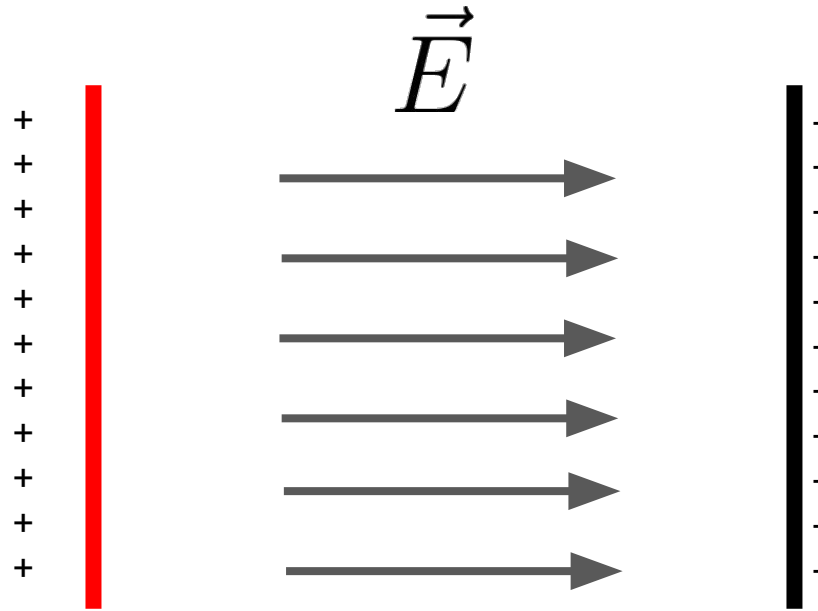


Laboratorio FII (Q)
1° C 2024

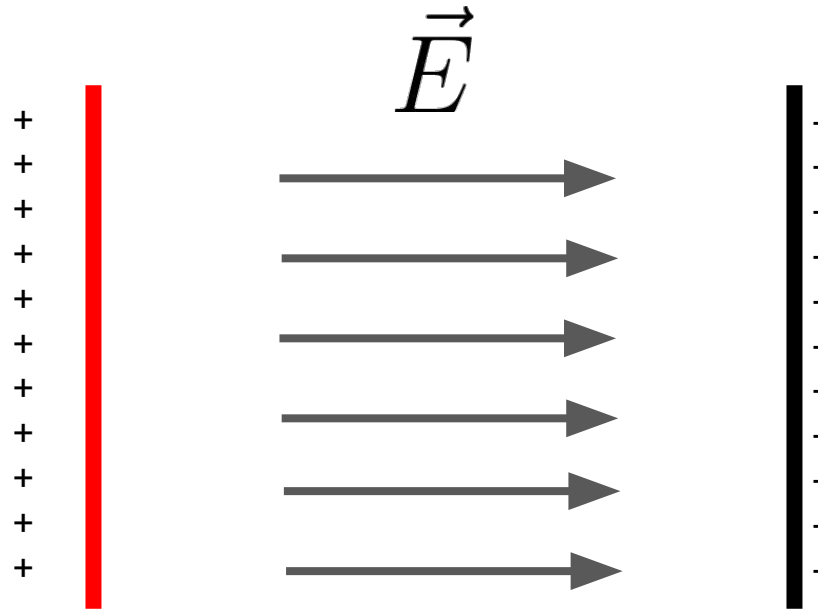
TP 3: Circuitos RC

Nicolás Nuñez Barreto

Repaso: capacitores

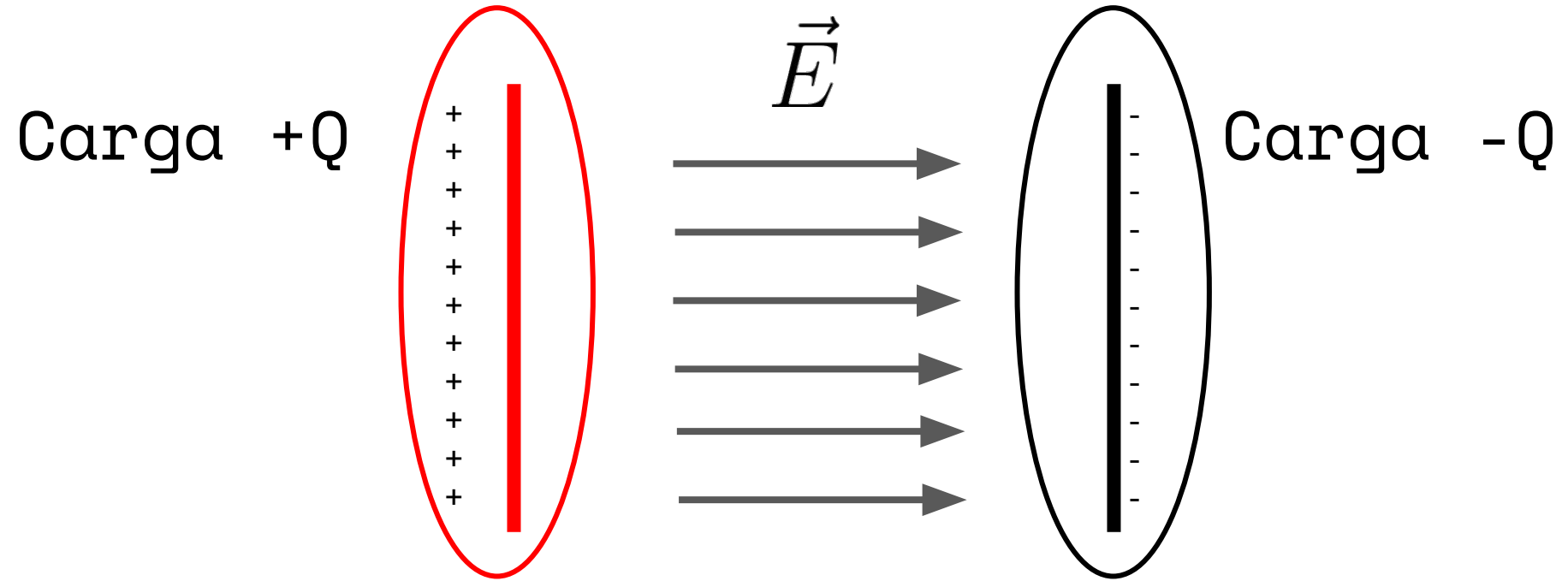


Repaso: capacitores



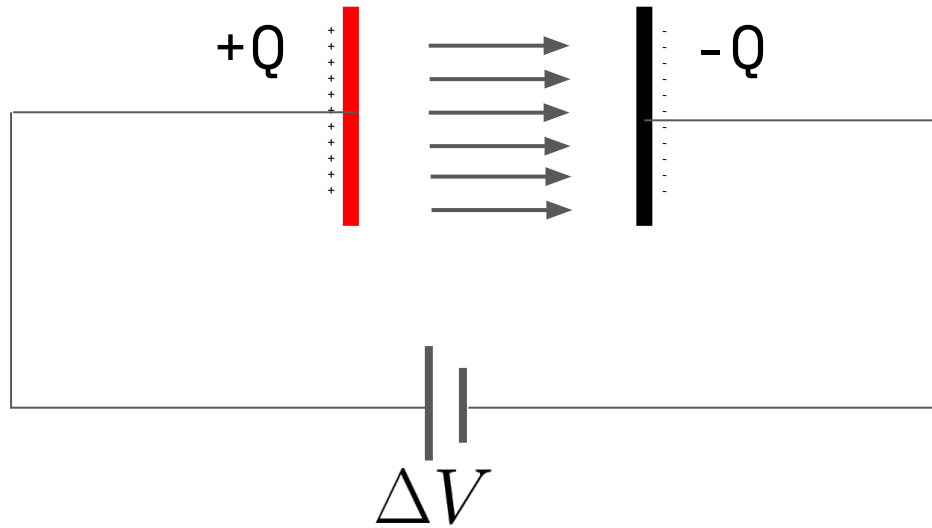
Esto es un **capacitor de placas paralelas**

Repaso: capacitores



Esto es un **capacitor de placas paralelas**

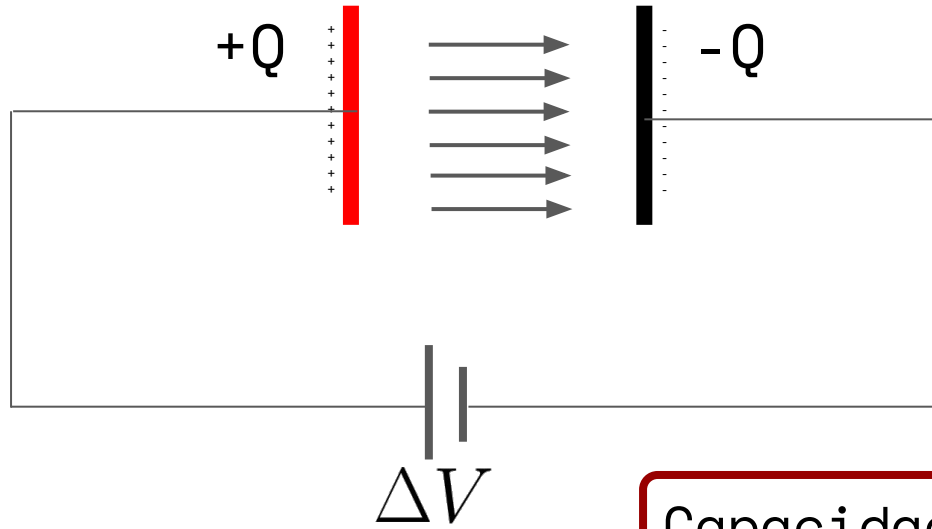
Repaso: capacitores



Al aplicarle un voltaje a un capacitor, se induce una carga Q en cada placa

$$Q = C \cdot \Delta V$$

Repaso: capacitores



Capacidad/capacitancia

$$Q = C \cdot \Delta V$$

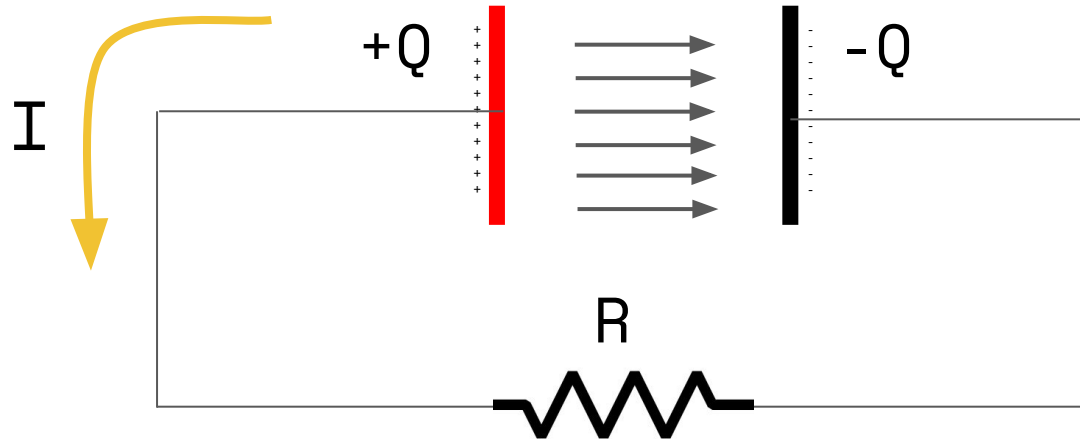
Repaso: capacitores

Capacidad/capacitancia: me dice cuánto se carga un capacitor según el voltaje aplicado

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta V]} = \frac{C}{V} = F \quad \text{Faradios}$$

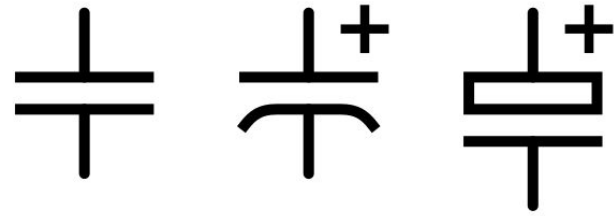
1 Faradio es **mucho**, valores típicos rondan los nF y uF

Repaso: capacitores

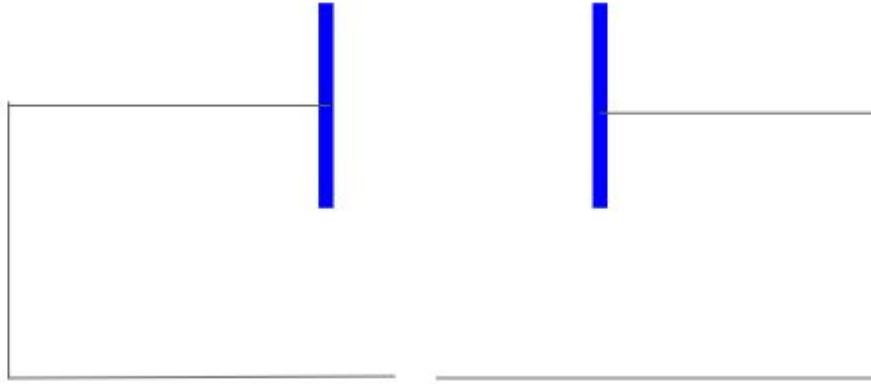


Luego, si el capacitor se conecta a una resistencia, se puede descargar mediante corriente: almacena energía electrostática.

Tipos de capacitores

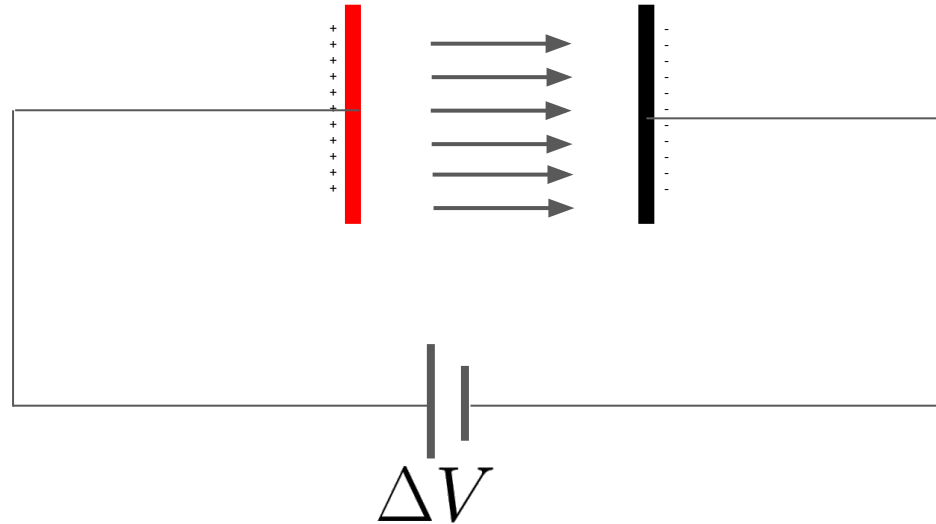


Carga de un capacitor



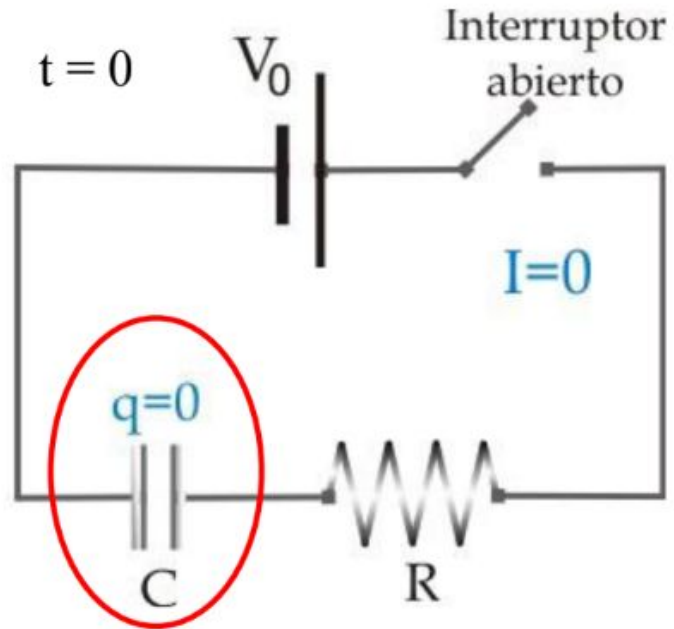
Primero tenemos un capacitor descargado

Carga de un capacitor



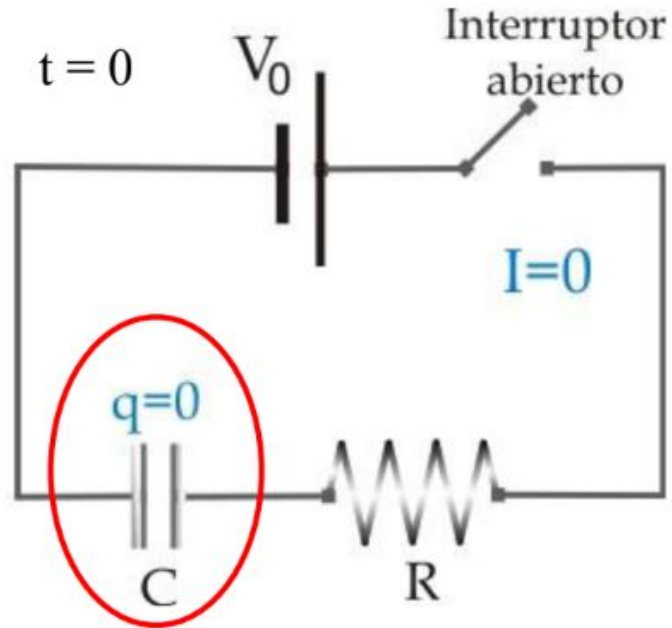
Le conectamos un voltaje y eventualmente se carga.
¿Cuánto tarda? ¿Cómo es ese **transitorio**?

Midiendo la carga y descarga



Capacitor inicialmente descargado

Midiendo la carga y descarga

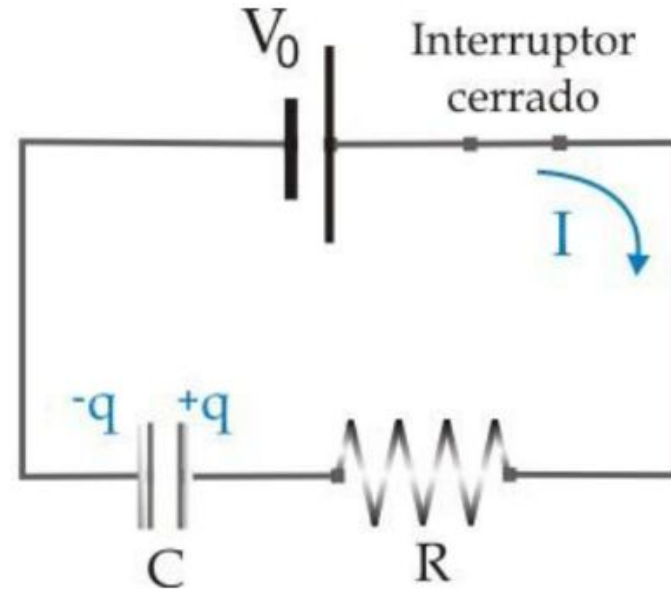
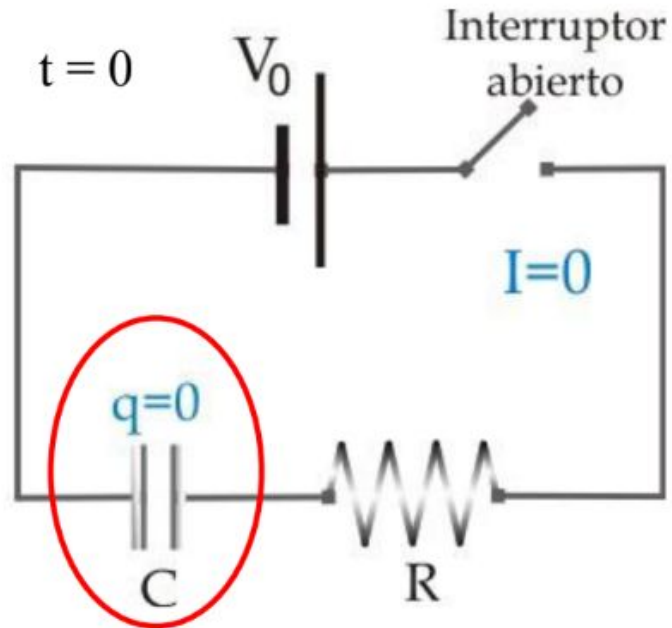


Capacitor inicialmente descargado

Luego, a $t=0$, cerramos el interruptor y empieza a pasar corriente y cargarse el capacitor

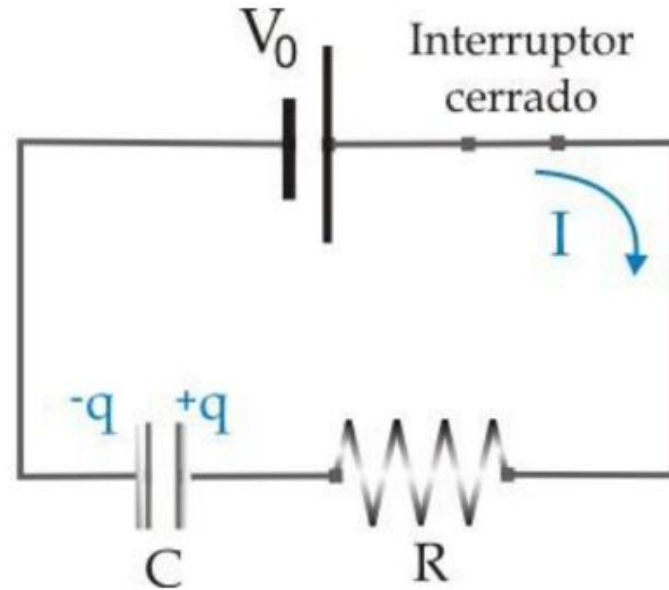
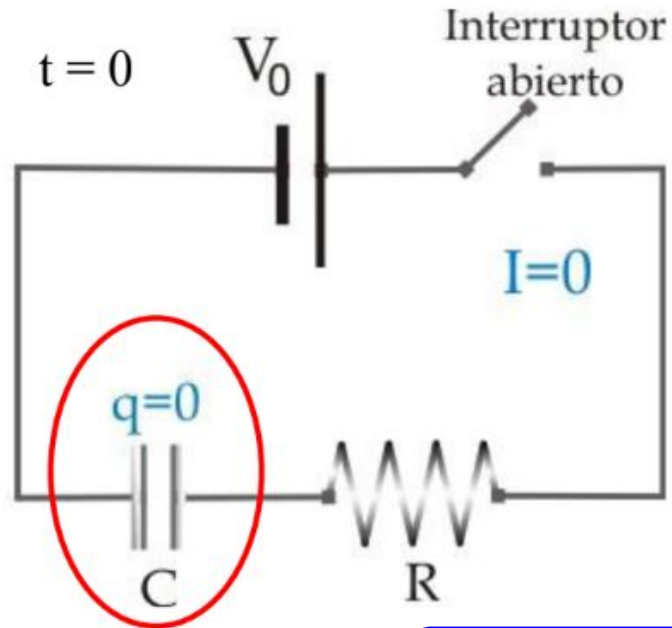
Pregunta a responder en el informe: ¿para qué usamos una R ?

Midiendo la carga y descarga



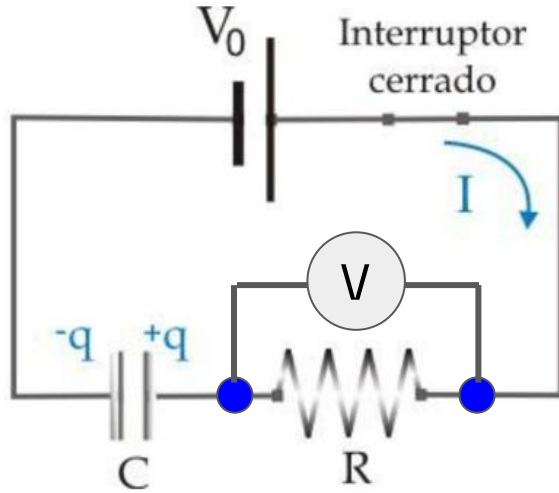
El capacitor llega a una carga final de manera exponencial

Midiendo la carga y descarga



¿Cómo podemos medir esa carga?

Midiendo sobre la resistencia



Si a $t=0$ prendo la batería:

$$\Delta V_R = V_0 e^{-t/\tau}$$

$\tau = RC$ es el tiempo característico del circuito

El voltaje en la resistencia **tiende a cero**. Es decir, primero hay corriente que carga el capacitor y luego la corriente se hace cero.

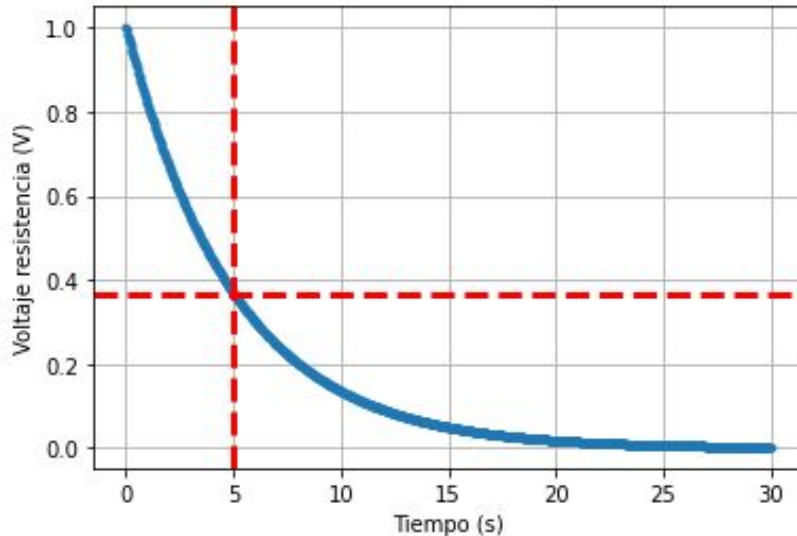
$$[R] \cdot [C] = \Omega \cdot F = s$$

Midiendo sobre la resistencia

$$\Delta V_R = V_0 e^{-t/\tau}$$

$\tau = RC$ es el tiempo característico del circuito

τ

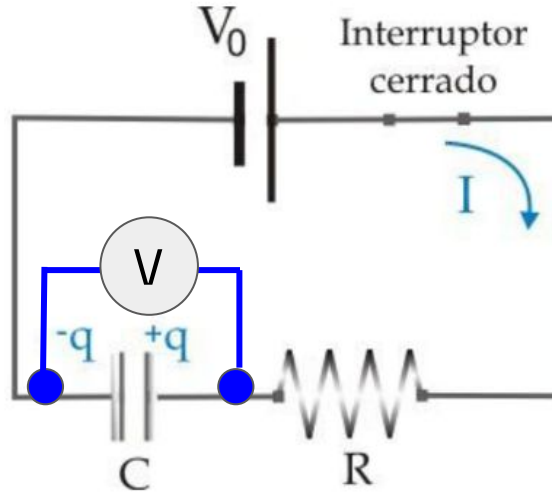


El tiempo característico es el lugar donde la curva decae al 36% de su valor, es decir, a $V_0 e^{-1}$

Hay un transitorio que dura del orden de τ en donde el voltaje es no nulo. En el estacionario, es cero

Midiendo sobre el capacitor

Si ahora vemos el voltaje **del capacitor** en el tiempo:



$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$

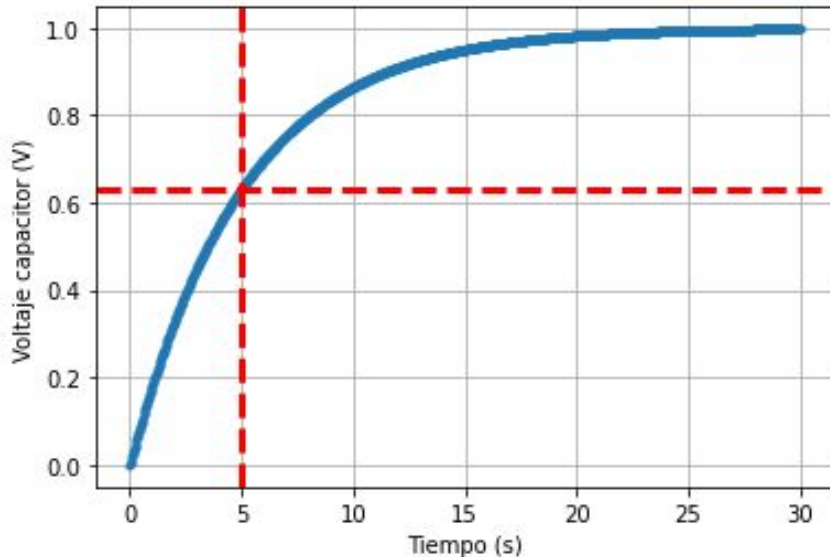
Midiendo sobre el capacitor

$$Q = C \cdot \Delta V$$

$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$

τ

$$\tau = RC$$

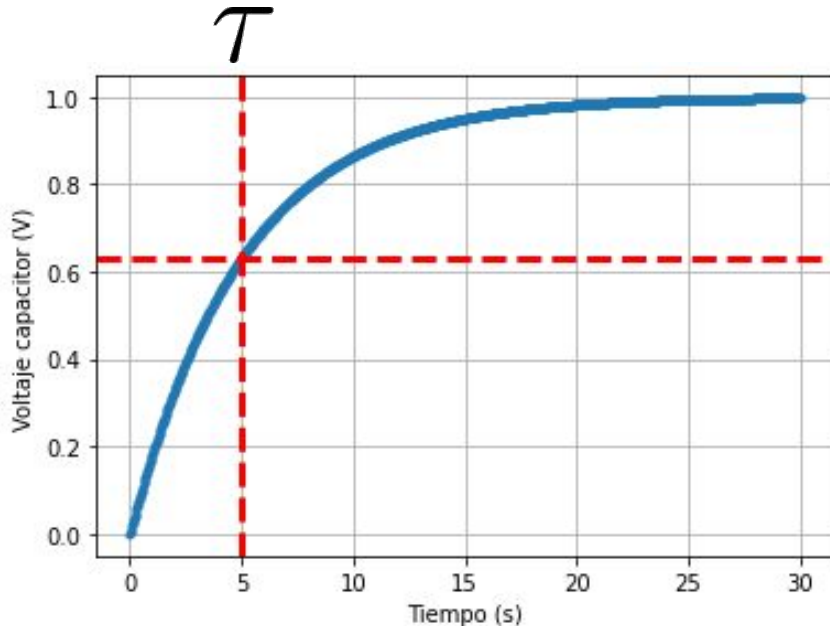


- El voltaje es proporcional a la carga (inicialmente descargado)
- A tiempos grandes el capacitor termina teniendo toda la caída de potencial de la pila, y queda cargado
- El tiempo característico es el tiempo que tarda en cargarse al 63%

Lo pueden estimar con la capacidad y la resistencia, y elegir sabiamente para que sean tiempos medibles

Midiendo sobre el capacitor

$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$



Ejemplo: una resistencia de $1 \text{ k}\Omega$ y un capacitor de $2 \text{ }\mu\text{F}$ nos dan un tiempo característico de:

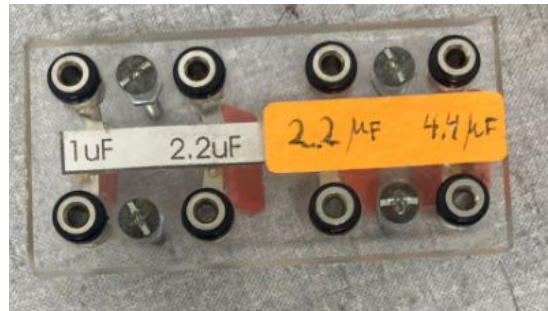
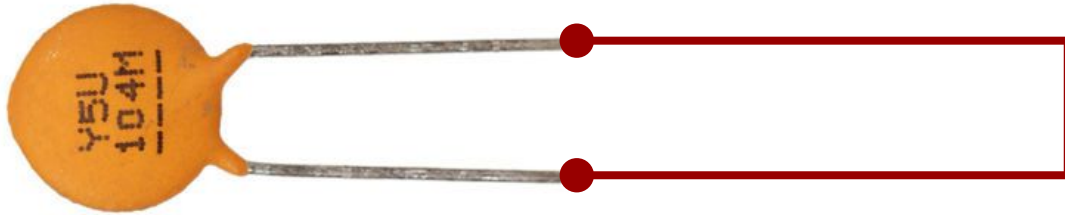
$$1 \text{ k}\Omega \times 2 \text{ }\mu\text{F} = 1 \cdot 10^3 \text{ }\Omega \times 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2 \text{ ms}$$

Siempre hacer este cálculo antes de medir para saber los tiempos característicos del circuito

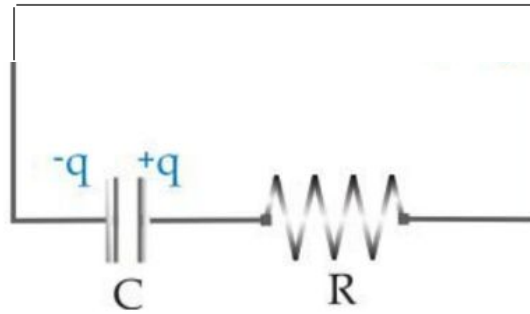
Precaución: si el capacitor está cargado y lo desenchufan, queda cargado. Y si lo tocan, puede descargarse y pasar corriente por ustedes o por un multímetro y quemarlo. ¡Siempre descargar un capacitor antes de manipularlo!

Con un cable, conectar sus dos patas entre sí



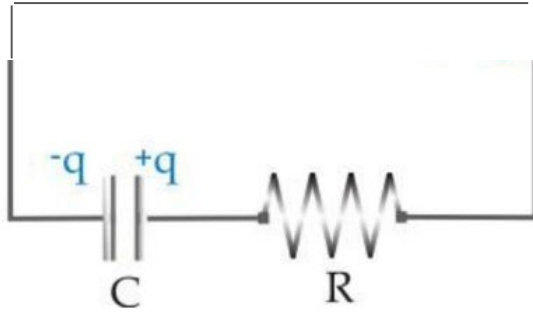
Descarga de un capacitor

¿Qué pasa si apago la pila una vez que el capacitor se cargó?



Por ejemplo, poniendo $V=0$ o sacándola y poniendo un cable

Descarga de un capacitor

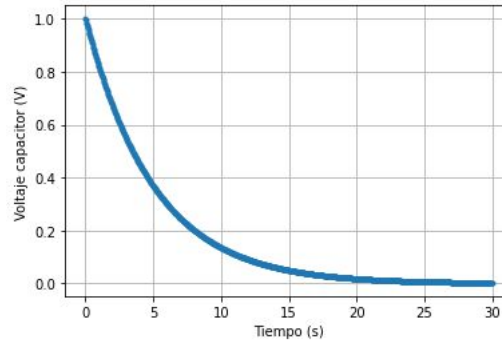


Al haber solo dos componentes vale que:

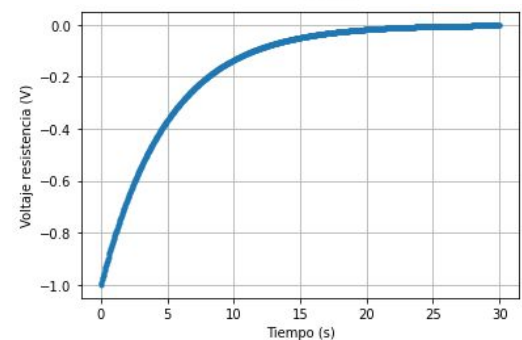
$$\Delta V_C = -\Delta V_R$$

La carga del capacitor empezará a circular generando una corriente, que irá reduciéndose al ir frenando en la resistencia

$$\Delta V_C$$



$$\Delta V_R$$



Tienen comportamientos opuestos y ambas van eventualmente a cero

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

- Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga
- Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

- Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga: **generador de funciones**



Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Tres formas: cuadrada, triangular, sinusoidal

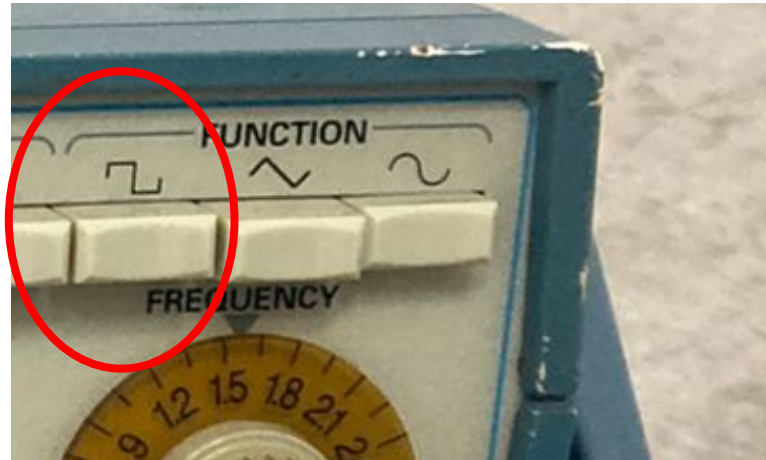


Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

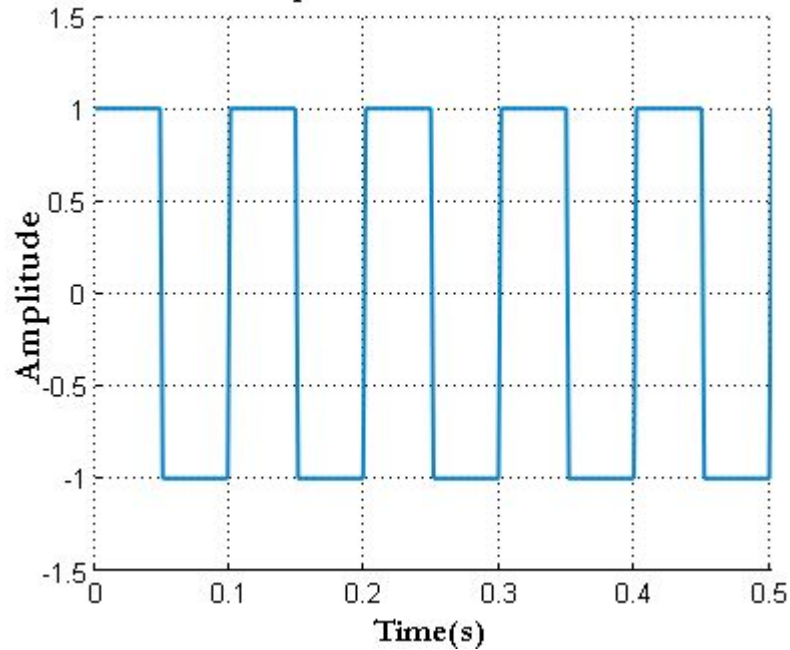
Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

La cuadrada nos servirá para prender y apagar un voltaje si se configura que vaya de 0 V a 5 V, por ejemplo



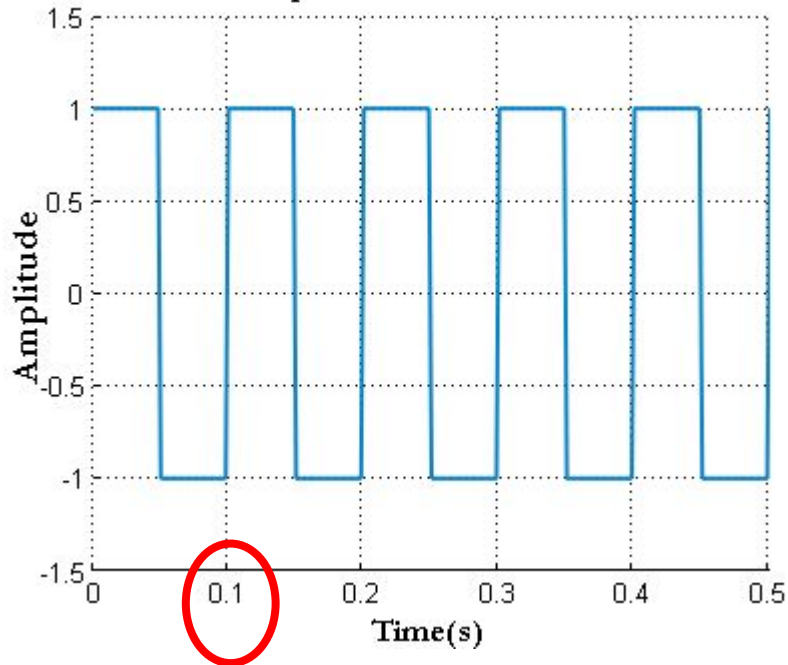
Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

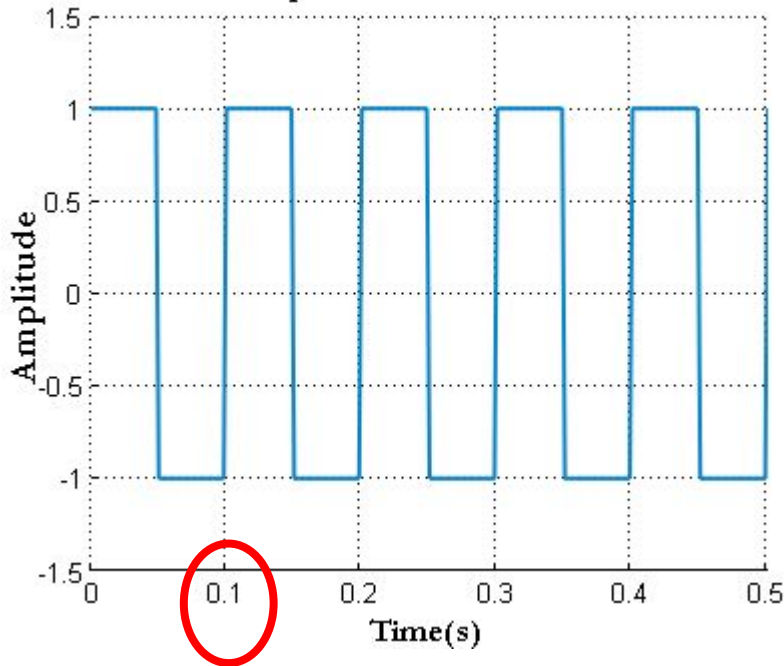


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**

$$T = 0.1 \text{ s}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

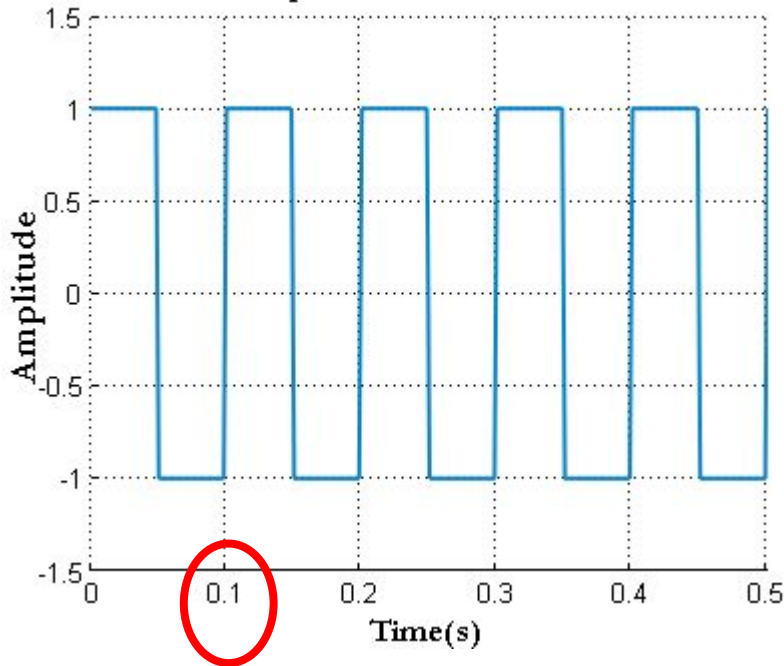


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**
- Podemos calcular la **frecuencia** de la señal como:

$$f = 1/T : [f] = \frac{1}{s} = \text{Hz}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

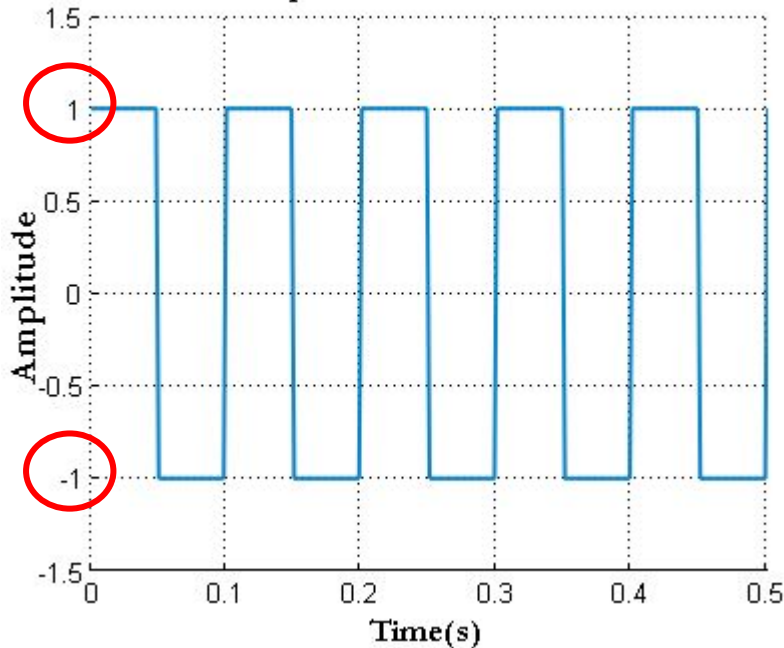


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**
- Podemos calcular la **frecuencia** de la señal como:

$$f = 1/T = 10 \text{ Hz}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



- La **amplitud** de la señal es:

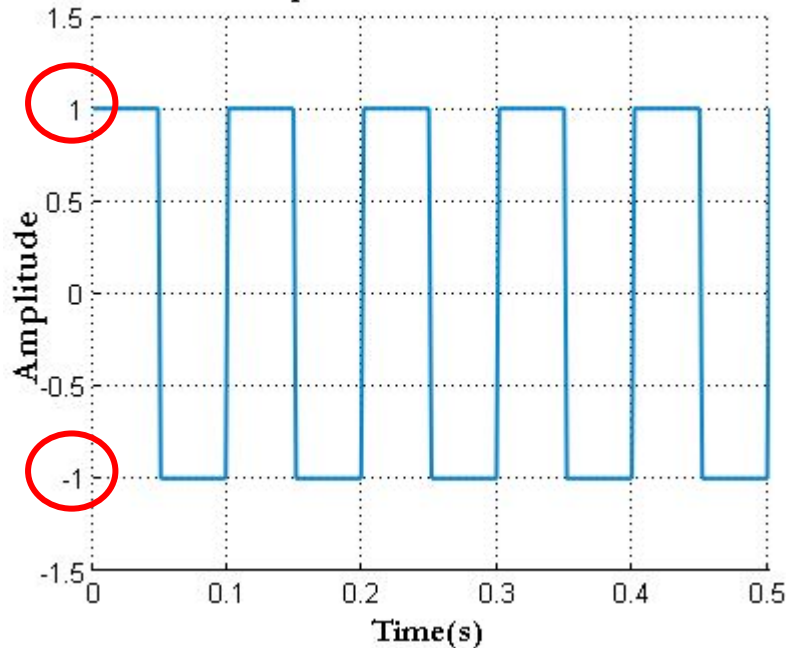
$$Amp = \frac{V_{max} - V_{min}}{2}$$

en este caso, es:

$$Amp = \frac{1 V - (-1 V)}{2} = 1 V$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



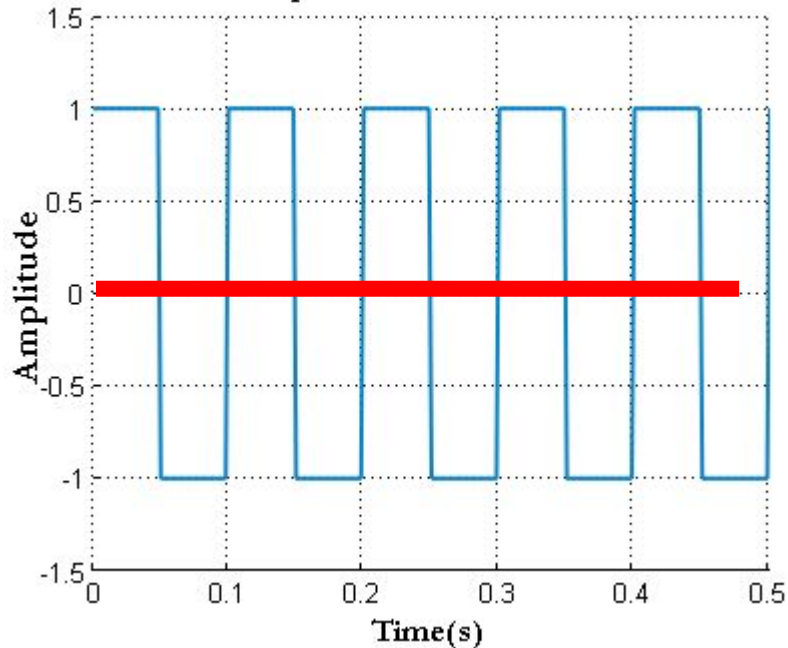
- La **amplitud pico a pico (pp)** de la señal es:

$$Amp_{pp} = V_{max} - V_{min}$$

¿Cuánto es en este caso?

Generador de funciones

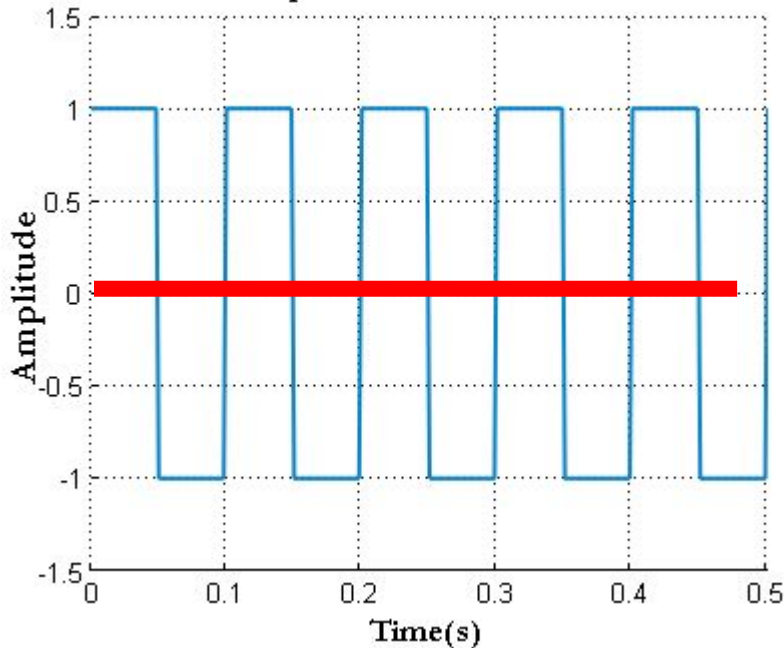
Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



- El **offset** de la señal es su valor medio. En este caso es 0 V. Pero se puede modificar.

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



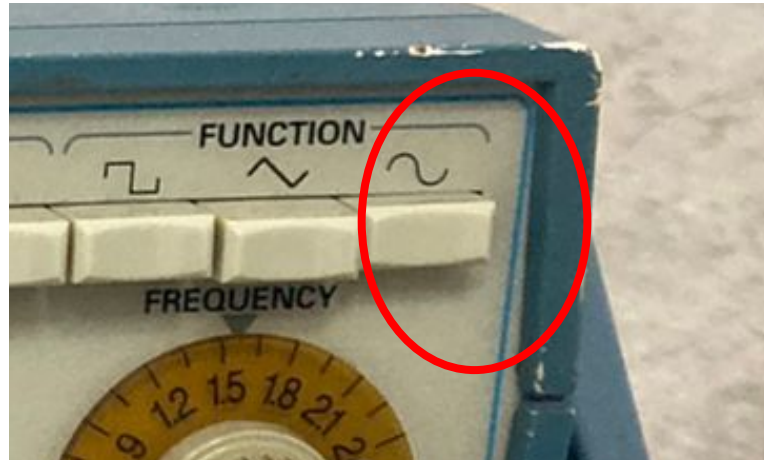
- El **offset** de la señal es su valor medio. En este caso es 0 V. Pero se puede modificar.

¿Qué pasaría si a la señal le agrego un offset de 1 V?

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

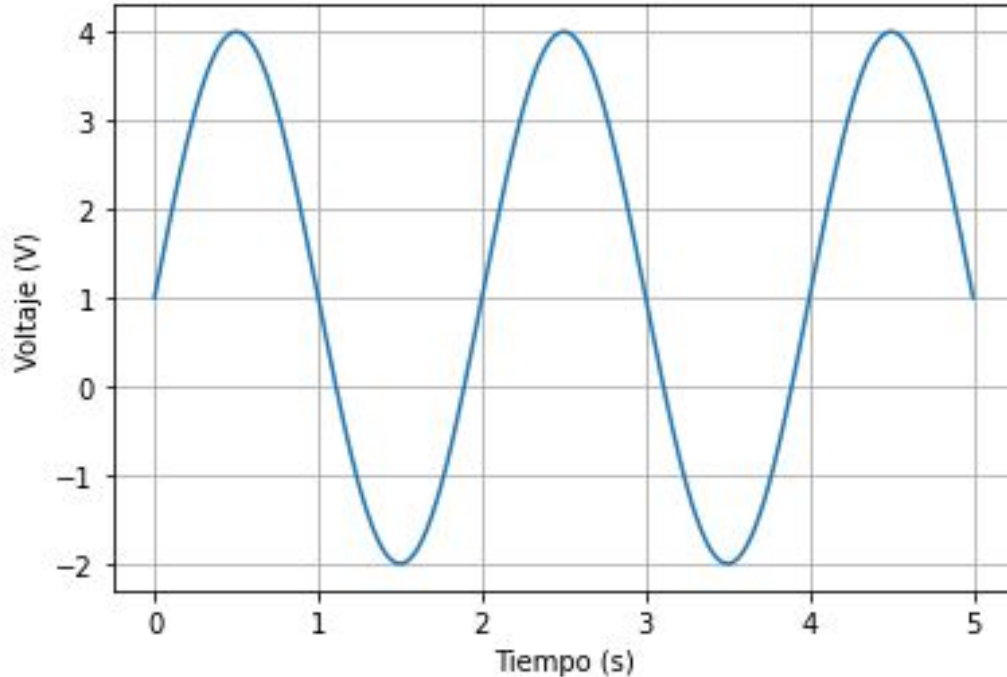
Tres formas: cuadrada, triangular, **sinusoidal**



La sinusoidal nos servirá para alimentar el circuito con una señal y ver su respuesta

Generador de funciones

Tres formas: cuadrada, triangular, **sinusoidal**

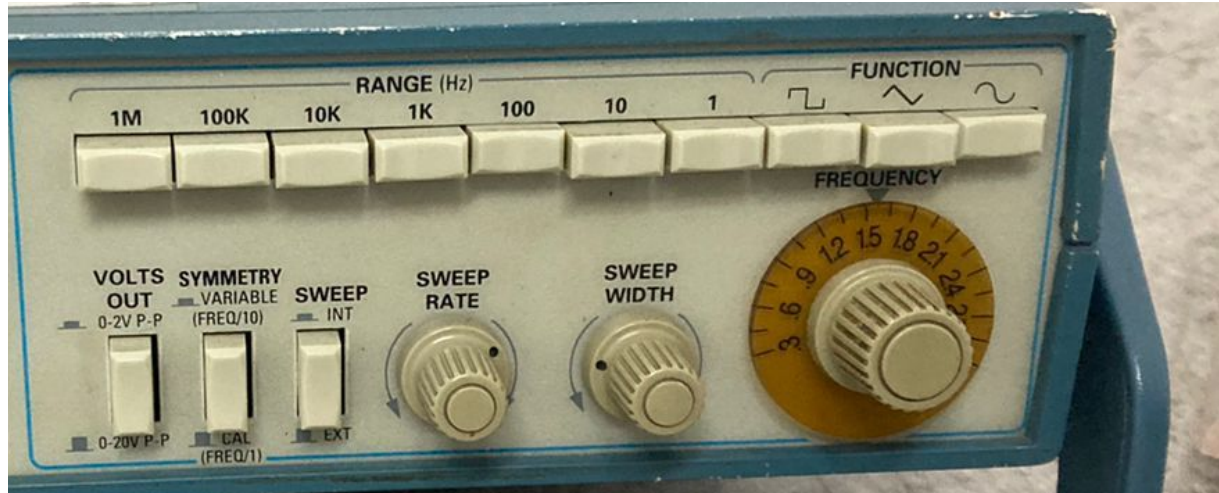


¿Qué período,
frecuencia, amplitud
y offset tiene esta
señal sinusoidal?

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Permite seleccionar la frecuencia de la señal



Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Permite seleccionar la amplitud y offset de la señal



Se saca para afuera antes de modificar

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Aquí está el
output de la
señal



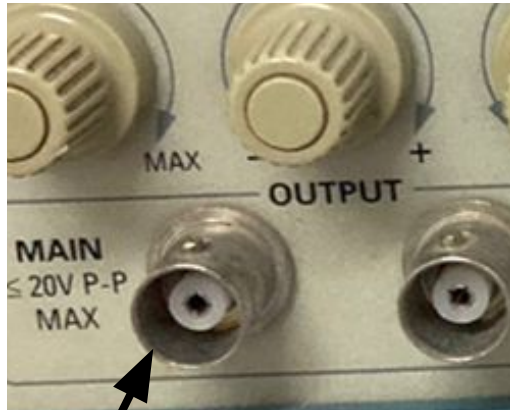
Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC



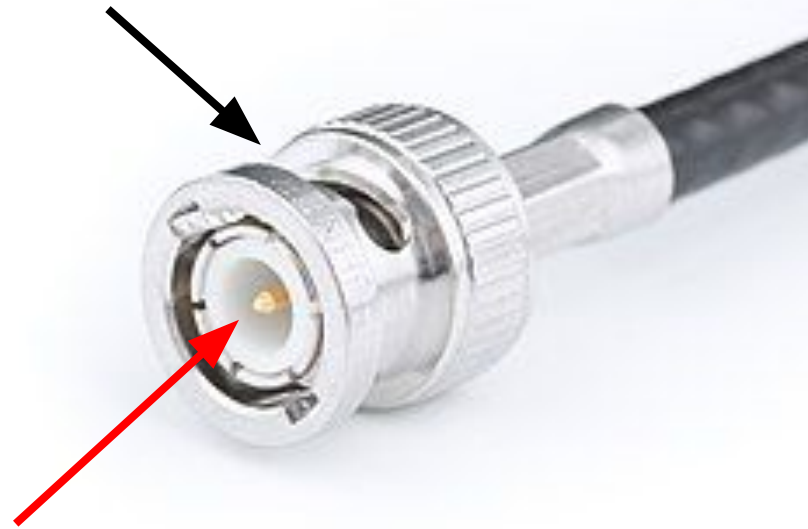
Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC



La parte metálica es **tierra** (0 V)

Negativo, y además, será **tierra** (llevará 0 V)



Positivo

Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC

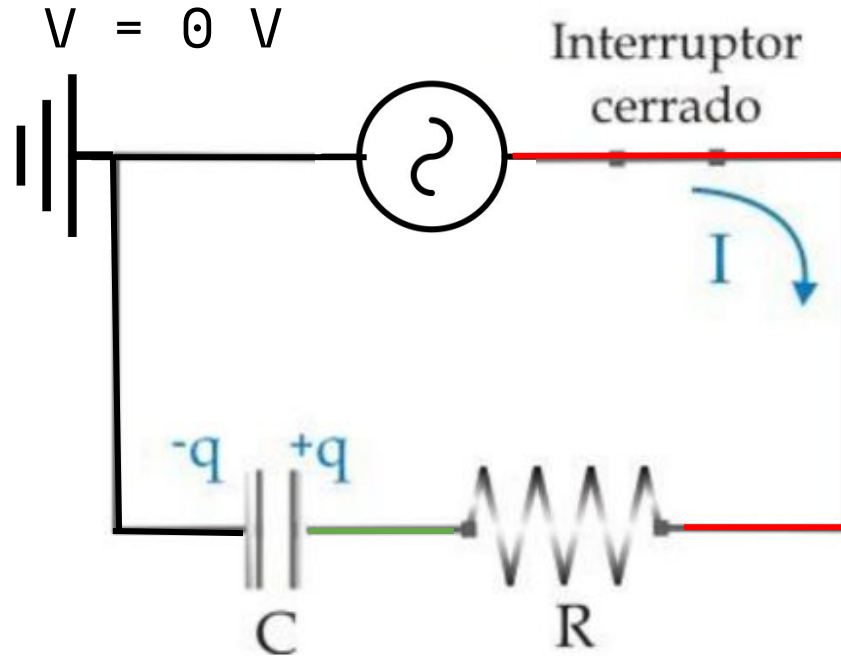
IMPORTANTE: el negativo de la fuente siempre estará a tierra, es decir, a 0 V. Por ende, siempre hay que enchufarlo con otras tierras y nunca a un punto con voltaje

Negativo, y además, será **tierra** (llevará 0 V)

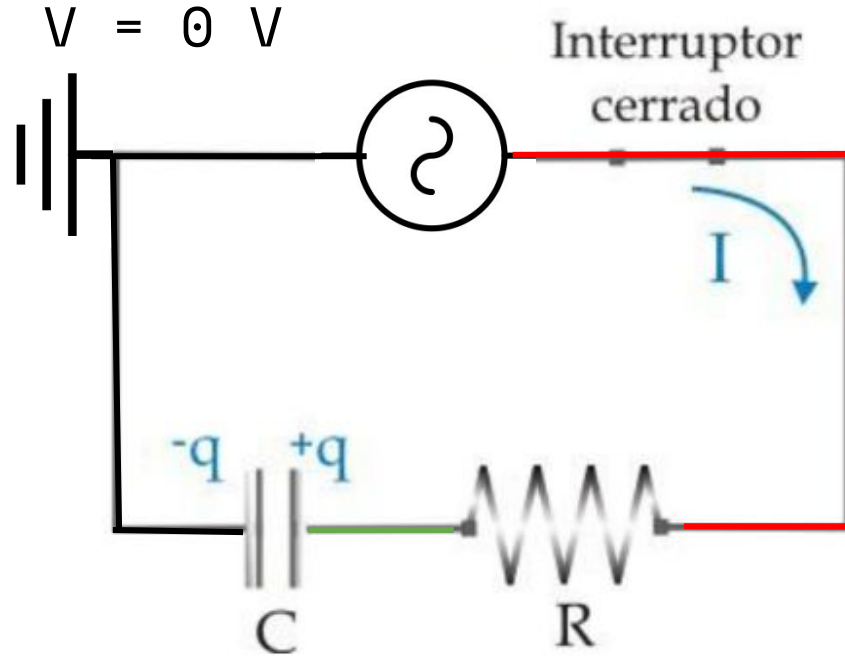


Positivo

Generador de funciones




Generador de funciones



Cualquier otra cosa que conectemos que tenga un BNC, va a tener que ser conectada negativo con negativo

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

 Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga

- Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:



Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga



Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

1)



Sólo sirve si los tiempos característicos son altos y tendríamos que sincronizarlo con la fuente.

Midiendo la carga y descarga

2) SensorDAQ



Midiendo la carga y descarga

SensorDAQ

Es una placa de adquisición de señales

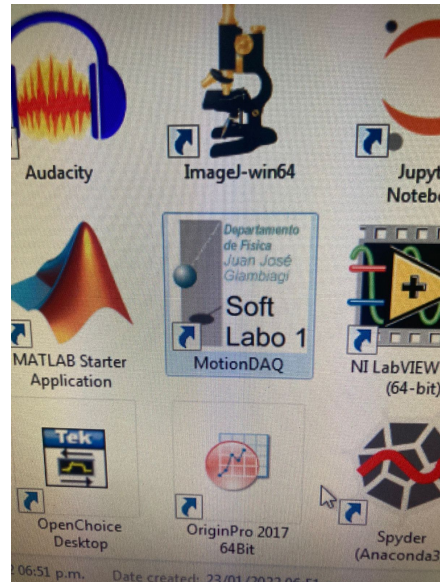
Tiene 3 canales a los cuales se le pueden conectar instrumentos de medición, o bien, medir voltajes

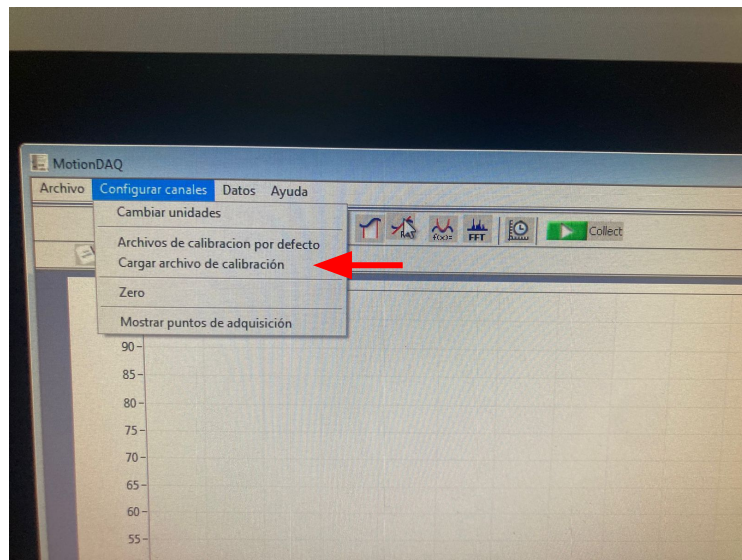
Se conecta a la PC y tiene un software que lee los 3 canales



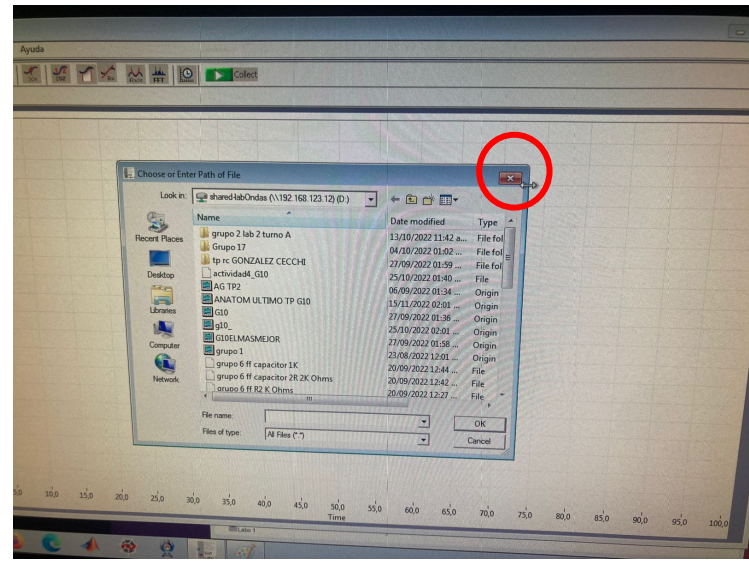
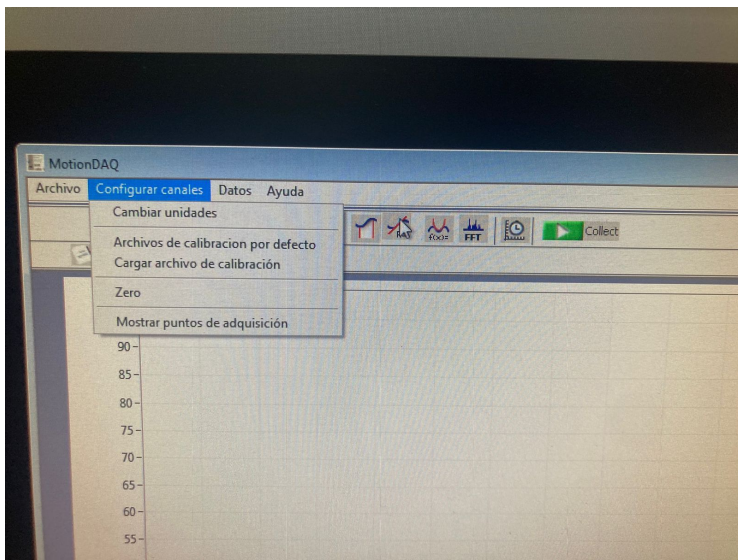
SensorDAQ

Tiene un software propio (Windows) para configurar la adquisición en tiempo real

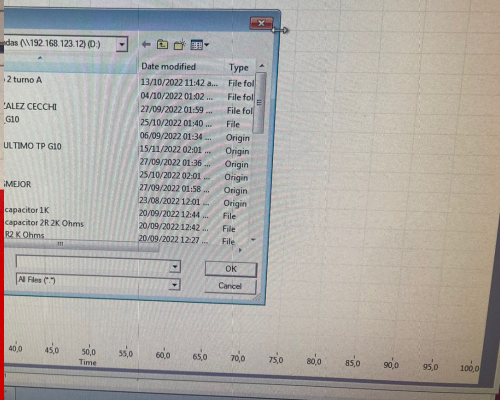
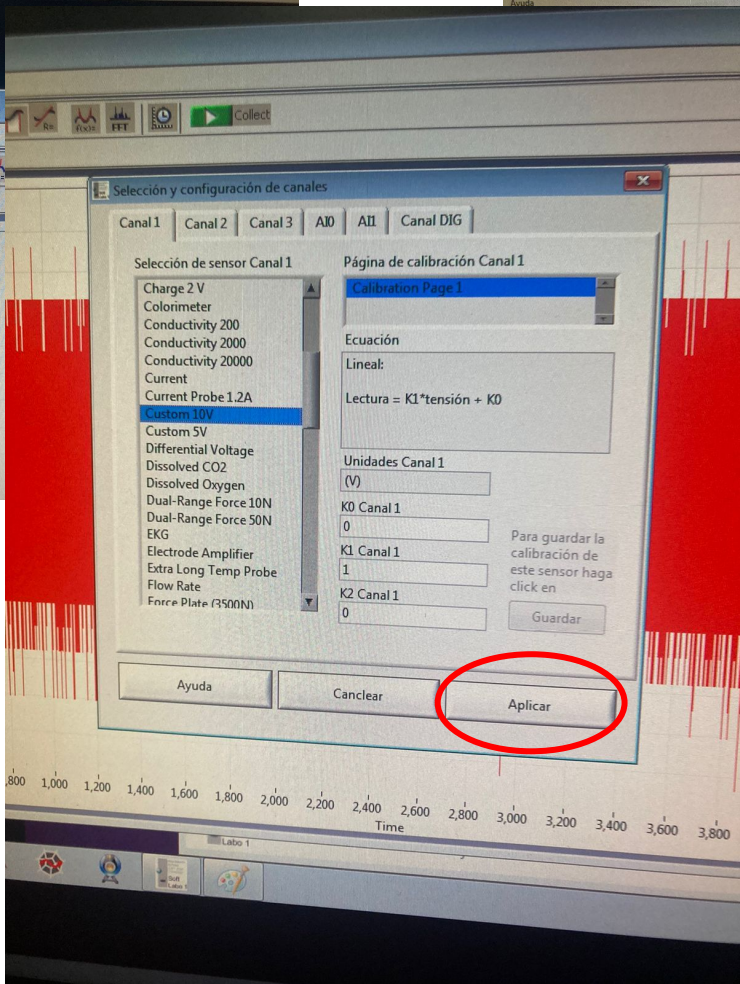
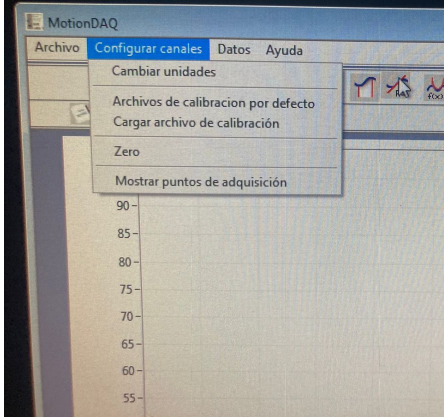




Primero clicar acá

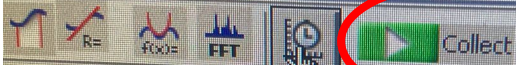


Luego cerrar esa ventana (si, cerrarla)

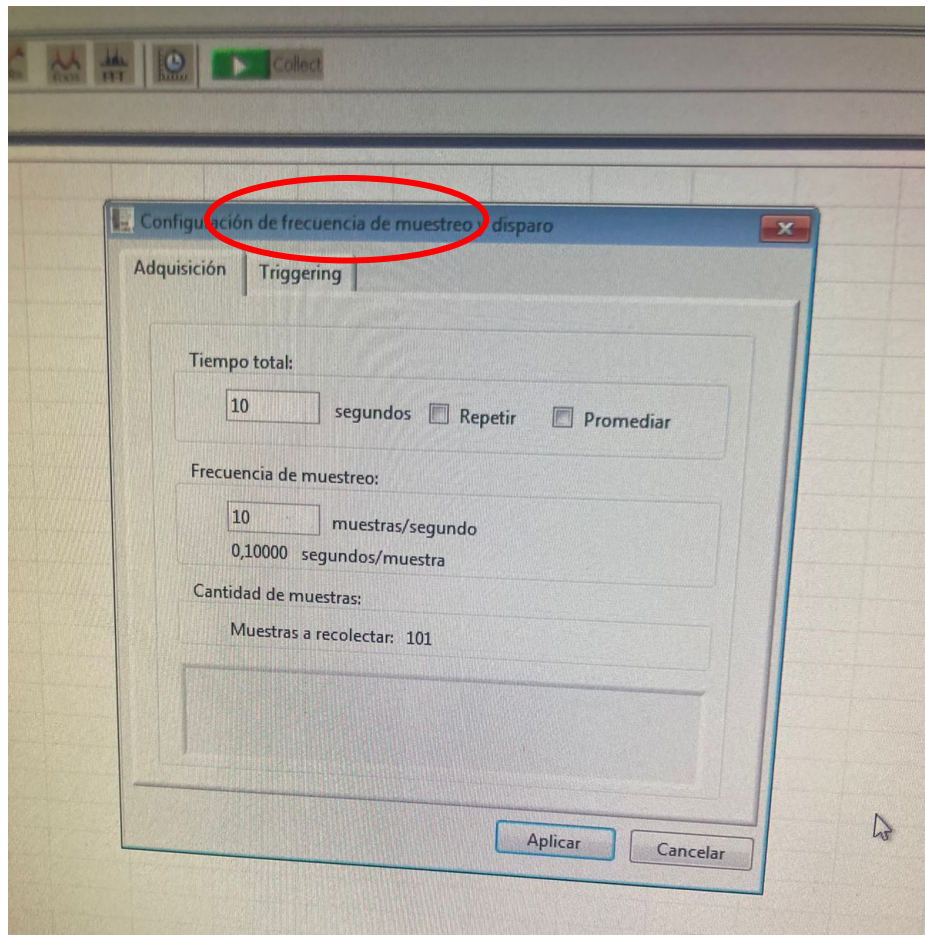
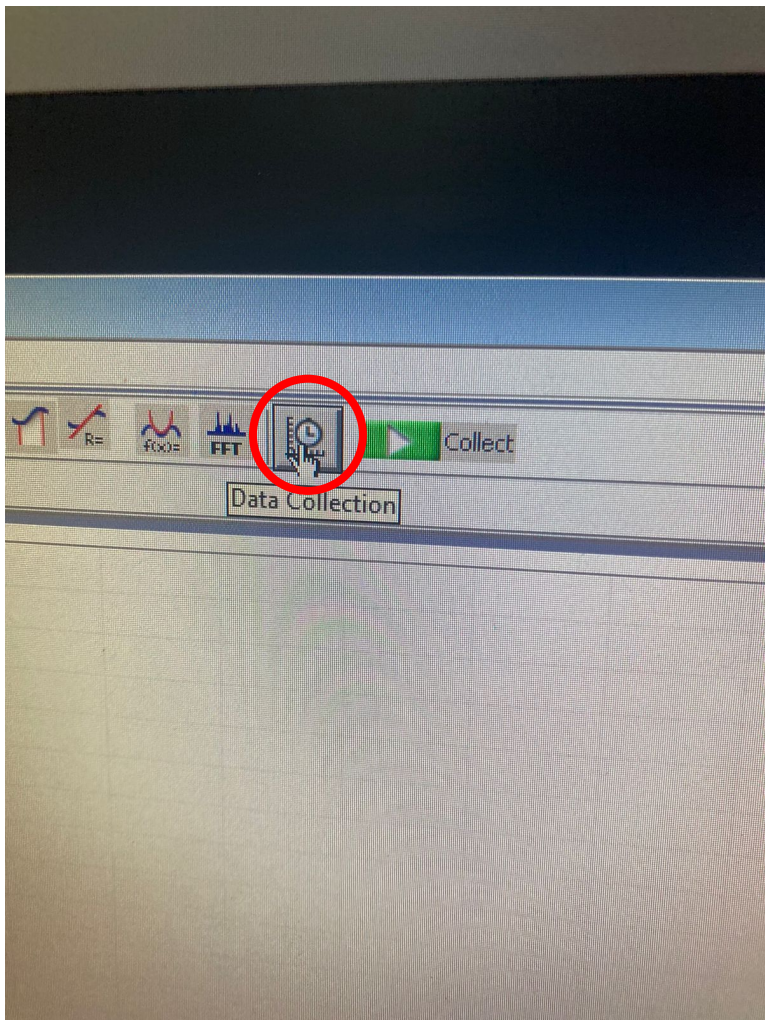


Elegir custom 10 V y poner aplicar

Este botón inicia la medición



Data Collection

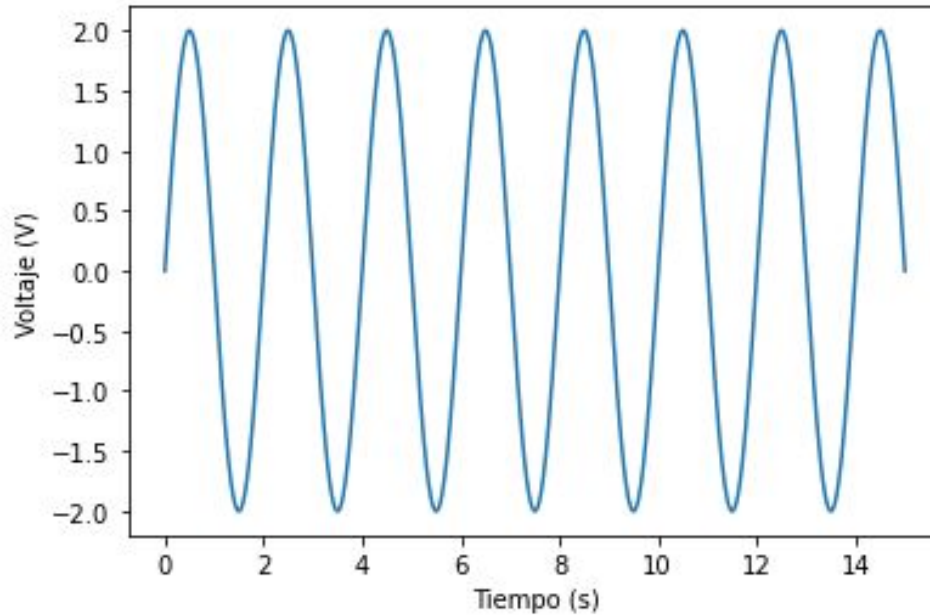


SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

Señal a adquirir:



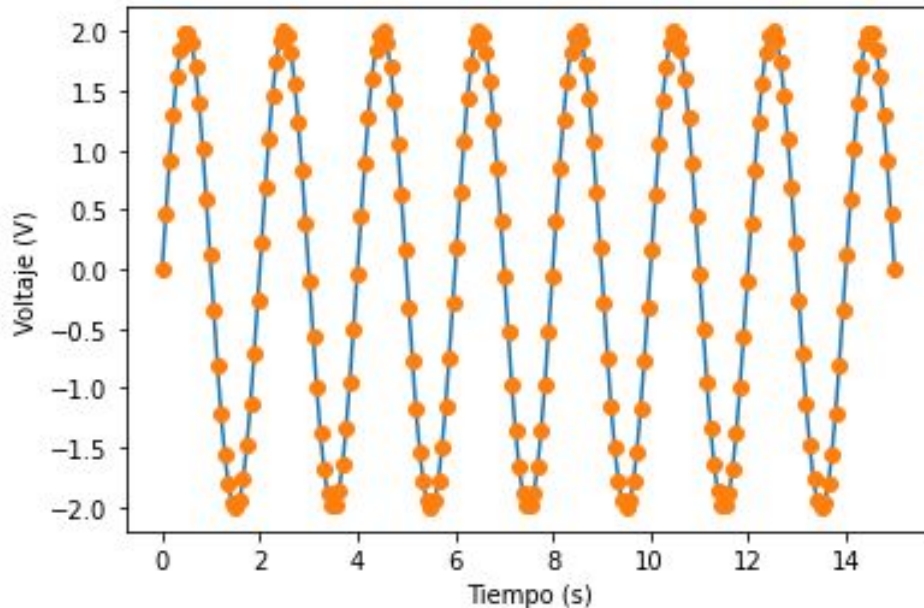
$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 0.075 segundos de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

$$f_s = \frac{1}{0.075 \text{ s}} = 13 \text{ Hz}$$

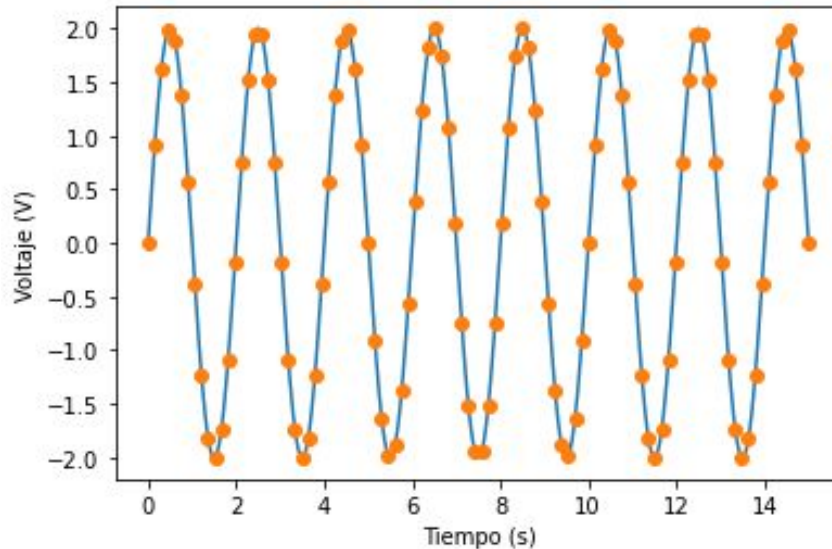
Es decir, mide 13 veces por segundo

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 0.150 segundos de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

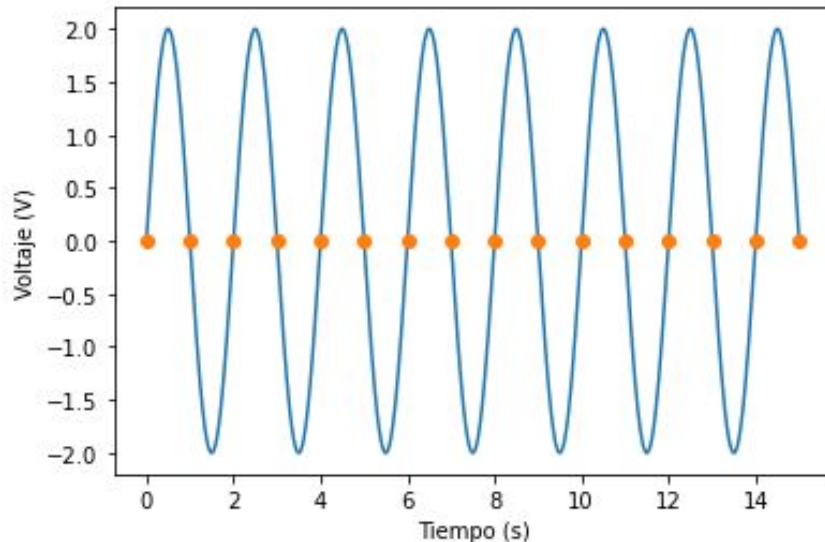
$$f_s = \frac{1}{0.150 \text{ s}} = 6.6 \text{ Hz}$$

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 1 segundo de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

$$f_s = \frac{1}{1 \text{ s}} = 1 \text{ Hz}$$

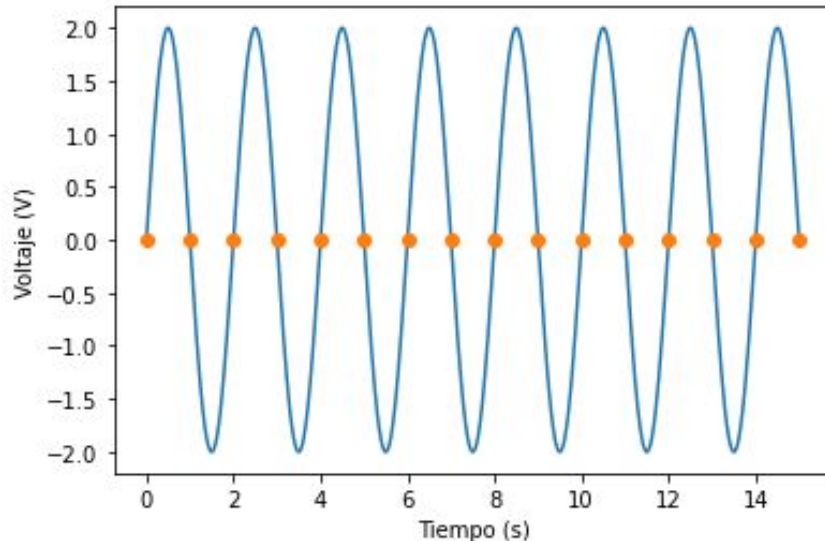
SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:

$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$



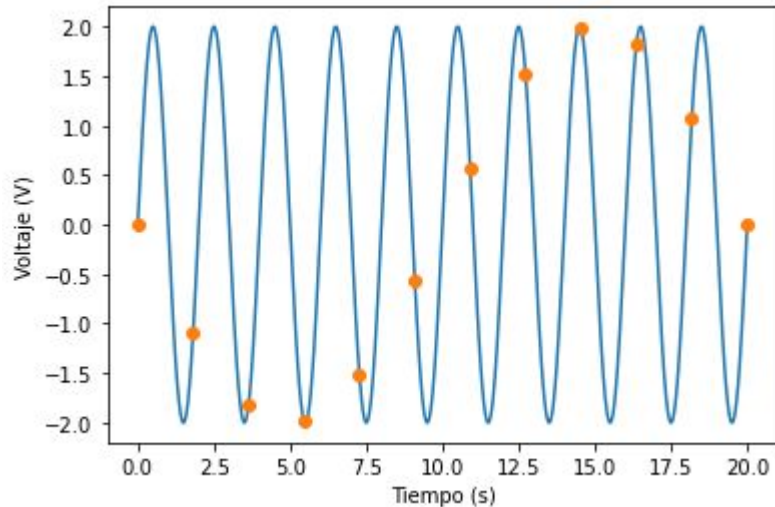
Estoy midiendo siempre cero y pareciera que no hay señal pero sí la hay! Estoy “subsampling” la señal

SensorDAQ



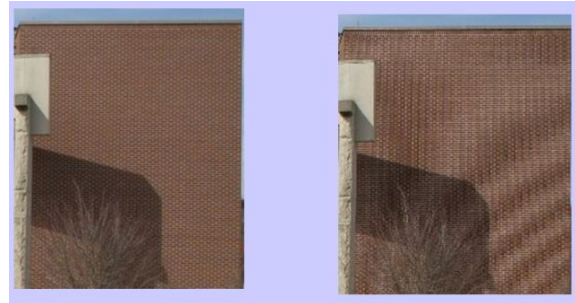
Frecuencia de muestreo

Podría pasar un caso en donde f_s es parecido a f_{exp} :



¡Estaría midiendo una señal con una frecuencia que no es la real!

Este fenómeno se llama **aliasing**



SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

Criterio de Nyquist para frecuencia de muestreo:

La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble que la frecuencia de la señal

Preguntas a responder antes de medir:

- 1) ¿Cuál es la frecuencia de muestreo máxima de la placa?
- 2) ¿Qué frecuencia máxima pueden medir apropiadamente?

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

Criterio de Nyquist para frecuencia de muestreo:

La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble que la frecuencia de la señal

A considerar:

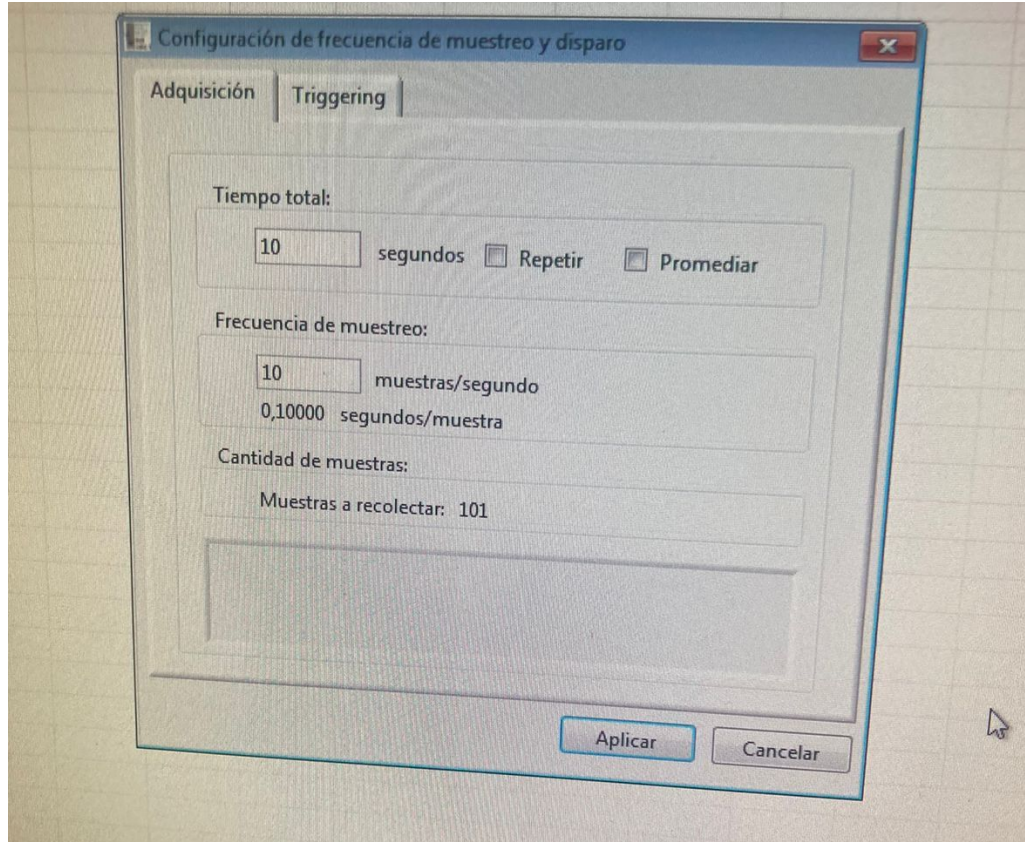
Ustedes tendrán que configurar una frecuencia de muestreo apropiada según la señal que quieran medir

SensorDAQ

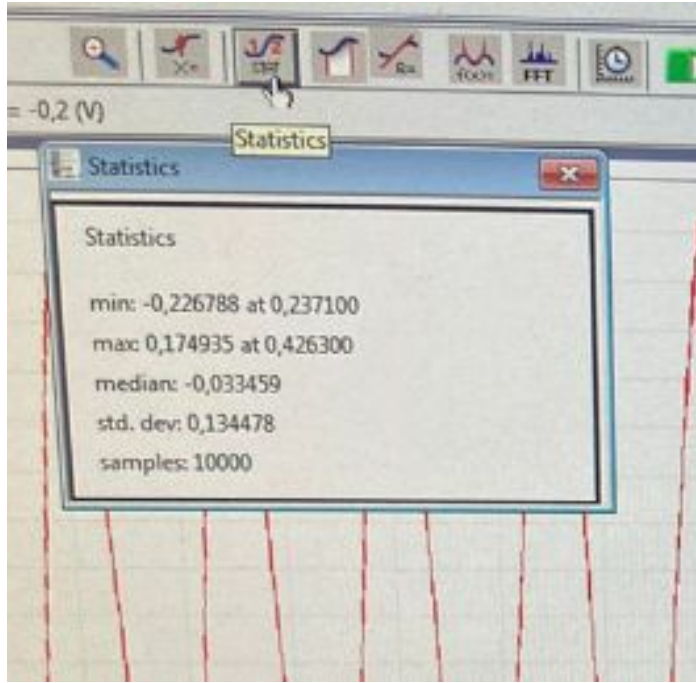


Nota para no marearse:

1 muestra/segundo = 1 Hz



SensorDAQ



Esos botones dan información de la señal para cuando quieren sacar algo particular y no toda la señal (por ejemplo, la amplitud)

SensorDAQ



Para conectar el SensorDAQ usaremos cables BNC



SensorDAQ



Para conectar el SensorDAQ usaremos cables BNC

Hay que conectar el negativo del SensorDAQ con el negativo del generador de funciones

El negativo del SensorDAQ **está a tierra**

El positivo del SensorDAQ irá entre la R y el C

Osciloscopio

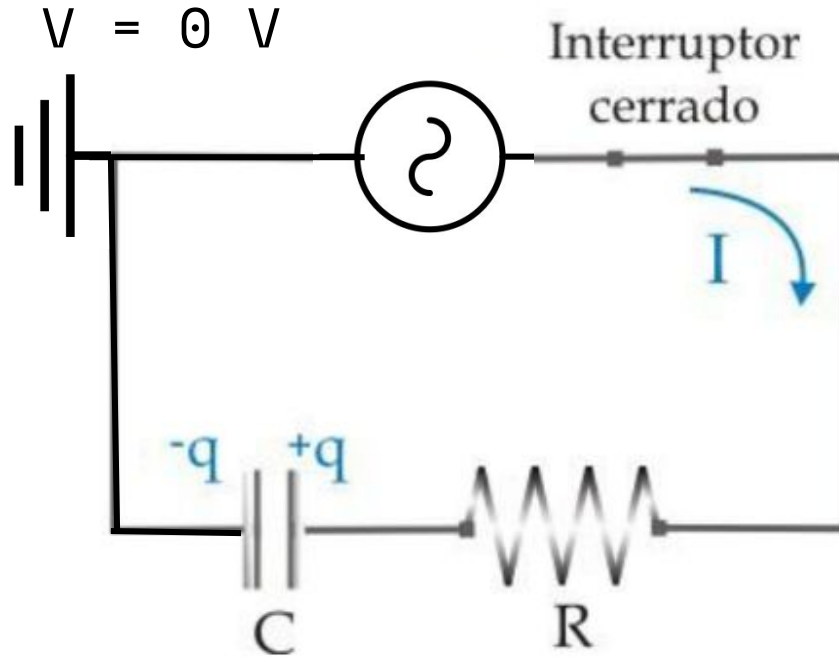


El osciloscopio se conecta igual. También su negativo es la tierra, por lo cual hay que tener los mismos cuidados.

SensorDAQ



Osciloscopio



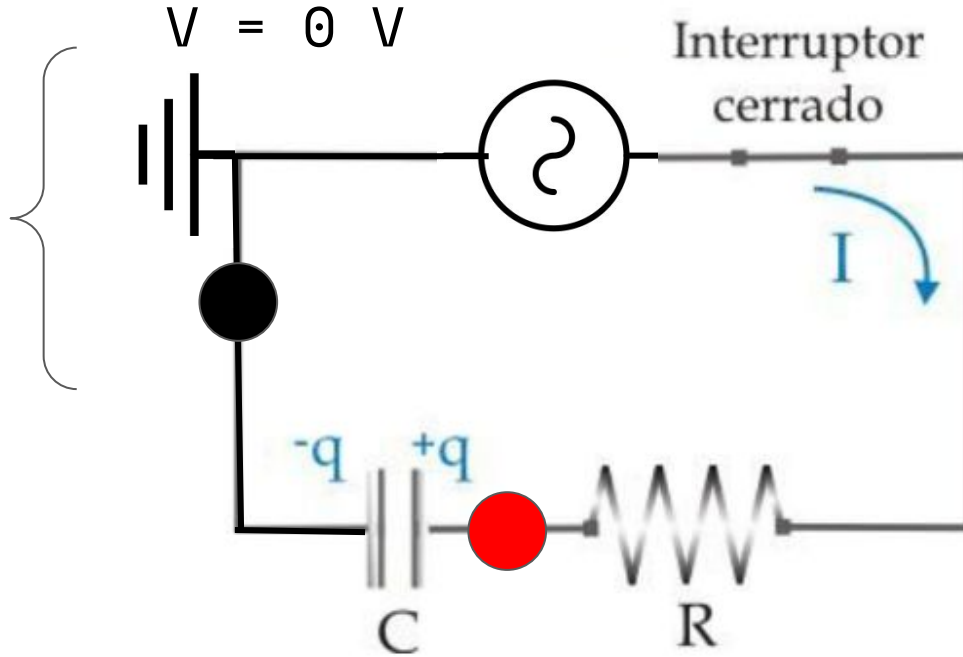
SensorDAQ



Osciloscopio



Tierra con tierra:
todo bien

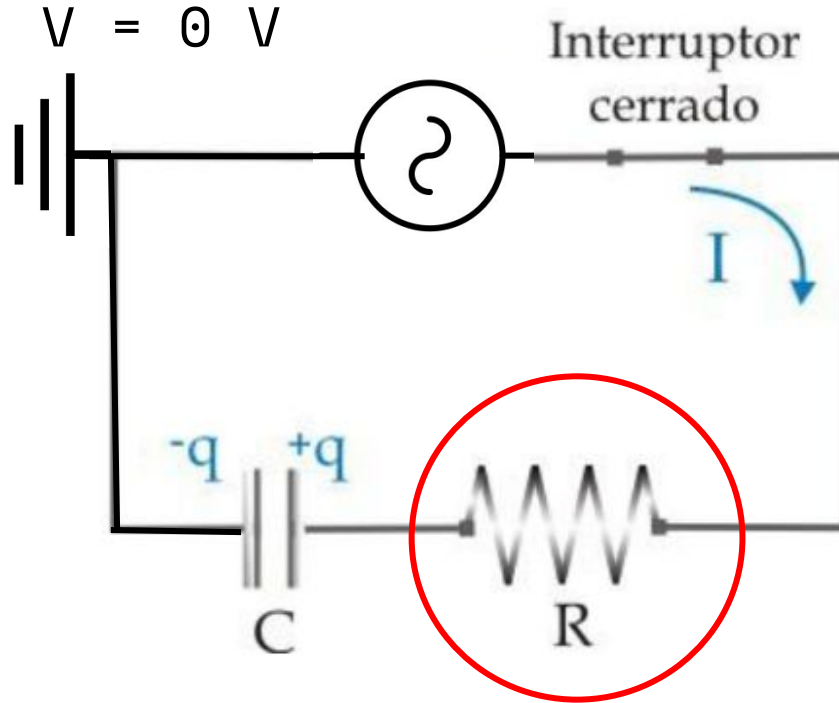
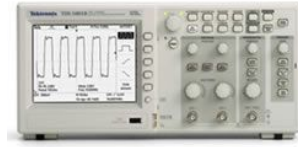


Conectado así, medirá el voltaje sobre el capacitor

SensorDAQ



Osciloscopio

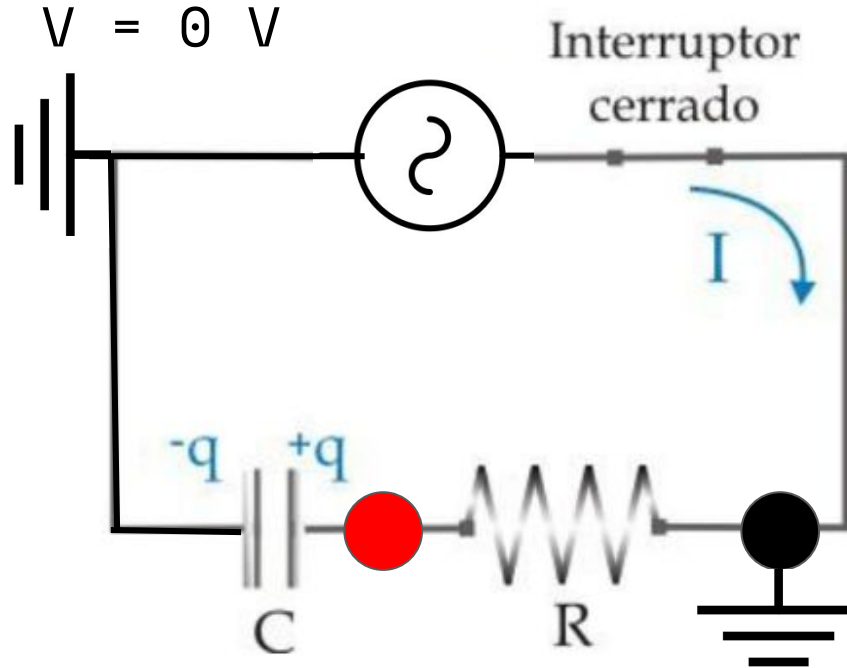


¿Cómo haría para medir el voltaje de la resistencia?

SensorDAQ



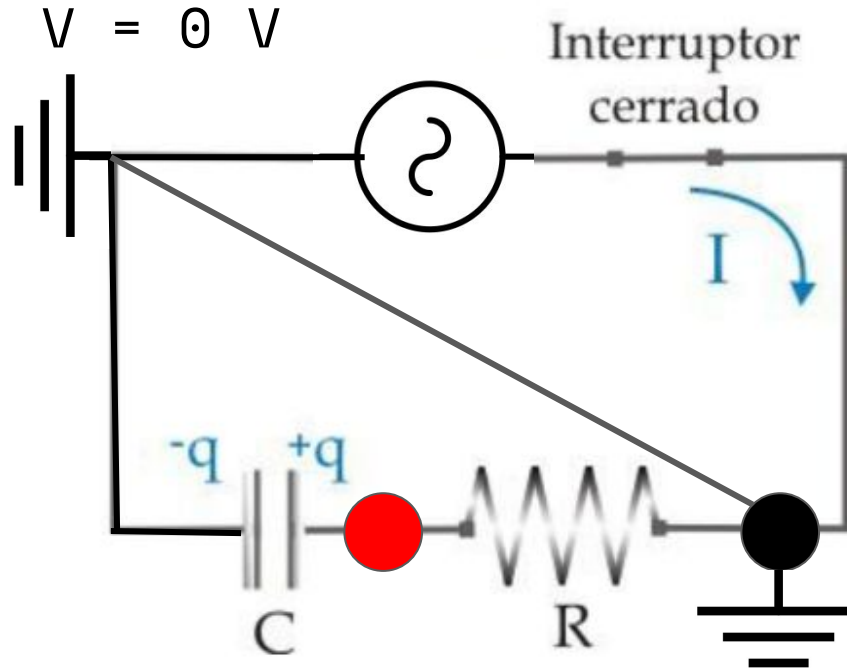
Osciloscopio



SensorDAQ



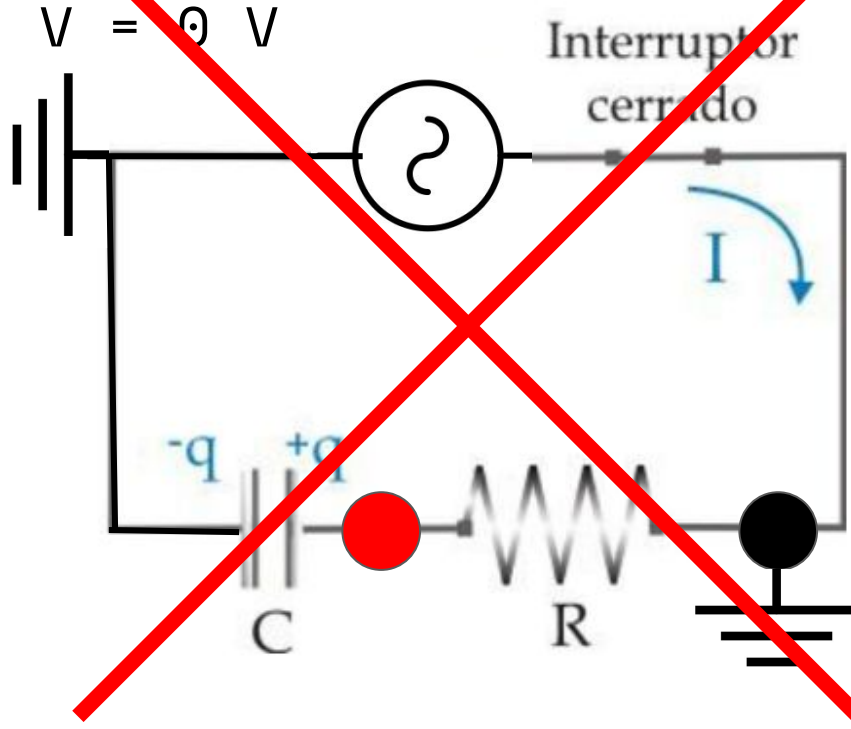
Osciloscopio



SensorDAQ



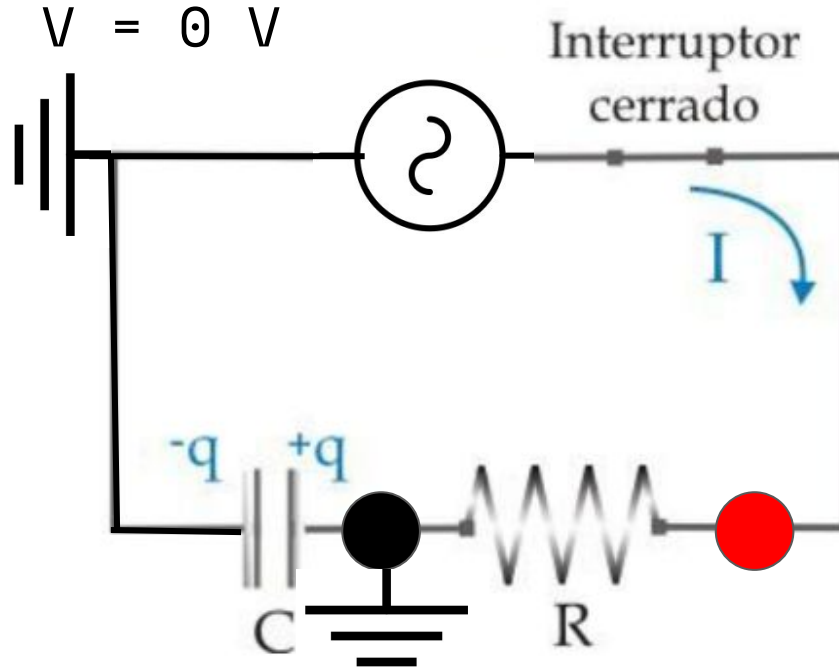
Osciloscopio



SensorDAQ



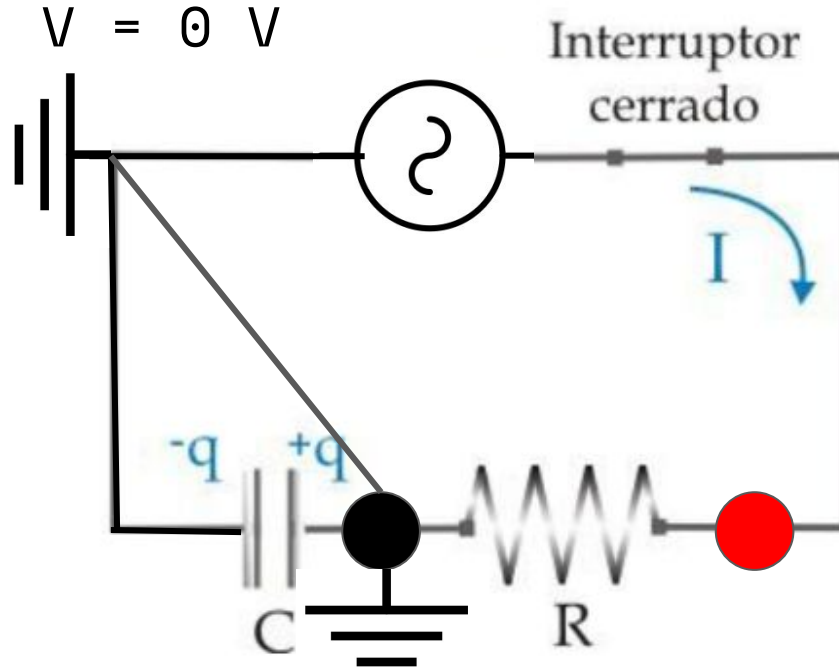
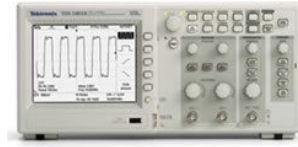
Osciloscopio



SensorDAQ



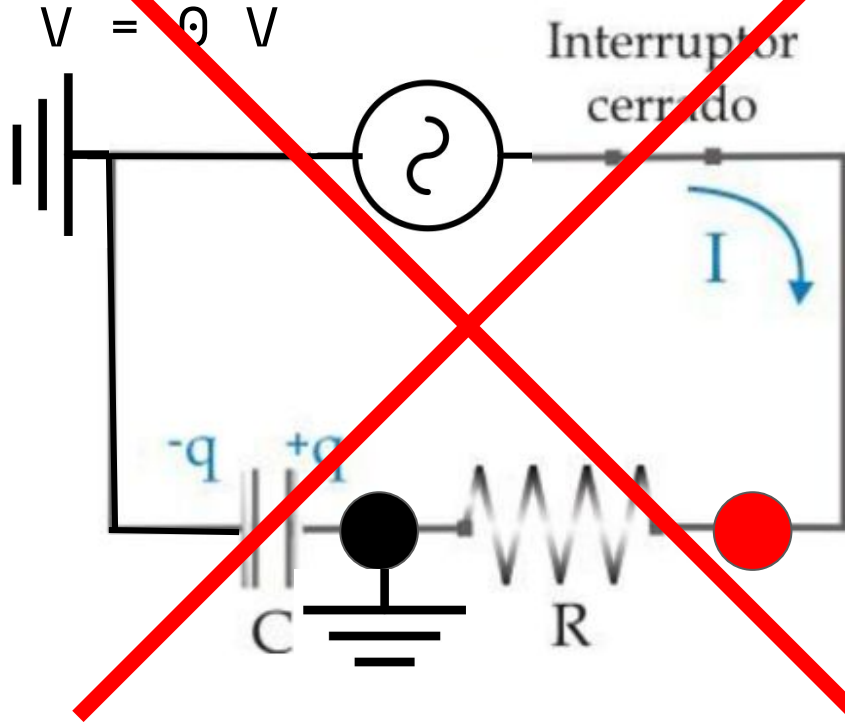
Osciloscopio



SensorDAQ



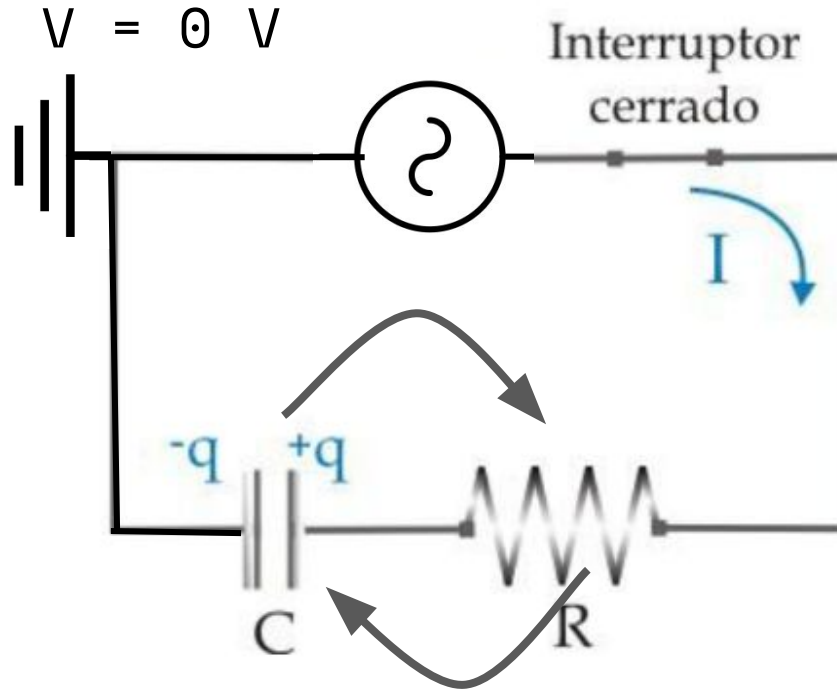
Osciloscopio



SensorDAQ



Osciloscopio



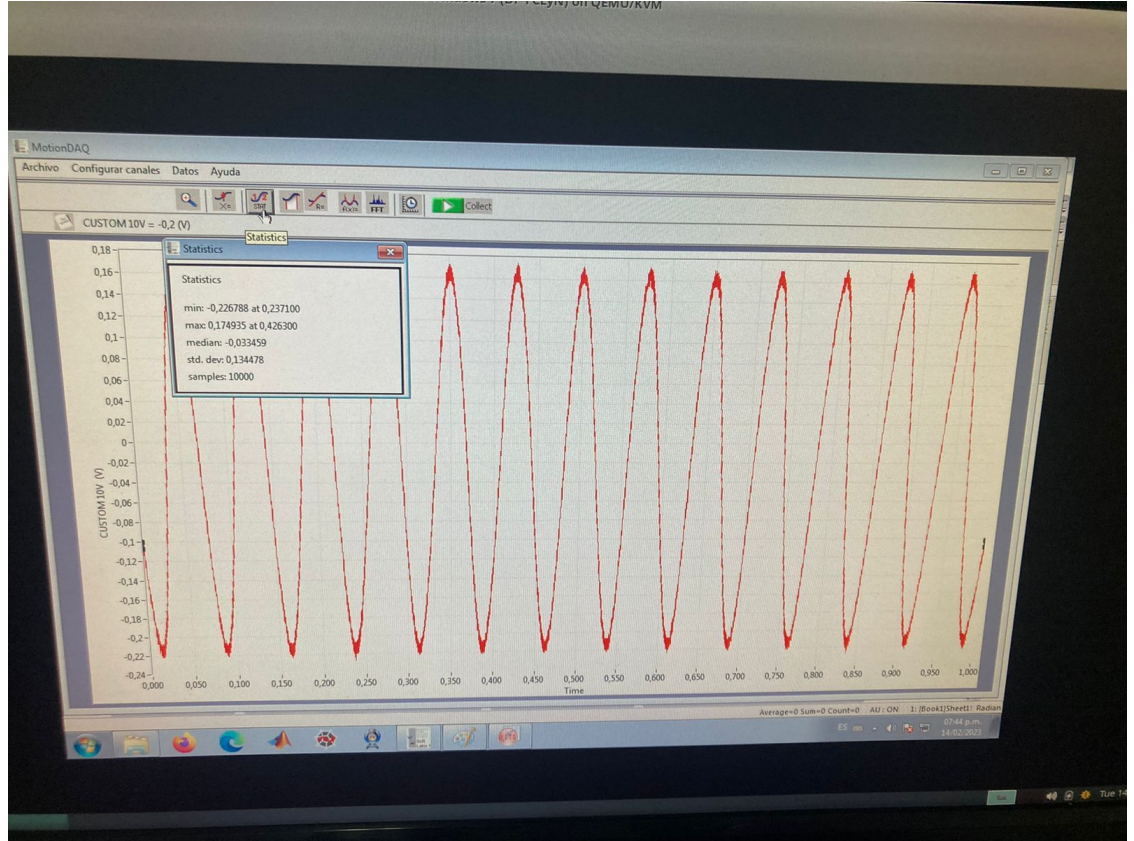
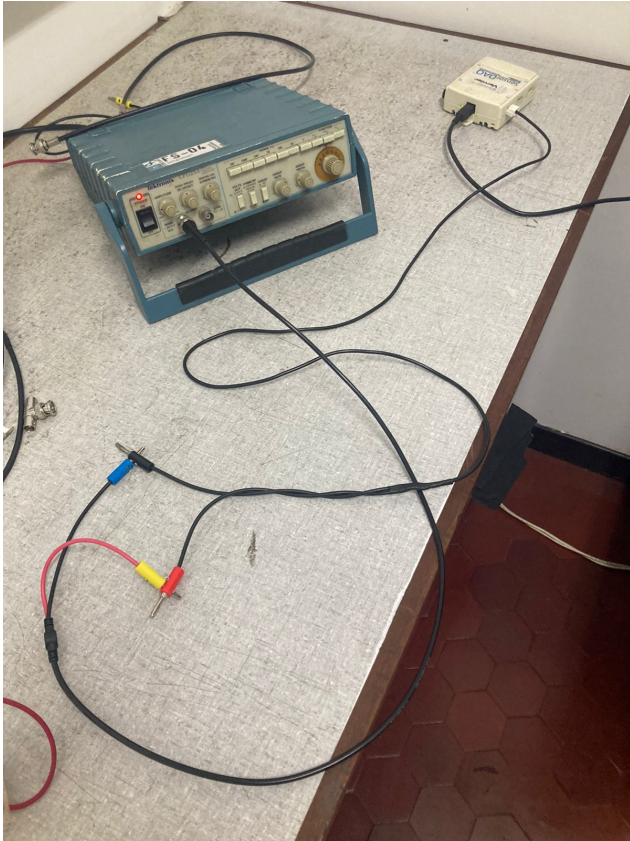
Solución facil: invierto la C y la R de lugar!

Actividad A): caracterización del instrumental

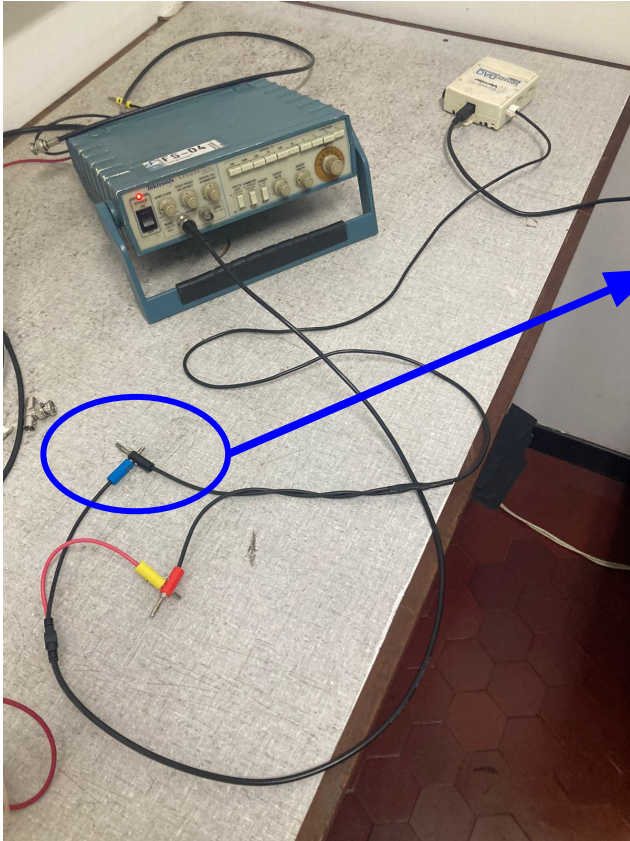
- Conectar el generador de funciones directo a la DAQ
- Adquirir 3 señales con distintos parámetros
 - Una sinusoidal con offset 0
 - Una cuadrada que vaya de 0 a 5 V
 - Una a elección
- Exportar los datos en .csv y graficarlas

Si no pueden usar DAQ hacer lo mismo con osciloscopio

Actividad A)



Actividad A)



IMPORTANTÍSIMO: como los cables negros son tierras, se conectan siempre entre sí, sino pueden cortocircuitar y dañar la fuente o mandar corriente a tierra y que salte el disyuntor

Actividad B)

- 1) Armar circuito RC. Alimentarlo con una **cuadrada** entre 0 y 5 V.
 - Calcular antes que nada el tiempo característico del circuito
 - Calcular qué período de la cuadrada les permitirá ver la carga y descarga y elegir apropiadamente la frecuencia de la señal
 - Calcular la frecuencia de muestreo apropiada para obtener la señal
 - Luego de estos cálculos, enchufar y medir.

Si la placa SensorDAQ no funciona o no logran comunicarse con ella, usen osciloscopio directamente

Actividad B)

1.1) Medir al menos **3 circuitos** con tiempos característicos distintos y ver el voltaje sobre el capacitor. Calcular los tiempos previamente. ¿Qué cambia en la medición si la señal va entre -2.5 V y 2.5 V ?

1.2) A uno de ellos, invertir R y C, medir el voltaje sobre R. Interpretar y comparar con el caso anterior. Pista: pensar en términos de la corriente del circuito.

Actividad B)

Notas preliminares:

- Luego de medir la **primera curva**, exportar los datos y levantarlos en Origin o Python.
- Graficar y ajustar con una exponencial de la forma:

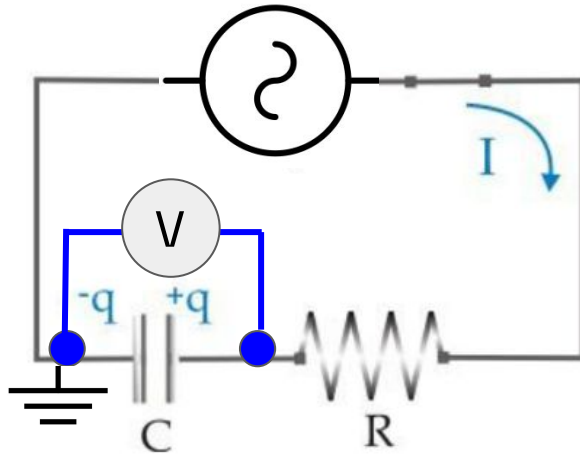
$$y = a \cdot e^{b(x-x_0)} + c$$

En Origin, es "Exponential Fit" y elegir "ExpDecay1". En python, usar `curve_fit` de `scipy.optimize` (consultar con los docentes). Obtener b , y comparar $1/b$ con el tiempo característico estimado.

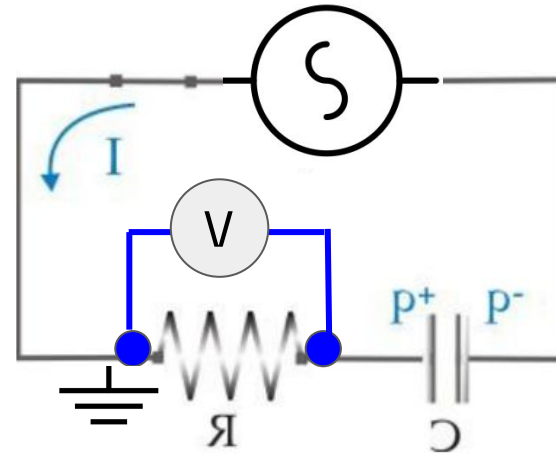
- Luego, continuar con las demás mediciones.

Actividad C): filtros de frecuencia

Circuito (a)



Circuito (b)



Para esta actividad usar OSCILOSCOPIO. Poner una T en el generador y mandar la señal al canal 1 y al circuito. En el canal 2 del osciloscopio, medir el voltaje en el capacitor/resistencia.

Actividad C): filtros de frecuencia

Alimentar el circuito con una señal **sinusoidal** sin offset de amplitud pico a pico **5 V** y ver cómo es la señal de “salida”.

- Variando la **FRECUENCIA** de la señal de input, medir la amplitud de la señal medida A_s y comparar con la amplitud de la señal de entrada A_e (medirla como se hizo en la actividad A). Hacer un gráfico del cociente A_s/A_e vs f

- Tomar como referencia la frecuencia de “corte”: $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

y setear frecuencias por debajo y por arriba. ¿En qué zona la amplitud es constante y en qué zona cambia? ¿Por qué se llamará frecuencia de **corte**?

Actividad C): filtros de frecuencia

Preguntas para pensar y responder en el informe:

- ¿Cómo relaciono esto con lo que hace un capacitor con corriente continua según lo que vimos en la teórica?
- ¿Cómo es la **impedancia** del capacitor en función de la frecuencia?
- ¿Qué circuito actúa como derivador y cuál como integrador y en qué regímenes? (esta pregunta es para discutir al final del informe)