Se comparó y se llenaron las tablas en la sección de resultados.

2. Carga del capacitor

- * Se utilizó 6 resistencias(especificadas).
- * Se armó el circuito de la figura 2
- * Se coloco el switch en la posición 1.
- * Se colocaron 2 multímetros para medir la corriente y el voltaje de capacitor C1 al mismo tiempo.
- * Se grabo por medio de la aplicación obs para poder obtener los tiempos de carga y descarga del capacitor.

IV. RESULTADOS

1. Medición de Voltaje y Corriente
CIRCUITO 1:

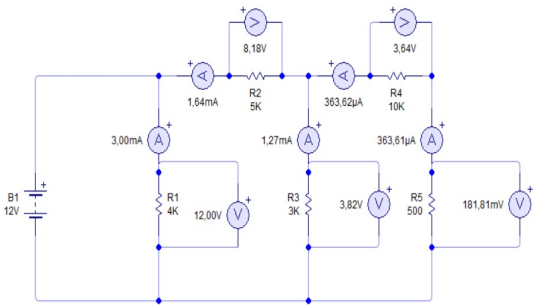


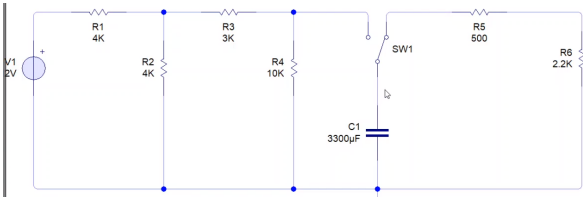
Figura 8: Simulación Circuito 1 LiveWizar

2. Calculo teorico de Voltaje y Corriente:

No.	Corriente en C1 (mA)	Voltaje en C1 (V)
1	3.00	12
2	1.63	8.18
3	1.27	3.82
4	0.36	3.63
5	0.36	0.18

Cuadro I: RESISTENCIA, Fuente propia

Figura 9: Circuito 2



Cuadro II
VALORES EXPERIMENTALES
Carga del Capacitor

No.	Tiempo (s)	Voltaje C1(V)	Corriente en C1 (μ A)
1	0	0	0
2	2	$443.20 * 10^{-3}$	1070
3	4	$868.43 * 10^{-3}$	939.46
4	6	1.37	789.69
5	8	1.80	659.76
6	10	2.17	547.67
7	12	2.43	470.41
8	14	2.70	389.73
9	16	2.91	320.94
10	18	3.10	269.87
11	20	3.25	224.66
12	24	3.49	152.88
13	27	3.61	117.00
14	30	3.70	89.83
15	35	3.81	56.61
16	40	3.88	36.28
17	45	3.92	22.88
18	50	3.95	14.66
19	55	3.97	8.39
20	60	3.98	5.66

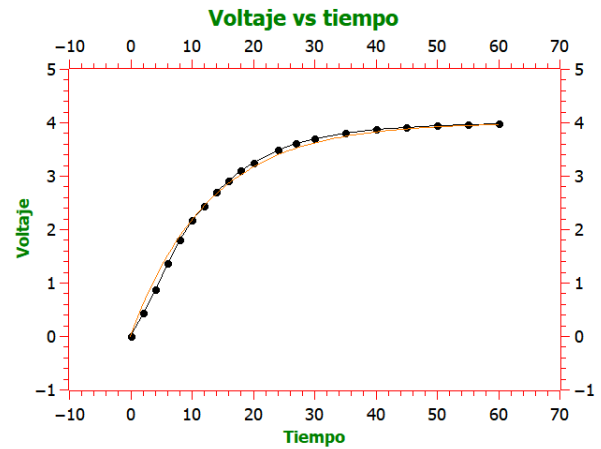
Cuadro II: Carga del Capacitor, Elaboración propia

Descarga del Capacitor

No.	Tiempo (s)	Voltaje C1(V)	Corriente en C1 (μ A)
1	0	3.98	5.66
2	2	3.36	1230.00
3	4	2.68	991.60
4	6	2.15	795.15
5	8	1.68	623.95
6	10	1.34	497.32
7	12	1.08	401.61
8	14	$878.13 * 10^{-3}$	325.24
9	16	$682.84 * 10^{-3}$	252.91
10	18	$550.44 * 10^{-3}$	203.87
11	20	$437.60 * 10^{-3}$	162.07
12	24	$281.02 * 10^{-3}$	104.08
13	27	$201.04 * 10^{-3}$	76.46
14	30	$143.39 * 10^{-3}$	53.11
15	35	$90.61 * 10^{-3}$	33.56
16	40	$52.30 * 10^{-3}$	19.37
17	45	$29.76 * 10^{-3}$	11.02
18	50	$17.22 * 10^{-3}$	6.38
19	55	$9.47 * 10^{-3}$	3.51
20	60	$5.42 * 10^{-3}$	2.01

Cuadro III: Descarga del Capacitor, Elaboración propia

Figura 10: Gráfica de Voltaje Vs Tiempo (carga)



[17/08/2020 15:04:59 Plot: "Graph3"]
 Non-linear Fit of dataset: Table2_2, using function: $4*(1-\exp(-(x/Rc)))$
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 0.0000000000000000e+00 to x = 6.0000000000000000e+01
 Rc = 1.2634393635810e+01 +/- 2.3380109881020e-01

Chi^2/dof = 7.0225397173237e-03
 R^2 = 0.9956202268581
 Adjusted R^2 = 0.995376906128
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.08380059496999
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.1334282546292

Iterations = 6
 Status = success

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- EL circuito 1 nos da el comportamiento de las corrientes y caídas de tensión, las corrientes en el cuadro 1 de resultados podemos ver bien la distribución de cada una de ellas, con lo que podemos notar la ley de corrientes y así mismo la de voltajes teniendo en claro de forma experimental y teórica de la ley de Kirchhoff.
- Dado que el capacitor inició descargado, es decir con 0 amperios y 0 voltios, la rapidez con la que se cargó en los primeros segundos fue alta, dando como resultado un potencial de 1.37v y 789.69 μ A en los primeros 6 segundos y un voltaje de 3.98v y 5.66 μ A 54 segundos después, demostrando así la diferencia en la carga en función del tiempo que se denota con la siguiente ecuación:

$$q = C\epsilon(1 - e^{-t/RC}) \quad (9)$$

la cual se detalla en la sección de conclusiones, y al analizar el funcionamiento de esta ecuación se determina que la carga en función del tiempo tendrá

valores cada vez más cercanos entre sí a lo largo del tiempo por lo que no fue relativamente más tardado pasar de 0 a 1.37v y sí de 1.37 a 3.98v.

De forma similar será la función de descarga, iniciando con sus valores más altos de voltaje y entregando una corriente en dirección contraria a la que se establece para la carga hasta llegar a un valor muy cercano a cero cuando el tiempo t transcurrido es largo .

VI. CONCLUSIONES

- El material óhmico es aquel que tiene una relación lineal entre la tensión que se aplica y la intensidad de corriente que lo atraviesa, lo cual se demostró con el experimento y nos da un panorama de esta ley en donde el efecto, que es la corriente, se ve afectado por la causa y su oposición al flujo de corriente.
- En los datos experimentales y teóricos se puede ver claramente como en los nodos las corrientes se pueden sumar y en las mallas de igual manera sumar las caídas de tensión.
- Un capacitor almacena energía debido a el aumento de diferencia de potencial entre sus terminales de donde los electrones se transfieren de un conductor al otro almacenando carga eléctrica debido a la presencia de el campo eléctrico, se puede observar en el cuadro II que conforme el capacitor se carga, la corriente disminuye en forma exponencial con respecto al tiempo, al igual se puede observar mediante el cuadro III que la corriente disminuye en forma exponencial a medida que se descarga el capacitor, por lo que podemos concluir que se respeta el modelo matemático establecido para carga y descarga de el capacitor.
- Se le llama transitorio a aquellas respuestas de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo, en contraposición de a lo que se llama estado permanente. El estado permanente es la respuesta que prevalece constante hasta que se varía bien en el circuito o bien la excitación del mismo.
- La descarga del capacitor se debe mediante el cierre de el interruptor en donde tanto la carga en el capacitor como la corriente disminuyen con el tiempo los cuales tienden a cero de manera asintótica como podemos observar en la figura 12. lo cual mediante la herramienta de Qtiplot se encontró la constante de tiempo y poder determinar que la descarga se produce en 5T.

- Deducción de las ecuaciones de carga y descarga del capacitor para voltaje y corriente. En un circuito R-C sean q la carga en coulombs, E el voltaje en el capacitor, t el tiempo en segundos, R la resistencia en Ohmios y C la capacitancia en Farads se obtiene que la corriente:

$$i = \frac{\epsilon}{R} - \frac{q}{RC}$$

en $t=0$, la corriente es $i = \frac{\epsilon}{R}$ conforme la carga q aumenta $\frac{q}{RC}$ se vuelve más grande y la carga llega a su valor máximo que se denota como Q_f y es igual a $C\epsilon$ por lo que $\frac{\epsilon}{R} = \frac{Q_f}{RC}$ y dado que $i = \frac{dq}{dt}$ entonces se sustituye y resulta:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\epsilon}{R} - \frac{q}{RC} = -\frac{1}{RC}(q - C\epsilon)$$

Al resolver la ecuación diferencial se obtiene:

$$\ln \frac{q-C\epsilon}{-C\epsilon} = -\frac{t}{RC}$$

Al despejar q de la ecuación se obtiene:

$$q = C\epsilon(1 - e^{-t/RC})$$

(capacitor cargándose)

y como $i = \frac{dq}{dt}$ entonces al derivar se obtiene:

$$i = \frac{\epsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

además como el voltaje en el capacitor es igual a la carga entre la capacitancia, entonces:

$$v = \epsilon(1 - e^{-t/RC})$$

Para la determinación de la ecuación de descarga de un capacitor se realiza un procedimiento similar, en el cual se supone que el capacitor ya adquirió una carga inicial Q_0 y al cambiar el switch del circuito del pin 1 al 2 se obtiene que $\epsilon = 0$ entonces la corriente $i = \frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC}$ demostrando así que la corriente ahora es negativa porque va en sentido opuesto al que se supuso con anterioridad.

Al resolver las ecuaciones diferenciales correspondientes resulta que:

$$q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

por lo tanto:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

además, el voltaje en el capacitor durante el proceso de descarga se define por la ecuación:

$$v = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

Figura 11: Gráfica de corriente vs tiempo (carga)

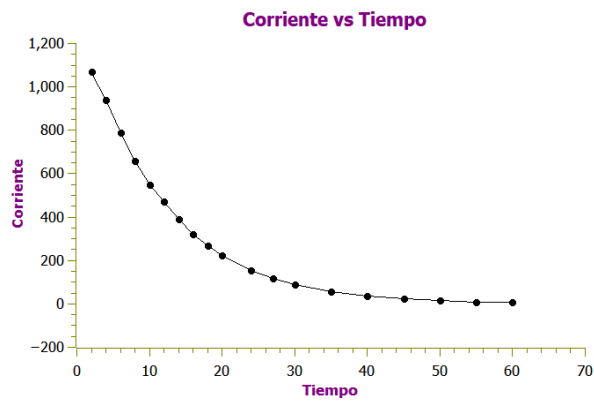
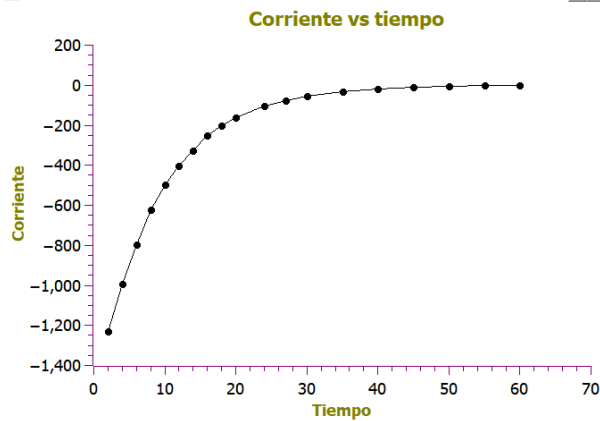


Figura 12: Gráfica de Corriente Vs Tiempo (descarga)



VII. ANEXOS

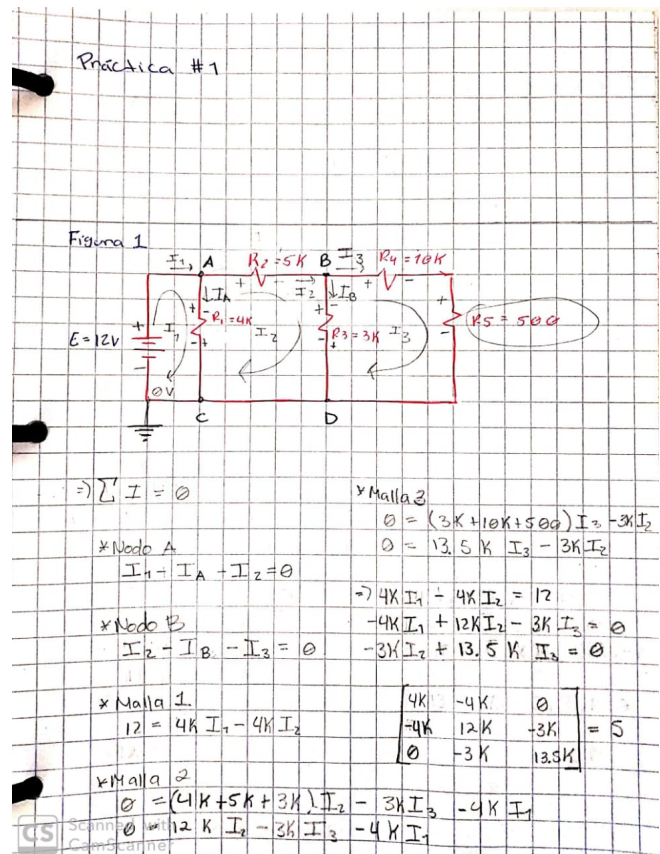


Figura 13: Cálculo teórico, fuente propia.

$\Rightarrow \det(S) = \det \begin{vmatrix} I_1 & I_2 & I_3 \\ 4K & -4K & 0 \\ -4K & 12K & -3K \\ 0 & -3K & 13.5K \end{vmatrix} = 396 \text{ G}$

$\Rightarrow \det(I_1) = \det \begin{vmatrix} B & I_2 & I_3 \\ 12 & -4K & 0 \\ 0 & 12K & -3K \\ 0 & -3K & 13.5K \end{vmatrix} = 1.836 \text{ G}$

$\Rightarrow I_1 = \frac{\det(I_1)}{\det(S)} = 4.636 \text{ mA}$

$\Rightarrow \det(I_2) = \det \begin{vmatrix} I_1 & B & I_3 \\ 4K & 12 & 0 \\ -4K & 0 & -3K \\ 0 & 0 & 13.5K \end{vmatrix} = 648 \text{ M}$

$\Rightarrow I_2 = \frac{\det(I_2)}{\det(S)} = 1.636 \text{ mA}$

$\Rightarrow \det(I_3) = \det \begin{vmatrix} I_1 & I_2 & B \\ 4K & -4K & 12 \\ -4K & 12K & 0 \\ 0 & -3K & 0 \end{vmatrix} = 144 \text{ M}$

$\Rightarrow I_3 = \frac{\det(I_3)}{\det(S)} = 363.6 \text{ } \mu\text{A} \approx 0.36 \text{ mA}$

$\Rightarrow I_4 = 3 \text{ mA}$
 $\Rightarrow I_5 = 1.273 \text{ mA}$

Figura 14: Cálculo teórico, fuente propia

$\Rightarrow \text{Sabiendo que: } V = IR$

$\Rightarrow \text{Para } R_4: V = (0.36 \text{ mA})(10K) = 3.636 \text{ V}$

$\Rightarrow \text{Para } R_1: I_{R1} = 3.636 = 363.6 \text{ } \mu\text{A}$

$\Rightarrow I_{R1} = 12 \text{ mA} = 3 \text{ mA} = I_1$

$\Rightarrow V = (3 \text{ mA})(4K) = 12 \text{ V}$

$\Rightarrow \text{Para } R_2: V = (0.36 \text{ mA})(500) = 181.8 \text{ mV}$

$\Rightarrow I_{R2} = 181.8 \text{ } \mu\text{A} = 363.6 \text{ } \mu\text{A}$

$\Rightarrow V = (1.636 \text{ mA})(5K) = 8.182 \text{ V}$

$\Rightarrow I_{R2} = 8.182 = 1.636 \text{ mA}$

$\Rightarrow \text{Para } R_3: V = (1.273)(3K) = 3.818 \text{ V}$

$\Rightarrow I_{R3} = I_5 = 1.273 \text{ mA}$

$\Rightarrow V = (1.273)(3K) = 3.818 \text{ V}$

$\Rightarrow R_5: V = 181.8 \text{ mV}$
 $I = 363.6 \text{ } \mu\text{A}$

$\Rightarrow \text{Resultados}$

$\Rightarrow I_1 \text{ Malla 1} = 4.636 \text{ mA}$
 $I_2 \text{ Malla 2} = 1.636 \text{ mA}$
 $I_3 \text{ Malla 3} = 0.36 \text{ mA}$

$\Rightarrow R_1: V = 12 \text{ V}$
 $I = 3 \text{ mA}$

$\Rightarrow R_2: V = 8.182 \text{ V}$
 $I = 1.636 \text{ mA}$

$\Rightarrow R_3: V = 3.818 \text{ V}$
 $I = 1.273 \text{ mA}$

$\Rightarrow R_4: V = 3.636 \text{ V}$
 $I = 363.6 \text{ } \mu\text{A}$

Figura 15: Cálculo teórico, fuente propia

[1] YOUNG, HUGH D. y FREEDMAN, ROGER A. (decimo cuarta edición) (2013). *Física universitaria volumen 2*. México: PEARSON.

[2] ROBERT L BOYLESTAD. (decima edición) (2004). *Introducción al Análisis de Circuitos*. México: PEARSON.