# MEDICIÓN

## OBJETIVOS

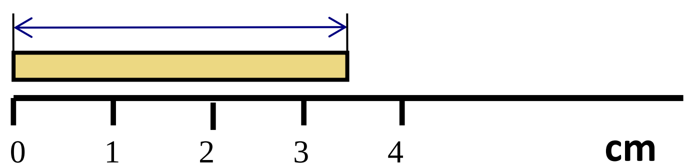
- Declarar lo que es una medición, error de una medición, diferenciar precisión de exactitud.
- Reportar correctamente una medición, con las cifras significativas correspondientes utilizando, una calibrador Vernier, una balanza y un tornillo micrométrico.

## Fundamentos Teóricos

## Medición

Es un proceso de **comparación**, en el cual una cantidad desconocida se compara con algún patrón conocido (instrumentos de medición) así, el valor medido se expresa en términos de la unidad patrón.

Las medidas se obtienen de un proceso de medición, cuando éstas son tomadas directamente de las distintas escalas de los instrumentos de medición se denominan **directas**, por ejemplo, cuando medimos: la longitud de una varilla con un metro, la masa de un objeto con una balanza, la rapidez de un auto con el Odómetro, etcétera. En el siguiente ejemplo se desea reportar la longitud de la barra, usando una regla graduada en cm:

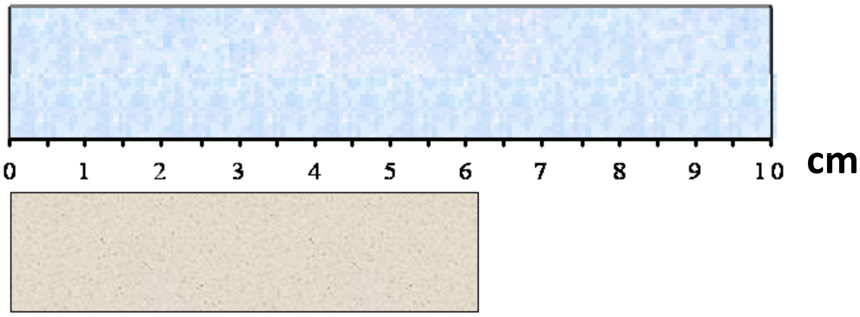



Las lecturas posibles podrían ser: 3.5 cm, 3.4 cm, 3.6 cm etcétera. Si observamos las mediciones cuidadosamente, estas tienen una cifra en común que es el **3**, y es la cifra en la que todos estamos de acuerdo. Esta cifra se conoce como **la cifra cierta**. La otra cifra 5, 4, 6 en la que no todos estamos de acuerdo se conoce como la **cifra dudosa o estimada.** Entonces las mediciones contendrán cifras ciertas y una cifra estimada.

## Cifras Significativas

Las cifras significativas son los dígitos que se reportan en una medición. Sólo en los procesos de mediciones se puede hablar de cifras significativas.

En la siguiente figura observamos por ejemplo, que la medida tendrá sólo dos cifras significativas, el 6 que corresponde a la cifra cierta y la cifra estimada que podría ser 2. Por lo tanto la longitud del bloque sería 6.2 cm. Cualquier dígito después del estimado es desconocido y no tiene sentido escribirlo, por lo que si se reporta dicha longitud como 6.25 cm sería **incorrecto**.




Si la longitud del bloque fuera de 6 cm, la cifra estimada sería 0. Por lo tanto la medición se reportaría como 6.0 cm. (si se reportara como 6 cm, esto sería un reporte incorrecto). En conclusión, las cifras significativas es el conjunto de cifras que se utiliza para reportar una medición, la cual está formado por las cifras ciertas y la cifra dudosa o estimada.

**Errores**

A menudo en el laboratorio se tomará un conjunto de mediciones de una cantidad física, pero nunca se conocerá el verdadero valor o valor real, ya que estas mediciones ineludiblemente se registraran con errores. **La Exactitud** en la medición da a conocer cuán cerca está el valor obtenido en una medición, con respecto al valor real o esperado. Dicho de otro modo el **error en una medición** es la variación porcentual de la medida con respecto del valor esperado. Mientras que **La Precisión** con que se reporta una magnitud física, expresa la dispersión de los valores obtenidos en forma repetida. A menor dispersión, mayor es la precisión.

**Clasificación de errores**

Un error que tiende a provocar una medición muy por encima del valor esperado, es llamado error positivo, mientras que uno que produzca una medición muy por debajo del valor esperado es llamado error negativo. Un **error sistemático** es uno que siempre produce un error del mismo signo [1], otra definición menciona que el error sistemático se repite de idéntica manera en todas las mediciones tomadas. Las fuentes de este tipo de error pueden ser por ejemplo, la mala calibración o el mal funcionamiento de un instrumento, además está relacionado con la exactitud del instrumento y se los puede identificar, cuantificar y compensar [2]. El **error aleatorio** en cambio es uno en el cual los errores positivos y negativos son igual de probables. Se sabe que los errores aleatorios no se pueden identificar, por lo que provocan, que la medida de una misma cantidad física en idénticas condiciones dé resultados diferentes. Este tipo de error puede reducirse tomando repetidas mediciones, cuantas más veces mucho mejor.

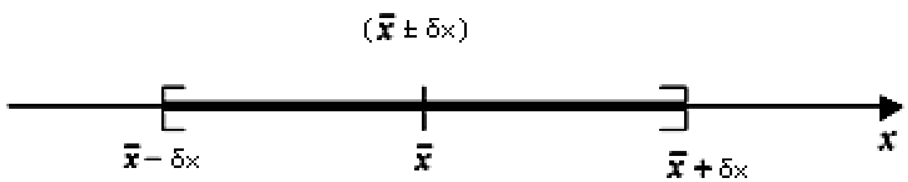
Los errores sistemáticos pueden subdividirse en tres grupos: instrumental, personal y externo. Un **error instrumental** es un error causado por falla o mala calibración del instrumento. Los **errores personales** son debido a algún tipo de sesgo del observador. Mientras que los **errores externos** son provocados por condiciones del medio por ejemplo: viento, temperatura, humedad, vibración etcétera.

Los errores que se cometen al registrar la lectura en la escala de un instrumento, están relacionados con la precisión del instrumento, habitualmente la cuantificación de este error se considera como la mitad del valor de la mínima división. Existe una excepción por ejemplo, cuando se usa una regla ordinaria para medir la longitud de un objeto, la magnitud de este error es del doble de la mitad de la mínima división, es decir será de 1 milímetro.

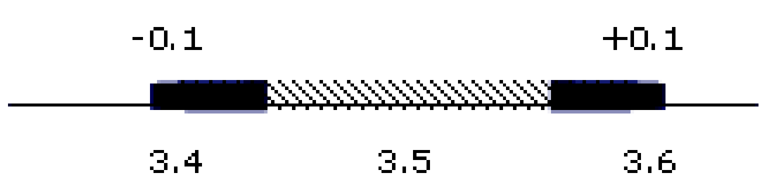
**La forma correcta de reportar una medición.**

Al reportar una medición, esta debe ser expresada como un intervalo en la forma **x± δx** en donde **x** es el valor central y **δx** es la incertidumbre absoluta**:**

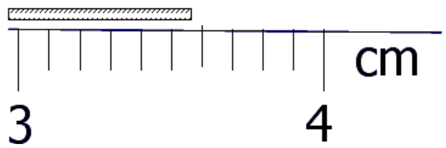
El intervalo de confianza como se muestra en la figura va desde $\bar{x} - \delta x$ hasta $\bar{x} + \delta x$ dentro del cual probablemente se podrá encontrar la medición




La **Incertidumbre absoluta** en una medición directa, se estima con el mismo orden numérico de la cifra dudosa de la medición, pudiendo estar en la posición de las décimas, centésimas etcétera. Por ejemplo si la menor división en una balanza analógica es la décima de gramo, entonces $\delta x = 0.05$ gramos. Si las lecturas de un cronómetro digital están dadas con una precisión de milésimas de segundo entonces $\delta x = 0.001$s. Ahora la representación gráfica del valor (3.5 ± 0.1) cm se puede representar como se muestra en la figura.



La **Incertidumbre relativa** es la relación que existe entre la incertidumbre absoluta y la medición, no tiene unidades, es adimensional y es un parámetro indicador de la precisión de la medición, por ejemplo de la lectura observada en la figura se puede reportar que la medición es $(3.56 + 0.05)cm$




Por lo tanto la incertidumbre relativa (IR) es:

$$\mathbf{IR} = \pm \frac{\delta \mathbf{x}}{\mathbf{x}} = \pm \frac{0.05}{3.56} = \pm 0.01$$

Si para reportar la medida de una cantidad física se utiliza instrumentos de diferente precisión y se tiene como información las incertidumbres relativas, entonces, la medición más precisa será aquella que tenga la menor de ellas. La incertidumbre relativa porcentual se puede calcular de la siguiente manera.

$$\%\ IR = \frac{INCERTIDUMBRE\ \ ABSOLUTA}{VALOR\ \ MEDIDO} \text{ x } 100$$

**Ejemplo 1:**

$$l = (15.4 \pm 0.3)mm.$$

$$\frac{\Delta l}{l} x100 = \frac{0.3}{15.4} x100 = 2\%$$

**Ejemplo 2:**

$$\lambda = (5500 \pm 300)A; \ A = 10^{-10} m$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} x100 = \frac{300}{5500} x100 = 5.46\%$$

**Notación Científica y Orden de Magnitud**

La notación científica se utiliza cuando hay que reportar cantidades muy grandes o muy pequeñas en el siguiente formato: $Cx10^N$, donde C debe estar comprendido entre 1 y 9, N es número entero que puede ser positivo o negativo. Por ejemplo el radio y la masa de la Tierra son respectivamente $6.4x10^6$ m y $5.97x10^{24}$kg, mientras que la constante de Gravitación Universal es $6.67x10^{-11}$ ($Nm^2/kg^2$). Por otra parte el orden de magnitud es una forma abreviada de reportar una cantidad en base $10^N$, donde el exponente aumentará en 1 si el valor de C es mayor que $\sqrt{10}$. El orden de magnitud de los tres ejemplos dados anteriormente son respectivamente: $R_T = 10^7$m, $M_T = 10^{25}$kg, $G = 10^{-10}$ ($Nm^2/kg^2$).

**Mediciones Indirectas**

Las mediciones indirectas son el resultado de una combinación de dos o más mediciones las mismas que se encuentran relacionadas a través de una función. Por ejemplo, Para medir el área de un triángulo, la base y la altura son mediciones obtenidas con un instrumento de medición, así el Área se obtendrá a través de la combinación de las mediciones de la base y la altura, a través de la siguiente fórmula. $Area = \frac{(base)(altura)}{2}$

Observamos entonces que al ser la medición indirecta, el resultado de un proceso de operación matemática, esta puede presentarse con cifras que no sean significativas, por lo tanto, para reportar esta medición con las cifras significativas correctas, se debe tener presente las siguientes **reglas de redondeo**.

1) Cuando la cifra a eliminar es mayor que 5, la cifra retenida se incrementa en 1

**Ejemplo:** 3.56 cm (redondear a 2 c.s): respuesta **3.6** cm

2) Cuando la cifra eliminada es menor que 5, la cifra retenida no varía

**Ejemplo:** 3.33 cm (Redondear a 2 c.s): respuesta **3.3** cm

3) Cuando la cifra a eliminar es igual a 5 seguida de ceros o sin ceros, si la cifra retenida es impar se aumenta en 1, si la cifra retenida es par o cero permanece constante, no varía

**Ejemplo:** 3.250000 m (Redondear a 2 c.s): respuesta **3.2** m

**Ejemplo:** 4.3500000 s (Redondear a 2 c.s): respuesta **4.4** s

4) Si la cifra eliminada es igual a 5 seguida de algún dígito diferente de cero, la cifra retenida aumenta en 1; sea par, impar o cero.

**Ejemplo:** 3.25300 m (Redondear a 2 c.s): respuesta **3.3** m

## Operaciones con cifras significativas.

**Suma y resta.** El resultado estará expresado en términos del número que tenga la menor precisión.

| Ejemplo 1 | Ejemplo 2 | Ejemplo 3 |
|---|---|---|
| 5.203 | 3.5 | 3 |
| + 0.0025 | +3.56 | +2.54 |
| 1.00 | 7.06 | 5.54 |
| 6.2055 | Entonces el resultado es 7.1 | Entonces el resultado es 6 |
| Entonces el resultado correcto es 6.21 | | |

**Multiplicación y división.**

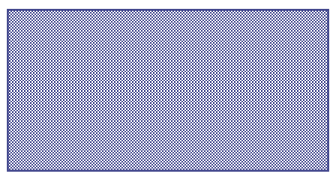
El resultado estará expresado en términos de la medición que menor número de cifras significativas posea.

$$\begin{array}{r} 5.203 \\ \times\ 0.0004 \\ 1.00 \\ \hline 0.0020812 \end{array}$$

$0.0004 \longrightarrow$ **1 cifra significativa**

El resultado de la multiplicación es $2x10^{-3}$

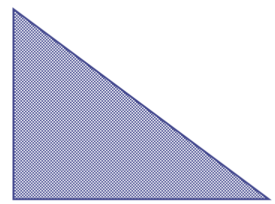
En las siguientes figuras se tienen las mediciones directas y se procederá a calcular el área aplicando las reglas antes mencionadas.



y= 3.5 cm

x = 3.457 cm

3.475 cm



2.45 cm

Área = x y

Área = (3.5cm ) (3.457cm)

Área = 12 cm. (2 c.s)

Área = b x h / 2

Área = (2.45cm)(3.475cm) / 2

Área = 4.256 cm   Área = 4.26 cm (3 c.s)

Los números que aparecen en las fórmulas (por ejemplo el 2 en el área del triángulo) y que no son mediciones, se los considera números exactos es decir tienen infinito número de cifras significativas.

## Valor medio e incertidumbre absoluta media.

Cuando se realizan varias mediciones de una misma cantidad en iguales condiciones se utiliza una medida de tendencia central, generalmente la media, que representa el valor central de un intervalo de confianza donde la probabilidad de encontrar la medición es alta. Ejemplo: Se utiliza un dinamómetro para determinar el peso de un objeto obteniendo los siguientes valores:

$X_1$ = 70.5N;  $X_2$ = 70.3N;  $X_3$ = 70.2N

Se procede de la siguiente manera:

1) Se calcula la media de las mediciones.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \qquad \overline{X} = \frac{70.5 + 70.3 + 70.2}{3} \qquad \overline{X} = 70.3 \text{ N}$$

2) Se calcula la desviación respecto de la media de cada medición.

$$\Delta X_i = X_i - \overline{X}\ ;$$

$\Delta X_1 = 70.5 - 70.3 = +0.2$; $\Delta X_2 = 70.3 - 70.3 = 0.0$; $\Delta X_3 = 70.2 - 70.3 = -0.1$

Al tener las desviaciones signos positivos, negativos e incluso cero, entonces las mediciones presentan errores aleatorios, por lo tanto la manera de reducir esta clase de error es calcular la incertidumbre absoluta media o error cuadrático medio (SEM).

3) Se determina la desviación estándar (S) de la muestra.

$$S^2 = \pm\frac{\sum_{i=1}^{N}\left|\Delta x_i\right|^2}{N-1} = \frac{0.2^2 + 0.0^2 + 0.1^2}{3-1} = 0.025 \qquad S = \sqrt{0.025}$$

4) Finalmente se calcula la incertidumbre absoluta.

$$SEM = \frac{S}{\sqrt{N}} = \frac{\sqrt{0.025}}{\sqrt{3}} = 0.09$$

Cuando el error cuadrático medio como en este caso es menor que la precisión del instrumento el cual es de 0.1 N entonces, se reporta este valor como la incertidumbre absoluta media.

La medición debe escribirse **X = (70.3 ± 0.1) N**

## Realización de la práctica

Previo a realización de la primera sesión práctica titulada Medición, el estudiante debe, identificar el problema a resolver, repasar los fundamentos teóricos en los que se basará la práctica, conocer las características más importantes de los instrumentos de medición así como identificar el error del instrumento, tener claridad sobre el procedimiento experimental que se utilizará, identificar cuáles son la variables que se van a medir de manera directa e indirecta y resolver las preguntas planteadas al final de la unidad

## Problema a resolver

Identificar la precisión de los siguientes instrumentos de medición; calibrador vernier, balanza y tornillo micrométrico y reportar correctamente los valores experimentales tomados.

## Base teórica

Para esta práctica es necesario revisar los conceptos de: Medición directa e indirecta. Definición y clasificación de errores. Cifras Significativas, Notación científica, Precisión y Exactitud. Valor central e incertidumbre absoluta en una medición directa. Precisión del calibrador vernier, balanza y tornillo micrométrico.

Se recomienda utilizar el simulador del Vernier indicado en los siguientes link.

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/applets/Hwang/ntnujava/misc_Vernier/vernier_s.htm

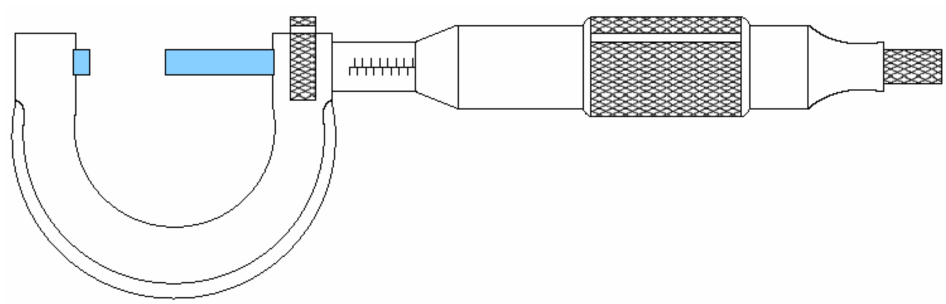
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/calibre/calibre.htm

En el siguiente link encontrará un video con una explicación del uso del tornillo micrométrico

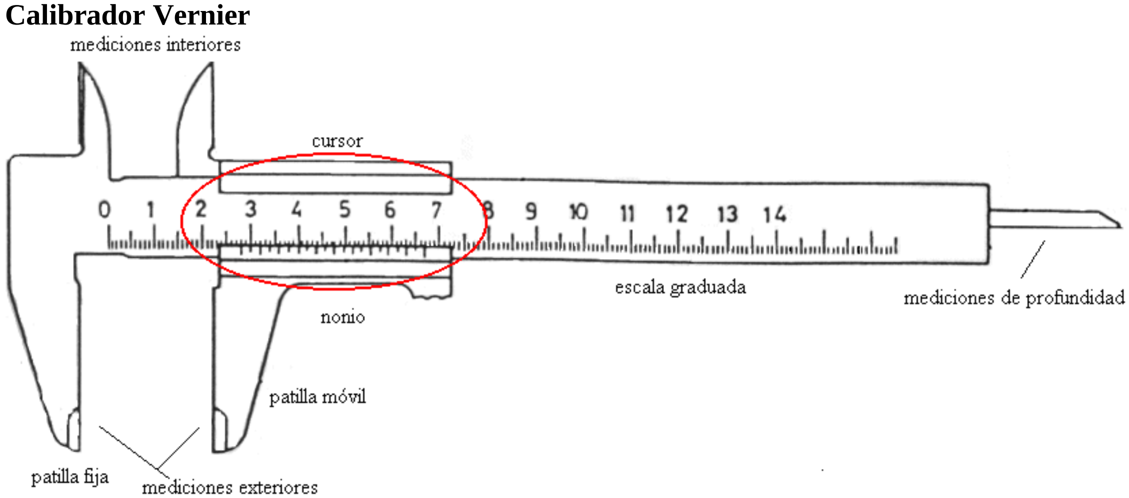
http://m.youtube.com/#/watch?v=FjGV6ve-Nxg&desktop_uri=/watch?v=FjGV6ve-Nxg

## Instrumentos de Medición

### Tornillo Micrométrico



### Calibrador Vernier



Balanza de dos platos

Cuando la medida es directa, la lectura provendrá de la observación de la escala del instrumento por ejemplo, si tenemos una balanza de dos brazos, primero debemos ver si la balanza está calibrada, esto es, que para una posición del cursor en cero gramos ambos platos deben estar nivelados, luego se coloca el objeto en el plato izquierdo y se corre el cursor hasta lograr nivelar nuevamente los dos platos.

## Procedimiento

Con cada instrumento se tomará una o varias medidas directas y se reportará el resultado correctamente con sus respectivas unidades y error instrumental.

Mida las tres dimensiones del bloque y repórtelas correctamente, de cada dimensión registre entre 5 o 6 medidas con el vernier. Mida también la masa del bloque, y finalmente calcule la densidad del bloque y repórtela correctamente.

Con el tornillo micrométrico registre entre 5 y 6 medidas del diámetro y espesor de un anillo y calcule el volumen, mida también la masa y reporte correctamente la densidad.

Complete las tablas en donde se reporten correctamente las diferentes medidas de la práctica.
Tenga en cuenta que todos los datos consignados deben tener claras las unidades correspondientes. Igualmente recuerde que todos las medidas directas deben tener su respectiva incertidumbre, excepto de las medidas indirectas las mismas que se calcularan en la siguiente unidad.

Finalmente presente en una hoja el reporte de datos y resultados.

## Preguntas para la Prueba de Entrada

**1**. Escribir los siguientes números en notación científica

a. 93 000 000
b. 384 000 000 000
c. 0.00000000000234
d. 0.0000000157

**2**. Cambiar los siguientes números a notación científica usando la calculadora

a. 12 000 000

b. 974 000 000

c. 0.0000034

d. 0.000000004

**3**. Cambiar los siguientes números a notación de decimal flotante (notación estándar).

a. $5.8 \times 10^{7}$

b. $7.32 \times 10^{5}$

c. $6.2 \times 10^{-6}$

d. $3 \times 10^{-8}$

**4**. El resultado de $[(10^{2})^{-4} \times 0.00010/10^{-6}]^{-4}$ es:

**5**. El resultado de $7.2 \times 10^{3}$ s + $8.3 \times 10^{4}$ s + $0.09 \times 10^{6}$ s es:

**6**. La cantidad $0.000367 \times 10^{8}$ expresada en notación científica es:

**7**. ¿Cuál es la edad del universo en segundos? Ver Anexo

A. $10^{12}$ B. $10^{15}$ C. $10^{18}$ D. $10^{21}$

**8**. ¿Cuál es la relación entre el tamaño de un átomo de hidrógeno y el tamaño de su núcleo?

A. $10^{5}$ B. $10^{4}$ C. $10^{3}$ D. $10^{2}$

**9**. Escribir a la derecha el número de cifras significativas que tienen las siguientes mediciones:

3.5 cm. =

3.0 cm. =

$3 \times 10^{2}$cm. =

300 cm. =

0.003cm. =

0.00300cm.=

0.0001cm. =

3.001001cm.=

**10**. Redondear a 2 cifras significativas las siguientes mediciones.

4.05002 cm

3.350001 s

6.450002 m

**11**. Un estudiante mide la aceleración de la gravedad y obtiene los siguientes resultados:

g = 10.55, 10.57, 10.54, 10.51 m/s$^{2}$, estos resultados son:

A. Precisos y Exactos

B. Precisos pero no Exactos

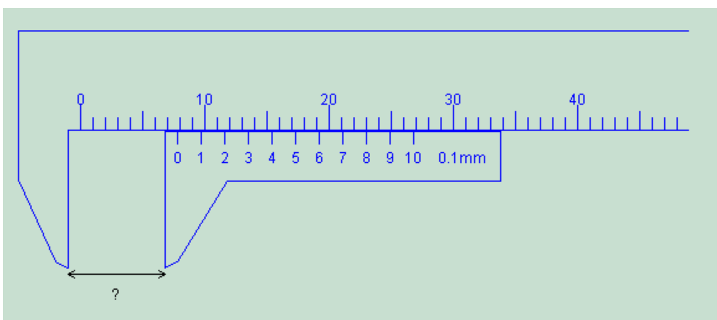
C. Exactos pero no Precisos

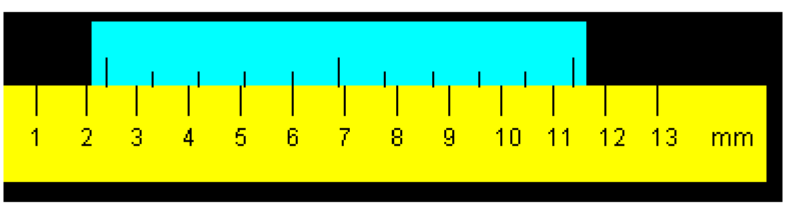
D. Ni Precisos ni Exactos

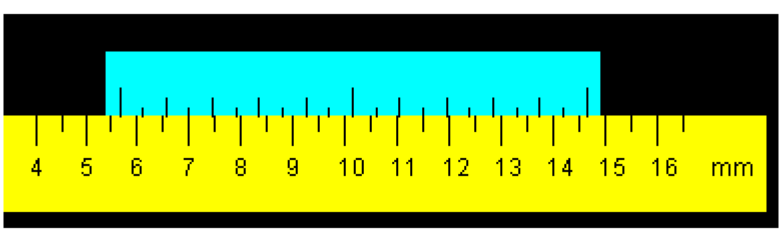
**12**. Un estudiante está calculando la Incertidumbre Relativa (IR) porcentual de la masa y la rapidez de un carrito de juguete, conocido los siguientes datos, `m =(0.20  ±  0.01)kg` `v= (5.0 ± 0.5)m/s` ¿cuál es la opción correcta?

| | IR % Masa | IR % Rapidez |
|---|---|---|
| A. | 4% | 5% |
| B. | 5% | 10% |
| C. | 4% | 10% |
| D. | 5% | 10% |

**13**. Escribir la lectura indicada en cada Vernier

a) 


b) 


c) 


**14.** Indicar cuál es la precisión del calibrador vernier tanto de la figura b como c del problema 13

**15**. En base a las reglas para determinar el número de cifras significativas, seleccione la proposición falsa.
A. Todo dígito distinto de cero es siempre significativo.
B. Todos los ceros finales después del punto decimal son significativos.
C. Todos los ceros empleados únicamente para ubicar el punto decimal en un número mayor que la unidad son siempre significativos.
D. Todos los ceros entre dos dígitos distintos de cero son siempre significativos.

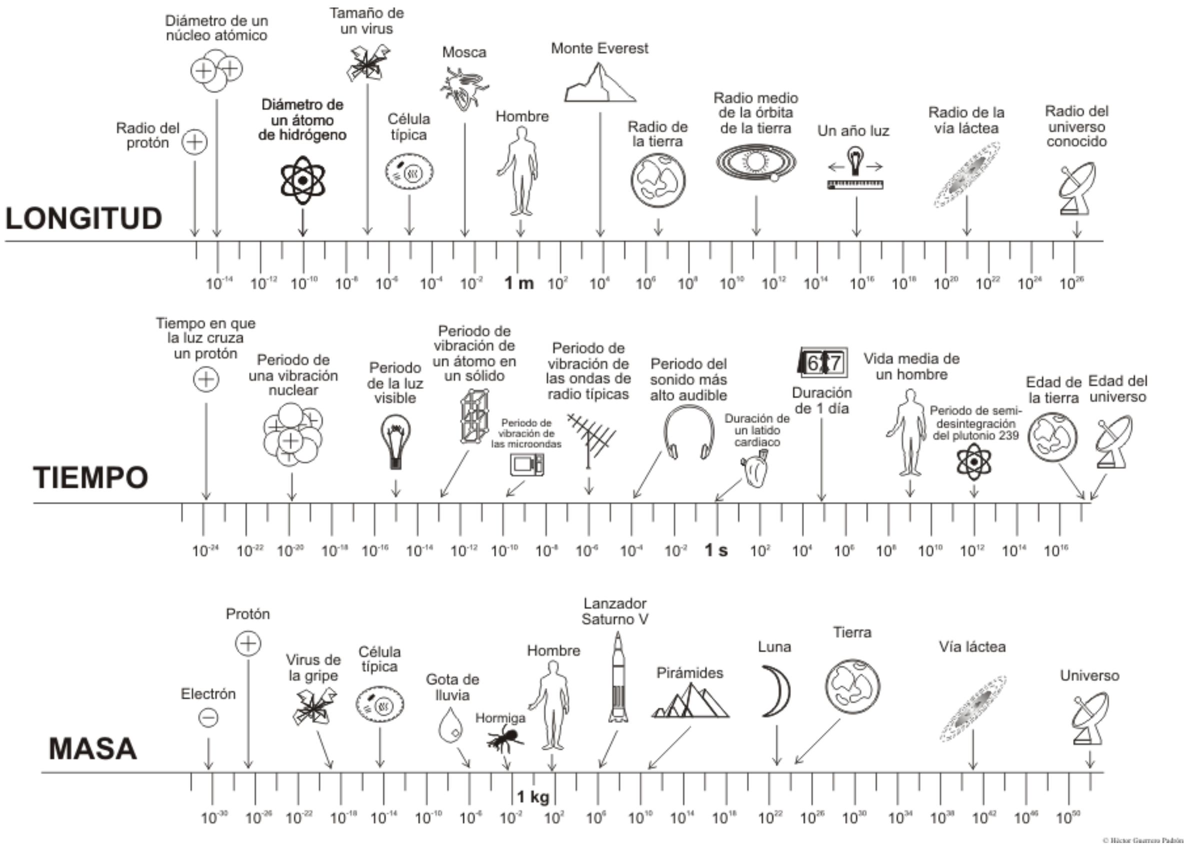
**16**. Si un amperímetro no está encerado. Entonces este defecto:
A. no afectará ni a la precisión ni a la exactitud de las lecturas.
B. afectará sólo a la precisión de las lecturas.
C. afectará sólo a la exactitud de las lecturas.
D. afectará tanto a la precisión como a la exactitud de las lecturas.

**17**. La medición repetida de una magnitud puede reducir los efectos de:
A. Tanto los errores aleatorios como los sistemáticos.
B. Sólo los errores aleatorios.
C. Sólo los errores sistemáticos.
D. Ni los errores aleatorios ni los sistemáticos.

**18**. Al medir el radio de un disco se obtiene el valor de (10,0 ± 0,5) cm. ¿Cuál de los siguientes valores es la mejor estimación de la incertidumbre en el área calculada del disco?
A. 0,25 %
B. 5 %
C. 10 %
D. 25 %

**19**. Un vaso de precipitación tiene una precisión de ± 10 mililitros, si se la lectura del volumen de un cierto líquido es 220 mililitros, entonces el porcentaje del error relativo de ésta medición expresado correctamente es:
A. 2.273%
B. 2.27%
C. 2.3%
D. 2%

## ANEXO


LONGITUD
Radio del protón
Diámetro de un núcleo atómico
Diámetro de un átomo de hidrógeno
Tamaño de un virus
Célula típica
Mosca
Hombre
Monte Everest
Radio de la tierra
Radio medio de la órbita de la tierra
Un año luz
Radio de la vía láctea
Radio del universo conocido
$10^{-14}$ $10^{-12}$ $10^{-10}$ $10^{-8}$ $10^{-6}$ $10^{-4}$ $10^{-2}$ 1 m $10^{2}$ $10^{4}$ $10^{6}$ $10^{8}$ $10^{10}$ $10^{12}$ $10^{14}$ $10^{16}$ $10^{18}$ $10^{20}$ $10^{22}$ $10^{24}$ $10^{26}$
TIEMPO
Tiempo en que la luz cruza un protón
Periodo de una vibración nuclear
Periodo de la luz visible
Periodo de vibración de un átomo en un sólido
Periodo de vibración de las microondas
Periodo de vibración de las ondas de radio típicas
Periodo del sonido más alto audible
Duración de un latido cardiaco
Duración de 1 día
Vida media de un hombre
Periodo de semi-desintegración del plutonio 239
Edad de la tierra
Edad del universo
$10^{-24}$ $10^{-22}$ $10^{-20}$ $10^{-18}$ $10^{-16}$ $10^{-14}$ $10^{-12}$ $10^{-10}$ $10^{-8}$ $10^{-6}$ $10^{-4}$ $10^{-2}$ 1 s $10^{2}$ $10^{4}$ $10^{6}$ $10^{8}$ $10^{10}$ $10^{12}$ $10^{14}$ $10^{16}$
MASA
Electrón
Protón
Virus de la gripe
Célula típica
Gota de lluvia
Hormiga
Hombre
Lanzador Saturno V
Pirámides
Luna
Tierra
Vía láctea
Universo
$10^{-30}$ $10^{-26}$ $10^{-22}$ $10^{-18}$ $10^{-14}$ $10^{-10}$ $10^{-6}$ $10^{-2}$ 1 kg $10^{2}$ $10^{6}$ $10^{10}$ $10^{14}$ $10^{18}$ $10^{22}$ $10^{26}$ $10^{30}$ $10^{34}$ $10^{38}$ $10^{42}$ $10^{46}$ $10^{50}$
© Héctor Guerrero Padrón