

# Modelo de carga y descarga de un capacitor

Leonardo Vázquez Rodríguez

February 2021

## 1. Resumen

En este proyecto se mostrará, mediante fenómeno de carga y descarga de un capacitor la implementación de un modelo de machine learning para poder predecir el voltaje en diferentes instantes de tiempo. Se explicará el modelo utilizado de machine learning, árboles de decisión regresión. Esto con la finalidad de mostrar diferentes herramientas para la manipulación y análisis de datos, dar certeza de la funcionalidad de los modelos de regresión actualmente utilizados para intentar predecir fenómenos socioeconómicos.

## 2. Introduction

### Circuito RC

En este tipo de circuito el uso de los resistores se combina con los capacitores, en el diagrama de circuito RC básico se tiene una resistencia en la entrada y un condensador en la salida puestas en serie. La corriente del circuito cuando la tensión aparece primero en la entrada depende de la resistencia. Cuando el capacitor se carga, la corriente es casi cero.

La ecuación del circuito RC define la constante de tiempo RC como el producto de la resistencia y la capacitancia. Donde la ecuaciones que nos permiten determinar el valor del potencial y la intensidad de corriente función del tiempo están dadas por lo siguiente.

$$I_t = \frac{V_0}{R} e^{-t/\tau} \quad (1)$$

Ec.1: Corriente en función del tiempo del circuito.

$$V_t = V_0(1 - e^{-t/\tau}) \quad (2)$$

Ec.2: Voltaje en función del tiempo del circuito.

## Árboles de decisión regresión

Árboles de decisión regresión es un modelo de machine learning que entra dentro de la categoría de aprendizaje supervisado ya que se tiene clara la variable objetivo y en base a esa es que se ajusta el modelo. Este modelo consiste en realizar comparaciones del tipo mayor que o menor que con la finalidad de separar y segmentar en base a características, a continuación un ejemplo cualitativo de cómo funciona un árbol de decisión.

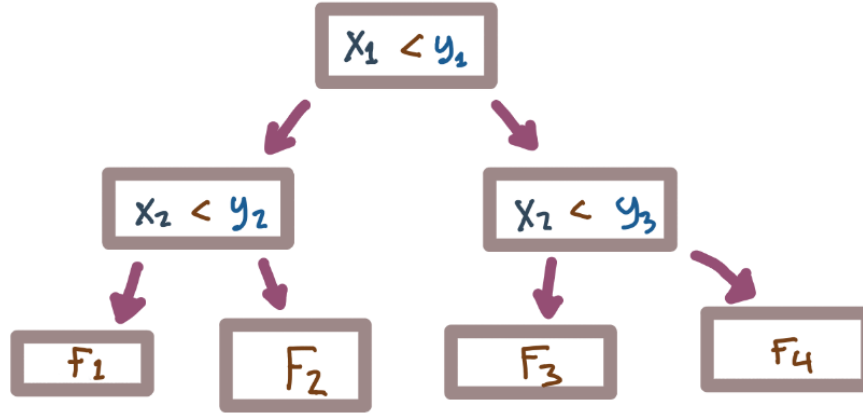


Figura 1: Representación cualitativa del funcionamiento del modelo.

La obtención de estos valores para los condicionales se determina a partir de la medida estadística  $R^2$  o coeficiente de determinación para cada subdivisión, esto mediante la siguiente expresión.

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i \in F_j} (y_i - \hat{y}_{F_j})^2 \quad (3)$$

Ec.3: Expresión con la que se ajusta el modelo.

Este modelo es mayormente utilizado con la finalidad de clasificar y segmentar grupos, aunque también puede ser aplicado en problemas de predicción, como es el caso.

Para poder implemetar este modelo es necesario instalar la libreria de Python para machine learning de Sklearn [6] la cual contiene multiples modelos de aprendizaje supervisado y no supervisado.

Algo muy importante que hay que tener en consideración si es que se desea realizar un modelo (de cualquier tipo) es necesario tener claro los objetivos esperados, una noción básica de comportamiento de los datos y sobretodo realizar un preprocesamiento de los mismos. Para realizar esto se utiliza las librerías de Pandas [8] y NumPy [9] las cuales permiten realizar manipulaciones de DataFrames a conveniencia.

A continuación mostraremos una forma en la que puede ser aplicado este modelo para determinar el potencial de capacitor en función del tiempo sin la necesidad de las ecuaciones que conocemos.

### 3. Implementación

Para realizar este modelo se requiere tener instalado lo siguiente:

- Python (versión 3.7.0 en adelante)
- Pandas
- NumPy
- Matplotlib
- Sklearn

\* El editor de código usado para este proyecto es Jupyter Notebook [4] aunque no es indispensable para el funcionamiento.

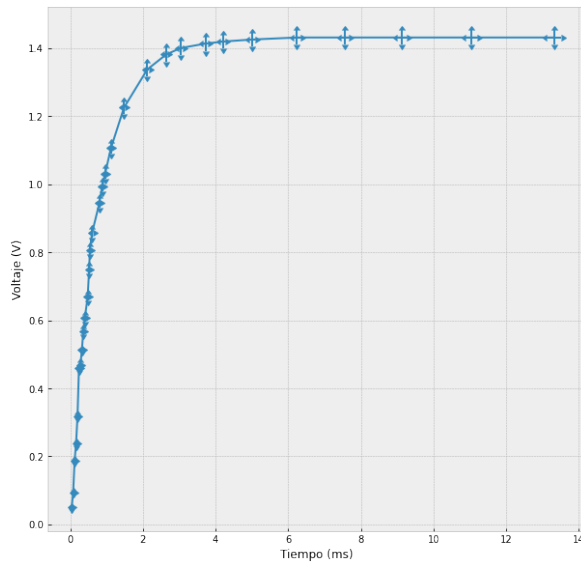
Comenzamos observando la forma de nuestro data set:

	V1	dV1	T1	dT1	V2	dV2	T2	dT
0	0.05000	0.00075	0.040	0.0006	-0.00875	0.00131	0.08	0.0012
1	0.09375	0.00141	0.080	0.0012	-0.16870	0.00250	0.12	0.0018
2	0.18750	0.00280	0.120	0.0018	-0.27500	0.00410	0.16	0.0024
3	0.23750	0.00360	0.160	0.0024	-0.33750	0.00510	0.20	0.0030
4	0.31880	0.00460	0.200	0.0030	-0.38750	0.00580	0.24	0.0036
5	0.46030	0.00610	0.240	0.0036	-0.43120	0.00650	0.28	0.0042
6	0.46880	0.00700	0.280	0.0042	-0.49370	0.00740	0.32	0.0048
7	0.51250	0.00077	0.320	0.0048	-0.53120	0.00800	0.36	0.0054
8	0.56870	0.00850	0.360	0.0054	-0.60260	0.00910	0.40	0.0060
9	0.60620	0.00910	0.400	0.0060	-0.68870	0.01030	0.44	0.0066
10	0.66870	0.01000	0.480	0.0072	-0.71870	0.01070	0.52	0.0078
11	0.75000	0.01120	0.520	0.0078	-0.79370	0.01200	0.60	0.0090
12	0.80630	0.01210	0.540	0.0090	-0.86250	0.01300	0.68	0.0102
13	0.85630	0.01280	0.600	0.0096	-0.90630	0.01400	0.76	0.0114
14	0.94370	0.01420	0.800	0.0120	-0.95000	0.01420	0.84	0.0126
15	0.99380	0.01490	0.880	0.0132	-0.99938	0.01500	0.92	0.0138
16	1.03080	0.01600	0.960	0.0144	-1.04400	0.01600	1.00	0.0150
17	1.10600	0.01600	1.120	0.0170	-1.08100	0.01600	1.08	0.0160
18	1.22500	0.01800	1.480	0.0220	-1.21200	0.01800	1.44	0.0220
19	1.33700	0.02000	2.120	0.0320	-1.36200	0.02000	2.44	0.0370
20	1.38100	0.02100	2.640	0.0400	-1.40000	0.02100	3.36	0.0500
21	1.40000	0.02100	3.040	0.0460	-1.41300	0.02100	3.72	0.0560
22	1.41300	0.02100	3.720	0.0560	-1.41900	0.02100	3.88	0.0580
23	1.41900	0.02100	4.200	0.0630	-1.42500	0.02100	5.04	0.0760
24	1.42500	0.02100	5.000	0.0750	-1.43100	0.02100	5.88	0.0880
25	1.43100	0.02100	6.240	0.0940	-1.43100	0.02100	7.20	0.1080
26	1.43100	0.02100	7.560	0.1130	-1.43100	0.02100	8.76	0.1310
27	1.43100	0.02100	9.129	0.1370	-1.43100	0.02100	9.96	0.1490
28	1.43100	0.02100	11.040	0.1700	-1.43100	0.02100	11.92	0.1800
29	1.43100	0.02100	13.320	0.2000	-1.43100	0.02100	13.76	0.2100

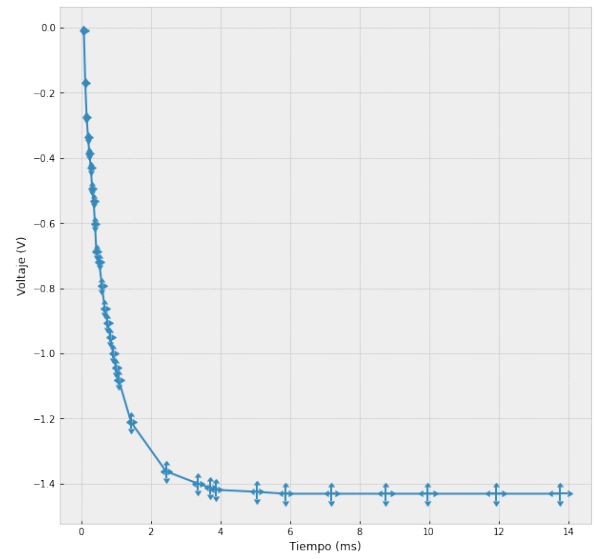
Tabla 1: Datos utilizados de la carga y descarga de un capacitor

- $V1$  : Potencial en el proceso de carga del capacitor en función del tiempo.
- $dV1$  : Incertidumbre del potencial en el proceso de carga en función del tiempo.
- $T1$  : Tiempo en el proceso de carga del capacitor.
- $dT1$  : Incertidumbre del tiempo en el proceso de carga del capacitor.
- $V2$  : Potencial en el proceso de descarga del capacitor en función del tiempo.
- $dV2$  : Incertidumbre del potencial en el proceso de descarga en función del tiempo.
- $T2$  : Tiempo en el proceso de descarga del capacitor.
- $dT$  : Incertidumbre del tiempo en el proceso de descarga del capacitor.

Utilizando los datos anteriores procedemos a graficarlos quedando de la siguiente manera:



(a) Proceso de carga del capacitor.



(b) Proceso de descarga del capacitor.

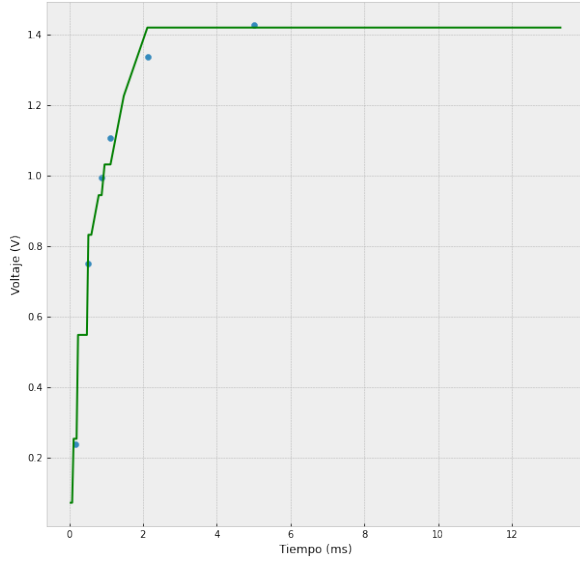
Figura 2

Pasemos a construir modelo de machine learning que nos permita los valores de  $V$  en función del tiempo **sin la necesidad** de utilizar las ecuaciones (1) y (2).

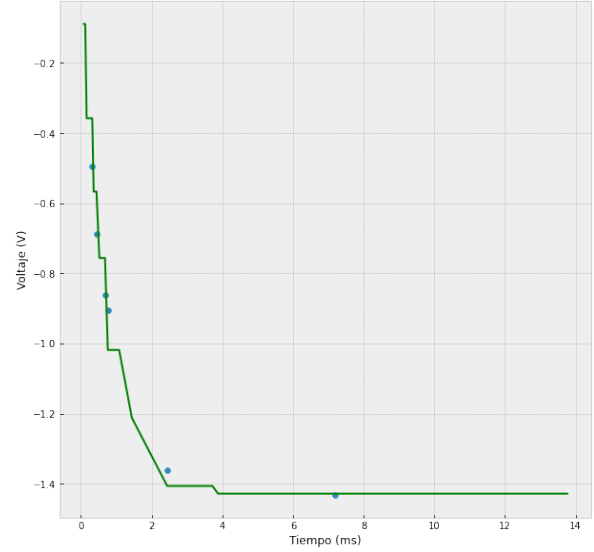
Para esto vamos a utilizar un modelo de machine learning, Árboles de decisión regresion con el cual, utilizando los datos de la tabla 1 vamos a ajustar el modelo teniendo cuidado de no llegar a un sobre ajuste de los datos.

## 4. Resultados

Al realizar el modelo se obtiene lo siguiente:



(a) Predicción del proceso de carga del capacitor.



(b) Predicción del proceso de descarga del capacitor.

Figura 3

Por último para determinar la precisión del modelo vamos a obtener el valor de  $R^2$  dandonos como resultado:

$$R_c^2 = 0,9937, R_d^2 = 0,9901$$

Lo cual nos puede dar certeza de la eficacia del modelo de árboles de decisión regresión para este problema en particular.

## 5. Conclusiones

El modelo de Árboles de decisión regresión funcionó correctamente, obteniendo un valor de  $R^2 = 0,9937$  con respecto a los datos presentados. Aunque la aplicación en este caso fue muy básica y sin casi procesamiento de datos, la importancia de entender el funcionamiento e implementación de diversos modelos de aprendizaje supervisado es lo que nos permite ser capaces de predecir fenómenos más complejos.

Aunque, el hecho de que haya funcionado no significa que sea un método viable para describir fenómenos físicos, para eso están los modelos teóricos correspondientes.

## Referencias

- [1] RESNICK, D. Y HALLIDAY, R., FÍSICA (DOS VOLÚMENES). MÉXICO, CECSA, 2004.
- [2] TIPPENS, PAUL, FÍSICA. CONCEPTOS Y APLICACIONES. MÉXICO, MCGRAW HDL, 2005.
- [3] [HTTPS://WWW.PYTHON.ORG](https://www.python.org)
- [4] [HTTPS://JUPYTER.ORG](https://jupyter.org)
- [5] [HTTPS://MATPLOTLIB.ORG](https://matplotlib.org)
- [6] [HTTPS://SCIKIT-LEARN.ORG/STABLE/MODULES/GENERATED/SKLEARN.TREE.DECISIONTREEREGRESSOR.HTML](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.tree.DecisionTreeRegressor.html)
- [7] [HTTPS://PYTHONHOSTED.ORG/UNCERTAINTIES/](https://pythonhosted.org/uncertainties/)
- [8] [HTTPS://PANDAS.PYDATA.ORG/DOCS/](https://pandas.pydata.org/docs/)
- [9] [HTTPS://NUMPY.ORG/DOC/](https://numpy.org/doc/)