

movimiento oscilatorio

ley de Hooke

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_r + mg$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k(x - l_0) + mg$$

ley de Hooke

(análisis dinámico)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_r + mg$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k(x - l_0) + mg$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = g + \frac{kl_0}{m}$$

ley de Hooke

(análisis dinámico)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_r + mg$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k(x - l_0) + mg$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = g + \frac{kl_0}{m}$$

$$x(t) = x_h(t) + x_p(t)$$

ley de Hooke

(análisis dinámico)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_r + mg$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k(x - l_0) + mg$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = g + \frac{kl_0}{m}$$

$$x(t) = x_h(t) + x_p(t)$$

$$x_h(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x_p(t) = x_p = \frac{mg}{k} + l_0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

(propuesta)

ley de Hooke

(análisis dinámico)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_r + mg$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k(x - l_0) + mg$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = g + \frac{kl_0}{m}$$

$$x(t) = x_h(t) + x_p(t)$$

$$x_h(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x_p(t) = x_p = \frac{mg}{k} + l_0$$

$$x(0) = x_0$$

$$\dot{x}(0) = v_0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

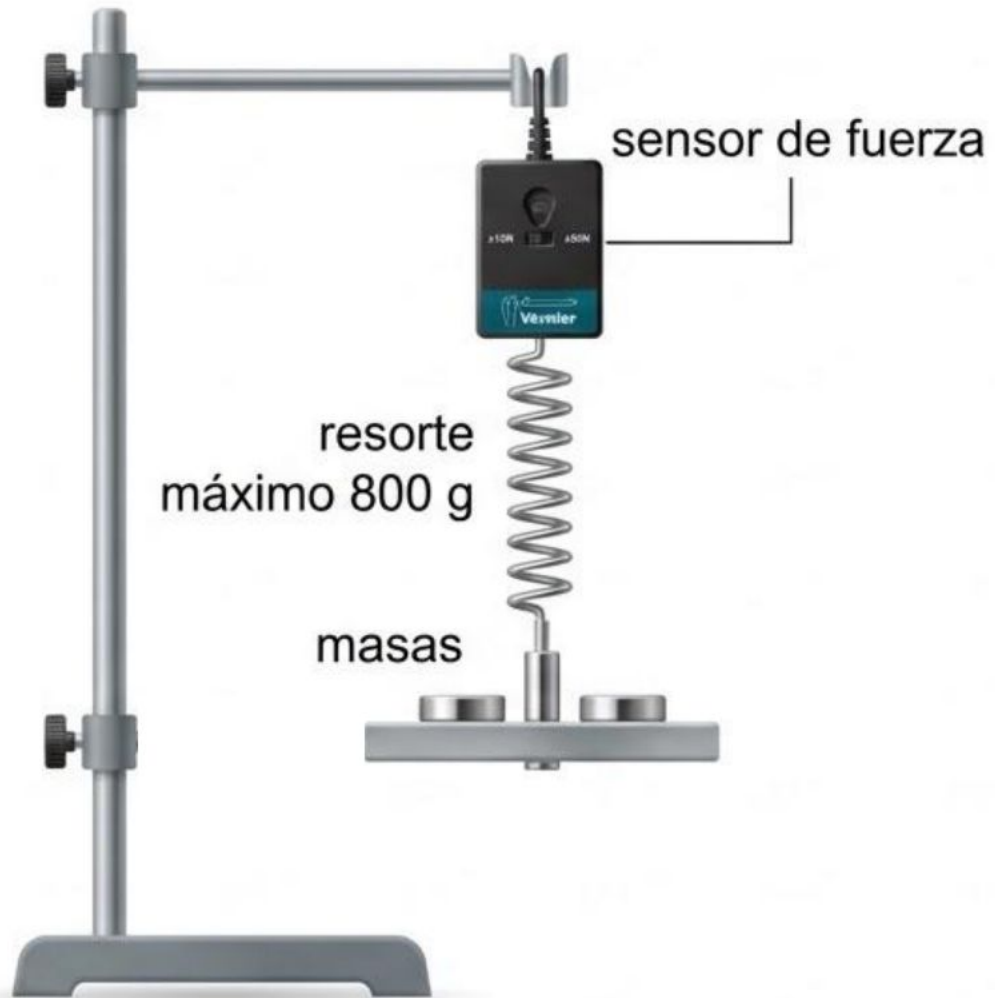
objetivo

ver si hay *buen* acuerdo entre el modelo (Hooke)

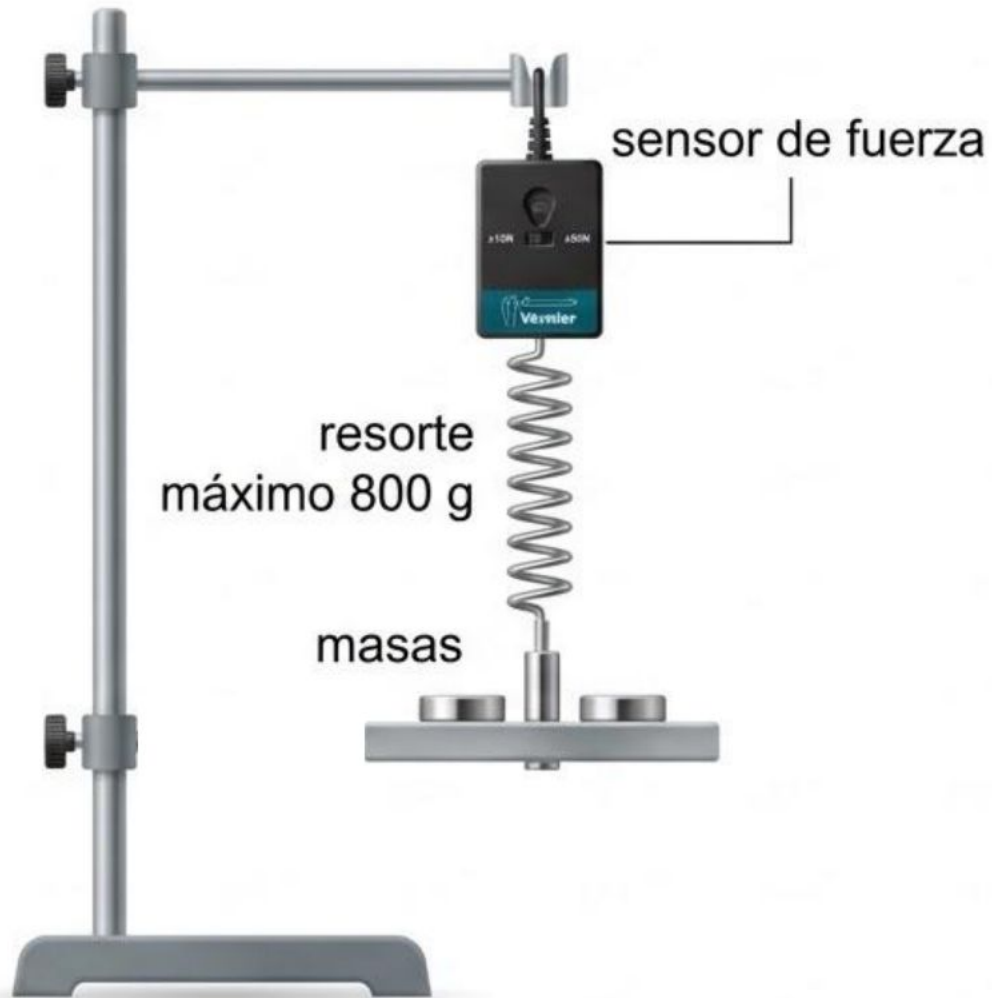
obtener la constante del resorte con el **método dinámico** y
comparar con el método estático (clase pasada)

montaje

montaje



montaje

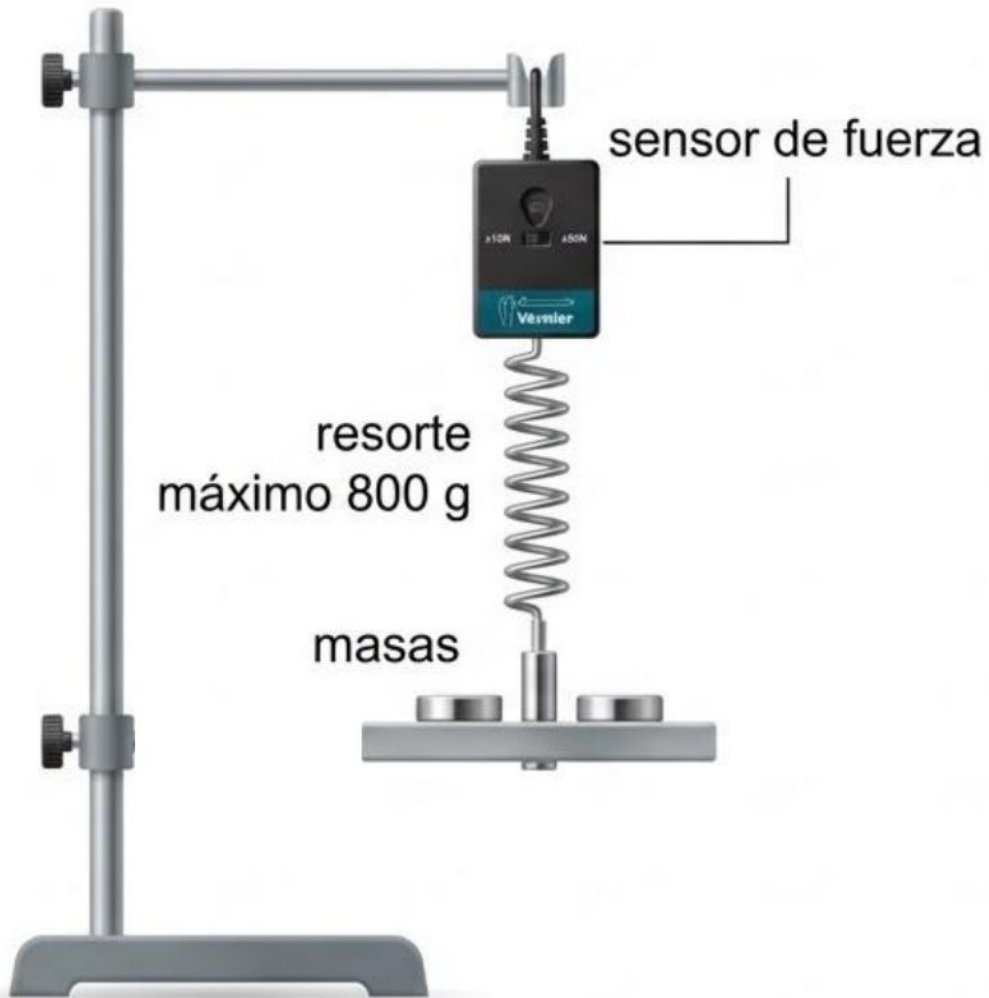


sensor de fuerza Vernier

circuito interno cuya
resistencia varía respecto de
la fuerza aplicada



montaje



sensor de fuerza Vernier

circuito interno cuya resistencia varía respecto de la fuerza aplicada

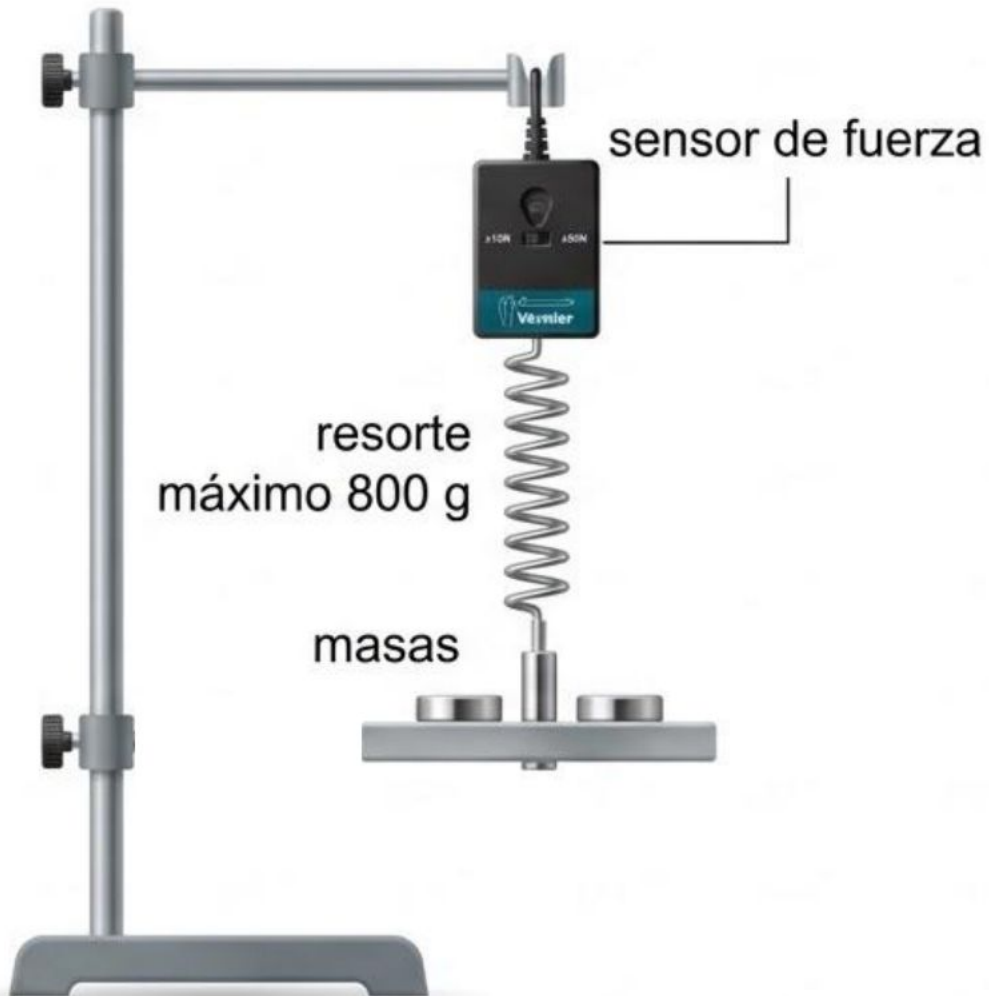
dos rangos:

± 10 N con resolución 0.01 N

± 50 N con resolución 0.05 N



montaje



sensor de fuerza Vernier

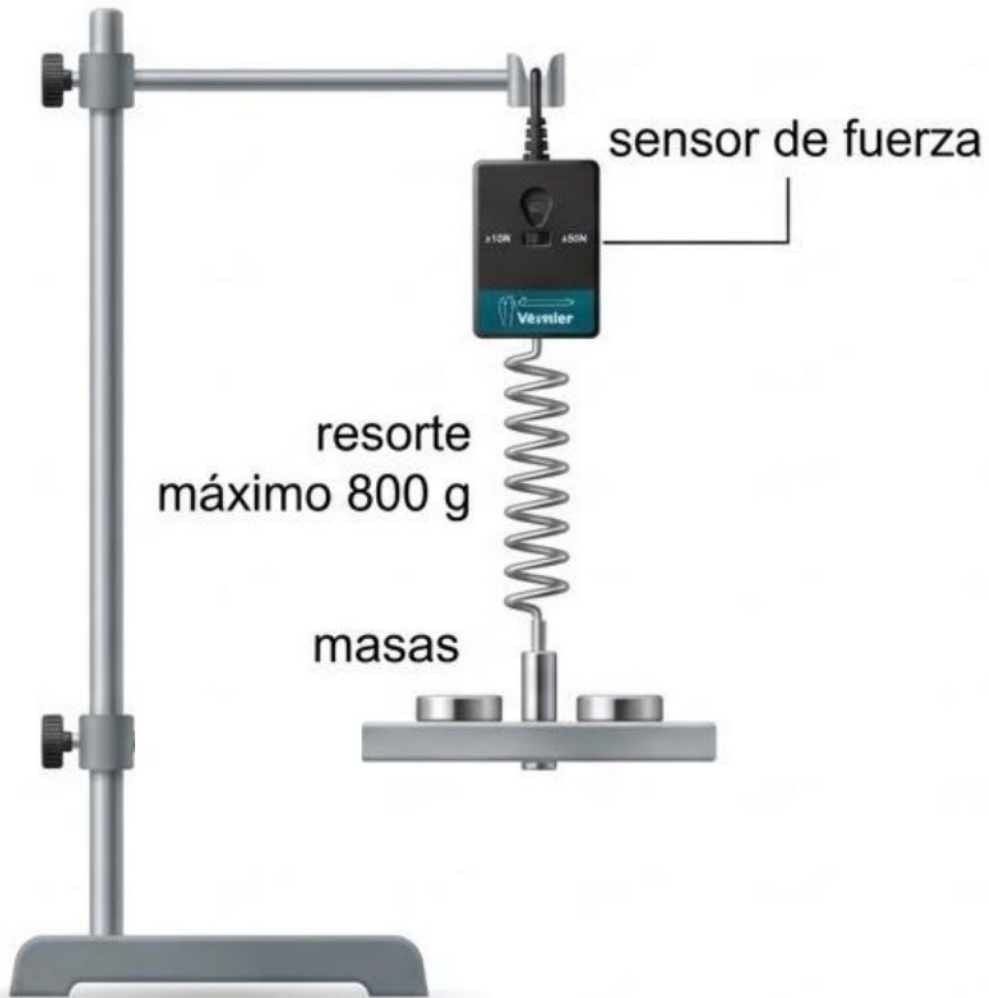
circuito interno cuya
resistencia varía respecto de
la fuerza aplicada

dos rangos:
 ± 10 N con resolución 0.01 N
 ± 50 N con resolución 0.05 N

sensor lineal



montaje



sensor de fuerza Vernier

circuito interno cuya
resistencia varía respecto de
la fuerza aplicada

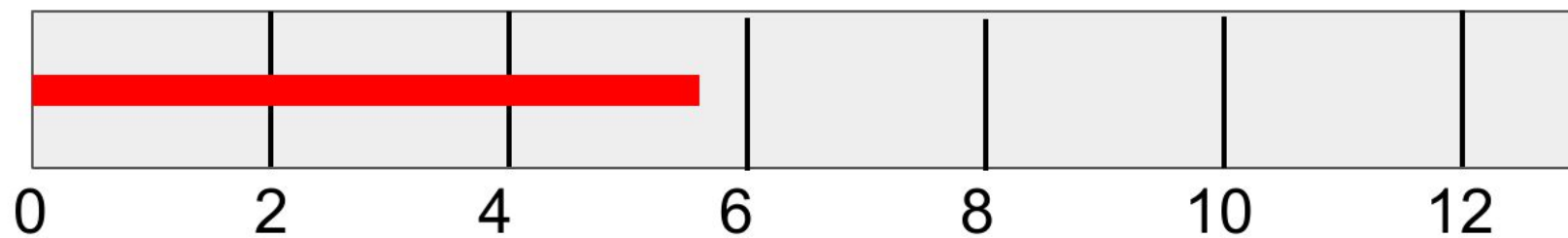
dos rangos:
 ± 10 N con resolución 0.01 N
 ± 50 N con resolución 0.05 N

sensor lineal

sensor **analógico**

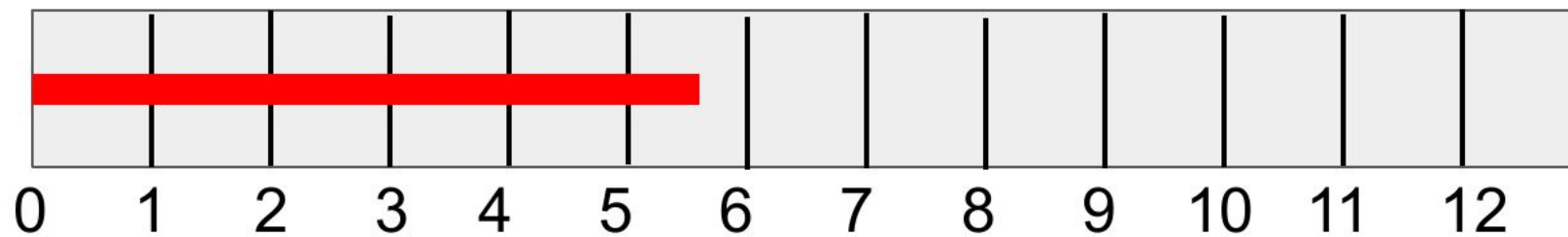


tipos de datos



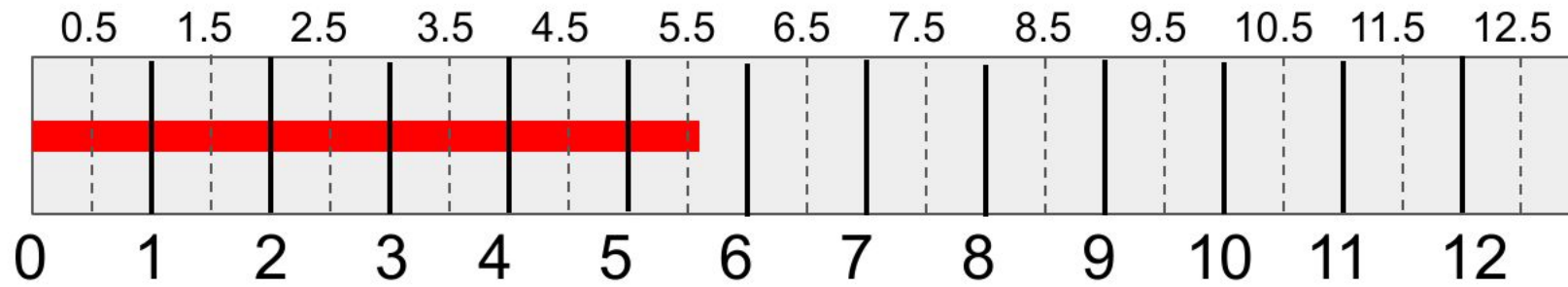
$$T = (6 \pm 1)^{\circ}\text{C}$$

tipos de datos



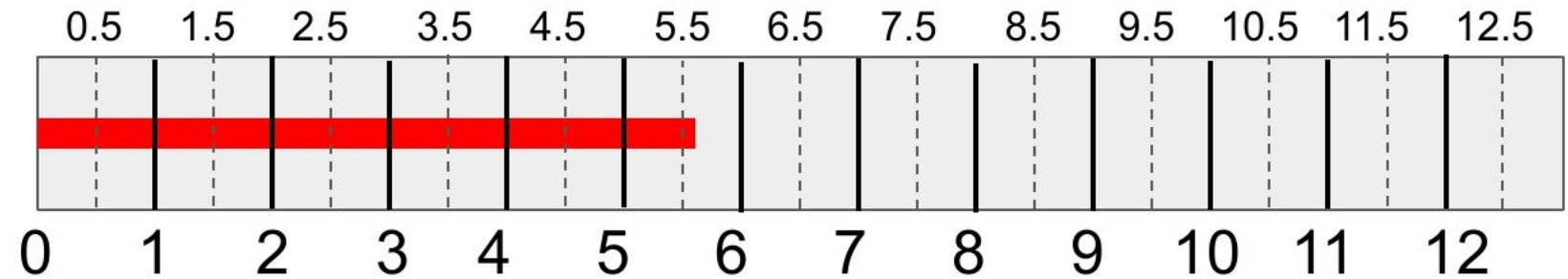
$$T = (6.0 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$$

tipos de datos



$$T = (5.50 \pm 0.25)^{\circ}$$

tipos de datos



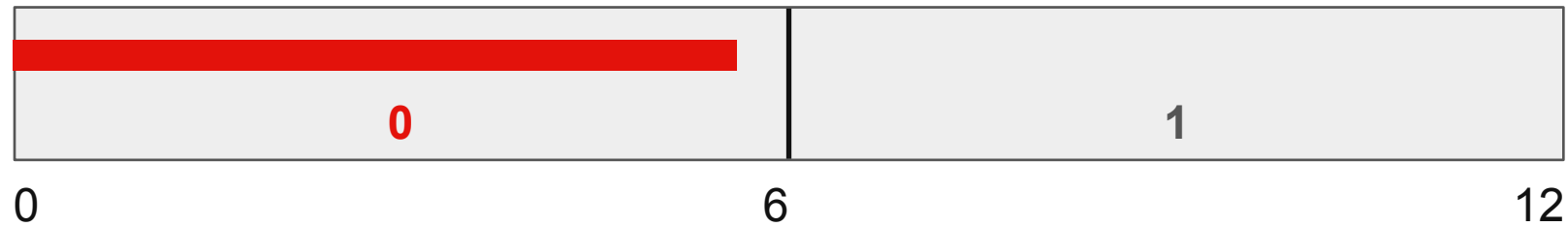
$$T = (5.50 \pm 0.25)^{\circ}$$

cuántas cifras decimales tiene ?

a priori, tantas como las que tenga la regla que le pongo al lado

esto es **discretizar** un dato **analogico**

de rangos a bits

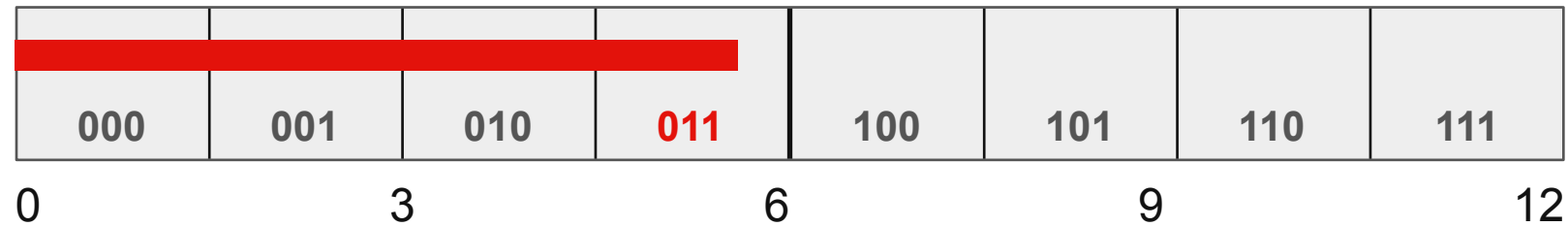


una pregunta de sí o no: *¿está en la mitad de arriba?*

no $\rightarrow$ **0** sí $\rightarrow$ **1**

eso es un **bit**: la respuesta a una pregunta con dos valores posibles

de rangos a bits



¿está arriba de 6? no → **0**

¿está arriba de 3? sí → **1**

¿está arriba de 4,5? sí → **1**

3 preguntas = **3 bits** = 8 valores posibles

el dato digital es **011**

$T = (5,25 \pm 0,75) ^\circ\text{C}$

bits y resolución

bits	valores posibles	paso en 0 a 12 °C
1	2	6 °C
3	8	1,5 °C
8	256	0,047 °C
13	8192	0,0015 °C
16	65 536	0,00018 °C

con **N bits** tengo **2^N** valores posibles

resolución:

$$\Delta = \text{rango} / 2^N$$

incerteza por digitalizar: $\Delta/2$

cada bit que agrego parte el paso a la mitad

tipos de datos

analógico

toma valores continuos en un rango

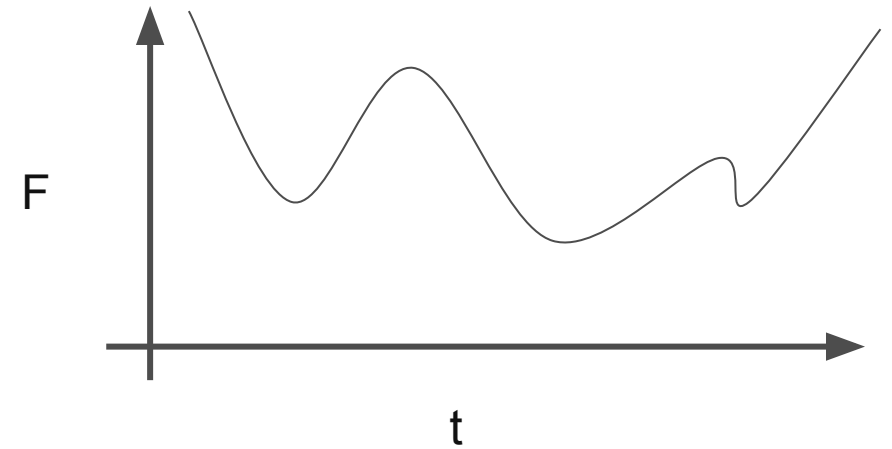
ej: temperatura, longitudes, masa de un cuerpo, el voltaje del sensor

digital

toma valores discretos

al medir, todo dato analógico termina discretizado: por la regla que le pongo al lado, o por los bits con que lo guardo

si hay dinamica, que discretizo?



si hay dinamica, que discretizo?

en amplitud

cuántos valores distintos puedo escribir

→ **bits** de la placa

→ resolución en voltaje

en tiempo

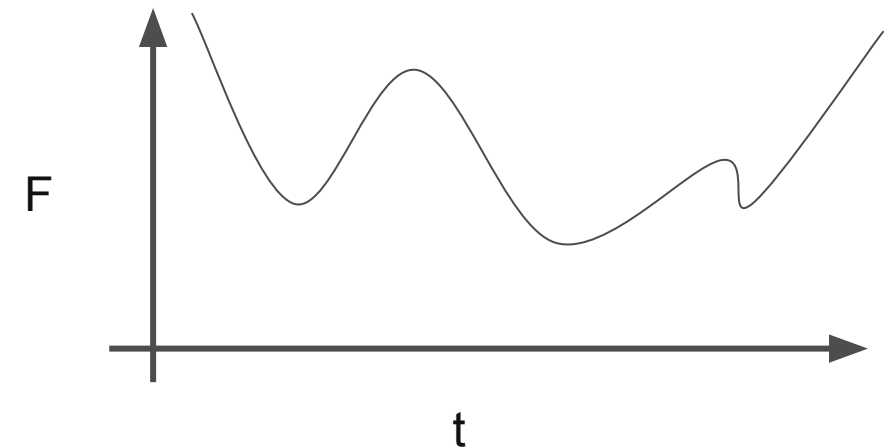
cada cuánto tomo un dato

→ **frecuencia de muestreo** f_s

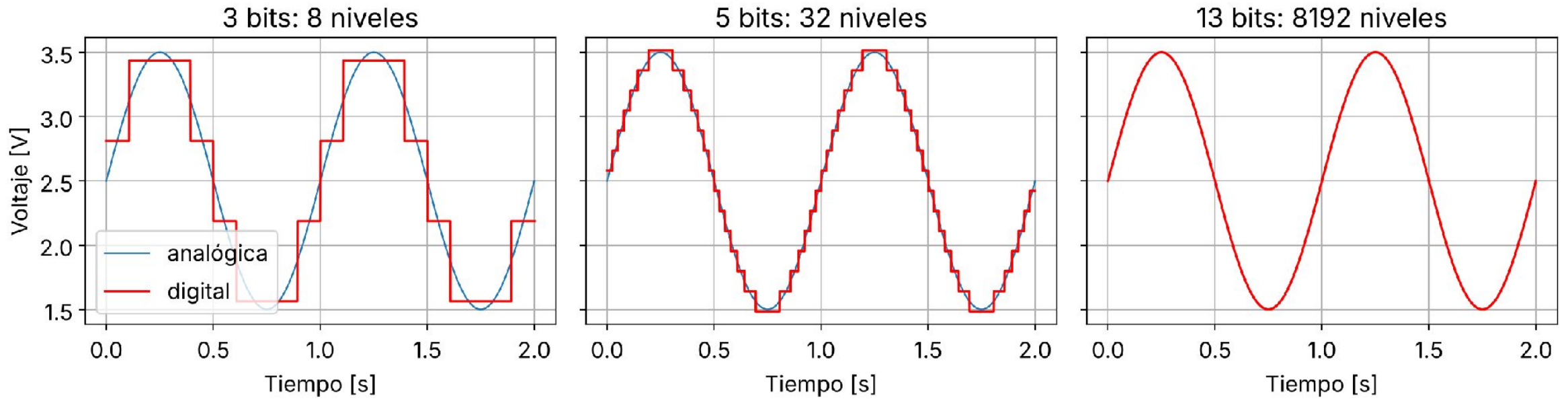
→ un dato cada $1/f_s$ segundos

los bits vienen con la placa

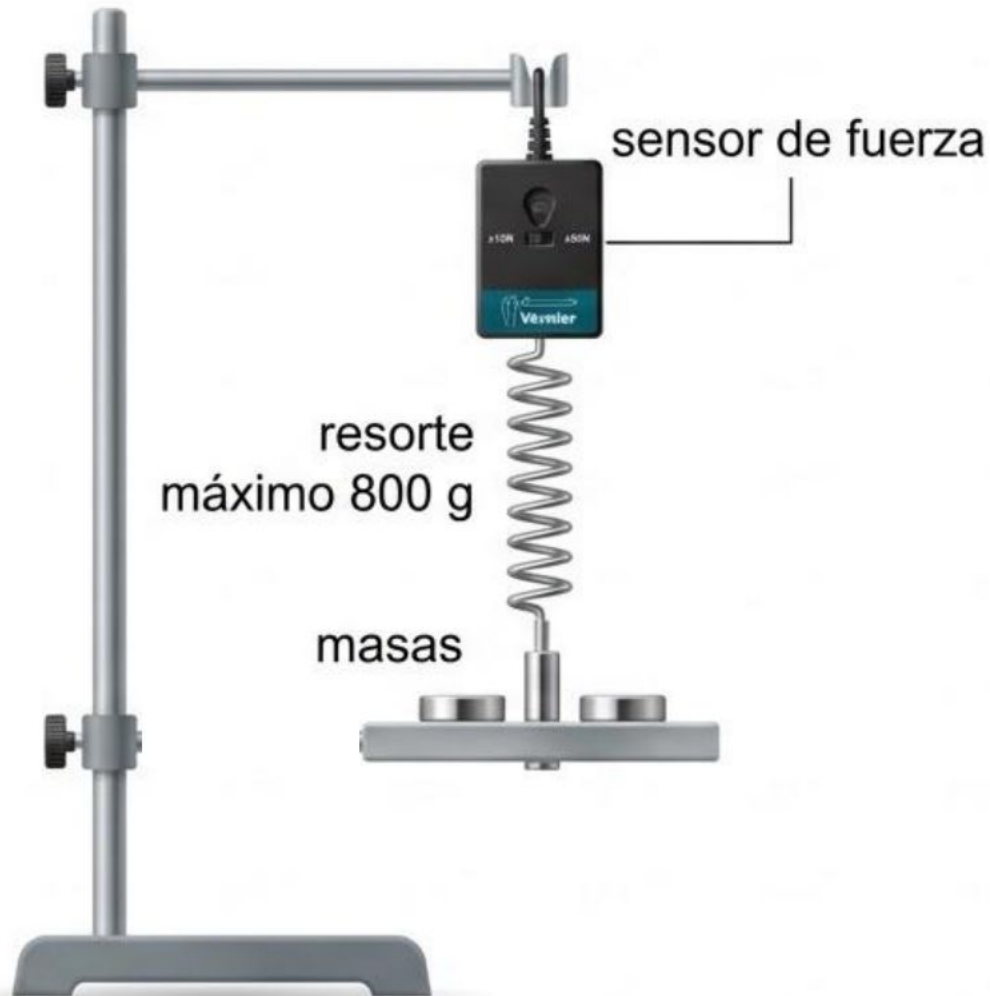
la frecuencia de muestreo *tambien*
pero la tenemos que elegir (dentro de
cierto rango)



la misma señal con distintos bits



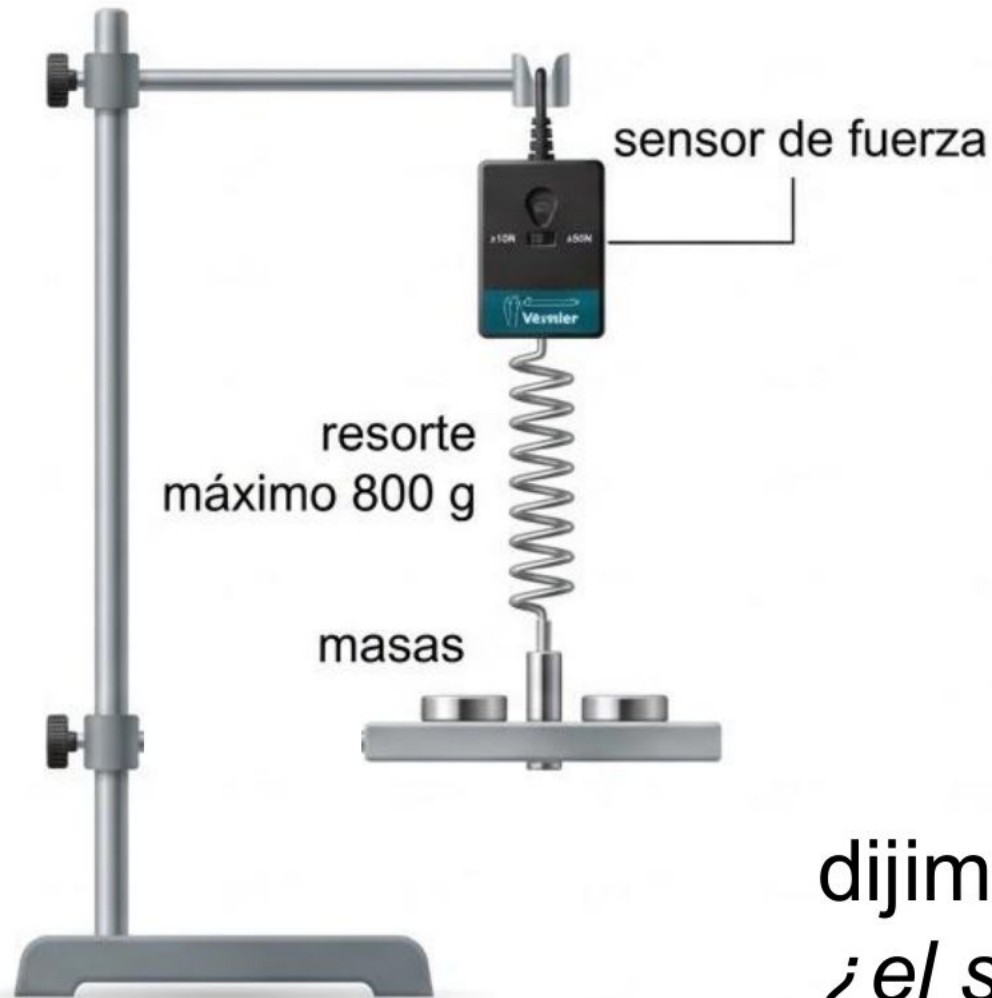
montaje



cuidados

- **no cargar el resorte con más de 800 g**
- el sensor tiene que estar perpendicular al piso, si no medimos una proyección de la fuerza, *¿qué tipo de error sería?*
- tener en cuenta el peso del resorte y del soporte

montaje



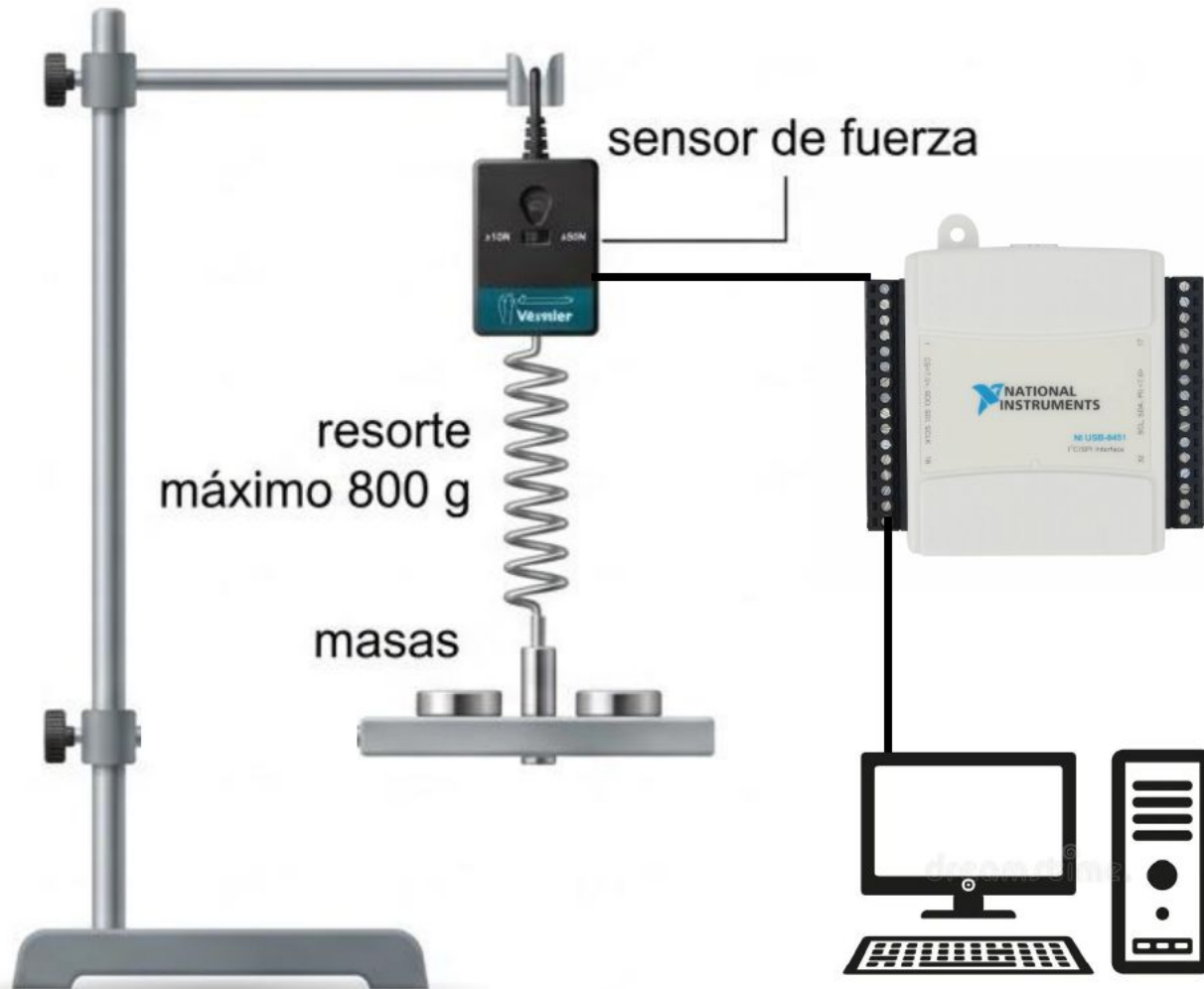
cuidados

- **no cargar el resorte con más de 800 g**
- el sensor tiene que estar perpendicular al piso, si no medimos una proyección de la fuerza, ¿qué tipo de error sería?
- tener en cuenta el peso del resorte y del soporte

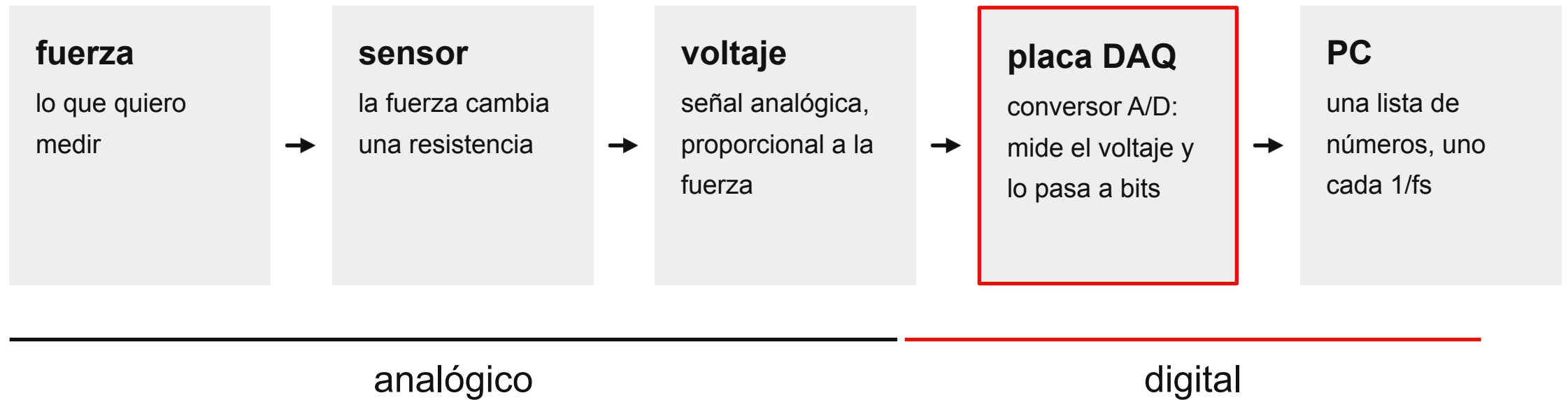
dijimos que era un sensor analógico...
¿el setup está completo?

montaje

placa DAQ!



de la fuerza al número



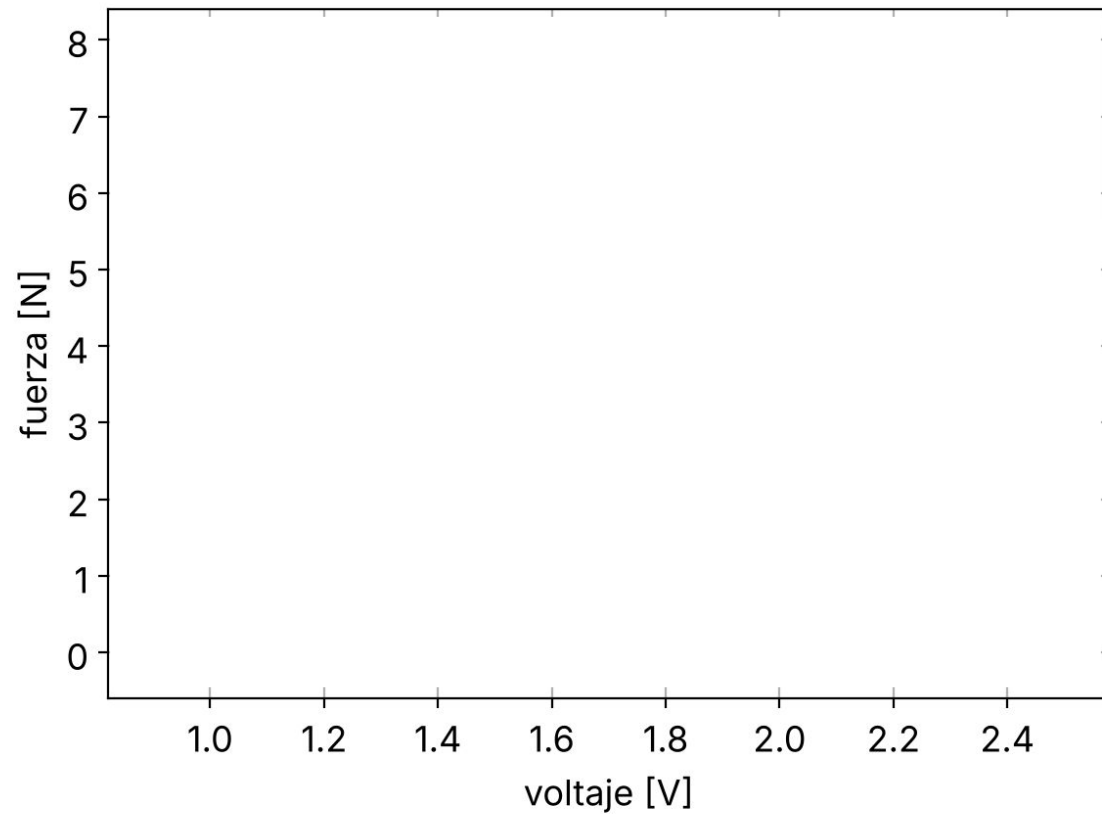
el sensor es analógico: sin la placa, la computadora no puede leerlo

sensor de fuerza: cómo mide

- adentro hay una **viga** que se flexiona con la fuerza
- pegados a la viga, **strain gauges**: resistencias que cambian cuando se estiran
- un circuito convierte ese cambio en un **voltaje** proporcional a la fuerza



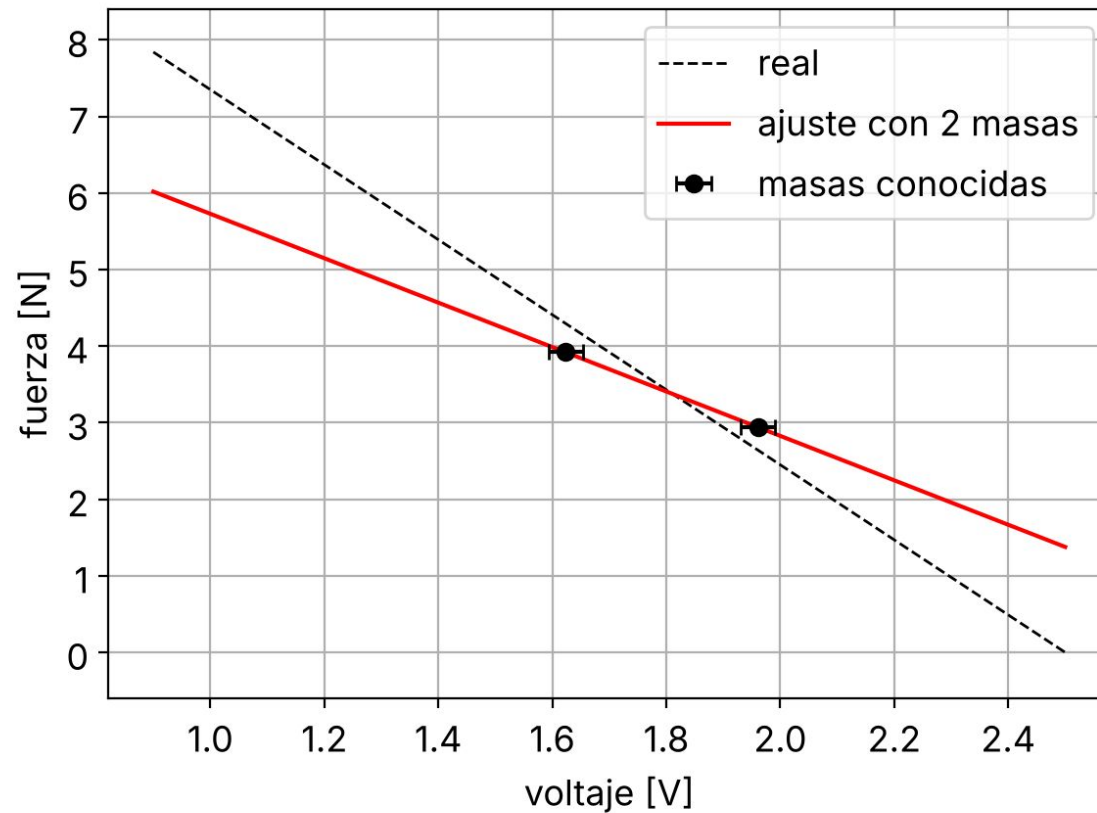
calibración: de voltaje a fuerza



$$F = k_1 V + k_0$$

la placa mide **voltaje**; lo que quiero es **fuerza**

calibración: de voltaje a fuerza

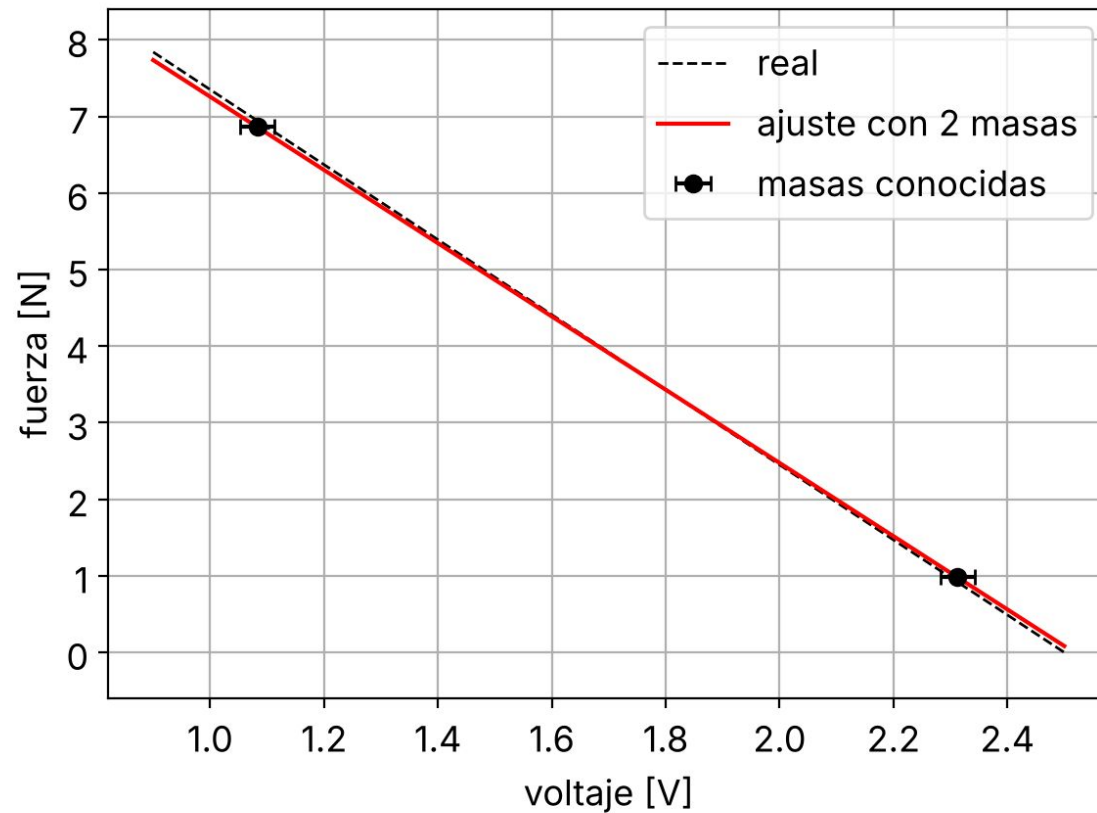


$$F = k_1 V + k_0$$

la placa mide **voltaje**; lo que quiero es **fuerza**

cuelgo masas conocidas ($F = m g$) y leo el voltaje

calibración: de voltaje a fuerza

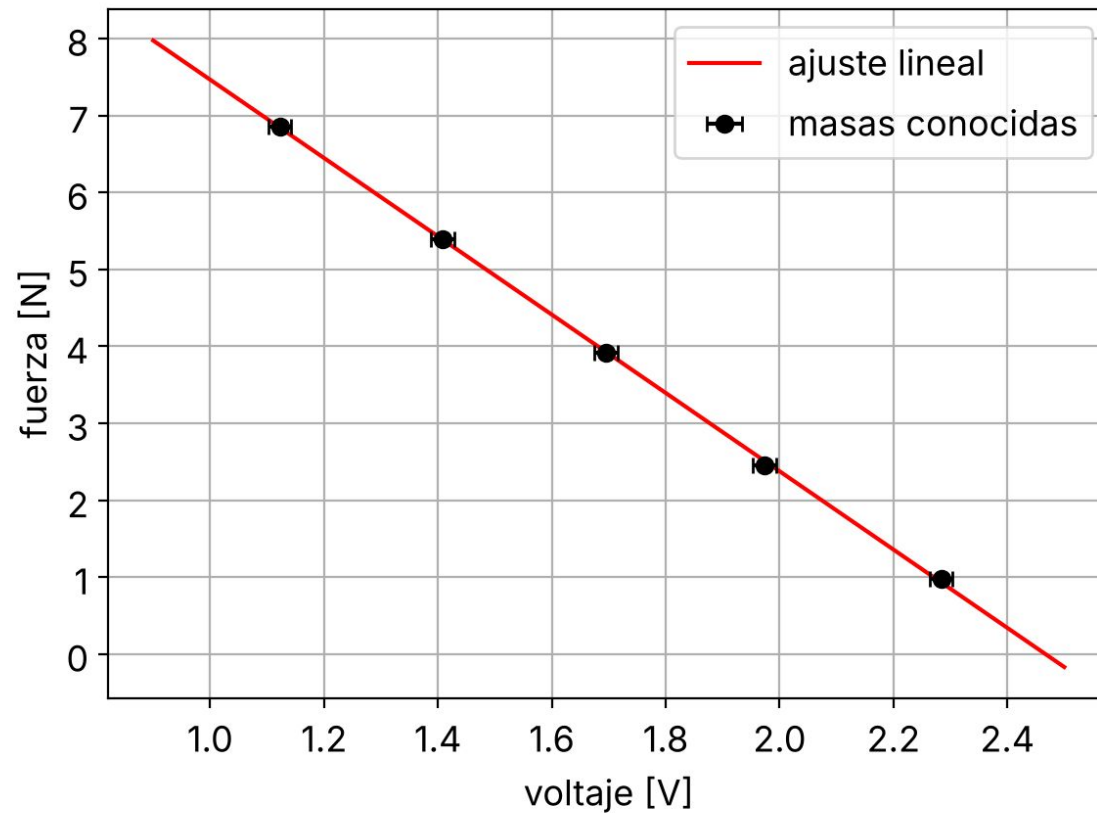


$$F = k_1 V + k_0$$

la placa mide **voltaje**; lo que quiero es **fuerza**

cuelgo masas conocidas ($F = m g$) y leo el voltaje

calibración: de voltaje a fuerza



$$F = k_1 V + k_0$$

la placa mide **voltaje**; lo que quiero es **fuerza**

cuelgo masas conocidas ($F = m g$), leo el voltaje y ajusto una recta

placa DAQ: SensorDAQ

mide el voltaje del sensor a intervalos regulares y lo convierte en un número

13 bits

8192 valores posibles
de voltaje

48 000

muestras por segundo,
como máximo



¿qué resolución en fuerza nos da la placa?

paso en voltaje (entrada de ± 10 V): $\Delta V = 20 \text{ V} / 8192 = \mathbf{2,4 \text{ mV}}$

sensor en ± 10 N (4,9 N/V): $\Delta F = 4,9 \text{ N/V} \times 2,4 \text{ mV} = \mathbf{0,012 \text{ N}}$

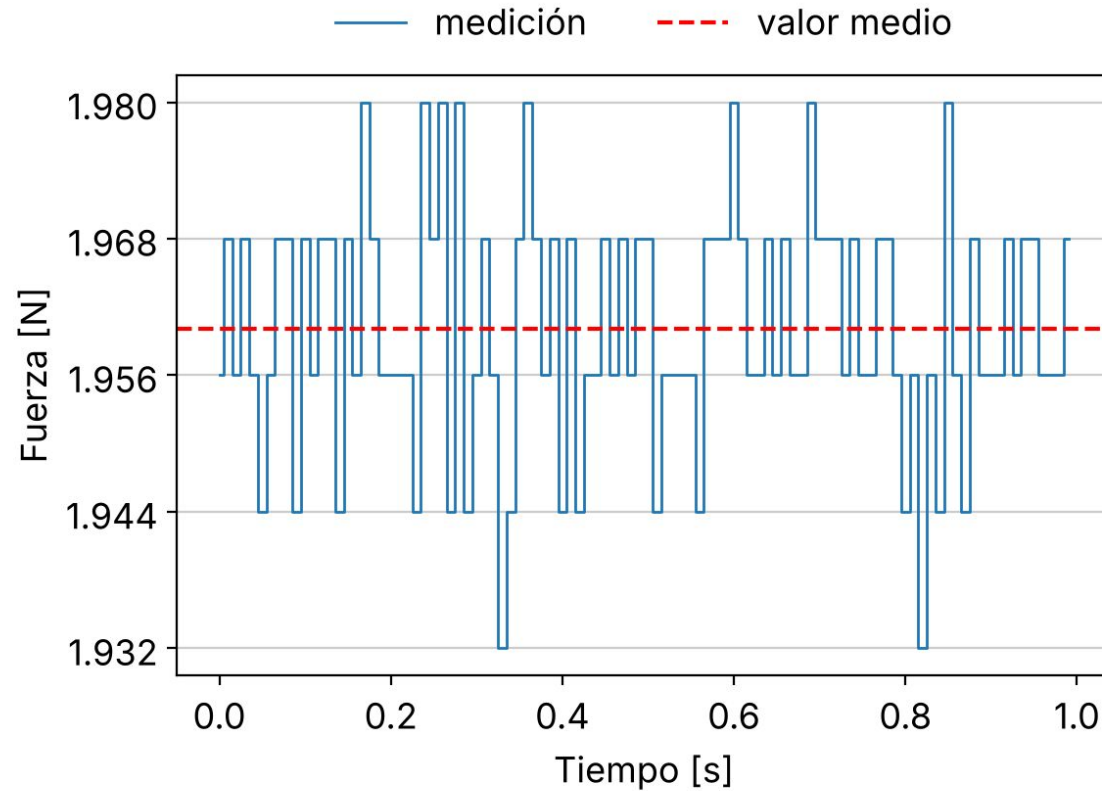
sensor en ± 50 N (24,5 N/V): $\Delta F = 24,5 \text{ N/V} \times 2,4 \text{ mV} = \mathbf{0,06 \text{ N}}$

más rango con los mismos 8192 valores = peor resolución

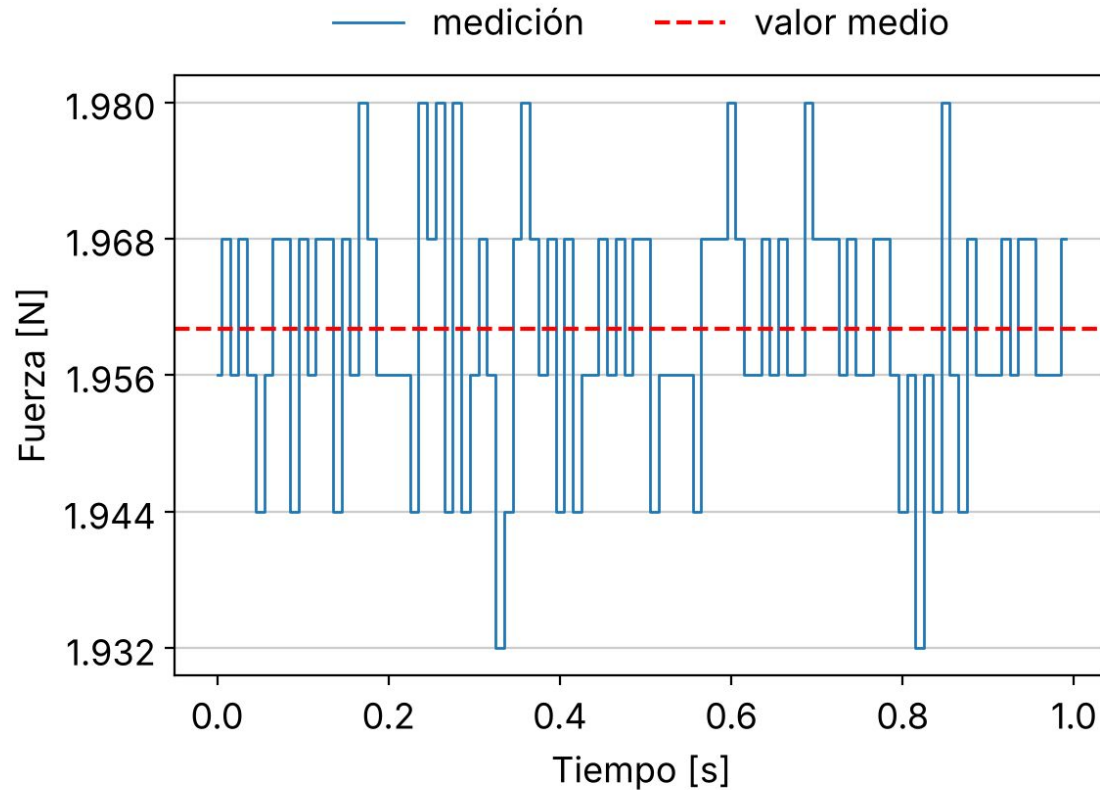
¿cómo lo verifico? haciendo zoom en la señal cruda: se ven los escalones

caracterizar el ruido: medir una masa quieta

cuelgo una masa y la dejo quieta: la fuerza debería ser constante



caracterizar el ruido: medir una masa quieta



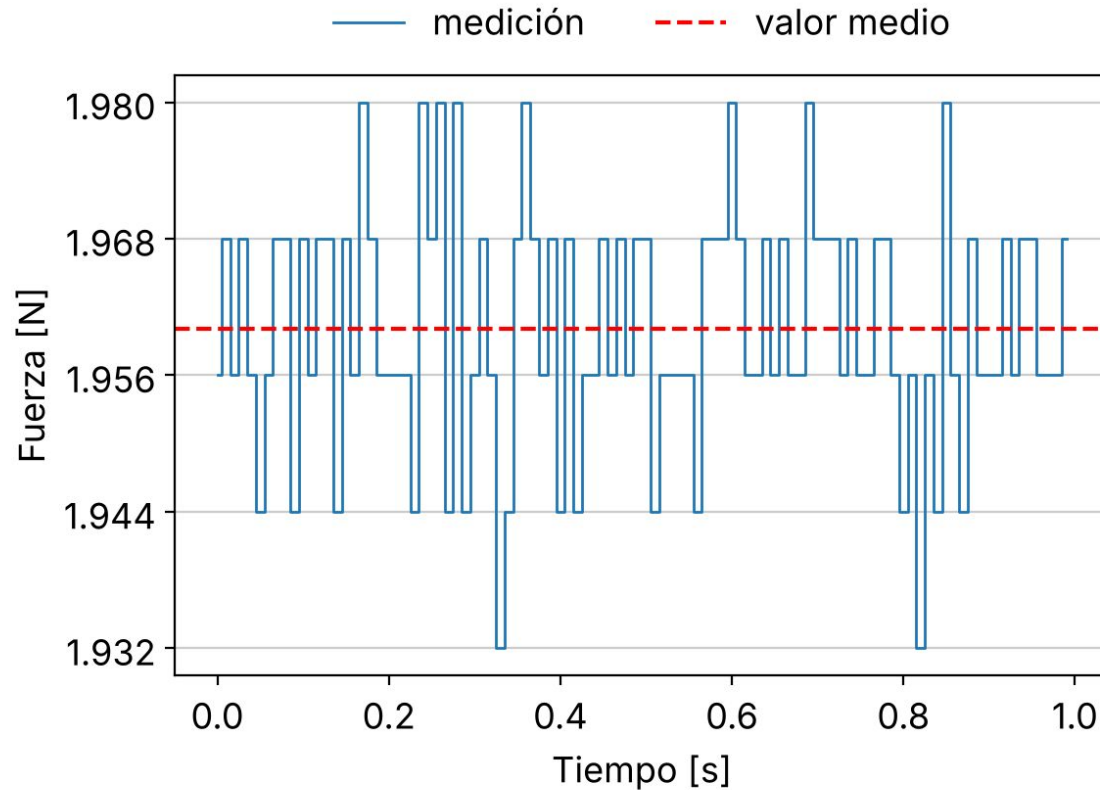
cuelgo una masa y la dejo quieta: la fuerza debería ser constante

valor medio → la fuerza

desviación estándar → el **ruido** de la medición

¿y si nunca cambia de escalón?

caracterizar el ruido: medir una masa quieta



cuelgo una masa y la dejo quieta: la fuerza debería ser constante

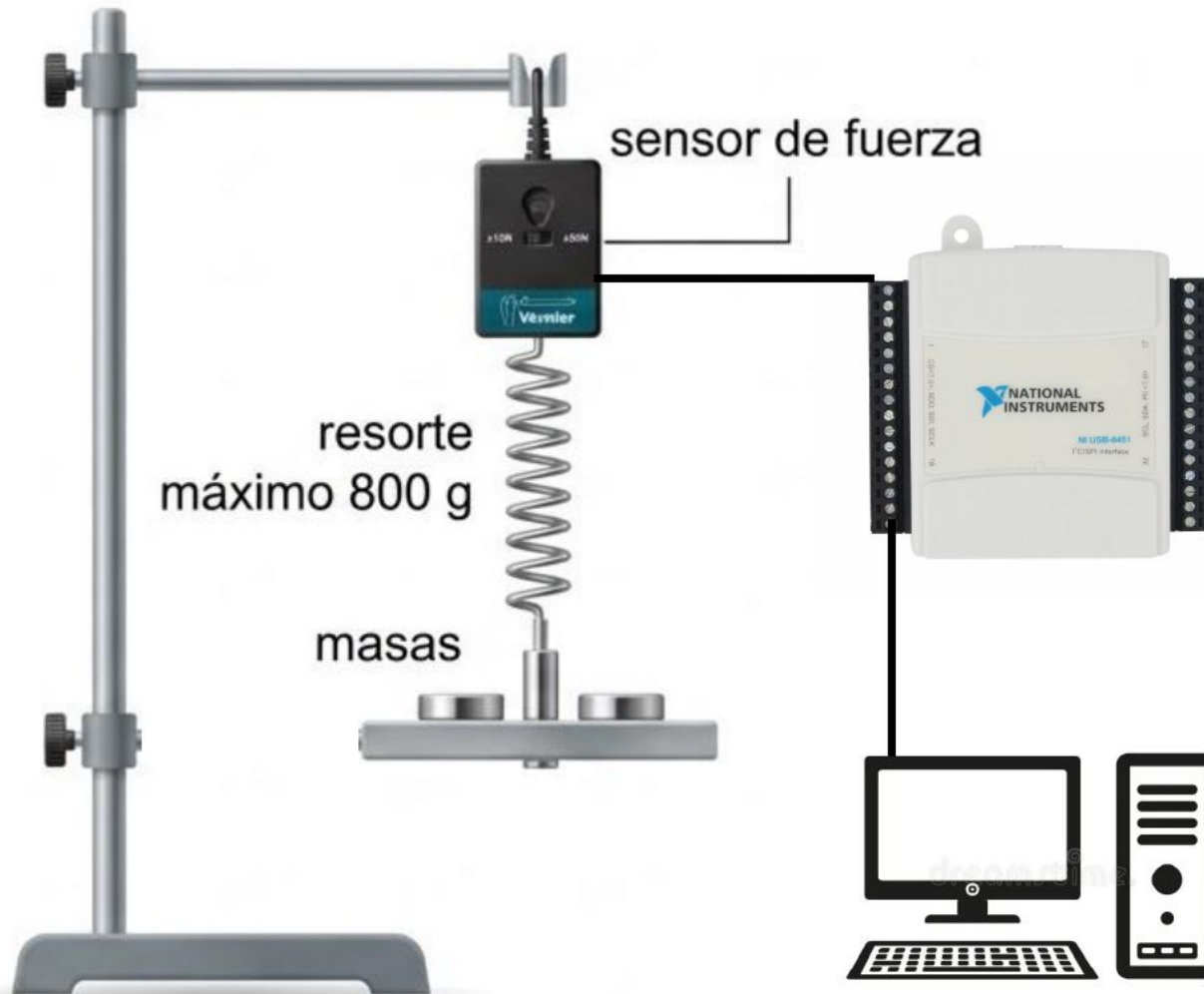
valor medio → la fuerza

desviación estándar → el **ruido** de la medición

¿y si nunca cambia de escalón?

entonces incerteza sera la resolución: $\Delta/2$

montaje



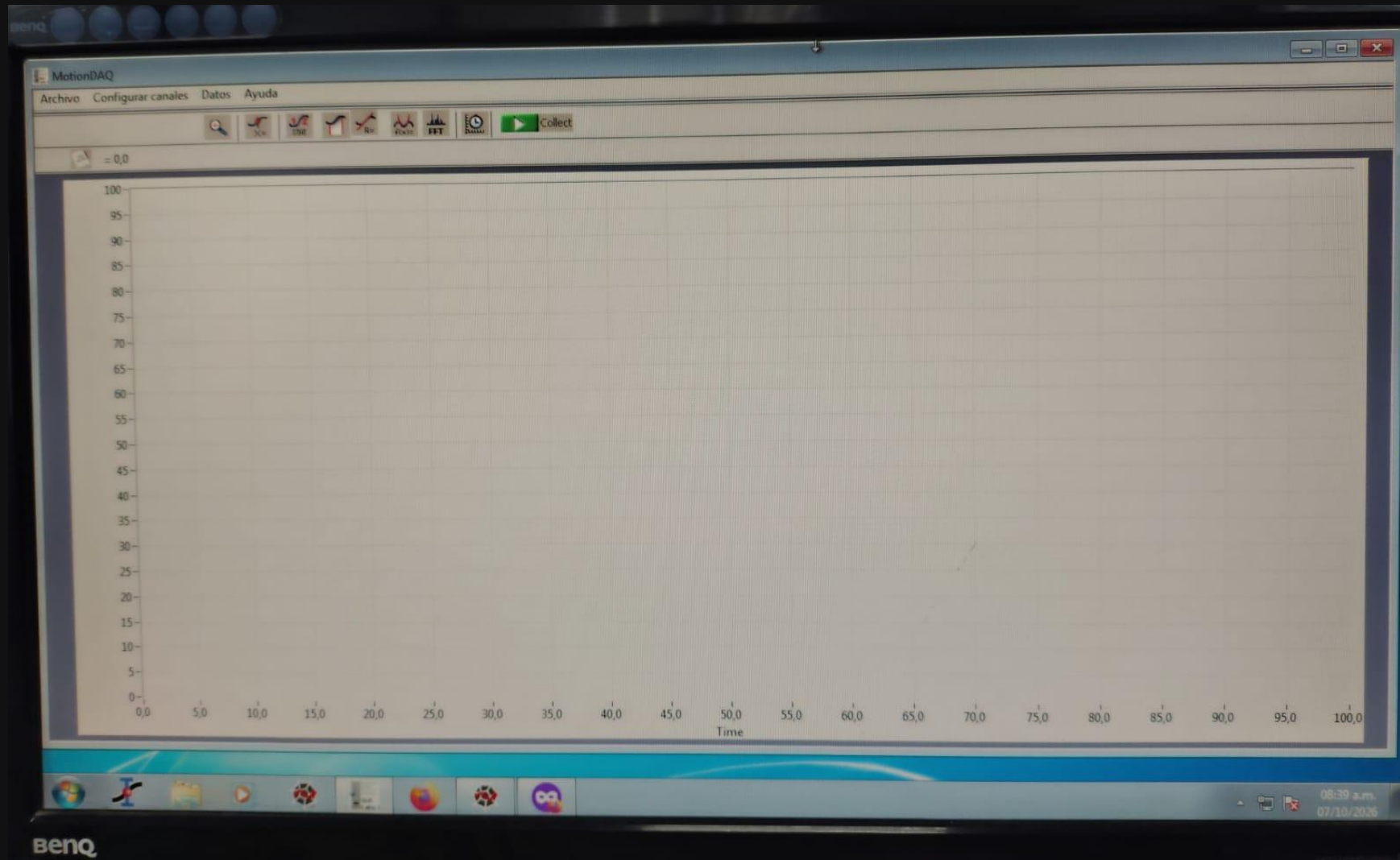
placa DAQ!

→ ¿cómo elegimos la frecuencia de muestreo?

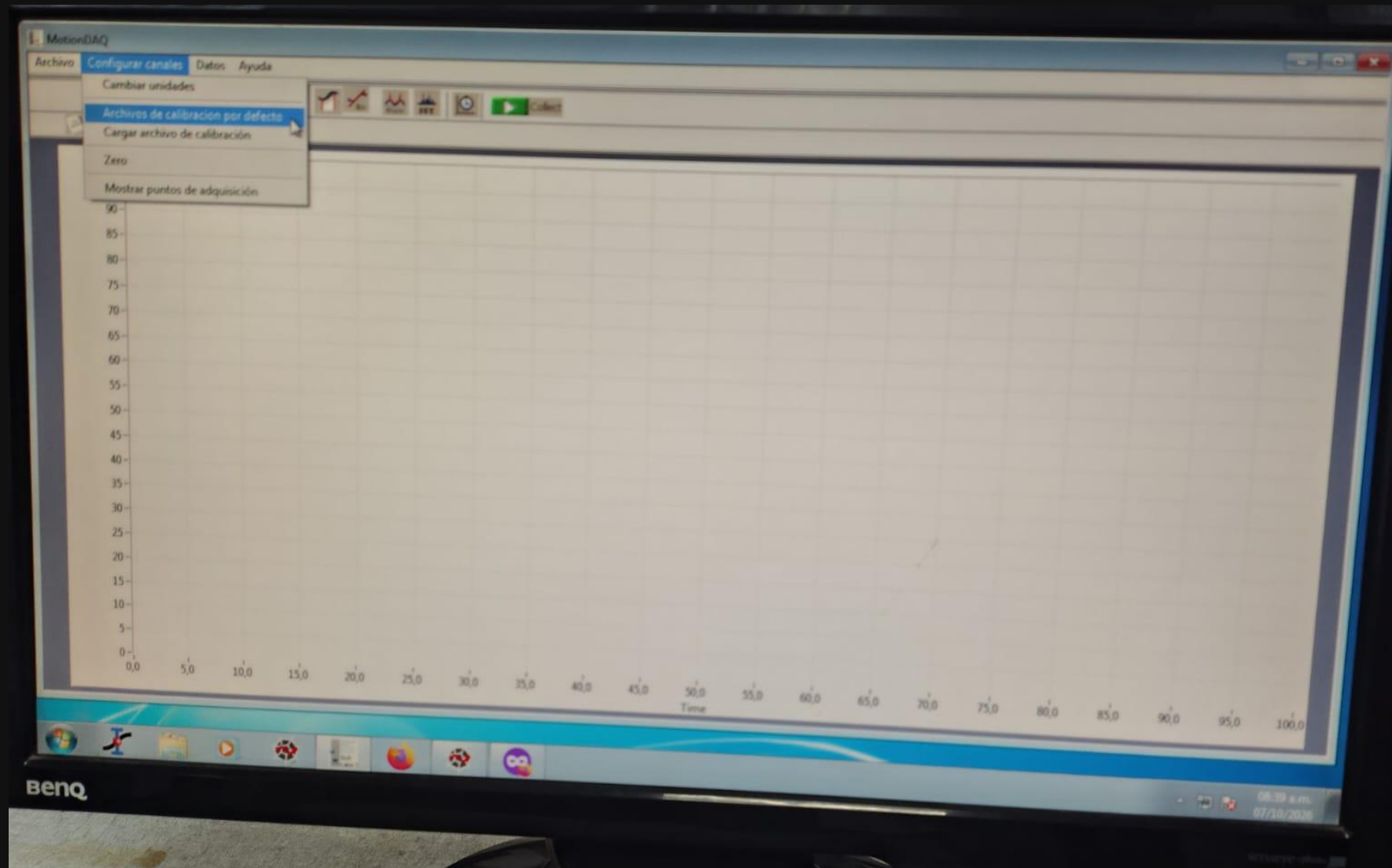
→ ¿cómo elegimos el tiempo de medición?

veamos

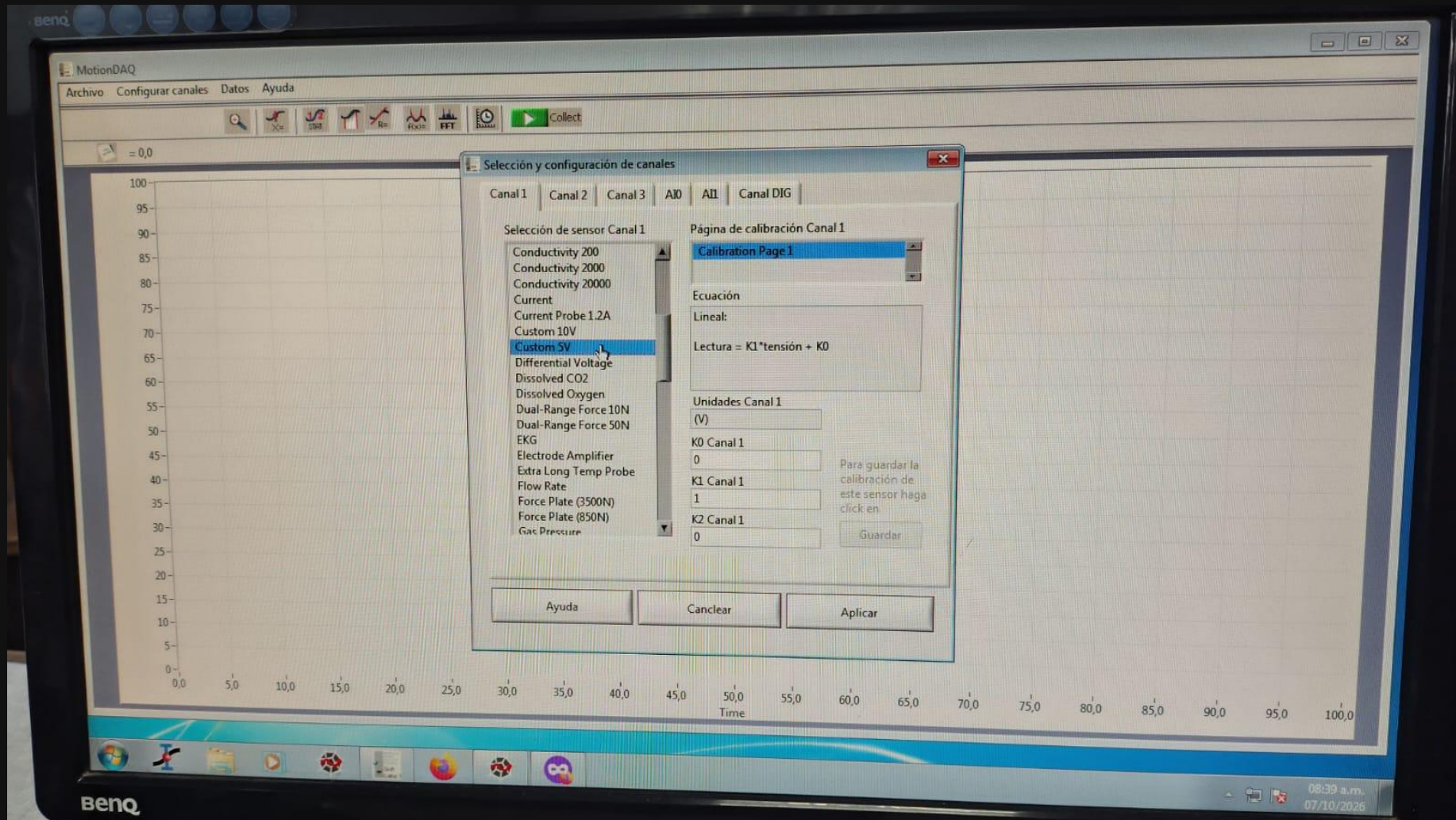
para efectivamente medir...



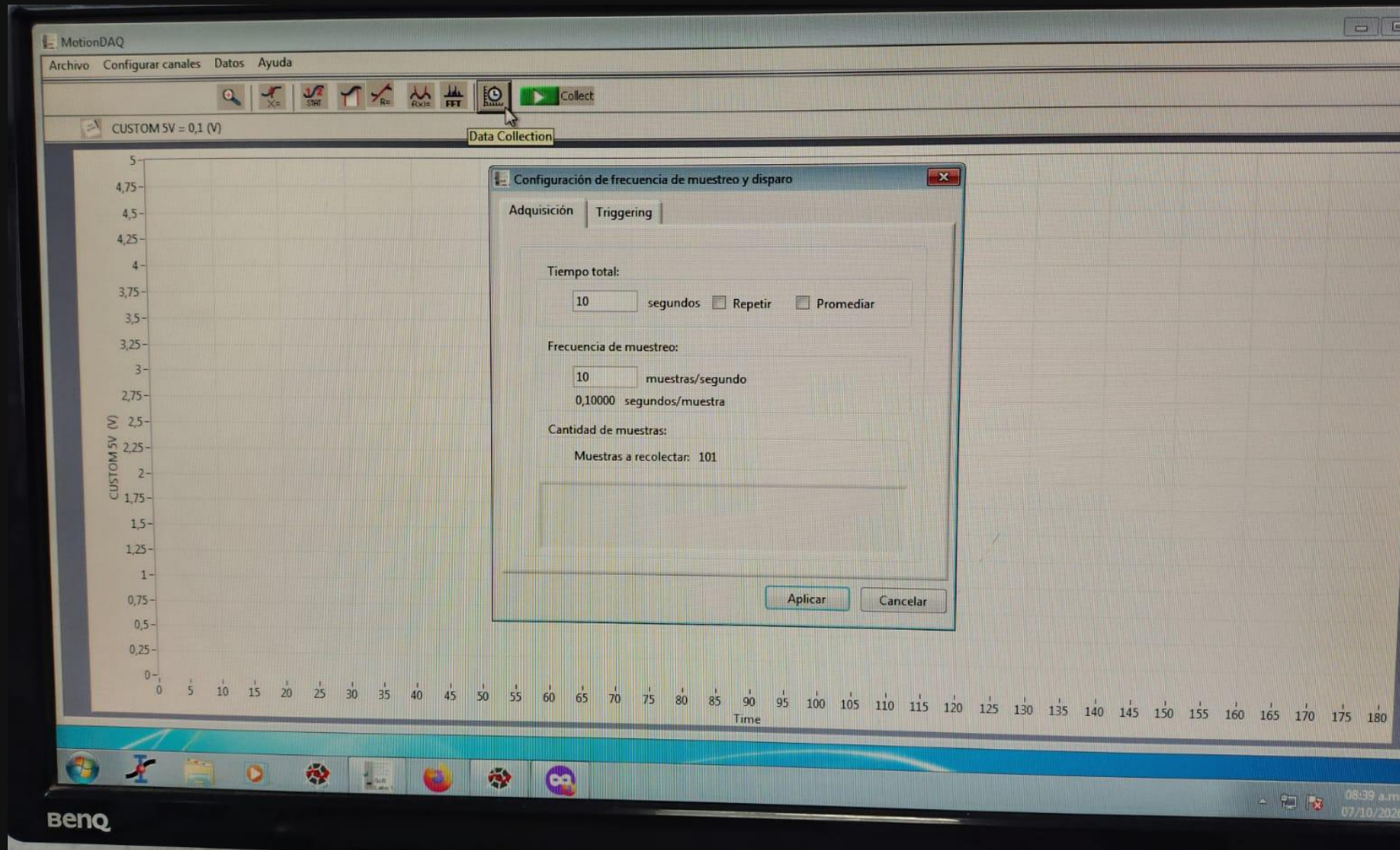
para efectivamente medir...



para efectivamente medir...



para efectivamente medir...



propuesta de caracterización con método dinámico

¿Qué fuerza mide el sensor? DCL



propuesta de caracterización con método dinámico

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) + mg/k + l_0$$

$$F = F_{el} = k(x - l_0) = kA \cos(\omega t + \phi) + mg$$

¿Qué fuerza mide el sensor? DCL

propuesta de caracterización con método dinámico

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) + mg/k + l_0$$

$$F = F_{el} = k(x - l_0) = kA \cos(\omega t + \phi) + mg$$

$$\omega^2 = 4\pi^2/T^2 = k/m \rightarrow T^2 = 4\pi^2 m/k$$

¿Qué fuerza mide el sensor? DCL

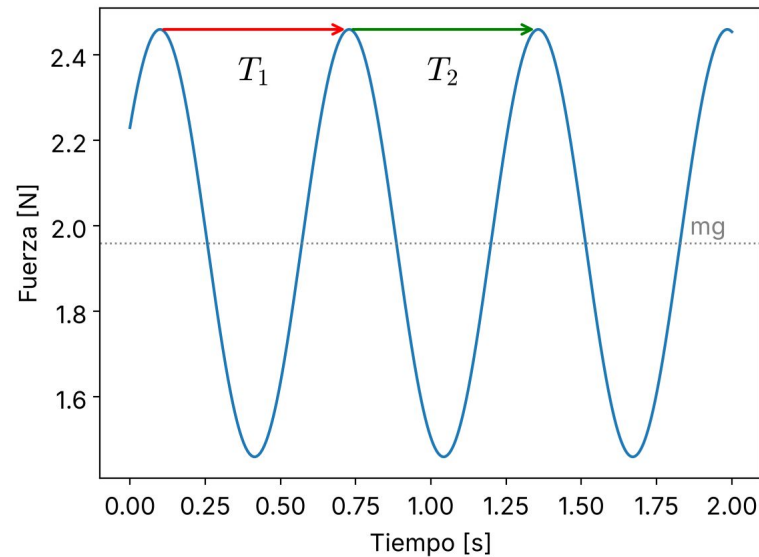
propuesta de caracterización con método dinámico

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) + mg/k + l_0$$

$$F = F_{el} = k(x - l_0) = kA \cos(\omega t + \phi) + mg$$

$$\omega^2 = 4\pi^2/T^2 = k/m \rightarrow T^2 = 4\pi^2 m/k$$

¿Qué fuerza mide el sensor? DCL



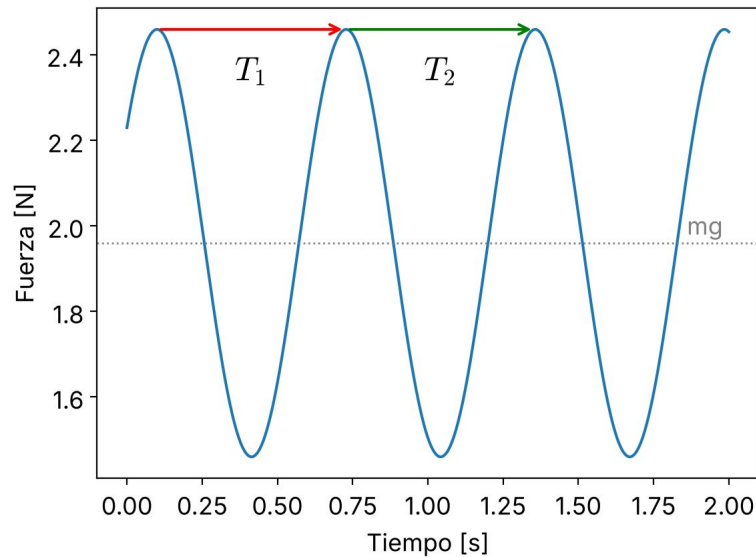
propuesta de caracterización con método dinámico

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) + mg/k + l_0$$

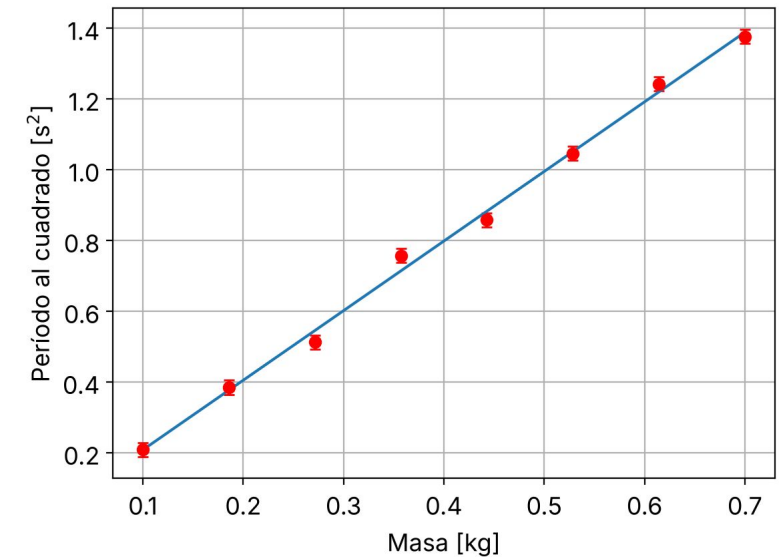
$$F = F_{el} = k(x - l_0) = kA \cos(\omega t + \phi) + mg$$

$$\omega^2 = 4\pi^2/T^2 = k/m \rightarrow T^2 = 4\pi^2 m/k$$

¿Qué fuerza mide el sensor? DCL



medimos para
varias masas



propuesta de caracterización: todos los pasos

1. montaje
2. **calibrar** el sensor con masas conocidas que cubran todo el rango: $F = k_1 V + k_0$
3. medir una masa quieta para caracterizar el **ruido** de la medición
4. elegir la **frecuencia de muestreo** y el **tiempo de medición**
5. colgar **varias** masas, soltarlas sin que se balanceen y registrar **$F(t)$**
6. buscar los picos y obtener el **período T** con su incerteza
7. graficar **T^2 contra m** y ajustar una recta: pendiente = $4\pi^2/k$
8. obtener **k** con su incerteza y comparar con el método estático
9. caracterizar correlacion con Pearson y evaluar chi cuadrado para bondad del ajuste
10. para la puesta en comun, **enviar mail a la catedra con la ultima figura que obtuvieron**

propuesta de caracterización: todos los pasos

1. montaje
2. **calibrar** el sensor con masas conocidas que cubran todo el rango: $F = k_1 V + k_0$
3. medir una masa quieta para caracterizar el **ruido** de la medición
4. elegir la **frecuencia de muestreo** y el **tiempo de medición**
5. colgar **varias** masas, soltarlas sin que se balanceen y registrar **$F(t)$**
6. buscar los picos y obtener el **período T** con su incerteza
7. graficar **T^2 contra m** y ajustar una recta: pendiente = $4\pi^2/k$
8. obtener **k** con su incerteza y comparar con el método estático
9. caracterizar correlacion con Pearson y evaluar chi cuadrado para bondad del ajuste
10. para la puesta en comun, **enviar mail a la catedra con la ultima figura que obtuvieron**
el resorte es ideal? cambia algo?