

## Título del Proyecto: Medición y calibración de altas capacitancias con trazabilidad a Patrones Cuánticos

**Integrante:** Nicolas Sebastián Brunella

**Profesor:** Nicolas Urbano Pintos

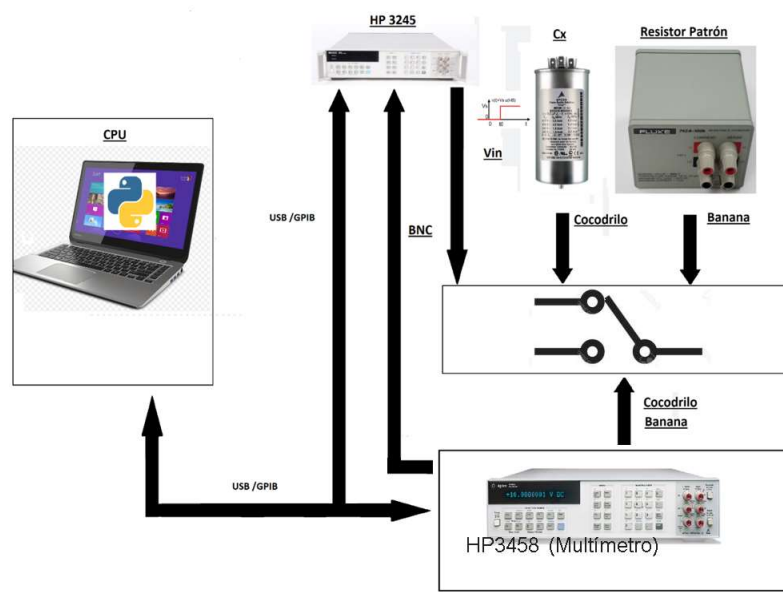
**Ayudante de Trabajos Prácticos:** Roque Antonio Emanuel Iozzo

### Resumen

El sistema tiene como objetivo determinar la capacidad eléctrica de  $C_x$ , un capacitor de transferencia, conectado en serie con un resistor patrón  $R_p$ . Estas magnitudes están relacionadas por la constante de tiempo  $\tau$ . El valor de  $R_p$  es conocido, pero el de  $C_x$  y  $\tau$  no. Para obtenerlos se mide la tensión en el capacitor (inicialmente descargado) mientras se está cargando luego de aplicar un escalón de tensión con un generador de alta estabilidad al conjunto RC serie. Luego de registrarse las mediciones con un multímetro calibrado de alta precisión se analizan con un algoritmo de regresión lineal con mínimos cuadrados el cual retorna un valor de  $\tau$ .

Finalmente se opera con  $\tau$  y con  $R_p$  y se obtiene el valor de  $C_x$ . Este valor se deberá comparar con los medidos por los instrumentos a calibrar en el mismo día para determinar su error e incertidumbres aplicando el método de transferencia. Lo propuesto permitirá realizar calibraciones de capacitores de alto valor abriendo oportunidades para empresas nacionales que podrán calibrar sus instrumentos cumpliendo las normas. Además, será accesible ya que no se deberá adquirir equipamiento costoso para implementarlo.

### Diagrama en bloques y Descripción



## Desarrollo matemático

Se basa en la expresión:

$$v_{C_x}(t) = V_{gen}(1 - e^{-\frac{t}{R_p C_x}})$$

Siendo:

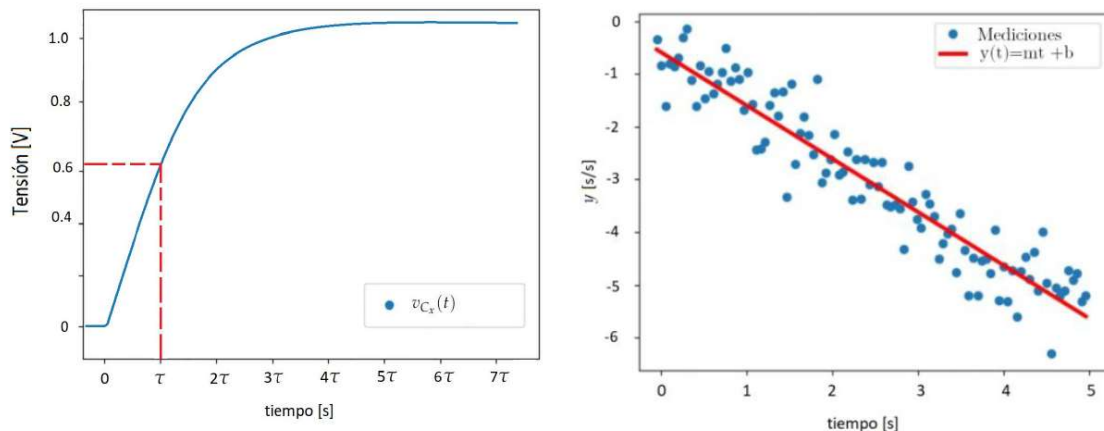
- $v_{C_x}(t)$ : Tensión instantánea en el capacitor  $C_x$ .
- $V_{gen}$ : Tensión pico del generador de tensión.
- $t$ : Tiempo.
- $R_p$ : Resistor patrón.
- $C_x$ : Capacitor de transferencia.

El escalón se aplica desde el generador de tensión, la tensión instantánea en el  $C_x$  se mide con el multímetro. El tiempo está dado por el muestreo del multímetro y el resistor patrón es un resistor calibrado.

Operando se puede llegar a la siguiente ecuación:

$$\ln\left(1 - \frac{v_{C_x}(t)}{V_{gen}}\right) = -\frac{t}{R_p C_x} = -\frac{t}{\tau} = mt$$

Procesando los datos y en base a lo anterior se puede linealizar la curva ya que esta expresión es lineal con el tiempo y con una pendiente  $m = -1/\tau$ .



Para esto se puede usar una librería de código abierto como `lineregress()` la cual devuelve  $m$ . Con esta variable solo nos queda despejar:

$$C_x = -\frac{1}{m R_p}$$

Una vez encontrado el valor promedio se deberá desarrollar la incertidumbre e informarla.

Adicionalmente se deberá integrar también un sensor de humedad y temperatura, ya que las mediciones en laboratorio deben estar a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  y no mayor al 60% de humedad. De esta forma se podrían medir capacitores de alta magnitud, las cuales **hoy en día no se les puede dar el servicio.**

*Servicios de calibración de Capacitancias que ofrece el INTI*

[https://www.bipm.org/kcdb/cmc/search?domain=PHYSICS&areaId=2&keywords=&specificPart.branch=8&specificPart.service=-1&specificPart.subService=57&specificPart.individualService=-1&\\_countries=1&publicDateFrom=&publicDateTo=&unit=&minValue=&maxValue=&minUncertainty=&maxUncertainty=](https://www.bipm.org/kcdb/cmc/search?domain=PHYSICS&areaId=2&keywords=&specificPart.branch=8&specificPart.service=-1&specificPart.subService=57&specificPart.individualService=-1&_countries=1&publicDateFrom=&publicDateTo=&unit=&minValue=&maxValue=&minUncertainty=&maxUncertainty=)

*Servicios de calibración de Capacitancias que ofrece el PTB*

[https://www.bipm.org/kcdb/cmc/search?domain=PHYSICS&areaId=2&keywords=&specificPart.branch=8&specificPart.service=23&specificPart.subService=57&specificPart.individualService=-1&\\_countries=1&countries=21&publicDateFrom=&publicDateTo=&unit=&minValue=&maxValue=&minUncertainty=&maxUncertainty=](https://www.bipm.org/kcdb/cmc/search?domain=PHYSICS&areaId=2&keywords=&specificPart.branch=8&specificPart.service=23&specificPart.subService=57&specificPart.individualService=-1&_countries=1&countries=21&publicDateFrom=&publicDateTo=&unit=&minValue=&maxValue=&minUncertainty=&maxUncertainty=)