

Laboratorio de Mecánica de Fluidos

INCERTIDUMBRES EXPERIMENTALES

ADAPTADED FROM J.R. TAYLOR – AN INTRODUCTION TO
ERROR ANALYSIS

Contenido

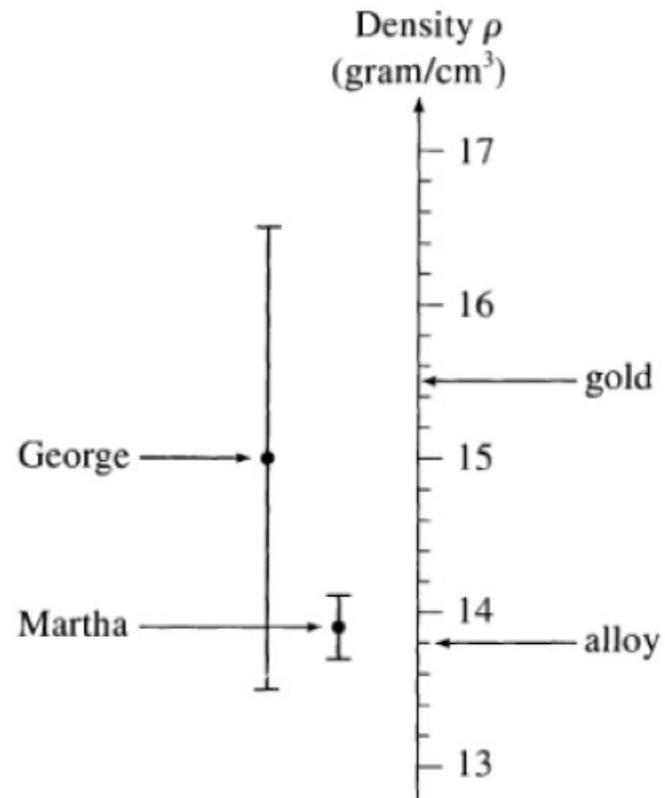
- Introducción al análisis de error
- Mejor estimación e incertidumbre
- Cifras significativas
- Estimación de la incertidumbre en instrumentación analógica y digital
- Como presentar una medición
- Incertidumbre fraccional
- Comprobando relación con grafico
- Propagación de incertidumbres
- Error sistemático y aleatorio
- Conclusión

Introducción al Análisis de Error

- ❖ La palabra error en el campo experimental no necesariamente hace referencia a un desacierto, más bien apunta a un concepto conocido como incertidumbre experimental.
- ❖ La incertidumbre experimental es inevitable, pero se la puede hacer tan pequeña como sea posible.
- ❖ La incertidumbre puede tener muchas fuentes, que van desde la iluminación donde se realice la medición, hasta el tipo de instrumento con el que se lleva a cabo la medida.
- ❖ El reporte de la incertidumbre en ingeniería tiene una importancia relativa a la aplicación que se este desarrollando, en particular en ingeniería mecánica es fundamental en áreas como el desarrollo de diseños, caracterización de materiales o controles de calidad.



Se necesita saber si la corona es de oro o de alguna aleación, sabiendo que la densidad del oro es $15,5 \text{ kg/m}^3$ y la densidad de la aleación es $13,8 \text{ kg/m}^3$



Mejor Estimación e Incertidumbre

El mejor camino para establecer una buena medición es ofrecer la mejor estimación acompañada de un rango donde se asegure que se encuentre dicha medida:

$$\text{Medición de } X = x_{best} \pm \delta x$$

Esta simple ecuación establece el mejor dato experimental para la cantidad X y un rango adecuado donde con seguridad se encontrara dicha medida, δx es conocida como incertidumbre de la medición, es una cantidad definida por conveniencia como positiva por lo que siempre el valor $x_{best} + \delta x$ es la cantidad mas alta que puede tomar la medición.



Cifras significativa

Como regla arbitraria, los resultados de las incertidumbre deben expresarse redondeadas a una cifra significativa. Para presentar una respuesta, la última cifra significativa deberá ser usualmente del mismo orden de magnitud (en la misma posición decimal) que la incertidumbre.

Por ejemplo, si la medición es 82,71 con una incertidumbre de 0,3 , se deberá redondear a:

$$82,7 \pm 0,3$$

Si la incertidumbre es 3, la misma medición debe ser redondeada a:

$$83 \pm 3$$

Y si la incertidumbre fuera 30, la respuesta sería:

$$80 \pm 30$$



Cifras significativa

En cualquier operación que se realice ya sea suma, resta, multiplicación o división, la respuesta de dicha operación no debe exceder en cifras significativa a los factores involucrados en la operación:

Por ejemplo:

Si sumamos 9,23 con 8,567, la respuesta de esta operación sería 17,797, debido a este enunciado la respuesta debe expresarse como 17,7 de la misma forma como estaba de los sumando de la operación es decir 9,23.



Estimación de la incertidumbre en instrumentación analógica y digital

Una regla práctica en medidas en laboratorios es que la incertidumbre al leer un instrumento analógico (que tenga alguna escala visible) es equivalente a la mitad de la resolución que provee dicho instrumento, o en otras palabras la mitad de la mínima división.

Para un instrumento digital, se puede consultar el respectivo manual del fabricante. También puede asumirse, razonablemente, que la incertidumbre está relacionada a la resolución numérica que ofrece el instrumento. Sin embargo, no es seguro, por lo cual se recomienda repetir las mediciones para estudiar la tendencia de la variación. Deben tomarse en cuenta los errores sistemáticos (calibración) para evitar que éstos afecten a la estimación de la incertidumbre.



Como presentar una medición

Para poder interpretar una incertidumbre no solo basta con mostrar un resultado como este:

$$F = (350.65 \pm 0.75) N$$

Lo cual podría indicar que se tiene un buen resultado... pero se podría tener lo siguiente:

$$F = (2.65 \pm 0.75) N$$

Relativamente, la segunda medición es muy imprecisa

Por lo general la incertidumbre se presenta con las misma unidades que la cantidad medida o mejor estimado, como vemos en los ejemplos anteriores. Es fundamental que si se usa notación científica, se presente la cantidad medida y su respectiva incertidumbre con la misma notación.

Ejemplo:

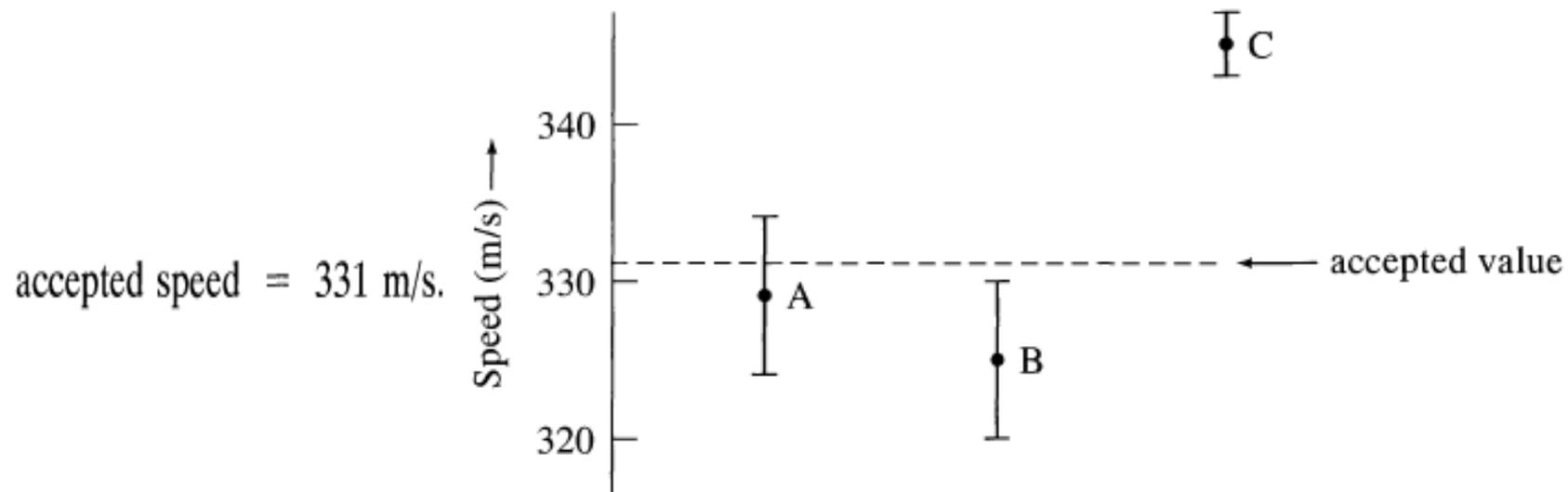
$$\text{Masa medida} = (7,32 \pm 0,05) \times 10^6 \text{ lbm}$$

Es más fácil de leer y trabajar que:

$$\text{Masa medida} = 7,32 \times 10^6 \pm 5 \times 10^4 \text{ lbm}$$



Comparación de valores medidos con valores aceptados



A's measured speed = 329 ± 5 m/s,

B's measured speed = 325 ± 5 m/s,

C's measured speed = 345 ± 2 m/s

Incertidumbre fraccional

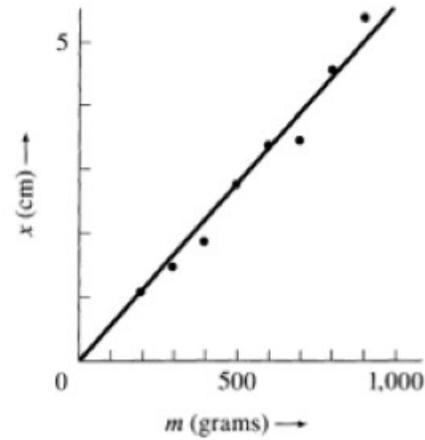
La incertidumbre δx indica que tan segura o precisa es una medida, pero esta incertidumbre no cuenta por si misma toda la historia, por ejemplo si tenemos una incertidumbre de una pulgada en una distancia de una milla indicaría una extraordinaria precisión, mientras que una incertidumbre de una pulgada en una medición de tres pulgadas indicaría una medición muy cruda. Es por eso la necesidad de definir la incertidumbre fraccional que es una proporción de δx con x_{best} .

$$\text{Incertidumbre fraccional} = \frac{\delta x}{x_{best}}$$

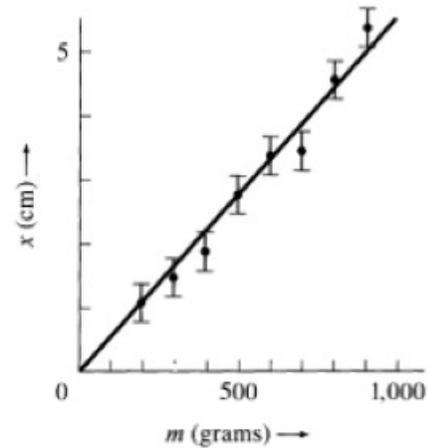
Es recomendable expresarla en porcentaje.



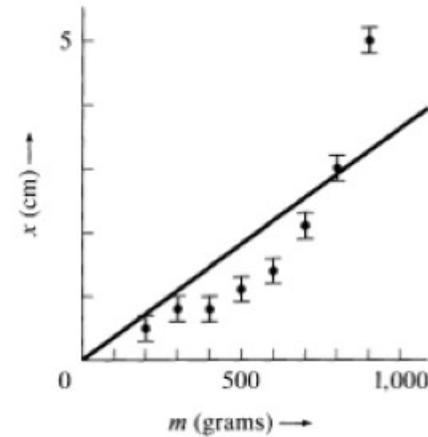
Comprobando relación con gráfico



(a)



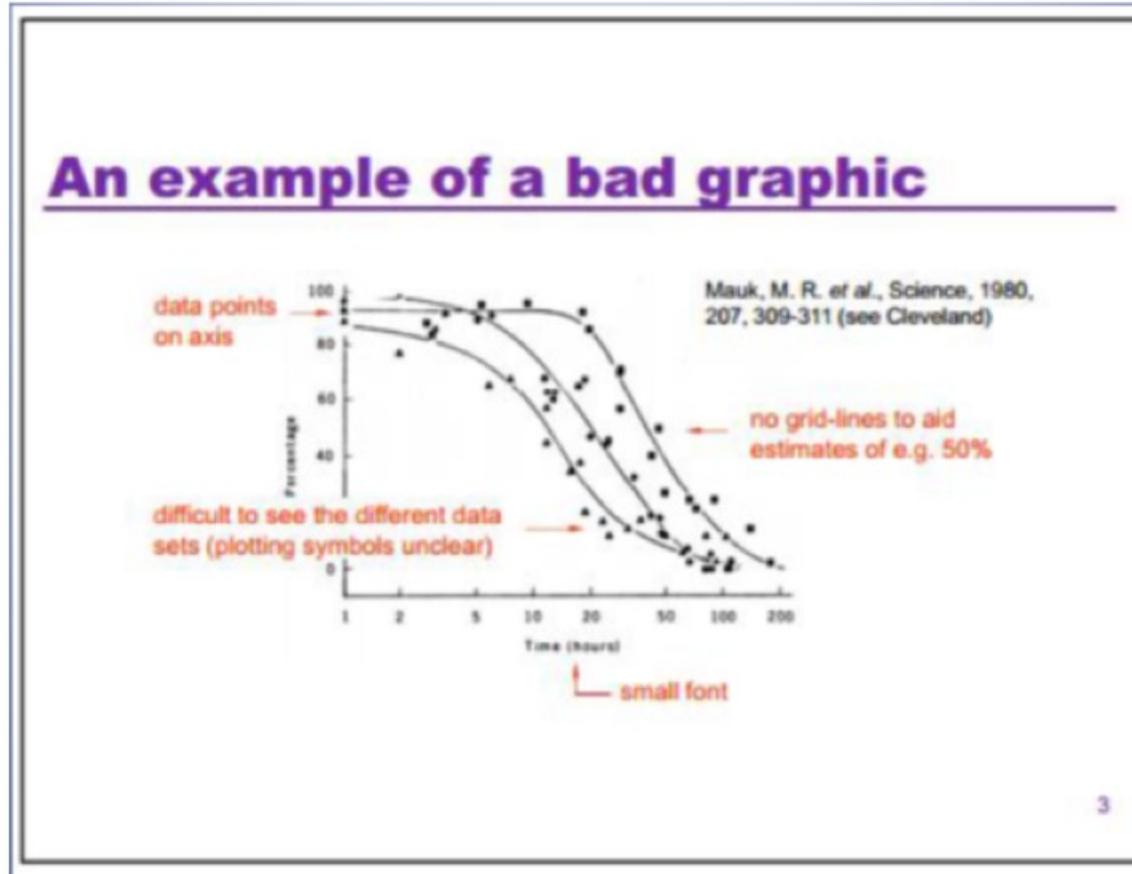
(b)



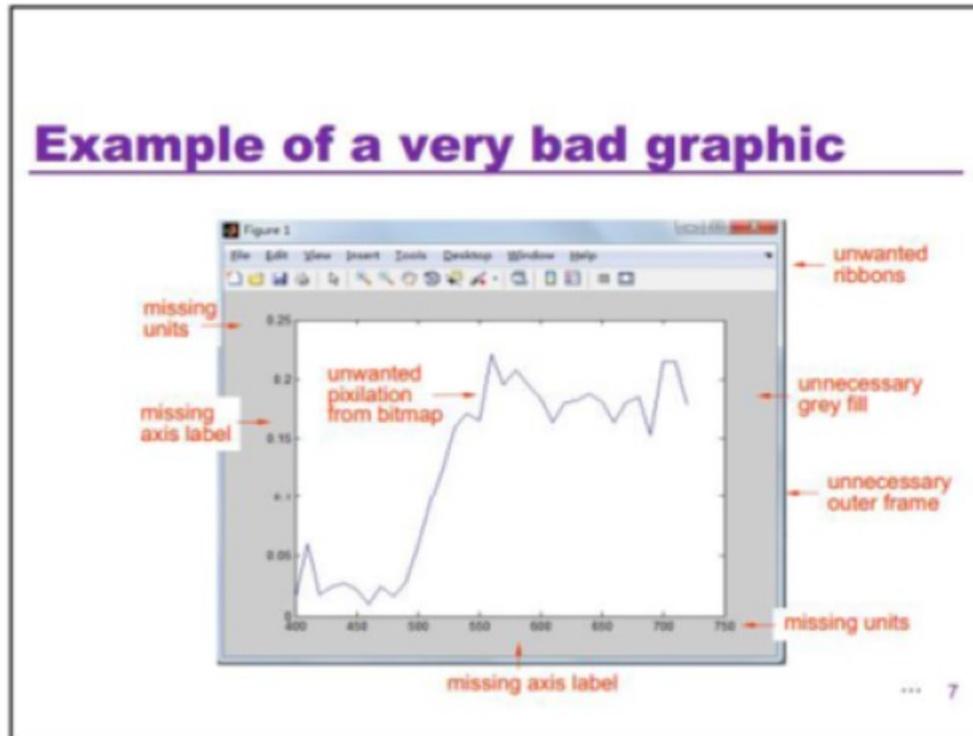
(c)



Comprobando relación con grafico



Comprobando relación con grafico



Propagación de incertidumbre

Suma o resta*:

$$p = x + y + z$$
$$\delta p \approx \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2}$$

Producto o cociente*:

$$p = x * y * z$$

$$\frac{\delta p}{|p|} \approx \sqrt{\frac{\delta x^2}{|x|^2} + \frac{\delta y^2}{|y|^2} + \frac{\delta z^2}{|z|^2}}$$

Producto o cociente con una constante "a":

$$p = a * x$$

$$\delta p = a * \delta x$$

*Solamente si son independientes y aleatorios



Propagación de incertidumbre

Potencia constante "n":

$$p = x^n$$
$$\frac{\delta p}{|p|} = |n| \frac{\delta x}{|x|}$$

Función "p" de una variable:

$$\frac{\delta p}{|p|} = \left| \frac{dp}{dx} \right| \delta x$$

Función de varias variables (Fórmula general)*:

$$p = f(x, y, z)$$

$$\delta p = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial x} \delta x \right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial y} \delta y \right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial z} \delta z \right)^2}$$

*Solamente si son independientes y aleatorios

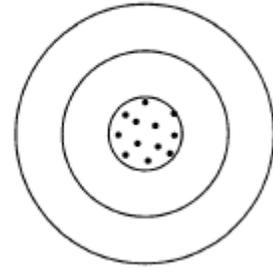


Error sistemático y aleatorio

El Error Sistemático se refiere a toda incertidumbre que es añadida a la medición por el equipo utilizado para receptar la medida, esta incertidumbre es proporcionada por el fabricante del instrumento de medición, ya sea en un certificado, o cuando el equipo requiera calibración en el certificado de calibración.

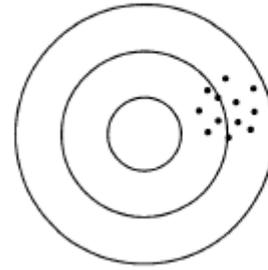
El Error Aleatorio se refiere a toda incertidumbre que es añadida por el azar, es decir cuando en un ensayo existe una repetitividad de recepción de datos, un parámetro que nos ayuda a dimensionar esta incertidumbre es la desviación estándar.





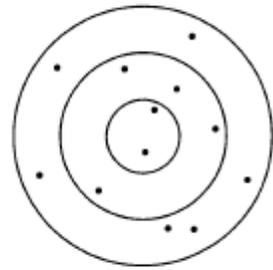
Random: small
Systematic: small

(a)



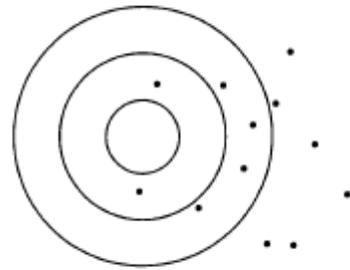
Random: small
Systematic: large

(b)



Random: large
Systematic: small

(c)



Random: large
Systematic: large

(d)

Conclusión

- En cualquier dato receptado con un instrumento de medición es sumamente importante presentarlo con su respectiva incertidumbre, la cual presentara un rango de seguridad de dicha medida.
- Las barras de error deben ser graficada de manera adecuada, si el caso lo predispone el error puede ser despreciado.
- Debe mostrarse las líneas de tendencia en cualquier grafico que una alguna proporcionalidad de dos variables medidas.
- Se debe realizar todos los cálculos necesarios para obtener la propagación de errores de cada ensayo.

