Tema 42

Educación Secundaria

TECNOLOGÍA

MEDIDA DE MAGNITUDES: INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS. EL ERROR DE MEDIDA

1.-INTRODUCCION: PROCESO DE MEDIDA Y TIPOS.

2.-MEDIDA DE MAGNITUDES BASICAS.

- 2.1.-Longitud.
  - 2.1.1.-Pie de rey o calibre.
  - 2.1.2.-Tornillos micrometricos.
  - 2.1.3.-Esferometros.
  - 2.1.4.-Patrones calibradores.
  - 2.1.5.-Cadena de agrimensor.
  - 2.1.6.-Rodetes.
  - 2.1.7.-Cinta metalica.
  - 2.1.8.-Reglas y reglones.
  - 2.1.9.-Hilos y cintas de invar.
  - 2.1.10.-Geodimetro.
  - 2.1.11.-Interferometros.
  - 2.1.12.-Estadimetros.
  - 2.1.13.-Fotogrametria aerea.
  - 2.1.14.-Sensor capacitivo.
  - 2.1.15.-Sensor transformador-diferencial.
  - 2.1.16.-Medidor electro-optico.
  - 2.1.17.-Medidor nucleonico.
  - 2.1.18.-Determinacion de distancias en astronomia.
  - 2.1.19.-Instrumentos opticos.
- 2.2.-Ángulo.
  - 2.2.1.-Transportadores.
  - 2.2.2.-Goniometros.
  - 2.2.3.-Teodolito y taquimetro.
  - 2.2.4.-Brujula-teodolito.
  - 2.2.5.-Plancheta.
  - 2.2.6.-Sextante.

TEMA MUESTRA

©MELC S.A.

2.3.-Tiempo y frecuencia.
2.3.1.-Medidores astronomicos.
2.3.2.-Medidores mecanicos y electricos.
2.3.3.-Medidores atomicos.
2.3.4.-Datacion.
2.3.5.-Medida de frecuencias por via directa.
2.3.6.-Medida de frecuencias por metodos de comparacion.
2.4.-Masa y peso.
2.4.1.-Balanzas expeditas.
2.4.2.-Romana.
2.4.3.-Balanzas de laboratorio.
2.5.-Corriente electrica.
2.5.1.-Amperimetros mecanicos.
2.5.2.-Amperimetros electronicos.
2.6.-Temperatura y calor.
2.6.1.-Termometros de gas.
2.6.2.-Termometros de liquido.
2.6.3.-Termometros de solido.
2.7.-Intensidad luminosa.
2.7.1.-Medidores fotoconductores y fotovoltaicos basados en el efecto fotoelectrico.
2.7.2.-Celulas fotoelectricas y fotomultiplicadores.

3.-MEDIDA DE MAGNITUDES DERIVADAS.

3.1.-Superficies y volumenes.
3.1.1.-Planimetro.
3.1.2.-Integradores e integrafos.
3.1.3.-Fotografia aerea.
3.1.4.-Medida de volumenes.
3.2.-Velocidad y aceleracion.
3.3.-Densidad.
3.3.1.-Densidad de liquidos.
3.3.2.-Densidad de solidos.
3.4.-Fluidos.
3.4.1.-Presion.
3.4.1.1.-Manometro de liquidos.
3.4.1.2.-Manometro de deformacion de solidos.
3.4.1.3.-Manometro de peso.
3.4.1.4.-Vacuometro de ionizacion de catodo caliente.
3.4.1.5.-Vacuometro de ionizacion de catodo frio.

3.4.2.-Velocidad.
3.4.2.1.-Metodos cinematicos.
3.4.2.2.-Metodos basados en transformacion de la energia.
3.4.2.3.-Metodos termoelectricos.
3.4.3.-Flujo, gasto o caudal.
3.4.4.-Viscosidad.
3.4.5.-Tension superficial.
3.5.-Electricas y magneticas.
3.5.1.-Medida de diferencia de potencial, voltajes y fuerza electromotriz.
3.5.2.-Medida de impedancias.
3.5.3.-Potencia y gasto.
3.5.4.-Propiedades electricas de la materia.
3.5.5.-Medida de flujos y campos magneticos.
3.5.6.-Medida de propiedades magneticas de la materia.
3.6.-Radioactividad.
3.6.1.-Detectores por ionizacion.
3.6.2.-Detectores fluorescentes.
3.6.3.-Dosimetria.
3.7.-Color.
3.7.1.-Colorimetria fisica.
3.7.2.-Colorimetria quimica.
3.8.-Sonido y ruido.
3.9.-Contaminacion.
3.9.1.-Deteccion del mercurio.
3.9.2.-Deteccion de pesticidas.
3.9.3.-Ruido.
3.9.4.-Contaminacion termica por contaminantes en las capas superficiales de la atmosfera.
3.9.5.-Contaminacion de alimentos.

4.-ERRORES DE MEDIDA.

5.-RESUMEN.

6.-PROBLEMAS.

7.-BIBLIOGRAFIA.

✂ RESUMEN (Ejemplo para la Redacción del tema en la Oposición)

1.-INTRODUCCION: PROCESO DE MEDIDA Y TIPOS.

Es evidente que hoy en dia toda ciencia natural, así como cualquier rama de la tecnología, son totalmente inseparables de la medida. Más aun, existe una profunda interrelación entre los instrumentos de medida, la ciencia y la tecnología.

Así, se define la medida como la operación o conjunto de operaciones, mediante las cuales se determina cuantitativamente una magnitud física, ya sea comparándola con las magnitudes que se eligen como patrones o mediante la utilización de instrumentos calibrados. De esta manera, el resultado de la medida es un valor que nos indica la relación entre la magnitud en estudio y el patrón que se tiene como unidad; por este motivo, el símbolo numérico que expresa el resultado de la medida debe ir acompañado siempre de la unidad correspondiente, ya que si faltase esta indicación el dato numérico solo no expresaría nada.

Por la forma de hacer la medida, ésta puede ser:

a) Directa o relativa, cuando se realiza comparando los valores que han de medirse con un patrón, o su copia, de la unidad de medida.
b) Indirecta o absoluta, cuando se aplica a las magnitudes físicas que están en función de otras.
c) Con aparatos calibrados, que utiliza las propiedades de las magnitudes que vamos a medir para relacionarlas con el valor de la medida.

Existen varias formas de medición dependiendo de la medida arealizar y que son las siguientes:

- Medida con instrumentos calibrados.
- El método de sustitución, haciendo actuar sobre el aparato de medida un valor que sea homogéneo con el que pretendemos medir, y que recibe el nombre de muestra.
- Medida por oposición o método de cero. Consistente en introducir simultáneamente en un dispositivo adecuado de medida un patrón y la magnitud que queremos estudiar, de tal manera que sus efectos se anulen recíprocamente y el índice del instrumento de medida venga a ocupar la posición cero.

Al hacer una medida, además de un número y una unidad, a continuación necesitamos "algo" que nos garantice esa medida. Ese algo es el error que siempre acompaña a la medida y que analizamos en el punto 4 de este tema.

Así en este tema se pretende proporcionar una visión general del funcionamiento de los principales aparatos de medida, límites y posibilidades.

2.-MEDIDA DE MAGNITUDES BASICAS.

2.1.-LONGITUD.

En el Decreto 1.257/1974, de 25 de abril, sobre modificaciones del Sistema Internacional de Unidades denominado S.I., vigente en España por Ley 88/1967, de 8 de noviembre, se define la longitud como: "El metro es la longitud igual a 1.650.763,73 longitudes de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2_{p10} y 5_{d5} del átomo de cripton 86. Siendo su unidad el metro y su símbolo (m).

También está su definición clásica como la longitud de una barra de platino iridiado, que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas de París, y que constituye el metro patrón y, por comparación con ella, se construyen otras barras o metros, con los cuales se mide una distancia por comparación directa. Por otra parte, la definición actual de distancia es en base a la longitud de onda de la emisión de un átomo y, por tanto, a partir de métodos de interferencia o cualquier otro método se puede calcular la distancia entre dos puntos: estas medidas de distancia, realizadas a partir de la medida de otra magnitud física, se denominan medidas indirectas de distancias.

2.1.1.-PIE DE REY O CALIBRE.

Es una escala metálica, recta y que termina en uno de sus extremos en una regla biselada que casa perfectamente con la anterior, por el bisel, y que posee una abertura para hacer las lecturas de medida mediante un trazo que, cuando ambos biseles están en contacto, marca el cero de la escala. También suelen llevar dos punzones, asímismo biselados que, introducidos en el interior de una pieza de contorno cerrado, permiten obtener las medidas interiores. Aprecian, generalmente, mediante un nonio, las décimas de milímetro y su máxima amplitud está entre 10 y 15 cm.

2.1.2.-TORNILLOS MICROMETRICOS.

Constan, en general, de un bastidor metálico con un saliente de forma cilíndrica perfectamente pulído en un extremo y, en el contrario, una carcasa que contiene un tornillo de paso micrométrico, que al girar hace avanzar o retroceder a un cilindro metálico de idéntica sección que él, fijo al ya citado, y que en el punto de contacto con él casa en toda su sección. La cabeza del tornillo va provista de un trazo (fiel) y de un nonio, que enrasan con las divisiones existentes en el borde posterior de la carcasa, de tal forma que, para un giro determinado, tendremos señalado el número de milímetros, décimas y centésimas de milímetros recorridos por el cilindro móvil.

2.1.3.-ESFEROMETROS.

Muy empleado en talleres, puede medir el radio de superficies esféricas con una sensibilidad de hasta milésimas de milímetros. Se funda en la teoría de los casquetes esféricos. Consta de tres

punzones fijos, que determinan un plano, y uno móvil, situado en el interior del triángulo delimitado por los fijos y sobre su ortocentro. Así pues, apoyando los punzones fijos sobre una superficie esférica y ajustando a ella el punzón móvil tendremos delimitado un casquete esférico, por la circunferencia circunscrita a los fijos, y la altura sobre ella, dada por el punzón móvil en una escala graduada, a partir del cual se puede obtener el radio de la esfera con toda exactitud.

2.1.4.-PATRONES CALIBRADORES.

Ideados por Johansohn en 1911, son piezas de acero templado, superficie pulimentada y longitud con error menor a la milésima de milímetro. Estas piezas casan perfectamente unas con otras por simple contacto, y combinando varias de ellas se puede llegar a conseguir una amplia gama de longitudes. Las combinaciones de un juego de 110 calibradores permiten formar todas las longitudes, desde 2 a 200 mm, en escalones de una milésima de milímetro, con error máximo de 0,001 mm.

2.1.5.-CADENA DE AGRIMENSOR.

Está constituida por eslabones de hierro unidos entre sí por dos empuñaduras, una a cada extremo de la cadena.

2.1.6.-RODETES.

Usados para la medida de distancias cortas, están formados por una cinta de cáñamo o de acero unida por un extremo a un eje que, unido a una manivela plegable, facilita la recuperación de la cinta.

2.1.7.-CINTA METALICA.

Similar a la anterior, pero mucho más larga.

2.1.8.-REGLAS Y REGLONES.

Son prismas de madera dura, bien curada y barnizada.

2.1.9.-HILOS Y CINTAS DE INVAR.

Se utilizan para medias de gran precisión. El invar es una aleación de hierro y níquel, en un 36%, cuya propiedad es poseer un coeficiente de dilatación muy pequeño. Pueden alcanzarse precisiones de 1:20.000, hasta superiores a la millonésima.

2.1.10.-GEODIMETRO.

Emplea luz modulada para medir las distancias por el tiempo que tarda en recorrerlas un destello luminoso. El aparato se funda en producir una luz polarizada, mediante un polarizador que tiene un giro rapidísimo del plano de polarización y un segundo polarizador que, simultáneamente, dejará salir, en cada instante, la componente de la vibración lumínica situada en un plano de polarización; así se consiguen dos máximos de luz y dos oscuros por cada revolución del primer haz polarizado. Así pues, si colocamos el aparato en un extremo de la línea a medir y un espejo en el otro, la luz volverá a ser recibida en el punto de procedencia, y conocido el desfase producido en la pulsación de la intensidad luminosa recibida, por medio de dispositivos electrónicos, obtendremos la distancia como proporcional a la velocidad de la luz. El espejo está compuesto, según las distancias a medir, por tres o siete prismas, que al reflejar la luz dispersan un poco, evitando posibles errores de dirección.

Con estos aparatos pueden obtenerse precisiones en las visuales nocturnas de hasta 1:850.000 en distancias de hasta 50 kms.

2.1.11.-INTERFEROMETROS.

Son aparatos de precisión del orden de $\pm 10^{-4}$ a 10^{-6} mm, que utilizan como patrón de medida la longitud de onda de ciertas líneas espectrales, como la línea roja del cadmio, cuya equivalencia es 1.553.164,13 longitudes de onda por metro, constituyendo ésta la nueva definición del metro patrón. Opera de la siguiente forma: se divide un haz de luz en dos haces, que se propagan por distintos caminos de longitud diferente y se encuentran al final. Cuando se unen los dos haces, las intensidades se suman o restan, dependiendo de cual sea la fase de las ondas, es decir, interfieren el uno con el otro. Esta interferencia toma la forma visual de un patrón de bandas oscuras e iluminadas llamadas franjas de interferencia. Midiendo estos anillos, se obtienen medidas muy precisas de distancias muy pequeñas.

2.1.12.-ESTADIMETROS.

La mayor parte de los anteojos utilizados en aparatos topográficos van provistos de dispositivos que les permiten medir indirectamente la distancia que los separa de los puntos a los que se dirigen las visuales. Estos anteojos reciben el nombre de diastimométricos o estadimétricos, y su fundamento es el de la estadia que a continuación se expone someramente. Supóngase que miramos una regla vertical a través de la rendija que queda entre dos listones paralelos, representados en los anteojos por dos hilos horizontales; los bordes de la rendija limitarán el campo visual y percibiremos sólo una parte de la regla de cierta longitud.

2.1.13.-FOTOGRAMETRIA AEREA.

Su fundamento es el de que si conseguimos hacer fotografías superponíbles, en partes, y orientadas perfectamente, de un terreno desde un avión, conociendo la altura a la que éste vuela

tendremos perfectamente determinado el plano de ese terreno, a la escala correspondiente, en función de la altura del aparato. Luego, con aparatos adecuados, llamados restituidores, se pueden hallar las coordenadas de los puntos que se deseen determinar sobre la misma fotografía aérea. estos métodos se han ido perfeccionando de tal forma, que utilizando películas y emulsiones sensibles a los rayos infrarrojos se consigue fotografiar con toda perfección terrenos situados bajo una espesa capa de nubes.

Hoy día, llevada la fotogrametría a los últimos ingenios espaciales, se ha conseguido, mediante fotos enviadas por satélites artificiales y restituidores complicadísimos, no sólo enlazar puntos de dos continentes distintos, sino entre la Tierra y otros planetas del sistema solar, que hasta ahora sólo era posible medir mediante sondas de eco, emisores de onda de frecuencia y longitud de onda conocida.

2.1.14.-SENSOR CAPACITIVO.

Usado en un amplio rango de máquinas de inspección automáticas en fábricas. Puede discriminar longitudes por debajo de 10^{-4} mm. Este instrumento usa las dos placas de un condensador eléctrico para medir la longitud de la pieza a comprobar. El condensador forma parte de un circuito oscilador, de tal forma que los cambios en la distancia entre las placas producen un cambio en la frecuencia de salida del oscilador. Midiendo este cambio de frecuencia, puede obtenerse el cambio de la distancia entre placas.

2.1.15.-SENSOR TRANSFORMADOR-DIFERENCIAL.

Se basa en que el acoplamiento electromagnético entre dos bobinas queda afectado por la presencia de un núcleo magnético común a una bobina. Cuando una corriente alterna está pasando por una bobina, en la otra se induce otra corriente acoplada a la primera. Este acoplamiento es muy sensible a los movimientos del núcleo, de tal modo que pueden detectarse cambios en el movimiento del núcleo de 10^{-5} mm.

2.1.16.-MEDIDOR ELECTRO-OPTICO.

Este sistema se usa, sobre todo, para medir objetos que se mueven rápidamente. Mide las dimensiones del objeto, detectando la discontinuidad óptica entre el objeto y el fondo. El sistema mide objetos entre 0,05 mm y 15 m, con una precisión del 0,2%.

2.1.17.-MEDIDOR NUCLEONICO.

En este método se envía un haz de radiación nuclear a través del objeto a medir su anchura y un detector mide la cantidad de radiación trnasmitida. Conociendo la densidad del material, puede obtenerse su espesor.

2.1.18.-DETERMINACION DE DISTANCIAS EN ASTRONOMIA.

La determinación de la distancia entre los planetas y las estrellas es el caso más claro de medida indirecta de distancias, pues no podemos realizar ninguna comparación con un patrón. en Astronomía, las distancias pueden medirse:

a) Por métodos trigonométricos, midiendo el radio de la Tierra, la distancia de la Tierra a la Luna, etc. La medida de objetos más lejanos, como las estrellas y planetas, se realiza por el método del paralelaje. Este consiste en resolver el triángulo construido por el cuerpo celeste considerado como vértice y el diámetro de la órbita terrestre como base. El diámetro de la órbita terrestre se calcula a partir de las leyes de Kepler.

b) Por eco del radar.

c) Por variaciones de las propiedades físicas de las estrellas, que se detectan básicamente por métodos fotométricos. Las primeras mediciones de distancias basadas en la intensidad luminosa de una estrella consistían símplemente en calcular los paralelajes de las estrellas a partir de fotografías y determinar las desviaciones habidas en el transcurso de un año por medio de un micrómetro, pero sólo es aplicable a una limitada cantidad de estrellas.

Un método para determinar la distancia de una estrella se basa en estimar su intensidad luminosa absoluta y medir la aparente. Si L es la velocidad a la cual se emite energía desde la superficie de una estrella o luminosidad, entonces la energía que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, a una distancia r de la estrella será:

$$f= L/4\pi r^2$$

la magnitud aparente, m, de la estrella será: $m= -2,5 \log_{10} f+n$, donde n es una constante que depende de las unidades en que se da f y de la escala que se ha elegido arbitrariamente.

La magnitud absoluta de un estrella es la magnitud aparente que tendría si estuviera situada a una distancia del Sol, de manera que las diferencias que se observen en la magnitud aparente se deben exclusivamente a diferencias intrínsecas de luminosidad.

La diferencia entre ambas magnitudes es función del cuadrado de la distancia. Así, si M es la magnitud absoluta y m la aparente de una estrella, el paralelaje P es:

$$\log P= (M-m)/s-L$$

2.1.19.-INSTRUMENTOS OPTICOS.

Cuanto más próximo esté un objeto al ojo, y, por tanto, mayor sea el ángulo que subtiende en el ojo, mayor será la imagen en la retina y, por tanto, mayor será la finura del detalle resoluble por el ojo. Sin embargo, no es posible enfocar continuamente un objeto que esté a una distancia inferior a 25 cm. Dado que la agudeza visual del ojo es apróximadamente $5\ 10^{-4}$ radianes, el menor detalle visible a simple vista es del orden de 0,1 mm. Esto es demasiado grande si se desean examinar detalles realmente finos.

La lupa o lente de aumento es básicamente un dispositivo que permite acercar un objeto al ojo a una distancia inferior a la mínima. Si se coloca una lente convergente entre el ojo y el objeto y próxima a éste se mueve el objeto hacia la lente hasta que se encuentre dentro de la distancia focal, se producirá una imagen virtual. Con objeto de ver esta imagen, el ojo ha de estar, al menos, a 25 cm de la lente y al lado opuesto que el objeto. Puesto que lo que interesa es aumentar el detalle visto en la imagen, sólo importa el aumento angular.

El microscópio óptico compuesto, consta de dos lentes, la más próxima al objeto es una lente convergente, se llama objetivo y es de una distancia focal muy corta; la más próxima al ojo se denomina ocular y es también convergente. El objeto a examinar se coloca justamente más allá del foco, de modo que se forme una imagen real intermedia a gran distancia de la lente objetivo. El ocular actúa entonces como una lupa para ver la imagen intermedia que se forma justamente detrás del foco.

Un buen microscópio tiene un sistema revólver de tres objetivos en el extremo inferior del tubo y dispone de varios oculares, que pueden introducirse en la parte superior para modificar el aumento (aumento lateral producido por el objetivo, multiplicado por el aumento angular alcanzado por el ocular: $M= 25\ cm \times L/f_\theta f_e$; siendo L la longitud óptica del instrumento, f_θ y f_e son distancias focales del objetivo y ocular), pero es inútil utilizar una combinación de un aumento total muy superior a 500. Todos los oculares llevan marcado el aumento, y los objetivos, el aumento y la apertura numérica.

Los microscópios polarizantes, interferenciales y de contraste de fase, resultan muy útiles para aplicaciones específicas en Biología, siendo sus límites de resolución menores que los del microscópio óptico.

Los microscópios electrónicos, sus lentes objetivo y ocular están formadas por electroimanes que fuerzan a seguir a los electrones un camino óptico. Los electrones se producen en un cañón electrónico y son acelerados mediante una diferencia de potencial elevada, originando así un haz de electrones monoenergético, y por tanto, monocromático. Mediante lentes electromagnéticas se obtiene un haz paralelo, que se hace incidir sobre el especimen. Los electrones difractados y transmitidos a través de la muestra dan una imagen, aumentada mediante las lentes magnéticas, sobre una placa fotográfica o una pantalla fluorescente. Dado que los electrones serían rápidamente absorbidos por el aire, ha de acerse el vacío en todo el instrumento.

2.2.-ANGULO.

2.2.1.-TRANSPORTADORES.

Son escalas sencillas para la medición de ángulos, en forma semicircular o circular, recibiendo, respectivamente, el nombre de semicírculos o círculos graduados. Existen también transportadores especiales, para uso de marinos y topógrafos, que permiten trazar rectas desde el centro del círculo en cualquier dirección. Los transportadores pueden ir graduados en grados centesimales, sexagesimales o en milésimas artilleras.

Los transportadores más perfeccionados suelen llevar, en el centro de un limbo metálico, un circulito de talco en el que se señala el centro de la graduación por una cruz filar. Alrededor de este círculo gira un brazo provisto de un nonio, que se desliza sobre el borde graduado del limbo; el eje del brazo se prolonga en una regla biselada en coincidencia con el cero del nonio. Un tornillo de presión y otro de coincidencia permiten afinar las lecturas, consiguiendo apreciar, con un aparato tan sencillo, hasta un minuto.

2.2.2.-GONIOMETROS.

Aquí se incluyen una gran cantidad de aparatos de medida. En los goniómetros de laboratorio, la posición de un lado del ángulo a medir, móvil sobre un eje giratorio y provisto de una escala angular muy exacta, permite grandes precisiones auxiliándose de nonio y micrómetros. En topografía, la medición de ángulos es el complemento indispensable en la meida de longitudes para el levantamiento de planos.

2.2.3.-TEODOLITO Y TAQUIMETRO.

Miden ángulos de todas magnitudes, con diversas precisiones, según el fín a que estén destinados. El fundamento de estos aparatos es el siguiente: si desde un punto señalado en el terreno se dirigen visuales a otros dos puntos, se originan dos tipos fundamentales de ángulos situados en un plano horizontal: ángulos acimutales, y, en un plano vertical, ángulos cenitales. Así pues, han de ir compuestos esquemáticamente por un colimador o anteojo, que tiene un movimiento de basculación alrededor de un eje horizontal y que arrastra en su movimiento un índice que señala sobre un limbo graduado fijo y vertical los ángulos cenitales. Todo el conjunto gira, a su vez, alrededor de un eje vetical, desplazando a otro índice sobre un segundo disco graduado, fijo y horizontal, sobre el que se miden los ángulos acimutales.

Así, se distinguen tres ejes fundamentales: el de la visual, o eje de colimación; el horizontal o eje de basculación y el vertical, o eje de giro del instrumento.

Los taquímetros y teodolítos que sirven para la medida indirecta de distancias, reciben el nombre de estadimétricos y van provistos de los elementos necesarios, trazos y cruz filar, en el anteojo, para estos menesteres.

2.2.4.-BRUJULA-TEODOLITO.

Existen brújulas muy perfeccionadas, utilísimas en reconocimientos y tanteos, que reciben el nombre de brújulas-teodolítos. Van provistas de anteojos y pueden apreciar el minuto centesimal.

2.2.5.-PLANCHETA.

Conocida desde hace casi 400 años, estuvo muy en boga hasta hace algún tiempo, en que ha sido desterrada por el taquímetro. Consiste, fundamentalmente, en un tablero colocado sobre un trípode y de una regla biselada unida a un anteojo colocado de tal forma que el eje de colimación del anteojo coincida, al proyectarse sobre la regla, sobre el bisel de ésta. Fijando este conjunto regla-anteojo, llamado alidada, sobre el tablero, si hacemos que el bisel de la regla pase por un punto fijo y lanzamos visuales con el anteojo a diversos puntos, señalamos sobre el tablero las líneas que delimita la regla al moverse conjuntamente con el anteojo. Después se miden los ángulos dibujados.

2.2.6.-SEXTANTE.

Muy usado en la Marina para hallar las alturas de los astros sobre el horizonte del mar, es, sin embargo, muy poco utilizado en topografía. Es un aparato que mide los ángulos naturales que forman las visuales en el espacio con los proyectados sobre un plano horizontal. Se funda en el principio según el cual cuando un rayo se refleja en dos espejos, en el plano de la sección recta, el ángulo que forma el primer rayo incidente y el último reflejado es doble del rectilíneo del diedro que forman los dos espejos.

El sextante está constituido por una armadura en forma de sector, graduada y de un radio móvil, o alidada, provisto de un nonio, que se desliza sobre el sector. En el eje de giro de la alidada va colocado un espejo perpendicular al plano del sector y en la dirección del radio. Fijo en el sector, y también perpendicular a su plano, va el segundo espejo, orientado de tal forma que queda paralelo al primero cuando el nonio marca cero. Un anteojo fijo al sector frente al segundo espejo permite ver dos imágenes superpuestas, una en visión directa y otra reflejada dos veces en ambos espejos. Vidrios ennegrecidos, colocados ante los espejos para observaciones solares, y el retículo formado por dos hilos muy próximos, paralelos al sector, completan el instrumento.

2.3.-TIEMPO Y FRECUENCIA.

Cuando se habla de medida de tiempos, normalmente se confunden dos conceptos distintos, aunque relacionados:

a) El instante de tiempo en que ocurre un suceso instantáneo, es decir, la escala de tiempos.
b) El intervalo de tiempo o duración de un suceso no instantáneo.

Evidentemente, cuando se realicen medidas, sólo el segundo concepto tiene sentido, es decir, lo que se miden son intervalos de tiempo transcurridos y luego se refieren a una escala cronológicamente arbitraria.

Para medir el tiempo es necesario, pues, algún proceso cuantitativo. Historicamente se han elegido dos procesos: el tiempo dinámico, que se basa en las leyes del movimiento y la de la gravitación, y que en la práctica se miden a partir del movimiento orbital de los planetas y se denomina tiempo efemérides. Tiempo electromagnético, que se basa en las leyes de la electricidad y del electromagnetismo. Normalmente se mide contando ciclos de radiación electromagnética emitida por átomos, y por esta razón se denomina tiempo atómico. Tiempo rotacional, que se basa en la rotación de la Tierra alrededor de su eje y que, por tanto, no es tiempo dinámico en el sentido definido anteriormente. Así pues, los instrumentos de medida del tiempo pueden ser astronómicos, mecánicos o atómicos.

Las medidas de frecuencia se refieren, en general, a fenómenos prácticamente permanentes y periódicos. Estos fenómenos presentan variaciones en su periodo de pequeña amplitud relativa, durante un tiempo que resulta muy corto.

Las medidas de frecuencia se pueden hacer por vía directa, haciendo intevenir las propiedades selectivas de ciertos instrumentos mecánicos, eléctricos, electromecánicos, atómicos, etc,.

También pueden hacerse por vía indirecta, determinando la duración de un fenómeno fijo de periódos o del número de periodos contenidos en un intervalo dado.

2.3.1.-MEDIDORES ASTRONOMICOS.

Básicamente, consisten en la detección de cuando una estrella determinada cruza una línea marcada verticalmente en un telescopio que tiene una orientación fija. Versión automática es el tubo fotográfico cenital, que fue adaptado para medir el tiempo, en 1934, en el Observatorio Naval de U.S.A. En este caso, el telescopio está colocado verticalmente y realiza fotografias de estrellas cercanas al cenit. Otro instrumento es el astrolabio, que se diseño en 1956, que es más preciso, pero sólo resulta útil con estrellas cuya altitud es 60º. Otro medidor del mismo tipo, pero de poquísima precisión, y que es el más antiguo, es el reloj de sol.

2.3.2.-MEDIDORES MECANICOS Y ELECTRICOS.

Los medidores de tiempo, tanto mecánicos como atómicos, son los que se denominan propiamente relojes. Un reloj es un instrumento que indica intervalos de tiempo, o el paso del tiempo. Consiste en dos partes: una donde ocurre algún suceso repetitivo a intervalos de tiempo iguales, y otra que es la parte contadora y que indica el total de cuentas por algún medio visual. Estríctamente, un reloj mecánico es aquel en que estas dos partes son mecánicas.

Un reloj mecánico común de mano consiste en un muelle formado por una banda de acero torcida o enrollada; cuando se da cuerda al reloj, aumenta la curvatura del muelle, almacenándo así la energía. Esta energía es transmitida a la sección oscilante del reloj, el balance, cuyo movimiento controla la liberación de la rueda de escape y, por tanto, el periodo del impulso.

Los relojes electromecánicos, consisten en la sustitución del peso o el muelle por la electricidad como fuente de potencia para mover el péndulo o la primera rueda. El mecanismo de amplificación hasta obtener el movimiento de la manecilla es el mismo. Suelen denominarse impropiamente relojes eléctricos.

El reloj eléctrico síncrono, consiste en un motor eléctrico síncrono acoplado a un engranaje reductor que impulsa las manecillas del reloj a la velocidad correcta.

Los relojes de cuarzo, desarrollados en 1929, constan de un cristal de cuarzo, si se deforma adquieren una diferencia de potencial entre ciertas caras e, inversamente, si se le aplica una diferencia de potencial entre esas caras el cristal se deformará. Esto hace que el cristal de cuarzo se comporte como un circuito resonante, con amortiguación muy pequeña, lo que hace que sea capaz de controlar la frecuencia de un circuito con gran precisión.

2.3.3.-MEDIDORES ATOMICOS.

Existen dos categorías de relojes atómicos. Unos son sólo controladores de frecuencia muy estables y otros son los que constituyen los patrones absolutos de frecuencia, y que se han convertido en la base misma de la definición del segundo. Este tipo de reloj usa las transaciones entre distintos niveles de energía de un átomo o de una molécula para producir ondas electromagnéticas extremadamente regulares y coherentes, es decir, que todas las emisiones de los distintos átomos o moléculas están en fase. Esto se consigue en los maser y laser. Un maser comprende un chorro de átomos (hidrógeno) o de moléculas (amoníaco) focalizado magnéticamente (hidrógeno) o electrostáticamente (amoníaco), que penetra en una cavidad resonante, donde cambia de estado cediendo energía, la cual produce una corriente de hiperfrecuencia. Es decir, un maser, es un generador de hiperfrecuencias y no un resonador pasivo.

Los relojes que sirven de patrón más usados se basan en la detección se transiciones atómicas de ciertos elementos. Los más usados han sido el de cesio y el de hidrógeno.

2.3.4.-DATACION.

Consiste en la situación de ciertos sucesos en el tiempo relativamente a periodos de la Historia (datación relativa), o por medio de un número específico de años, desde una fecha establecida (datación absoluta). Las técnicas de datación pueen dividirse según la aplicación en datación arqueológica y datación geológica; según la precisión en datación relativa y datación absoluta; según las técnicas en datación por métodos físicos, químicos, climáticos y astronómicos.

2.3.5.-MEDIDA DE FRECUENCIAS POR VIA DIRECTA.

Los métodos empleados son muy diferentes según las frecuencias consideradas, así tenemos:

A) Medida de frecuencias industriales. Uno de los métodos más usados es el de medida de frecuencias con taquímetros, que están basadas en el principio del alternador, es decir, que la frecuencia de giro del generador es proporcional a la frecuencia de la onda eléctrica generada, o viceversa, que la velocidad de giro de un motor síncrono es proporcional a la frecuencia de la corriente eléctrica que lo alimente; con este principio y con varios artilugios puede determinarse tanto la frecuencia de la red industrial como la frecuencia de giro de algún motor o rueda.

Otro frecuencímetro es el láminas vibrantes, que está constituido por una serie de láminas vibrantes de periodos propios ligeramente distintos, excitadas por un electroimán o por un campo eléctrico. La corriente que recorre el electroimán o la tensión aplicada es aquella cuya frecuencia se desea medir.

Otros son los frecuencímetros de aguja, constituidos por dos amperímetros. La frecuencia se lee en la intersección de las dos agujas y de una familia de curvas de igual frecuencia trazadas sobre el cuadro del aparato.

B) Medida de frecuencias en el rango 50 Hz-500MHz. Existen medidores de varios tipos:

- De lectura directa sobre una escala.
- Frecuencímetros de resonancia.
- Puentes-frecuencímetros.

C) Medida de frecuencias en el rango f>500 MHz. En este rango entran tanto las microondas como la luz. Una propiedad importante de las microondas es que pueden transmitirse por cavidades metálicas, denominadas guías de onda, las cuales tienen la propiedad importante de que para cada frecuencia que se quiere transmitir existen unas dimensiones apropiadas, que permiten transmitir un único modo sin atenuación; esta propiedad sirve para medir su frecuencia.

2.3.6.-MEDIDA DE FRECUENCIAS POR METODOS DE COMPARACION.

Estos métodos son los más precisos para la medida de frecuencias. Su gran precisión proviene del hecho de que por pequeña que sea la diferencia de los periodos de dos fenómenos de frecuencias próximas, uno de ellos termina por adquirir un retraso notable con relación al otro, si se observan durante un tiempo lo suficientemente largo.

a) Métodos de batido. Son válidos en toda la banda de frecuencias, en el dominio considerado aquí.En los batidos acústicos la frecuencia a medir y una frecuencia calibrada variable excitan un auricular telefónico. El operador compara estas frecuencias por escucha simultánea: si las frecuencias no son rigurosamente iguales, se produce una sensación de batido debido a un fenómeno fisiológico.

Los frecuencímetros heterodinos, se basan en modular la frecuencia a medir con una frecuencia calibrada obtenida de un oscilador local. Es suficiente un simple auricular telefónico para encontrar la frecuencia local que produce el batido cero.

b) Métodos estroboscópicos. Aquí se incluye el método de las figuras de Lissajous, además de los estroboscópicos propiamente dichos. Estos últimos se basan en medir la velocidad de rotación de un motor síncrono alimentado por la frecuencia a medir.

c) Métodos cronográficos. Permiten medir la frecuencia de un fenómeno bien contando el número de periodos del mismo durante un tiempo determinado, bien contando el número de periodos de un fenómeno patrón durante un número determinado de períodos del fenómeno estudiado.

2.4.-MASA Y PESO.

En la actualidad no existe ninguna forma de conocer la masa de la Tierra, Luna, planetas, etc., sin conocer la constante de gravitación universal, G. En efecto, la ley de la gravitación universal es:

$$F=G(M_1M_2/R^2)$$

donde F es la fuerza con que se atraen los cuerpos de masas M_1 y M_2, separados por una distancia R. La fuerza por unidad de masa es lo que se conoce como aceleración de la gravedad:

$$g= G(M/r^2)$$

en el caso de un cuerpo sobre la superficie de la Tierra, r es el radio de la Tierra.
Los instrumentos empleados para la medición de pesos se conocen bajo la denominación común de balanzas.

2.4.1.-BALANZAS EXPEDITAS.

Son de pequeña precisión y de capacidades de pesada que oscilan entre el kg, en balanzas comerciales y para usos domésticos, y un número elevado de toneladas en las grandes básculas industriales.

El fundamento de las balanzas es el establecimiento de un equilibrio entre el peso desconocido de un cuerpo y uno conocido. No obstante, existen balanzas y básculas de muelles que establecen los

pesos jugando con la fuerza necesaria para producir una extensión dada de un resorte. Los pesos se miden sobre una escala graduada.

2.4.2.-ROMANA.

Basada en el principio de la palanca de primera especie, consta de una barra graduada provista de ganchos para suspender los cuerpos a pesar y la romana misma, y de una pesa que se desplaza a lo largo de la barra, variándose el brazo hasta conseguir el equilibrio. Es un instrumento de muy poca precisión.

2.4.3.-BALANZAS DE LABORATORIO.

Son de dos clases: de brazos iguales y de brazos desiguales. La balanza de brazos iguales se utiliza en el análisis de laboratorio. Es un instrumento de gran precisión pero de muy poca capacidad de pesada, que consta de una palanca ligera y rígida sobre la que van montadas tres cuchillas de ágata paralelas entre sí y perpendiculares al eje longitudinal de la palanca e igualmente espaciadas. El borde inferior de la central descansa sobre un plano de ágata perfectamente pulido, sostenido por un pie central, y sobre las dos laterales se aplican dos placas idénticas, que sostienen los platillos, los cuales pueden oscilar líbremente alrededor de las cuchillas que los sostienen. En el pie central existe un fiel que se mueve sobre una escala fija y graduada desde el centro. La pesada se consigue al quedar el fiel perfectamente centrado en el cero de la escala. En el pie existe una palanquita excéntrica, que permite, al desplazarse hacia arriba o hacia abajo, bajar o levantar el puente hasta conseguir el apoyo de los platillos sobre la base con objeto de evitar fuertes oscilaciones y alargamientos permanentes. Los brazos suelen ir graduados en diez o más partes para colocar un "réiter" y conseguir así una mayor precisión en la pesada. Suelen ir montadas en una vitrina cerrada que la aisla del polvo y la humedad.

Los instrumentos usados hoy en día para pesar se realizan con instrumentación electrónica para conseguir altas velocidades de lectura y, además, pueden ser almacenadas, procesadas y mostradas sobre una pequeña pantalla. Así, existen tres métodos de medida en uso:

a) la célula de carga, que se basa en la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar apreciablemente su resistencia eléctrica cuando se les somete a una tensión.

b) El presductor, que es un trasductor de presión, es decir, un instrumento que convierte la presión en una señal eléctrica.

c) La balanza de fuerza, que se basa en el desplazamiento, por el objeto cuyo peso se quiere medir, de una bobina en un campo magnético estacionario.

2.5.-CORRIENTE ELECTRICA.

La medida de corrientes o, más precisamente, intensidades de corriente eléctrica se levan a cabo con medidores que se denominan, en general, amperímetros, aunque cuando las corrientes eléctricas están por debajo del amperio se denominan mili-,micro-,nano- y picoamperímetros.

2.5.1.-AMPERIMETROS MECANICOS.

Todos están basados en la producción de alguna fuerza mecánica por el paso de una corriente eléctrica y, por tanto, tienen un rango de medida muy limitado. Dependiendo de la forma de efectuar la fuerza y sobre lo que se efectúa, se clasifican en:

a) Magnetoeléctricos o aparatos de cuadro móvil. Es el más común y útil de los amperímetros. Consta de una bobina que rota sobre un eje que es perpendicular a un campo magnético producido por un imán permanente. El sentido de rotación depende de la polaridad de la corriente y el ángulo girado de la intensidad. Sólo es útil para corrientes contínuas.

b) Ferromagnéticos o aparatos de hierro móvil. El funcionamiento de estos aparatos resulta de la acción ejercida por una corriente que circula por una bobina fija sobre una pieza móvil ferromagnética. El movimiento se realiza de tal forma, que tiende a aumentar la inductancia propia de la bobina, es decir, a disminuir su reductancia. Sirven para medidas de corrientes alterna y contínua.

c) Electromagnéticos o aparatos de imán móvil. El funcionamiento de estos aparatos se basa en la acción de una corriente eléctrica sobre una aguja imantada. En algunos casos, la aguja imantada se sustituye por una pieza ferromagnética, que se imana bajo la acción de un imán permanente auxiliar y se denomina entonces aparato de hierro móvil y con imán. Consta de una aguja imantada que puede moverse alrededor de un eje perpendicular a ella y que está en el interior de una bobina. Cuando la corriente circula por esta última, la aguja tiende a orientarse en la dirección del eje de la bobina.

d) Electrodinámicos. El funcionamiento de estos aparatos se basa en la acción ejercida por una corriente eléctrica sobre otra. Son útiles tanto para corriente alterna como para contínua.

e) Electrodinamómetros. Si al construir un aparato electrodinámico se hace de tal forma que se impida girar a la bobina móvil por medio de un par que actue en sentido contrario y que sea igual en valor absoluto, se puede obtener el valor de la corriente a partir del de la fuerza. Los electrodinamómetros sirven como medidores de corriente absolutos, es decir, para calibrar los otros.

2.5.2.-AMPERIMETROS ELECTRONICOS.

Existen varios métodos de ampliar los rangos de medida de los amperímetros, esto se consigue con componentes electrónicos pasivos (resistencias y diodos) o activos (válvulas y transistores).

El uso de diodos rectificadores permite la medida de corrientes alternas con instrumentos que sólo son capaces de medir corrientes contínuas. El uso de resistencias permite medir corrientes más altas.

2.6.-TEMPERATURA Y CALOR.

Aunque existen muchas definiciones de temperatura, podemos decir que es una medida de la capacidad que tiene un sistema para transferir calor, es decir, energía a otros sistemas. Los medidores de temperaturas, o sea, los termómetros, aprovechan este hecho. Así, un termómetro es un aparato que se coloca en contacto con el sistema del cual queremos medir su temperatura, el sistema, entonces, o le cederá o le absorberá energía, dependiendo de si está, respectivamente, a menos o a más temperatura.

Esta transferencia de calor produce una variación de una propiedad física determinada del material del que está formado el termómetro, y con una adecuada calibración y medida de esta variación se obtiene directamente la temperatura del sistema.

2.6.1.-TERMOMETROS DE GAS.

Proporcionan la mejor medida absoluta de la temperatura en el rango entre -263 y 1000ºC, aunque sólo son prácticos para bajas temperaturas. Se basan en la ecuación de los gases perfectos, que relaciona presión, volumen y temperatura:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Por tanto pueden construirse de tres formas:

a) A volumen constante, en los cuales la presión de un gas confinado en un volumen constante se usa como medida de temperatura.

b) A presión constante, en los cuales lo que se usa como medida de la temperatura es el volumen que ocupa un gas que se le mantiene a presión constante.

c) A temperatura constante, en los cuales lo que se observa es la variación de presión y volumen del gas después de haberlo mantenido en contacto con el sistema, de tal forma que haya podido intercambiar materia.

El gas usado es normalmente helio, sobre todo a bajas temperaturas; a altas temperaturas se usan hidrógeno, nitrógeno y argón.

Estos termómetros tienen una serie de inconvenientes:

- Al cambiar de temperatura el recipiente que contiene el gas, cambian sus dimensiones.
- Adsorción y desorción del gas en las paredes del recipiente.

2.6.2.-TERMOMETROS DE LIQUIDO.

Son los más antiguos y básicamente no se diferencian del primer termómetro. Consisten en un bulbo de cristal unido a un tubo capilar graduado y cerrado por el otro extremo. Un líquido llena el bulbo y parte del capilar, mientras que el resto del capilar permanece lleno con algún gas.

Existen termómetros de líquidos con construcciones especiales:

a) Termómetro clínico. Tiene una estrangulación en el orificio de entrada del bulbo para evitar que el mercurio vuelva a entrar en él después de separar el termómetro del cuerpo y poder así leer la temperatura.
b) Termómetro oceanográfico reversible. Se le prepara para que, cuando se invierta, la columna de mercurio se divida en dos y así se puede obtener, a partir de la separación entre los dos trozos, la temperatura que había en el momento de la inversión.
c) Termómetros de mínimo y máximo. Están dispuestos en una especie de U, con dos marcas que se mueven con el empuje del mercurio y que, cuando cesa el empuje, no vuelven a la situación inicial.
d) Termómetro de tubo de Bourdon. En el cual el líquido dilatable está colocado bajo presión en un bulbo comunicado con un tubo de Bourdon por un capilar.

2.6.3.-TERMOMETROS DE SOLIDOS.

Existen de muchos tipos, dependiendo de que propiedad del material usado se mida. Debido al pequeño coeficiente de dilatación de los sólidos, esta propiedad casi no se usa. Las principales propiedades utilizadas son: variación de resistencia, termoelectricidad, dilatación, emisión de radiación, transmitividad acústica, susceptibilidad magnética, piroelectricidad, ruido térmico y color.

2.7.-INTENSIDAD LUMINOSA.

Un fotómetro o fotodetector es un elemento sensible a la luz y, por tanto, es un instrumento que mide la intensidad de luz, el flujo luminoso o la brillantez; y la fotometría es la ciencia de la medida de la luz visible. Se distingue de la radiometría en que la unidad de energía de ésta es el watio, unidad física objetiva, mientras que la unidad de la fotometría es arbitraria y subjetiva: el lumen, que mide los efectos visuales de una fuente de luz.

Los fotodetectores pueden dividirse en dos grandes grupos: a)los que están construidos a partir de semiconductores y se basan en los efectos fotovoltaicos y de fotoconductividad, y b) los que se construyen a partir de fotocátodos y están basados en el efecto fotoeléctrico.

2.7.1.-MEDIDORES FOTOCONDUCTORES Y FOTOVOLTAICOS BASADOS EN EL EFECTO FOTOELECTRICO.

El efecto físico en que se basan los fotoconductores es la liberación de electrones extra en un semiconductor por la absorción de la luz, lo cual produce un incremento de la corriente, que se traduce externamente en un cambio aparente de la resistencia del material. Por esta razón, se llaman fotoconductores o fotorresistencias.

Puesto que un semiconductor a temperatura ambiente tiene parcialmente llena la banda de conducción, su conductividad aumentará cuando se ilumina con fotones de energía suficiente. Si se aplica una tensión, la corriente fluirá y la luz incidente causará un aumento de la corriente. En ausencia de luz, la corriente que fluye se denomina corriente de oscuridad. Son posibles dos tipos de fotoconductores, el formado por un semiconductor intrínseco, en el cual el fotón incidente producirá un par electrón-hueco, contribuyendo ambos a la corriente, y el formado por un semiconductor extrínseco, es decir, dopado. En este último caso, sólo existe un tipo de portador de carga: electrones.

2.7.2.-CELULAS FOTOELECTRICAS Y FOTOMULTIPLICADORES.

Una célula fotoeléctrica o diodo fotoeléctrico de tubo es básicamente un diodo electrónico o de tubo al cual se le ha sustituido el cátodo por un fotocátodo, es decir, un metal en el cual se produce el efecto fotoeléctrico con gran eficiencia en la zona visible. El fotocátodo normalmente es una capa de cesio, que tiene una gran eficiencia de emisión de electrones al ser iluminado en el visible; sin embargo, el tipo de material depende de la región del espectro en el cual se va a usar. Puesto que no es necesario calentar para emitir electrones, pertenece a la clase de tubos de cátodo frio. Los electrones emitidos son recogidos por un ánodo positivo y medidos con un microamperímetro.

Un fotomultiplicador es similar al instrumento anteriormente descrito. La diferencia principal consiste en que entre ánodo y cátodo tiene un multiplicador de electrones. Su funcionamiento es el siguiente: al incidir la luz sobre el fotocátodo se produce emisión de electrones, por efecto fotoeléctrico, los cuales son acelerados por un campo eléctrico hasta un electrodo llamado dínodo, que está recubierto con un material especial, poseyendo una gran eficiencia para emitir electrones secundarios al ser golpeados por un electrón. Estos electrones emitidos por el dinodo al incidir el electrón procedente del fotocátodo, son nuevamente acelerados hasta un segundo dinodo, donde se produce el mismo efecto multiplicativo, y así sucesivamente van de un dinodo a otro a potencial positivo progresivamente creciente, hasta que finalmente llegan al ánodo, que está conectado a un medidor de corriente.

3.- MEDIDA DE MAGNITUDES DERIVADAS.

Una vez que hemos visto las magnitudes básicas pasamos a estudiar las llamadas magnitudes derivadas, que son las resultantes de combinar distintas magnitudes básicas.

Obtenemos por tanto de la longitud: superficie y volumen; del tiempo y la longitud tenemos la velocidad y la aceleración; combinando masa y volumen nos dará la densidad, etc.

3.1.- SUPERFICIES Y VOLUMENES.

Son innumerables los métodos y los instrumentos de los que nos podemos servir para la medida de superficies y volúmenes.

3.1.1.- PLANIMETROS.

El planímetro es un aparato que mide mecánicamente áreas planas limitadas por contornos cerrados. Su utilidad es enorme: podemos medir desde momentos estáticos, centros de gravedad, resistencia de materiales, etc.

Consta de una directriz fija y una varilla de longitud constante que está apoyada en un extremo sobre la directriz y el otro sobre el contorno cerrado del área que pretendemos medir.

3.1.2.- INTEGRADORES E INTEGRAFOS.

Integradores. Aparato mecánico que con sólo tres lecturas nos informa sobre el área encerrada por una curva dada, el momento estático y el momento de inercia respecto a un eje.

Los integrafos nos representan gráficamente la variación del área de un segmento de curva dada y= f(x).

El integrafo posee una ruedecita vertical de canto afilado que gira sobre el papel tendiendo a seguir la dirección del plano vertical en que se encuentra.

3.1.3.- FOTOGRAFIA AEREA.

Hoy en día la fotogrametría ha alcanzado suma importancia en la medida de superficies.

Conociendo la escala en la que estemos relacionando la fotografía con el terreno, sabremos la correspondencia por cm^2 de papel fotográfico, si además sabemos el peso de ese cm2 de papel bastará al obtener la fotografía completa pesarla en una balanza de precisión y sabremos la superficie total de la zona que tengamos reflejada en la fotografía. En esta medida es conveniente reseñar que el erros es despreciable.

Nos será muy útil este método para medir superficies de cuerpos celestes, fotografías de satélites artificiales, parcelas, terrenos.

3.1.4.- MEDIDA DE VOLUMENES.

La medida de volúmenes puede variar según sean cuerpos regulares o irregulares. Los regulares los medimos por medios geométricos mientras que los irregulares bastaría con sumergirlo en un fluido y observar la variación de nivel.

3.2.- VELOCIDAD Y ACELERACION.

La medida de velocidad de un móvil (sólido) puede realizarse por la fórmula:

$$V = e / t.$$

Existen dispositivos que permiten calcular la velocidad pudiendo estar en el propio móvil o fuera de él, como puede ser el radar. Esta aparato está basado en el efecto Doppler para ondas electromagnéticas que consiste en la variación de la frecuencia de onda reflejada que dependerá de la velocidad del objeto donde se refleje.

Para la aceleración está el lamado acelerómetro, que mide el ritmo al que un cuerpo cambia su velocidad. Consta de una masa M, supendida de 4 muelles en una caja cerrada. La masa se conecta a un amortiguador, cuya constante junto con la la constante de recuperación de los 4 muelles ha de ser elegida muy minuciosamente y segun los niveles de aceleración a medir. Los cambios de velocidad desplazarán a M en una u otra dirección según tengamos aceleración positiva o aceleración negativa.

3.3.- DENSIDAD.

Emplearemos distintos métodos según vayamos a medir sólidos o líquidos.

3.3.1.- DENSIDAD DE LIQUIDOS.

Varias formas de medida: instrumentos basados en la Ley de Arquímedes como la balanza hidrostática , donde se equilibra el peso P con el empuje, E , ejercido por líquidos de densidad d, sobre un material patrón de peso P, y volumen conocidos; entonces se cumplirá que

$$P= E - P_1 = d^* v_g - P_1$$ (siendo g la aceleración de la gravedad)

Otros tipos de medida lo conseguiremos midiendo la masa de un volumen líquido dado, midiendo la absorción de rayas gamma, midiendo la presión ejercida por una columna de líquido.

3.3.2.- DENSIDAD DE SÓLIDOS.

Podemos medir de 2 formas, si partimos de la definición medimos su masa y su volumen y efectuamos su cociente o por medio del Principio de Arquímedes tendríamos el picnómetro que consiste en medir con una balanza el empuje experimentado.

3.4.- FLUIDOS.

Un fluido es cualquier líquido, gas o material que al estar en reposo no soporta fuerza tangencial o de cizalla y experimenta un cambio continuo de forma que cuando está sujeto a tal tensión.

3.4.1.- PRESION.

Definiremos presión como la fuerza perpendicular por unidad de área, o tensión de un punto dentro de un fluido en cuestión. Si el fluido es la atmósfera terrestre, este peso empujando sobre cada unidad de área constituye la presión atmosférica (1 Kg / cm^2)

Hablamos de presión absoluta de un fluido a la presión total ejercida incluida la presión atmosférica.

Los medidores de presión miden la presión ejercida por el fluido en reposo (presión hidrostática), en movimiento (p. estática y dinámica).

3.4.1.1.- MANOMETROS DE LIQUIDOS.

Estos instrumentos se encargan de transformar la presión que se ha de medir en la altura equivalente de una columna de líquido de peso específico conocido. Manómetros de líquidos son el barómetro, el piezómetro, manómetro de mercurio y el manómetro diferencial.

El barómetro está formado por un tubo de 1 metro de longitud con un extremo cerrado leno de mercurio e invertido. La presión atmosférica es proporcional a la altura h

$P = y * h$, siendo y el peso específico del Hg.

3.4.1.2. MANOMETRO DE DEFORMACION DE SOLIDOS.

Usan la magnitud de la deformación sobre un elemento elástico como medida de la presión.

Según sea el elemento elástico deformable que se haya utilizado tenemos manómetros de tubo, de membrana y de émbolo o fuelle.

Nos detenemos en el manómetro de tubo o de tubo de Bourdou. Está formado por un tubo metálico aplastado y de sección elíptica arrollado en forma de área circular. Uno de los extremos

se fija en el cuerpo del manómetro que está abierto a la entrada del fluido cuya presión queremos medir siendo cerrado el otro extremo y unido por un sistema mecánico a una aguja; si la presionen el interior del tubo es mayor que la externa (p. atmosférica) el tubo tenderá a ponerse recto. El desplazamiento que se produce se recoge en una escala graduada.

3.4.1.3.- MANOMETROS DE PESO.

Están basados en el principio de prensa hidráulica midiendo la presión haciéndola actuar sobre una superficie y equilibrando el empuje con un peso conocido.

3.4.1.4.- VACUOMETRO DE IONIZACION DE CATODO CALIENTE

En estos aparatos de medida el cátodo caliente emite electrones que son sometidosa una aceleración por un campo eléctrico hasta tener energía suficiente para que se produzca la ionización de un gas. Los iones positivos van a un colector de iones negativos respecto al cátodo, produciendo una corriente que corresponde a la medida de la densidad del gas y por tanto a su presión.

3.4.1.5.- VACUOMETRO DE IONIZACION DE CATODO FRIO.

Aquí la ionización se debe a una descarga en el propio gas provocada por un campo eléctrico muy alto entre los electrodos.

3.4.2.- VELOCIDAD.

Al medir la velocidad de una corriente (gas o líquido) lo que vamos a conocer será la velocidad media de las partículas del fluido en cuestión que ocupe un área con las dimensiones del aparato que utilizemos al medir. Los métodos a seguir serán: cinemátcos, de transformación de la energía y termoelectricos.

3.4.2.1.- METODOS CINEMATICOS.

Los aparatos variarán según la clase de fluido que midamos: líquido o gas.
Para los líquidos tenemos los molinetes hidráulicos y los flotadores. Estos últimos son cuerpos esféricos cuyo peso específico es inferior al agua. Estos se dejan en la corriente y supondremos que la velocidad es igual a la superficial que tiene la corriente en cada tramo. Por su parte los molinetes hidráulicos están formados por una hélice montada sobre un eje de manera que la corriente hace girar la hélice que está conectada a un generador eléctrico cuya tensión nos da el valor de la velocidad. Su error es menor del 5 por 100.

3.4.2.2.- METODOS BASADOS EN LA TRANSFORMACION DE LA ENERGIA.

Basados en la transformación de la velocidad en presión sobre una columna de Hg. El aparato es un tubo en forma de U, tal que en un extremo del tubo se ejerce la presión total (suma de la p. estática y la dinámica) y en el otro extremo se ejerce la estática. La diferencia es
$2g / v^2$ donde tenemos que v es la velocidad del fluido.

ESte aparato se conoce también con el nombre de tubo de Pitot. Puede arrastrar un error del 1 por 100.

3.4.2.3.- METODOS TERMOELECTRICOS.

Este método tiene su fundamento en la variación de la resistencia eléctrica de un conductor en función de su temperatura y en el hecho de que la corriente de un fluido, ya sea líquido o gas, enfrie a un objeto caliente. La rapidez de enfriamiento dependerá de la velocidad del fluido.

3.4.3.- FLUJO, GASTO O CAUDAL.

El flujo o gasto es igual al producto de la sección atravesada por la velocidad media de las partículas, conocidas estas 2 magnitudes es fácil el cálculo.Para calcular el gasto en el caso de líquidos en corrientes de superficie libre existen métodos de derrame que utilizan una viga para obstruir el libre movimiento de la corriente y dispone de una boca para la entrada de líquidos con bordes de angulos vivos. En líquidos de corrientes de presión los aparatos se reslizan con una estrangulación brusca del área de paso (diafragma) o gradual (venturímetro). Midiendo la presión en la zona no estrangulada, la presión en la zona estrangulada, se calcula la presión mediante la raíz cuadrada de la diferencia presiones.

3.4.4.- VISCOSIDAD.

La viscosidad es toda propiedad de un fuido (gas o líquido) por la que se resiste a cambiar de forma o moverse una porción respecto a otra. La viscosidad de los líquidos disminuye con el aumento de temperatura mientras que la de los gases va en aumento.

El medidor de viscosidad se denomina viscosímetro. En dicho aparato de tubo capilar lo que se mide es la presión necesaria para forzar a fluir el líquido a una velocidad dada a través de un tubo.

3.4.5.- TENSION SUPERFICIAL.

Ante la ausencia de fuerzas externas, las moléculas de un líquido tienden a acercarse unas a otras siendo provocado este fenómeno por las fuerzas de cohesión que define el radio en que actúan las moléculas.

La superficie que presenta un líquido tiene una energía potencial proporcional al área que ocupa.

Existen 2 métodos para medir la viscosidad: en el primero utilizamos una armadura metálica rectangular sobre la que existe una varilla móvil de longitud l. Si aplicamos una fuerza F, la varilla la desplazamos una distancia x y calcularemos la viscosidad de las relaciones

$$E = F * x = 2 * T * l * x = 2 * T * S,$$

siendo E la energía comunicada al líquido para incrementarle su superficie S.

El segundo método, ley de Jurin o fenómeno de capilaridad. Aquí usando un tubo capilar unido a un depósito observaremos una diferencia de alturas entre el nivel del líquido en el depósito y en el capilar.

La diferencia de alturas la calculamos mediante la ley de Jurin, obteniendo

$$h = 2 * t / g * s * r$$

siendo s la densidad del líquido.

3.5.- ELECTRICAS Y MAGNETICAS.

Medidas eléctricas: las que se refieren a electricidad y electrónica (intensidad de corriente, diferencia de potencial, potencia, impedancias) y otras como propiedades eléctricas de la materia: constante dieléctrica, polarización y conductividad.

Análogamente ocurre con la medidas magnéticas.

3.5.1.- MEDIDA DE DIFERNCIA DE POTENCIAL, VOLTAJES Y FUERZA ELECTROMOTRIZ.

Mediremos con los voltímetros formados simplemente por una resistencia en serie con un amperímetro.

Los voltímetros se colocan en paralelo en el circuito entre los dos puntos a medir y derivan una corriente que mide el amperímetro.

3.5.2.- MEDIDA DE IMPEDANCIAS.

Impedancia es todo componente pasivo que ofrezca resistencia al paso de corriente eléctrica (alterna o continua).

Su medida se realiza con una pila de fuerza electromotriz, E, conocida, un amperímetro y la resistencia desconocida. Aplicando la ley de Ohm, R , será inversamente proporcional al valor de la intensidad de la medida.

3.5.3.- POTENCIA Y GASTO.

En la medida de potencias en corrientes industriales se usan métodos de desviación. En corriente continua basta hacer 2 medidas: tensión e intensidad y multiplicar para obtener la potencia. En corriente alterna no se realiza el mismo procedimiento por el desfase entre corriente y tensión.

Los medidores de gasto se basan en en aparatos integradores pudiendo ser electrónicos o mecánicos. Los métodos de los medidores mecánicos pueden ser: por inercia, por amortiguamiento o por pasos.

Dado que la corriente varía entre un valor máximo y cero, el par debería fluctuar entre cero y un valor máximo pero no sucede así porque el equipo móvil no sigue las fluctuaciones del par debido a que la frecuencia es muy inferior a la de las fluctuaciones (por inercia) o porque el amortiguamiento es suficiente para que las fluctuaciones sean despreciables.

3.5.4.- PROPIEDADES ELECTRICAS DE LA MATERIA.

Cuando a un material dieléctrico la aplicamos un campo eléctrico, se produce una polarización, P, del medio, de tal modo que el campo interno varía.

3.5.5.- MEDIDA DE FLUJOS Y CAMPOS MAGNETICOS.

En el caso de flujos y campos magnéticos alternos el método consiste en hacer pasar el flujo a trvés de una bobina de características conocidas. Mediremos la fuerza electromotriz, E , generada en sus extremos que será también alterna, puesto que :

$$E = - n * d * f / dt = n * w * f.$$

Siendo, n = número de espiras; w = frecuencia; f = flujo a través de una espira.

3.5.6.- MEDIDA DE PROPIEDADES MAGNETICAS DE LA MATERIA.

Los medidores de magnetización y de permeabilidad se apoyan en los fenómenos de inducción y fuerza magnética. En el caso de inducción, si por un selenoide de longitud l, con n espiras pasa una corriente I, en su interior se produce un campo magnético. Las medidas de la susceptibilidad basadas en métodos de fuerza pueden ser divididas atendiendo a si la muestra está bajo una constante (método de Curie) o si tiene suficiente longitud para que sus dos extremos estén a campos sustancialmente diferentes.

3.6.- RADIOACTIVIDAD.

Dependiendo del tipo de radiación y de la precisión elegiremos el aparato más adecuado. Los detectores, que así se llaman los medidores, se agrupan en dos: por ionización y por fluorescencia.

3.6.1.- DETECTORES POR IONIZACION.

Este medidor produce una señal ante la aparición de una radiación. Al incidir una radiación sobre ellos se producen ionizaciones, o sea , cargas eléctricas que se reflejan en el detector.

3.6.2.- DETECTORES FLUORESCENTES.

Se fundamenta en que la energía de los electrones primerios producidos por la radiación ionizante se convierte en luz, la cual es utilizada para generar fotoelectrones desde un fotocátodo.
La partícula ionizante produce pares electrón - hueco cuya combinación produce luz.

Detector de centelleo, formado por una placa de ioduro sódico activado con talio montada sobre un foto multiplicador. Detectan partículas beta, con materiales plásticos para detectar partículas alfa, beta, gamma y neutrones; con líquidos orgánicos para detectar radiaciones beta muy débiles, especialmente para detección del carbono 14, con haluros alcalinos y sulfuro de zinc activados con plata y semiconductores de silicio, para detectar las alfa.

3.6.3.- DOSIMETRIA.

La dosimetría es la medida de la energía absorbida por unidad de masa.

Dos son los tipos básicos que miden la dosis absoluta y los que miden la relativa:

- Medidores absolutos:

    1. Calorimetría: consiste en la medida de la elevación de la temperatura de una muestra debido a la conversión de la energía absorbida en calor.
    2. Dosimetría química: que se basa en el número de moléculas o radicales producidas por unidad energía absorbida.
    3. Cámara de ionización: conocida la energía media necesaria para crear un par de iones del gas contenido en una cámara se puede calcular la dosis.

- Medidores relativos:

    1. Emulsiones fotográficas. Su trasmitancia es inversamente proporcional a la dosis.
    2. Dosimetros termoluminiscentes. Ciertos cristales después de irradiarlos emiten luz al calentarlo siendo la luz total emitida proporcional a la dosis recibida.
    3. Dosimetros fotoluminiscentes. Producción de daño, en ciertos materiales. LOs defectos producidos producen luz en el visible al ser iluminados con luz ultravioleta, siendo la intensidad de la luz emitida proporcional a la dosis recibida.

3.7.- COLOR.

A través del color se nos muestra la composición de la radiación electromagnética que es visible al ojo humano.

El estudio del color de un material y el estudio de las composiciones por el color de una disolución son estudiadas por la colorimetría física y la colorimetría química respectivamente.

3.7.1.- COLORIMETRIA FISICA.

Todos los colores los vemos como la combinación variable de los colores primarios: rojo, verde y azul. Se pueden combinar de tres formas diferentes: por adición. pos sustración y por yuxtaposición.

Hablamos de colores complementarios cuando su suma nos da el color blanco y su resta nos da el negro.

Una forma para describir un color es a través de un diagrama cromático. Tiene su fundamento en que cualquier color puede ser representado en función de los tres colores primarios: rojo, verde, azul, que se toman por su reproducibilidad y facilidad de conseguir a partir de las rayas roja (700 nm), verde (546 nm) y azul (436 nm) de una lámpara de Hg.
De esta manera cualquier color puede expresarse de la forma :

rR + vV + aA, siendo R, V, A, las intensidades de las rayas roja, verde y azul de la lámpara de mercurio.

3.7.2.- COLORIMETRIA QUIMICA.

Ciertas sustancias absorben la luz emitida a una determinada longitud de onda y que el logaritmo de la absorción es proporcional a la concentración de la misma.

El aparato de medida es el espectro visible entero (luz blanca) observando de este modo el color completamente absorbido. Siguiendo este méyodo pero más perfeccionado está el espectrofotómetro que mide la absorción de luz a una longitud de onda determinada.

3.8.- SONIDO Y RUIDO.

El sonido se propaga como en movimiento ondulatorio desde un objeto que lo produce. La diferencia entre sonido alto y bajo radica en los cambios de presión que intervienen en la propagación de la banda sonora.

Para medir el sonido tenemos el medidor de nivel de sonido que mide la intensidad de un ruido, música o cualquier otro sonido y que está formado por un micrófono que recoge el sonido y lo

convierte en una señal eléctrica que recoge un circuito electrónico que la amplifica logarítmicamente.

3.9.- CONTAMINACION.

Entendemos por contaminación ambiental a la suma al ambiente de sustncias naturales o formas de energía (sonido, calor, etc) en una proporción mayor que las concentraciones naturales de esta sustancia.

Según el tipo de contaminación, según el medio al que afectan: aire, agua, tirra, aunque pueden existir algunos que afectan a los tres a la vez, tipo pesticidas, mercurio.

3.9.1.- DETECCION DEL MERCURIO.

El mercurio lo podemos detectar en los tres medios.

En el agua, unos microorganismos lo transforman en metil - mercurio, atacando al sistema nervioso central y permanece en el cuerpo un periodo largo de tiempo.
La técnica más usada es la de convertir una muestra en vapor y medir su espectro de absorción en el ultravioleta con el espectrofotómetro.

3.9.2.- DETECCION DE PESTICIDAS.

El instrumento más usado para la detección de pesticidas e insecticidas es el cromatógrafo gas - líquido.

Se pasa la prueba a través de un tubo construido con material inerte que se ha recubierto con un líquido no volátil. En el paso de la prueba a trvés del tubo se absorben moléculas que son desprendidas poco a poco y separadas siendo las últimas las mejor absorbidas. En el caso del gas puede detectar restos de compuestos y en unión de otros aparatos puede medir y enumerar los contaminantes.

3.9.3.- RUIDO.

Contaminación ambiental producida por el funcionamiento de las máquinas. Se mide este tipo de contaminación en función de su intensidad.

3.9.4.- CONTAMINACION TERMICA POR CONTAMINANTES EN LAS CAPAS SUPERFICIALES DE LA ATMOSFERA.

El desarrollo industrial hace que el CO_2 aumente. Las industrias, los tubos de escape ayudan con hollín y polvillo. Estas particulas de polvo sirve de núcleo de condensación para que el vapor de agua forme nubes.

Todo esto unido a la contaminación de las industrias supondrá que la tierra aumente su temperatura. Dos contaminaciones tienden a aumentar (CO_2, térmicas) y dos a disminuirla (polvo y albedo)

3.9.5.- CONTAMINACION DE ALIMENTOS

Existen otro tipo de contaminación aparte de los pesticidas, radioactividad, mercurio, plomo, etc, tenemos otro tipo de contaminación de envases por reacción física o química: edulcorantes, colorantes, conservantes, etc.

4.- ERRORES DE MEDIDA.

En las actividades ya sean científicas o no es conveniente hacer un comentario sobre la precisión de la medida que estamos efectuando. Se suele considerar que la precisión es la mitad del menor espaciado entre divisiones.

Es frecuente que al realizar una segunda medida en las mismas condiciones que hemos efectuado la primera medición los resultados sean distintos.

Si al repetir x veces una misma medición tenemos x_1, x_2,....., x_n, consideraremos que la precisión de la medida viene dada por el error cuadrático medio:

$$\text{Error} = E * d_{12} / N (N - 1) /^{1/2}.$$

Algunas magnitudes las obtenemos por medida directa mientras que otras las obtenemos siguiendo una fórmula:

$$y = y (x_1, x_2,....., x_n).$$

La magnitud a determinar a partir de las medidas x_i, sus errores nos llevan a considerar una imprecisión en y, cuyo valor en incremento deseamos obtener.

Los errores aleatorios por su parte no admiten tratamiento estadístico por lo que la solución es descubrirlos y eliminarlos. Se reducen haciendo medidas.

Tenemos que elegir bien las magnitudes que nos representan la precisión de los resultados. Tendremos que averiguar donde está el centro de la distribución y para ello tenemos:

a) Modo: abcisa coorrespondiente al máximo.
b) Mediana: medidas obtenidas colocadas por orden creciente de valores.
c) Media: si x_i es el valor de la medida y n es el número de medidas:

$$x = E_1 * x_i / n.$$

Para definir la dispersión de una distribución estudiaremos:

a) Intervalo: distancia entre valores extremos.
b) Desviación: diferencia entre el valor de todas las medidas.
c) Desviación media: diferencia entre todas las medidas referidas al valor medio.
d) Desviación típica:

$$v^2 = E_i / x_i - x_p /^2 / n$$

x_p sería la medida cuando el número de medidas realizadas n, tiende a infinito.

5.- RESUMEN.

A lo largo del tema tratamos de hacer llegar al alumno todo lo relacionado con el cálculo de magnitudes, los aparatos existentes para realizar las mediciones, su estructura y los distintos métodos para la utilización de los instrumentos. Hemos visto los distintos caminos para llegar a la medida teniendo muy en cuenta los posibles errores de medida que nos vendran dados por la precisión que los aparatos nos den.

6.- PROBLEMAS.

1.- Comparar las longitudes de varios metros para introducir la noción de error.

Sol: Apartado 4.

2.- Estructura básica del pie de rey.

Sol: Apartado 2.1.1.

3.- Diferenciar el vacuómetro de cátodo caliente del de cátodo frío.

Sol: Apartado 3.4.1.4. y 3.4.1.5.

4.- Que nombre recibe el aparato por el cual podemos detectar los pesticidas.

Sol: Apartado 3.9.2.

5.- Cita las distintas formas por las que podemos efectuar una medida.

Sol: Apartado 1.

7.- BIBLIOGRAFIA.

- Chamorro, Carmen; Belmonte, Juan. *El problema de la medida*. *Didáctica de las magnitudes lineales*. M. Editorial Síntesis.

- VVAA: *Estimación en cálculo y medida*. Editorial Síntesis.

- Dienes, Z.P.: *Los primeros pasos en matemática: exploración del espacio y práctica de la medida*. Golding, E.W. Editorial Teide.

- Aguilar Gutiérrez, Miguel: *La medida en Ciencias Naturales*. Editorial Rialp.

RESUMEN (Ejemplo para la Redacción del tema en la Oposición)

MEDIDA DE MAGNITUDES: INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS. EL ERROR DE MEDIDA

En el campo de la detección y adquisición de datos procedentes de una medida existe una total interrelación entre Ciencia y Tecnología. En cierto modo, la Tecnología es la rama del saber que permite crear y fabricar instrumentos para los que la Ciencia ya tiene teorizado un procedimiento.

Se define medida como la operación o conjunto de operaciones, mediante las cuales se determina cuantitativamente una magnitud física, ya sea comparándola con las magnitudes que se eligen como patrones o mediante la utilización de instrumentos calibrados. De esta manera, el resultado de la medida es un valor que nos indica la relación entre la magnitud en estudio y el patrón que se tiene como unidad; por este motivo, el símbolo numérico que expresa el resultado de la medida debe ir acompañado siempre de la unidad correspondiente, ya que se faltase esta indicación del dato numérico solo, no expresaría nada.

Según la forma de realizar una medida, se pueden distinguir medidas directas o relativas, en las que se comparan los valores a medir con su patrón de la unidad, medidas indirectas o absolutas, cuando se aplica a las magnitudes físicas que están en función de otras o bien medidas con aparatos calibrados, que utiliza las propiedades de las magnitudes que se van a medir para relacionarlas con el valor de la medida. En cualquier caso, una medida siempre tendrá un procedimiento de medida, en el que en multitud de ocasiones existen alternativas con otros aparatos, objetos o nuevos procedimientos.

De todas las magnitudes que propone el sistema internacional, existen un número determinado de magnitudes básicas como la longitud, los ángulos, el tiempo y la frecuencia, la masa, la corriente eléctrica, la temperatura y la intensidad luminosa, considerándose el resto de magnitudes derivadas de éstas.

Medidas de magnitudes básicas.

Medida de Longitud

Las medidas de longitud se basan en la definición de su magnitud básica, el metro, que según el sistema internacional se define como la longitud igual a 1.650.763,73 longitudes de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2_{p6} y 5_{d5} del átomo de criptón 86. Por el hecho de utilizar medidas de longitudes de onda de la emisión de un átomo, es decir utilizar métodos de interferencia, se puede calcular la distancia entre dos puntos, lo que supone realizar medidas a partir de otra magnitud física, con lo que se denominan medidas indirectas de distancia.

No obstante, hasta mediados del siglo XX ha perdurado como elemento patrón de la unidad de medida una barra de platino e iridio, cuya longitud se tomaba como un metro exacto. Por comparación con dicha barra se construían otras barras o metros, con los cuales se medía una distancia por comparación directa.

Existen multitud de métodos e instrumentos para medir longitud, siendo muchos de ellos apropiados a un rango determinado de distancia. A continuación se enumeran unos cuantos:

- Pie de rey o calibre: Es una escala metálica, recta y que termina en uno de sus extremos en una regla biselada que coincide perfectamente con la anterior, por el bisel, que posee una abertura para hacer las lecturas de medida mediante un trazo, que cuando ambos biseles están en contacto, marca el cero de la escala. También suelen llevar dos punzones, también biselados que introducidos en el interior de una pieza de contorno cerrado, permiten obtener las medidas interiores. Aprecian, generalmente, mediante un nonio, las décimas de milímetro y su rango de medida se encuentra en 10 y 15 centímetros.

- Tornillos micrométricos: Constan en general, de un bastidor metálico con un saliente en forma cilíndrica, perfectamente pulido en un extremo, y en el contrario, una carcasa que contiene un tornillo de paso micrométrico, que al girar hace avanzar o retroceder un cilindro metálico de idéntica sección que el citado cilindro fijo, y que en el punto de contrato con él, coincide en toda su sección. La cabeza del tornillo está provista de un trazo (fiel) y de un nonio, que enrasan con las divisiones existentes en el borde posterior de la carcasa, de tal forma que, para un giro determinado, se tendrá señalado el número de milímetros, décimas y centésimas de milímetros recorridos por el cilindro móvil.

- Patrones calibradores: Son piezas de acero templado, superficie pulimentada y longitud con error menor a una milésima de milímetro. Estas piezas coinciden perfectamente unas con otras por simple contacto y combinando varias de ellas se puede llegar a conseguir una amplia gama de longitudes. Las combinaciones de un juego de 110 calibradores permiten formar todas las longitudes desde 2 hasta 200 milímetros, en escalones de una milésima de milímetro, con error máximo de una milésima.

- Cintas y reglas métricas: Son elementos de poco precisión con lo que se utilizan para dar ordenes de magnitud de centímetros, utilizando material metálico flexible (cintas) o rígido prismático (reglas).

- Interferómetros: Son aparatos de precisión del orden de 10^{-4} a 10^{-6} milímetros, que utilizan como patrón de medida la longitud de onda de ciertas líneas espectrales, como la línea roja del cadmio, cuya equivalencia es de 1.553.164,13 longitudes de onda por metro, constituyendo la nueva definición del metro patrón. Opera de la siguiente forma: se divide un haz de luz en dos haces, que se propagan por distintos caminos de longitud diferente y se encuentra en un sensor luminoso. Cuando se unen los dos haces, las intensidades se suman o restan, dependiendo de cual sea la fase de las ondas, es decir, interfieren el uno con el otro.

Esta interferencia toma la forma visual de un patrón de bandas oscuras e iluminadas llamadas franjas de interferencia. Midiendo estas bandas se obtienen medidas muy precisas de distancias muy pequeñas.

- Sensores capacitivos: Usado en un amplio rango de máquinas de inspección automática en fábricas, pueden discriminar longitudes por debajo de 10^{-4} milímetros. Este instrumento usa las dos placas de un condensador eléctrico para medir la longitud de la pieza a comprobar. El condensador forma parte de un circuito oscilador, de tal forma que los cambios den la distancia entre las placas producen un cambio en la frecuencia de salida del oscilador. Midiendo este cambio de frecuencia, puede obtenerse el cambio de la distancia entre las placas.

- Sensores de transformador diferencial: Se basa en que el acoplamiento electromagnético entre dos bobinas queda afectado por la presencia de un núcleo ferromagnético común a una bobina primaria. Cuando la corriente alterna está circulando por la bobina primaria se induce tensión eléctrica en las dos bobinas secundarias. La longitud a medir está determinada por la posición relativa del núcleo en el interior de las dos bobinas secundarias de forma que, si comparten igual longitud de núcleo medirán la misma magnitud, mientras que si existe un desplazamiento en el núcleo, se inducirá más tensión eléctrica en una bobina que en otra. La diferencia de potenciales de ambas bobinas inducidas dan lugar a una magnitud proporcional a la longitud de núcleo de diferencia entre ambas. Puede llegar a detectar movimientos longitudinales del orden de 10^{-5} milímetros.

- Determinación de distancias astronómicas: La determinación de la distancia entre los planetas y las estrellas es el caso más claro de medida indirecta de distancias, pues no podemos realizar ninguna comparación con un patrón astronómico. Existen varios métodos como son:

  a) Por métodos trigonométricos, midiendo el radio de la Tierra, la distancia de la Tierra a la Luna, el Sol , etc. La medida de objetos más lejanos, como los de sistemas solares dentro de la galaxia o del grupo Local, se determinan por el método del paralaje, que consiste en resolver el triangulo construido por el cuerpo celeste como vértice opuesto a un lado que corresponde a la medida del doble de la distancia entre el Sol y la Tierra, determinada con una diferencia de seis meses.
  b) Por variaciones de las propiedades físicas de las estrellas, que se detectan básicamente por métodos fotométricos. Se basarán en la determinación de la distancia a una estrella por estimación de su intensidad luminosa absoluta y aparente.

- Instrumentos ópticos: utilizan las leyes de la óptica para aumentar la distancia visual de un objeto, al mantener el ángulo de visión constante. Son instrumentos de este tipo, las lupas, las lentes de aumento y los microscopios.

Medidas angulares.

Se determina el radián como la unidad de medida del ángulo y se define como el ángulo plano comprendido entre dos radios de una circunferencia que intercepta sobre ella un arco de longitud igual al radio. Existen otras magnitudes como el grado sexagesimal que considera el arco derivado de la división de un giro completo en 360 partes iguales. Para realizar las medidas angulares se utilizan medios y procedimientos como:

- Transportador de ángulos: Son escalas sencillas para la medición de ángulos, en forma semicircular o circular, recibiendo, respectivamente, el nombre de semicírculos o círculos graduados. Existen también transportadores especiales, para uso de marinos y topógrafos, que permiten trazar rectas desde el centro del circulo en cualquier dirección. Los transportadores pueden ir graduados en grados centesimales, sexagesimales o en milésimas artilleras. Los más perfeccionados suelen llevar, en el centro de un limbo metálico, un circulo de talco en el que se señala el centro de la graduación por una cruz filar. Alrededor de este círculo gira un brazo provisto de un nonio, que se desliza sobre el borde graduado del limbo; el eje del brazo se prolonga en una regla biselada en coincidencia con el cero del nonio. Un tornillo de presión y otro de coincidencia permiten afinar las lecturas, consiguiendo apreciar con un aparato tan sencillo hasta un minuto de arco.

- Goniómetro: En estos aparatos, la posición de un lado del ángulo a medir, móvil sobre un eje giratorio y provisto de una escala angular muy exacta, permite grandes precisiones auxiliándose de nonio y micrómetros. En topografía, la medición de ángulos es el complemento indispensable en la medida de longitudes para el levantamiento de planos.

- Teodolito y taquímetro: Miden ángulos de toda magnitud, con diversas precisiones, según el fin a que estén destinados. El fundamento de estos aparatos es el siguiente: si desde un punto señalado en el terreno se dirigen visuales a otros dos puntos, se originan dos tipos fundamentales de ángulos, los situados en el plano horizontal, ángulos acimutales y los contenidos en el plano vertical, ángulos cenitales. Así, han de ir compuestos esquemáticamente por un colimador o anteojo que tienen un movimiento de basculación alrededor de un eje horizontal y que arrastra en su movimiento un índice que señala sobre un limbo graduado fijo y vertical los ángulos cenitales. Todo el conjunto gira, a su vez, alrededor de un eje vertical, desplazando a otro índice sobre un segundo disco graduado fijo y horizontal, sobre el que se miden ángulos acimutales.

Medidas de tiempo y frecuencia.

Cuando se habla de medida de tiempos, normalmente se confunden dos conceptos distintos, aunque relacionados entre sí: el instante de tiempo en que ocurre un suceso instantáneo, es decir, la escala de tiempos y el intervalo de tiempo o duración de un suceso no instantáneo. Cuando se realicen medidas sólo el segundo concepto tiene sentido, es decir, lo que se miden son intervalos de tiempo transcurrido y luego se refieren a la escala cronológicamente

arbitraria. Para medir el tiempo es necesario algún proceso cuantitativo. Históricamente se han elegido dos procesos: el tiempo dinámico, que se basa en las leyes del movimiento y de la gravitación, que en la práctica se determina a partir del movimiento orbital de los planetas y se denomina tiempo efemérides y el tiempo electromagnético, que se basa en las leyes del electromagnetismo, basándose en la cuenta de determinados ciclos de radiación emitida por los átomos, denominándose tiempo atómico. De hecho, la definición de la magnitud "segundo" como patrón de medida de tiempo se extrae de este procedimiento indicando que un segundo es la duración de 9.192.631.720 periodos de la radiación correspondiente a la transición de 2 niveles anexos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.

No obstante, en la práctica, además de la observación astronómica de la posición de las estrellas, de posición de los planetas y de rotación de la Tierra, se han construido medios e instrumentos mecánicos que aproximan dicha medida.

Por otra parte, medir una frecuencia en una señal periódica, es medir indirectamente la cantidad de veces que se repite el ciclo, dado que el término de periodicidad atiende a la situación en la que el periodo de tiempo entre dos ciclos consecutivos es constante.

Para este tipo de mediciones temporales se pueden indicar los siguientes instrumentos o procedimientos:

- Medidores astronómicos: Básicamente, consisten en la detección de cuando una estrella determinada cruza una línea marcada verticalmente en un telescopio que tiene una orientación fija. Versión automática es el tubo fotográfico cenital, que fue adaptado para medir el tiempo, en 1934, en el Observatorio Naval de Estados Unidos. En este caso, el telescopio está colocado verticalmente y realiza fotografías de estrellas cercanas al cenit. Otro instrumento son el astrolabio y los relojes de sol.

- Medidores mecánicos o eléctricos: Los medidores de tiempo, tanto mecánicos como atómicos, son los que se denominan propiamente relojes. Un reloj es un instrumento que indica intervalos de tiempo o el paso del tiempo.

- Medidores atómicos: Existen dos categorías de relojes atómicos. Unos son sólo controladores de frecuencia estables y otros son los que constituyen los patrones absolutos de frecuencia, y que se han convertido en la base misma de la definición del segundo. Este tipo de reloj usa las transiciones entre distintos niveles energéticos de un átomo o de una molécula para producir ondas electromagnéticas extremadamente regulares y coherentes, es decir, que todas las emisiones de los distintos átomos o moléculas están en fase. Esto se consigue con los dispositivos máser y láser. De entre ellos, los relojes más usados han sido los de cesio y los de hidrógeno.

- Medida de frecuencia por vía directa: Los métodos empleados son muy diferentes según las frecuencias consideradas. Así tenemos:

- Medida de frecuencias industriales, donde uno de los métodos más usados es el de medida de frecuencias con taquímetros, que están basadas en el principio del alternador, es decir que la frecuencia de giro del generador es proporcional a la frecuencia de la onda eléctrica generada.
- Medida de frecuencias en el rango 50 Hz – 500 Mhz. Donde los puentes frecuencímetros son los más habituales.
- Medida de frecuencias en el rango superior a 500 Mhz: En este rango entran tantotas microondas como las ondas de luz. Una propiedad importante de las microondas es que pueden transmitirse por cavidades metálicas, denominadas guías de onda, las cuales tienen la propiedad importante de que para cada frecuencia que se quiera transmitir existen unas dimensiones apropiadas, que permiten la transmisión de un único modo sin atenuación de la señal. De esta forma indirecta de medida de su magnitud se puede medir la frecuencia.

- Medida de frecuencias por métodos comparativos. Estos métodos son los más precisos para la medida de frecuencias. Su gran precisión proviene del hecho de que por pequeña que sea la diferencia de los periodos de dos fenómenos de frecuencias próximas, uno de ellos termina por adquirir un retraso notable con relación al otro, si se observan durante un tiempo lo suficientemente largo.

  - Método de batido, válidos para toda la banda de frecuencias, en el dominio considerado aquí. En los batidos acústicos la frecuencia a medir y una frecuencia calibrada variable excitan un auricular telefónico. El operador compara estas frecuencias por escucha simultánea, apareciendo una señal de batido de la señal si las frecuencias no son rigurosamente iguales.
  - Métodos estroboscópicos, donde se incluye el método de las figuras de Lessajous.
  - Métodos cronográfcos, que permiten medir la frecuencia de un fenómeno bien contando el número de periodos del mismo durante un tiempo determinado, bien contando el número de un fenómeno patrón durante un número determinado de períodos del fenómeno estudiado.

Medida de masa y peso.

En la actualidad no existe ninguna forma de conocer la masa de un planeta sin aplicar las leyes de la gravitación universal, siendo la constante de la gravedad, el elemento que relaciona masa y peso. Los instrumentos empleados para la medición de masas se conocen en general como balanzas, de entre las que destacan:

- Balanzas expeditas: Son de pequeña precisión y de capacidades de pesada que oscilan aproximadamente el kilogramo, en balanzas comerciales y un número elevado de toneladas en las grandes básculas industriales. El fundamento de las balanzas es el establecimiento de un equilibrio entre el peso desconocido de un cuerpo y uno conocido. No obstante, existen balanzas y básculas de muelles que establecen los pesos jugando con la fuerza necesaria para producir una extensión dada de un resorte. Los pesos se miden sobre una escala graduada.

- Balanzas romanas. Se basan en el principio de la palanca de primera especie, constando de una barra graduada provista de ganchos para suspender los cuerpos a pesar y la romana misma, y de una pesa que se desplaza a lo largo de la barra, variándose el brazo hasta lograr el equilibrio. Es un instrumento de medida comparativa de poca precisión.

- Balanzas de laboratorio. Existen las balanzas de brazos iguales y las balanzas de brazos desiguales. Son utilizadas para el análisis de productos y sustancias en laboratorios. Se considera un instrumento de gran precisión pero de muy poca capacidad de pesada, que consta de una palanca ligera y rígida sobre la que van montadas tres cuchillas de ágata paralelas entre sí y perpendiculares al eje longitudinal de la palanca e igualmente espaciadas. El borde inferior de la central descansa sobre un plano de ágata perfectamente pulido, sostenido por un pie central y sobre las dos laterales se aplican dos placas idénticas, que sostienen los platillos, los cuales pueden oscilar libremente alrededor de las cuchillas que los sostienen. En el pie central existe un fiel que se mueve sobre una escala fija y graduada desde el centro. La pesada se consigue al quedar el fiel perfectamente centrado en el cero de la escala. En el pie existe una palanca excéntrica que permite, al desplazarse hacia arriba o hacia abajo, bajar o levantar el puente hasta conseguir el apoyo de los platillos sobre la base con objeto de evitar fuertes oscilaciones y alargamientos permanentes.

Los instrumentos usados hoy en día para pesar se realizan con instrumentación electrónica para conseguir altas velocidades de lectura y además, pueden ser almacenadas, procesadas y mostradas sobre una pequeña pantalla. Así, existen tres métodos de medida en uso:

- La célula de carga, que se basa en la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar apreciablemente su resistencia eléctrica cuando se les somete a una tensión.
- El presductor, que es un transductor de presión, es decir, un instrumento que convierte la presión en una señal eléctrica.
- La balanza de fuerza, que se basa en el desplazamiento, por el objeto cuyo peso se quiere medir, de una bobina en un campo magnético estacionario.

Medida de magnitudes eléctricas.

La corriente eléctrica se utiliza como la magnitud básica de todas las magnitudes eléctricas. La corriente eléctrica es la cantidad de cargas eléctricas que circulan por unidad de tiempo y su unidad de medida se redefine como el Amperio. En el sistema internacional se define como la intensidad constante que, mantenida entre dos conductores paralelos, rectilíneos y de longitud muy grande comparada con su sección, y colocados a una distancia de 1 metro, provoca entre ellos una fuerza de 2.10^{-7} N/m.

Los aparatos de medición de este tipo de magnitudes están basados en la producción de una fuerza mecánica al paso de la corriente eléctrica, excepto los aparatos de medida que digitalizan la evolución de la señal eléctrica y muestran la medida a través de un panel digital. No obstante, se podrían clasificar los medidores de corriente:

a) Magnetoeléctricos o de cuadro móvil: Es el más común y útil de los amperímetros. Consta de una bobina que rota sobre un eje que es perpendicular a un campo magnético producido por un imán permanente.

b) Ferromagnéticos o de hierro móvil: el funcionamiento de estos aparatos resulta de la acción ejercida por una corriente que circula por una bobina fija sobre una pieza móvil ferromagnética.

c) Electromagnéticos o de imán móvil: Se basan en la acción de una corriente eléctrica sobre una aguja imantada, sustituyéndose en algunos casos la pieza móvil por una pieza ferromagnética, que se imanta por la acción de un permanente auxiliar y se denomina entonces aparato de hierro móvil e imán.

d) Electrodinámicos: El funcionamiento de estos aparatos se basa en la acción ejercida por una corriente eléctrica sobre otra, pudiendo ser utilizados tanto en corriente continua como en corriente alterna.

e) Digitales: utilizan sensores patrones, que detectan señales analógicas según intervalos. Estos valores se adecuan a un valor de clase del intervalo y se codifican mediante convertidores analógicos digitales.

Medida de Temperatura y Calor

Aunque existen muchas definiciones de temperatura, podemos decir que es una medida de la capacidad que tiene un sistema para transferir calor, es decir energía a otros sistemas. Los medidores de temperaturas, es decir, los termómetros, aprovechan este hecho. Así, un termómetro es un aparato que se coloca en contacto con el sistema del cual queremos medir su temperatura. El sistema entonces, cederá o absorberá energía del mismo, dependiendo de su valor de temperatura. Esta transferencia de calor produce una variación de una propiedad física determinada del material del que está formado el termómetro y con una adecuada calibración y medida de esta variación se obtiene directamente la temperatura del sistema. Existen medios termométricos para medir temperaturas mediante la incorporación de la misma en gases, en líquidos o en sólidos.

- Termómetro de gas. Proporcionan la mejor medida absoluta de la temperatura en un rango amplio de valores, aunque sólo son prácticos para bajas temperaturas. Se basan en la ecuación de los gases ideales que relacionan presión, volumen y temperatura del fluido. Se dividen en:

    - Termómetros isócoros, en los cuales la presión del gas confinado en un volumen constante se usa como medida de temperatura.

- Termómetros isobáricos, en los cuales se realiza la medida en un recipiente a presión constante.
- Termómetros isotérmicos, en los cuales lo que se observa es la variación de presión y volumen del gas después de haberlo mantenido en contacto con el sistema, de tal forma que haya podido intercambiar materia.

En cualquiera de los casos el gas usado es normalmente helio, sobre todo para la medida de bajas temperaturas, utilizando para el resto hidrógeno, nitrógeno y argón.

- Termómetro de líquido. Son los más antiguos y básicamente no se diferencian del primer termómetro. Consisten en un bulbo de cristal unido a un tubo capilar graduado y cerrado por el otro extremo. Un líquido llena el bulbo y una parte del capilar, mientras que el resto del capilar permanece lleno con algún gas. Existen termómetros de líquido con construcciones especiales como el termómetro clínico, para medir temperaturas similares a las del cuerpo humano, termómetro oceanográfico reversible, termómetros de mínimo y máximo o termómetros de tubo de Bourdon.

- Termómetro de sólido. Se basan fundamentalmente en la propiedad de la dilatación de los sólidos ante una aportación de calor, aunque también existen medios que miden la temperatura de un sólido observando la variación resistiva, la emisión de radiación, el ruido térmico, el color superficial, etc.

Medida de Intensidad Luminosa

Un fotómetro o fotodetector es un elemento sensible a la luz y por tanto, es un instrumento que mide la intensidad luminosa, el flujo luminoso o la brillantez; y la fotometría es la ciencia de la medida de la luz visible.
Se distingue de la radiometría en que la unidad de energía de ésta es el vatio, unidad física objetiva, mientras que la unidad de la fotometría es arbitraria y subjetiva: el lumen, que mide los efectos visuales de una fuente de luz.

Los fotodetectores pueden dividirse en dos grandes grupos: los constituidos mediante semiconductores y se basan en el fenómeno fotovoltaico y fotoconductiva y los que se construyen a partir de fotocátodos y están basados en el efecto fotoeléctrico.

- Medidores fotoconductores y fotovoltaicos: El efecto físico en que se basan los fotoconductores es la liberación de electrones en un semiconductor por la absorción de la luz, lo cual produce un incremento de la corriente, que se traduce externamente en un cambio aparente de la resistencia eléctrica del material, denominándose por tanto fotoconductores o fotorresistencias.

- Células fotoeléctricas: Son básicamente diodos electrónicos a los cuales se les ha sustituido el cátodo por un fotocátodo, es decir, un metal en el cual se produce el efecto fotoeléctrico

con gran eficiencia en la zona de la luz visible. El fotocátodo normalmente es una capa de cesio, que tiene una gran eficiencia de emisión de electrones al ser iluminado en el espectro visible. Sin embargo, el tipo de material depende de la región del espectro en el cual se vaya a usar. Puesto que no es necesario calentar para emitir electrones, pertenece a la clase de diodos de cátodo frío, donde los electrones emitidos son recogidos por un ánodo positivo y medidos con un microamperímetro.

Medidas de magnitudes derivadas.

Una vez estudiadas las magnitudes básicas, se pasará a estudiar las magnitudes derivadas de estas, como el caso de las medidas de velocidad y aceleración, o las medidas de densidad.

Medida de velocidad y aceleración

Existen dispositivos que permiten calcular la velocidad pudiendo estar en el propio móvil o fuera de él, como puede ser el radar. Este aparto está basado en el efecto Doppler para ondas electromagnéticas que consiste en la medida de la variación de frecuencia de la onda reflejada por el móvil y que dependerá de la velocidad del objeto.

Para medir la aceleración se utilizan a menudo elementos piezoeléctricos que ofrecen una variación voltaica ante una deformación física debido a una presión. Indirectamente la presión será debida a la fuerza que ejerce un elemento móvil de masa constante que se desplaza con una aceleración determinada.

Medida de densidad

Para medir la densidad de fluidos líquidos, se utilizarán medios como la balanza hidrostática o midiendo indirectamente la masa del volumen de un fluido dado.

Para la medida de sólidos se utilizan fundamentalmente dos procedimientos. El primero consiste en medir el empuje realizado por una masa en una balanza según el principio de Arquímedes.

Medida de presión.

La definición de presión se determina como la fuerza que perpendicularmente es ejercida sobre una superficie o tensión dentro de un fluido. Se habla de presión absoluta de un fluido a la presión total ejercida incluida la presión atmosférica. Por otra parte, se define como presión manométrica o presión relativa aquella en la que no se incluye la presión relativa. Dado que resulta una función potencial, la presión es un término diferencial, es decir, la presión de un punto se mide comparativamente con la de otro punto.

Los manómetros son los instrumentos más habituales para la medida de presión y se encargan de transformar la presión que se ha de medir en la altura equivalente de una columna de líquido de peso específico conocido, aplicando las leyes de la mecánica de fluidos. Otros manómetros habituales son los manómetros de deformación de sólidos, donde se compara el desplazamiento sufrido en una membrana o en un resorte.

Otro método es la utilización de los dispositivos piezoeléctricos comentados con anterioridad, en los que una deformación física elástica debido a una deformación, se traduce en una señal eléctrica de valor determinado según la ley de variación física del dispositivo.

Errores en las medidas.

Se asume que dado que el mundo que nos rodea no es perfecto, cualquier medida realizada conlleva un error. Claro está que se ha de aproximar la perfección a la medida realizada con instrumentos o técnicas patrón. De esta forma, de la comparación de una medida cualquiera con la medida patrón, se extraen varios conceptos:

- El error absoluto es aquel que supone la diferencia de ambos valores patrón y medido.
- El error relativo es la relación entre el error absoluto y el valor patrón.
- La precisión de una medida se determina como el error cuadrático medio obtenido al realizar varias mediciones de una misma medida en las mismas condiciones.
- La apreciación en una medida, se relaciona con el mínimo intervalo de magnitud que un sistema es capaz de medir.

Por otra parte, a fin de determinar la naturaleza de los errores estos pueden ser debidos a:

- Errores en el aparato o técnica de medida, asociándose este tipo de errores a la imperfección de los materiales con los que se construye el aparato o que intervienen en el procedimiento de medida.
- Errores del operador, en las que intervienen los errores cometidos por la falta de precisión de los sentidos humanos, como la dificultad visual de apreciación de una mínima medida. También pueden ser debido a una inexactitud en la aplicación de las condiciones de medida por parte del operario, como una mala selección de escala o errores de perpendicularidad o de paralaje frente al instrumento de medida.
- Errores a variaciones en las condiciones medioambientales, donde los elementos componentes de los aparatos o los que intervienen en un procedimiento de medida, son variados físicamente ante un cambio de temperatura, de humedad o de presión ambiental.

A lo largo del tema se ha tratado de explicar todo lo relacionado con el cálculo de magnitudes, los aparatos existentes para realizar las mediciones, su estructura y los distintos métodos para la utilización de los instrumentos. Esto da una idea de la similitud y cercanía que existe entre los dispositivos tecnológicos con los procedimientos y leyes fundamentales de la Física.

Bibliografía:

- CHAMORRO, C. y otros: El problema de la medida. Didáctica de las magnitudes lineales. Ed. Síntesis.
- Varios autores: Estimación del cálculo y medida. Ed. Síntesis.
- DIENES, Z.P. y otros: Los primeros pasos en matemática: exploración del espacio y práctica de la medida. Ed. Teide.
- AGUILAR GUTIÉRREZ, M.: La medida en Ciencias Naturales. Ed. Rialp.