	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	
	PRACTICA EXPERIMENTAL #3 CIRCUITO RC: CARGA Y DESCARGA DEL CAPACITOR	

IDENTIFICACIÓN	
Nombre de la asignatura	Electromagnetismo
Programa Académico	Ingeniería en sistemas
Docente	Dr. Carlos Eduardo Martínez Núñez
Nombre del Estudiante	

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los fenómenos de carga y descarga del capacitor en un **circuito RC** y determinar su constante de tiempo (τ) asociada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un circuto simple RC
- Estudiar el comportamiento de carga de un capacitor en un circuito simple RC
- Estudiar el comportamiento de descarga de un capacitor en un circuito simple RC.
- Determinar la constante de tiempo (τ) asociada al circuito RC

TEORÍA

1. Realiza la consulta de los siguientes conceptos:
   a. Aplicaciones o usos de los circuitos RC.

2. **Circuito RC**

Se le llama **circuito *RC* simple** a un circuito que contiene una combinación en serie de un resistor y un capacitor.

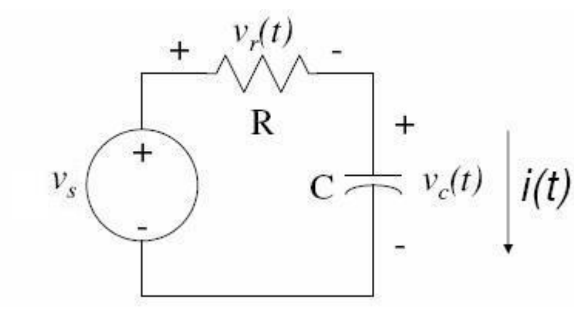


Figura 1: Ilustraciòn de un circuito RC simple.

Debido a las propiedades del capacitor durante un pequeño periodo de tiempo la corriente que circula por el circuito y el voltaje del capacitor varían con el tiempo, es decir, $I(t)$ y $V_c(t)$, como se ilustra en la **figura 1**.

3. CARGA DEL CAPACITOR

Considere un circuito RC como el ilustrado en la figura 2a, luego se conecta a una fuente $\boldsymbol{\varepsilon}$ y se cierra el interruptor como se muestra en la figura 2b, después de esto comienza a circular una corriente $I(t)$. De acuerdo a la ley de los voltajes de Kirchhoff, debe cumplirse que:

$$\sum_i V_i$$

$$\varepsilon - \frac{Q}{C} - IR = 0$$

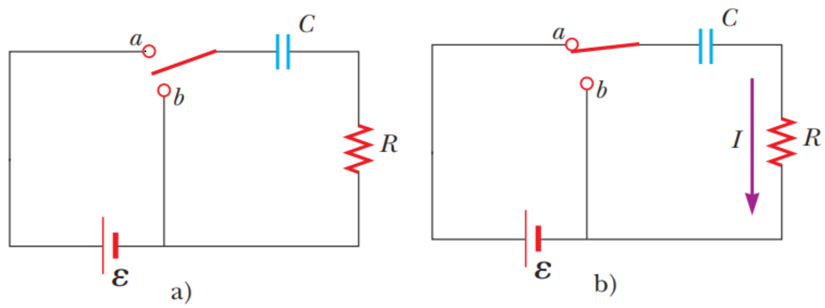


Figura 2: Circuito RC a) Descargado b) En proceso de carga del capacitor

Analicemos dos situaciones:

- En un instante justo después de cerrar el circuito el voltaje en el capacitor es cero, por tanto:

$$\varepsilon - IR = 0$$
$$I_{max} = \frac{\varepsilon}{R}$$

  Luego I_{max} es la corriente máximo en un instante después de cerrar el circuito
- Al haber pasado un tiempo suficiente después de cerrar el circuito, el voltaje en el capacitor es máximo ($V_{c:max} = \varepsilon$) por tanto se detiene la corriente en el circuito, luego:

$$\varepsilon - \frac{Q}{C} = 0$$
$$Q_{max} = C\varepsilon$$

  Q_{max} corresponde a la carga máxima almacenada en el capacitor.

a. Expresión de la carga, corriente y voltaje.

Para analizar cuantitativamente este circuito, aplique la regla de la ley del voltaje de Kirchhoff al circuito una vez que el interruptor está en la posición *a* (***figura 2b***). Recorriendo la malla de la ***figura 2b*** en el sentido de las manecillas del reloj, da:

$$\varepsilon - \frac{Q}{C} - IR = 0$$

Considerando la definición de corriente como $I = \frac{dQ}{dt}$, tenemos:

$$\varepsilon - \frac{Q}{C} - R\frac{dQ}{dt} = 0$$

Diviendo todos los términos por R y organizando tenemos la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{RC} - \frac{\varepsilon}{R} = 0$$

La ecuación anterior tiene por solución a:

$$Q(t) = Q_{max}(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$$

Dado que $I = \frac{dQ}{dt}$, derivando respecto a t la ecuación anterior tenemos:

$$I(t) = I_{max}e^{\frac{-t}{RC}},\ \text{donde}\ \ I_{max} = \frac{Q_{max}}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Como en el capacitor se cumple que:

$$Q(t) = CV(t)$$

$$V(t) = \varepsilon(1 - e^{\frac{-t}{RC}}),\ \text{donde}\ \ \varepsilon = \frac{Q_{max}}{C}$$

4. DESCARGA DEL CAPACITOR

Para el proceso de la descarga del capacitor, el circuito corresponde al representado en la Figura 3. El capacitor se descarga por la ausencia de la fuente y la acción de la resistencia. Por tanto en la ecuación de la ley de Kirchhoff para el voltaje mostrada en la sección anterior, ahora se tiene:

$\varepsilon - \frac{Q}{C} - IR = 0$, tomando $\varepsilon = 0$

$$-\frac{Q}{C} - IR = 0$$

$$\frac{Q}{C} + R\frac{dQ}{dt} = 0$$

Luego similarmente al proceso realizado con la carga del capacitor, $Q(t)$, $I(t)$ y $V(t)$ quedan como:

$$Q(t) = Q_{max}e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$I(t) = -I_{max}e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$V(t) = \varepsilon e^{\frac{-t}{RC}}$$

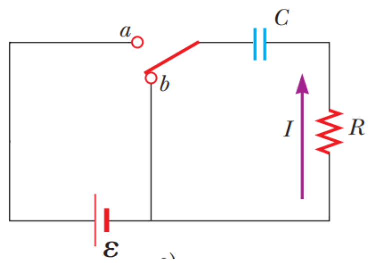


Figura 3: Capacitor cargado conectado a solo una resistencia. En este caso la carga almacenada en el capacitor se discipa por la acción de la resistencia.

5. CÁLCULO EXPERIMENTAL DE LA CONSTANTE DE TIEMPO

En la ecuaciones para $Q(t)$, $I(t)$ y $V(t)$ tanto en el proceso de carga como en el de descarga aparece una cantidad RC diviendo al tiempo, esta cantidad se conoce como constante de tiempo y se simboliza por τ. Esta constante representa los momentos en que $Q(t)$, $I(t)$ y $V(t)$ alcanzan ciertos porcentajes en los procesos de carga y de descarga.

Para determinar el valor de τ, partimos de una de las ecuaciones de $Q(t)$, $I(t)$ y $V(t)$, usualmente $I(t)$, por conveniencias en las mediciones. Tomemos la ecuación de $I(t)$ para el proceso de carga de un capacitor:

$$I(t) = I_{max}e^{\frac{-t}{RC}}$$

Dividiendo ambos miembros por I_{max}, tenemos:

$$\frac{I(t)}{I_{max}} = e^{\frac{-t}{RC}}$$

Para poder sacar a RC del argumento de la función exponencial, aplicación el loganitmo natural a ambos miembros, luego:
-

$$ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right) = ln\left(e^{\frac{-t}{RC}}\right)$$

La base del logaritmo natural es "**e**", por tanto usando la propiedad:

$$\mathrm{Ln}(e^{a}) = a \cdot ln(e) = a$$

Luego tenemos

$$ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right) = \frac{-t}{RC} \cdot ln(e) = -\frac{t}{RC}$$

$ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right) = -\frac{t}{RC}$, definiendo $\tau = RC$

$ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right) = -\frac{t}{\tau}$, tomando m = $-\frac{1}{\tau}$

$$ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right) = m \cdot t$$

m corresponde a la pendiente de la recta entre $\boldsymbol{ln\left(\frac{I(t)}{I_{max}}\right)}$ **vs** $\boldsymbol{t}$. Habiéndose determinado m experimentalmente de mediciones de $I(t)$ respecto al tiempo t, podemos determinar la constente de tiempo usando:

$$\boldsymbol{\tau = -\frac{1}{m}}$$

6. PORCENTAJE DE ERROR

El porcentaje de error indica la exactitud de una medida. Cuando determinamos el error en una medida, comparamos el valor experimental (obtenido) con el valor actual (teórico ò aceptado). Este porcentaje se expresa como:

$$\%\, error = \frac{Valor\ Aceptado - Valor\ experimental}{Valor\ Aceptado} \times 100\ \%$$

MATERIALES

- Simulador de circuitos https://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html
- Software Octave

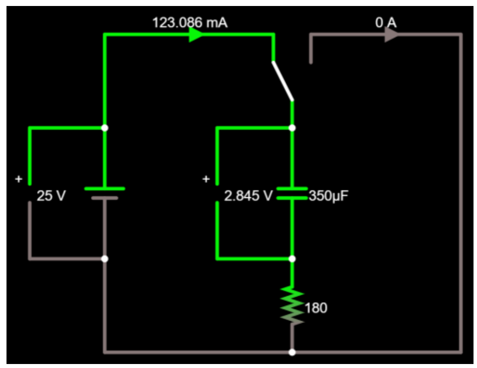
PROCEDIMIENTO

1. Abrir el simulador de circuitos suministrado en la sección de materiales. Selecciona la opción archivo-New Black circuit

2. EXPERIENCIA #1

2.1. **CARGA DEL CAPACITOR**

2.1.1. Realiza la construcción del circuito mostrado en la ilustración. Los valores para la fuente de voltajes, la capacitancia del capacitor y la resistencia son 25 V, 350 μF y 180 Ω.



2.1.2. En el panel izquierdo se encuentran dos botones para reiniciar y parar/continuar la simulación y dos deslizadores para controlar la velocidad de la simulación y la velocidad de la corriente. Ajustar los deslizadores de la velocidad hasta obtener una velocidad de simulación que permita tomar los datos fácilmente. Usar el botón de reiniciar la comenzar de nuevo la simulación las veces que sean necesarias.

2.1.3. Oprimir el botón de parar para tomar datos de tiempo, corriente y voltaje. Luego de la toma de un dato, dar clic en continuar para permitir que el tiempo avance y luego oprimir parar nuevamente para tomar el siguiente datos. Seguir sucesivamente hasta obtener los datos de tiempo, corriente y voltaje para llenar la **tabla 1**. Se recomienda tomar los últimos valores cuando la corriente es próximo a cero.

2.1.4. Guarde los datos de la tabla 1 en los vectores **t_{exp}, I_c y V_c**.

2.1.5. Utilice el software Octave para realizar la gráfica de **t_{exp} vs I_c** solo con market (solo marcadores, no linea solida). Recuerde expresar la corriente en Amperes y el tiempo en s

2.1.6. Crear un vector **t_{teo}** del tiempo entre t=0 y el último valor del tiempo experimental registrado (**t_f**) con la función **t_{teo}=linspace(0,t_f,50).** Este vector será utilizado para graficar la función teórica de la corriente I(t) y el voltaje v(t)

2.1.7. Determine el valor de $\boldsymbol{I_{max}}$, mediante $\boldsymbol{I_{max} = \frac{\varepsilon}{R}}$.

2.1.8. Utiliza la expresión de la corriente para la carga del capacitor suministrada en la sección de teoría y los valores de I_{max}, R y C del circuito para obtener la gráfica teórica de la corriente en el proceso de carga del capacitor entre cero y ultimo tiempo experimental tomado (**t_f**) . Agregar esta curva en la misma gráfica del punto anterior. Para ello después de graficar la curva del numeral 2.1.5 poner la función ***Hold on, no figure.*** Aplique propiedades a la gráfica y guardela en formato .jpg

2.1.9. Realice la gráfica que **t_{exp} vs** $ln\left(\frac{Ic}{I_{max}}\right)$. Aplique propiedades a la gráfica y guardela en formato .jpg

2.1.10. Utilice el comando **polyfit**, para hallar la pendiente de gráfica de $ln\left(\frac{Ic}{I_{max}}\right)$ **vs t_{exp}**. Utilice el valor de esta pendiente para hallar el valor de la constante de tiempo τ. Complete la **tabla 1** en la celda de τ_{exp}**(s)**

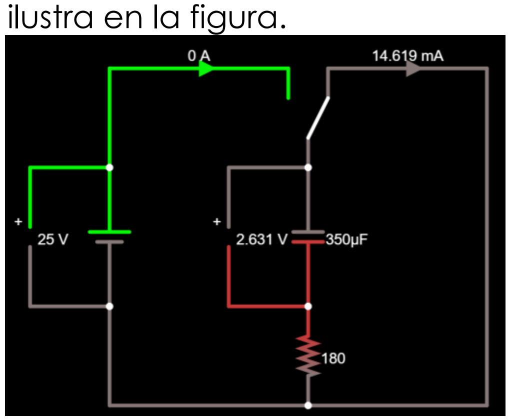
2.1.11. Determina el valor de τ teorica con la ecuación correspondiente dado en la sección de teoría

2.1.12. Realice la gráfica de **t_{exp} vs V_c** solo con market (solo marcadores, no linea solida). Guarde la gráfica en formato .jpg (aplicar los respectivas propiedades).

2.1.13. Utiliza la expresión de la voltaje para la carga del capacitor suministrada en la sección de teoría y los valores de ε, R y C del circuito para obtener la gráfica teórica del voltaje en el proceso de carga del capacitor entre cero y ultimo tiempo experimental tomado (**t_f**) . Agregar esta curva en la misma gráfica del punto anterior. Para ello después de graficar la curva anterior poner la función ***Hold on.*** Aplique propiedades a la gráfica y guardela en formato .jpg

2.2. DESCARGA DEL CAPACITOR

2.2.1. Deje correr el tiempo hasta que el capacitor alcanza su carga máxima. Utilice el **switch** del circuito para conectar el capacitor a la otra sección del circuito como se ilustra en la figura.



2.2.2. Repita el mismo procedimiento descrito en los encisos 2.1.2 hasta 2.1.13 para obtener las graficas de las corrientes **I_d y V_d** y los tiempos **t_{exp}** en esta ocasión aplicado al proceso de descarga del capacitor. Obtenga las respectivas gráficas y llene la **tabla 2** y la **tabla 3**

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 1: Datos de tiempo, Corriente y voltaje del proceso de carga de un capacitor.

Datos	t_{exp} (ms)	I_c (mA)	V_c (volts)
1			
2			
3			
4			
5			
.			
20			
τ_{exp}(s)			
τ_{teo}(s)			

Tabla 2: Datos de tiempo, Corriente y voltaje del proceso de descarga de un capacitor.

Datos	t_{exp} (ms)	I_d (mA)	V_d (volts)
1			
2			
3			
.			
20			
τ_{exp}(s)			
τ_{teo}(s)			

Tabla 3: Registro de los errores del proceso experimental.

Constante de tiempo	Experimental (s)	teórica (s)	Error(%)
τ_1			
τ_2			

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de haber desarrollado exitosamente la presente guía experimental, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Que tipo de graficas obtienen al graficar **t_{exp} vs I_c y t_{exp} vs I_d** en cada una de la experiencias anteriores?
2. ¿Que tipo de graficas obtienen al graficar **t_{exp} vs V_c y t_{exp} vs V_d** en cada una de la experiencias anteriores?
3. ¿Las graficas experimentales de **t vs I y t vs V** concuerdan con las graficas de la expresión de las corrientes y el voltaje para carga y descarga del capacitor?.
4. Describe el tipo de curva de la grafica obtenida de $\boldsymbol{ln}\left(\frac{Ic}{I_{max}}\right)$ **vs t1**. ¿Que se puede afirmar de la pendiente **m** obtenida con el comando **polyfit**?.
5. ¿Concuerdan los valores de la constante de tiempo obtenida en la carga con la que se obtiene en la descarga del capacitor?.
6. ¿Que se puede decir de los errores obtenidos al comparar los valores experimentales a los teóricos para la constante de tiempo?.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- R.A. Serway_ J.W. Jewett, Jr. - Física para Ciencias e Ingeniería con Física Moderna, Volumen 2, Cengage Learning, 2008.

- H. Ohanian y J. Markert. Física para ingeniería y ciencias. Tercera Edición. Vol. I. Mc Graw Hill.

Páginas en WEB:

https://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html