

Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

Mediciones 2º Año

Física

fisica.ips.edu.ar
www.ips.edu.ar

Cód- 7202-16

Prof. Silvia Belletti
Prof. María Eugenia Godino
Prof. Germán Blesio



Dpto. de Física

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



Concepto de Medición, ¿Qué es Medir?

El proceso de medición, se puede definir intuitivamente como la acción de **comparar** una característica cuantitativa de un objeto o proceso, con un patrón estándar previamente determinado, a través del uso de un **instrumento de medición** diseñado a tal fin.

Todo proceso de medición define operacionalmente una magnitud física y da como resultado el valor de dicha magnitud. El valor es un número real y representa el número de veces que la unidad está contenida en la cantidad de magnitud medida.

Así por ejemplo, la longitud de un objeto surge y se define por la comparación de éste con otro elegido arbitrariamente (patrón), cuya longitud se adoptó como unidad. El instrumento posibilita esta operación y el número medida se lee en la denominada **escala**.

En una medición intervienen **cuatro objetos**:

- Aquello que se quiere medir
- La unidad de medida
- El instrumento de medición
- El observador

Este último es quien será el encargado de aplicar la técnica adecuada para obtener los resultados requeridos.

Veamos un ejemplo. Se necesita saber cuál es el alumno más alto de una escuela y para ello se le pide a todos que se pongan en fila de mayor a menor y se elige el de mayor altura. Se ha satisfecho la necesidad de determinar el alumno de mayor altura pero no se ha medido, se ha comparado.

Otro modo de averiguarlo podría ser haciendo nudos a distancias equidistantes en un hilo y contar cuantos “nudos” se corresponden con la altura de cada uno de los alumnos. En este caso se cumplen las condiciones necesarias para tener un proceso de medición ya que está el objeto a medir (los alumnos), el instrumento de medición (el hilo con nudos), la unidad de medida (la distancia entre dos nudos del hilo) y el observador (la persona que coloca el hilo al lado de cada alumno y cuenta la cantidad de “nudos” que mide cada uno). Con esto el proceso de medición queda finalizado.

Claro que si lo que se quiere es hacer un concurso entre los alumnos más altos de varias escuelas será necesario reunirlos a todos ya que es imposible que en las demás escuelas sepan que es eso de la distancia en “nudos”. Por este motivo, y para facilitar la transmisión de la información es que se emplean en estos procesos instrumentos con unidades de medida consensuadas como el metro.

Unidades

Como ya se dijo una medición es el resultado de una operación de observación mediante la cual se compara una magnitud con un patrón de referencia arbitrario.

Materia

Desde la antigüedad, se evidenció la necesidad de unificar criterios para realizar mediciones. A través de los años se realizaron muchos intentos para que la comunidad internacional adoptara un único sistema de unidades que pudiera ser utilizado en todos los campos de la ciencia y la tecnología, en las relaciones comerciales, en la producción, los servicios, la investigación.

En 1960, la CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS (CGPM) establece como sistema de unidades el Sistema Internacional (SI), basado en el Sistema Métrico Decimal elaborado por la Asamblea Nacional Francesa en la década de 1790. El Sistema Internacional no sólo define el conjunto de unidades a utilizar sino que también instruye acerca de cómo deben escribirse los resultados de las mediciones.

Actualmente el SI es adoptado por la mayoría de los países del mundo.

Los patrones de las unidades fundamentales se encuentran en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sèvres, cerca de París y existen réplicas en las distintas oficinas nacionales de pesas y medidas de cada país.

Argentina adhiere al SI a través del **Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA)**, establecido por la ley 19.511 de 1972 como único sistema de unidades de uso autorizado en el país. El custodio de patrones medida en Argentina es el **Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)**, cuya la misión es mantener, realizar y reproducir los patrones de medida y difundir la exactitud de la medición.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

El Sistema Internacional está conformado por las unidades de base o fundamentales, las unidades derivadas y los prefijos.

- **Unidades de base o fundamentales**

El SI se fundamenta en un conjunto de siete unidades llamadas de base, que por convención se consideran como dimensionalmente independientes.

Magnitud	Unidad	Símbolo
<u>Longitud</u>	<u>metro</u>	m
<u>Masa</u>	<u>kilogramo</u>	kg
<u>Tiempo</u>	<u>segundo</u>	s
<u>Intensidad de corriente eléctrica</u>	<u>Ampere</u>	A
<u>Temperatura</u>	<u>Kelvin</u>	K
<u>Intensidad luminosa</u>	<u>candela</u>	cd
<u>Cantidad de sustancia</u>	<u>mol</u>	mol



Definiciones:

- 1) El metro es la longitud del camino recorrido por la luz en el vacío durante el lapso de $1 / 299\,792\,458$ de segundo. (17ª CGPM. 1983).
- 2) El kilogramo es la masa del prototipo internacional del kilogramo. (1ª y 3ª CGPM, 1889 y 1901) (*).
- 3) El segundo es la duración de $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133 (13ª CGPM, 1967).
- 4) El ampere es la corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección despreciable y ubicados a una distancia de 1 metro entre sí, en el vacío, produciría entre ellos, por unidad de longitud de conductor, una fuerza de $2 \cdot 10^{-7}$ Newton. (9ª CGPM, 1948).
- 5) El kelvin es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª CGPM, 1967).
- 6) El mol es la cantidad de materia de una sistema que tiene tantos entes elementales como átomos hay en $0,012$ kg de carbono 12. Cuando se emplea el mol, se deben especificar los entes elementales, que pueden ser: átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas. (14ª CGPM, 1971) (**).
- 7) La candela es la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ hertz y cuya intensidad energética radiante en esa dirección es $1/683$ watt por estereorradián. (16ª CGPM, 1979).

(*) *Este prototipo internacional, de platino e iridio, se mantiene en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de París.*

(**) *a) también puede utilizarse la denominación "cantidad de sustancia".*

b) Se entiende que los átomos de carbono 12 se encuentran no enlazados, en reposo y en su estado fundamental.

El kilogramo es la única unidad del sistema Internacional de Unidades que todavía se define en base a un objeto físico, un prototipo de platino e iridio que se mantiene guardado en la sede de la oficina internacional de Pesas y medidas de París. El resto de las unidades (metro, segundo, Ampere, Kelvin, mol y candela) se basan en cantidades físicas.

Las medidas del prototipo del kilogramo en el último siglo han indicado que su masa ha variado ligerísimamente, y ahora es unos 50 microgramos (como un pequeño grano de arena) inferior a cuando fue fabricado en 1879. Por este motivo se está trabajando en una redefinición del SI, donde el kilogramo dependa de constantes físicas, que está programado para aprobarse en la 26ª CGPM en 2018.

- **Unidades SI derivadas**

Son las que resultan de productos, cocientes, o productos de potencias de las unidades SI de base, y tienen como único factor numérico el 1, formando un sistema coherente de unidades, como el m^2 , m^3 , etc. Algunas unidades derivadas tienen nombres especiales y símbolos particulares. Ello permite simplificar la expresión de otras unidades derivadas.

Ejemplos:

Magnitud	Unidad	Símbolo	Equivale a
Superficie	metro cuadrado	m^2	$m \cdot m$
Volumen	metro cúbico	m^3	$m \cdot m \cdot m$
Frecuencia	Hertz	Hz	$1 / s$
Ángulo plano	Radián	rad	m / m
Fuerza	Newton	N	$kg \cdot m / s^2$
Energía	Joule	J	$kg \cdot m^2 / s^2$
Potencia	Watt	W	$kg \cdot m^2 / s^3$
Diferencia de potencial eléctrico, fem	Volt	V	$kg \cdot m^2 / (A \cdot s^3)$
Campo Magnético	Tesla	T	$kg / (A \cdot s^2)$

- **Prefijos: Múltiplos y submúltiplos**

Una de las ventajas del SI es que se trata de un sistema decimal, es decir, de base 10. Esto implica que es posible expresar el valor de una medida multiplicándola o dividiéndola, por potencias de 10, dando origen a los llamados múltiplos y submúltiplos de dicha unidad. Estos múltiplos y submúltiplos se indican anteponiendo un prefijo a la unidad correspondiente, ya sea de base o derivada. Por ejemplo: 0,001s es 1ms (milisegundo), 6 400 000 m es 6,4 Mm (megametro) y 720 000 Hz es 720 kHz (kiloHertz)

En la siguiente tabla se presentan una lista de algunos múltiplos y submúltiplos de unidades métricas y sus prefijos correspondientes:



Múltiplos y submúltiplos de Unidades		
Prefijo	Símbolo	Factor de conversión
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deca	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}

Existen normas que rigen la forma de escribir las unidades, múltiplos y submúltiplos:

- 1) Los símbolos de las unidades que proceden del nombre de científicos se escribe con mayúscula su primer letra. Por ejemplo: Volt (V) en homenaje al físico italiano Volta, Amper (A) en recuerdo de Ampère, o Hertz (Hz) en honor a Heinrich Hertz.
- 2) Los múltiplos mayores o iguales a mega tienen su símbolo en mayúscula. Ejemplo: terametro (Tm), megasegundo (Ms) o gigahertz (GHz)
- 3) El nombre de la unidad, sus múltiplos y submúltiplos que no están contemplados en las reglas 1 y 2 se escriben siempre con minúscula. Ejemplo: metro(m), kilómetro (km) o centímetro (cm)
- 4) No se pone punto después del símbolo.

Actividad N° 1:

- 1) En esta etiqueta simulada pueden apreciarse errores en los símbolos utilizados Identifícalos y escríbelos correctamente:

Cultivos experimentales S.A.

Espárragos frescos

Diámetro aproximado.....0,01 mts

Longitud.....15 cm.

Proteínas (por 100 gr.).....1 700 000 μ gr

Tiempo de cocción en microondas.....90 seg

Materia

2) Expresa en unidades fundamentales del SI.

- a) Uno de longitud
- b) Uno de masa
- c) Uno de tiempo

3) Expresa los siguientes valores en m; m² o m³ según corresponda:

0,65dam

9800cm²

0,555dam³

3,27hm

47,5hm²

326dm³

Redondeo

Recordemos las dos reglas sencillas que rigen el proceso de eliminar los dígitos no deseados en un resultado.

Regla 1: Si el primer dígito que se va a eliminar es menor que 5, ese dígito y todos los dígitos que le siguen simplemente se eliminan.

Ejemplos:

12,943 redondeado a dos cifras decimales se convierte en 12,94.

74,345 al ser redondeado a una cifra decimal queda como 74,3.

134 redondeado a la cifra de las decenas resulta 130.

Regla 2: Si el primer dígito que se va a eliminar es 5 o mayor que 5, todos los dígitos siguientes se suprimen y el valor del último dígito que se conserva se aumenta en una unidad.

Ejemplos:

83,38, 83,379 y 83,3798 al ser redondeados a una cifra decimal quedan todos como 83,4.

60,439 redondeado a dos cifras decimales se convierte en 60,44.

135,7 al ser redondeado al entero resulta 136.

Notación científica

En las ciencias hay veces en que se debe tratar con números muy grandes o muy pequeños. Consideremos que el radio de un átomo de hidrógeno es igual a 0,000 000 005 cm, o que una célula tiene cerca de 2 000 000 000 000 de átomos. Es muy difícil manejar tantos dígitos e incluso compararlos porque estos valores están muy distantes de los valores que nuestros sentidos están acostumbrados a percibir, en consecuencia están fuera de nuestro cuadro de referencias.

Por otra parte, el enunciado escrito u oral de tales números es bastante incómodo. Para facilitar su comunicación, lo usual es presentar estos números empleando potencias de 10, como veremos enseguida.

¿Cómo se expresan las cantidades con notación de potencias de 10?



Consideremos un número cualquiera. Por ejemplo, el número 451. Nuestros conocimientos de álgebra elemental nos permitirán comprender que este número se puede expresar de la siguiente manera:

$$451 \text{ g} = 4,51 \cdot 100 \text{ g} = 4,51 \cdot 10^2 \text{ g}$$

Observemos que el número 451 se expresó como producto de 4,51 por una potencia de 10 (en este caso, 10^2)

Consideremos el caso de un número menor que uno; por ejemplo, 0,000658 se puede escribir como:

$$0,000658 \text{ A} = 6,58/10000 \text{ A} = 6,58/10^4 \text{ A} = 6,58 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

Se ha expresado el número 0,000658 como producto de 6,58 por una potencia de 10 (en este caso 10^{-4})

A partir de este ejemplo podemos afirmar que cualquier número puede expresarse como el producto de un número, mayor o igual que 1 y menor que 10, y una potencia de 10.

Una regla práctica para obtener la potencia de 10 adecuada es la siguiente:

- a) Se cuenta el número de lugares que debe correrse el punto decimal para colocarlo a la izquierda; este número nos proporciona el exponente positivo de 10. Así pues:

$$\underbrace{450\ 000}_{5 \text{ lugares}} \text{ s} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ s}$$

- b) Se cuenta el número de lugares que debe correrse el punto decimal hacia la derecha hasta llegar al primer dígito distinto de cero; este número nos proporciona el exponente negativo de 10. Así:

$$\underbrace{0,0000253}_{5 \text{ lugares}} \text{ kg} = 2,53 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

Observación:

Este nuevo tipo de notación, además de ser más compacto facilita la realización de las operaciones matemáticas ya que la concreción de estas operaciones también es dificultosa.

Actividad N° 2:

- 1) Expresa en unidades fundamentales del SI.
 - a) 0,03 mg (masa aproximada de una partícula de polvo)
 - b) 200 000 t (masa aproximada de un petrolero)
 - c) 0,00002 Å (radio de un núcleo atómico, $1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$)
 - d) 60 000 km (radio aproximado del planeta Saturno)
 - e) 0,0033 s (tiempo aproximado que tarda la luz en recorrer 1 000 km)
 - f) 4 500 millones de años (edad de la Tierra)

Materia

- 2) Escribe en notación científica las cantidades del ítem anterior
- 3) La densidad promedio de la Luna es de $3,3 \text{ g/cm}^3$, y tiene un diámetro de 2 160 millas. ¿Cuál es la masa total de la Luna? (1 milla = 1609 m)
- 4) Un auto viaja a una velocidad constante de 65 km/h. ¿Cuántos kilómetros habrá viajado en 4h 45 min?
- 5) La masa atómica de un elemento químico es de $5,3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. Exprésala en gramos y en miligramos.
- 6) Un metro cúbico es el volumen que ocupa un cubo cuya arista es un metro. ¿Cuál es la masa de un metro cúbico de agua pura a 4°C ($\delta_{\text{agua}}: 1 \text{ g/cm}^3$)?
- 7) Expresa los siguientes valores en m; m^2 o m^3 según corresponda:

572cm	1,025dm ²	8,865cm ³
3,1km	8,5dam ²	6,4hm ³
8,3dm	318mm ²	4180mm ³
- 8) El mercurio metálico tiene una densidad de $13,6 \text{ g/cm}^3$. ¿Cuál es la masa de un litro de mercurio?
- 9) El radio de la Tierra mide 6370 km. Calcula su volumen considerando que es una esfera perfecta. Sabiendo que su densidad media se estima en $5\,000 \text{ kg/m}^3$, ¿Cuál es su masa?

Instrumentos de Medición

El instrumento de medición es el dispositivo que permite comparar la magnitud a medir con una unidad prefijada con anterioridad. En general esta unidad es universal o al menos muy difundida como el metro o sus múltiplos para medir longitudes.

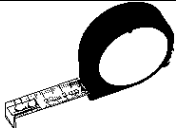
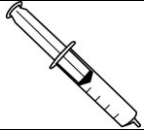
El instrumento de medición debe proveer tres datos fundamentales para poder realizar una medición correcta:

- **Unidad de Medición:** todo instrumento de medición debe especificar la unidad de medición que está representada en la escala del mismo.
- **Alcance:** es el mayor intervalo de valores que abarca la escala del instrumento de medición que se utiliza.
- **Apreciación:** es la menor medida que se puede tomar con un instrumento determinado.

Actividad N° 3:

Para cada uno de los siguientes instrumentos de medición, identifica la magnitud que se puede medir con la misma, la unidad en que se encuentra la escala, su alcance y su apreciación.



Instrumento de Medición		Magnitud	Unidad de Medición	Alcance	Apreciación
Regla					
Metro					
Centímetro de Costurero					
Calibre					
Cinta Métrica					
Tornillo Micrométrico					
Termómetro					
Balanza					
Cronómetro					
Probeta					
Pipeta					
Jeringa					

Cifras significativas

En cualquier medición, las cifras significativas son los dígitos que se conocen con certeza más un dígito que es incierto. La medición de 82,2cm tiene tres cifras significativas, y la medición de 82,25cm tiene cuatro cifras significativas. El dígito del extremo derecho siempre es un estimado. Siempre se escribe solamente un dígito estimado como parte de una medición. Sería incorrecto informar que la longitud de una mesa, medida con regla con una apreciación de medios milímetros, sea de 82,253cm. Este valor de cinco cifras significativas tendría dos dígitos estimados (el 5 y el 3) y sería incorrecto porque indicaría una precisión mayor de la que esa regla puede proporcionar.

Actividad N° 4:

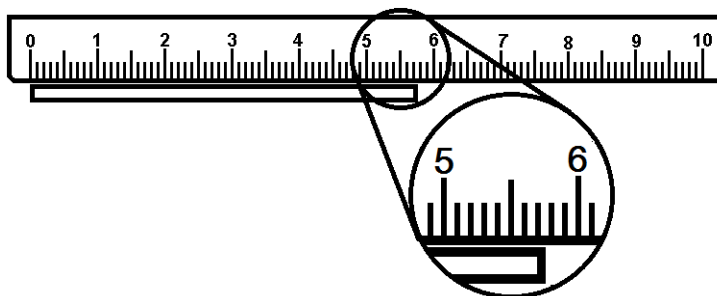
Mide la longitud de un objeto, anota en tu carpeta la medición obtenida. Deja que tus compañeros midan la misma longitud con el mismo instrumento de medición. Registra en una tabla los valores obtenidos. Compara y analiza los resultados. Concluye

Calidad de las mediciones

Toda vez que alguien usa expresiones del tipo: "caminamos casi veinte cuadras", "estudiamos como tres horas", "cuesta alrededor de cien pesos", sabemos que nos está brindando cierta información, pero cuando nos dicen: "el recorrido del móvil es de 12,5 cm", "el viaje dura 4 horas 17 minutos", "cuesta 15,32 pesos" también nos están dando información pero de otra calidad. En nuestra vida cotidiana toda vez que nos brindan una información cuantitativa simultáneamente nos dan indicaciones, aunque de manera informal, de la calidad de esa información.

En las ciencias experimentales es necesario dar información sobre la calidad de las mediciones que hacemos.

Imaginemos el siguiente experimento: tenemos que medir la longitud de una varilla de hierro con una regla escolar calibrada en milímetros. La lectura de la escala indica que la longitud de la varilla está entre 57 mm y 58 mm, pero no sabemos cuál de los muchos valores intermedios entre esas dos divisiones corresponde a dicha longitud. Debemos conformarnos con saber dentro de que intervalo se encuentra la cantidad a medir. Este intervalo nos da una idea de la incerteza de la medición.



A veces ocurre que saber que el valor del objeto a medir se encuentra entre dos valores conocidos es suficiente para resolver el problema. Pero, ¿qué ocurre si la naturaleza de nuestro problema es tal que necesitamos mejorar la calidad de la medición? Indudablemente no podemos hacerlo con la regla graduada en milímetros, necesitamos



otro tipo de instrumento y en el curso veremos algunos de ellos que mejoran la calidad de la medición.

La pregunta que surge de inmediato es ¿se puede mejorar la calidad de los instrumentos indefinidamente hasta llegar a eliminar la incerteza? Sigamos imaginando este experimento y pensemos que tenemos una "regla" tan buena como queramos y pensemos en que en definitiva la varilla está constituida por átomos de hierro. Estos átomos están en permanente movimiento alrededor de una posición de equilibrio. ¿Sobre cuál de los átomos apoyamos nuestra "regla" ideal para asignar la longitud a la varilla? y si con algún criterio elegimos uno de esos átomos, cuando se mueve ese átomo, que lo hace a gran velocidad, ¿cambia la longitud de la varilla?; y si cambia ¿cómo indicamos que la longitud de la varilla es cambiante? Con esto vemos que la incerteza no sólo es resultado de la limitación de los instrumentos o de la capacidad del operador sino, fundamentalmente, es una propiedad de la naturaleza.

Si aceptamos que toda medición involucra un intervalo de incerteza nuestro problema será establecer precisamente el valor de dicho intervalo.

Las fuentes de incerteza en una medición son diversas y existen distintos criterios para clasificarlas. Una de las clasificaciones más comunes es:

- **De apreciación:** Estas incertezas se produce cuando la magnitud a medir se encuentra entre dos marcas consecutivas en la escala del instrumento, con lo cual es imposible discernir cual es el valor exacto de la medición. Estas incertezas se producen como consecuencia de las limitaciones en la escala del instrumento de medición, y son totalmente inevitables.
- **Sistemáticas:** son incertezas producidas por una falla recurrente en el método de medición, en el instrumento de medición, en la forma de utilización del instrumento de medición, o en una interpretación incorrecta permanente de la misma. Esta clase de incertezas pueden detectarse y disminuirse, estudiando y corrigiendo los errores cometidos.
- **Accidentales o Casuales:** son incertezas cometidas por un accidente fortuito, el cual hace que la medición sea incorrecta. Entre las fuentes de incerteza más frecuentes de este tipo, se encuentran: los cambios de temperatura que influyen en el objeto a medir o en el funcionamiento del instrumento de medición; los movimientos de la mesa de trabajo; etc. Estas incertezas no siempre se pueden evitar.
- **De Paralaje:** Se producen cuando el ángulo de visión del observador no se encuentra perpendicular a la escala del instrumento, con lo que se comete un error en la interpretación correcta de la posición en la escala.

Esta clasificación facilita el análisis de los factores que influyen en una medición para tratar las incertezas adecuadamente.

Incerteza de Apreciación

En todos los procesos de medición nos encontramos con la incerteza de apreciación, en particular cuando se realizan mediciones cuyos valores se deben leer en una escala (como el caso de la varilla ya analizado). En esos casos asignamos el valor de la incerteza igual a la menor división de la escala, es decir, la apreciación de la escala o del instrumento. Un operador **muy experimentado** puede asignar el valor de la apreciación igual a la mitad del menor valor de la escala o incluso a la cuarta parte. Para determinar la apreciación de instrumentos digitales, resulta necesario conocer las especificaciones del instrumento (leyendo el manual).

Expresión Correcta de una Medición

Para que la medición realizada sea expresada correctamente, se debe indicar el valor observado, la unidad en la que se está midiendo, y su incerteza indicada en la misma unidad. Por ejemplo, si una medición de longitud se realiza con una regla, de 1 mm de apreciación, y arroja un resultado entre 57 mm y 58 mm, entonces la expresión correcta del resultado es la siguiente:

$$L = (57 \pm 1) \text{ mm}$$

Donde,

$$L = (\underset{\substack{\downarrow \\ \text{Valor Observado}}}{57} \pm \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Incerteza}}}{1}) \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Unidad de Medida}}}{\text{mm}}$$

Símbolo que indica la existencia de incerteza

O simbólicamente

$$X = (X' \pm \Delta X) \text{ mm}$$

X: Medición

X': Valor observado

ΔX : Incerteza

Aunque es una convención, se acuerda en asignar al valor de la incerteza una sola cifra significativa (es decir una sola cifra distinta de cero). Además, la última cifra significativa del resultado debe ser del mismo orden de magnitud (estar en la misma posición decimal) que la incerteza.

Los valores correspondientes a los intervalos de incerteza se expresan con una sola cifra significativa distinta de cero, redondeando por exceso o por defecto.



Ejemplos:

Si del cálculo de una incerteza resultan los siguientes valores:

$\Delta a = 0,081258326 \text{ m}$	Corresponde $\Delta a = 0,08 \text{ m}$
$\Delta b = 5,2258 \text{ m}$	Corresponde $\Delta b = 5 \text{ m}$
$\Delta c = 0,966580 \text{ m}$	Corresponde $\Delta c = 1 \text{ m}$
$\Delta d = 35,26580 \text{ m}$	Corresponde $\Delta d = 40 \text{ m}$

La determinación de las cifras de la medición está determinada por el valor de su incerteza. Cuando expresamos el resultado de una medición primero redondeamos la incerteza y **luego** el valor medido, de forma que si los valores observados anteriormente fueron:

Valor observado	La expresión correcta del resultado es
$a' = 0,79643 \text{ m}$	$a = (0,80 \pm 0,08) \text{ m}$
$b' = 68,507 \text{ m}$	$b = (69 \pm 5) \text{ m}$
$c' = 685,24 \text{ m}$	$c = (685 \pm 1) \text{ m}$
$d' = 4980,42 \text{ m}$	$d = (4980 \pm 40) \text{ m}$

Trabajo Práctico Nº 1:

Título: Mediciones e Incertezas

Objetivo: a) Medir distintas magnitudes físicas e indicar correctamente su resultado.
b) Construir una tabla de valores

Materiales: Detallar los objetos e instrumentos de medición elegidos.

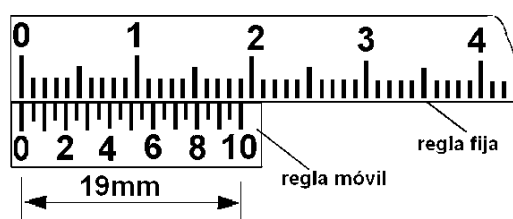
Procedimiento:

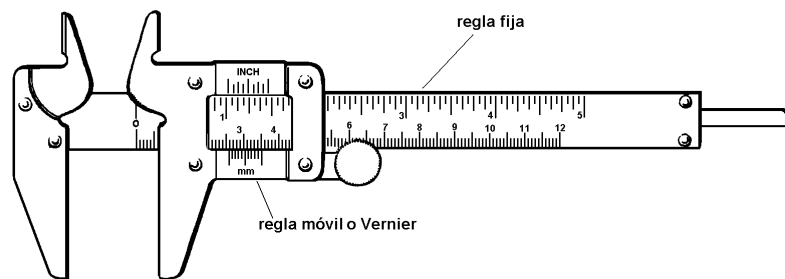
Observaciones:

Conclusión:

Calibre

Uno de los instrumentos empleados para aumentar nuestra capacidad de apreciación es el calibre, en esencia consiste en una regla fija calibrada, por ejemplo en milímetros y una regla móvil que desliza sobre la fija.





Las escalas de las reglas fija y móvil son diferentes, se llama apreciación del instrumento **A**, a la diferencia entre cada división **D** de la regla fija y cada división **d** de la regla móvil. Otra forma de calcular la apreciación del instrumento es realizando el cociente entre el valor de la mínima división de la regla fija y el número de divisiones de la regla móvil (**N**)

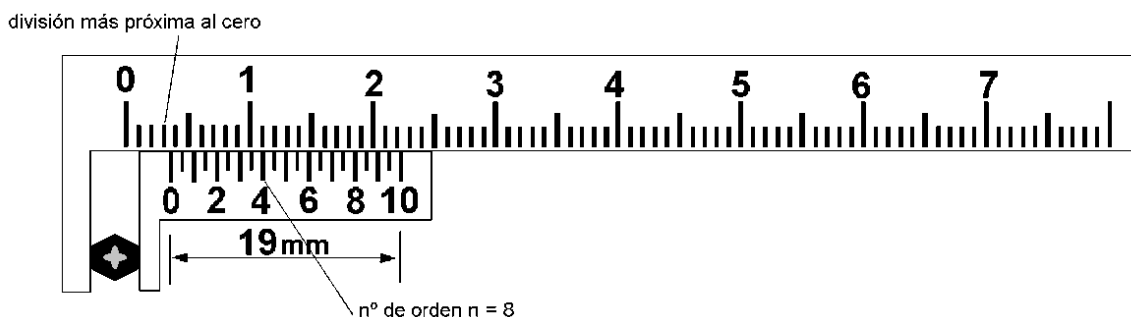
$$A = D/N$$

Así si se tiene un instrumento con una regla móvil de diez divisiones montado sobre una regla fija cuya menor división es un milímetro su apreciación será $A = 1\text{mm}/10 = 0,1\text{mm}$ o sea un décimo de milímetro. En cambio si tiene veinte divisiones la regla móvil para las mismas divisiones de la regla fija el valor de la apreciación es de cinco centésimas de milímetro (0,05mm). Los dos valores recién indicados son los más frecuentes de encontrar en los instrumentos comunes.

Para poder realizar una medición con este instrumento se procede de la siguiente manera, se lee sobre la escala de la regla fija hasta la división más próxima al cero de la regla móvil (L_0), luego se determina el número de orden de la división de la regla móvil que coincida con una de la escala de la regla fija (n). El producto de este número de orden n multiplicado por la apreciación del instrumento se suma a la lectura L_0 de modo que el resultado de la medición es:

$$L = L_0 + n A.$$

Vamos a aplicar esto a la medición de un objeto de longitud L como muestra la figura



La apreciación del calibre es $A = 1\text{mm}/20 = 0,05\text{mm}$, $L_0 = 3\text{mm}$, $n = 8$ por lo tanto el resultado de la medición es: $L = 3\text{mm} + 8 \cdot 0,05\text{mm} = 3,40\text{mm}$



Según el valor de A, la calibración de la regla móvil está hecha para que los productos $L_0 A$ se lean directamente.

Existen otros instrumentos como el tornillo micrométrico, que tienen una apreciación aún menor, de 0,01mm y 0,001mm.

Micrómetro-Tornillo micrométrico o Palmer



Este instrumento de medición, sirve para medir las dimensiones de un objeto con alta precisión del orden de centésimas de milímetros (0,01 mm) y de milésimas de milímetros (0,001 mm = 1 μ m (micra) y su fabricación se basa en la norma DIN 863.

Cuenta con dos puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio.

Su forma común consiste en un husillo y un yunque en C, como se muestra en la figura. Todos los tornillos micrométricos empleados en el sistema métrico decimal tienen una longitud de 25 mm, con un paso de rosca de 0,5 mm, de modo que girando el tambor una vuelta completa el palpador avanza o retrocede 0,5 mm.

Si el tornillo se elige de un paso de 0,5 mm y en la cabeza se dispone una escala alrededor dividida en 50 partes iguales para poder medir cincuentavos de vuelta, se podrán medir desplazamientos de $0,5/50 = 0,01$ mm

La máxima longitud de medida del micrómetro de exteriores normalmente es de 25 mm aunque existen también los de 0 a 30, por lo que es necesario disponer de un micrómetro para cada campo de medidas que se quieran tomar (0-25mm), (25-50mm), (50-75mm), etc. Su resolución puede ser de 0,01 mm; 0,002mm, 0,001 mm.



Según la medición que haya que hacer hay diferentes tipos de micrómetros:



Micrómetro exterior



Micrómetro interior



Micrómetro de profundidades

Según la forma de lectura, se diferencian en:



Micrómetro de lectura análoga

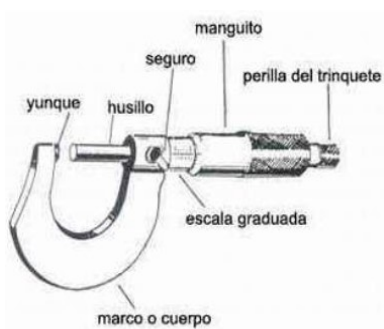


Micrómetro de reloj analógico



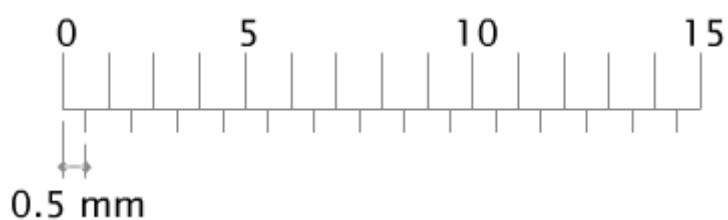
Micrómetro digital

Partes de un micrómetro exterior



Lectura de micrómetro en mm

En los micrómetros de interiores y exteriores la escala graduada se lee de izquierda a derecha y la escala graduada sería así:



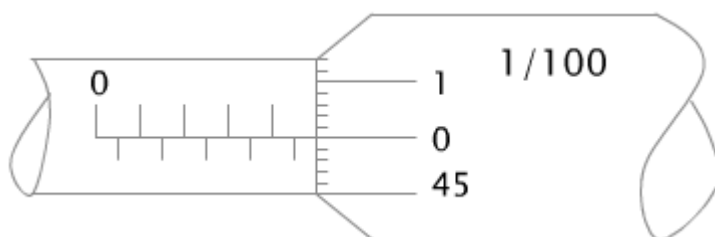


Para los micrómetros de profundidad, el cual se lee de derecha a izquierda su escala graduada se vería así:

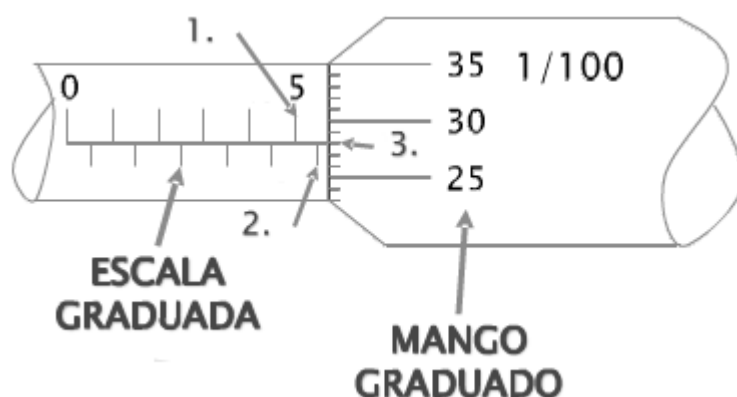


Lectura del micrómetro en mm

El tambor para los micrómetros en mm están divididos en 50 partes así:

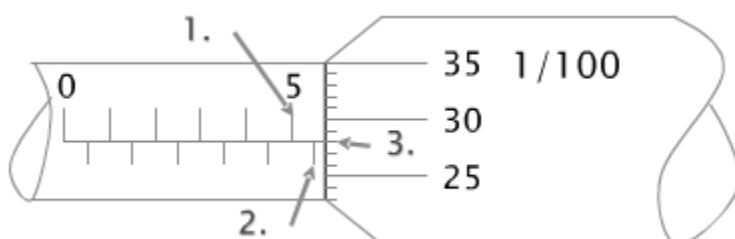


Para leer el micrómetro se debe hacer en tres partes:



1. Leer los milímetros completos que se muestran en la parte superior de la escala graduada.
2. Leer la diferencia de 0,5 mm que se muestra en la parte inferior de la escala graduada.
3. Leer las décimas y centésimas que se muestran en el mango graduado.

Ejemplo de lectura:



1. 5,00 mm (unidades completas).
2. 0,50 mm (porque la raya de abajo no coincide con ninguna de las de la escala graduada).
3. 0,28 mm

Entonces:

$$5,00 \text{ mm} + 0,50 \text{ mm} + 0,28 \text{ mm} = 5,78 \text{ mm}$$

Trabajo práctico N° 2:

Título: Medición de longitudes

Objetivo: a) Medir diferentes cantidades de una misma magnitud utilizando el instrumento adecuado y justificar su elección.

b) Expresar correctamente el resultado de cada medición

Materiales: cinta métrica, metro de carpintero, metro de costurera, regla, triple decímetro, calibre, etc., diferentes objetos entregados por el profesor.

Procedimiento:

Observaciones:

Conclusión:

Actividad N° 5 (Práctica complementaria):

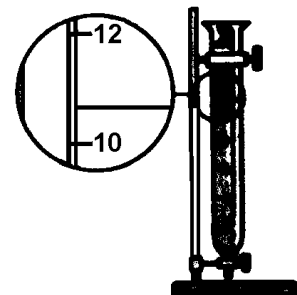
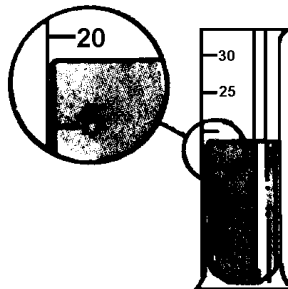
1- Indica en cada ítem cuál de los resultados está correctamente escrito.

- a) 3kg , 3Kg , 3kgs
- b) 19mts, 19M, 19m
- c) 45grs, 45g , 45gr
- d) 15seg,. 15 s, 15"
- e) 5min, 5', 5m

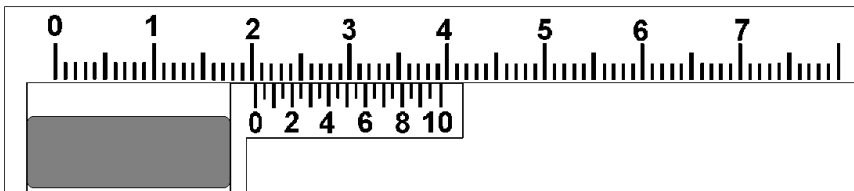
2-. Observa esta ilustración:

Si en ambos instrumento la unidad de medida es el cm^3 . Responde:

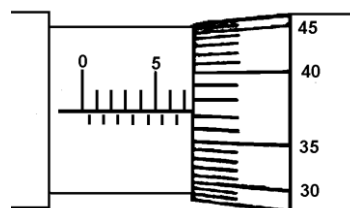
- ¿Cuál es el volumen del líquido que se mide con la probeta? ¿Y con la bureta?
- ¿Con qué incertidumbre se da cada medida?



3- Observa la figura e indica: número de divisiones de la regla móvil, apreciación del calibre, y el resultado de la medición



4. En la figura se muestra la ampliación detallada de las escalas de un tornillo micrométrico, ¿podrías indicar el resultado de la medición?





5- Indica cuál de las siguientes formas de expresar un resultado es la correcta.

- a) $45,54\text{m} \pm 0,5$ b) $(45,5 \pm 0,5)\text{m}$ c) $45\text{m} \pm 0,5\text{m}$ d) $45\text{m} \pm 500\text{mm}$

6- ¿Cuál de las siguientes mediciones es mejor?: la realizada al determinar la masa de una persona de 60kg con un error de 100 g, o la realizada al medir la masa de un coche de 1.200kg con un error de 10kg? ¿Por qué?

7-. Diseña una experiencia que te permita determinar la masa de un grano de arroz si sólo dispones de una balanza que aprecia hasta los gramos. ¿Cómo comprobarías la validez de tu diseño?

Mediciones Directas e indirectas

Una medición se considera **directa** cuando su resultado se puede leer directamente en la escala del instrumento de medición utilizado. Es decir, cuando el alcance del instrumento de medición es mayor que la dimensión medida, o cuando no es necesario realizar operaciones matemáticas para obtener el resultado final de la medición.

Una medición se considera como **indirecta** cuando el valor de la medición final se obtiene como resultado de una operación matemática, como por ejemplo la suma de tres mediciones, para determinar el perímetro de un triángulo o una multiplicación de mediciones como en el cálculo de la superficie de un rectángulo.

Cuando se realizan mediciones indirectas, el resultado final va acompañado de una incerteza que resulta de la propagación de las incertezas pertenecientes a cada una de las mediciones que forman parte de la operación matemática.

Propagación en suma y resta

Supongamos el siguiente problema: debemos determinar el perímetro de un triángulo, para eso medimos cada uno de los lados y en consecuencia tenemos tres valores medidos que indicaremos con L_1 , L_2 y L_3 y sus respectivas incertezas ΔL_1 , ΔL_2 y ΔL_3 . Evidentemente asignaremos como valor del perímetro a la suma de los valores medidos de los tres lados

$$P = L_1 + L_2 + L_3$$

Lo que nos falta ahora es asignar el valor de la incerteza al valor calculado del perímetro, la consideración que haremos es calcular un perímetro mínimo, cuando todos los intervalos de incerteza se resten y un perímetro máximo cuando todos los intervalos de incerteza se sumen:

$$P_{\min} = L_1 - \Delta L_1 + L_2 - \Delta L_2 + L_3 - \Delta L_3 = L_1 + L_2 + L_3 - (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3)$$

$$P_{\max} = L_1 + \Delta L_1 + L_2 + \Delta L_2 + L_3 + \Delta L_3 = L_1 + L_2 + L_3 + (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3)$$

Entonces queda:

$$P_{\min} = P - (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3) = P - \Delta P$$

$$P_{\max} = P + (\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3) = P + \Delta P$$

Materia

De esto concluimos que el intervalo de incerteza a asignar al perímetro es igual a la suma de los intervalos e incerteza de cada medición.

$$P = L_1 + L_2 + L_3$$

$$\Delta P = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3$$

En el caso de una resta, se puede comprobar en forma análoga que el intervalo de incerteza a asignar a la medición indirecta también es igual a la suma de las incertezas de cada medición.

Generalizando a partir de este ejemplo, diremos que ***en el caso de mediciones indirectas donde solo intervengan sumas y restas el intervalo de incerteza a asignar será la suma de los intervalos de incerteza de las mediciones directas realizadas, independientemente que se trate de sumas o restas o de la combinación de ambas.***

Trabajo Práctico N° 3:

Título: Mediciones directas e indirectas

Parte A

Objetivos: a) Medir el perímetro de una figura en forma directa e indirecta

b) Registrar y comparar los resultados de cada medición

Materiales: El material necesario para realizar la experiencia será brindado por el docente.

Parte B

Objetivos: c) Obtener el volumen de un cuerpo por desplazamiento de líquido en forma indirecta.

d) Proponer un método para la obtención del volumen de un cuerpo de forma directa.

Materiales: Probeta, cantidad suficiente de agua y varios cuerpos que se pueden sumergir dentro de la probeta.

Actividad N° 6:

a) Analiza los resultados obtenidos en el Trabajo Práctico N° 1 y adopta un criterio que permita ordenarlos según su calidad de las mediciones.

b) Revea el problema 6 de la actividad 5.



Incerteza relativa

Si se da el caso de tener dos mediciones L_1 y L_2 , puede ser necesario comparar las calidades de estas mediciones:

$$L_1 = (17,5 \pm 0,5) \text{ cm} \quad \text{y} \quad L_2 = (26 \pm 1) \text{ mm}$$

Se trata de comparar las calidades de las mediciones, no los valores, todos sabemos de la diferencia entre 17,3 cm y 26 mm, pero ¿cómo decidimos si la medición de L_1 es mejor o peor que la de L_2 ? Para eso lo que definimos es el concepto de incerteza relativa como el cociente entre la incerteza y el valor medido.

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X}$$

o el valor porcentual de incerteza relativa

$$\varepsilon\% = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100$$

De esta manera los valores correspondientes a las distintas mediciones son rápidamente comparables, resultando:

$$\varepsilon_1 = 0,029 \quad \varepsilon_1\% = 2,9\%$$

$$\varepsilon_2 = 0,038 \quad \varepsilon_2\% = 3,8\%$$

Como la incerteza relativa en el primer caso es menor que en el segundo la calidad de esta primera medición es mejor que la segunda.

Actividad Nº 7:

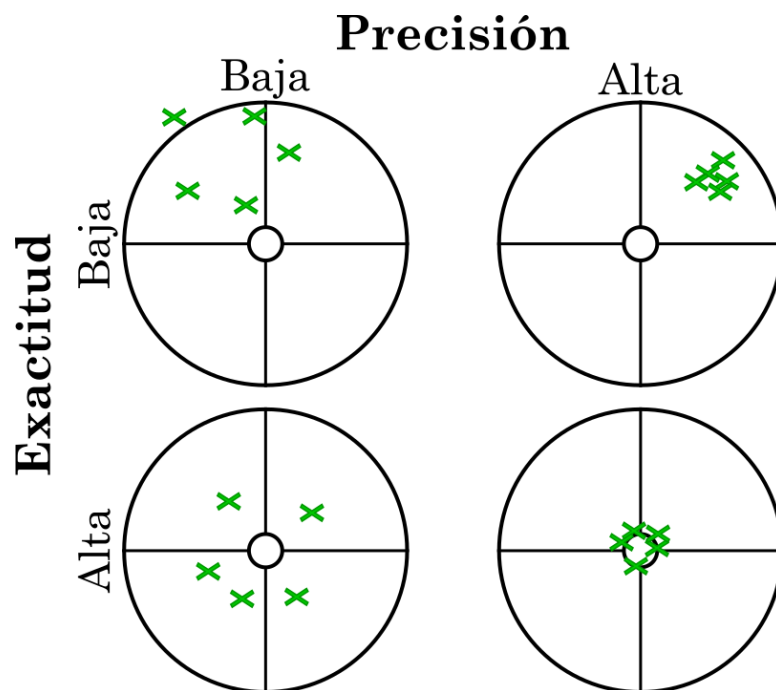
1. Compara las siguientes mediciones: $t = (28,3 \pm 0,1)\text{s}$; $m = (153,7 \pm 0,1)\text{g}$
2. Se tiene que medir una longitud de 5cm con una incerteza relativa porcentual del 2% y se dispone para ello de tres reglas calibradas: la primera en milímetros, la segunda en centímetros y la tercera en decímetros, ¿con cuál de ellas es adecuado trabajar y por qué?
3. Se mide la amplitud de un ángulo con transportador graduado y se obtiene $\hat{\alpha} = 120^\circ$ y la incerteza es $\Delta\hat{\alpha} = 0,5^\circ$
 - a- Expresa correctamente el resultado.
 - b- Determina la incerteza relativa porcentual.
4. Se midieron los lados de un triángulo con una regla milimetrada y se obtuvieron los siguientes resultados:
 $a = (136,5 \pm 0,5) \text{ mm}$
 $b = (65,5 \pm 0,5) \text{ mm}$
 $c = (78,0 \pm 0,5) \text{ mm}$
 - a) Calcula el perímetro con su correspondiente incerteza. Indica la calidad de la medición.
 - b) Si es necesario pasar tres vueltas de hilo alrededor de un triángulo determine el valor del mismo y su incerteza.

Exactitud y precisión.

La **exactitud** de un instrumento o método de medición está asociada a la calidad de la calibración del mismo con respecto a *patrones de medida* aceptados internacionalmente, es decir, el valor verdadero de la magnitud a medir. Así, una medición será más exacta cuanto más cerca esté del valor verdadero.

Por su parte, la **precisión** de un instrumento o un método de medición es la mayor o menor capacidad de repetir los mismos valores en las mismas condiciones. Esto quiere decir que si uno realiza múltiples mediciones (bajo las mismas condiciones) de una magnitud y los valores son cercanos entre sí, esa medición será precisa.

Como ejemplo, en la Figura que se encuentra debajo pueden observarse mediciones con diferentes grados de exactitud y precisión, considerando que el centro del círculo representa el valor verdadero de la magnitud que se mide.



De esta forma, los conceptos de exactitud y de precisión hacen referencia a dos cuestiones muy diferentes, pero ambas importantes del proceso de medición. Naturalmente lo que se espera es que el operador de laboratorio organice el proceso de medición eligiendo los instrumentos donde concurren niveles aceptables de exactitud y de precisión.

Propagación en el caso del producto y el cociente.

Imaginemos un rectángulo del que se desea medir su superficie, una manera de hacerlo es medir la longitud de sus lados y encontrar el valor de su superficie como resultado del producto de ambos lados, así si indicamos con a y b los lados del rectángulo y con Δa y Δb sus respectivas incertezas, tenemos que la superficie del mismo es:



$$S = a.b$$

Si calculamos el valor mínimo de la superficie que indicamos con S como el producto de los valores mínimos de los lados medidos tenemos:

$$S_{\min} = (a - \Delta a)(b - \Delta b)$$

$$S_{\min} = ab - a \Delta b - b \Delta a + \Delta a \Delta b$$

$$S_{\min} = ab - (a \Delta b + b \Delta a) + \Delta a \Delta b$$

El último término ($\Delta a \Delta b$) es siempre pequeño frente a los demás valores involucrados en esta operación por lo que puede ser dejado de lado por no afectar el resultado final, quedando:

$$S_{\min} = ab - (a \Delta b + b \Delta a)$$

Similarmente el valor máximo de la superficie, $S_{\max}$ es el resultado del producto de los valores máximos de los lados:

$$S_{\max} = (a + \Delta a)(b + \Delta b) = ab + a \Delta b + b \Delta a + \Delta a \Delta b$$

$$S_{\max} = ab + (a \Delta b + b \Delta a) + \Delta a \Delta b$$

Igual que antes dejamos de lado el último término por no ser significativo.

$$S_{\max} = ab + (a \Delta b + b \Delta a)$$

Si consideramos $S_{\min} = S - \Delta S$ y $S_{\max} = S + \Delta S$ el intervalo de incerteza ΔS a asignar a la medición indirecta S es:

$$\Delta S = a \Delta b + b \Delta a$$

Una forma que es conveniente operar cuando se tienen que realizar este cálculo es considerar la incerteza relativa.

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{b \Delta a}{ab} + \frac{a \Delta b}{a.b}$$

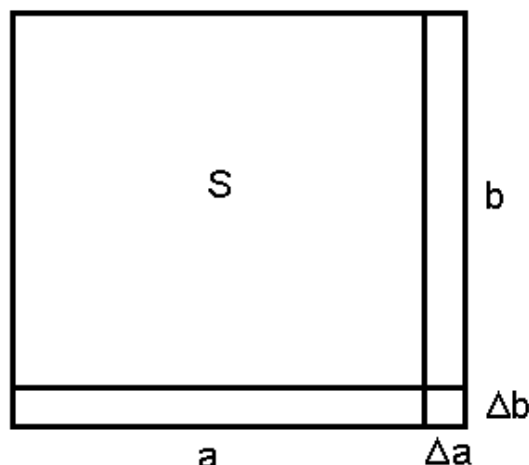
$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

Es decir que en el caso del producto la incerteza relativa del mismo es igual a la suma de las incertezas relativas de los factores.

De este modo,

$$S = a.b$$

$$\Delta S = S \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right)$$



Materia

En el caso del cociente la incerteza relativa también es el resultado de la suma de las incertezas relativas, resultando:

$$C = \frac{a}{b}$$
$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \Rightarrow \Delta C = C \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right)$$

Generalizando, diremos que **en el caso de mediciones indirectas donde solo intervengan multiplicaciones y divisiones la incerteza relativa a asignar será la suma de las incertezas relativas de las mediciones directas realizadas, independientemente que se trate del producto, cociente o de la combinación de ambas.**

Actividad N° 8:

1) Se desea calcular la superficie de una lámina rectangular. Se dispone para tal fin de una regla milimetrada y se admite que quién realiza la medición es un operador avezado, cuya incerteza de apreciación es de 0,2 mm. Las dimensiones obtenidas son:

$$a = (13,54 \pm 0,02) \text{ cm}$$

$$b = (1,22 \pm 0,02) \text{ cm}$$

Determina la superficie de la lámina rectangular.

2) Con un tornillo micrométrico de 0,01 mm de apreciación se ha medido la arista de un cubo, resultando: $a = (36,23 \pm 0,01) \text{ mm}$

Calcula el volumen.

Trabajo Práctico N° 4:

Título: Determinación de superficie y volumen.

Objetivos: a) Calcular la superficie de figuras y el volumen de cuerpos regulares.

b) Expresar correctamente el resultado obtenido.

Trabajo Práctico N° 5:

Título: Densidad

Objetivos: a) Calcular la densidad de distintas sustancias.

b) Expresar correctamente los resultados obtenidos



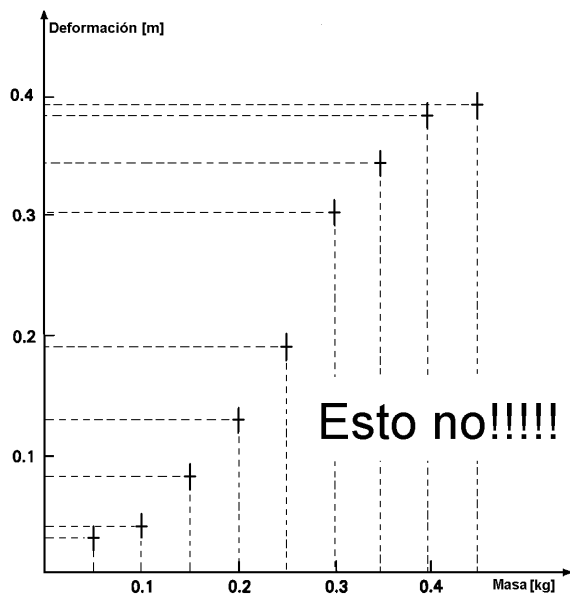
Relación entre magnitudes físicas

Las magnitudes consideradas en la descripción cuantitativa de un fenómeno físico constituyen las variables intervinientes. Nuestro problema consiste en determinar o verificar la ley que las vincula y su formulación matemática. Generalmente, el análisis del fenómeno se realiza limitando a dos el número de variables y manteniendo las restantes constantes. De una de estas dos variables se eligen cantidades arbitrarias (variable independiente) y se mide la otra en función de la primera (variable dependiente)

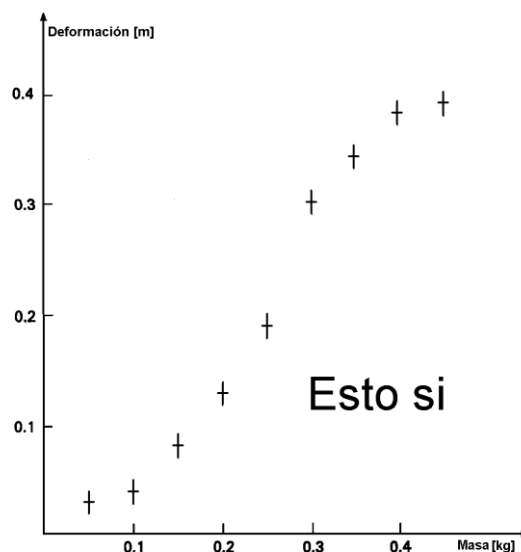
Las gráficas se emplean para permitir una fácil y rápida interpretación de los datos obtenidos en los experimentos por eso deben cumplir con las siguientes características generales:

- 1) Deben hacerse en papel cuadriculado o milimetrado.
- 2) Deben llevar un título explícito.
- 3) Deben tener en cada uno de los ejes el símbolo de la magnitud representada y las correspondientes unidades
- 4) La variable independiente se representa en el eje de las abscisas y la variable dependiente en el eje de las ordenadas.
- 5) Deben elegirse escalas adecuadas, para ello, la relación entre la unidad de la magnitud representada y la unidad de la escala del papel milimetrado deben ser un factor entero sencillo ($1, 2, 5, 10^n$, donde n es cualquier número entero).
- 6) Sobre los ejes dibujados sólo se indican los valores correspondientes a divisiones enteras y suficientemente espaciadas de la escala elegida; no se escriben los valores de las medidas tomadas.
- 7) Las escalas de ambos ejes no necesariamente deben ser iguales. Debe buscarse que la escala de cada eje ocupe todo el papel disponible y cubra tan sólo los intervalos dentro de los cuales se encuentran las medidas tomadas. Esto quiere decir que en algunos casos, el cero de la escala no coincidirá con el origen de coordenadas. De esta forma se consigue que la gráfica ocupe todo el papel.
- 8) Los datos experimentales se representan trazando una cruz centrada en el punto de coordenadas correspondiente al valor obtenido en la medición, cuyos brazos tengan una longitud igual a la incerteza respectiva.
- 9) La línea representativa de la función cuyos puntos se han representado, debe ser continua y debe promediar todos los puntos experimentales.

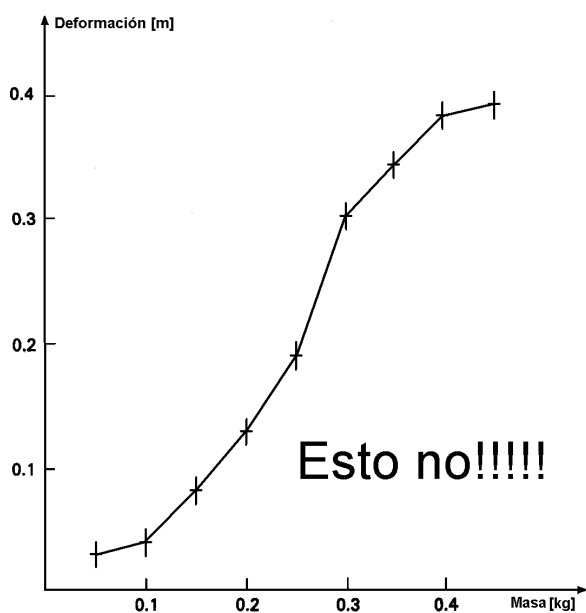
A continuación mostramos alguno ejemplo de algunas de las cosas que deben hacerse y de las que nunca se deben hacer.



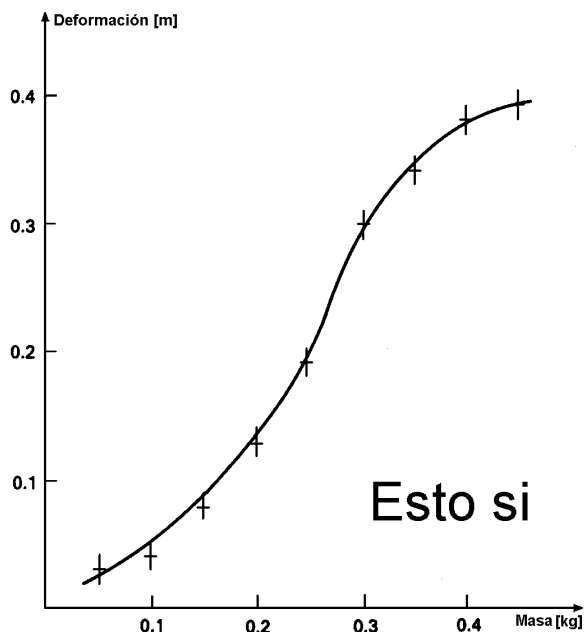
Cuando se dibujan los puntos en la gráfica **no** se deben trazar las líneas de referencia a los ejes



En los ejes sólo se deben indicar valores sencillos de pocos dígitos suficientemente espaciados.



Los puntos de la gráfica no se deben unir con una poligonal.



La curva debe ser suave y debe pasar dentro del intervalo de incertidumbre correspondiente a cada punto.



Trabajo Práctico N° 6: Magnitudes directamente proporcionales

- Objetivos:**
- a) Encontrar la relación entre la masa y el peso.
 - b) Construir una tabla con los valores de las magnitudes medidas.
 - c) Realizar el gráfico del peso en función de la masa

Trabajo Práctico N° 7: Magnitudes inversamente proporcionales.

- Objetivos:**
- a) Encontrar la relación entre la base y la altura de rectángulos de igual superficie.
 - b) Construir una tabla con los valores de las magnitudes medidas.
 - c) Realizar el gráfico de la base en función de la altura

Trabajo Práctico N° 8: Relación entre magnitudes

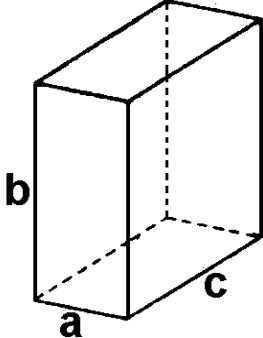
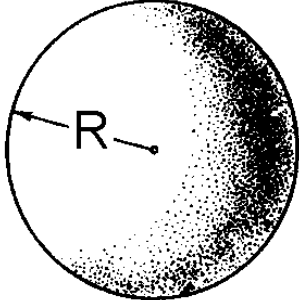
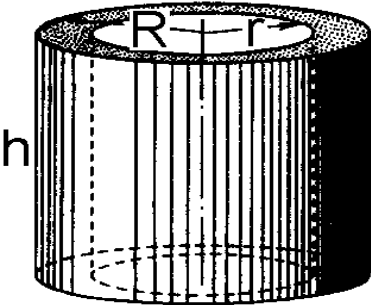
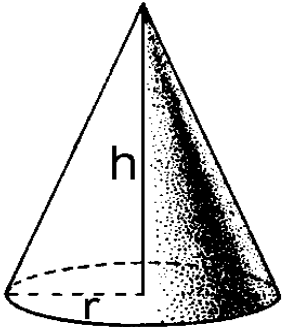
- Objetivos:** Encontrar la relación entre el volumen que ocupa el agua en la probeta y la altura que alcanza.

Actividad N° 9 (Práctica complementaria):

- 1) Se pide que en grupos evalúen las siguientes mediciones según su “calidad” y las ordenen en orden decreciente.

Objeto medido y método empleado	Valor medido	Número de Orden
El diámetro de un eje de un sistema mecánico de precisión con un calibre.	$(1,25 \pm 0,05) \text{ mm}$	
La altura de un jugador de vóley con una regla un metro de longitud graduada en 0.5 cm.	$(1,84 \pm 0,01) \text{ m}$	
La altura de un edificio de siete pisos por usando un hilo con una plomada que posteriormente se mide con una cinta métrica.	$(27,3 \pm 0,1) \text{ m}$	
El diámetro de un cabello humano con un tornillo micrométrico	$(0,03 \pm 0,01) \text{ mm}$	
La eslora de un barco de transporte de granos con una cinta métrica de agrimensor.	$(172,2 \pm 0,1) \text{ m}$	

- 2) Calcula las siguientes superficies y volúmenes:

Volumen y superficie de algunos cuerpos geométricos		
Figura	Volumen y superficie	Datos
	Prisma recto $V = a \cdot b \cdot c$ $S = 2(a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$	$a = 25,70 \text{ mm}; \Delta a = 0,05 \text{ mm}$ $b = 74,35 \text{ mm}; \Delta b = 0,05 \text{ mm}$ $c = 58,45 \text{ mm}; \Delta c = 0,05 \text{ mm}$
	Esfera $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ $S = 4 \pi R^2$	$D = 24,8 \text{ cm}; \Delta D = 0,2 \text{ cm}$ Atención $D = 2R$
	Cilindro hueco $V = \pi h (R^2 - r^2)$ $S = 2 \pi (R + r)(h + R - r)$	$D = 0,760 \text{ m}; \Delta D = 0,005 \text{ m}$ $d = 0,625 \text{ m}; \Delta d = 0,005 \text{ m}$ $h = 1,170 \text{ m}; \Delta h = 0,005 \text{ m}$ Atención $D = 2R, d = 2r$
	Cono recto $V = \frac{1}{3} \pi R^2 h$	$h = 614 \text{ mm}, \Delta h = 1 \text{ mm}$ $d = 256 \text{ mm}, \Delta d = 1 \text{ mm}$ Atención, $d = 2r$



Estimación y orden de magnitud

A veces, al resolver algunos problemas, no nos interesa obtener una respuesta exacta, sino un valor estimado o una cifra “aproximada”. Estos resultados pueden emplearse para determinar si es o no necesario un cálculo más preciso.

Por ejemplo, si se desea tener una idea del área de un círculo cuyo radio es 9,5 cm. Redondeamos a 10 cm el radio y $\pi = 3$ en vez de 3,14

$$A = \pi \cdot r^2 \approx 3 (10\text{cm})^2 = 300\text{cm}^2$$

En las estimaciones no nos fijamos en las cifras significativas. La respuesta obtenida no es exacta, pero es una buena aproximación.

La notación de potencias de diez (científica) es muy conveniente para hacer estimaciones en lo que se conoce como cálculos de **orden de magnitud**.

Orden de magnitud significa que expresamos una cantidad a la potencia de 10 más cercana al valor real. Por ejemplo, en el cálculo anterior, aproximar el radio 9,5 cm a 10cm equivale a expresar 9,5 como 10^1 y decimos que el radio es del orden de 10cm. Otros ejemplos serían expresar una distancia de 75 km $\approx 10^2$ km indica que la distancia es del orden de 10^2 km. El radio de la Tierra es de $6,4 \cdot 10^3$ km $\approx 10^4$ km. Una nanoestructura con $8,2 \cdot 10^{-9}$ m de anchura es del orden de 10^{-8} m o 10 nm.

Hace más de 2000 años los griegos calcularon el número de granos de arena necesarios para llenar el “Universo” según su concepto de Universo, y resultó 10^{51} . Hoy se sabe que este valor correspondería a llenar con granos una esfera del radio de la órbita de Plutón. El número estimado de protones que hay en el Universo visible es todavía mayor: 10^{80} . Pero mucho más impresionante e inimaginable es el llamado gúgolplex, que equivale a 1 seguido de 10^{100} ceros.

Actividad Nº 10:

- 1) Estimar la cantidad de átomos que hay en 1cm^3 de un sólido (diámetro aproximado de un átomo 10^{-10} m)
- 2) La Luna está a unos 300000 km de distancia de La Tierra. Suponiendo que pudiéramos ir a La Luna en un ómnibus siguiendo un camino recto ¿Cuánto tiempo demoraríamos en llegar? ¿días, semanas, meses o años?
- 3) Casi todas las pantallas de la computadora muestran las imágenes en modo “color verdadero” lo que quiere decir que las imágenes se muestran en profundidad de color de 24 bits (aunque digan que son de 32 bits solo 24 se usan como información de color). Eso quiere decir que hay 256 intensidades de color rojo, 256 intensidades de color verde y 256 intensidades de color azul. ¿Cuántos colores se pueden llegar a mostrar con estos componentes de color? ¿Miles, millones, cientos de miles, cientos de millones?
- 4) Hay una historia que aparece en el libro “El hombre que calculaba”. Un rey había quedado desconsolado por la muerte de su hijo en una batalla. Un sabio le regala el juego de ajedrez que hacía poco que se había inventado, que logra distraerlo de su

Materia

aflicción, por lo que decide recompensar al sabio con lo que le pida. El sabio le ofrece el siguiente trato: colocar un grano de arroz en la primera casilla del tablero, luego dos granos en la siguiente casilla y así sucesivamente el doble en cada casilla siguiente. El rey lo observa incrédulo y le dice que le parece que es un premio minúsculo y absurdo para semejante entretención. ¿Cuánto arroz es lo que le pide el sabio al Rey? ¿Kilos, toneladas, cientos de toneladas?

(Ayuda: $1 + 2 + 4 + \dots = 2^0 + 2^1 + \dots + 2^N = 2^{N+1} - 1$)

- 5) ¿Cuántos átomos hay en un cuerpo humano?
- 6) ¿Cuál es la longitud del pelo que hay en una cabeza humana?
- 7) ¿Cuánta gente hay ahora en el mundo, hurgándose la nariz?

BIBLIOGRAFIA

Maiztegui, A., Gleiser, R. Introducción a las Mediciones de Laboratorio, editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina (1980)

Baird, d. C. Experimentación :Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos. México Pearson. Education (2005)

Mediciones e Laboratorio. Publicación FCEIA (Universidad Nacional de Rosario) 1980
Página web INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)
http://www.inti.gob.ar/patrones_nacionales/longitud.htm (última visita 11/06/2016 a las 15 h)

Herren, G. Fractales: Las estructuras aleatorias, Longseller, Buenos Aires, Argentina (2002)