

FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO

LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA



IES ESTUARIA
(HUELVA)



CONTENIDOS:

LA CIENCIA Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

- Ciencia, Ciencias de la Naturaleza, Química y Física.
- Método científico. Etapas del método científico:
 - Observación
 - Elaboración de hipótesis.
 - Experimentación.
 - Análisis de los resultados. Tablas de datos y gráficas. Variables independiente y dependiente. Interpolación y extrapolación. Obtención de la ecuación de una recta a partir de una gráfica.
 - Formulación de leyes científicas.

LA MEDIDA

- Magnitud.
- Magnitudes escalares y vectoriales.
- Medida.
- Medidas directas e indirectas.
- Sistema Internacional de unidades. Magnitudes fundamentales y derivadas.
- Análisis dimensional. Principio de homogeneidad dimensional.
- Cambios de unidades mediante factores de conversión.
- Múltiplos y submúltiplos de unidades.
- Notación científica.
- Redondeo.
- Cifras significativas.

LOS ERRORES EN LA MEDIDA

- Tipos de errores:
 - Errores aleatorios.
 - Errores sistemáticos.
 - Errores despreciativos.
 - Errores significativos.
 - Errores por defectos en el instrumento empleado.
 - Errores causados por la persona que toma la medida.
 - Errores debidos a las condiciones ambientales.
- Cálculo de errores y expresión correcta de las medidas
 - Valor más probable de un conjunto de medidas.
 - Errores absolutos y error absoluto medio.
 - Errores relativos y error relativo medio.
 - Relación de los errores absoluto y relativo con la exactitud y la precisión de un aparato de medida.

ACTIVIDADES PARA PRACTICAR.



LA CIENCIA Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

En esta unidad vamos a repasar algunos conceptos básicos para el trabajo científico ya estudiados en cursos anteriores, y añadiremos otras herramientas importantes para el trabajo en Física y Química a lo largo del presente curso y en cursos posteriores.

Para empezar, repasemos una serie de definiciones para situarnos:

Ciencia.

Puede definirse como un **conjunto de conocimientos que pueden ser demostrados de manera racional y que, por lo tanto, son válidos de un modo universal**. La Ciencia constituye un proceso de investigación constante cuyo fin es descubrir hechos y establecer relaciones entre ellos.

Ciencias de la Naturaleza.

Son las que se ocupan del estudio de la Naturaleza. **Son la Física, la Química, la Biología y la Geología.**



Química.



Es la disciplina científica que estudia la composición, las propiedades y las transformaciones de la materia, así como los cambios energéticos asociados a dichas transformaciones, es decir, **la Química estudia los cambios químicos que experimenta la materia: oxidaciones, combustiones, síntesis de sustancias químicas, etc.** Observa que en todos los casos existen al principio unas sustancias (llamadas reactivos) y al final otras sustancias distintas (llamadas productos).

Física.

Es la disciplina científica que estudia las propiedades de la materia y de la energía y establece las leyes que explican los fenómenos naturales, excluyendo los que modifican la naturaleza de la materia, es decir, la Física **estudia los cambios físicos que experimenta la materia: cambios de estado, movimientos, deformaciones, fenómenos eléctricos, transferencias de energía, etc.** Observa que en todos estos ejemplos no se producen sustancias nuevas.





Método científico.

Puede definirse como el procedimiento o la manera de hacer las cosas que se sigue en el estudio de las ciencias. Mediante el método científico, se pretende describir las leyes que rigen la naturaleza. Esto constituye el trabajo científico.

Aunque el método científico no se puede considerar un conjunto de normas estrictas que se aplican de forma consecutiva y rigurosa, sí es posible señalar una serie de **etapas** comunes a cualquier investigación científica:

- **Observación:** es la primera etapa del método científico. Las observaciones pueden realizarse: directamente, a través de nuestros sentidos, o con la ayuda de instrumentos de observación como microscopios, telescopios, etc. De la observación surgen preguntas o problemas a los cuales los científicos pretenden dar respuesta.



- **Elaboración de hipótesis:** a partir de las observaciones surge el planteamiento de los problemas en cuya resolución trabajan los científicos. Los científicos se preguntan por la razón que explica o justifica un fenómeno o una situación observados. Para dar respuesta a las preguntas científicas, los científicos: consultan la bibliografía que existe sobre el tema (en revistas especializadas, internet, etc.) y formulan hipótesis.

Una **hipótesis científica** es una idea o explicación que se da por buena de forma provisional, pero que no está demostrada.



- **Experimentación:** para saber si las hipótesis formuladas son acertadas, deben ser contrastadas a través de la experimentación.

Experimentar consiste en repetir la observación de un fenómeno en condiciones controladas, tan específicas a veces que no se dan en la naturaleza. En muchas ocasiones, los experimentos se realizan en laboratorios científicos.





Al experimentar, los científicos descubren que cosas que nos parecen evidentes resultan ser falsas, y que otras que en apariencia puedan parecer falsas resultan ser válidas. Por ejemplo, que la Tierra gira alrededor del Sol (y no lo contrario, que podría parecer más lógico desde nuestra posición en la Tierra) o que todos los objetos, independientemente de su masa, son atraídos por la Tierra con la misma aceleración, lo cual supone que cuerpos de distintas masas, si se dejan caer al mismo tiempo desde la misma altura, llegan al suelo al mismo tiempo, hecho que en principio pudiera parecernos extraño.

- **Análisis de los resultados:** durante la realización de los experimentos se recogen una serie de datos. Estos datos luego hay que analizarlos para ver la relación que existe entre ellos y comprobar si la hipótesis de partida es cierta. Un método que resulta muy útil para analizar los resultados obtenidos en los experimentos es la elaboración de tablas y gráficas.



Los resultados de un experimento se pueden representar en tablas de datos y en gráficas, en las que se refleja la relación que existe entre las cantidades medidas.

Antes de realizar un experimento, durante la planificación del mismo, hay que intentar identificar todos los “factores” que puedan influir de alguna manera sobre los resultados de dicho experimento.

Luego, durante la realización del experimento se va modificando de forma controlada **uno** de los factores, al que llamamos **variable independiente**. Los demás se mantienen invariables (controles). Para cada una de las modificaciones de la variable independiente se mide el valor de otro factor, al que llamamos **variable dependiente**. De este modo, variando sólo un factor cada vez y midiendo otro nos aseguramos que las variaciones observadas en este último (variable dependiente) se deben única y exclusivamente al factor que se modifica (variable independiente).

Para recoger de forma ordenada los resultados del experimento se construye una tabla con los distintos valores de ambas variables.

Por ejemplo, en un experimento se han medido con una balanza las masas de varios volúmenes de un mismo material, y se han obtenido los siguientes datos:



VARIABLE INDEPENDIENTE (la característica que modificamos de forma controlada)	VARIABLE DEPENDIENTE (la característica que medimos durante el experimento)
Volumen (cm ³)	Masa (g)
① 1000	500
② 2000	1000
③ 3000	1500

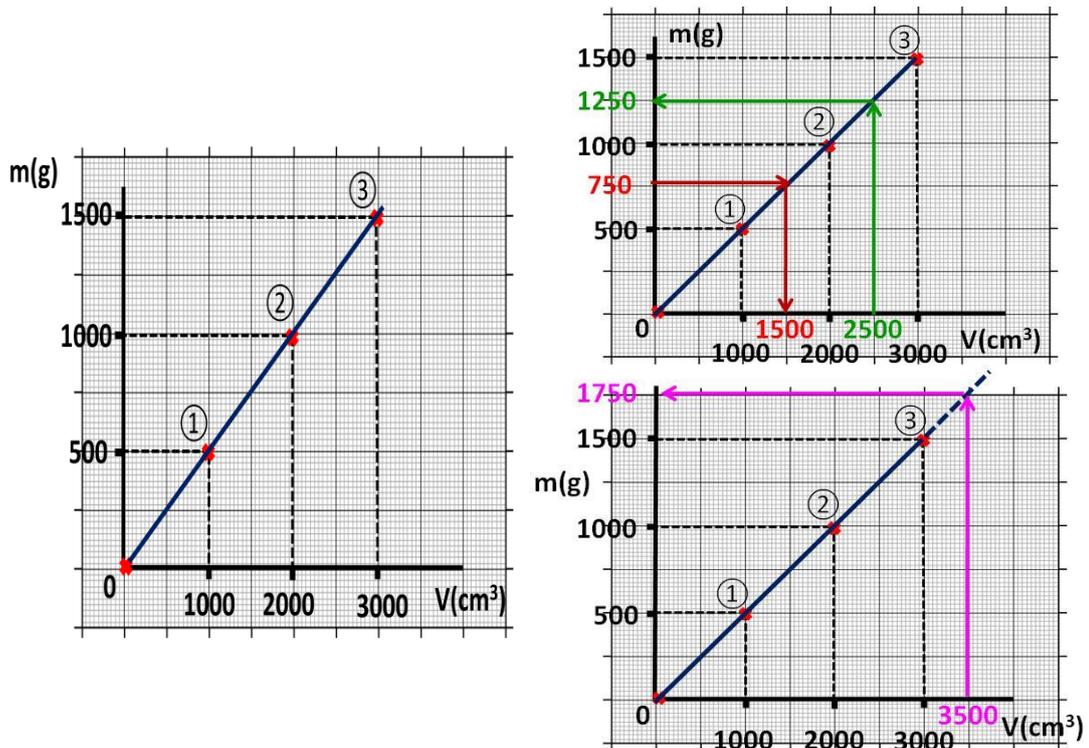
Los datos organizados en las tablas pueden representarse en **gráficas**. En las gráficas, los valores de la variable independiente se representan, generalmente, en el eje horizontal (o eje de abscisas), y los de la variable dependiente, en el eje vertical (o eje de ordenadas).

Es muy importante indicar en la gráfica qué variables se están representando y en qué unidades se expresan las medidas que allí aparezcan.

Para realizar las gráficas resulta muy útil usar **papel milimetrado**, al menos, papel cuadrado.

Una vez disponemos de una gráfica, a partir de ella podemos predecir valores que se encuentren entre los estudiados. Esto se llama **interpolar**.

También podemos predecir valores que se encuentren fuera de los estudiados, aunque esto resulta más arriesgado si no estamos seguros de que, para este rango de valores, no varía la relación entre las variables representadas. Esto se llama **extrapolar**.





En muchas ocasiones, las relaciones encontradas entre las variables representadas en la gráfica, pueden ser descritas mediante una expresión matemática. En el caso propuesto como ejemplo se tiene una relación de proporcionalidad directa entre masa y volumen. Matemáticamente puede expresarse esta relación como: $m = k \cdot V$. Si despejamos la constante de proporcionalidad k resulta que $k = m/V$. Como puedes observar, esta constante de proporcionalidad es lo que conocemos como densidad y, por lo tanto, obtenemos la conocida expresión $d = m/V$.

- **Formulación de leyes científicas:** si del análisis de los datos obtenidos experimentalmente se concluye que la hipótesis formulada es cierta, ésta se convierte en una ley científica. Las leyes científicas pueden expresarse de distintas maneras; las dos más frecuentes son:

- mediante fórmulas: por ejemplo, $F = m \cdot a$, expresión matemática de la segunda ley de Newton.
- mediante enunciados: por ejemplo, “si se aplica una fuerza sobre un cuerpo, éste adquiere una aceleración que es directamente proporcional a la fuerza aplicada”, enunciado de la segunda ley de Newton.



Por otra parte, si los datos experimentales obtenidos de forma correcta no confirman la hipótesis formulada, hay que reformular la hipótesis emitida, o formular una hipótesis distinta, y volver a la etapa de experimentación.

Es importante tener en cuenta que las leyes científicas son provisionales y pierden validez cuando surge algún hecho experimental que no pueden explicar. En estos casos, la ley debe ser modificada y ampliada para dar respuesta a los nuevos hechos experimentales.



A continuación tienes un esquema de las distintas etapas del método científico.



LA MEDIDA

Como hemos visto, durante la experimentación se recogen una serie de datos, es decir, la experimentación nos obliga a realizar una labor clave en cualquier investigación científica: medir. El concepto de medida está ligado al concepto de magnitud.

Magnitud.

Una magnitud es cualquier propiedad de los cuerpos que se pueda medir. Podemos diferenciar, en principio, dos tipos de magnitudes:

1) **magnitudes escalares**: son aquellas que quedan perfectamente definidas con un número y su unidad correspondiente, sin necesidad de indicar nada más; por ejemplo: la temperatura (24°C), la densidad (1 g/cm³) o el tiempo (60 min).

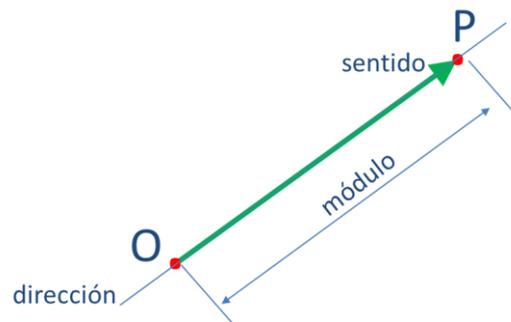
2) **magnitudes vectoriales**: son aquellas que requieren, para ser definidas de forma completa, indicar una dirección y un sentido además de su valor numérico y la unidad



correspondiente; por ejemplo: la velocidad (25 km/h hacia el norte es distinto que 25 km/h hacia el sur), o una fuerza (no es lo mismo empujar un objeto con una fuerza de 100 N que levantar un cuerpo con la misma fuerza).

Un **vector** puede definirse de forma simple como un segmento orientado. Consta de los siguientes elementos:

- **Origen:** el punto de dónde sale el vector.
- **Extremo:** el punto donde finaliza el vector.
- **Dirección:** la línea recta que contiene al vector.
- **Sentido:** hacia donde apunta la flecha.
- **Módulo:** la longitud del vector.



Medida.

Medir una magnitud es compararla con otra de la misma naturaleza, llamada **unidad**, para averiguar el número de veces que la contiene. Podemos distinguir dos tipos de medidas:

1) **medidas directas:** son aquellas que se realizan directamente, utilizando instrumentos de medida como cronómetros, termómetros, cintas métricas, balanzas, dinamómetros, etc. Por ejemplo, para medir la densidad de un líquido puede utilizarse un densímetro.

2) **medidas indirectas:** consisten en medir determinadas propiedades del cuerpo en cuestión y luego utilizar una fórmula matemática para calcular la magnitud que se quiere determinar. Por ejemplo, para medir la densidad de un sólido esférico puede medirse su diámetro y su masa y calcular su densidad a partir de su masa y de su volumen (densidad = masa / volumen) (medida indirecta).

Sistema Internacional de Unidades.(en adelante S.I.)

Durante muchos siglos, en los distintos países se empleaban unidades de medida diferentes; sin embargo, para que no se produzcan discrepancias y equívocos entre las mediciones efectuadas por unos y por otros, los científicos han establecido un único sistema de unidades, el S.I.

En el S.I. se distinguen dos tipos de magnitudes:



1) **magnitudes fundamentales**: se han elegido siete: longitud, masa, tiempo, temperatura, intensidad de corriente eléctrica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia. A su vez, para cada una de ellas se ha elegido una unidad fundamental.

2) **magnitudes derivadas**: son todas las demás, que pueden expresarse en función de las fundamentales.

MAGNITUDES Y UNIDADES FUNDAMENTALES DEL SISTEMA INTERNACIONAL			
Magnitud	Símbolo magnitud	Unidad	Símbolo unidad
Longitud	l	metro	m
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Temperatura	T	kelvin	K
Intensidad de corriente	I	amperio	A
Intensidad luminosa	I	candela	cd
Cantidad de sustancia	n	mol	mol

ALGUNAS MAGNITUDES DERIVADAS EN EL SISTEMA INTERNACIONAL			
Magnitud	Símbolo magnitud	Símbolo unidad	Otras unidades
Superficie o área	S, A	m ²	
Volumen	V	m ³	l (litro)
Densidad	ρ	Kg/m ³	g/cm ³ ; g/l
Velocidad	v	m/s	Km/h
Aceleración	a	m/s ²	
Fuerza	F	N (Newton)	
Presión	P	Pa (Pascal)	mmHg; atm
Energía	E	J (Julio)	eV (electrón-voltio)

Cuando expresamos una determinada magnitud derivada en función de una o varias magnitudes fundamentales se dice que hacemos un **análisis dimensional** de dicha magnitud derivada.

Por ejemplo:

Densidad = masa / volumen \rightarrow la masa es una magnitud fundamental y el volumen es una longitud (magnitud fundamental) al cubo, por lo tanto, $[d] = M/L^3$.

Fuerza = masa · aceleración \rightarrow la masa es fundamental.

aceleración = velocidad / tiempo \rightarrow el tiempo es fundamental.

velocidad = distancia / tiempo \rightarrow distancia (longitud) y tiempo son fundamentales.

Por lo tanto: $[F] = M \cdot [a] = M \cdot [v] / T = M \cdot (L / T) / T = M \cdot L / T^2$.

Ten en cuenta lo siguiente: las magnitudes fundamentales masa, longitud y tiempo se representan como m, l y t, respectivamente. Sin embargo, entendidas como dimensiones



se representan como M, L y T. Es importante tener esto en cuenta para hacer correctamente los análisis dimensionales.

El **principio de homogeneidad dimensional** nos dice que las ecuaciones que relacionan magnitudes físicas deben cumplir que éstas sean coherentes, es decir, que todos los términos de una misma ecuación tienen que tener la misma dimensión.

Por otra parte, sabemos que, frecuentemente será necesario realizar cambios de unidades para utilizar diversas magnitudes, por ejemplo para realizar cálculos con ellas.

Estos cambios de unidades, como sabes, los realizaremos siempre que sea posible mediante **factores de conversión**. A continuación puedes recordarlo con varios ejemplos:

- ① Transformar 36 km/h en m/s.

Hay que tener en cuenta que: 1 km = 1000 m
1 h = 3600 s

$$\frac{36 \cancel{\text{km}}}{1 \cancel{\text{h}}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = \frac{36000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, 36 km/h = 10 m/s.

- ② Transformar 20 m/s en km/h.

Hay que tener en cuenta que: 1 km = 1000 m
1 h = 3600 s

$$\frac{20 \cancel{\text{m}}}{1 \cancel{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000 \cancel{\text{m}}} \cdot \frac{3600 \cancel{\text{s}}}{1 \text{ h}} = \frac{72000 \text{ km}}{1000 \text{ h}} = 72 \text{ km/h}$$

Por lo tanto, 20 m/s = 72 km/h.

- ③ Transformar 13600 kg/m³ en g/cm³.

Hay que tener en cuenta que: 1 kg = 1000 g
1 m³ = 1000000 cm³

$$\frac{13600 \cancel{\text{kg}}}{1 \cancel{\text{m}^3}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \cancel{\text{kg}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{1000000 \text{ cm}^3} = \frac{13600000 \text{ g}}{1000000 \text{ cm}^3} = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

Por lo tanto, 13600 kg/m³ = 13,6 g/cm³.



④ Transformar 1 g/cm^3 en kg/m^3 .

Hay que tener en cuenta que: $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
 $1 \text{ m}^3 = 1000000 \text{ cm}^3$

$$\frac{1 \cancel{\text{g}}}{1 \cancel{\text{cm}^3}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{1000000 \cancel{\text{cm}^3}}{1 \text{ m}^3} = \frac{1000000 \text{ kg}}{1000 \text{ m}^3} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto, $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Para realizar estos cambios de unidades te serán de utilidad las siguientes tablas:

Sistema Métrico Decimal		MASA*	LONGITUD*	ÁREA**	VOLUMEN***	CAPACIDAD*
kilo	k = 1000	kg	km	km^2	km^3	kL
hecto	h = 100	hg	hm	hm^2	hm^3	hL
deca	da = 10	dag	dam	dam^2	dam^3	daL
		g	m	m^2	m^3	L
deci	d = 0,1	dg	dm	dm^2	dm^3	dL
centi	c = 0,01	cg	cm	cm^2	cm^3	cL
mili	m = 0,001	mg	mm	mm^2	mm^3	mL

En **negrita** las unidades en el S.I.

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

Recuerda:

- * masa, longitud y capacidad → Cada “salto” hacia abajo implica multiplicar por 10.
- ** Área → Cada “salto” hacia abajo implica multiplicar por 100.
- *** Volumen → Cada “salto” hacia abajo implica multiplicar por 1000.

Recuerda también la relación entre las de temperatura centígrada o Celsius y absoluta o Kelvin:



escalas

Escala centígrada o Celsius Escala absoluta o Kelvin



A continuación tienes algunos ejemplos para recordar cómo se pasa de una escala a la otra:

- de °C a K:

- ① $25^{\circ}\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$
- ② $0^{\circ}\text{C} + 273 = 273 \text{ K}$
- ③ $-15^{\circ}\text{C} + 273 = 258 \text{ K}$

$$^{\circ}\text{C} \begin{array}{c} \xrightarrow{+273} \\ \xleftarrow{-273} \end{array} \text{K}$$

- de K a °C:

- ④ $100 \text{ K} - 273 = -173^{\circ}\text{C}$
- ⑤ $323 \text{ K} - 273 = 50^{\circ}\text{C}$
- ⑥ $473 \text{ K} - 273 = 200^{\circ}\text{C}$

$$\boxed{^{\circ}\text{C} + 273 = \text{K}}$$

$$\boxed{\text{K} - 273 = ^{\circ}\text{C}}$$

Existen múltiplos más grandes y submúltiplos más pequeños que los indicados anteriormente como puedes ver en la siguiente tabla. Consúltala cuando lo necesites para hacer cambios de unidades.

Prefijo	Símbolo	Factor	Equivalente	
Múltiplos	Exa	E	10^{18}	1000000000000000000
	Peta	P	10^{15}	1000000000000000
	Tera	T	10^{12}	1000000000000
	Giga	G	10^9	1000000000
	Mega	M	10^6	1000000
	Kilo	k	10^3	1000
	Hecto	h	10^2	100
	Deca	da	10^1	10
Submúltiplos	Deci	d	10^{-1}	0.1
	Centi	c	10^{-2}	0.01
	Milli	m	10^{-3}	0.001
	Micro	μ	10^{-6}	0.000001
	Nano	n	10^{-9}	0.000000001
	Pico	p	10^{-12}	0.000000000001
	Femto	f	10^{-15}	0.000000000000001
	Atto	a	10^{-18}	0.000000000000000001

Por otra parte, para expresar cantidades que sean muy grandes o muy pequeñas nos resulta de gran utilidad una herramienta matemática: la **notación científica**. A modo de recordatorio se incluyen a continuación algunos ejemplos:

$$125\,000\,000 \text{ m} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$3\,040\,000 \text{ s} = 3,04 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$300\,000\,000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ km/s}$$

$$0,000\,000\,5 \text{ g} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$0,000\,567 \text{ cm} = 5,67 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$

$$0,000\,000\,000\,097 \text{ m} = 9,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$



Recuerda también las **reglas de redondeo** que tienes que aplicar para expresar redondeados correctamente, con un determinado número de cifras decimales, los resultados de tus medidas o cálculos:

REGLAS DEL REDONDEO	
1 Si la cifra despreciada es menor que cinco, la anterior no se altera.	Ejemplos: 1,431 → 1,4 3,2564 → 3,256 234,3419 → 234,34
2 Si la cifra despreciada es mayor o igual que cinco, la anterior se incrementa en una unidad.	Ejemplos: 1,451 → 1,5 3,2569 → 3,257 234,378 → 234,4

Y recuerda cómo se denominan las distintas cifras decimales:

0,2 = 2 décimas

0,02 = 2 centésimas

0,002 = 2 milésimas

0,0002 = 2 diezmilésimas

0,00002 = 2 cienmilésimas

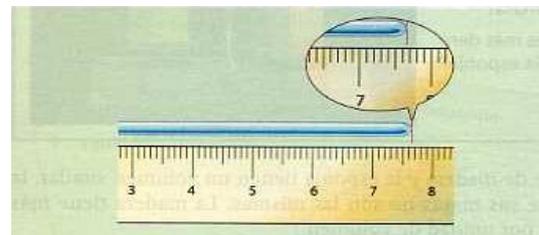
0,000002 = 2 millonésimas

Por último, se denominan **cifras significativas** al número de dígitos que se conocen con seguridad en una medida. Cuantas más cifras significativas tenga una medida mayor será la precisión de dicha medida.

Un instrumento de medida es tanto más preciso cuanto mayor sea el número de cifras significativas que pueden obtenerse de él. Por ejemplo, medimos la longitud de una varilla metálica:

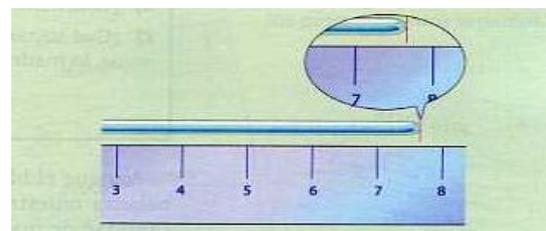
① Con una regla graduada en milímetros:

Se puede apreciar que la varilla mide algo más de 7,6 cm, pero no llega a 7,7 cm. Con este instrumento obtenemos **dos cifras seguras** como valor de la medida: 7 y 6.



② Con una cinta métrica graduada en centímetros.

Se puede apreciar que la varilla mide algo más de 7 cm, pero no llega a 8 cm. Con este instrumento obtenemos **sólo una cifra segura** como valor de la medida: el 7.





A continuación tienes unas sencillas reglas para saber el número de cifras significativas de una medida:

- 1) Cualquier dígito distinto de cero se considera cifra significativa.
Ejemplo: 125 tiene 3 cifras significativas.
- 2) Los ceros entre dígitos distintos de cero se consideran cifras significativas.
Ejemplo: 10,05 tiene 4 cifras significativas.
- 3) Los ceros a la izquierda del primer dígito distinto de cero no se consideran cifras significativas.
Ejemplo: 0,0035 tiene 2 cifras significativas.
- 4) Para un número mayor que la unidad, todos los ceros que están a la derecha del punto decimal se consideran cifras significativas.
Ejemplo: 1,20 tiene 3 cifras significativas.
- 5) Para cantidades enteras, todos los ceros que están a la derecha del último dígito distinto de cero se pueden considerar cifras significativas o no.
Ejemplo: 120 puede tener 2 o 3 cifras significativas.

Esto puede evitarse expresando el número en notación científica con el número de cifras significativas que se desee.

Ejemplo: $1,2 \cdot 10^2$ tiene 2 cifras significativas.

$1,20 \cdot 10^2$ tiene 3 cifras significativas.

Cuando expresamos medidas en notación científica, es conveniente que todos los dígitos que aparezcan antes de la potencia de diez sean significativos (por ejemplo, $1,430 \cdot 10^5$ tiene cuatro cifras significativas). Observa también los siguientes ejemplos:

$1,25 \cdot 10^8 \text{ m}$ → 3 cifras significativas

$3 \cdot 10^8 \text{ km/s}$ → 1 cifra significativa

$5,0893 \cdot 10^{-7} \text{ g}$ → 5 cifras significativas

$5,0 \cdot 10^8 \text{ km/s}$ → 2 cifras significativas

En cuanto a las cifras significativas que habría que indicar en los resultados de las operaciones matemáticas más básicas podemos establecer las siguientes reglas:

- 6) En sumas y restas, el resultado debe tener tantas cifras significativas en la parte decimal como tenga el sumando que menos cifras significativas tenga en su parte decimal.
Ejemplo: $23,467 + 124,2 - 5,84 = 141,8$, con una cifra significativa en su parte decimal.
- 7) En multiplicaciones y divisiones, el resultado debe tener las mismas cifras significativas totales como tenga el factor que menos cifras significativas totales tenga.
Ejemplo: $(34,56 \times 1,24) / 23,035 = 1,86$, con 3 cifras significativas totales.



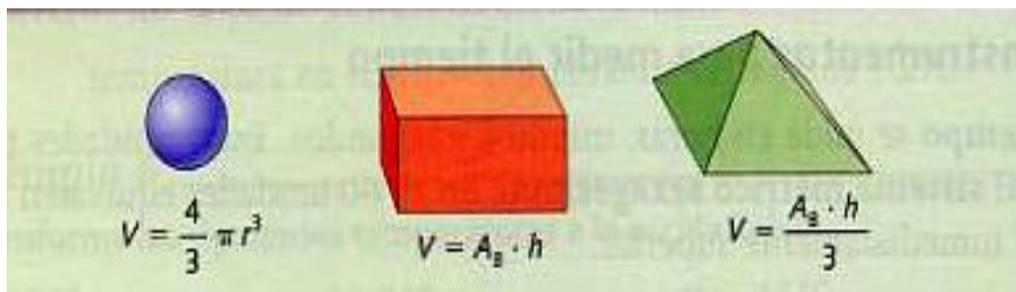
LOS ERRORES EN LA MEDIDA

Cuando queremos obtener el valor de una magnitud, lo primero que tenemos que hacer es escoger el **instrumento de medida** adecuado para medir dicha magnitud.

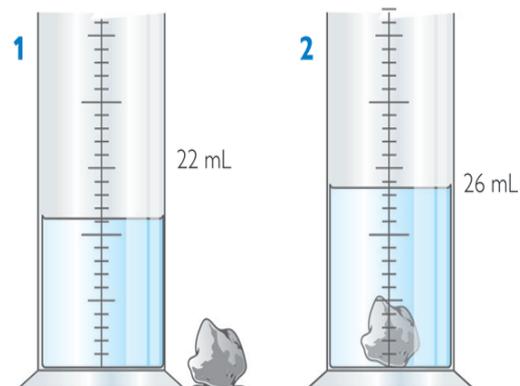
Así, como bien sabes, para medir longitudes usamos reglas, flexómetros o cintas métricas, para medir masas usamos las balanzas, para medir tiempos usamos relojes o cronómetros, para medir temperaturas usamos termómetros, para medir el volumen de los líquidos en el laboratorio usamos probetas, pipetas, buretas o diferentes tipos de matraces, que suelen estar graduados en cm^3 o ml, para medir fuerzas usamos dinamómetros, etc. Todos estos instrumentos de medida nos permiten realizar **medidas directas**.

Sin embargo, como se comentó anteriormente, no siempre es posible determinar el valor de una magnitud de forma directa mediante un instrumento de medida; este hecho nos obliga, como sabemos, a realizar **medidas indirectas**. Por ejemplo:

- Para hallar el volumen de **sólidos regulares**, como **esferas, prismas, tetraedros, cilindros, etc.**, se determinan sus dimensiones y se utiliza la expresión matemática correspondiente.



- El volumen de **sólidos irregulares** se mide por desplazamiento de un líquido, normalmente agua. Para ello nos valemos de una probeta. Por diferencia del nivel del líquido en la probeta después y antes de introducir el sólido, se puede hallar el volumen de dicho sólido (método de la probeta). En el ejemplo representado el volumen del sólido sería 4 ml o 4 cm^3 .



Pero sea cual sea el método que utilicemos para determinar el valor de una magnitud, **toda medida experimental estará afectada de un error**. Por muchas precauciones que tomemos al tratar de medir experimentalmente el valor de una magnitud, **el valor encontrado nunca va a coincidir exactamente con el valor verdadero**. Se conoce como error de medición a la diferencia existente entre el valor que se ha obtenido en la medida y el valor real del objeto medido.



Los **errores** pueden clasificarse en distintos tipos:

1.- **Errores aleatorios:** son aquellos que se dan cuando se hacen medidas consecutivas de un mismo objeto o fenómeno, obteniendo valores diferentes en cada caso. Estos errores pueden ser tanto por exceso como por defecto, y se compensan si se toma la media aritmética de una serie de medidas porque en un gran número de medidas abundarán tanto los errores por exceso como los errores por defecto.

2.- **Errores sistemáticos:** dependen directamente del sistema que se está empleando para realizar la medición. Por este motivo, son errores constantes. Si se emplean instrumentos descalibrados, estos darán medidas erróneas. El error se va a presentar incluso si se repite el proceso de medición.

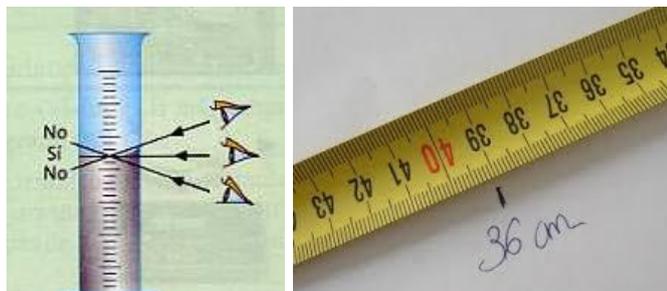
3.- **Errores despreciativos:** son aquellos errores que, por ser mínimos, no constituyen un problema para las mediciones que se están llevando a cabo.

4.- **Errores significativos:** son aquellos que representan un problema para el trabajo que se está realizando. Si la diferencia de medidas es muy grande, evidentemente se tratará de un error significativo. Hay casos en los que la diferencia es mínima pero igualmente es significativa.

5.- **Errores por defectos en el instrumento empleado:** como se comentó anteriormente, existen algunos instrumentos de medida que requieren ser calibrados para que las medidas obtenidas sean precisas. En este sentido también será importante llevar un adecuado mantenimiento del instrumento de medida, control de desgastes debido al uso, defectos de fabricación, etc.

6.- **Errores causados por la persona que toma la medida:**

debido a la imperfección del ser humano, cuando un individuo es el encargado de tomar las mediciones, existe un margen de probabilidades de que se cometa un error. Por ejemplo, si el observador sitúa la vista más arriba o más debajo de la marca al determinar un volumen con una probeta, se producirá un error de medición. Este tipo de error es conocido como error de paralelaje y es uno de los más comunes.



7.- **Errores debidos a las condiciones ambientales:** las temperaturas, el sonido y otros estímulos del ambiente también afectan a las mediciones. Si bien hay que tenerlos en cuenta, la mayoría de las veces serán errores despreciables. Por ejemplo, en las balanzas, el polvo acumulado puede generar diferencias en las mediciones o si se están haciendo mediciones con base en la intensidad del sonido, el ruido excesivo puede dar lugar a errores.



En cualquier caso, para indicar matemáticamente los posibles errores cometidos al realizar una medida se usan el **error absoluto** y el **error relativo**.

El **error absoluto de una medida** (ϵ_a) se define como la diferencia, en valor absoluto, entre el “valor verdadero” de la medida y el valor medido. Por lo tanto, para calcularlo necesitamos conocer el “valor verdadero” de la magnitud medida, pero como hemos comentado, debido a los errores que cometemos al medir, esto no es posible. Para solventar este inconveniente, **se efectúan varias medidas y se toma como “valor verdadero” la media aritmética de todas ellas** (se sabe que el valor más probable de una medida y, por lo tanto, el que más se aproxima al “valor verdadero”, es la media aritmética de un conjunto de medidas, en principio cuantas más mejor). Así:

$$\epsilon_a = |x - x'|$$

donde x representa la media aritmética de todas las medidas realizadas y x' representa una medida concreta.

Si hacemos la media aritmética de los errores absolutos de todas las medidas realizadas obtenemos el **error absoluto medio** (ϵ_{am}), y podemos expresar la medida como $x \pm \epsilon_{am}$, lo que significa que x es el valor más probable, aunque el “valor verdadero” de la magnitud buscada se encuentra comprendido entre $x - \epsilon_{am}$ y $x + \epsilon_{am}$. Por ejemplo, si se dice que el resultado de una medida es $5 \pm 0,1$ m, se está indicando que: ① el valor más probable de esta medida es 5 m, y ② el “valor verdadero” de la magnitud está comprendido entre 4,9 m y 5,1 m.

Entre las cualidades que debe tener un buen instrumento de medida están la exactitud y la precisión. La **exactitud** se refiere a lo cerca que está el resultado de una medida del “valor verdadero” mientras que la **precisión** se refiere a lo cerca que están los valores medidos **unos de otros**.



Exactitud baja
Precisión alta



Exactitud alta
Precisión baja



Exactitud alta
Precisión alta

El conocimiento del error absoluto nos puede dar una idea de la exactitud de una medida, pero no nos indica nada acerca de su precisión. Por ejemplo: no es lo mismo cometer un error de 1 cm en la medida de la longitud de un lápiz, en la medida de la longitud de una mesa del aula o en la medida de la longitud del aula. Para evitar este inconveniente utilizamos el **error relativo**, que nos proporciona una idea adecuada de la precisión de la medida.



El **error relativo de una medida** (ϵ_r) se define como el cociente entre el error absoluto y el “valor verdadero” de la medida. Es decir:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{x} = \frac{|x - x'|}{x}$$

El error relativo es adimensional y suele expresarse en tanto por ciento. Puede definirse también el **error relativo medio** (ϵ_{rm}) como la relación (división) entre el error absoluto medio y el “valor verdadero” de la medida (la media aritmética de todas las medidas realizadas). Lógicamente también es adimensional y también suele expresarse como porcentaje.

$$\epsilon_{rm} = \frac{\epsilon_{am}}{x}$$

Ejemplo: el alumnado de 4ºB quiere medir el tiempo que tarda una bola en bajar por una rampa. Para ello, con un cronómetro, 5 de ellos han realizado la medición obteniendo los siguientes datos: 2,24 s; 2,25 s; 2,28 s; 2,19 s y 2,23 s. Calcula los errores absolutos y relativos y expresa correctamente el resultado de la medida.

x'	$\epsilon_a = x - x' $	$\epsilon_r = \epsilon_a / x$	$p = 1 - \epsilon_r$
MEDIDAS REALIZADAS	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	PRECISIÓN
2,24 s	0 s	0 (0%)	100 (100%)
2,25 s	0,01 s	0,0045 (0,45%)	0,9955 (99,55%)
2,28 s	0,04 s	0,0179 (1,79%)	0,9821 (98,21%)
2,19 s	0,05 s	0,0223 (2,23%)	0,9777 (97,77%)
2,23 s	0,01 s	0,0045 (0,45%)	0,9955 (99,55%)

VALOR MÁS PROBABLE («verdadero»)	ERROR ABSOLUTO MEDIO	ERROR RELATIVO MEDIO	MEDIDA
2,24 s	0,02 s	0,0089 (0,89%)	$2,24 \pm 0,02 \text{ s}$
$x = \Sigma x' / N$	$\epsilon_{am} = \Sigma \epsilon_a / N$	$\epsilon_{rm} = \frac{\epsilon_{am}}{x}$	$x \pm \epsilon_{am}$
			PRECISIÓN
			0,9911 (99,11%)
			$p = 1 - \epsilon_{rm}$

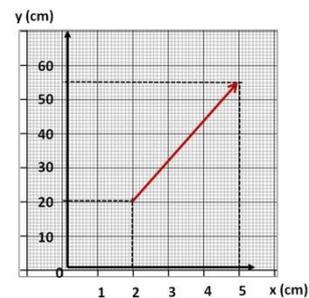


ACTIVIDADES PARA PRACTICAR

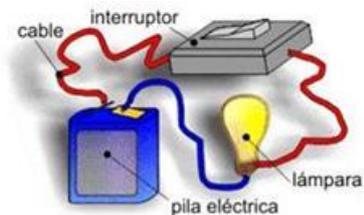
- 1.- Explica la diferencia entre una hipótesis científica y una ley científica.
- 2.- Teniendo en cuenta las distintas etapas del método científico, explica razonadamente los pasos que se tienen que dar para establecer las leyes científicas.
- 3.- Define los siguientes conceptos: magnitud escalar, hipótesis científica, medir, magnitud, medida directa, experimentación, variable independiente, magnitud derivada, magnitud vectorial, ley científica, variable dependiente y vector.

- 4.-a) Explica la diferencia entre una magnitud escalar y una magnitud vectorial.
- b) Clasifica las siguientes magnitudes en escalares o vectoriales: masa, velocidad, fuerza, temperatura, superficie, tiempo, trabajo, aceleración, densidad, peso y volumen.
- c) Define los siguientes elementos de un vector: origen, extremo, módulo, dirección y sentido.

d) En la figura de la derecha aparece un vector que representa un desplazamiento. Indica claramente los siguientes elementos de dicho vector: su origen, su extremo, su módulo, su dirección y su sentido (para indicar la dirección y el sentido calcula el ángulo que forma el vector con la horizontal).



5.- Supón que, con un montaje experimental como este, utilizamos un generador (fuente de alimentación) que nos permite elegir diferentes voltajes o tensiones y, modificando estos valores, nos dedicamos a medir la intensidad de corriente que circula por el circuito en cada caso. Los valores obtenidos fueron los siguientes:



V, tensión o voltaje (v)	10	20	50	120
I, intensidad (A)	0,4	0,8	2,0	4,8

Indica:

- a) En este experimento, ¿cuál es la variable independiente? ¿Por qué?
- b) ¿Cuál será la variable dependiente? ¿Por qué?
- c) Representa gráficamente los datos obtenidos colocando, en este caso, la tensión o voltaje en el eje vertical (eje de ordenadas) y la intensidad en el eje horizontal (eje de abscisas).
- d) Calcula la pendiente de la recta que has obtenido y halla la ecuación de dicha recta (recuerda la forma de la ecuación general de una recta que pasa por el origen del sistema de coordenadas: $y = mx$, donde m representa la pendiente de la recta).
- e) Compara la fórmula que has obtenido para la recta representada con la fórmula de la ley de Ohm. ¿Qué conclusión podemos obtener acerca de la resistencia en este circuito?
- f) Calcula y determina gráficamente la intensidad de corriente que circularía por este circuito si la tensión o voltaje suministrado por el generador fuera de 80 v.



- g) ¿Podrías indicar la tensión o voltaje que habría que suministrar al circuito para que circule por él una intensidad de corriente de 6 A?

6.- En la siguiente tabla de datos se indican valores de distintas presiones (expresados en atmósferas, atm) y sus correspondientes valores de temperatura (en kelvin, K), medidos para una sustancia gaseosa en un recipiente a volumen constante.

Presión, P (atm)	4,1	8,2	16,4	32,8
Temperatura, T (K)	50	100	200	400

- Representa gráficamente estos datos (representa en el eje horizontal (eje de abscisas) la temperatura y en el eje vertical (eje de ordenadas) la presión).
- Como puedes observar en tu gráfica, existe una relación lineal entre ambas magnitudes. Halla la ecuación que representa dicha relación entre P y T (recuerda la forma de la ecuación general de una recta que pasa por el origen del sistema de coordenadas: $y = mx$, donde m representa la pendiente de la recta).
- Calcula, a partir de la ecuación que has obtenido, qué presión ejercería el gas a una temperatura de 7 °C y comprueba este resultado sobre la gráfica (señálalo claramente).
- ¿A qué temperatura la presión del gas se anula? Exprésala en la escala centígrada. ¿Crees que serían posibles temperaturas inferiores a este valor? Razona tu respuesta.

7.- Halla la ecuación de dimensiones del trabajo (W), sabiendo que:

$$\text{Trabajo (W)} = \text{fuerza (F)} \times \text{distancia } (\Delta x)$$

$$\text{Fuerza (F)} = \text{masa (m)} \times \text{aceleración (a)}$$

$$\text{Aceleración (a)} = \text{velocidad (v)} / \text{tiempo (t)}$$

$$\text{Velocidad (v)} = \text{distancia } (\Delta x) / \text{tiempo (t)}$$

8.- El calor y el trabajo son dos formas de energía y, por lo tanto, tienen las mismas dimensiones. El calor (Q) que se necesita para elevar la temperatura de una cierta masa (m) de una sustancia desde una temperatura inicial (T_0) hasta una temperatura final (T) se calcula usando la siguiente fórmula:

$$Q = m C_e (T - T_0)$$

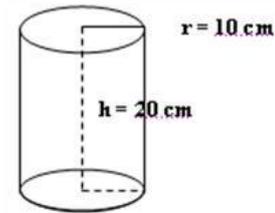
donde C_e es lo que conocemos como calor específico de dicha sustancia. Halla las dimensiones del calor específico.

9.- La ecuación del movimiento rectilíneo uniformemente variado para un móvil que parte del reposo y desde el origen del sistema referencia es $x = \frac{1}{2} a t^2$, donde x es distancia, a es aceleración y t es tiempo. Demuestra que dicha fórmula es dimensionalmente correcta (recuerda que los números no tienen dimensiones).



16.- La masa cilindro de la figura es 9750 g. Calcula su densidad y exprésala en unidades del S.I. Redondea todos los cálculos y el resultado a la centésima si es necesario.

Volumen de un cilindro = Área de la base x altura = $\pi \cdot r^2 \cdot h$
(donde r es el radio de la base del cilindro y h es su altura).



17.- Al medir la longitud de una mesa hemos obtenido los siguientes datos expresados en cm: 45,6 – 45,5 – 45,0 – 45,4 – 46,0. Calcular los errores absolutos y relativos y expresar correctamente la medida.

18.- Al medir el volumen de un sólido por el método de inmersión, con una probeta, se han obtenido los siguientes valores expresados en ml: 25,2 – 25,3 -25,5 -25,4 – 25,5. Calcular los errores absolutos y relativos y expresar correctamente la medida.

19.- Con una balanza hemos medido la masa de un cuerpo obteniendo los siguientes datos expresados en g: 15,465 – 15,468 – 15,463 – 15,461 – 15,462 – 15,464. Expresar correctamente el valor de la medida y hallar el porcentaje de error cometido.

20.- Al medir el período de un péndulo hemos obtenido los siguientes datos expresados en segundos: 1,7 – 1,2 – 1,3 – 1,4 – 1,7 – 1,8 – 1,7 – 1,5 – 1,7 – 1,2. Expresar correctamente el valor de la medida y calcular su error relativo.

21.- a) Justifica cuál de las siguientes medidas es más precisa:

a) $5,000 \pm 0,001$ g; b) $1,374 \pm 0,002$ m.

b) ¿Qué tanto por ciento de error cometemos al tomar para el valor de la gravedad 10 m/s^2 en lugar de su valor real que es $9,81 \text{ m/s}^2$?

c) Se ha medido de forma aproximada la longitud de una mesa y se ha obtenido el valor de 140 cm, siendo su longitud real de 150 cm. Por otro lado, se ha medido también aproximadamente la longitud de un patio y se ha obtenido el valor de 81 m, siendo su valor real 80 m. ¿Qué error absoluto se ha cometido en cada medida? ¿Qué medida ha sido más precisa?