

Laboratorio de Medidas Físicas - CLASE INICIAL

Paulo Valente - Viernes 10-13h
pvalente@fing.edu.uy

Muy bien venidos!!

1. Objetivos del curso

- Familiarizarse con técnicas experimentales y confrontarse con las dificultades inherentes del método experimental
- Aprender a combinar diferentes herramientas para el abordaje de los problemas
- Tomar contacto con los sistemas de medida, la adquisición y tratamiento de datos
- Aprender nociones acerca de análisis de errores y estimación de incertidumbres
- Documentar adecuadamente los resultados
- Deducir conclusiones al confrontar los resultados con los modelos teóricos.

2. Medidas e Incertidumbres

Medir es hacer una pregunta, dejando que la naturaleza responda por si sola.

Elegimos un **PATRÓN** de referencia y asociamos a este un valor numérico **ARBITRARIO!** Así se define un sistema de unidades.

Ejemplos:

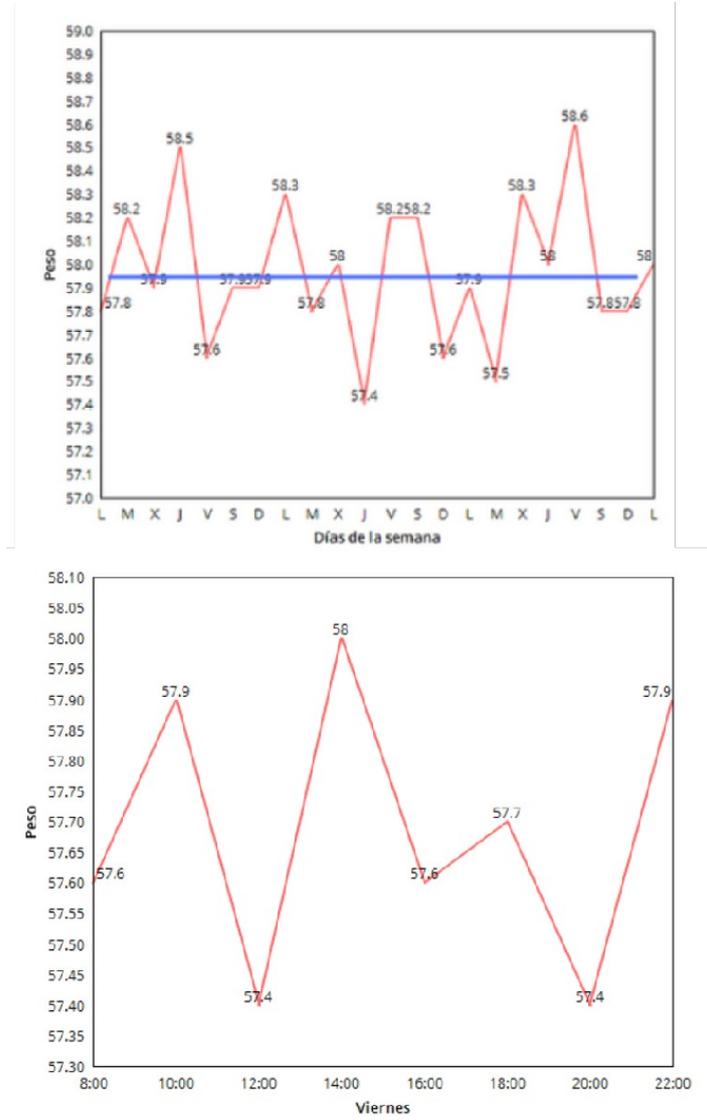
- Distancia: El **metro patrón** (*primario*) es barra de platino. Las cintas métricas son patrones secundarios, o en la práctica, terciario, quaternario, etc.
- Tiempo: El **segundo patrón** (*primario*) es un determinado número finito de oscilaciones del campo eléctrico de la luz en un longitud de onda elegido. Los *relojes* son sistemas físicos que también oscilan y se comparan con el patrón primario.
- Masa: El **quilo patrón** corresponde al peso de un determinado objeto fijado en determinada localidad de la tierra y mantenido en atmósfera controlada. Las balanzas son los patrones secundarios.

QUEDAN LAS PREGUNTAS:

*Como determinar el valor que mejor representa la magnitud que se quiere evaluar?
De que depende tu magnitud? Del tiempo? De la temperatura? Existen copias?*

Ejemplo 1 Determinación del peso corporal. <https://doctorazuluaga.com/mi-peso-y-yo/>

Figura 1: Variación del peso cuerpo (*Homo sapiens*)



Ejemplo 2 La temperatura meteorológica; INUMET

Ejemplo 3 la cotización de un valor en la economía (moneda extranjera, acciones, commodities) USD en tiempo real

La conclusión es que toda magnitud mensurable tiene variaciones y **toda medida lleva una incertidumbre!**

Hay algunas excepciones: Sí, existen magnitudes absolutas (al menos hasta el momento), como por ejemplo la **velocidad de la luz en el vacío** $c = 299792458$ m/s (datos del NIST). Note la incertidumbre!

3. Conceptuando y cuantificando la incertidumbre

3.1. Fijando la notación

En pocas palabras... el resultado de la medida debe ser expresado junto con su incertidumbre

$$x = \bar{x} \pm u(x) \quad (1)$$

$$u(x) = \delta x = \Delta x \dots \quad (2)$$

Ejemplo 4 En el caso del peso arriba, podemos estimar del gráfico diario

$$M_{viernes} = 57,7 \pm 0,3 = 57,7(3) \text{ kg} \quad (3)$$

$$M_{mensual} = 57,9 \pm 0,5 = 57,9(5) \text{ kg} \quad (4)$$

3.2. Qué significa?

A $u(x)$ le decimos la **incertidumbre** en la medida de x , mientras que \bar{x} es el *mensurando*, o **valor medido**, o **valor medio** o **valor más probable** de la magnitud x .

Con eso se puede visualizar un intervalo de valores: $[\bar{x} - u(x), \bar{x} + u(x)]$. La incertidumbre define un rango de resultados más probable para el resultado de una medida.

3.3. Exactitud o precisión?

Notando que SIEMPRE \bar{x} y $u(x)$ tienen las mismas unidades, se puede diferenciar error de incertidumbre con los conceptos de exactitud y precisión.

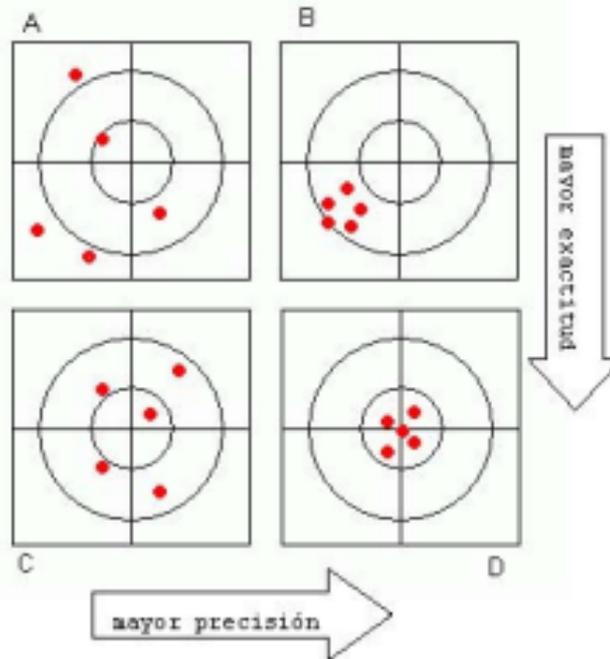
error relativo	$\frac{ \bar{x} - x_{ref} }{x_{ref}} \times 100\%$	genera una medida exacta
incertidumbre relativa	$\frac{u(x)}{\bar{x}} \times 100\%$	genera una medida precisa

3.4. De dónde vienen?

Típicas fuentes de errores de forma general

- Errores sistemáticos
 - Mal diseño del experimento
 - Definición errónea del mensurando
 - Errores humanos por mal uso de los instrumentos
 - Instrumentos descalibrados
 - Influencias ambientales

Figura 2: Representación de posibles resultados



■ Errores aleatorios

- Errores humanos por mal uso de los instrumentos
- Instrumentos descalibrados
- Influencias ambientales
- Propiedad de la magnitud que se quiera medir (gotas de lluvia, taza de electrones en una corriente eléctrica, flujo de fotones de un laser)

4. Una clasificación

A) **Tipo A.** Las incertidumbres del tipo A son aquellas evaluadas por un **procedimiento estadístico**, siempre que el procedimiento involucre una de las dos situaciones:

1. Repetición de varias medidas idénticas (la misma magnitud medida varias veces, en las mismas condiciones). Ej: el peso medio de una persona.
2. Diferentes medidas hechas sobre diversas "copias" del sistema. En una bolsa de bolitas, cuál es el diámetro medio?

B) **Tipo B.** Las incertidumbres del tipo B serían la combinación de todas las demás.

1. La principal es la **incertidumbre del instrumento**
2. Determinadas por una fórmula de propagación.
3. Instrumentos mal calibrados

4. Diferencias geométricas

- INSTRUMENTO ANALÓGICO. LA INCERTIDUMBRE ES MITAD DE LA MENOR DIVISIÓN!
- LA INCERTIDUMBRE DE INSTRUMENTOS DIGITALES DEPENDEN DE LA CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA Y ES DETERMINADA SEGÚN ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE.

Ejemplo 5 *Cinta métrica o regla: menor división (apreciación): 1 mm; incertidumbre $u(x) = 0,5\text{mm}$.*

Al medir el tamaño de un objeto largo, encontramos *lapiz: 8,65 cm = 86,5 ± 0,5 mm*
Siempre se puede estimar la última cifra en algún punto entre la división más chica.

5. Cifras significativas y redondeo numérico

5.1. Cifras significativas

Son las cifras de un número que corresponden a la precisión de la medida. Tanto más preciso un instrumento, mayor en número de cifras significativas que tendremos en el resultado de la medida.

(ver ejemplo ejemplos en el repartido)

5.2. Redondeo

Casi siempre, para escribir un resultado final, debemos limitarnos a un número máximo de cifras para determinar un resultado o expresar cualquier magnitud numérica. En general, queremos *reducir* el número de cifras.

Caso 6 *Regla fundamental*

$$3,54 \rightarrow 3,5$$

$$3,56 \rightarrow 3,6$$

$$2,5 \rightarrow 3$$

$$3,5 \rightarrow 4$$

Caso 7 *Pasando de 4 a 3 cifras*

$$2,345 \rightarrow 2,35$$

$$2,334 \rightarrow 2,33$$

El redondeo numérico es el ÚLTIMO PASO en la presentación de los resultados. Los cálculos intermedios deben ser hechos con el mayor número de cifras posible.

Caso 8 *Un criterio muy importante*

TODAS LAS INCERTIDUMBRES SE EXPRESAN CON 1 CIFRA SIGNIFICATIVA

$$M = 57764,43 \pm 348,10 \text{ g} \quad (5)$$

$$M = 57,76443 \pm 0,34810 \text{ kg} \quad (6)$$

$$M = 57,8 \pm 0,4 \text{ kg} \quad (7)$$

6. Propagación de Incertidumbres

Ejemplo 9 *Energía Cinética. Los mensurandos son masa y velocidad.*

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = 2,2 \pm 0,2 \text{ m/s} = 2,2(2)$$

$$m = 7,8 \pm 0,3 \text{ kg} = 7,8(3)$$

$$\frac{u(v)}{v} = \frac{0,2}{2,2} = 0,09 = 9\%$$

$$\frac{u(m)}{m} = \frac{0,3}{7,8} = 0,038 = 3,8\%$$

$$E = E_o \pm u(E)$$

$$E_o = \frac{1}{2}7,8 \times 2,2^2$$

$$E_o = 18,8760 \text{ J}$$

$$df = \frac{df}{dx} dx$$

$$df = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial z} dz$$

$$\Delta f^2 = \left(\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x \right)^2 + \left(\left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y \right)^2 + \left(\left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| \Delta z \right)^2$$

$$\begin{aligned} u(E) &= \sqrt{\left(\frac{v^2}{2}\right)^2 u(m)^2 + (mv)^2 u(v)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{2,2^2}{2}\right)^2 \times 0,3^2 + (7,8 \times 2,2)^2 \times 0,09^2} \\ u(E) &= 3,5079 \end{aligned}$$

$$E = E_o \pm u(E) \text{ J}$$

$$E = 18,8760 \pm 3,5079 \text{ J}$$

$$E = 19 \pm 4 \text{ J}$$