Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario

Universidad Nacional de Rosario

Ilustración basada en la obra "Composición 8" de 1923 de Wassily Vasílievich Kandinsky.

Mediciones

2º Año

Cod. 7201-14

Física II

Silvia Belletti
Maria Eugenia Godino
Germán Blesio
Jefe Dpto.: Juan Farina

Dpto. de Física

Masterización: RECURSOS PEDAGOGICOS

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, 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 de este proceso. 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 alumno de mayor altura pero no se ha medido, se ha comparado.

Otro modo de realizar este proceso podría ser haciendo nudos a distancias equidistantes en un hilo y contar cuantos “nudos” mide 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 la 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 normalizados como el metro.

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 patrón o sus múltiplos para medir longitudes, el termómetro habitualmente graduado en grados Celcius para la temperatura, etc.

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 esta representada en la escala del mismo. De esta manera se puede completar correctamente la medición.
- **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.

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.

Por ejemplo, para medir la altura de una persona se puede elegir como patrón de medida un lápiz y luego indicar la estatura en unidades de medida “lápiz”. Entonces la estatura de una persona puede resultar 11,5 “lápiz”, el problema que tiene la elección de este patrón es que obliga a usar siempre el mismo lápiz e imposibilita la transmisión de datos a distancia a menos que junto con la información se envíe el lápiz.

Como se ve esto nos obliga a considerar dos aspectos del proceso de medición, por un lado la unidad de medida, y por el otro los procedimientos adecuados para realizar la medición y explicitar el resultado de la misma.

La determinación de la unidad de media queda resuelta cuando se adopta el Sistema Internacional (SI) de unidades que está elaborado sobre la base del Sistema Métrico Decimal adoptado por la Asamblea Nacional Francesa en la década de 1790 y que debía servir ***en todos los tiempos, para todos los pueblos, para todos los países*****.** Está constituido por un grupo de unidades fundamentales (el metro, el kilogramo, el segundo y otras) y las unidades derivadas de éstas como el metro cuadrado, el metro cúbico, etc.

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.

El segundo aspecto del proceso de medición, los procedimientos adecuados para realizarlo y el modo correcto para expresar su resultado serán el motivo principal de este curso pero primero haremos un somero repaso del Sistema Internacional y algunas de sus características

El Sistema Internacional de Unidades (si)

Es el adoptado por la CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS (CGPM, en el que se distinguen tres clases de unidades: de base y derivadas,

Unidades SI de base

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

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, 1989 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 2×10^{-7} Newton. (9ª. CGPM, 1948).
5) El kelvin es la fracción 1/273, 16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13 a. 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. (14 a. CGPM, 1971) (***).
7) La candela es la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{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.

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.

Unidades SI derivadas, con nombres especiales

Hertz, Newton, Pascal, Joule, Watt, Coulomb, Volt, Ohm , Faradio, Weber, etc.

El sistema métrico Legal Argentino (SIMELA), adopta las mismas unidades, múltiplos y submúltiplos del Sistema Internacional (SI). El **SIMELA** fue establecido por la ley 19.511 de 1972, como único sistema de unidades de uso autorizado en Argentina

Definición de las unidades de base o unidades físicas fundamentales

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

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 (el metro se define sobre la velocidad de la luz), aunque el Kelvin está en fase de redefinición igualmente.
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. Actualmente se está trabajando para redefinir el kilogramo en base a constantes físicas.

Múltiplos y submúltiplos

Una de las ventajas del S.I. es que se trata de un sistema decimal, es decir, de base 10. Esto implica que se obtienen unidades más grandes o más pequeñas multiplicando o dividiendo, respectivamente, una unidad base por potencias de 10. el sistema decimal basado en el metro se llama sistema métrico y puede aplicarse a cualquier unidad del S.I., por ejemplo: 0,001s es 1ms (milisegundo) y 6 4000 000 m es 6,4 Mm (megametro)

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.

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}

Actividad Nº 1:

Resuelve

1) 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 kg/m^3, ¿Cuál es su masa?
2) El mercurio metálico tiene una densidad de 13,6 g/cm^3 .¿Cuál es la masa de un litro de mercurio?

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 las operaciones, lo usual es presentar estos números empleando potencias de 10, como veremos enseguida. 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 consideremos, por ejemplo, este cálculo:

$$(0,000000000000000000000000000000663 \times 30\ 000\ 000\ 000) : 0,00000009116$$

Naturalmente para pocos esto es sencillo pero empleando notación científica este problema se reduce a:

$$(6,63 \times 10^{-31} \times 3,0 \times 10^{10}) : 9,116 \times 10^{-8}$$

Ahora es mucho más compacto, se presentan bien las cifras significativas, y es más fácil su manipulación matemática.

¿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:

$$451 = 4,51 \times 100 = 4,51 \times 10^2$$

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:

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

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 en general cualquier número siempre 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:

$$4\underbrace{50\ 000}_{\text{5 lugares}} = 4,5 \times 10^5$$

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

$$0,\underbrace{00002}_{\text{5 lugares}}53 = 2,53 \times 10^{-5}$$

Actividad Nº 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) 0,00002Å (radio de un núcleo atómico, 1Å = $1x10^{-10}$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)
2) Escribe en notación científica las cantidades del ítem anterior
3) La densidad promedio de la Luna es de 3,3 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 x 10^{-26} kg. Exprésala en gramos y en miligramos.
6) Un metro cúbico es un cubo cuya arista es un metro. ¿Cuál es la masa de un metro cúbico de agua pura a 4 ^oC (δ_{agua}: 1 g/cm^3)?
7) Expresa los siguientes valores en m; m^2 o m^3 según corresponda:

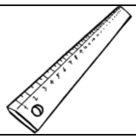
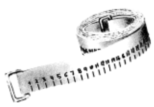
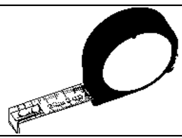
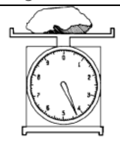
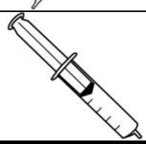
0,65dam	9800cm^2	0,555dam^3
3,27hm	47,5hm^2	326dm^3
572cm	1,025dm^2	8,865cm^3
3,1km	8,5dam^2	6,4hm^3
8,3dm	318mm^2	4180mm^3

8) 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 (por100 gr.)...........................1 700 000 μgr
Tiempo de cocción en microondas....................90 seg

Actividad Nº3: Instrumentos de Medición

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.

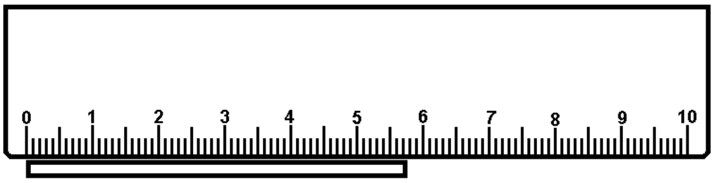
Instrumento de Medición		Magnitud	Unidad de Medición	Alcance	Apreciación
Regla					
Metro					
Centímetro de Costurero					
Calibre					
Cinta Métrica					
Tornillo Micrométrico					
Termómetro					
Balanza					
Cronómetro					
Probeta					
Pipeta					
Jeringa					

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 necesitamos dar información sobre la calidad de las mediciones que hacemos y necesitamos que todos los que lean nuestros informes lo comprendan simple y claramente.

Imaginemos el siguiente experimento, tenemos que medir la longitud de una varilla de hierro, para ello podemos recurrir a una regla escolar calibrada en milímetros y, como se ve en la figura



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 la longitud de varilla. Debemos conformarnos con saber dentro de que intervalo estamos seguros que la cantidad a medir se encuentra. A esto se le llama incerteza en la medición.

A veces ocurre que saber que el valor del objeto a medir se encuentra entre dos valores conocidos es suficiente para nuestro 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, acá aparecen varias preguntas ¿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?; cuándo 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 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 diversos criterios para clasificar las incertezas una de las clasificaciones más comunes es:

- **De apreciación**: Estas incertezas se produce cuando la dimensión a medir se encuentra entre medio de 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 se encuentran los cambios de temperatura que influyen en el objeto a medir, o en el funcionamiento del instrumento de medición, o los movimientos de la mesa de trabajo. Estas fuentes de incerteza no siempre se pueden evitar, y si su influencia es muy grande, o sea que su valor es mayor que la incerteza de apreciación máxima posible, se debe descartar el resultado obtenido.
- **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 de las fuentes de origen de las incertezas facilita el análisis de los factores que influyen en una medición para corregirlos o para tratar de limitarlos.

Incerteza de Apreciación

Una de las incertezas inevitable en los procesos de medición son las de apreciación, en particular cuando se realizan mediciones cuyos valores se deben leer en una escala continua como el caso de la varilla ya analizado. Si a la lectura de la escala le asignamos el siguiente valor: L = 57.5mm

¿Cómo establecer para este caso el intervalo de incerteza dentro del cual podemos asegurar que se encuentra el valor de esa medición? Si establecemos un intervalo de incerteza de un centímetro a cada lado de ese valor leído estamos diciendo que el valor de la longitud de la varilla de hierro está entre los 47.5mm y los 67.5mm lo que nos deja muy tranquilos respecto a la seguridad del intervalo de incerteza, pero bastante incómodos respecto a la calidad de la medición, cualquiera de nosotros si mide con una regla calibrada en milímetros y en condiciones de buena iluminación y reposo no tendrá dificultades en asegurar que el intervalo de incerteza puede ser de un milímetro a cada lado de los 57.5mm con lo que estamos asegurando que la longitud de la varilla se encuentra entre 58.5mm y 56.5mm.

En este caso hemos asignado el valor del intervalo de incerteza igual a la menor división de la escala de esto resulta la apreciación de la escala o del instrumento. Un operador experimentado puede asignar el valor de la apreciación igual a la mitad del menor valor de la escala o incluso a la cuarta parte.

Actividad Nº4: Incertezas

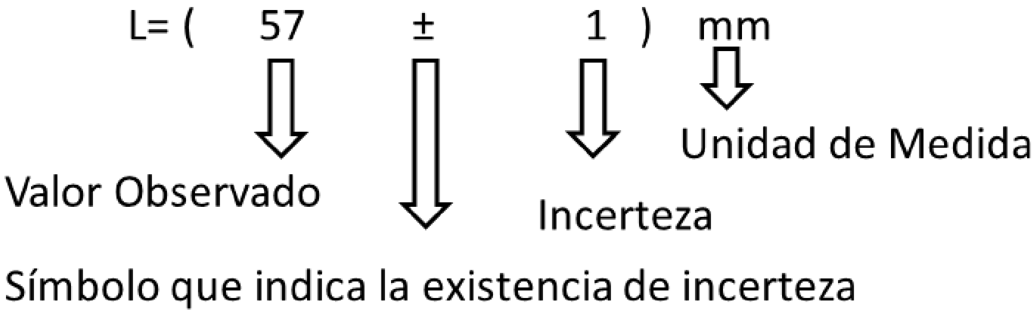
Mide la longitud de un objeto, anota en tu carpeta la medición obtenida. Deja que tus compañeros midan la misma longitud con el mismo instrumento de medición. Registra en una tabla los valores obtenidos. Compara y analiza los resultados. Concluye

Expresión Correcta de una Medición

Para que la medición realizada sea expresada correctamente, se debe indicar el valor de la medición, 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 de 57.5, entonces la expresión correcta del resultado es la siguiente:

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

Donde,



O simbólicamente

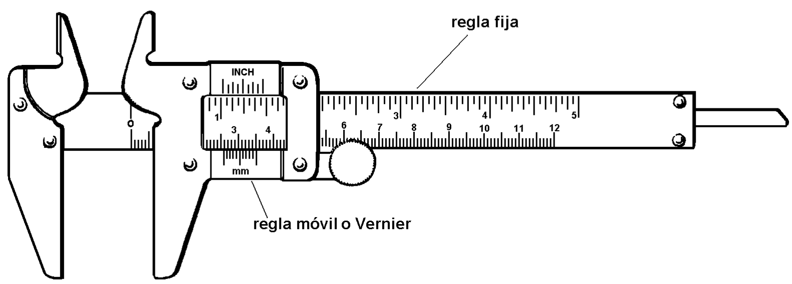
$$\mathbf{X = (X' \pm \Delta X)\ mm}$$

X: Medición X': Medida observada ΔX: Incerteza

Aunque parezca extraño no debe haber más decimales en el valor leído que los que se asignan al intervalo de incerteza. Es decir: la última cifra significativa del resultado debe ser del mismo orden de magnitud (estar en la misma posición decimal) que la incerteza. Por otra parte, aunque es una convención, se acuerda en no asignar al valor de incerteza más de una cifra significativa (es decir una sola cifra distinta de cero)

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**)

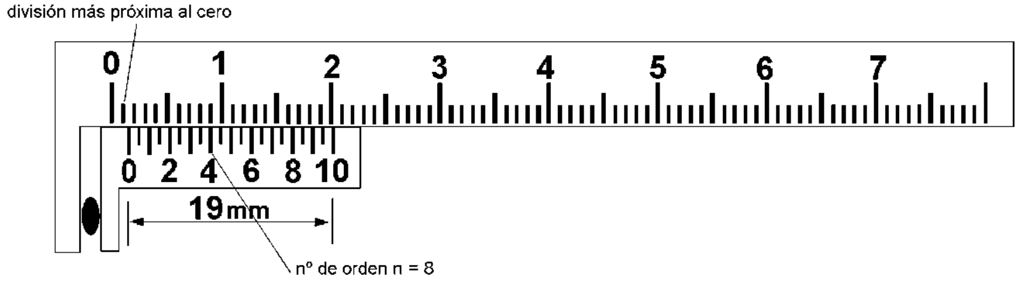
$$A = D/N$$

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 = 1mm/10 = 0,1mm 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 = 1mm/20 = 0,05mm, L_0 = 1mm, n = 8 por lo tanto el resultado de la medición es: L = 1mm + 8.0,05mm = 1,40mm

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 μm (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

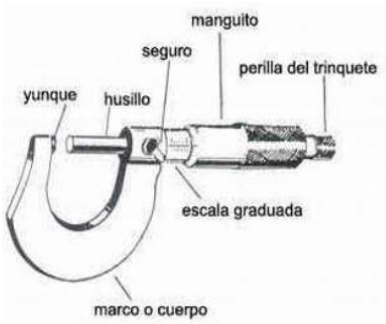
micrómetro interior

Micrómetro de

Según la forma de lectura, se diferencian en:

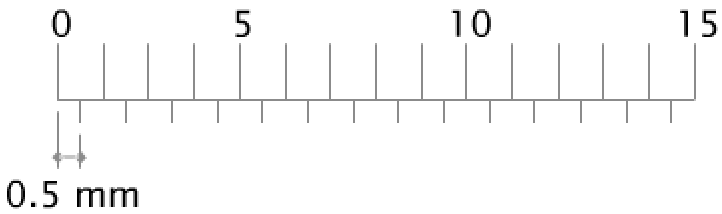
Micrómetro de lectura análoga   Micrómetro de reloj analógico   Micrómetro digital

Partes de un micrómetro exterior

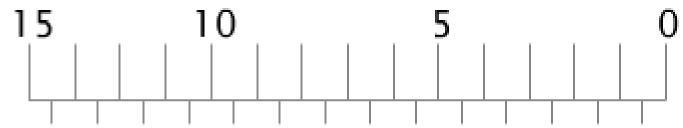


Lectura de micrómetro en mm

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

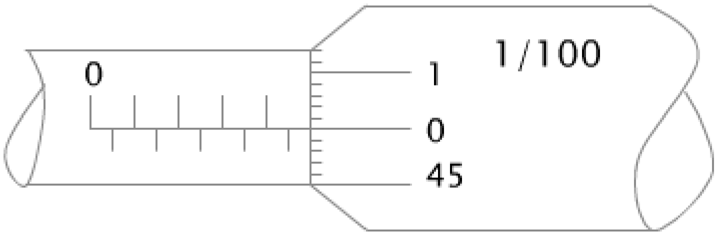


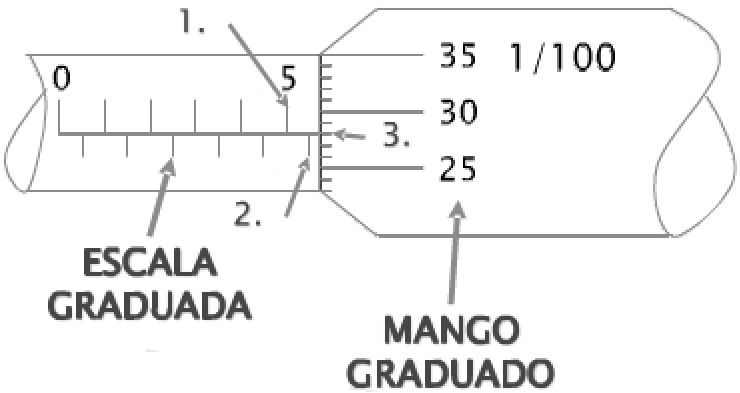
Para los micrómetros de profundidad, el cual se lee de derecha a izquierda su escala graduada se vería así:



Lectura del micrómetro en mm

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

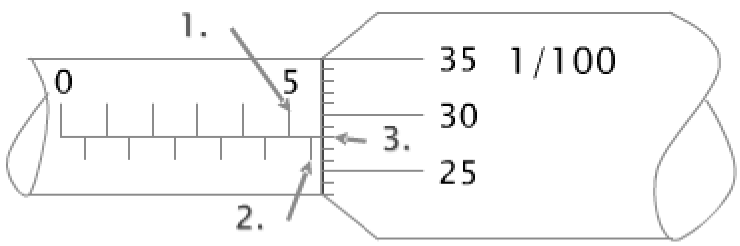




Para leer el micrómetro se debe hacer en tres partes:

1. Leer los mm completo 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 mm+ 0,50mm + 0,28mm = 5,78 mm

Trabajo práctico Nª 1

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:

Trabajo Práctico Nº 2:

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:

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.

Se han desarrollado reglas estándar para escribir y usar las cifras significativas, tanto en las mediciones como en valores calculados a partir de ellas.

Regla 1: En números que no contienen ceros, todos los dígitos son significativos.

Ejemplos:

4,3267	cinco cifras significativas
3.14	tres cifras significativas
699	tres cifras significativas

Regla 2: Todos los ceros entre dígitos significativos son significativos.

Ejemplos:

5,708	cuatro cifras significativas
5008	cuatro cifras significativas
402	tres cifras significativas

Regla 3: Los ceros a la izquierda del primer dígito que no es cero sirven solamente para fijar la posición del punto decimal y no son significativos.

Ejemplos:

0,0034	dos cifras significativas
0,0567	tres cifras significativas
0,000003	una cifra significativa

Regla 4: En un número con dígitos a la derecha del punto decimal, los ceros a la derecha del último número diferente de cero son significativos.

Ejemplos:

63	dos cifras significativas
63,0	tres cifras significativas
63,00	cuatro cifras significativas
0,00500	tres cifras significativas
0,90080	cinco cifras significativas

Redondeo

Una calculadora muestra ocho o más dígitos. ¿Cómo puedes redondear ese número de cifras a, digamos, tres cifras significativas? Dos reglas sencillas rigen el proceso de eliminar los dígitos no deseados (no significativos) del 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.

Ejemplo:

74,246 redondeado a tres cifras significativas se convierte en 74,2.

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.

Ejemplo:

74.38, 74.379 y 74.3798 al ser redondeados a tres cifras significativas quedan todos como 74.4.

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 propagación de incertezas resultan los siguientes valores

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

La determinación de las cifras significativas de una medición está determinada por el valor de su incerteza. Son cifras significativas aquellas que ocupan una posición igual o superior al orden de la incerteza asignada a la medición. Cuando expresamos el resultado de una medición primero redondeamos la incerteza y luego el valor medido, de forma que si los valores obtenidos anteriormente fueron:

Valor obtenido	La expresión correcta del resultado es
a = 4980,42 m	(4980±40) m
b = 68,507 m	(69±5) m
c = 0,79643 m	(0,80±0,08) m
d = 685,24 m	(685±1) m

Aproximación 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

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

En los cálculos aproximados 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 aproximaciones 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 10^2km. El radio de la Tierra es de $6{,}4 \times 10^3$ km $\approx 10^4$ km. Una nanoestructura con $8{,}2 \times 10^{-9}$ m de anchura es del orden de 10^{-8} m o 10 nm.

Actividad Nº 5:

1) Elige la respuesta correcta
   a. Las cifras significativas se utilizan para (a) hacer una estimación de la incertidumbre que pueda haber en las mediciones, (b) expresar números exactos, (c) expresar valores completamente confiables, (d) identificar errores de cálculo.
   b. ¿Cuál de las siguientes mediciones tiene el mayor número de cifras significativas: (a) 0,254 cm, (b) 0,00254 $x10^2$ cm, (c) 254 x 10^{-3} cm, (d) todas tienen el mismo número?
   c. ¿Cuál de las cantidades siguientes tiene tres cifras significativas: (a) 3.05 cm, (b) 0.0500 mm, (c) 1.0008 kg, (d) 8.016 x 10^4 m^2?
2) Si se informa que una longitud que se ha medido es 25,483cm, ¿podría ser medida esta longitud con un metro ordinario cuyas divisiones más pequeñas son los milímetros? Explique en términos de cifras significativas.
3) Determine el número de cifras significativas en las siguientes cantidades medidas: (a) 1,007 m, (b) 8,03 cm, (c) 16,272 Kg, (d) 0,015 µs.
4) Exprese cada una de las cantidades del ejercicio 3 con dos cifras significativas.
5) Exprese la longitud 50,570 µm en cm, dm y m con 3 cifras significativas
6) Estimar la cantidad de átomos que hay en $1cm^3$ de un sólido (diámetro aproximado de un átomo 10^{-10} m)
7) 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?
8) 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?
9) 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 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: $1 + 2 + 4 + \ldots = 2^0 + 2^1 + \ldots + 2^N = 2^{N+1} - 1$)
10) ¿Cuántos átomos hay en un cuerpo humano?
11) ¿Cuál es la longitud del pelo que hay en una cabeza humana?

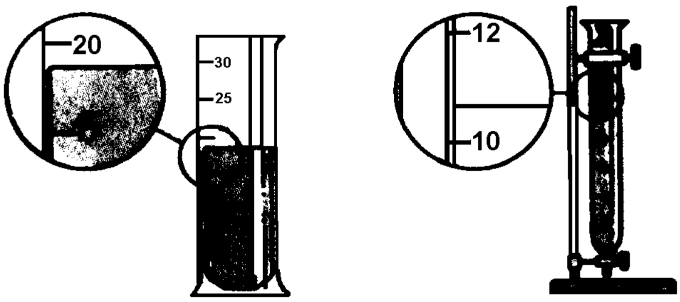
12) ¿Cuánta gente hay ahora en el mundo, hurgándose la nariz?

Actividad Nº6 (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

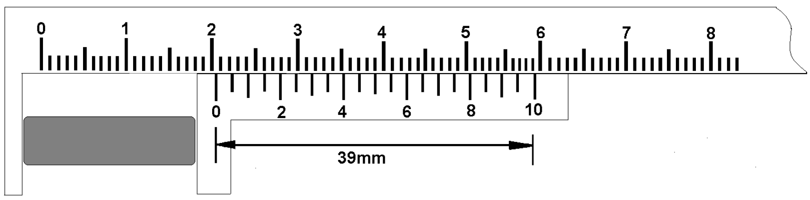
2-. Explica las diferencias que existen entre las siguientes medidas:
- 1,230 g • 1,2300 g • 1,23g

3-. Observa esta ilustración:

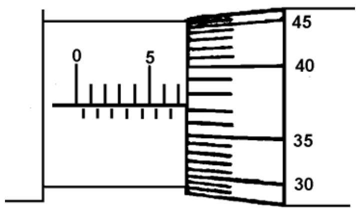


Si en ambos instrumento la unidad de medida es el cm^3 .Responde:
- ¿Cuál es el volumen del líquido que se mide con la probeta? ¿Y con la bureta?
- ¿Con qué incertidumbre se da cada medida?

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



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



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

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

7- ¿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?

8-. 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:

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

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

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, el intervalo de incerteza a asignar a la medición indirecta es igual a la suma de las incertezas.

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 Nº 3:

Título. Mediciones directas e indirectas

Parte A

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

b) Registrar y compararlos 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.

Exactitud y precisión.

La **exactitud** de un instrumento o método de medición está asociada a la calidad de la calibración del mismo con respecto de *patrones de medida* aceptados internacionalmente.

Por ejemplo, imaginemos una regla de acero de calidad muy especial que no dilata con los cambios de temperatura, donde además las líneas que indican las distintas divisiones de la escala están realizadas de modo que resalten con toda nitidez pero que el fabricante cometió un error al fabricarlo y su longitud es de 98 cm en lugar de un metro. Es este caso para realizar cualquier medición es preferible usar cualquier cinta métrica mucho más barata antes que la regla de acero especial que es muy poco exacta.

Los instrumentos vienen calibrados, pero dentro de ciertos intervalos de incerteza que el fabricante garantiza y que el usuario responsable debe encargarse de controlar periódicamente para asegurar que se mantiene dentro de los márgenes que garantizó el fabricante.

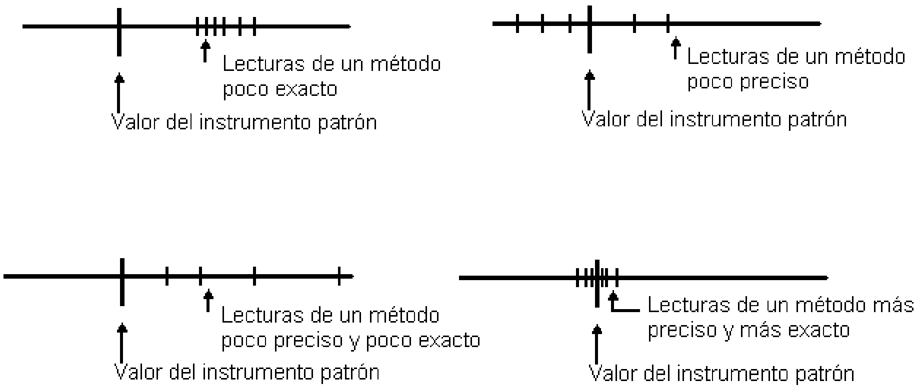


Figura 1

Figura 1: En la figura se muestran casos de resultados de mediciones con distintos grados de precisión y de exactitud.

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. Volvamos al ejemplo de la de nuestra regla de acero graduada como no se altera con las variaciones de temperatura ni humedad cada vez que repitamos una medición casi con certeza leeremos el mismo valor o uno muy próximo, en cambio un metro plegable del tipo de carpintero puede tener las charnelas vencidas y la madera hincharse por la humedad por lo que es de esperar que las distintas mediciones tengan valores bastante dispersos. En este caso imaginado el metro de carpintero es más exacto pero menos preciso mientras que la regla de acero es más precisa pero menos exacta. Naturalmente lo que se espera es que el operador de laboratorio organice el proceso de medición eligiendo los instrumentos donde concurran niveles análogos de precisión y de exactitud.

Actividad Nº7

a) Analiza los resultados obtenidos en el T.P.Nº2 y adopta un criterio que permita ordenarlos según su calidad de las mediciones.

b) Revee el problema 7 de la actividad 6.

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:

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

$\varepsilon_1 = 0{,}029$ $\varepsilon_1\% = 2{,}9\%$

$\varepsilon_2 = 0{,}038$ $\varepsilon_2\% = 3{,}8\%$

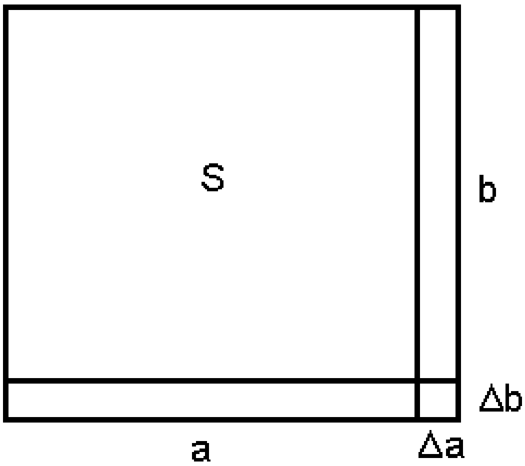
Como la incerteza relativa en el primer caso es menor que en el segundo la calidad de esta primera medición es mejor que la segunda.

Actividad Nº8:

1. Compara las siguientes mediciones: t = (28,3 ± 0,1)s; m = (153,7 ± 0,1)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 $\hat{\alpha}$ = 120º y la incerteza es $\Delta\hat{\alpha}$ = 0,5º
   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 ± 0,5) mm
   b = (65,5 ± 0,5) mm
   c = (78,0 ± 0,5)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.

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

$$C = \frac{a}{b} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

Actividad Nº9:

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)cm

b=(1,22 $\pm$ 0,02) 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) mm

Calcula el volumen.

Trabajo Práctico Nº4:

Título: Determinación de superficie y volumen.

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

Expresar correctamente el resultado obtenido.

Trabajo Práctico Nº5:

Título: Densidad

Objetivos: **a)** Calcular la densidad de distintas sustancias.

b) Expresar correctamente los resultados obtenidos

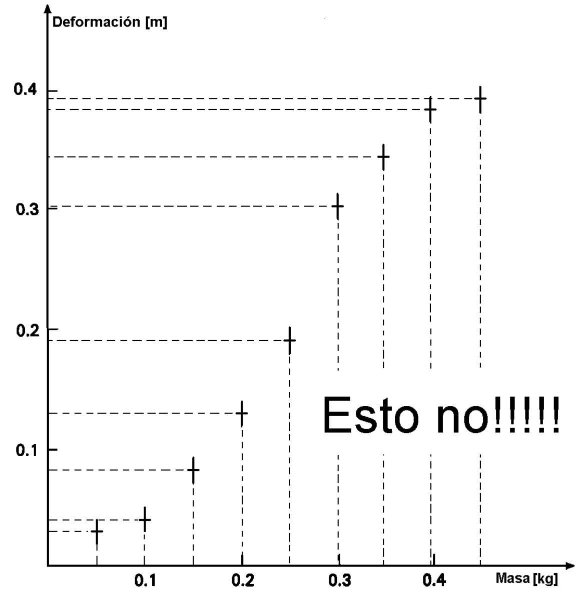
Relación entre magnitudes físicas

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)

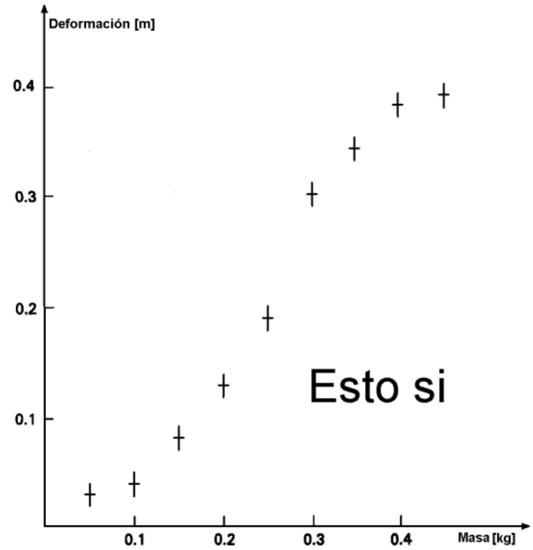
Las gráficas se emplean para permitir una fácil y rápida interpretación de los datos obtenidos en los experimentos por eso deben cumplir con las siguientes características generales:

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.

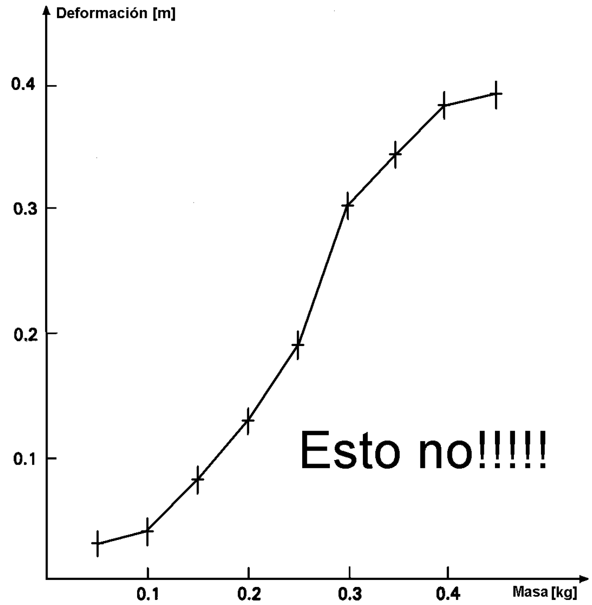
A continuación mostramos alguno ejemplo de algunas de las cosas que deben hacerse y de las que nunca se deben hacer.



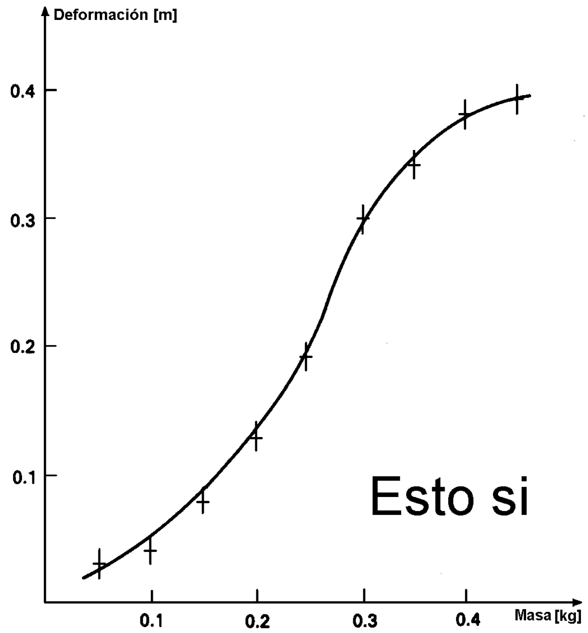
Cuando se dibujan los puntos en la gráfica **no** se deben trazar las líneas de referencia a los ejes



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 incerteza correspondiente a cada punto.

Trabajo Práctico Nº6: 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 Nº7: 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 Nº8: Relación entre magnitudes

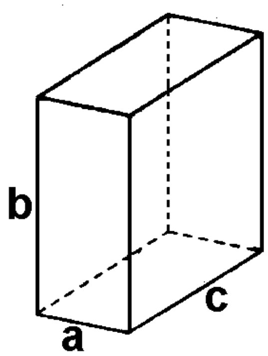
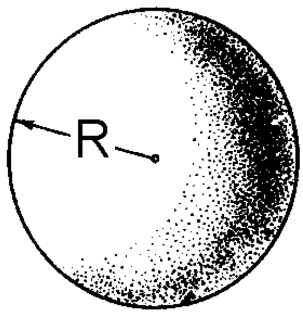
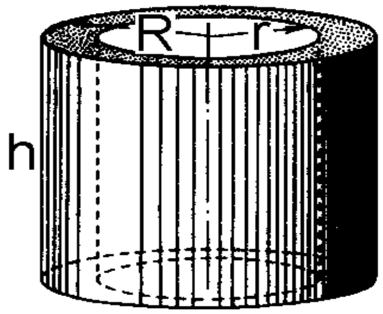
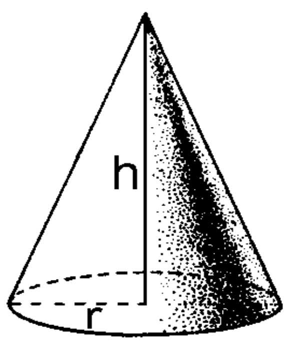
Objetivos: a) Encontrar la relación entre el volumen que ocupa el agua en la probeta y la altura que alcanza.

Actividad Nº10 (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 ± 0,05) mm	
La altura de un jugador de vóley con una regla un metro de longitud graduada en 0.5 cm.	(1,84 ± 0,01) 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 ± 0,1) m	
El diámetro de un cabello humano con un tornillo micrométrico	(0,03 ± 0,01) mm	
La eslora de un barco de transporte de granos con una cinta métrica de agrimensor.	(172,2 ± 0,1) m	

2) Calcula las siguientes superficies y volúmenes:

Volumen y superficie de algunos cuerpos geométricos		
Figura	**Volumen y superficie**	**Datos**
	**Prisma recto** $V = a.b.c$ $S = 2(a.b + a.c + b.c)$	a = 25.70 mm; Δa=0.05mm b = 74.35 mm; Δb=0.05mm c = 58.45 mm; Δc=0.05mm
	**Esfera** $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ $S = 4\pi R^2$	D = 24.8 cm; ΔD=0.2 cm Atención D = 2R
	**Cilindro hueco** $V = \pi h\ (R^2 - r^2)$ $S = 2\pi\ (R + r)(h + R - r)$	D = 0.760 m; ΔD=0.005 m d = 0.625 m; Δd=0.005 m h = 1.170 m; Δh = 0.005 m Atención D = 2R, d = 2r
	**Cono recto** $V = \frac{1}{3}\pi R^2 h$	h = 614 mm, Δh = 1 mm d = 256 mm, Δd = 1 mm Atención, d = 2r