

Carga y descarga de un condensador a través de un circuito. Y su comportamiento como aplicación en la industria

Alan Stiven Camacho Restrepo¹

¹Universidad de Antioquia, Medellín, Instituto de física

alans.camacho@udea.edu.co

October 2020

Abstract

This work consisted of finding an appropriate system, in which the behavior of a capacitor could be easily found and observed, through experimentation, to analyze and compare the theoretical results and the results obtained experimentally. For the assembly of the system, a virtual laboratory provided by the university was used, where twelve closed circuits were assembled, with resistance, capacitor, and Arduino as voltage source (RC Circuit). With the Arduino, the voltage values were obtained as a function of the time for charging and discharging, and through Python, the voltage graphs were made for each capacitor, noting that, with respect to the graphs made theoretically by means of the equations, a difference between these in time intervals, finally being able to observe that, indeed, their behavior resembles each other; being able to conclude then, that although a similar behavior is achieved, it is not fully reached with precision, and also, the time constant has a lower error with respect to the theoretical one for the capacitor charging process, with an approximate difference of $\sim 1000 \mu s$.

1 Introducción

La rama de la electricidad es uno de los descubrimientos más grandes que ha podido observar el ser humano, dando nuevas interpretaciones a sucesos que en la naturaleza sucedían sin alguna explicación científica. A partir de ella, surgieron nuevas ramas de la ciencia que permitieron avances a la sociedad, una de ellas es la electrónica, que a través de la interpretación del comportamiento de la electricidad se crearon dispositivos que hicieron posible la construcción de nuevas tecnologías, haciendo que la vida fuera más entretenida y eficaz.

Una aplicación de la electrónica es el condensador, un dispositivo electrónico, capaz de almacenar energía eléctrica; son usados, por ejemplo, en aparatos como en el celular o computador, que a través del toma corriente del hogar se suministra energía por el cable (cargador) para quedar almacenados en los condensadores internos a ellos, y luego, ser utilizados en un lapso de tiempo para permitir el funcionamiento del celular sin estar conectado, dando la posibilidad de que se usen por fuera de casa, sin depender de una conexión, esto hasta que en el condensador se gaste la energía para nuevamente cargarlo. Este funcionamiento de los condensadores, descritos por leyes físicas, forman parte de la vida diaria de toda persona y son de gran interés, pues son utilizados en todo momento a través de aparatos tecnológicos (se asemeja al fenómeno natural de los rayos solares, cuando estos por un lapso de tiempo son absorbidos por los paneles solares, que

cuando consumen la energía, necesitan de nuevo que los rayos lleguen para su funcionamiento). Es por esto que el condensador es de gran importancia para ser aplicado en la vida. Y para tener un mejor entendimiento de este y familiarizarse con el fenómeno, se decidió estudiar su comportamiento a través de un circuito cerrado (¿Cómo el voltaje suministrado se comporta en el condensador a través del tiempo?). El circuito cerrado que se realizó para poder llevar a cabo este experimento, estaba constituido, por una resistencia, un condensador, una protoboard y un arduino como fuente de voltaje (circuito RC), el cual suministraba en el circuito un voltaje y corriente (como lo hacen los enchufes), y a través del arduino se obtenían datos en el momento de carga y descarga del condensador, y luego de analizados a través del lenguaje de programación Python, se obtuvieron gráficas del voltaje en función del tiempo. Además, mediante las leyes físicas y resultados teóricos, se pudieron obtener también gráficas del comportamiento de estos en el condensador, para finalmente comparar lo obtenido del experimento con lo teórico.

Los objetivos planteados para el desarrollo del experimento son:

- Comparar los resultados experimentales de la carga y descarga con los resultados teóricos de las ecuaciones que describen el fenómeno.

- A través de 12 medidas independientes entre sí, hallar el promedio de la constante de tiempo para la carga

y descarga del condensador.

2 Marco teórico

Para un circuito RC, con una entrada de voltaje directa V_0 (ver Figure 1). El comportamiento de los valores en el condensador son descritos por la teoría. Las ecuaciones que se utilizaron como base para describir el fenómeno en estudio son [1]:

$$V(t) = V_0[1 - e^{-\frac{t}{RC}}] \quad (1)$$

$$V(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

Donde V_0 es el voltaje inicial de la fuente, R es la resistencia, C la capacitancia y $V(t)$ voltaje en el condensador en un tiempo t .

La ecuación (1) corresponde a cuando el condensador está en proceso de carga, mientras que (2) en descarga.

La constante de tiempo es una medida de la rapidez con que se carga/descarga el condensador (también llamado capacitor), viene dado por la expresión [2]:

$$\tau = RC \quad (3)$$

Este tiempo de carga y descarga, es el tiempo necesario en el cual el voltaje en el condensador aumente o disminuya un 63% del voltaje inicial. Es decir, que en el proceso de carga cuando ha pasado un tiempo τ es porque en el condensador hay un 63% del voltaje inicial (V_0), mientras que en descarga significa que en el condensador queda aproximadamente un 37% de V_0 .

3 Método experimental

Para la realización del experimento, se hicieron 12 montajes de un circuito RC en un laboratorio el cual permitía desde casa obtener los datos sin manipular los montajes; con resistencias de $R = 1k\Omega$ y condensadores de capacitancia $C = 10\mu F$, usando diferentes arduinos como fuente de voltaje con $V_0 = 2,49V$ (Ver Figure 1). Para el proceso de carga del condensador, se comenzó con conectar la fuente de voltaje en el circuito de tal manera que la parte positiva tocara a la resistencia y el lado negativo (tierra) al condensador, y a través de la entrada analógica y de un código en los arduinos se obtenían valores de voltajes en el tiempo. De este modo se obtenían 12 diferentes grupos de medidas independientes entre sí, ya que se hicieron con las mismas condiciones pero con diferentes dispositivos. Luego, para el proceso de descarga, en cada caso, se desacopla la resistencia y la fuente del circuito, para que el condensador se descargue por el arduino, y obtener las medidas de voltaje.

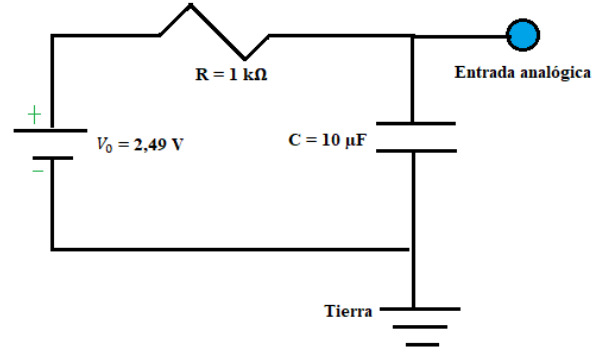


Figure 1: Esquema del circuito RC. Conformado por una resistencia R , un condensador C y una fuente de voltaje V_0 . Parte positiva del voltaje en dirección de la resistencia y parte negativa (Tierra) al condensador. Entrada analógica del arduino

4 Resultados y análisis

A través de Python, se obtuvieron las gráficas de las curvas del comportamiento del voltaje en el capacitor, que se hicieron experimentalmente a través del arduino para los casos de carga y descarga, como también la curva que predice estos comportamientos a partir de las ecuaciones teóricas.

A continuación se muestra la gráfica de comparación entre la curva experimental y teórica dada por la ecuación (1) en proceso de carga (Ver Figure 2).

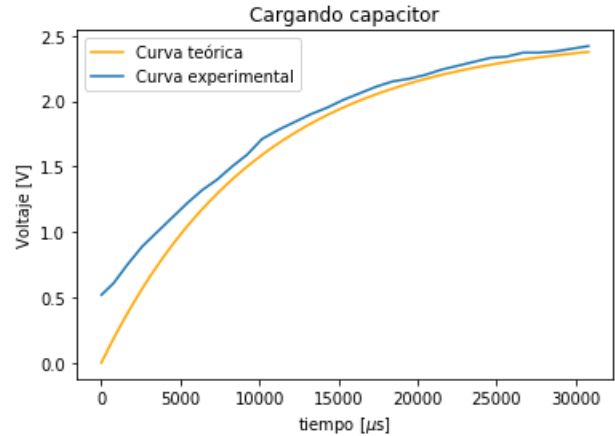


Figure 2: Gráfica voltaje vs tiempo en proceso de carga sobre el condensador, curva azul representa los datos obtenidos experimentalmente, curva anaranjada la teórica

Gracias a la gráfica anterior, se puede observar que experimentalmente (Curva azul) el comportamiento del voltaje en el condensador aumenta de manera exponencial, hasta llegar a un voltaje aproximado de $V = 2,42$ V, lo que significa que el capacitor se carga aproxi-

madamente como predice la ecuación (1). El arduino comienza a obtener los valores del voltaje en un tiempo diferente de cero, no muy lejos de este dado en microsegundos, es por esto que la curva experimental no inicia en un voltaje nulo. Comparando las dos curvas, se observa que la mayor diferencia entre estas se da en el momento inicial del proceso, esto puede haber sido causado por los valores nominales de la resistencia y el capacitor dichos en el marco experimental, ya que experimentalmente no se pudieron medir. Y también porque el sistema no es ideal, suposición necesaria que permite obtener el marco teórico [1].

Para el proceso de descarga, se obtuvo la siguiente gráfica (Ver Figure 3)

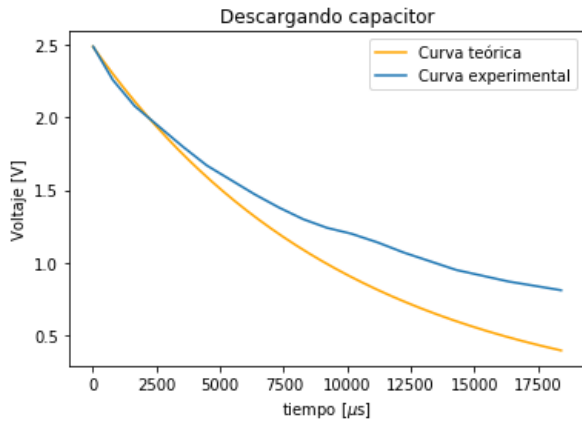


Figure 3: Gráfica voltaje vs tiempo en proceso de descarga sobre el condensador, curva experimental (azul) y curva teórica (anaranjado)

Gracias a la Figure 3, se puede observar que experimentalmente se obtuvo un comportamiento de decremento en descarga, que al inicio tenía aproximadamente un voltaje de V_0 y que al momento de permitir el flujo de carga sobre el arduino (quitando la resistencia y la fuente) su voltaje comienza a disminuir como lo predice la teoría (ecuación (2)). El mayor error entre las dos curvas se observa a medida que transcurre el tiempo, ya hacia el final de estas; este error puede haber sido causado por los valores nominales de la resistencia y el capacitor, porque es seguro que experimentalmente se obtienen valores diferentes a los nominales y también porque el sistema no es ideal.

De las dos gráficas anteriores, se observa que el funcionamiento del condensador es el de almacenar un voltaje (Por lo tanto una energía eléctrica [1]) cuando se le suministra una fuente de voltaje en un circuito cerrado RC en un lapso de tiempo; que al momento de desconectar esta fuente, en el condensador queda aún almacenada la energía, hasta que se le permita salir mediante un camino por donde fluya en otro lapso de tiempo menor que al de carga (en este caso, a través del mismo arduino) análogo a como lo hacen los dis-

positivos que se usan diariamente, que internos a ellos tienen los condensadores con energía almacenadas y que al momento de hacer uso de ellos, estos comienzan a liberar su energía hasta que transcurre un tiempo que hace que se descarguen. Además, de los tiempos, se infiere que el condensador en el proceso de carga tarda más que en el de descarga, que concuerda con las curvas teóricas.

De los 12 grupos de medidas realizados en el laboratorio virtual, y a través del análisis de las 12 gráficas de estas, se obtuvieron experimentalmente los τ correspondientes a carga y descarga. En la siguiente gráfica (Ver Figure 4) se muestra el porcentaje del voltaje inicial que tiene el capacitor en proceso de carga en un tiempo $t = \tau$.

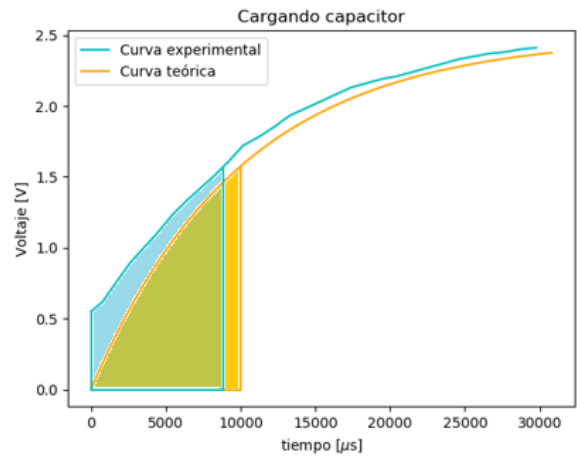


Figure 4: Visualización del porcentaje aproximado equivalente a un 63% de voltaje dado en el tiempo τ en el capacitor para proceso de carga. Área azul corresponde al porcentaje experimental, área anaranjada al teórico

Las áreas mostradas en la Figure 4, corresponden aproximadamente al 63% de V_0 , que suceden transcurrido la constante de tiempo τ . El área azul es la correspondiente a la curva experimental, de donde se infiere que su tiempo es $\tau = 8835,2 \mu s$ (Ver Table 1). El área anaranjado corresponde a la curva teórica donde el tiempo es igual al dado por la teoría ($\tau = RC = 10000 \mu s$). Se realiza el mismo análisis para el proceso de descarga, para las 12 medidas respectivamente y así encontrar a través de Python las constantes de tiempo. A continuación se muestran las constantes de tiempo que se obtuvieron experimentalmente para las primeras 6 medidas de las 12 obtenidas.

De las 12 medidas de τ se hace un promedio para el proceso de carga y para el de descarga, con su respectiva desviación estándar (Table 2). Para así comparar con los valores teóricos.

A partir de la ecuación (3) se obtiene que la constante de tiempo teórica para carga y descarga son iguales. Esto quiere decir que cuando se está cargando

| Grupo de medida | Carga τ [μs] | Descarga τ [μs] |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 8835,2 | 15113,6 |
| 2 | 8792,56 | 15062 |
| 3 | 8792,56 | 14907,2 |
| 4 | 9003,78 | 14907,2 |
| 5 | 9003,78 | 15062 |
| 6 | 9003,56 | 15062 |

Table 1: Medidas de los τ en 6 de las 12 medidas realizadas. Dadas en microsegundos para carga y descarga respectivamente

| | τ_{exp} [μs] | τ_{teo} [μs] |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| Carga | $8921,5 \pm 141,1$ | 10000 |
| Descarga | $15152,3 \pm 239,4$ | 10000 |

Table 2: Promedios de la constante de tiempo para la carga y descarga con su respectiva desviación estándar y constante de tiempo teórica dada por la ecuación (3)

el capacitor, ha de transcurrir un tiempo τ para que en este quede almacenado el 63% del voltaje inicial, mientras que cuando se está descargando queda almacenado un 37% del voltaje inicial. De la Table 2, se puede inferir que las constantes de tiempo experimentales para carga y descarga difieren de la teórica. Para carga se obtuvo una diferencia aproximada de ~ 1000 , mientras que en descarga ~ 5000 . Causas que no hacen de los valores precisos entre sí son dados por los expuestos anteriormente, el sistema no es ideal, hay disipación de energía a través de los conductores, los arduinos tienen su margen de error al calcular los valores, los valores nominales de la resistencia y el capacitor difieren de los valores experimentales que han de dar, y el no aislamiento de los montajes.

5 Conclusiones

-Se comparó los resultados obtenidos experimentalmente con los dados en la teoría, donde se comprueba la semejanza entre los procesos de carga y descarga en el condensador, a través de gráficas, resultando una buena obtención del comportamiento, pero con algunas diferencias.

-Se obtuvieron las constantes de tiempo experimentalmente a través de las 12 medidas, y se compararon con las teóricas, donde se obtuvo una mejor aproximación en proceso de carga del condensador. Mientras que en descarga se obtuvo el máximo error del orden de $\sim 5000 \mu s$

-Se encontró un montaje apropiado que permitió la facilidad de recrear los procesos de cargas y descargas para un condensador, como también facilitar la visualización de las gráficas de estos comportamientos, permitiendo un análisis satisfactorio a través de Python.

-Para mejorar el experimento, se sugiere minimizar las dificultades obtenidas de la siguiente forma: encontrar experimentalmente los valores de la resistencia y la capacitancia del condensador, y encontrar un montaje que permita un mayor aislamiento, para así, tener mejores resultados que los obtenidos en este artículo.

References

- [1] YOUNG, HUGH D. Y ROGER A. FREEDMAN, *Física universitaria, con física moderna volumen 2*, decimosegunda edición, México, DF, 2009.
- [2] MCALLISTER, W <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-natural-and-forced-response/a/ee-rc-natural-response>