

Física

Magnitudes

PROYECTO DE MEJORA DE FORMACIÓN EN
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES EN LA ESCUELA SECUNDARIA

DIRECCIÓN DE PLANEAMIENTO ACADÉMICO
SEMINARIO UNIVERSITARIO



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA



CONTENIDO

MAGNITUDES FÍSICAS. SISTEMAS DE UNIDADES.....	3
1. Estándares y unidades	3
2. Notación científica.....	7
Cifras significativas.....	8
3. Mediciones.....	10
4. Instrumentos de medición.	11
Cualidades de los Instrumentos de medición	12
5. Incertidumbre en la medida.	13
6. Errores en las mediciones.....	14
Tipos de Errores.....	14
7. Bibliografía:	17



MAGNITUDES FÍSICAS. SISTEMAS DE UNIDADES.

Analiza cuáles de los siguientes parámetros pueden considerarse magnitud física y por qué:

- a) La velocidad
- b) La belleza
- c) La rugosidad
- d) La masa

El hombre asigna atributos significativos a las personas o a las cosas, tales como longitud, peso, belleza o patriotismo. Pero no todo atributo que se asigna a un objeto se puede medir, expresar numéricamente. Existen procedimientos bien definidos para medir la longitud o el peso, pero no para la belleza o el patriotismo.

A los atributos o, hablando con más precisión en el campo de la ciencia, a las “propiedades” que son susceptibles de medición las llamamos **magnitudes**. Ejemplos de magnitudes físicas son el tiempo, el volumen, la temperatura, la fuerza.

La Física requiere de la medición de las propiedades asignadas a los cuerpos ya que la experimentación hace a la esencia de la investigación científica sobre el mundo natural, es la estrategia utilizada para construir conocimiento válido. La medición requiere del uso de instrumentos y de la aplicación de procedimientos especialmente diseñados. Así, por ejemplo, el termómetro se utiliza para medir temperaturas y el calibre para medir pequeñas longitudes.

Como resultado de la operación o proceso que llamamos medir, obtenemos un número que, junto con el nombre de la unidad utilizada, expresa el valor de la cantidad que se ha medido. Así, por ejemplo, si medimos una distancia con una regla podremos expresar el resultado como 1,2 cm.

Existen sucesos que pueden describirse indicando sólo las medidas y las unidades correspondientes de las magnitudes que están involucradas en él, por ejemplo: el tiempo, la temperatura, la masa, etc. **Este tipo de magnitudes se denominan escalares.**

Hay otras magnitudes como la velocidad, la fuerza, etc., que necesitan que se detalle más cosas para que queden bien identificadas. **Estas magnitudes son las vectoriales.**

1. ESTÁNDARES Y UNIDADES

Al medir una cantidad, siempre la comparamos con un estándar de referencia. Si decimos que un Porsche Carrera GT tiene una longitud de 4,61 m, queremos decir que es 4,61 veces más largo que una vara de metro, que por definición tiene 1 m de largo. Dicho estándar define una **unidad** de la cantidad. El metro es una unidad de distancia; y el segundo, de tiempo. Al describir una cantidad física con un número, siempre debemos especificar la unidad empleada; describir una distancia simplemente como “4,61” no tendría significado.

Las mediciones exactas y confiables requieren unidades inmutables que los observadores puedan volver a utilizar en distintos lugares. El sistema de unidades empleado por los científicos e ingenieros en todo el mundo se denomina comúnmente “sistema métrico” aunque, desde 1960, su nombre oficial es **Sistema Internacional**, o **SI**.



“Un Sistema de Unidades es un conjunto de unidades de medida, en el que unas pocas se eligen como fundamentales y las demás se derivan a partir de las fundamentales”.

El **sistema de unidades SI** es el estándar que se utiliza para el trabajo científico en todo el mundo. Las unidades básicas del sistema SI están dadas en la tabla 1.1.

Las primeras letras de las cuatro unidades básicas proporcionan otro nombre que se utiliza en forma común para el sistema SI: el sistema MKSA o MKS.

Las definiciones actuales de las tres unidades básicas son como sigue:

- 1 metro (m) es la distancia que recorre un rayo de luz en el vacío en $1/299\,792\,458$ de segundo. Originalmente, el metro se relacionaba al tamaño de la Tierra.
- 1 kilogramo (kg) se define como la masa del prototipo internacional del kilogramo. Este prototipo, que se muestra en su elaborado contenedor de almacenamiento en la figura 1.3, se conserva en las afueras de París, Francia, en condiciones ambientales cuidadosamente controladas.
- 1 segundo (s) es el intervalo de tiempo durante el cual ocurren 9 192 631 770 oscilaciones de la onda electromagnética que corresponde a la transición entre dos estados específicos del átomo de cesio-133. Hasta 1967, el estándar para el segundo era $1/86\,400$ de un día solar medio. Sin embargo, la definición atómica es más precisa y reproducible con mayor confiabilidad.



Figura 1.3: Prototipo del kilogramo, almacenado cerca de París, Francia.

Las unidades para todas las demás cantidades físicas se pueden derivar de las siete unidades básicas de la tabla 1.1. Por ejemplo, la unidad de área es m^2 . Las unidades de volumen y densidad de masa son m^3 y kg/m^3 , respectivamente. Las unidades de velocidad y aceleración son m/s y m/s^2 , respectivamente. Algunas unidades derivadas se usaban con tanta frecuencia que resultó conveniente darles sus propios nombres y símbolos. A menudo, el nombre es el de un físico famoso, como por ejemplo la unidad de fuerza, el Newton ($\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$).

Tabla 1.1

Nombres y abreviaturas de unidades para las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades SI

Unidad	Abreviatura	Unidad básica para
metro	m	longitud
kilogramo	kg	masa
segundo	s	tiempo
ampere	A	corriente
kelvin	K	temperatura
mol	mol	cantidad de sustancia
candela	cd	intensidad luminosa



Puede obtener múltiplos en el SI reconocidos de las unidades básicas y unidades derivadas multiplicándolas por diferentes factores de 10. Estos factores tienen abreviaciones en letras universalmente aceptadas que se usan como prefijos, que se muestran en la tabla 1.3. Por ejemplo, el uso de prefijos estándar (factores de 10) facilita determinar cuántos centímetros (cm) se encuentran en un kilómetro (km):

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = 10^3 \text{ m} \cdot (10^2 \text{ cm/m}) = 10^5 \text{ cm}.$$

En comparación, observe lo tedioso que es calcular cuantas pulgadas hay en una milla:

$$1 \text{ milla} = (5.280 \text{ pies/milla}) \cdot (12 \text{ pulgadas/pie}) = 63.360 \text{ pulgadas}.$$

Como puede ver, no solo tiene que memorizar factores particulares de conversión en el sistema inglés, sino, además, los cálculos se vuelven más complicados. Para hacer cálculos en el sistema SI, solo tiene que saber los prefijos estándar que se muestran en la tabla 1.3 y como sumar o restar enteros en las potencias de 10.

El sistema internacional de unidades se adoptó en 1799, y ahora se usa diariamente en casi todos los países del mundo, con la notable excepción de Estados Unidos. En ese país compran leche y gasolina en galones, no en litros. Sus automóviles muestran la velocidad en millas por hora y no en metros por segundo. Cuando van a la maderera, compran una medición de la madera de dos por cuatro (en realidad 1.5 pulgadas por 3.5 pulgadas, pero esa es otra historia).

El uso de potencias de 10 no es por completo coherente, incluso dentro del propio sistema SI. La notable excepción la constituyen las unidades de tiempo, que no son factores de 10 por la unidad básica (segundo):

- 365 días para un año,
- un día tiene 24 horas,
- una hora contiene 60 minutos, y
- un minuto consiste de 60 segundos.

Los pioneros del sistema métrico trataron de establecer un conjunto por completo coherente de unidades métricas de tiempo; pero estos intentos fallaron. La naturaleza no exactamente métrica de las unidades de tiempo se extiende a algunas unidades deducidas. Por ejemplo, un velocímetro de un sedán europeo no muestra la velocidad en metros por segundo, sino en kilómetros por hora.

Tabla 1.3 Prefijos estándar en el SI

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10^{24}	yota-	Y	10^{-24}	yocto-	y
10^{21}	zeta-	Z	10^{-21}	zepto-	z
10^{18}	exa-	E	10^{-18}	atto-	a
10^{15}	peta-	P	10^{-15}	femto-	f
10^{12}	tera-	T	10^{-12}	pico-	p
10^9	giga-	G	10^{-9}	nano-	n
10^6	mega-	M	10^{-6}	micro-	μ
10^3	kilo-	k	10^{-3}	milli-	m
10^2	hecto-	h	10^{-2}	centi-	c
10^1	deca-	da	10^{-1}	deci-	d



El **sistema cegesimal de unidades**, también llamado **sistema CGS**, es un sistema de unidades basado en el centímetro, el gramo y el segundo. Su nombre es el acrónimo de estas tres unidades.

El sistema CGS ha sido casi totalmente reemplazado por el Sistema Internacional de Unidades. Sin embargo, aún perdura su utilización en algunos campos científicos y técnicos muy concretos, con resultados ventajosos en algunos contextos. Así, muchas de las fórmulas del electromagnetismo presentan una forma más sencilla cuando se las expresa en unidades CGS.

La Oficina Internacional de Pesos y Medidas, reguladora del Sistema Internacional de Unidades, valora y reconoce estos hechos e incluye en sus boletines referencias y equivalencias de algunas unidades electromagnéticas del sistema CGS gaussiano, aunque desaconseja su uso.

El **sistema inglés de unidades o sistema imperial (Técnico)**, es aún usado ampliamente en los Estados Unidos de América y, cada vez en menor medida, en algunos países con tradición británica. Debido a la intensa relación comercial que tiene nuestro país con los EUA, existen aún en Argentina muchos productos fabricados con especificaciones en este sistema. Ejemplos de ello son los productos de madera, tornillería, cables conductores y perfiles metálicos. Algunos instrumentos como los medidores de presión para neumáticos de automotores y otros tipos de manómetros frecuentemente emplean escalas en el sistema inglés.

Conversión de unidades

A veces debe convertir unidades de un sistema de medición a otro o convertir dentro de un sistema (por ejemplo, de kilómetros a metros). Las igualdades entre unidades de longitud del SI y las usuales estadounidenses son las siguientes:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mil} &= 1\,609 \text{ m} = 1,609 \text{ km} & 1 \text{ ft} &= 0,3048 \text{ m} = 30,48 \text{ cm} \\ 1 \text{ m} &= 39,37 \text{ pulg} = 3,281 \text{ ft} & 1 \text{ pulg} &= 0,0254 \text{ m} = 2,54 \text{ cm (exactamente)} \end{aligned}$$

Como las dimensiones, las unidades se manipulan como cantidades algebraicas que se cancelan mutuamente. Por ejemplo, suponga que desea convertir 15,0 in (pulg) a centímetros.

Puesto que 1 in se define como exactamente 2,54 cm, encuentre que

$$15,0 \text{ pulg} = (15,0 \text{ pulg}) \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right) = 38,1 \text{ cm}$$

donde la relación entre paréntesis es igual a 1. Se debe colocar la unidad “pulgada” en el denominador de modo que se cancele con la unidad en la cantidad original. La unidad restante es el centímetro, el resultado deseado.

Ejemplo

En la autopista Rosario-Buenos Aires, una automóvil viaja con una rapidez de 38,0 m/s. ¿El conductor rebasa el límite de velocidad de 120 km/h?

Solución

De la rapidez m/s convierta a Km:



$$38,0 \text{ m/s} = \left(38,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}\right) = 0,038 \text{ km/s}$$

Ahora convierta segundos en horas:

$$0,038 \text{ km/s} = \left(0,038 \frac{\text{km}}{\text{s}}\right) \left(\frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right) = 136,8 \text{ km/h}$$

En efecto, el conductor rebasó el límite de velocidad y debe reducirla.

Trabajo con Números

Los científicos han establecido reglas lógicas sobre la manera de comunicar entre ellos información cuantitativa. Por ejemplo, si quiere reportar el resultado de una medición de la distancia entre dos ciudades, su propio peso o la duración de una conferencia, tiene que especificar este resultado en múltiplos de una unidad estándar. Por lo tanto, **una medición es la combinación de un número y una unidad**.

A primera vista, escribir números no parece muy difícil. No obstante, en física, tenemos que lidiar con dos complicaciones: cómo manejar números muy grandes o muy pequeños, y como especificar la precisión.

2. NOTACIÓN CIENTÍFICA

Si quiere reportar un número muy grande, resulta tedioso escribirlo. Por ejemplo, el cuerpo humano contiene casi 7.000.000.000.000.000.000.000.000 átomos. Si utiliza este número con frecuencia, seguro que le gustaría tener una notación más compacta para él. Esto es exactamente lo que es la **notación científica**.

La Notación Científica nos permite expresar cualquier número como el producto de otro número entre 1 y 10 multiplicado por una potencia entera de 10.

Para que un número esté correctamente expresado en notación científica tiene que cumplir tres condiciones:

- La primera es que tenga este formato: **M x 10^N**
- La segunda, es que la **M (Mantisa)** sea un número entre 1 y 10 (entero o con fracción decimal). Puede ser (1) pero NO puede ser (10).
- La tercera que el exponente **N** sea un entero positivo (+) o un entero negativo (-).

En tal caso, el número de átomos en el cuerpo humano se puede escribir en forma compacta como 7×10^{27} , donde 7 es la mantisa y 27 es el exponente.

Otra ventaja de la notación científica es que facilita la multiplicación y la división de números grandes. Para multiplicar dos números en notación científica, multiplicamos sus mantisas y después sumamos los exponentes. Por ejemplo, si quisiéramos estimar cuantos átomos contiene el cuerpo de todos los habitantes de la Tierra, podríamos hacer este cálculo con relativa facilidad. La Tierra tiene aproximadamente 7 mil millones ($= 7 \times 10^9$) de seres humanos. Todo lo que tenemos que hacer para hallar la respuesta es multiplicar 7×10^{27} por 7×10^9 . Hacemos esto multiplicando las dos mantisas y sumando los exponentes:

$$(7 \times 10^{27}) \cdot (7 \times 10^9) = (7 \cdot 7) \times 10^{27+9} = 49 \times 10^{36} = 4,9 \times 10^{37}$$

La división con notación científica es igualmente sencilla: si deseamos calcular A / B , dividimos la mantisa de A entre la de B y restamos el exponente de B del de A .



Más ejemplos:

$$\begin{aligned}5.000 &= 5 \times 10^3 \\84.000 &= 8,4 \times 10^4 \\0,006 &= 6 \times 10^{-3} \\0,00009 &= 9 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

$5\underbrace{000} = 5 \times 10^3$ <p>3 LUGARES A LA IZQUIERDA = EXPONENTE +3</p>
$0.\underbrace{006} = 6 \times 10^{-3}$ <p>3 LUGARES A LA DERECHA = EXPONENTE -3</p>

Observa que el exponente indica los espacios que mueves el punto decimal hasta colocarlo enseguida del primer dígito diferente de cero, si lo mueves a la izquierda el exponente es positivo, si lo mueves a la derecha es negativo.

Los números con potencias de 10 que no están en notación científica se pueden convertir a ella con las reglas de recorrido del punto.

Ejemplos:

$$53,2 \times 10^5 = 5,32 \times 10^6$$

(El punto se recorre un lugar a la izquierda, al exponente se le suma 1)

$$28.400 \times 10^{-6} = 2,84 \times 10^{-2}$$

(El punto se recorre 4 lugares a la izquierda, al exponente se le suma 4)

$$0,0000067 \times 10^4 = 6,7 \times 10^{-2}$$

(El punto se recorre 6 lugares a la derecha, al exponente se le resta 6)

$$0,000749 \times 10^{-5} = 7,49 \times 10^{-9}$$

(El punto se recorre 4 lugares a la derecha, al exponente se le resta 4)

Cifras significativas

Cuando especificamos el número de átomos en el cuerpo humano promedio como 7×10^{27} , intentamos indicar que sabemos que es por lo menos $6,5 \times 10^{27}$ pero menor que $7,5 \times 10^{27}$. De cualquier modo, si hubiéramos escrito $7,0 \times 10^{27}$, habríamos implicado que sabíamos que el verdadero número está en algún lugar entre $6,95 \times 10^{27}$ y $7,05 \times 10^{27}$. Esta aseveración es más precisa que la anterior.

Como regla general, el número de dígitos que escribe en la mantisa específica que tan preciso declara conocerla. Cuantos más dígitos se especifican, se implica mayor precisión (vea a figura 1.2).

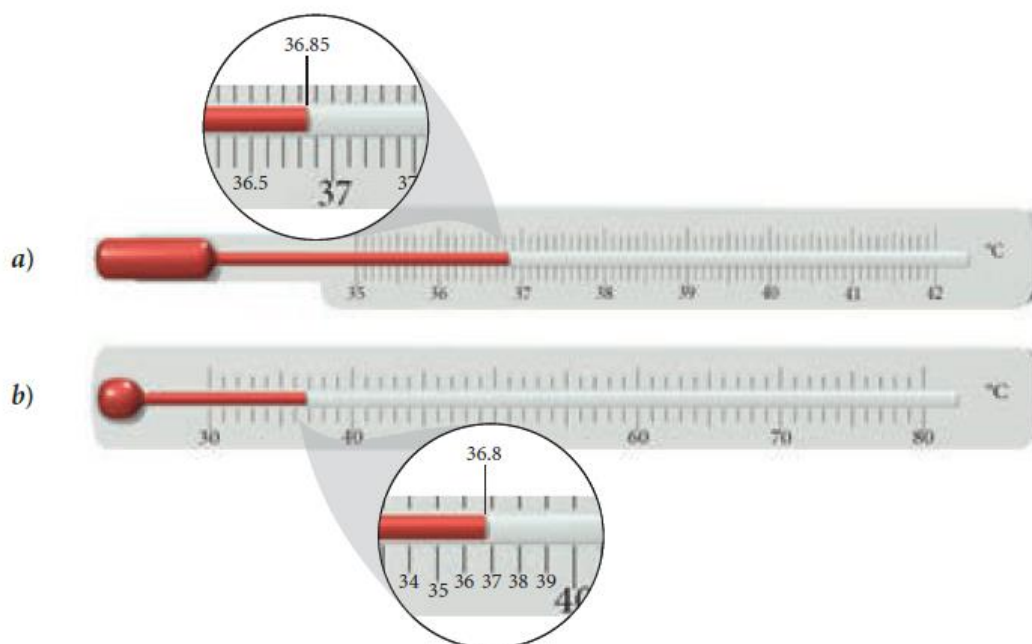


FIGURA 1.2 Dos termómetros miden la misma temperatura. *a)* El termómetro está marcado en décimas de grado y se pueden leer hasta cuatro cifras significativas (36.85 °C); *b)* El termómetro está marcado en grados, de modo que sólo se pueden leer hasta tres cifras significativas (36.8 °C).

El número de dígitos en la mantisa se llama número de **cifras significativas**. He aquí algunas reglas sobre el uso de cifras significativas, en cada caso seguido por un ejemplo.

- El número de cifras significativas es el número de dígitos conocido de manera confiable. Por ejemplo, 1,62 tiene 3 cifras significativas; 1,6 tiene 2 cifras significativas.
- Si da un número como un entero, lo especifica con precisión infinita. Por ejemplo, si alguien dice que tiene 3 hijos, significa exactamente 3, ni más ni menos.
- Los ceros precedentes no cuentan como cifras significativas. El número 1,62 tiene el mismo número de cifras significativas que 0,00162. Hay tres cifras significativas en ambos números. Comenzamos a contar cifras significativas desde la izquierda, con el primer dígito que no sea cero.
- Por otra parte, los ceros posteriores, si cuentan como cifras significativas. El número 1,620 tiene cuatro cifras significativas. *¡Escribir un cero posterior implica mayor precisión!*
- Los números en notación científica tienen tantas cifras significativas como su mantisa. Por ejemplo, el número $9,11 \times 10^{-31}$ tiene tres cifras significativas porque estas son las que tiene la mantisa (9,11). La magnitud del exponente no tiene ninguna influencia.
- Usted nunca puede tener más cifras significativas en un resultado que aquellas con las que comenzó en cualquiera de los factores de una multiplicación o división. Por ejemplo, $1,23/3,4461$ no es igual a 0,3569252. Es posible que su calculadora le de esta respuesta; pero las calculadoras no muestran de manera automática el número correcto de cifras significativas. En vez de esto, obtendrá $1,23/3,4461 = 0,357$. Tiene



que redondear el resultado de una calculadora hasta el número correcto de cifras significativas, en este caso tres, que es el número de cifras significativas en el numerador.

- Usted puede sumar o restar cuando hay cifras significativas para esa posición en cada número. Por ejemplo, $1,23 + 3,4461 = 4,68$, y no $4,6761$ como podría pensar. En especial, esta regla requiere algo de tiempo para acostumbrarse.

Para terminar esta explicación de cifras significativas, reconsideremos el número total de átomos contenidos en los cuerpos de todos los seres humanos de la Tierra. Comenzamos con dos cantidades que se dieron con solo una cifra significativa. Por lo tanto, el resultado de la multiplicación necesita redondearse de manera adecuada hasta una cifra significativa. En tal caso, el número combinado de átomos en todos los cuerpos humanos se expresa de forma correcta como 5×10^{37} .

Evalúe su comprensión

La densidad de un material es igual a su masa dividida entre su volumen. ¿Qué densidad (en kg/m^3) tiene una piedra de masa $1,80 \text{ kg}$ y de volumen $6,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$?

i) $3 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$; ii) $3,0 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$; iii) $3,00 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$; iv) $3,000 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$; v) cualquiera de estas, todas las respuestas son matemáticamente equivalentes.

Redondeo de cifras.

- Cuando la cifra eliminada sea mayor que 5 la cifra retenida se incrementa en 1.
3,56 redondeado a 2 cifras significativas es 3,6
- Cuando la cifra eliminada es menor que 5 la cifra retenida no varía.
3,33 redondeado a 2 cifras significativas es 3,3
- Si la cifra eliminada es igual a 5, seguida únicamente de ceros o sin ceros, si la cifra retenida es impar se aumenta en 1, si la cifra retenida es par o cero permanece, no varía.
3,250000 redondeado a 2 cifras significativas es 3,2
4,3500000 redondeado a 2 cifras significativas es 4,4
- 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.

3. MEDICIONES

En nuestras actividades cotidianas, o en las que se realizan en la industria o la investigación, siempre buscamos realizar las mediciones con cuidado, procurando que los instrumentos o aparatos empleados estén calibrados y proporcionen resultados confiables.

Pero ¿Qué es Medir?... **Medir** es comparar una cantidad desconocida que queremos determinar y una cantidad conocida de la misma magnitud, que elegimos como unidad, teniendo como punto de referencia dos cosas:

- Un objeto (lo que se quiere medir)
- Una unidad de medida ya establecida ya sea en el Sistema Inglés o el Sistema Internacional de Unidades, por ejemplo.

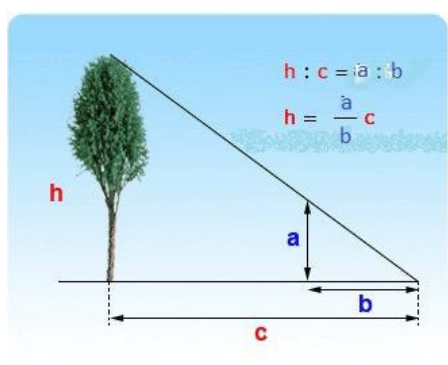


Al resultado de medir lo llamamos Medida.

Por la manera de efectuar las mediciones, pueden ser de dos tipos:

Mediciones directas. Son las que se obtienen directamente de las distintas escalas de los instrumentos de medición. Por ejemplo, cuando medimos una longitud con un metro, la temperatura con un termómetro, la velocidad con un velocímetro, o el espesor de una moneda utilizando el calibrador vernier o palmer etc.

Mediciones indirectas. Son aquellas en las que el resultado deseado no lo obtenemos directamente de las lecturas realizadas con los instrumentos utilizados, sino que es necesario emplear los datos obtenidos para hallar la cantidad deseada mediante algunos cálculos.



Por Ejemplo: Para medir la altura de un árbol se relaciona dos triángulos:

Donde la altura $h = \frac{a}{b} \cdot c$

La base y la altura del triángulo menor y la base del triángulo mayor son mediciones directas pero la altura del triángulo mayor es una medición indirecta.

4. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Un instrumento de medición es un aparato que nos permite medir en forma apropiada una cantidad física. Hay una gran variedad de ellos y es recomendable utilizar uno que se ajuste perfectamente a nuestra necesidad, por ejemplo: si vamos a medir longitudes podemos utilizar una cinta métrica, fluxómetro o regla, pero si deseamos medir el espesor de una moneda, lo indicado es utilizar un vernier o un calibre palmer, etc.

Los instrumentos analógicos y los digitales se utilizan para realizar medidas directas.

Instrumentos analógicos Los instrumentos analógicos suelen tener una escala con divisiones frente a la que se mueve una aguja. La aguja pasa frente a los infinitos puntos de la escala. Al alcanzar el valor que mide el aparato la aguja se detiene en un punto que puede coincidir más o menos con una división de la escala. Esa división es la que leemos nosotros en el acto de la medida directa. Para expresar correctamente el valor medido debemos fijarnos en la sensibilidad de la escala y tener en cuenta los factores que puedan estar modificando la lectura.

En los **instrumentos digitales** el número que representa el valor de la medida aparece representado por unas cifras visibles directamente en la pantalla. El cálculo del valor se realiza por un procedimiento electrónico y se muestra en el cristal de la pantalla.

Se cometen errores al medir tanto con los aparatos analógicos como con los digitales.



Los instrumentos digitales, por la generalización de la electrónica, se imponen cada vez más. Al medir con ellos debemos conocer la incertidumbre con que nos ofrecen sus dígitos. Observa en la foto de la balanza digital la desviación (incertidumbre) que debemos tomar en medias de hasta 0-50 g es de 0,1g; mientras que de 50 – 100g es de 0,2g.



Cualidades de los Instrumentos de medición

Rapidez: Un instrumento de medida es rápido si necesita poco tiempo para su calibración antes de empezar a medir y si la aguja o cursor alcanza pronto el reposo frente a un valor de la escala cuando lanzamos la medida. O sea, la aguja no oscila durante mucho tiempo.

Sensibilidad: Un instrumento de medida es tanto más sensible cuanto más pequeña sea la cantidad que puede medir. Una balanza que aprecia mg es más sensible que otra que aprecia gramos.

El umbral de sensibilidad de cada aparato de medida es el valor que corresponde a la menor división de su escala (es la resolución del aparato). En los aparatos digitales la especifica el fabricante en la carcasa del aparato o en el libro de instrucciones.

Fidelidad: Un aparato es fiel si reproduce siempre el mismo valor, o valores muy próximos, cuando medimos la misma cantidad en las mismas condiciones. Con un aparato fiel podemos obtener medidas totalmente incorrectas si está mal calibrado o procedemos mal.

Precisión: Un aparato es preciso si los errores absolutos (desviación de lo que mide del "valor verdadero") que se producen al usarlo son mínimos. El valor que da en cada medida se desvía muy poco del "valor verdadero".

La precisión de un aparato analógico electrónico (voltímetro, etc.) la indica el fabricante para cada rango de medida. La precisión define la "clase del instrumento" y está indicada en error relativo absoluto (porcentual absoluto) referido al valor máximo de la escala y especificado para cada rango o escala. El valor de la precisión la facilita el fabricante del instrumento.

Ejemplo de Precisión y fidelidad

Precisión de dos aparatos de igual sensibilidad cuando se realizan varias medidas.

Si realizamos 5 medidas con dos balanzas de la misma sensibilidad, que aprecian cg, será más precisa la que de menor dispersión de medidas.



Ejemplo de cálculo de la imprecisión de las medidas (E_a) obtenidas con las dos balanzas de la misma sensibilidad (centigramos).

	Valores Medidos						E_a
Balanza 1 (g)	25,55	25,56	25,54	25,57	25,53	25,55	0,01
Balanza 2 (g)	25,55	25,59	25,51	25,58	25,52	25,55	0,03

Las dos balanzas dan como medida 25,55 g (media aritmética) pero la precisión de la primera es mayor y nos asegura que el valor verdadero está comprendido entre 25,54 g y 25,56 g. La otra balanza nos lo asegura entre 25,52 g y 25,58 g (mayor dispersión). Esta segunda balanza es menos fiel y da una dispersión mayor de las medidas. Aunque el valor medio en los dos casos es el mismo la primera es más fiel y más precisa.

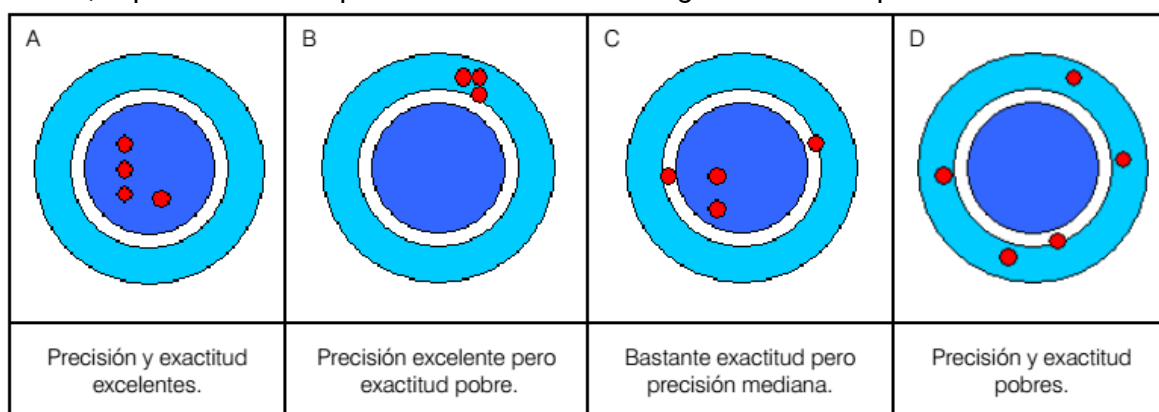
El instrumento que permite obtener las medidas con menor imprecisión es el más preciso.

Ejemplo de Exactitud y Precisión.

Exactitud: es la capacidad de un instrumento para medir un valor cercano a la magnitud real.

Precisión: es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

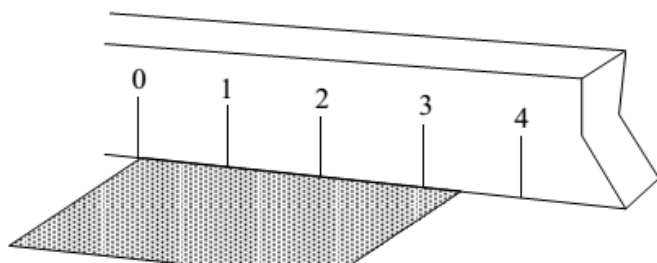
Es comparable al tiro al blanco con arco y flecha. La exactitud consiste en llegar la flecha al centro, la precisión hace que todos los flechazos lleguen al mismo punto:



5. INCERTIDUMBRE EN LA MEDIDA.

La incertidumbre está presente en todas las mediciones. Al medir una temperatura con un termómetro, una longitud con una regla, o al pesar una carga en una balanza, por lo general no podemos obtener una medida exacta. Esto se debe a las circunstancias o condiciones que rodean a la medición.

Así, vemos que uno de los componentes de la incertidumbre viene dado por la graduación o resolución del instrumento, exactitud de los sensores, el uso correcto del aparato en condiciones favorables, etc.



¿Qué longitud tiene el objeto?

¿3.3, 3.4 o cuál?

La escala de la regla que aparece en la figura está graduada en centímetros. Usando esta escala podemos decir con certidumbre que la longitud debe estar entre 3 y 4 centímetros. Más aún, se observa que se encuentra más cerca de la marca de 3 que de la de 4 centímetros, y podemos estimar que la longitud es de 3.3 centímetros, pero no tenemos certeza.

6. ERRORES EN LAS MEDICIONES.

Por definición un error es la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero de una cantidad.

Se puede decir que:

1. Ninguna medida es exacta.
2. Toda medida tiene errores.
3. El valor verdadero de una medición nunca se conoce.
4. El error exacto que se encuentra en cualquier medida, siempre será desconocido.

Causas de los Errores.

- Errores Naturales. Son causados por efectos naturales: Viento, temperatura, humedad, presión atmosférica, refracción atmosférica, gravedad, declinación magnética.
- Errores Instrumentales. Estos se deben a las imperfecciones en la construcción o ajuste de los instrumentos, estos errores se pueden reducir o eliminarse adoptando procedimientos topográficos adecuados.
- Errores Personales. Tienen su origen principalmente en las limitaciones propias de los sentidos humanos, vista, tacto, oído, etc.

Tipos de Errores.

- Sistemáticos.

Resultan de factores que comprenden el medio ambiente, los instrumentos y el observador. Siempre que las condiciones se mantengan constantes, los errores sistemáticos se mantendrán constantes. Se deben a leyes físicas, que se pueden representar matemáticamente, es posible calcular una corrección y aplicarles a los valores.

Ejemplo: Una cinta de acero para medir de 30 m se calibra y se encuentra una deformación de 0,010m de exceso. Esto significa que cada vez que se mida una distancia



de 30 m, se cometerá el error de 0,010 m, el cual aumentará la medida, pero como conocemos el error, se podrá corregir la medición.

- Aleatorios.

Son errores que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos, son ocasionados por factores fuera de control del observador, obedecen a las leyes de la probabilidad. Los errores aleatorios son consecuencia del azar. No existe una manera absoluta de eliminarlos, pero se pueden minimizar.

Errores en las medidas directas.

Error absoluto.

Es la diferencia entre el valor que se ha medido de una magnitud y el valor real. Obtenemos el error absoluto al considerar, por ejemplo; 3,5 m como longitud de un terreno que mide realmente 3,59 m. El error absoluto es:

$$E_a = |3,5 - 3,59| = 0,09 \text{ m}$$

En muchas ocasiones, para acercarnos al valor real, se tiene que repetir muchas veces una medición y obtener la media aritmética o promedio de las mediciones, ya que el valor promedio de las mediciones es el valor representativo y más probable de dicho conjunto de mediciones. En estos casos, el error absoluto será la diferencia entre la medición (M) y la media aritmética de las mediciones (m), que se considerará como exacta:

$$E_a = |M - m|$$

Error relativo.

Es la relación que existe entre el error absoluto y la magnitud real, es adimensional (no tiene unidades), y suele expresarse en porcentaje.

Para el ejemplo anterior, el error relativo es:

$$E_r = (0,09 / 3,59) \times 100 = 2,5 \% \text{ de error}$$

Ejemplo 1. Utilizando una cinta métrica se midió el largo de la cancha de básquetbol y la medida obtenida fue de 26,8 m, aunque se sabe que la medida exacta es de 26,0 m. Determinar:

- a) El error absoluto $26,8\text{m} - 26,0\text{m} = 0,8\text{m}$
- b) El error relativo $0,8\text{m} / 26,0\text{m} = 0,03076$
(El error porcentual = $0,03076 \times 100 = 3,076 \%$)

Ejemplo 2. Los seis integrantes de un equipo de trabajo miden manualmente la longitud a lo largo del laboratorio escolar y obtienen los siguientes datos:

1. 10,57 m
2. 10,58 m
3. 10,54 m
4. 10,53 m
5. 10,59 m
6. 10,57 m

Calcular:



- a) El valor promedio de las mediciones.
- b) El error absoluto o desviación absoluta de cada medición.
- c) El error relativo de cada medición.
- d) El error porcentual de cada medición.

Solución:

a) El valor promedio = suma de todas las mediciones / número de mediciones realizadas = $63.38 \text{ m} / 6$

Valor promedio = 10,5633 m

Como las mediciones sólo tienen cuatro cifras significativas, el valor promedio lo redondeamos a 10,56 m

b) El error absoluto es la diferencia de cada medida con el valor promedio.

E_a = valor medido – valor promedio. Los resultados los pondremos en una tabla al final.

c) El error relativo es el error absoluto de cada medición dividido por el valor promedio.

E_r = error absoluto / valor promedio. Los resultados los pondremos en la misma tabla del final.

d) El error porcentual no es más que el error relativo multiplicado por cien.

E_p = error relativo X 100. Los resultados los pondremos en la misma tabla del final.

MEDICIÓN	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	ERROR PORCENTUAL
PROMEDIO = 10.56	(MEDICIÓN – PROMEDIO)	(ERROR ABSOLUTO / PROMEDIO)	ERROR RELATIVO X 100
10.57	0.01	0.0009470	0.09470
10.58	0.02	0.0018939	0.18939
10.54	0.02	0.0018939	0.18939
10.53	0.03	0.0028409	0.28409
10.59	0.03	0.0028409	0.28409
10.57	0.01	0.0009470	0.09470



7. BIBLIOGRAFÍA:

Raymond A. Serway y John W. Jewett, Jr. Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1. Séptima edición. ISBN-13: 978-607-481-357-9

YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN. Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. PEARSON EDUCACION, Mexico, 2009. ISBN: 978-607-442-288-7

Frederick J. Bueche y Eugene Hecht. Física General. Décima edición. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.