

Sistemas Newtonianos

Unidad 2 - Métodos Experimentales
Nicolás Mujica
Marzo 2008

Introducción

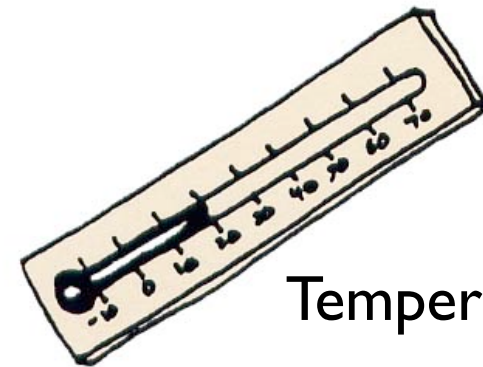
- Importancia elemental en procesos industriales, ingeniería en general y en la vida cotidiana



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

$$\begin{array}{lcl} \vec{F} & \longrightarrow & \text{Fuerza} \\ \vec{a} = \dot{\vec{v}} & \longrightarrow & \text{Aceleración} \\ \vec{v} = \dot{\vec{r}} & \longrightarrow & \text{Velocidad} \\ \vec{a} = \ddot{\vec{r}} & & \end{array}$$

Cantidades físicas relevantes y su medición

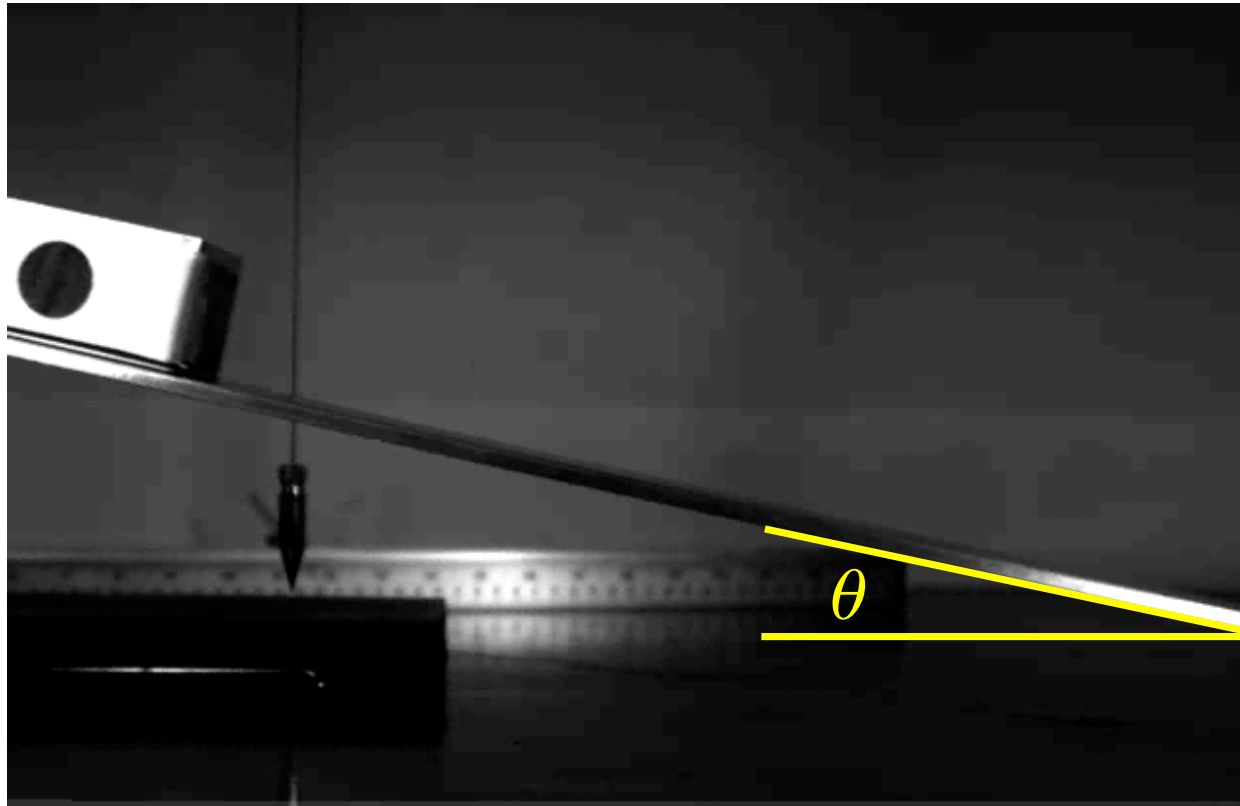
- Para medir fuerzas:
 - ★ Balanza
 - ★ Dinamómetro
 - ★ Resorte
 - ★ Masas
 - ★ Sensor de Fuerza (**strain gage**, Piezoeléctricos)

Cantidades físicas relevantes y su medición

- Para medir aceleración: mediremos Δx y Δt
 - ★ Regla
 - ★ Transportador
 - ★ Cronómetro
 - ★ Cámara web o mejor
 - ★ Sensores de velocidad y aceleración (Foto-compuertas, Velocimetría Doppler, Acelerómetros piezoeléctricos)

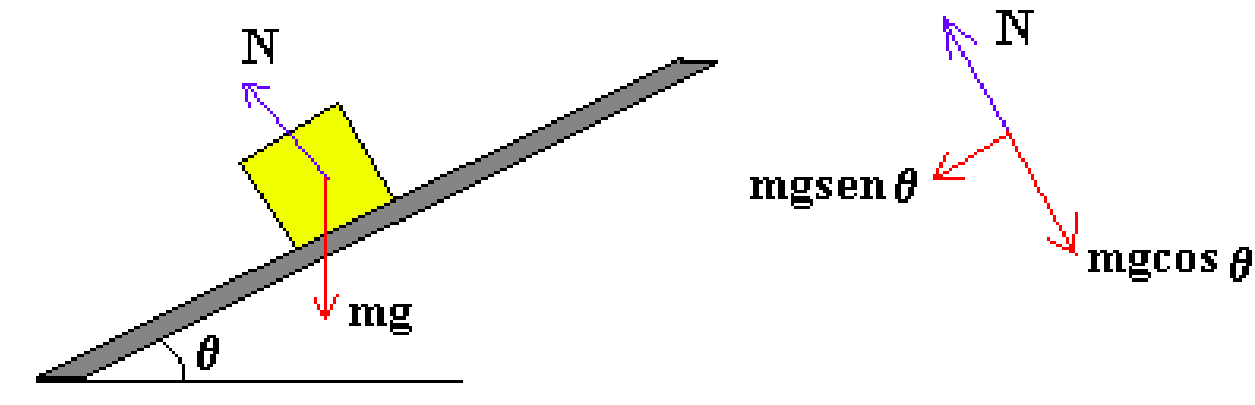
Cantidades físicas relevantes y su medición

Ejemplo: ¿Cómo se miden los parámetros de fricción μ_e y μ_d usando una cámara?



Cantidades físicas relevantes y su medición

Ejemplo: ¿Cómo se miden los parámetros de fricción μ_e y μ_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

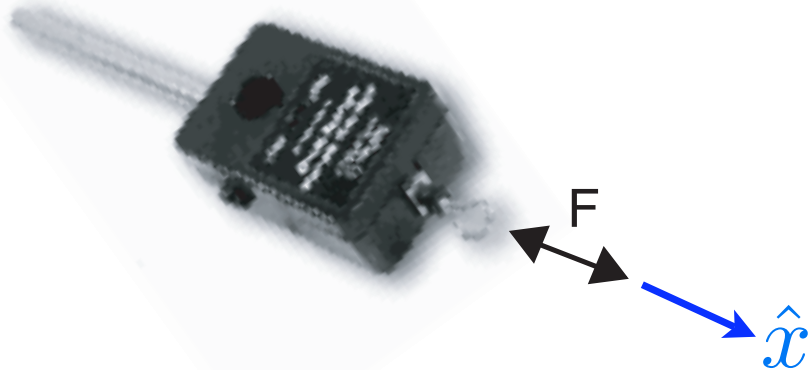
En este curso

- 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

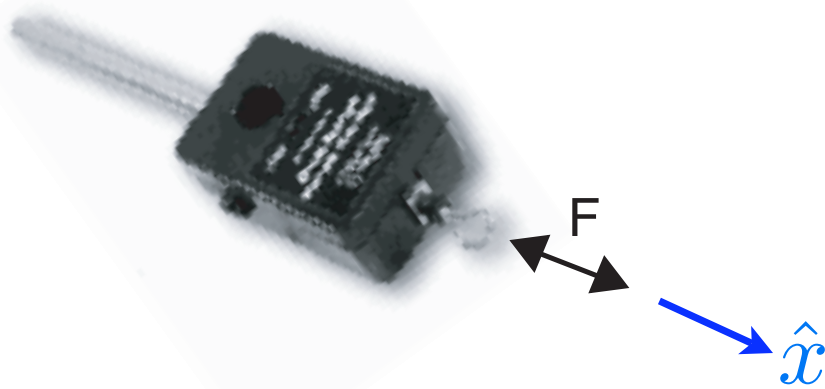
- Fuerza: Sensor de fuerza tipo “Strain Gage”
 - ★ Lo usaremos hoy...



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

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

Cantidades físicas relevantes y su medición



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

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

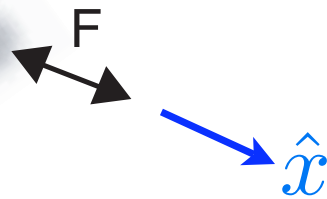
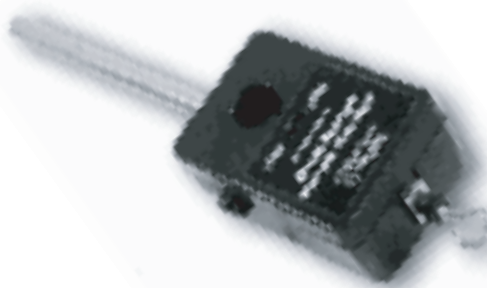
Rango ± 10 N: $A = -4.9 \text{ N/V}$; $B = 12.25 \text{ N}$

Rango ± 50 N: $A = -24.5 \text{ N/V}$; $B = 61.25 \text{ N}$

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

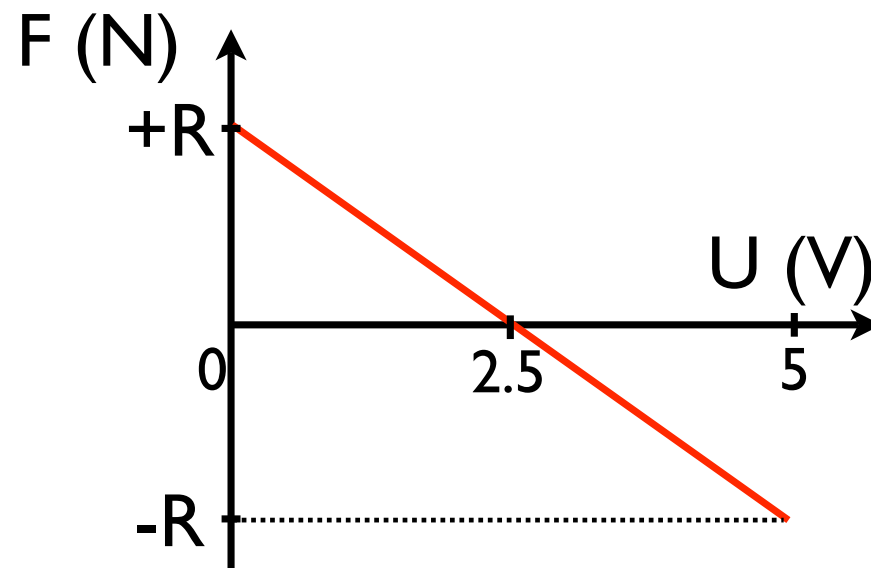
Atención: ustedes deberán decidir que rango conviene usar en la experiencia de hoy!!!

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 $\approx 1.2 \text{ mV}$

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

Pregunta conceptual #1

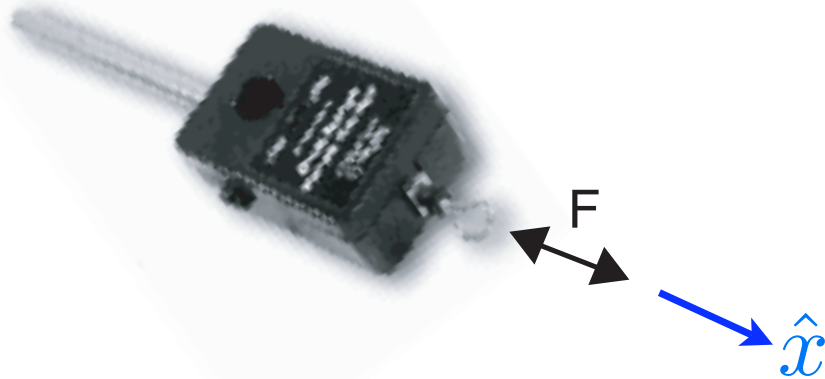
(1a) Si se mide una fuerza que varía entre 5 N y 6 N, que rango del sensor conviene usar?

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

(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

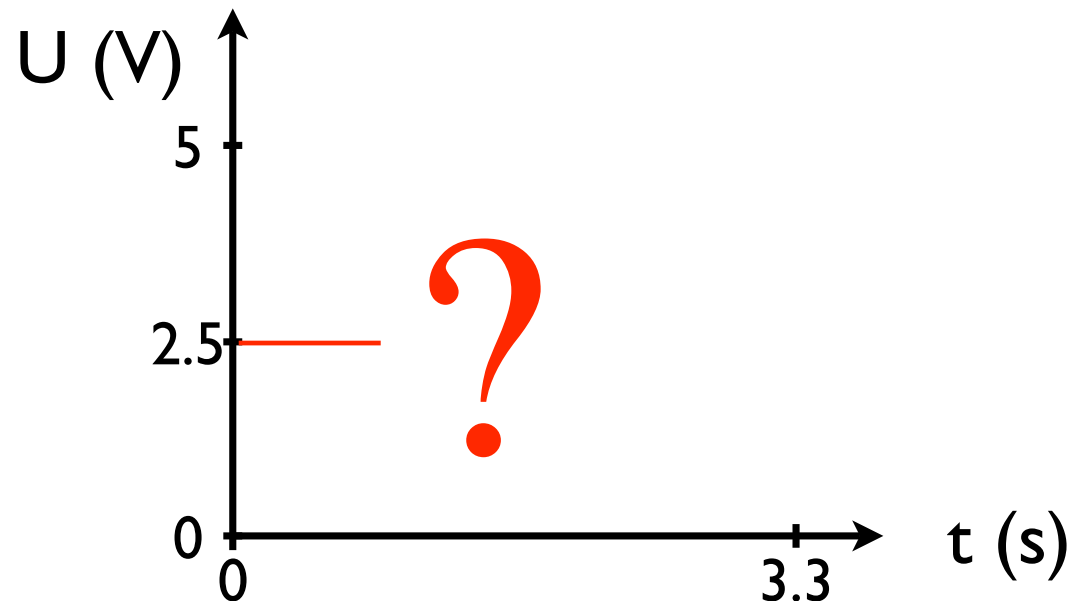


$$\vec{F} = F \hat{x}$$

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

Pregunta conceptual #2

Que pasa cuando se tira el gancho?

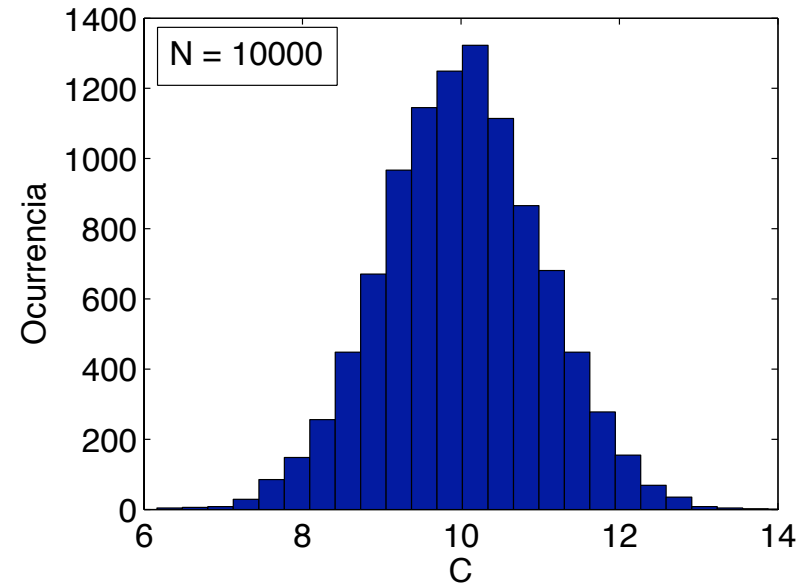
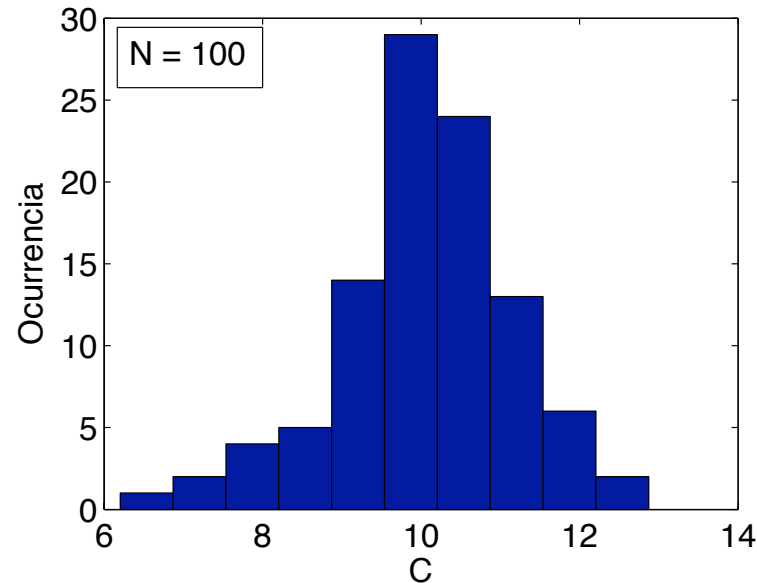


Tratamiento estadístico básico de datos

- 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

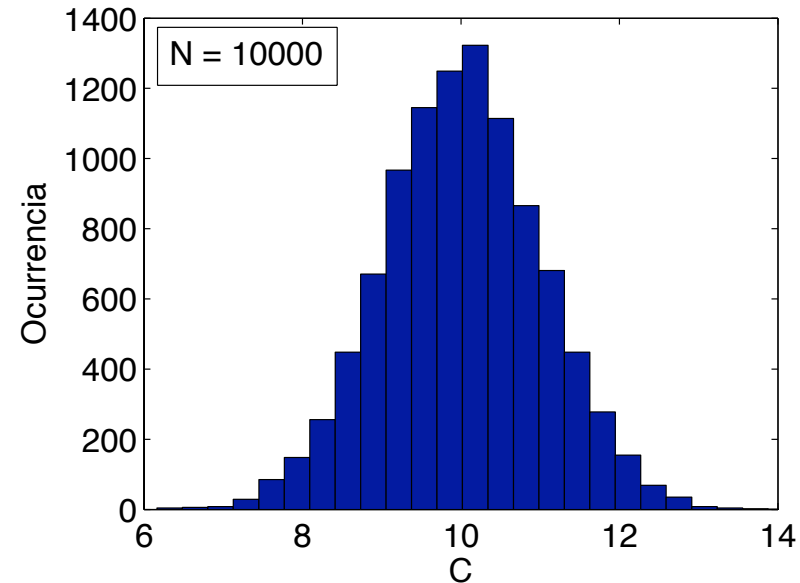
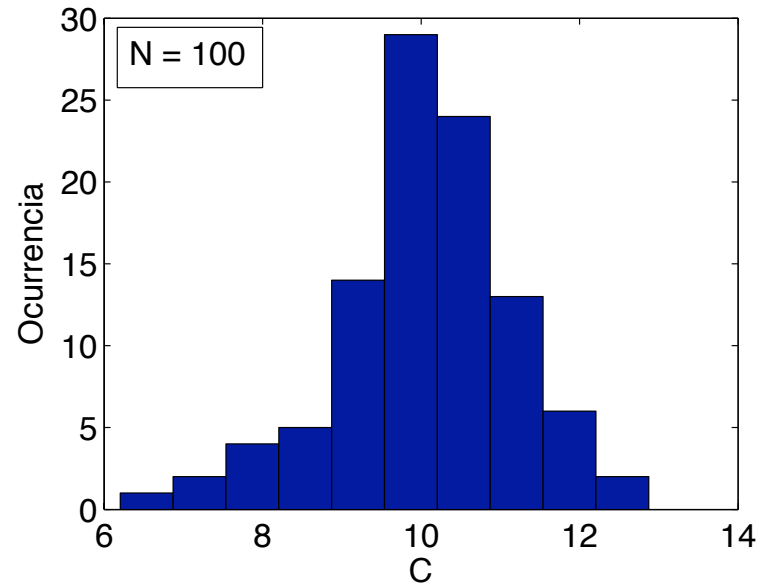


Valor medio: $\bar{C} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i,$

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: cuociente 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  GND
- Cable Rojo = Señal  AI0
- Cable Naranja = +5 V  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 (± 10 N o ± 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