Laboratorio de Física EX1004

Profesor: _______________

EX1004
Grupo: LA__

Octubre 2017

Realización de las prácticas

Son **obligatorias** para todos los estudiantes para aprobar la asignatura.

- No se convalida el laboratorio a los alumnos repetidores.
- Toda la información para realizar las prácticas está en la web de física (http://www.fisica.uji.es/) y en el aula virtual de la asignatura (https://aulavirtual.uji.es).

Las prácticas se realizarán en grupos de **2 personas** en el laboratorio TD2305AL/ TD2306AL. Cada grupo debe traer al laboratorio un cuarderno de laboratorio standard para el registro de datos experimentales y notas.

Tras la realización de cada práctica, el grupo de trabajo realizará una memoria y la entregará al profesor al inicio de la siguiente sesión. La última memoria se entregará en el plazo de una semana.
Las **memorias** se deben realizar en formato **Word**, incluyendo gráficos y figuras adecuados, en el formato disponible en en la web de física y en el aula virtual de la asignatura.
Las memorias se evaluarán de acuerdo con los **criterios de valoración** disponibles en el aula virtual y en la web de física.

Realización de las prácticas

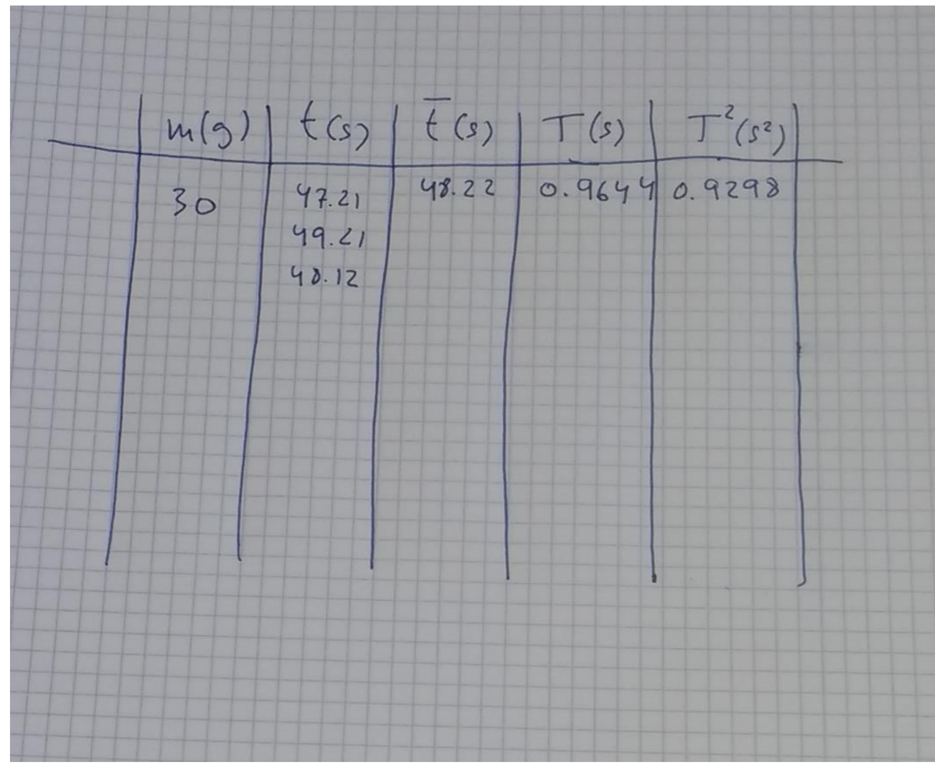
Cuaderno de laboratorio y notas experimentales

- Todas las notas experimentales deben realizarse en el cuaderno de laboratorio, que será único para cada grupo.
- El propósito primordial de la toma de datos durante la realización de las prácticas:
    - **Preservar datos y observaciones** experimentales.

- Las notas deben ser claras, concisas y , sobre todo, completas : se consigna toda aquella información necesaria para comprender e interpretar posteriormente los datos, tanto con respecto a las acciones realizadas, como el resultado de las medidas.
- Es muy importante completar los datos experimentales de forma ordenada, utilizando **tablas** siempre que se haga un experimento cambiando una variable determinada. El formato de tabla permite analizar los datos conjuntamente, ver las tendencias de los datos, y localizar errores si los hubiere.

Realización de las prácticas

Las tablas se registrarán en el cuaderno de laboratorio y las medidas se apuntan directamente en la tabla.



$m(g)$	$t(s)$	$\bar{t}(s)$	$T(s)$	$T^2(s^2)$
30	47.21 49.21 48.12	48.22	0.9644	0.9298

Realización de las prácticas

Memoria de Prácticas

Departamento Física
Memoria Laboratorio
Física I

UNIVERSITAT JAUME I

Titulación	
Asignatura	
Grupo laboratorio	
nº y título práctica	
Profesor/a	
Fecha	
Estudiante (apellidos, nombre)	
Estudiante (apellidos, nombre)	
Estudiante (apellidos, nombre)	
Incidencias (cambio de grupo, etc.)	

Escribid aquí el cuerpo de la memoria

(debe reflejarse los datos experimentales, así como las figuras indicadas en el guion, los ajustes lineales, los cálculos realizados para llegar a los resultados finales y el análisis de errores. También deberá responderse a las cuestiones finales del guion.)

Evaluación (profesor/a)

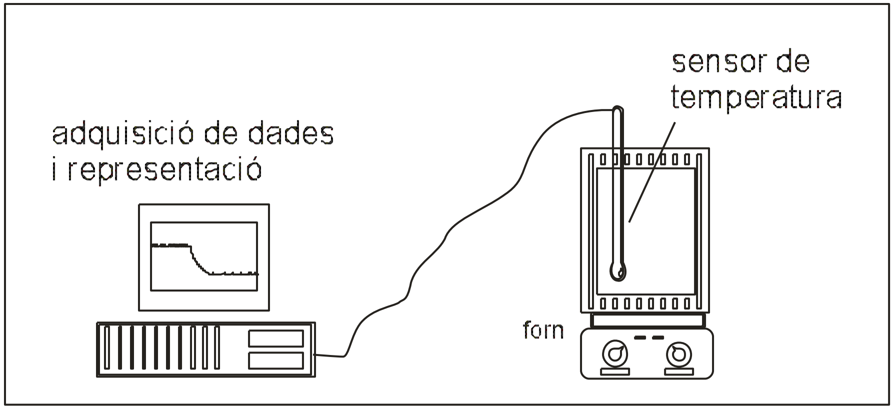
Criterio	Puntuación	Comentarios
1		
2		
3		
4		
5		

Criterios de Evaluación

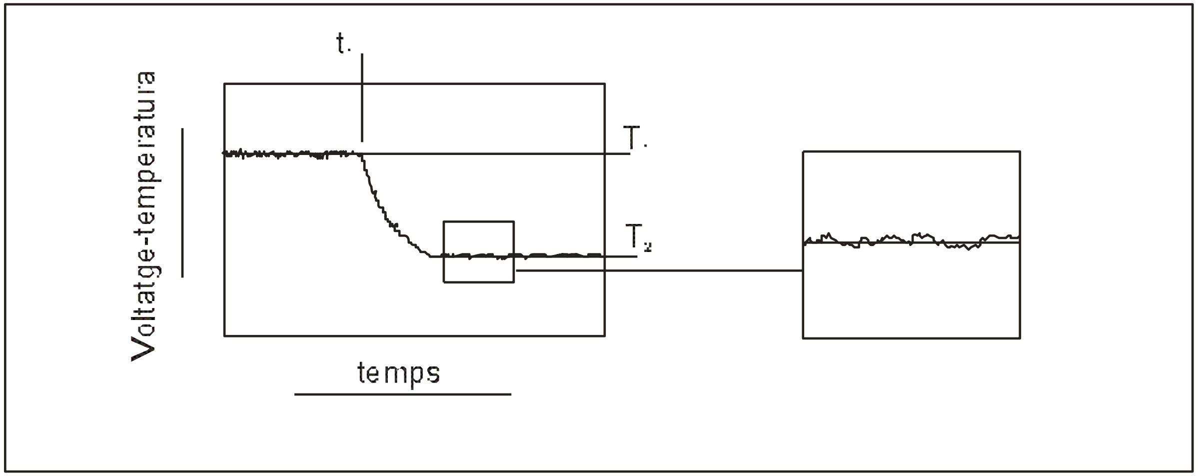
Concepto	Criterios	Puntuación
1. Datos	- Los datos se muestran con cifras significativas adecuadas. - Los datos y resultados numéricos se muestran con las unidades físicas y estas son correctas. - Las tablas están correctamente elaboradas: identificación columnas, identificación y leyenda de tabla.	2
1. Gráficos	Los gráficos son claros y precisos: - Llevan el nombre de los ejes con unidades. - Escalas correctas. - Están identificados correctamente y llevan una leyenda del gráfico. - Facilitan la compresión del experimento.	2
1. Estructura memoria y discusión	- La memoria está redactada con estructura narrativa que permite formar un texto comprensible. - Se explica cómo se obtiene el resultado final a partir de las medidas del laboratorio siguiendo el método expuesto en el guion. - Se discute la relación entre las variables y las medidas y se analiza lógicamente la tendencia de los datos obtenidos. - Se compara los resultados con las predicciones teóricas, teniendo en cuenta el error de los resultados obtenidos. - Se responde correctamente a las cuestiones.	2
1. Resultados	- Los datos obtenidos en tablas y gráficos son correctos, y presentan poca dispersión. - El resultado numérico es correcto según las condiciones del experimento y los objetivos indicados en el guion. - Los resultados están expresados correctamente, con su error correspondiente y el redondeo de cifras significativas correcto. - El cálculo de errores es correcto y se explica adecuadamente.	4

Registro de datos

- Monitorización de la temperatura de un horno



Fluctuación de las medidas

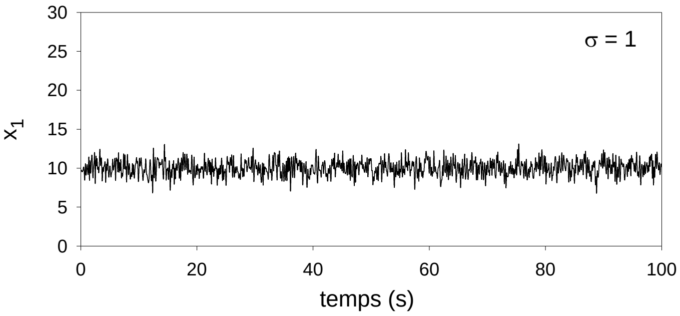


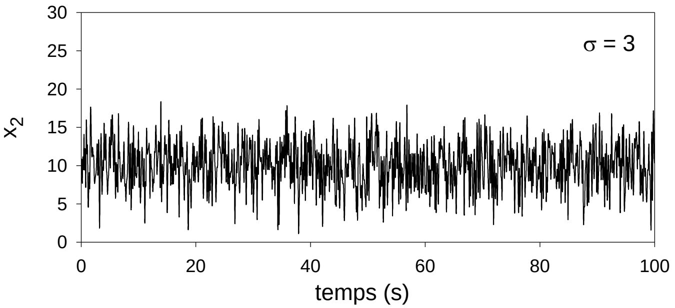
Variables aleatorias

- Dos variables aleatorias con valor cuadrático medio distinto

$$\bar{x} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} x(t)dt$$

$$\sigma_x{}^2 = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} (x(t)-\bar{x})^2 dt$$





Definición de Error:

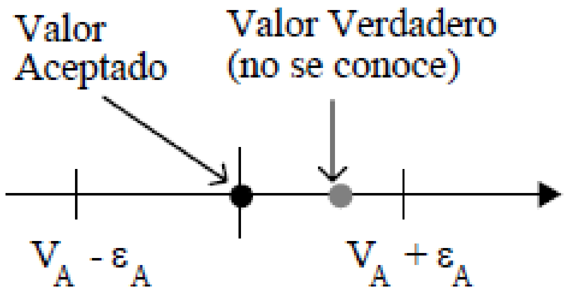
Incertidumbre que surge al realizar una medida en el laboratorio

Medida y Concepto de error

ERROR: Incertidumbre que surge al realizar una medida en el laboratorio

Una medida se expresa mediante 3 elementos:

$$\boxed{R = (V_A \pm \varepsilon_A) \text{ unidades}}$$



Ejemplo: Si decimos que una longitud vale

$$L = (36.5 \pm 0.7) \text{ cm}$$

indicamos que el valor verdadero tiene una gran probabilidad de encontrarse en algún punto del intervalo $V_A - \varepsilon_A = 35.8$ cm, $V_A + \varepsilon_A = 37.2$ cm

Error absoluto de una medida

El error absoluto proporciona los límites del intervalo centrado en el valor aceptado, V_A, entre los cuales existe gran probabilidad de que se encuentre el valor verdadero, V_V

Error relativo

El error relativo es un indicador de error muy útil porque expresa directamente la **calidad de la medida**, indicando su precisión.

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_A}{V_A}$$

Una manera corriente de expresar el error de una medida es usar el error relativo en tanto por cien, %, y en partes por cien (o mil, diez mil, etc...) Así si ε_r = 0,004, el error de la medida es de 4 por mil (4 ppm).

Ejemplo

Supongamos que medimos con una regla que marca hasta los milímetros, dos longitudes y obtenemos:

x = 1000,0 $\pm$ 0,1 cm

y = 10,0 $\pm$ 0,1 cm

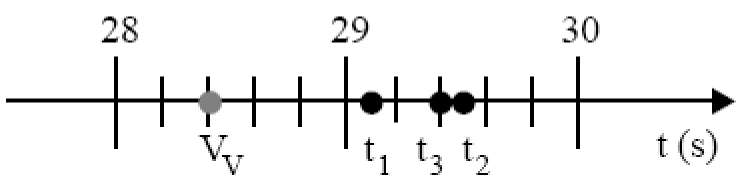
¿Cual de las dos medidas es más precisa?

Fuentes de error

Escala (ε_{esc}): Debido al equipo que usamos

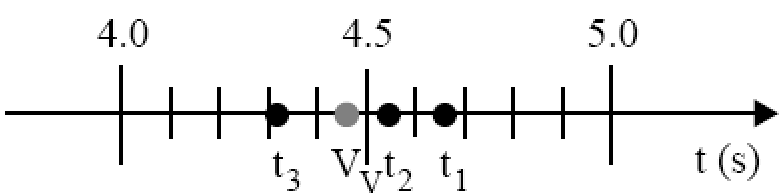
P. ej. Cronómetro (0.01 s) vs reloj (1 s)

Sistemáticos (ε_{sis}): defectos del método o del aparato de medida. Se pueden evitar



P. ej. Termómetro mal calibrado

Accidentales (ε_{acc}): no se pueden evitar ni controlar y proceden de una multitud de causas



Error accidental $\rightarrow \varepsilon_{acc} \, \alpha \, \frac{1}{\sqrt{n}}$

Redondeo de cifras significativas

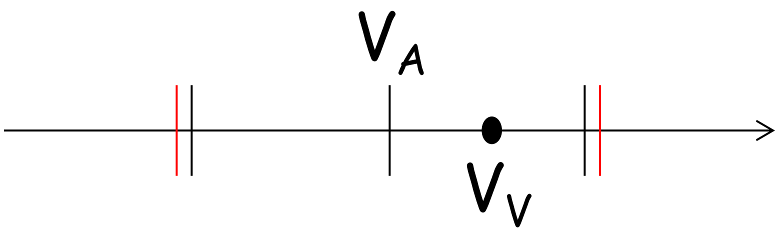
1-¿Cuál de las siguientes cantidades es más precisa?

$$V = (80421.03145 \pm 41.01235)\ m^3$$

$$V = (80420 \pm 40)\ m^3$$

2-¿Cuál de las siguientes cantidades es más fácil de leer?

3-¿Hay mucha diferencia de precisión entre una y otra?



Redondeo de cifras significativas

Regla de redondeo de números

Cifras Significativas	Todas las cifras 1,2,...,9 y el 0 (si se encuentra en medio del número o a la derecha del mismo)
Redondeo de cantidades	Se incrementa la última cifra significativa en una unidad si la primera cifra eliminada es ≥5. Si es <5 no incrementamos esa unidad. Ejemplos: 1,6 → 2 2,3 → 2
Redondeo de errores	Escribimos los errores: • Con 2 cifras significativas si la primera es pequeña (< 3), • Con 1 cifra significativa si la primera es grande. (mantenemos 0,29 pero redondeamos 0,31 a 0,3).
Redondeo de resultados	La última cifra significativa del valor aceptado y la última cifra del error absoluto han de ocupar la misma posición.
Escritura de la cantidad	valor aceptado ± error absoluto

Redondeo de cifras significativas

Escribimos los errores:

- Con 2 cifras significativas si la primera es pequeña (< 3),
- Con 1 cifra significativa si la primera es grande. (mantenemos 0,29 pero redondeamos 0,31 a 0,3).

Ejemplo: Suponemos que hemos determinado el volumen V = 80423,67 m^3, con un error $\varepsilon(V)$ = 37,26 m^3.

- Primero redondeamos el error para dejarlo con una cifra significativa porque el primer número es grande: $\varepsilon(V)$ = 40 m^3.
- Como por debajo de las decenas las cifras no son significativas (menor que el error) redondeamos el valor aceptado hasta las decenas: V = 80420 m^3.

Finalmente damos la cantidad con su error y sus unidades

$$V = (80420 \pm 40)\ \text{m}^3$$

Redondeo de cifras significativas

Ejercicio: Expresa correctamente con todas las cifras significativas y la notación científica que corresponda las siguientes cantidades:

1. $17{,}923 \pm 1{,}691$;
2. $543{,}9876 \pm 3{,}68$
3. $9789{,}82 \pm 11{,}3$;
4. $3{,}3923 \pm 0{,}1240$;
5. $(22{,}34 \times 10^{-6}) \pm (5{,}12 \times 10^{-7})$;
6. $235{,}113 \pm 1{,}02$;
7. $5398342{,}32 \pm 824{,}54$.

Cálculo de Errores

- Errores medidas directas
  - Error de Escala
  - Error estadístico

El error corresponde al que sea mayor de los dos

- Errores medidas indirectas :
  - Método de las derivadas parciales

Cálculo de Errores

Error de escala de una medida directa

Supongamos que hemos eliminado los errores sistemáticos y que **los errores accidentales son despreciables**. De este modo, la única fuente de error a considerar será la precisión del instrumento empleado para realizar la medida.

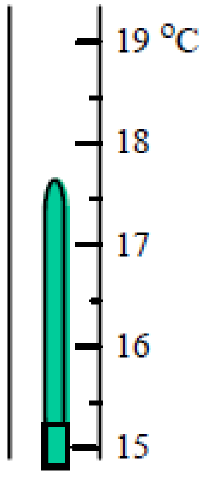
Cualquier aparato o dispositivo de medida tiene una precisión limitada. Así pues, al efectuar una medida tenemos, como mínimo, una incertidumbre que corresponde a la sensibilidad del dispositivo, que denominamos **error de escala**, ε_{esc}.

En los **dispositivos más simples**, el error de escala corresponde a la menor división de la escala (en algunas ocasiones puede asignarse como error la mitad de este valor).

Ejemplo: Se dispone de un termómetro de mercurio de 0.5 ºC de sensibilidad, y al hacer una medida nos encontramos con la lectura que aparece en la figura adjunta.

En la figura vemos que el error de escala es 0.5 ºC, y la lectura es 17.5 ºC. Luego la medida la expresamos como:

$$T = (17.5 \pm 0.5)\ ^{\circ}C$$



Cálculo de Errores

Error de escala de una medida directa

En **dispositivos más complejos**, tales como instrumentos electrónicos, pueden intervenir diversos factores en el error de una medida. En tales casos, el fabricante suministra una serie de especificaciones para determinar el error de escala.

Por ejemplo, en el caso de polímetros eléctricos se tienen dos fuentes de error: el **error de imprecisión** del instrumento y **error de redondeo** debido a que la pantalla presenta un número de dígitos limitado.

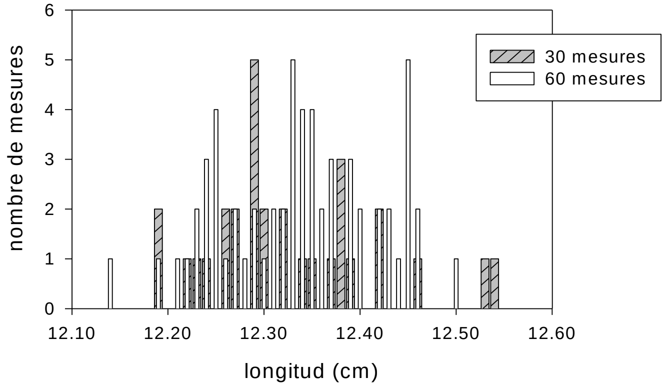
Ejemplo: Polímetro Promax ® leemos R = 47,3 ¿error?

Escala	Resolución	Precisión
320 Ω	100 mΩ	±(2,0 % lect. + 3 dig.)
3,2 kΩ	1 Ω	
32 kΩ	10 Ω	±(1,5 % lect. + 3 dig.)
320 kΩ	100 Ω	
3,2 MΩ	1 kΩ	±(2,5 % lect. + 3 dig.)
30 MΩ	10 kΩ	±(5 % lect. + 5 dig.)

$$\varepsilon = \frac{1{,}5}{100} \times 47{,}37 + 3 \times 0{,}1 = 1{,}01\ \mathrm{k\Omega} = 1{,}0\ \mathrm{k\Omega}$$

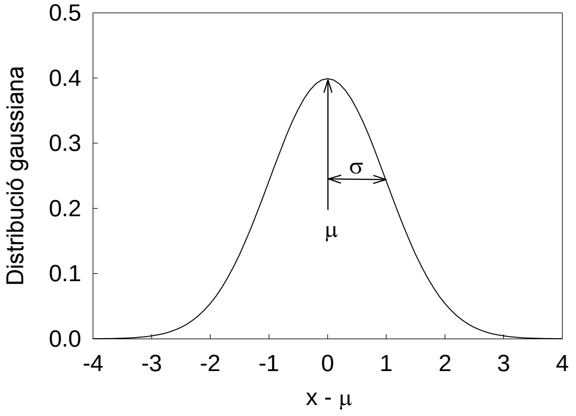
Error de una magnitud medida directamente al realizar un número n de medidas

- Histograma de un medida múltiple



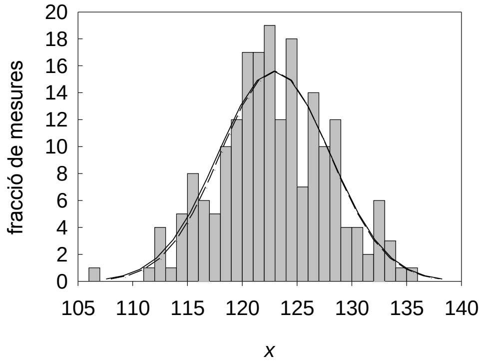
Distribución gaussiana, definida por μ i σ

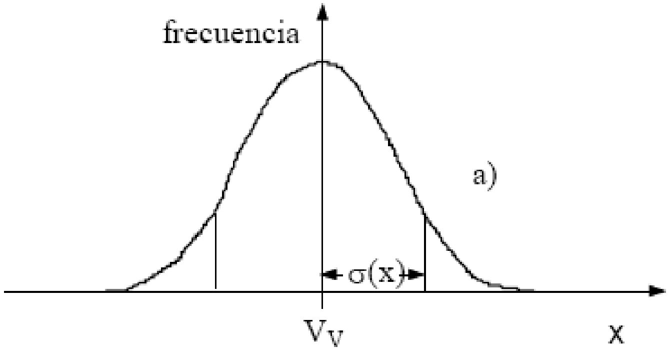
$$P_G(x;\mu;\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$$



Error de una magnitud medida directamente al realizar un número n de medidas

- Aplicación de la distribución gaussiana a una medida múltiple





Parámetros:

$$x_m = \frac{1}{n}\sum x_i$$

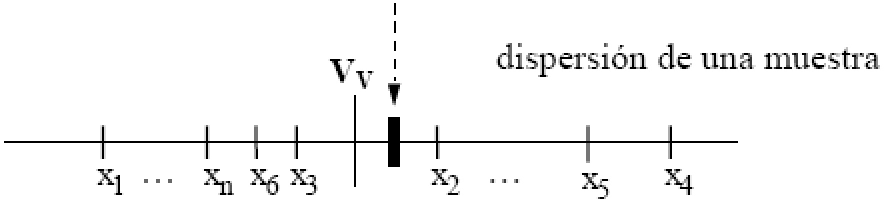
Media

$$\sigma_{n-1}{}^2 = \frac{1}{n-1}\sum (x_i - x_m)^2$$

Desviación estándar

$$\varepsilon(x_m) = \frac{2\sigma}{\sqrt{n}}$$

Error de la media



Ejemplo: Error estadístico

resistencia (Ω)	resistencia (Ω)
5.615	5.620
5.622	5.633
5.624	5.628
5.618	5.624
5.613	----

$$x_m = \frac{1}{n}\sum x_i = \frac{(5.615 + 5.622 + 5.624 + 5.618 + 5.613 + 5.620 + 5.633 + 5.628 + 5.624)}{9} = 5.622\ \Omega$$

$$\sigma_{n-1}{}^2 = \frac{1}{n-1}\sum (x_i - x_m)^2 = \frac{(5.615 - 5.622)^2 + (5.622 - 5.622)^2 + (5.624 - 5.622)^2 + (5.618 - 5.622)^2 + (5.620 - 5.622)^2}{8}$$

$$\frac{+(5.633 - 5.622)^2 + (5.628 - 5.622)^2 + (5.624 - 5.622)^2}{8} = 0.006\ \Omega$$

$$\varepsilon(x_m) = \frac{2\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2\sqrt{0.006}}{\sqrt{9}} = 0.051\Omega$$

R= 5.62 ± 0.05 Ω

Cálculo de Errores

- Errores medidas directas
  - Error de Escala
  - Error estadístico

El error que tomaremos será el que sea mayor de los dos

P. ej. En la práctica del muelle

1-Cronómetro (± 0.01 s)
Error estadístico > error escala

2-Contador (± 1 s)
Error escala > Error estadístico

Error de una medida indirecta

Medida indirecta: magnitud física que no se determina directamente con una medida sino a través de la expresión matemática de una ley física.

Ejemplo: área de un rectángulo

$S = a \cdot b.$

El valor verdadero de S estará entre los valores

$(a + \varepsilon_a)(b + \varepsilon_b) = a\,b + (b\,\varepsilon_a + a\,\varepsilon_b)$

$(a - \varepsilon_a)(b - \varepsilon_b) = a\,b - (b\,\varepsilon_a + a\,\varepsilon_b)$

Método de las derivadas parciales: Si calculamos una magnitud R a partir de las variables medidas x, y…,

$$R = f(x, y, \ldots)$$

$$dR = \frac{dR}{dX}dX + \frac{dR}{dY}dY + \ldots$$

Se puede obtener el error de z con la siguiente expresión

$$\varepsilon_R = \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right|\varepsilon_x + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\right|\varepsilon_y + \ldots$$

Propagación de errores

Ejercicio

A la hora de medir la potencia P que una fuente de tensión continua (una pila o una batería , por ejemplo) suministra a una carga resistiva , tenemos

$P = I\,V$

donde *V* e *I* representan el voltaje aplicado y la corriente que circula, respectivamente. Si hemos obtenido los siguientes valores

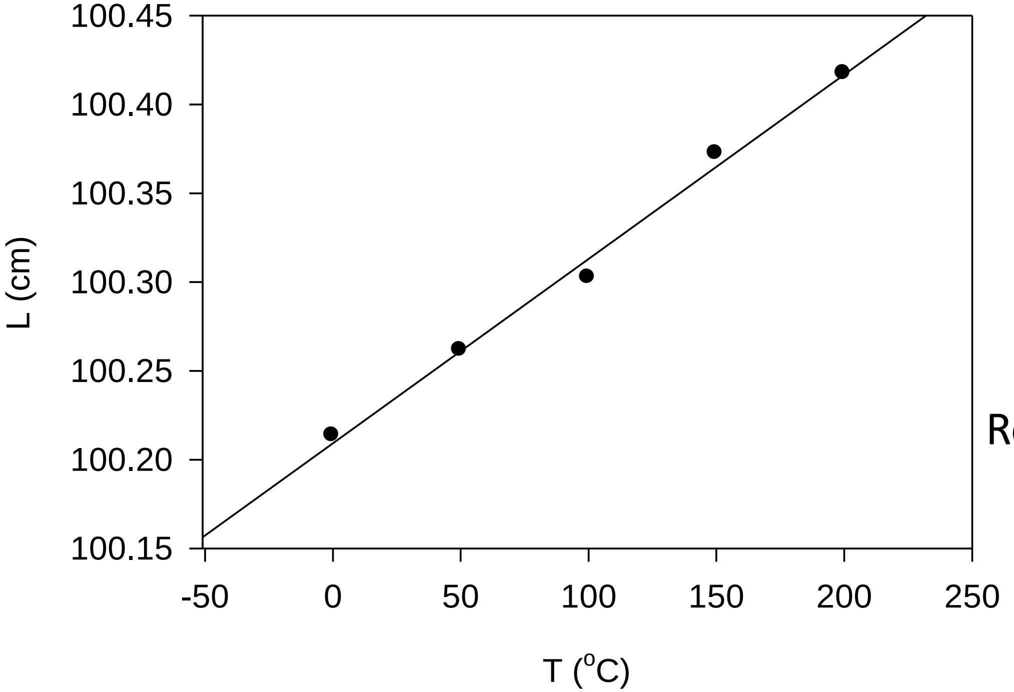
$I = 1.53 \pm 0.05$ A

$V = 4.21 \pm 0.01$ V

¿ Cuál es el valor de la potencia, con su error?

Regresión lineal

Dilatación térmica de una varilla



Ley de la dilatación en la longitud con respecto a la temperatura

$$L = L_0(1+\alpha\Delta T)$$

Siendo α el coeficiente de dilatación es lineal. Es una constante propia del material

Recta de regresión

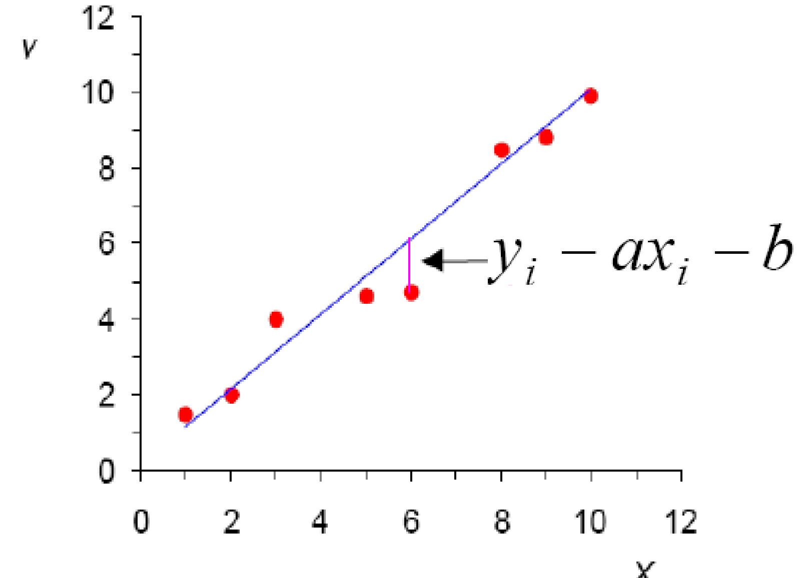
$$L = b + aT$$

Regresión lineal

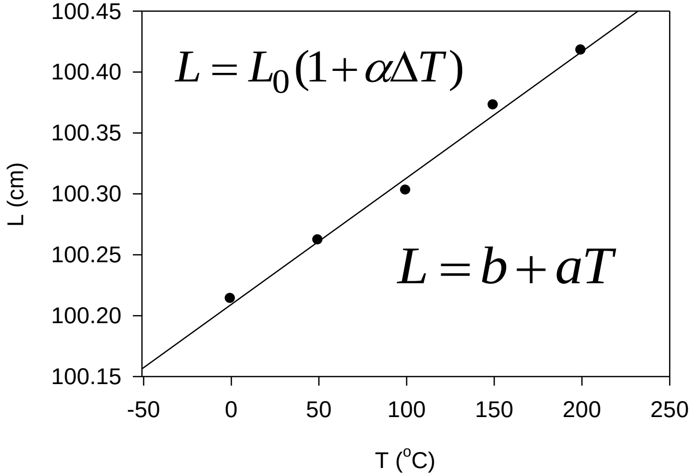
Un buen criterio para la determinación de los valores de a y b consiste en minimizar la suma de los cuadrados de estas diferencias, lo que garantiza que la suma de las desviaciones de los puntos experimentales respecto a los ajustados es mínima. Es decir, hemos de exigir que a y b minimicen la cantidad

$$R = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - y_i')^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - ax_i - b)^2$$

$$\frac{\partial R}{\partial a} = 0 \quad , \quad \frac{\partial R}{\partial b} = 0$$



Regresión lineal



- Parámetros de la regresión

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}, \quad b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}.$$

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left\{\left[\sum (x_i - \bar{x})^2\right]\left[\sum (y_i - \bar{y})^2\right]\right\}^{1/2}}$$

$$\varepsilon_a = \frac{|a|}{\sqrt{n-2}} \tan\left[\arccos(r)\right]$$

$$\varepsilon_b = \varepsilon_a \sqrt{\frac{1}{n}\sum x_i^{\,2}}$$

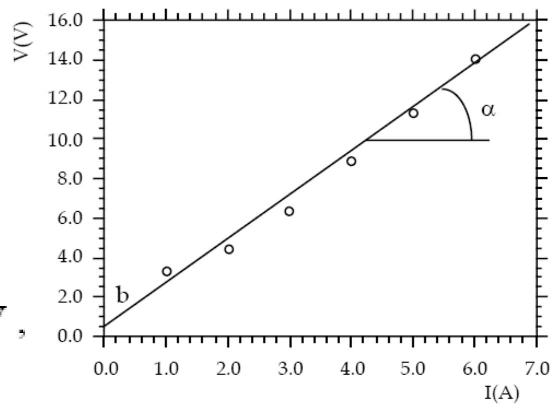
Regressió lineal

Se aplica un voltage en un circuito electrico y se obtienen los siguientes valores de corriente:

y_i (V)	1.5	2.5	4.0	3.6	5.9	6.1
x_i (A)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}, \quad b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}.$$

$$n = 6, \quad \sum x = 21\,\mathrm{A}, \quad \sum x^2 = 91\,\mathrm{A}^2, \quad \sum y = 23.6\,\mathrm{V}, \quad \sum xy = 99\,\mathrm{AV},$$



a= 0.94 V/A, b= 0.65V

y = 0.94x+0.65

Tablas

Table 1. Antagonism of release of TNF-α induced by LPSs from different species of bacteria. Antagonism of LPS-induced release of TNF-α by E5531 was evaluated in adherent human monocytes-macrophages (1×10^6 to 2×10^6 per well) in the presence of 1% human serum in RPMI 1640 medium. Addition of E5531 was followed immediately by 10 ng/ml of the indicated LPS. After 3 hours of incubation, media were centrifuged and the resulting supernatants were assayed for TNF-α by an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Values given are the average ± SE for three assays, each assay being measured in triplicate.

Magnitud y unidades

Source of LPS	TNF-α released (pg/ml)	Antagonism by E5531 (IC_{50} in nM)
Escherichia coli	657 ± 144	1.22 ± 0.66
Klebsiella pneumonia	615 ± 185	1.82 ± 0.79
Pseudomonas aeruginosa	475 ± 119	2.73 ± 1.79
Salmonella minnesota	898 ± 141	0.14 ± 0.06

Error

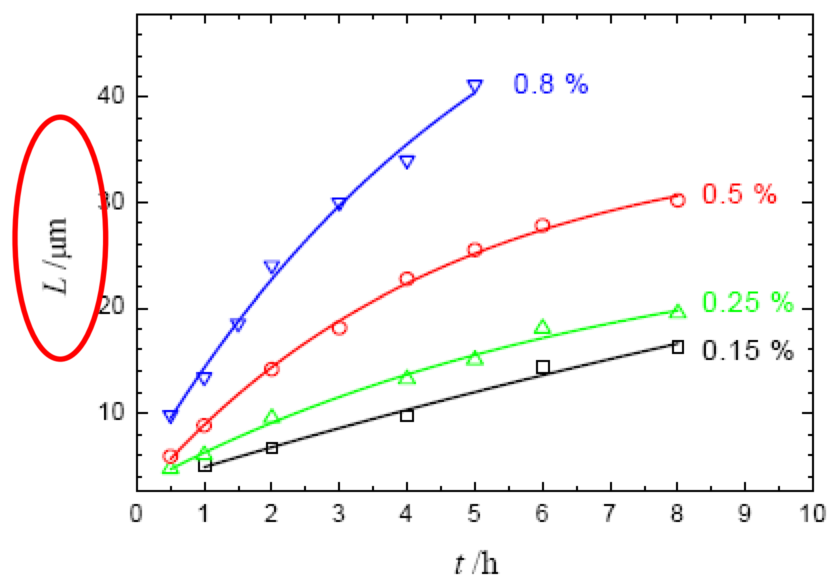
Table 2. Inversion for rupture properties. Four subevents identified in waveforms for which rupture properties were determined (see text). X and ϕ are the distance and azimuth (clockwise from north) referenced to onset E_0. τ is origin time of subevent and V is apparent rupture velocity X/τ. Rupture plane assumed to be near-horizontal nodal plane (*15*). Uncertainties are 1σ. N is number of observations.

Event	X (km)	ϕ (deg)	τ (s)	V (km s^{-1})	N
E_1	29 ± 3	90 ± 5	11.1	2.6 ± 0.2	26
E_3	34 ± 3	35 ± 5	28.0	1.2 ± 0.2	25
E_{4a}	35 ± 7	30 ± 13	35.1	1.0 ± 0.2	25
E_{4b}	52 ± 9	15 ± 10	36.8	1.4 ± 0.3	25

Representación de gráficas

- Incluye los ejes con divisiones y un título en cada eje en el que se expresa la magnitud y unidades
- Ajusta los ejes para que no quede espacio vacío.
- Identifica las curvas que sean como conjuntos de puntos

Sin títulos en los ejes no se sabe lo que se ha medido en la gráfica



Representación de gráficas

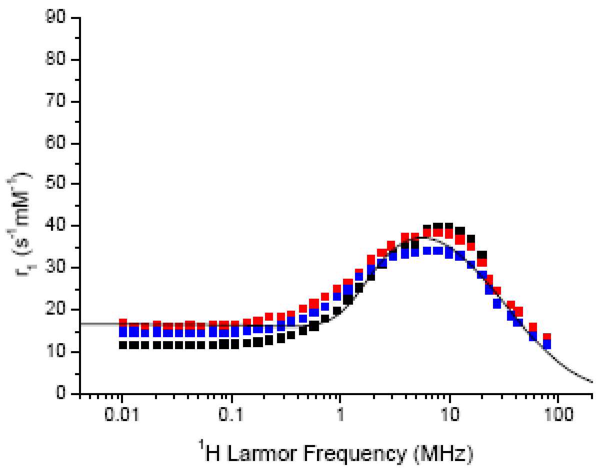


Figure 2. NMRD profiles for the Group I samples A (▪), B (▪) and C (▪). The solid line is a simulation for a SPM dispersion with D_{core} = 12 nm, ΔE_{anis} = 1 GHz, M_s = 49 emu.g^{-1}. All measurements were carried out at 25°C ± 1°C, with a measuring frequency of 9.25 MHz, on a Stelar FFC2000.

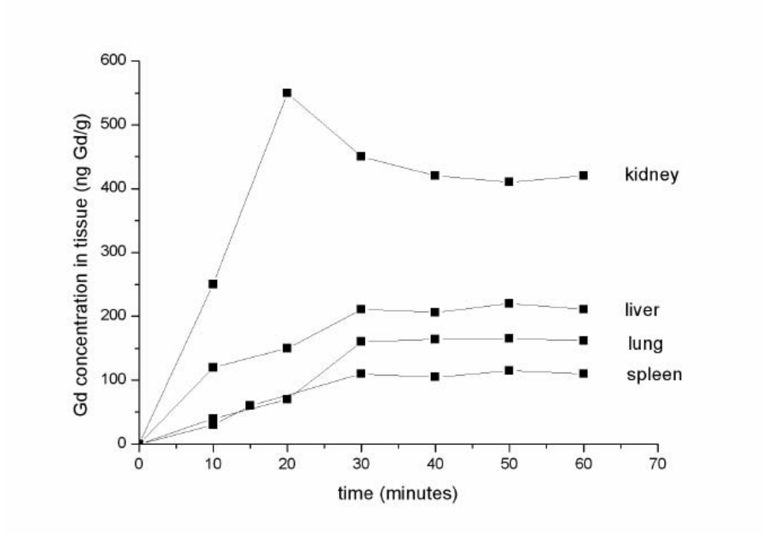


Figure 4. Biodistribution of Gd in kidney, liver, lung, and spleen in mice at different time after administration of Gd@C82(OH)22±2 nanoparticles.