

# Sistemas Newtonianos

Unidad 2 - Métodos Experimentales  
Nicolás Mujica  
Marzo 2008

# Introducción

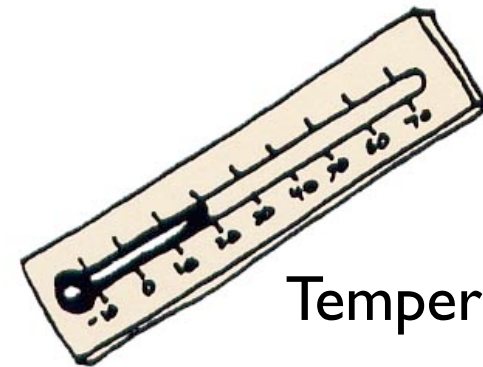
- Importancia elemental en procesos industriales, ingeniería en general y en la vida cotidiana



Velocidad



Flujo de un gas



Temperatura

Propiedades mecánicas del hormigón



Tiempo

# Cantidades físicas relevantes y su medición

## Dinámica Newtoniana

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Donde

$$\begin{aligned}\vec{F} &= \\ \vec{a} &= \dot{\vec{v}} \\ \vec{v} &= \dot{\vec{r}} \\ \vec{a} &= \ddot{\vec{r}}\end{aligned}$$

# Cantidades físicas relevantes y su medición

## Dinámica Newtoniana

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Donde

$\vec{F}$  → Fuerza

$\vec{a} = \dot{\vec{v}}$  → Aceleración

$\vec{v} = \dot{\vec{r}}$  → Velocidad

$\vec{a} = \ddot{\vec{r}}$

# Cantidades físicas relevantes y su medición

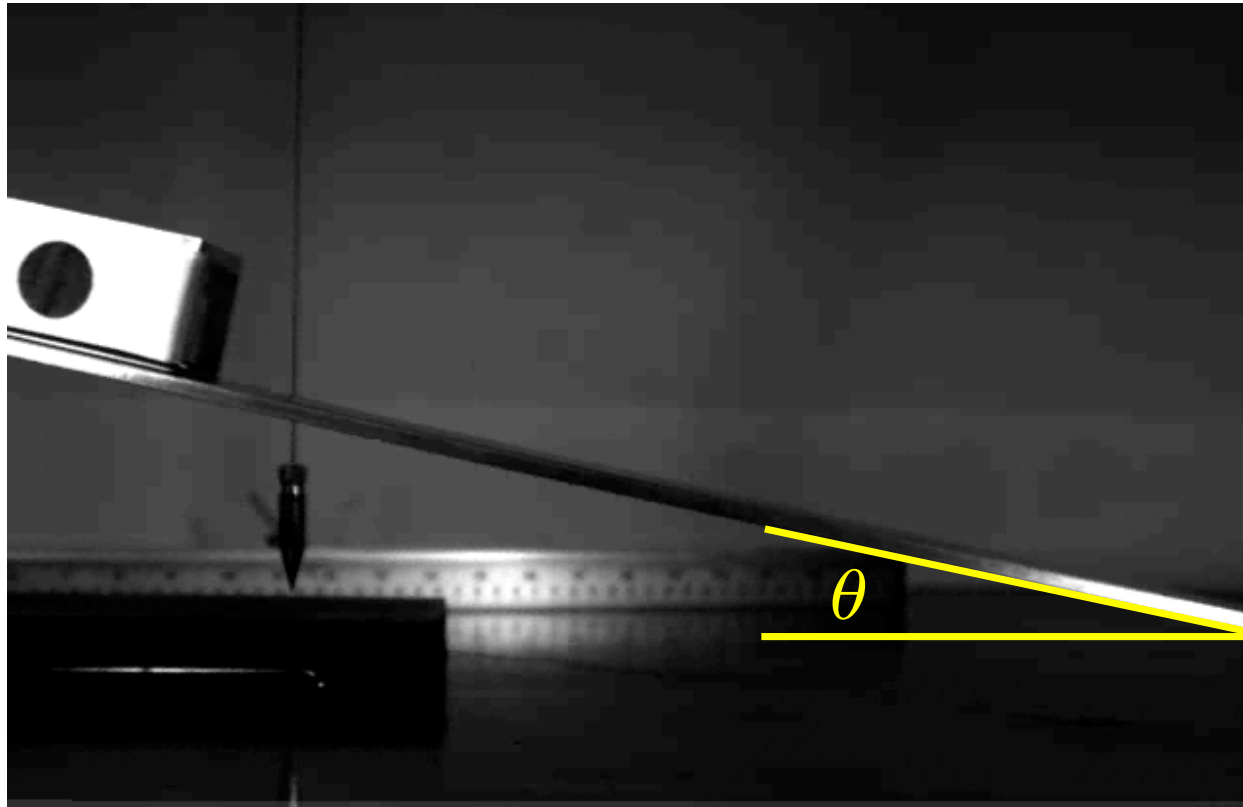
- Para medir fuerzas:
  - ★ Balanza
  - ★ Dinamómetro
  - ★ Resorte
  - ★ Masas
  - ★ Sensor de Fuerza (**strain gage**, Piezoeléctricos)

## Cantidades físicas relevantes y su medición

- Para medir aceleración: mediremos  $\Delta x$  y  $\Delta t$ 
  - ★ Regla
  - ★ Transportador
  - ★ Cronómetro
  - ★ **Cámara web** o mejor
  - ★ Sensores de velocidad y aceleración (Foto-compuertas, Velocimetría Doppler, Acelerómetros piezoeléctricos)

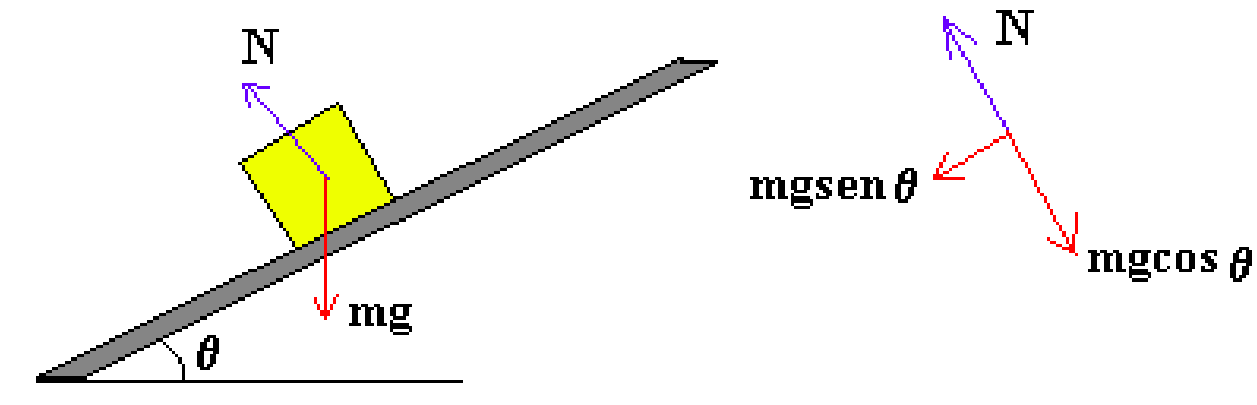
## Cantidades físicas relevantes y su medición

Ejemplo: ¿Cómo se miden los parámetros de fricción  $\mu_e$  y  $\mu_d$  usando una cámara?



# Cantidades físicas relevantes y su medición

Ejemplo: ¿Cómo se miden los parámetros de fricción  $\mu_e$  y  $\mu_d$  usando una cámara?



$$m\ddot{x} = mg \sin \theta - \mu N = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$$

$$\rightarrow \mu = \tan \theta - \frac{\ddot{x}}{g \cos \theta}$$



# Cantidades físicas relevantes y su medición

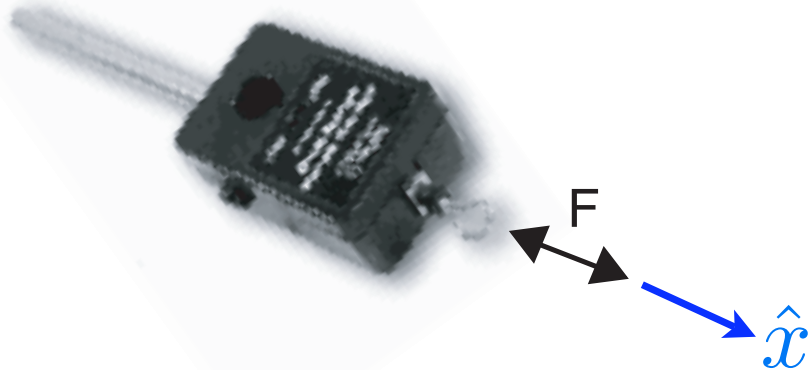
En este curso

- Fuerza: Sensor de fuerza tipo “Strain Gage”
  - ★ Lo usaremos hoy...
- Velocidades y aceleraciones: Cámara Web
  - ★ Se usará en dos semanas más...

# Cantidades físicas relevantes y su medición

En este curso

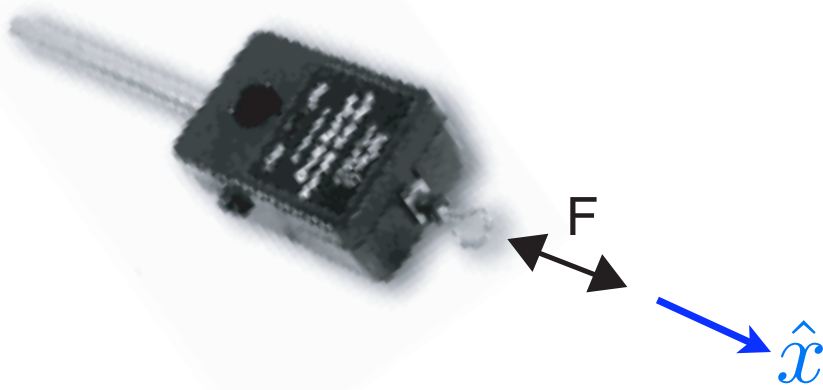
- Fuerza: Sensor de fuerza tipo “Strain Gage”
  - ★ Lo usaremos hoy...



$$\vec{F} = F \hat{x}$$

$$F = A \cdot U + B$$

## Cantidades físicas relevantes y su medición



$$\vec{F} = F \hat{x}$$

$$F = A \cdot U + B$$

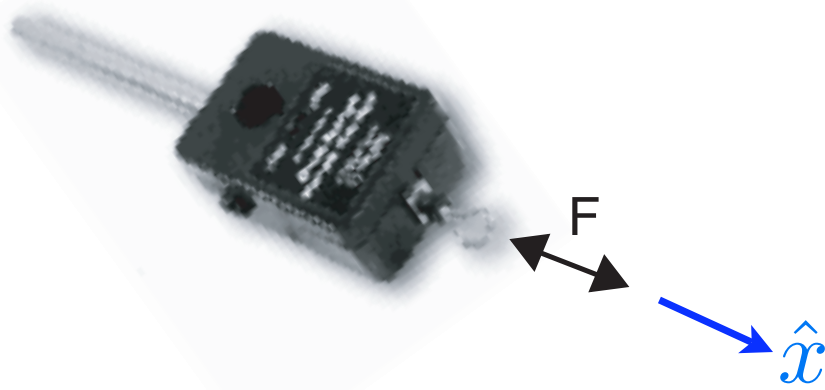
Rango  $\pm 10$  N:  $A = -4.9$  N/V ;  $B = 12.25$  N

Rango  $\pm 50$  N:  $A = -24.5$  N/V ;  $B = 61.25$  N

En ambos rangos  $F = 0$  implica  $U \approx 2.5$  V

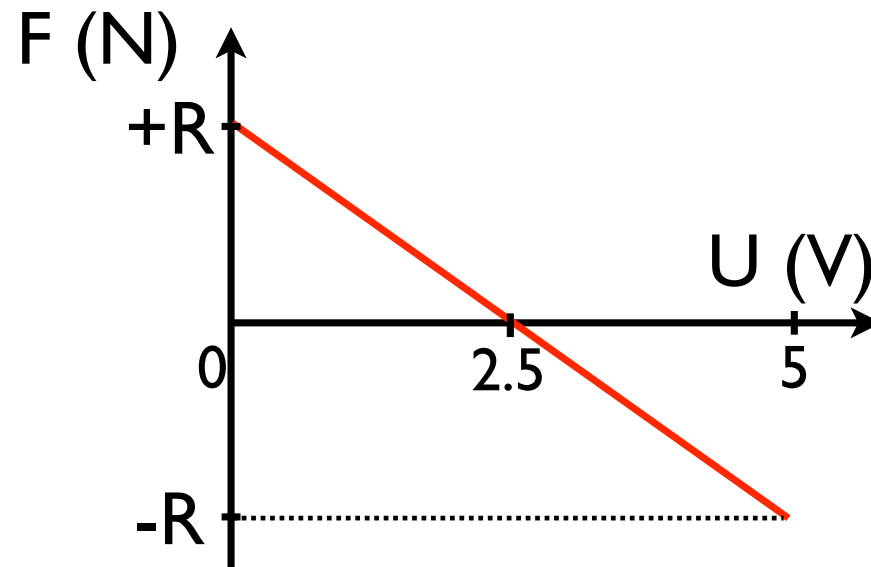
Atención: ustedes deberán decidir que rango conviene usar en la experiencia de hoy!!!

# Cantidades físicas relevantes y su medición



$$\vec{F} = F \hat{x}$$

$$F = A \cdot U + B$$



$$R = 10 \text{ o } 50$$

## Pregunta conceptual #1

(Ia) Si se mide una fuerza que varía entre 5 N y 6 N, que rango del sensor conviene usar?

(Ib) Si se mide una fuerza que varía entre 9 N y 11 N, que rango del sensor conviene usar?

## Pregunta conceptual #1

(1a) Si se mide una fuerza que varía entre 5 N y 6 N, que rango del sensor conviene usar?

R: 10 N por la resolución. Tarjeta de 12 bits = 1 a 4096, luego en el rango de 0 a 5 V da  $\approx 1.2$  mV

(1b) Si se mide una fuerza que varía entre 9 N y 11 N, que rango del sensor conviene usar?

## Pregunta conceptual #1

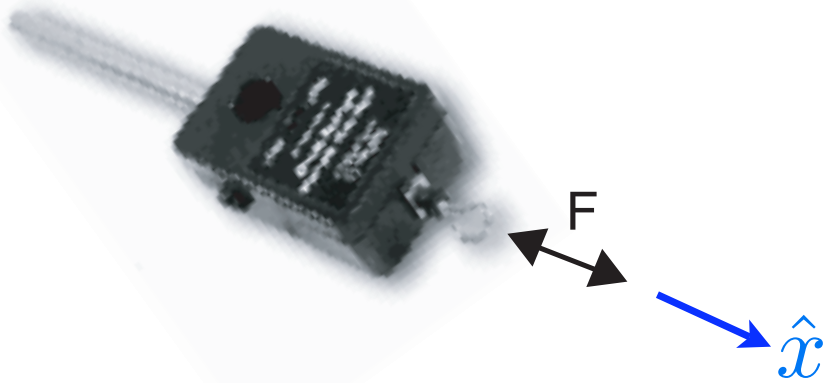
(1a) Si se mide una fuerza que varía entre 5 N y 6 N, que rango del sensor conviene usar?

R: 10 N por la resolución. Tarjeta de 12 bits = 1 a 4096, luego en el rango de 0 a 5 V da  $\approx 1.2$  mV

(1b) Si se mide una fuerza que varía entre 9 N y 11 N, que rango del sensor conviene usar?

R: 50 N porque las medidas sobre 10 N saturarán el sensor de fuerza (pesar un auto con una balanza de baño...)

# Cantidades físicas relevantes y su medición

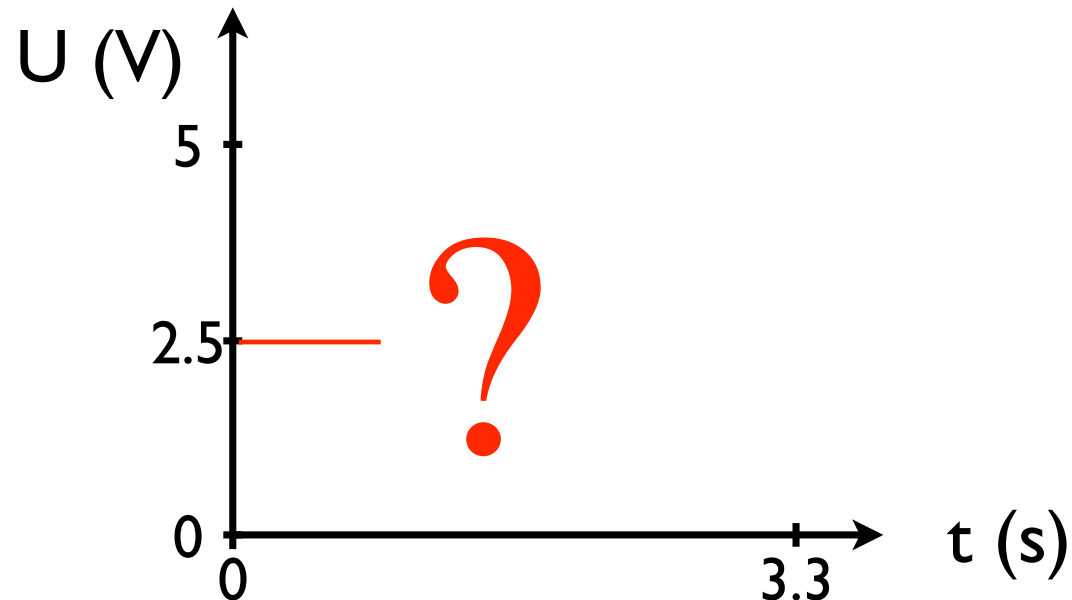


$$\vec{F} = F \hat{x}$$

$$F = A \cdot U + B$$

## Pregunta conceptual #2

Que pasa cuando se tira el gancho?



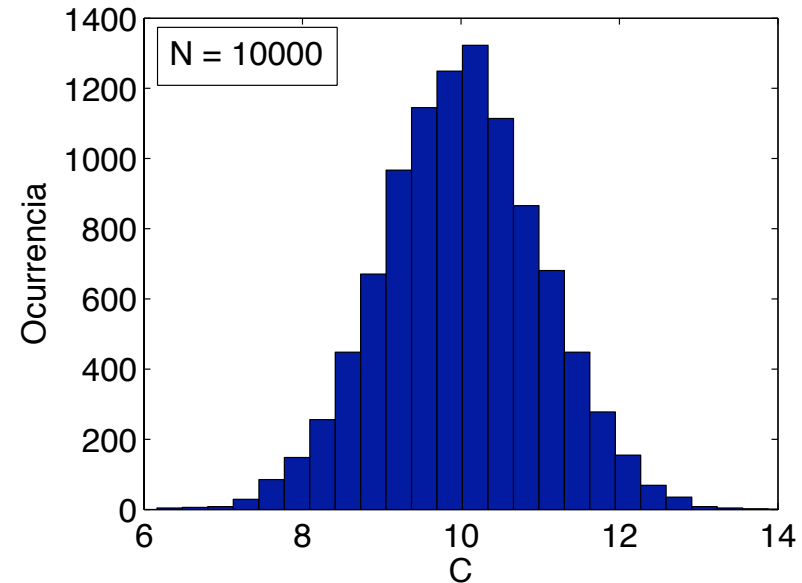
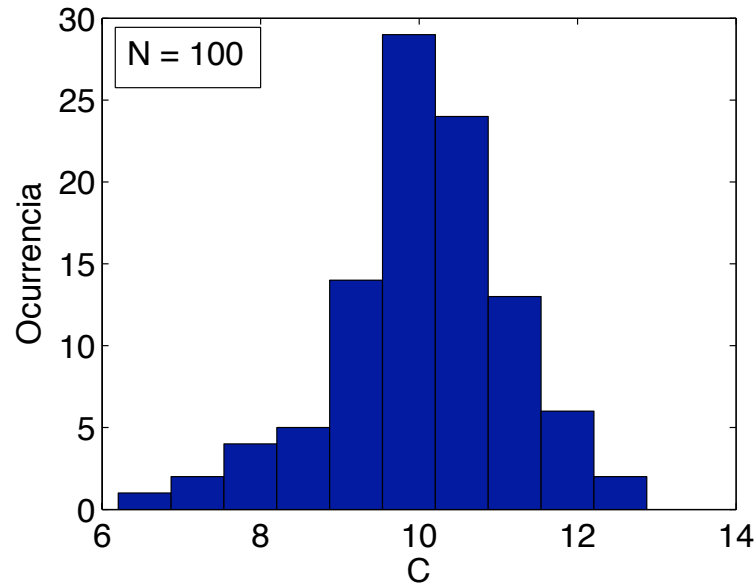


# Tratamiento estadístico básico de datos

- Al realizar varias ( $N$ ) veces una medición de una cantidad física nos damos cuenta que no siempre obtenemos el mismo resultado
  - ➔ Hay errores en el proceso de medición
- Veremos cómo analizar estos resultados en términos estadísticos
  - ➔ Distribución de ocurrencia o de probabilidad
  - ➔ Usualmente es una Gaussiana ( $N$  grande)
  - ➔ Valor medio y desviación estándar

# Tratamiento estadístico básico de datos

## Distribuciones de ocurrencia = Histograma

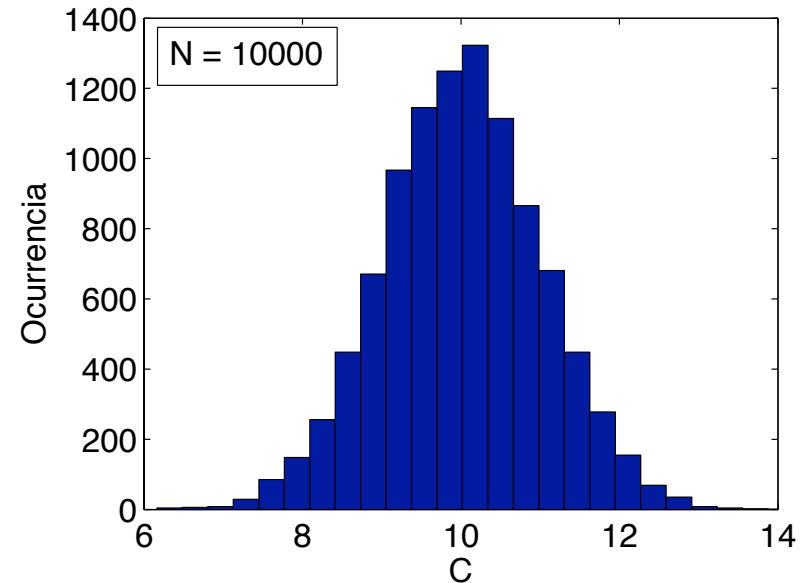
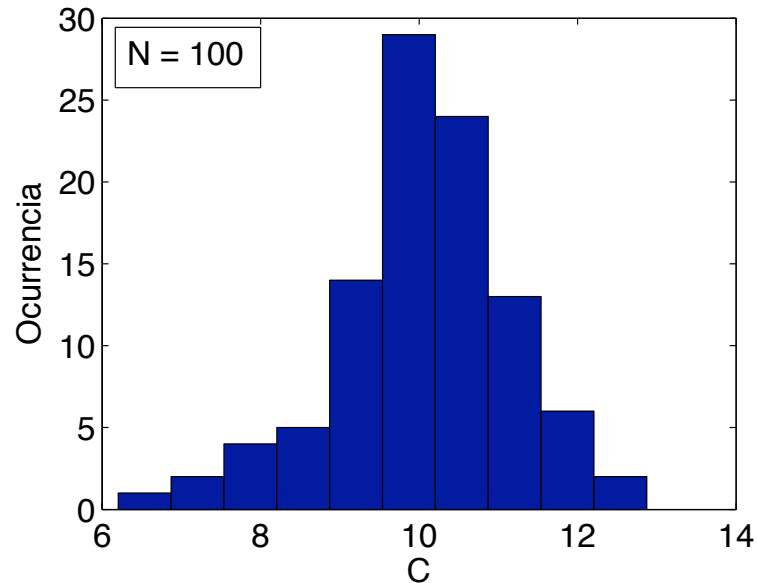


Valor medio:  $\bar{C} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i,$

Desviación estándar:  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i - \bar{C})^2}$

# Tratamiento estadístico básico de datos

## Distribuciones de ocurrencia = Histograma



$\approx 68\%$  de los datos están en el rango  $[\bar{C} - \sigma, \bar{C} + \sigma]$

$\approx 95\%$  de los datos están en el rango  $[\bar{C} - 2\sigma, \bar{C} + 2\sigma]$

$\approx 99\%$  de los datos están en el rango  $[\bar{C} - 3\sigma, \bar{C} + 3\sigma]$

# Errores de medición

- **Errores sistemáticos:** Son aquellos errores asociados a una imperfección en el proceso de medición. Se dice que van “en una dirección”.
  - ➔ Reloj que se atrasa
  - ➔ Regla deformada
  - ➔ Error de paralaje
  - ➔ Ángulo en el problema de plano inclinado
  - ➔ Etc...

Para minimizarlos se deben analizar cuidadosamente las fuentes o comparar con otros métodos de medición

# Errores de medición

- **Errores aleatorios:** Son errores que se producen fortuitamente. Se dice que van “ambas direcciones”.
  - ➔ Precisión y ruido propio de un instrumento
  - ➔ Fluctuaciones intrínsecas de una cantidad

Para minimizarlos se debe usar adecuadamente un instrumento y en general un gran número de medidas y promediar los resultados

# Tratamientos de errores

- Representación:
  - ➔ Error absoluto: se asocia como la desviación estándar

$$C = \bar{C} \pm \Delta C$$

- ➔ Error relativo: cociente entre el error absoluto y el valor medio

$$\epsilon_c = \frac{\Delta C}{\bar{C}}$$

## Cifras significativas

Se realizan una serie de medidas de una cantidad física

1,23245

1,23542

1,23910

1,23145

1,23132

1,22981

1,23437

1,24014

## Cifras significativas

Se realizan una serie de medidas de una cantidad física

1,23245

1,23542

1,23910

1,23145

1,23132

1,22981

1,23437

1,24014

Matlab nos da:

Promedio = 1,2342575

Desviación estándar = 0,00376024220345

Tiene sentido tantas cifras?



## Cifras significativas

Se realizan una serie de medidas de una cantidad física

1,23245

1,23542

1,23910

1,23145

1,23132

1,22981

1,23437

1,24014

Matlab nos da:

Promedio = 1,2342575

Desviación estándar = 0,00376024220345

Tiene sentido tantas cifras?

## Cifras significativas

Se realizan una serie de medidas de una cantidad física

1,23245

1,23542

1,23910

1,23145

1,23132

1,22981

1,23437

1,24014

Matlab nos da:

Promedio = 1,2342575

Desviación estándar = 0,00376024220345

Tiene sentido tantas cifras?

## Cifras significativas

Se realizan una serie de medidas de una cantidad física

1,23245

1,23542

1,23910

1,23145

1,23132

1,22981

1,23437

1,24014

Matlab nos da:

Promedio = 1,234

Desviación estándar = 0,004

Decimos entonces que la cantidad  
tiene 4 cifras significativas

# Uso de la tarjeta y de los programas de adquisición

Antes de comenzar cambien en sus cuentas CEC el separador decimal coma (,) por un punto (.) en “Configuración Regional” del Panel de Control de Windows.

# Uso de la tarjeta y de los programas de adquisición

Experiencia I:

1) Conectar el sensor

- Cable Negro = Tierra  $\longrightarrow$  GND
- Cable Rojo = Señal  $\longrightarrow$  AI0
- Cable Naranja = +5 V  $\longrightarrow$  AO0

2) Usar “Measurement & Automation” para verificar que tarjeta y sensor funcionan bien.

# Uso de la tarjeta y de los programas de adquisición

Experiencia 2:

- 1) Usar “SignalExpress” para medir señales de fuerza y grabarlos en el disco duro. Antes de lanzar cierre la aplicación “Measurements & Automation”.
- 2) Abrir “Tension de Corte” que se encuentra en U-Cursos.
- 3) Recomendación: No cambien los parámetros predefinidos, de hacerlo anoten bien los parámetros originales.
- 4) Determinar parámetros de adquisición y procedimientos experimentales. Usar siempre hilo “nuevo”, del mismo largo.
- 5) Especial atención con determinar el rango del sensor ( $\pm 10$  N o  $\pm 50$  N?)

# Uso de la tarjeta y de los programas de adquisición

## Experiencia 3:

- 1) Realice al menos 15 mediciones de tensión de corte de su hilo. Anote los resultados en una tabla, donde debe especificar la unidad de la cantidad medida.
- 2) Comparta sus resultados con los otros grupos de su mesa