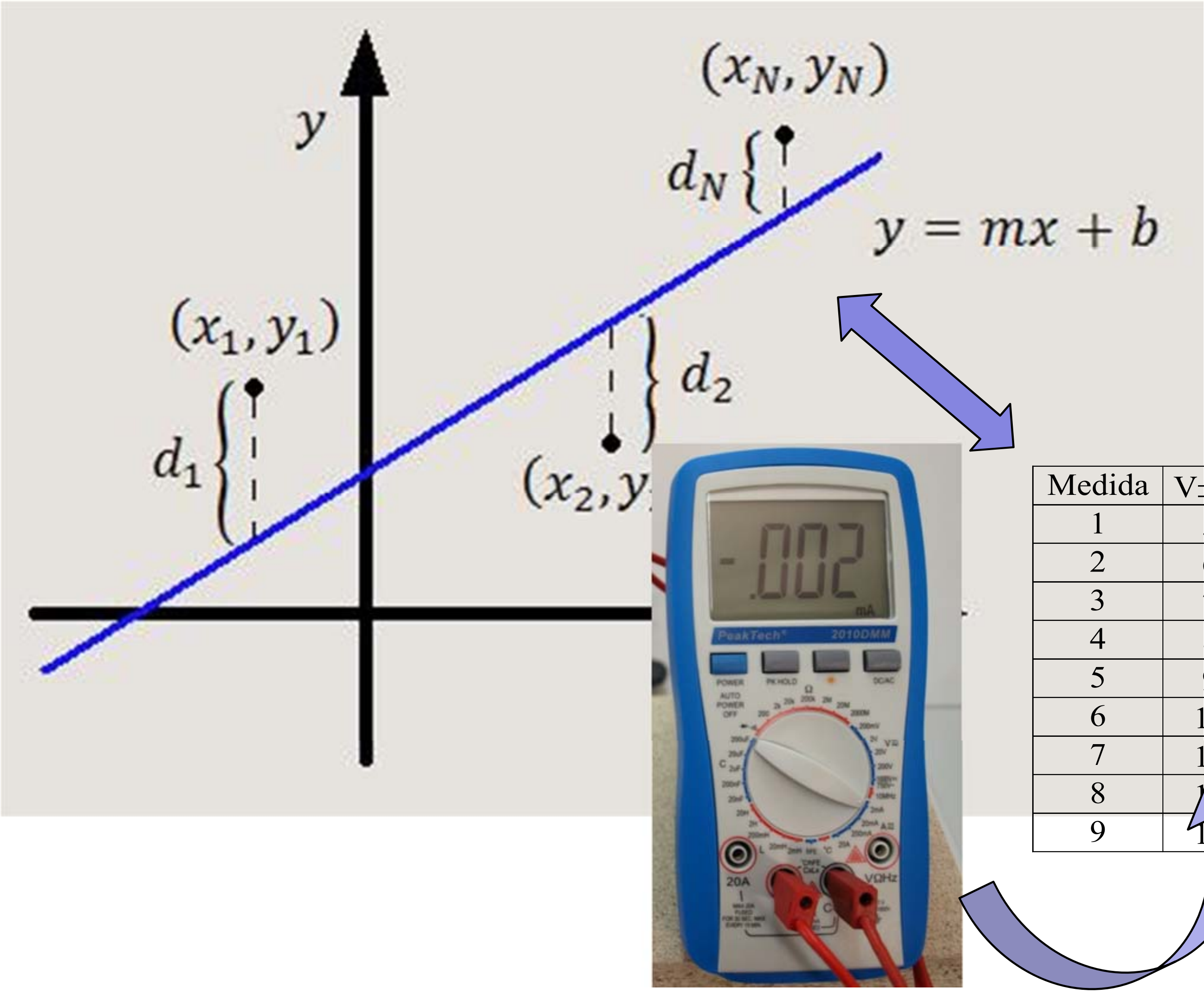
METROLOGÍA Y TEORÍA DE ERRORES



$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial V}\right)^2 \Delta V^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I}\right)^2 \Delta I^2}$$

Medida	V±ΔV (V)	I ±Δ I (A)	R ± ΔR(Ω)	P ±Δ P(W)
1	50 ± 5	0.40 ± 0.02	130±20	20 ± 3
2	60 ± 5	0.44 ± 0.02	140±20	26 ± 3
3	70 ± 5	0.48 ± 0.02	150±20	34 ± 4
4	80 ± 5	0.52 ± 0.02	150±20	42 ± 4
5	90 ± 5	0.56 ± 0.02	160±20	50 ± 5
6	100 ± 5	0.58 ± 0.02	170±20	58 ± 5
7	110 ± 5	0.62 ± 0.02	177±14	68 ± 5
8	1[illegible] ± 5	0.64 ± 0.02	188±14	77 ± 6
9	1[illegible] ± 5	0.66 ± 0.02	197±14	86 ± 6

LA MEDIDA Y SU INCERTIDUMBRE

Medir → Comparar la cantidad de una magnitud física con una cantidad de referencia que se toma como unidad.

Error → El proceso de medición siempre esta afectado por un error.

Incertidumbre → Parámetro asociado al resultado de una medida que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente se pueden asignar a la magnitud medida.

$$\bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x$$

Errores Sistemáticos →
- Instrumentales
- Personales
- Metódicos

Errores Accidentales → Causas aleatorias o irregulares

SENSIBILIDAD
División de escala

Intervalo más pequeño de la magnitud medible con un instrumento

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

Incertidumbre absoluta o error absoluto

Precisión

Exactitud

Incertidumbre y cifras significativas

Incertidumbre o error absoluto (Δx) → $x = \bar{x} \pm \Delta x$

Incertidumbre o error relativo (ε_r) → $\varepsilon_r = \frac{\Delta x}{\bar{x}}$

Se expresa en %

Expresión de las medidas

↓

Cifras significativas

↓

La incertidumbre o error absoluto sólo tendrá una cifra significativa

La magnitud se expresa con tantas cifras significativas como indique su error absoluto

Expresión incorrecta	Expresión correcta
(5.328 ± 0.118) m	(5.33 ± 0.12) m
(8.4 ± 0.076) g	(8.40 ± 0.08) g
(6320 ± 257) s	(6300 ± 300) s
(32.3541 ± 0.17) V	(32.4 ± 0.2) V
(203.48 ± 0.4) mA	(203.5 ± 0.4) mA
(1.2038 ± 0.0103) Ω	(1.204 ± 0.010) Ω

Notación científica

→ $95000 = 9{,}5 \cdot 10^4$

→ $6300 \pm 300 = (6.3 \pm 0.3) \cdot 10^3$

MEDIDA DIRECTA DE UN MAGNITUD

Error o incertidumbre nominal ⟷ $\sigma_{nom} \rightarrow Error\ sistemático$

Errores Sistemáticos →
- Instrumental
- Apreciación

→
- Calibración
- Método medición

Minimización

Error de sensibilidad del aparato → $\sigma_{sensilidad} \equiv E$ → E es la división de escala

Procedimiento

$$\sigma_{nom} \approx \sigma_{sensibilidad}$$

- Inicialmente se realizan tres medidas de la magnitud física.
- Se calcula la **Dispersión** (diferencia entre valores extremos).
- Se compara la dispersión con el **error de sensibilidad.**

$D=0 \qquad D \leq \sigma_{nom}$ ⟷

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{x} &= \frac{x_1+x_2+x_3}{3} \\ \Delta x &= \sigma_{nom} \end{aligned} \right.$$

⟷ $x = \bar{x} \pm \Delta x$

MEDIDA DIRECTA DE UN MAGNITUD

$D > \sigma_{nom}$

$$\varepsilon_D = \frac{100\,D}{\bar{x}}$$

ε_D	Medidas a realizar
$\varepsilon_D < 2\ \%$	3
$2\ \% < \varepsilon_D < 8\ \%$	6
$8\ \% < \varepsilon_D < 15\%$	15
$\varepsilon_D > 15\ \%$	50

Incertidumbre asociada a la dispersión estadística

$$\sigma_{est} = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

Desviación estándar del promedio

Incertidumbre de una medida directa repetida N veces

$$\Delta x = \sqrt{\sigma_{est}^{\;2} + \sigma_{nom}^{\;2}}$$

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

Aplicar **factor de cobertura**

Distribución estadística

MEDIDA INDIRECTA DE UN MAGNITUD

Ley de propagación de errores o incertidumbres

$$y = f(x) \quad \rightarrow \quad \Delta y = \sqrt{\left(\frac{df}{dx}\right)^2 \Delta x^2}$$

$$y = f(x_i, \ldots\ldots, x_n) \quad \rightarrow \quad \Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \Delta x_i^{\,2}}$$

El resultado de una medida indirecta nunca podrá tener más cifras significativas que las de la medida directa que menos tenga

Ejemplo $\longrightarrow$

$$Z = m\, x^a\, y^b \quad \rightarrow \quad \Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2} \rightarrow$$

$$u_Z = \sqrt{\left(m a x^{a-1} y^b\right)^2 \Delta x^2 + \left(m a x^a\, y^{b-1}\right)^2 \Delta y^2}$$

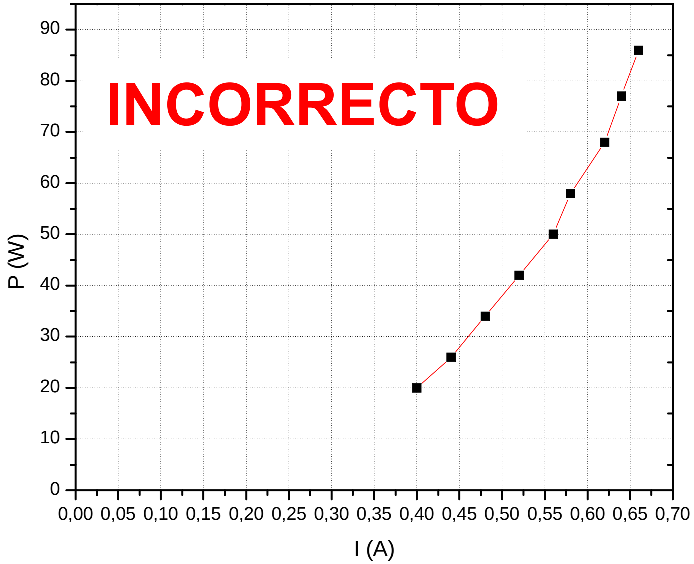
REPRESENTACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES

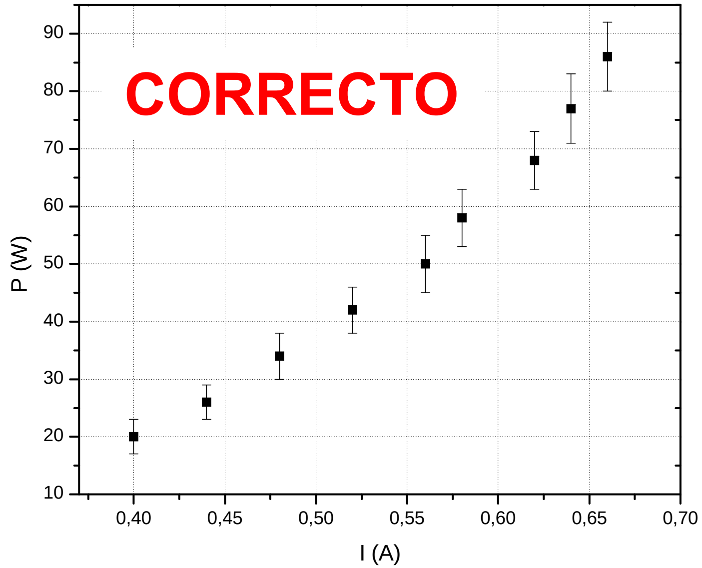
Elaboración de tablas

Medida	V±ΔV (V)	I ±Δ I (A)	R ± ΔR(Ω)	P ±Δ P(W)
1	50 ± 5	0.40 ± 0.02	130±20	20 ± 3
2	60 ± 5	0.44 ± 0.02	140±20	26 ± 3
3	70 ± 5	0.48 ± 0.02	150±20	34 ± 4
4	80 ± 5	0.52 ± 0.02	150±20	42 ± 4
5	90 ± 5	0.56 ± 0.02	160±20	50 ± 5
6	100 ± 5	0.58 ± 0.02	170±20	58 ± 5
7	110 ± 5	0.62 ± 0.02	177±14	68 ± 5
8	120 ± 5	0.64 ± 0.02	188±14	77 ± 6
9	130 ± 5	0.66 ± 0.02	197±14	86 ± 6

Representación gráfica

Relación entre magnitudes





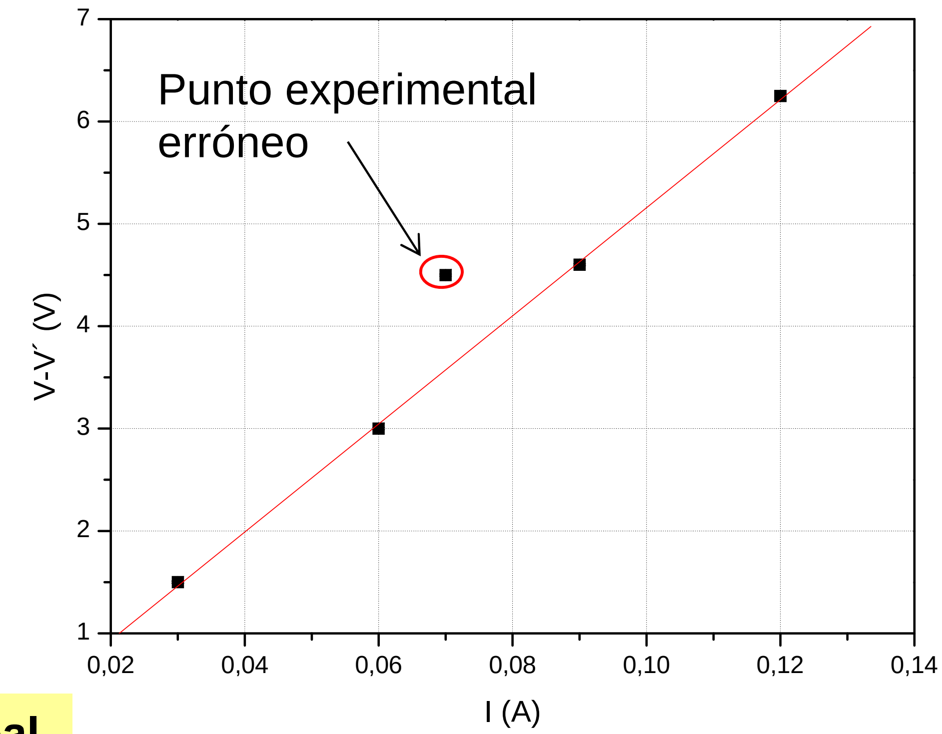
REPRESENTACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES

Dependencia lineal

V-V´ (V)	I (A)
1.52 ± 0.01	0.03 ± 0.02
3.01 ± 0.01	0.06 ± 0.02
4.52 ± 0.01	0.07 ± 0.02
4.60 ± 0.01	0.09 ± 0.02
6.25 ± 0.01	0.12 ± 0.02

$$V - V' = R\, I$$

Representación gráfica



La ley de Ohm predice una dependencia lineal

- La variable dependiente, ***y***, se corresponde con **V-V´**
- La variable independiente ***x***, se corresponde con **I**
- El parámetro ***b***, pendiente de la recta, tiene un significado físico: es equivalente a la resistencia eléctrica, **R**.

Ecuación matemática de una recta

$$y = a + b\, x$$

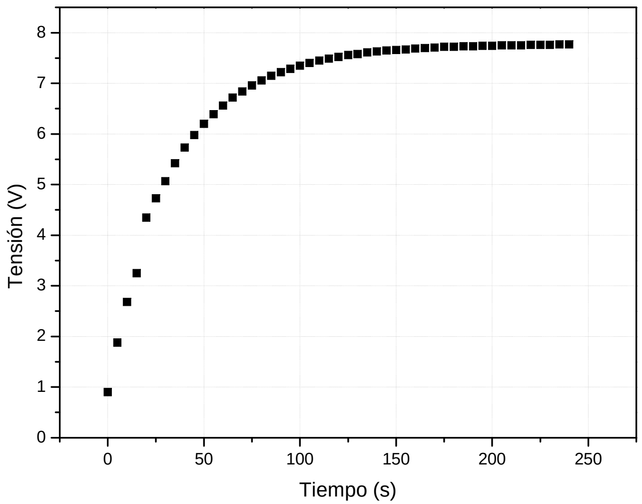
REPRESENTACIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES

Funciones exponeciales

$$y = m a^x \quad \rightarrow \quad \log y = \log m + x \log a$$

Papel semilogarítmico →
- Eje abcisas lineal
- Eje ordenada logarítmico

log y *vs* x ⟶ **RECTA**



$$y = m x^a \quad \rightarrow \quad \log y = \log m + a \log x$$

Papel logarítmico →
- Eje abcisas logarítmico
- Eje ordenada logarítmico

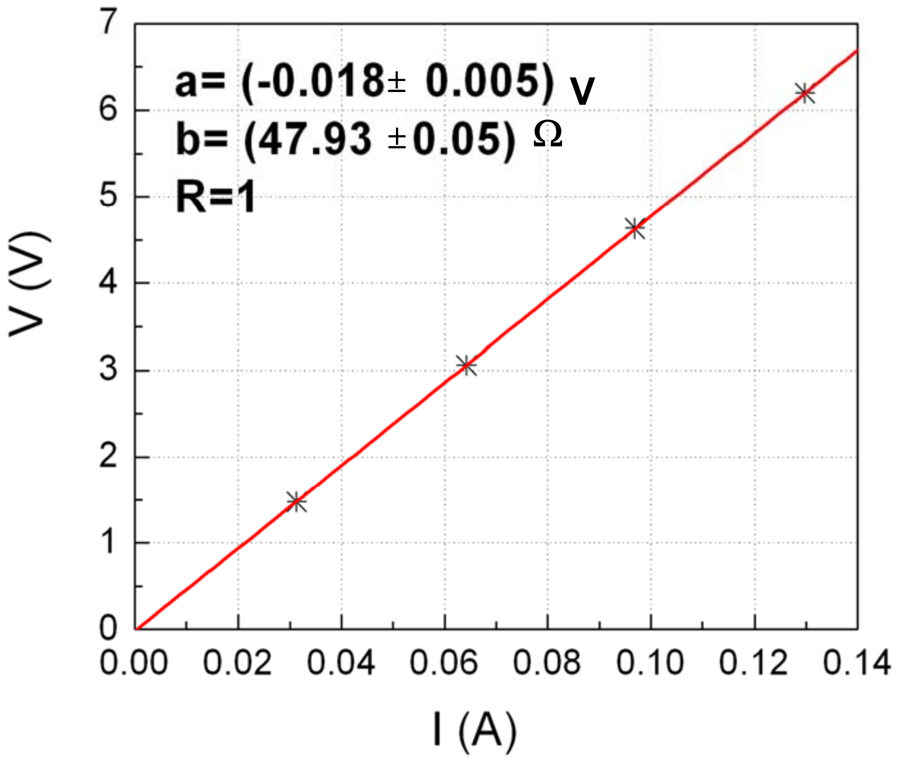
log y *vs* log x ⟶ **RECTA**

Método cuantitativo de análisis lineal: **ajuste por mínimos cuadrados** ⟶ $\boxed{y = a + bx}$ ⟶ Cálculo de la **ordenada en el origen** (a) y la **pendiente de la recta** (b)

ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES

Ajuste por mínimos cuadrados

Dependencia lineal → $y = a + bx$ → Cálculo de la **ordenada en el origen** (a) y la **pendiente de la recta** (b)



Sentido físico de ambos parámetros

Cálculo de las magnitudes físicas y su incertidumbre

Interpretación de las experiencias

→ Conclusiones acerca de los resultados obtenidos en la experiencia