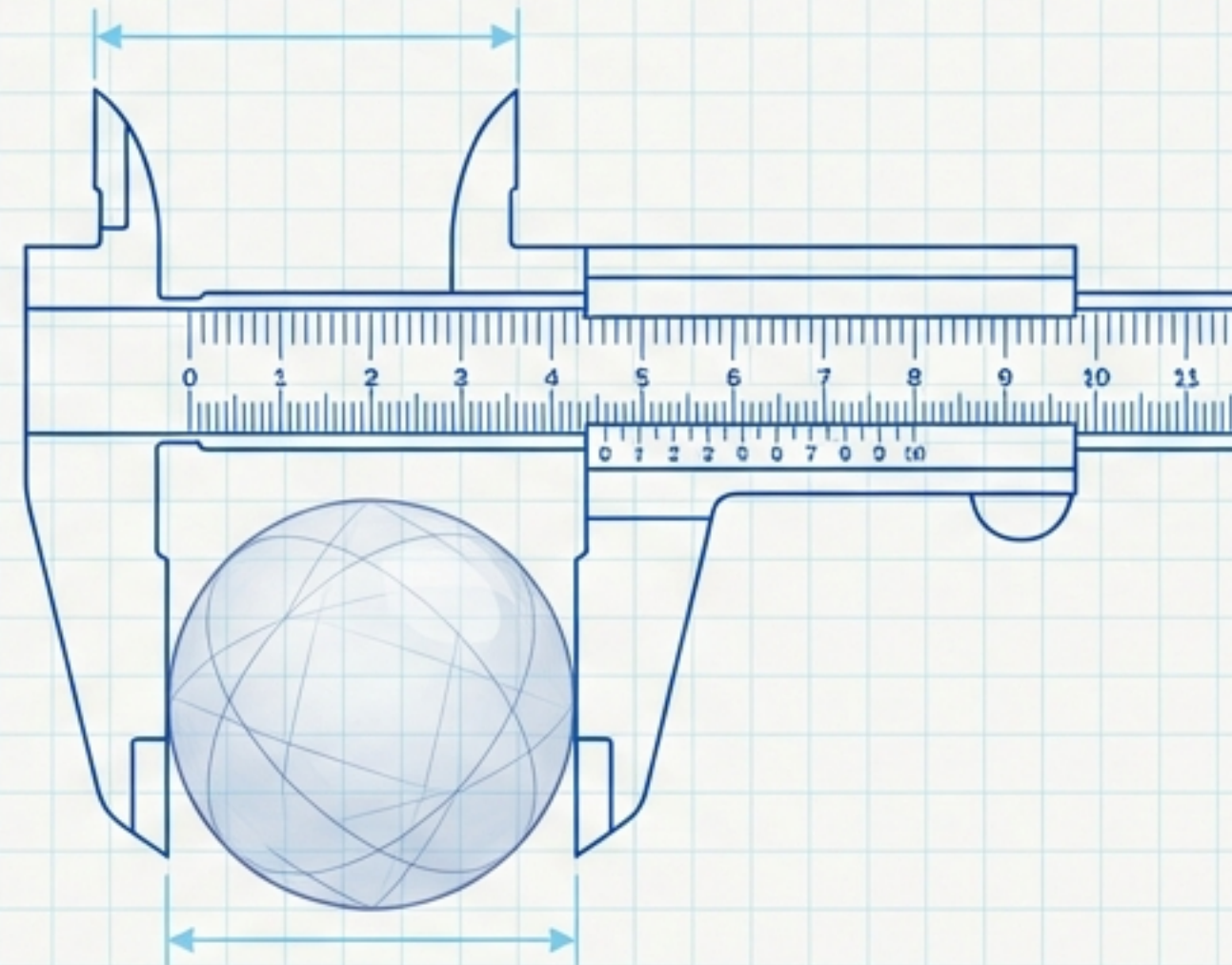


La Ciencia de la Incertidumbre

Guía Maestra para el Análisis de Errores y el Tratamiento de Datos



"Ninguna medida es exacta. El rigor científico reside en cuantificar la duda."

Del instrumento a la conclusión científica

La Verdad Inalcanzable: Conceptos Básicos

Definiciones

Error:

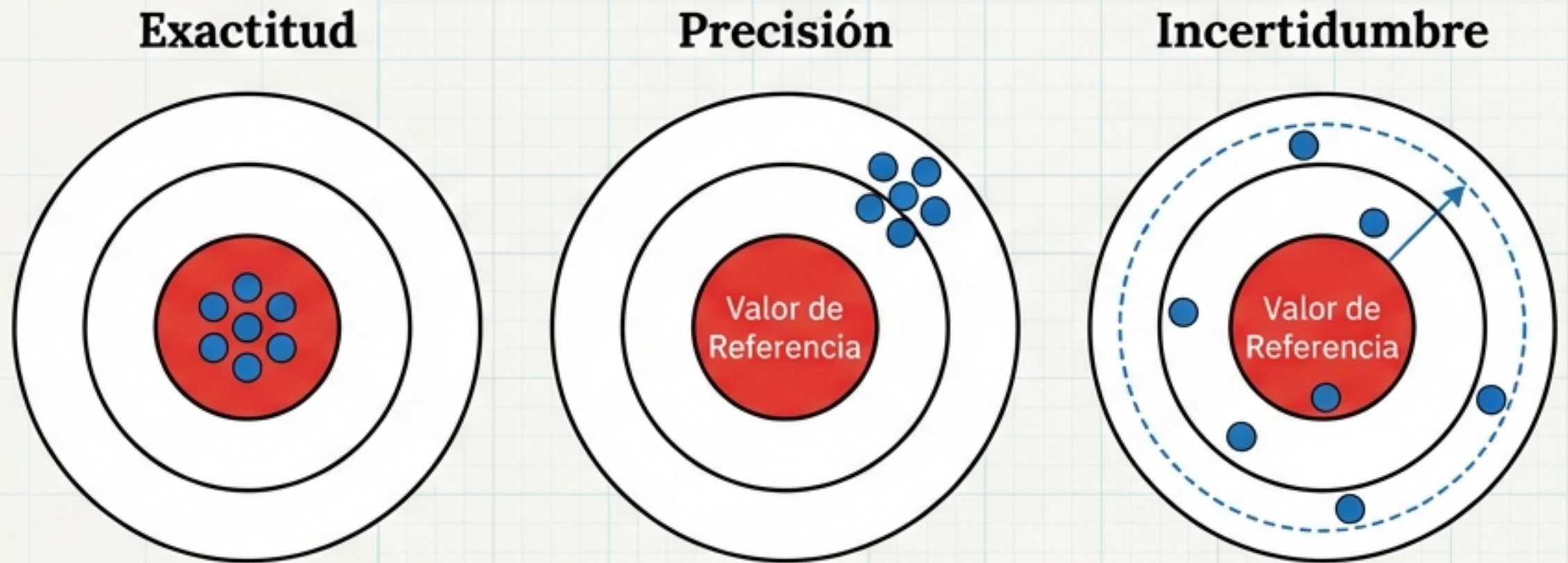
La diferencia entre el valor verdadero (x_0) y el valor experimental (x).

Sensibilidad:

La división mínima de la escala del instrumento.

Ejemplos: 1 mm (regla), 0.01 g (balanza).

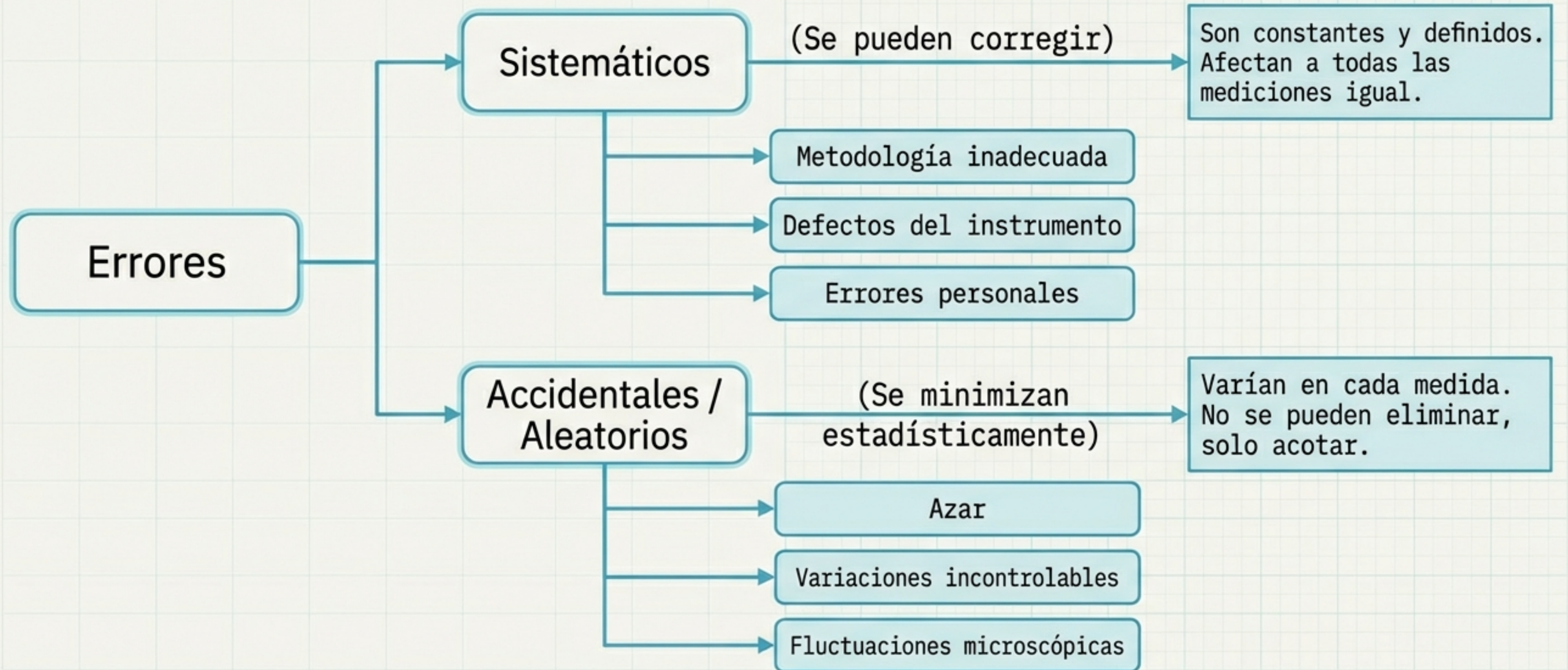
The Target Analogy



Insight: Un aparato puede ser preciso (reproducible) sin ser exacto (calibrado).

Clasificación de la Incertidumbre

¿Por qué fallan las medidas?



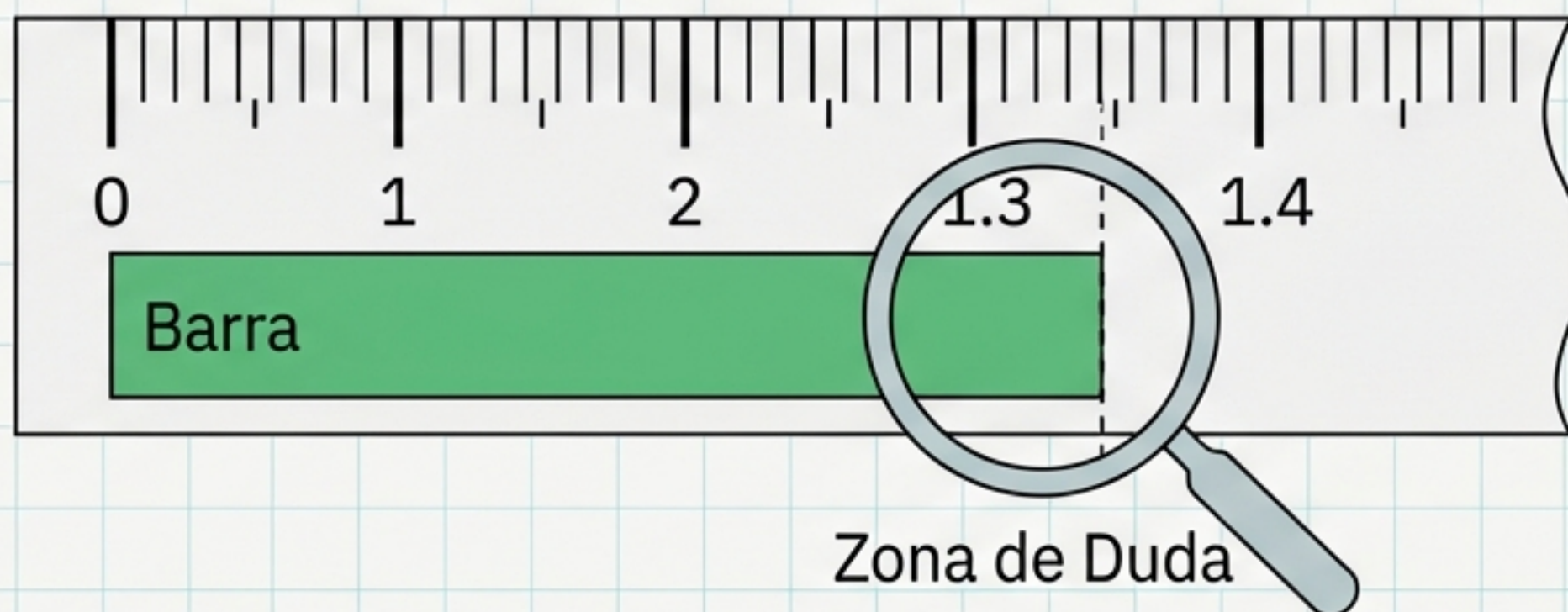
Leyendo el Instrumento: La Medida Directa

Las Reglas

Para una medida única (N=1), el error depende del instrumento.

Instrumento Digital:
Error = Sensibilidad del aparato

Instrumento Analógico:
Error = 1/2 Sensibilidad (o división mínima)



$$L = 1.3 \pm 0.1 \text{ cm}$$

El valor debe ir siempre seguido por la unidad del Sistema Internacional y su error.

El Arte de las Cifras Significativas

$\overset{1}{\underset{3}{2}}$ **Dígitos $\neq 0$**

→ **Siempre significativos**

$\overset{0.0}{302}$ **Ceros intermedios**

→ **Significativos**

$\overset{0.0}{0.005}$ **Ceros a la izquierda**

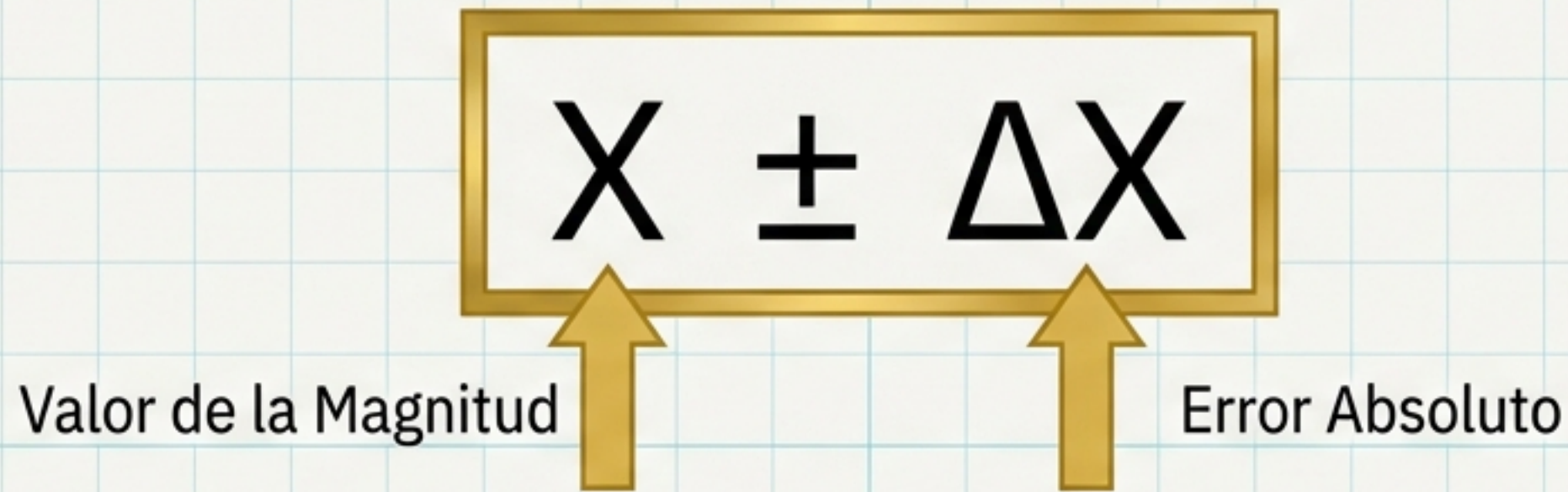
→ **NO significativos**
(Fijan la coma)

$\overset{.00}{2.50}$ **Ceros a la derecha**
(con decimal)

→ **Significativos**
(Indican precisión)

Número	Análisis
0.0058	2 cifras (Los ceros iniciales no cuentan) ✓
3.14159	6 cifras (Todos cuentan) ✓
1500 g	Ambiguo. Mejor usar notación científica. ⚠
1.5×10^3 g	2 cifras (Claro y preciso) ✓

Notación Científica y Redondeo



REGLA DE ORO: Deben tener el mismo orden decimal.

Redondeo del Error:

- Generalmente: 1 cifra significativa (ej. ± 0.06)
- Excepción: Si empieza por 1, o por 2 (<5), se permiten dos cifras (ej. ± 0.12)

INCORRECTO

3.418 ± 0.123

46288 ± 1551

Coherencia
decimal

Notación
Científica

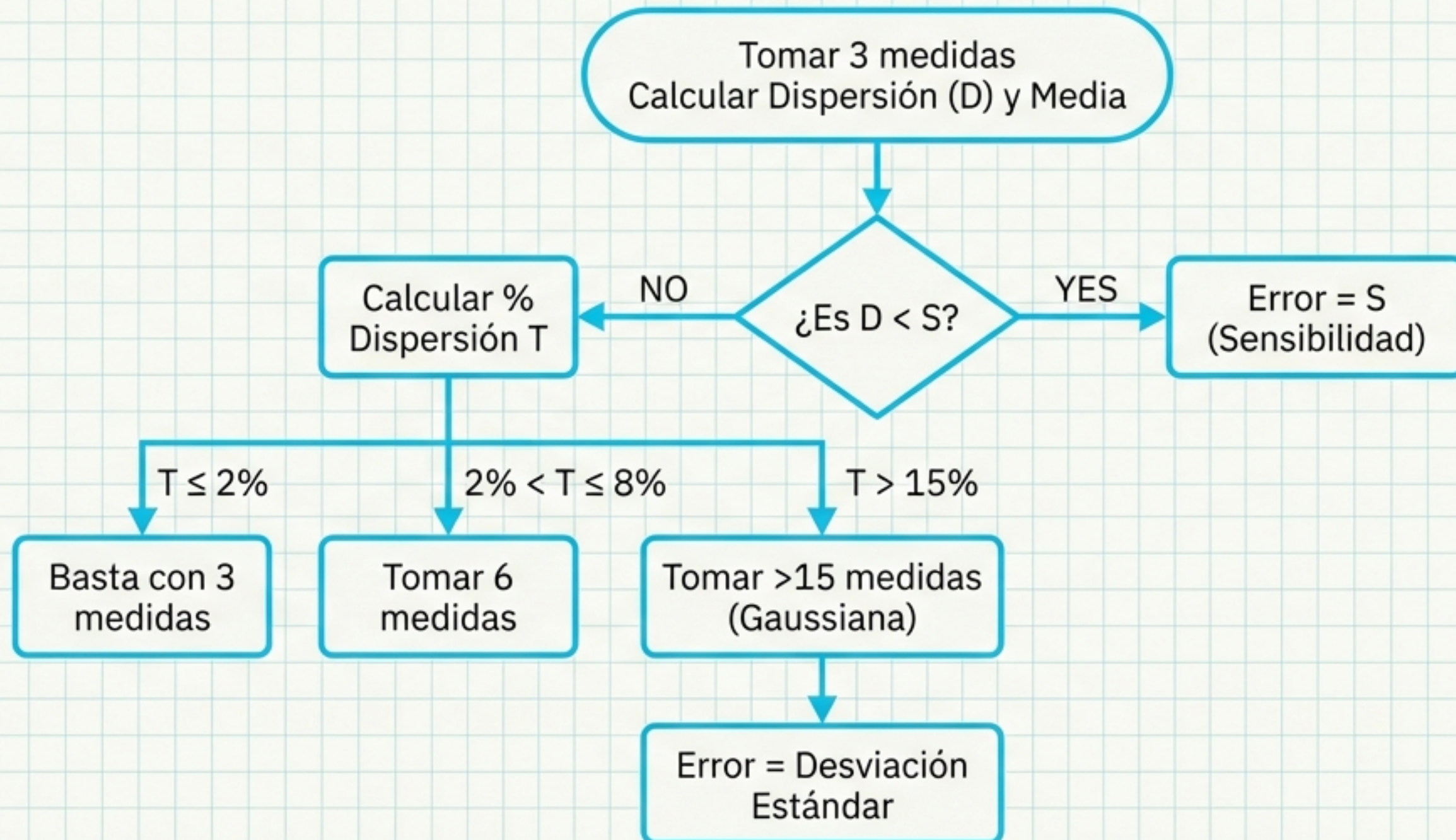
CORRECTO

3.42 ± 0.12

$4.6 \times 10^4 \pm 0.2 \times 10^4$

Tratamiento Estadístico (Cuando $N > 1$)

Algoritmo de decisión para múltiples medidas



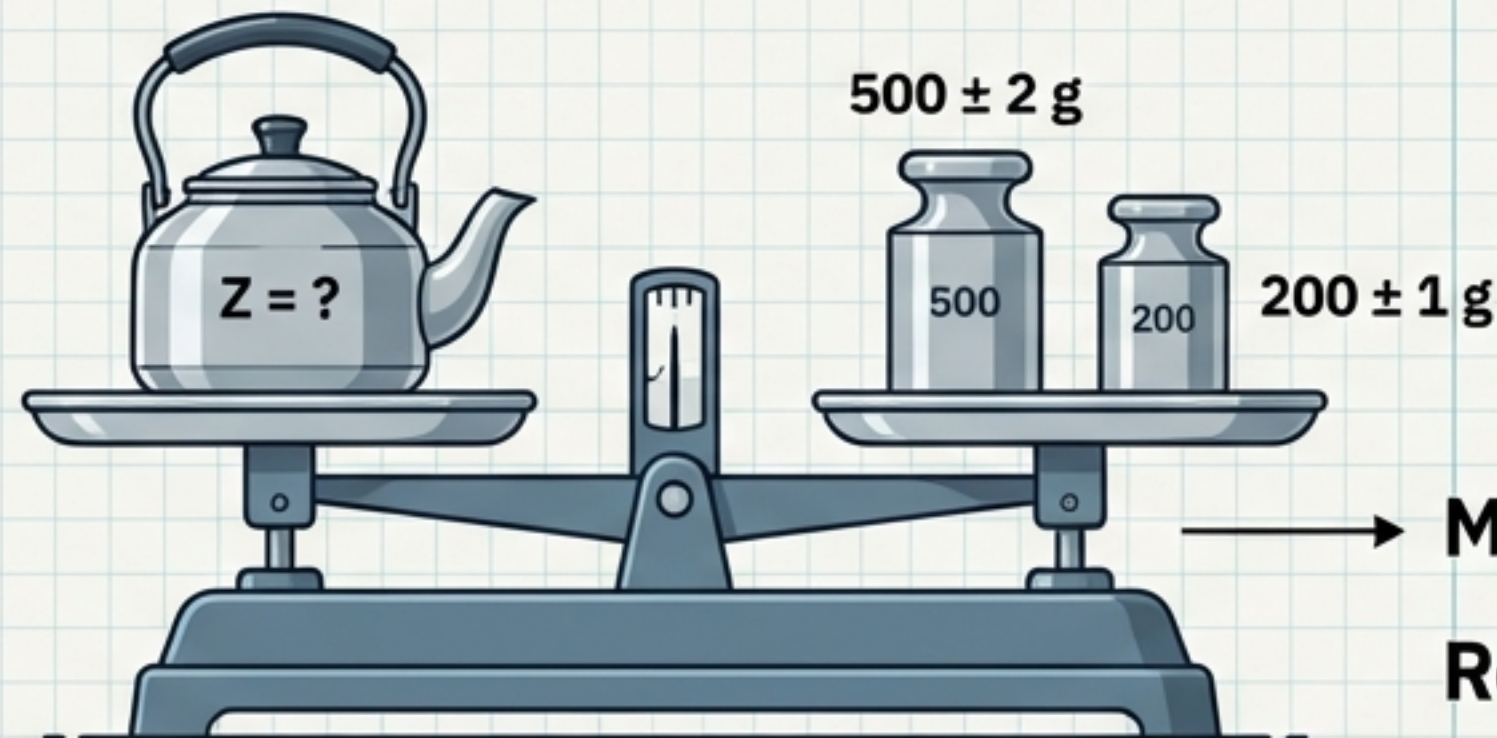
Propagación de Errores: Sumas y Restas

El Concepto

En sumas y restas, se suman los **ERRORES ABSOLUTOS**.

$$Z = A \pm B \rightarrow \Delta Z = \Delta A + \Delta B$$

Ejemplo Visual - La Tetera



Nota: Incluso en la resta ($A - B$), los errores se **SUMAN**. Es el “**peor escenario**”.

$$\text{Masa Total} = (500 + 200) \pm (2 + 1)$$

$$\text{Resultado} = 700 \pm 3 \text{ g}$$

Propagación de Errores: Productos y Cocientes

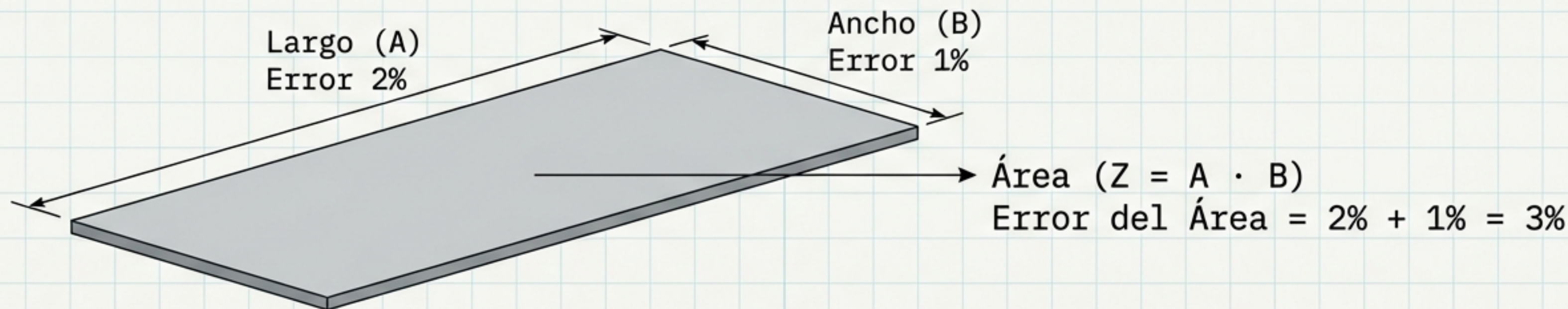
El Concepto

En multiplicaciones y divisiones, se suman los **ERRORES RELATIVOS**.

$$\varepsilon(z) = \varepsilon(x) + \varepsilon(y)$$

$$\Delta Z/Z = \Delta A/A + \Delta B/B$$

Ejemplo Visual - Cálculo de Área



La Fórmula Maestra: Derivadas Parciales

Valor Absoluto
(Los errores siempre suman)

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \cdot \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \cdot \Delta y + \dots$$

Peso de la variable
x en el resultado

Error de la variable x

Aplicable a cualquier función compleja $f(x, y, \dots)$. Base: Series de Taylor.

Advertencia Crítica: La Trampa de los Grados

Contexto: Para la función $y = \sin(\theta)$, dado $\theta = 30^\circ \pm 1^\circ$

✗ INCORRECTO

$$\Delta y = \cos(30^\circ) \cdot 1$$

Resultado absurdo (magnitud excesiva)

Error: Usar grados directos en la derivada.



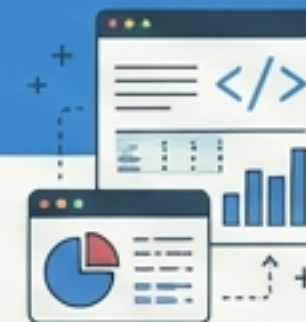
✓ CORRECTO

Convertir error a Radianes:

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} \approx 0.017 \text{ rad}$$

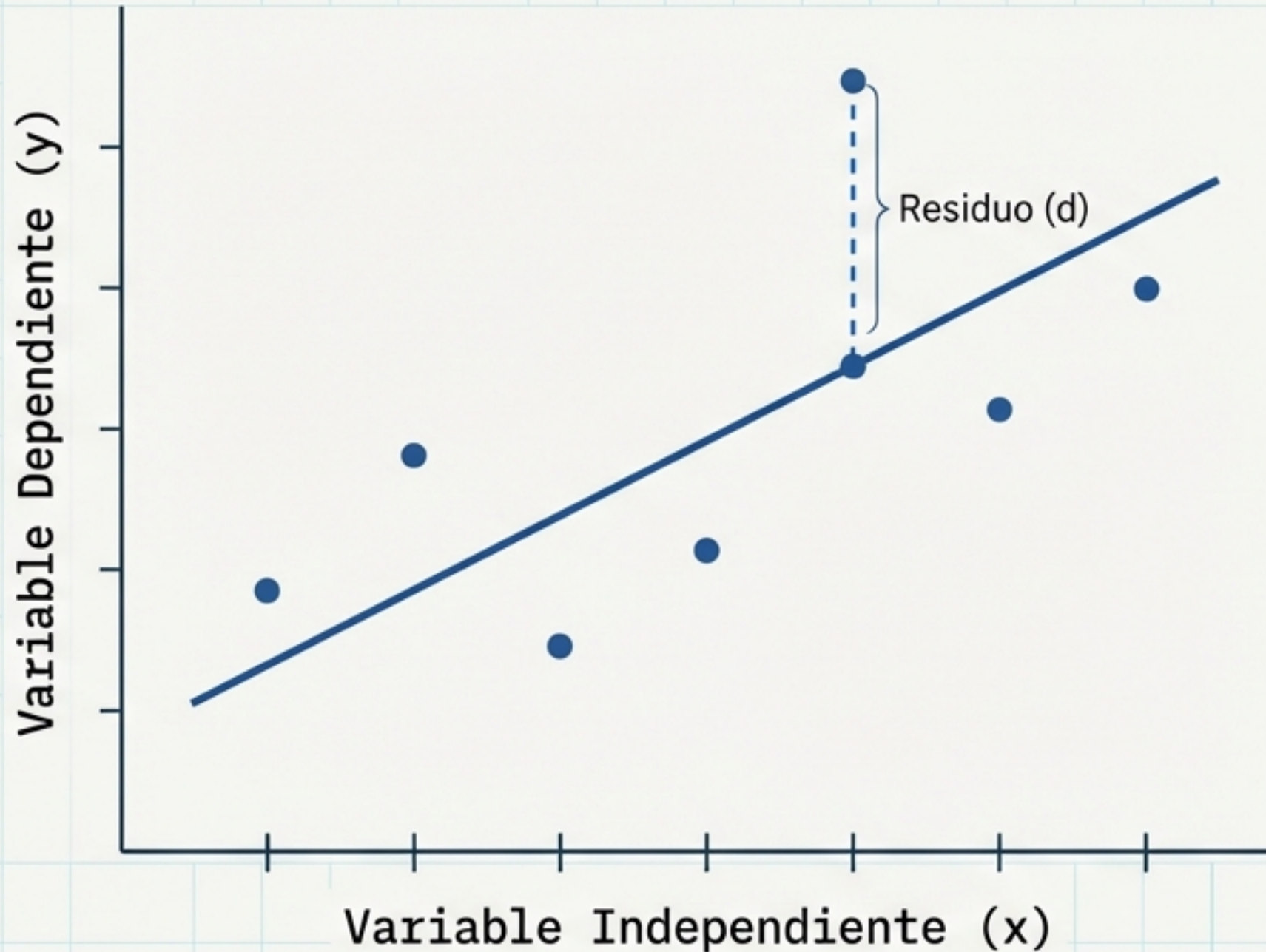
$$\Delta y = \cos(30^\circ) \cdot 0.017$$

Resultado válido



¡CUIDADO! Las expresiones derivadas exigen radianes. Ignorar esto invalida el cálculo.

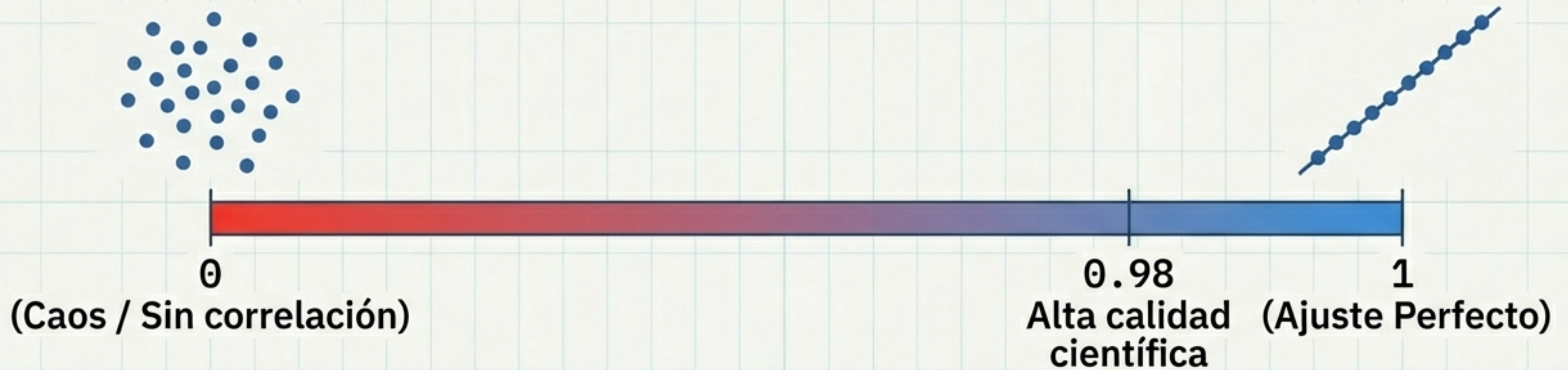
Revelando la Tendencia: Mínimos Cuadrados



- **Objetivo:** Ajustar una recta $y = ax + b$
- **Método:** Minimizar la suma de los cuadrados de los residuos.
- **Resultado:** Obtener pendiente (a) y ordenada (b) con sus propios errores.

El Coeficiente de Correlación (r)

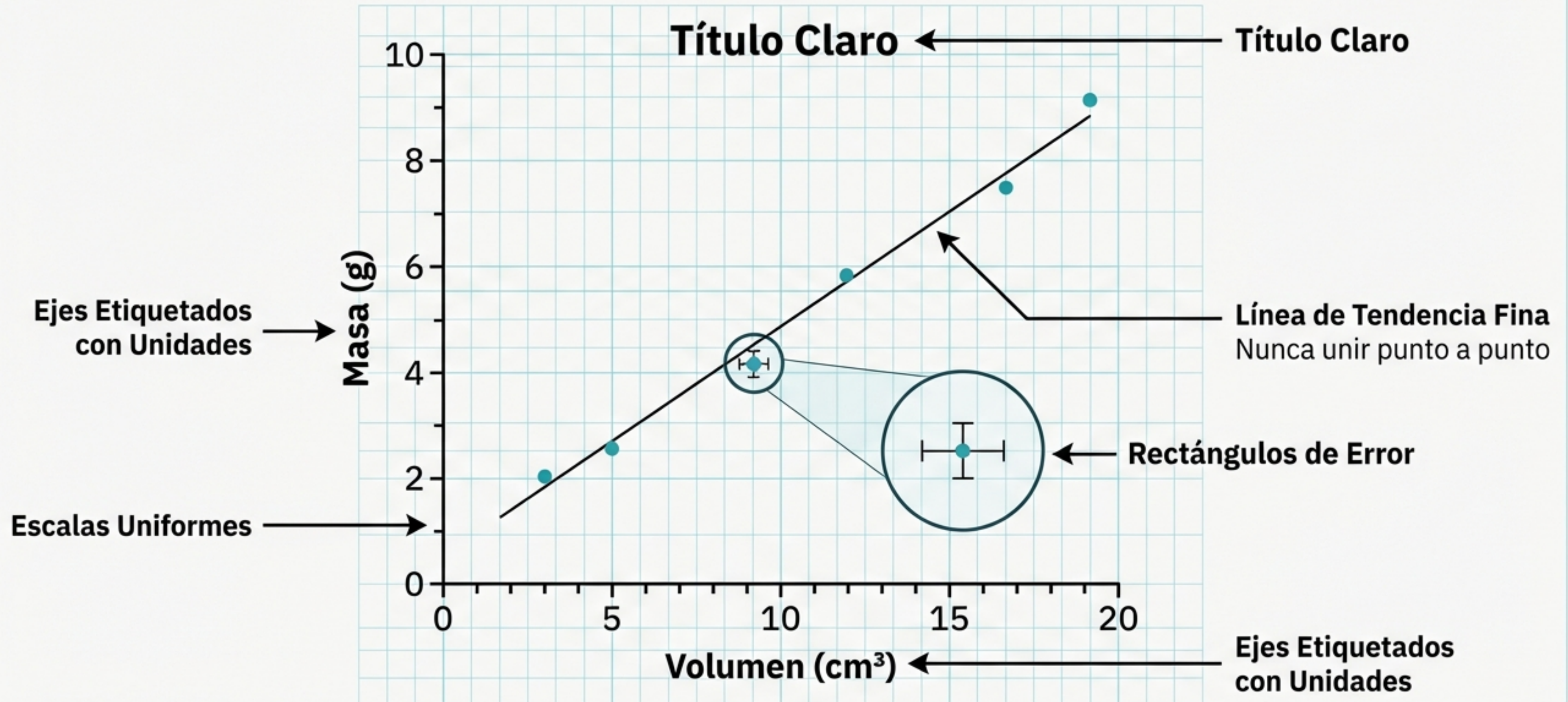
IBM Plex Mono: Un factor que cuantifica la calidad del ajuste lineal.



$$r = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[\dots] \cdot ry \cdot [\dots]}}$$

Insight: Un buen científico no solo calcula la recta, verifica su validez con **r**.

Anatomía de una Gráfica Científica



Conclusiones: El Valor del Rigor

1

Medir es acotar

Sin error, el dato carece de sentido físico.

2

El error viaja

Se propaga y crece con cada cálculo matemático.

3

Los datos hablan

A través de ajustes (mínimos cuadrados) y gráficas honestas.

El cálculo de errores no es un trámite burocrático; es la herramienta que valida nuestras conclusiones frente a la realidad.