

- *AWAC Nortek*, Perfilador de corrientes acústico y sensor de presión.

A partir de un equipo acústico ubicado en el fondo del mar conocido como *AWAC (Acoustic Wave And Current)*, por sus siglas en inglés) se obtiene todo el perfil de la corriente, así como el espectro del oleaje direccional. Este equipo está comunicado vía módems acústicos marca *Benthos*, con la boya para posterior envío de los datos.

-*Benthos*, Módems Acústicos

El sistema de comunicación acústico es manufacturado por *Benthos*. En el fondo del mar se localiza el módem acústico transmisor montado y conectado al *AWAC*

-*Free Waves*, Radio Módems

El sistema de radio comunicación opera entre las frecuencias de 902 MHz a 928 MHz con un alcance de 96.5 km en línea de vista a través de los protocolos RS232.

1. VARIABLES A MEDIR

El clima es el resultado de numerosos factores que actúan conjuntamente. Los accidentes geográficos, como montañas y mares, influyen decisivamente en sus características.

Para determinar estas características podemos considerar como esenciales un reducido grupo de elementos: la temperatura, la humedad y la presión del aire. Sus combinaciones definen tanto el tiempo meteorológico de un momento concreto como el clima de una zona de la Tierra.

Para definir el proyecto se abordarán de manera general las variables a medir, así como su utilización en las estaciones oceanográficas, estableciendo con esto las necesidades a cubrir con la boya.

A pesar de que no en todas las variables se tomó parte, debido a que durante la revisión del sistema se encontró que únicamente presentan daños los elementos montados propiamente en la boya, descartando principalmente al perfilador de corrientes acústico y sensor de presión así como los módems acústicos ya que estos se manejan de manera independiente estando ubicados al fondo del mar, como ya es mencionado anteriormente en la descripción de estos equipos.

1.1 Temperatura

Posiblemente la temperatura es la medida más común en meteorología. Al ser combinada con otros parámetros como: presión atmosférica, velocidad del viento y humedad; nos da idea de las condiciones exteriores e incluso ayuda en la predicción del estado del tiempo.

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Aunque existen otras escalas para otros usos, la temperatura del aire se suele medir en grados centígrados (°C).

La temperatura depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares. También depende del tipo de sustratos (la roca absorbe energía, el hielo la refleja), la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua, etc.

1.2 Humedad del aire

La humedad indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire cálido puede soportar mayor humedad que el aire frío. Cuando el aire no es capaz de contener más humedad en una temperatura dada se considera saturado.

La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire y se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

La saturación es el punto a partir del cual una cantidad de vapor de agua no puede seguir creciendo y mantenerse en estado gaseoso, se convierte en líquido y se precipita.

La humedad relativa se define como el porcentaje de saturación del aire con vapor de agua, es decir, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y presión. De tal forma que la humedad relativa de una muestra de aire depende de la temperatura y de la presión a la que se encuentre.

$$\text{HR} = (\text{presión de vapor actual} / \text{presión de vapor a saturación}) \times (100).$$

Para medir la humedad relativa del aire se utilizan el higrómetro.

Cuando se enfría aire húmedo en ausencia de superficies sólidas sobre las cuales pueda producirse la condensación, la presión parcial del agua puede ser superior a la presión de vapor del agua a esa temperatura, por lo que se dice que el aire está sobresaturado de vapor de agua.

Cuando el sistema está en condiciones de equilibrio y se perturba, se puede provocar una condensación repentina que se manifiesta formando neblina o pequeñas gotas líquidas. Es la temperatura a la cual el aire queda saturado por enfriamiento sin adición de vapor de agua y a presión constante (proceso isobárico). Cualquier disminución posterior de temperatura (enfriamiento) produce condensación, así se forma la niebla y el rocío. También puede decirse que es la temperatura a la que el vapor de agua de la atmósfera empieza a condensarse (la temperatura del termómetro seco y húmedo del psicrómetro son iguales).

Para cualquier temperatura de punto de rocío el contenido de vapor de agua es constante, independientemente de las temperaturas seca y húmeda. Este concepto es muy útil para expresar la humedad atmosférica, ya que se usa para pronosticar la probabilidad de formación de niebla y nubes, etc.

Humedad absoluta es el número de gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire a una temperatura y presión determinadas. Se expresa en g (de vapor de agua)/m³ (de aire) a una presión y temperatura especificadas.

La humedad específica se expresa en g (de vapor de agua) / kg. (de aire húmedo).

Mezcla de humedad es la relación entre la cantidad (masa) de vapor de agua y la cantidad (masa) de aire seco, y se expresa en g (de vapor de agua) / kg. (de aire seco).

1.3 Presión atmosférica

La presión atmosférica es el peso de la masa de aire por cada unidad de superficie. Por este motivo, la presión suele ser mayor a nivel del mar que en las cumbres de las montañas, aunque no depende únicamente de la altitud.

Dicha presión está relacionada con su densidad, la cual a su vez está vinculada con la temperatura del aire y con la altitud en determinado nivel de la superficie terrestre, la presión "normal" a nivel del mar es de unos 1,013 milibares y disminuye progresivamente a medida que se asciende. Para medir la presión utilizamos el "barómetro".

Las diferencias de presión atmosférica entre distintos puntos de la corteza terrestre hacen que el aire se desplace de un lugar a otro, originando los vientos. En los mapas del tiempo, los distintos puntos con presiones similares se unen formando unas líneas que llamamos "isobaras".

1.4 Viento

Se define al viento, en general, como el movimiento de las masas de aire. Sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es:

Corriente horizontal de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición está representada por los "vientos orográficos" que circulan en forma ascendente.

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, y a las presiones bajas y altas. El excesivo calentamiento del aire hace que éste se dilate y se anime de un movimiento ascendente

dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató, o centro de baja presión barométrica; este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

Atendiendo a su acción los vientos se clasifican en:

- a) Constantes o regulares.- soplan en una dirección todo el año
- b) Periódicos.- invierten su dirección con las estaciones del año o con el día y la noche.
- c) Irregulares.- son los que carecen de periodicidad y soplan en una y otra dirección indiferentemente.

Atendiendo a su extensión se puede clasificar a los vientos en:

- a) Generales o planetarios
- b) Locales

Como ejemplo de los vientos constantes y a su vez generales se encuentran los vientos alisios, contralisios y polares o vientos del Oeste.

El origen de estos vientos se encuentra en la región ecuatorial de la Tierra, en donde existen los mayores motivos de calentamiento y humedad.

A consecuencia de esto el aire se vuelve más ligero y se establece una corriente ascensional de aire caliente y húmedo, este se precipita en forma de copiosas lluvias. Luego el aire ya más seco y pesado se derrama por las capas superiores de la atmósfera en dirección a los polos, a este flujo de vientos se le denomina *Contralisios*. Para llenar el vacío que dicha corriente ascensional deja en extensa zona ecuatorial (de 300 a 1000 km) se mueven por abajo los llamados vientos Alisos que llegan del norte y del sur y vuelven a elevarse formando por lo tanto un cinturón carente de vientos horizontales en el ecuador teórico de la Tierra que recibe el nombre de Calmas Ecuatoriales, nombre dado por los marinos debido a la frecuencia con que los veleros se quedaban estacionados por falta de viento.

Ahora bien, si la tierra no estuviese dotada de movimiento de rotación y no existiesen perturbaciones en la superficie de la misma, la trayectoria de estos vientos (Alisios y Contralisios), coincidiría con los meridianos, pero en virtud de este movimiento de rotación de las moléculas atmosféricas al trasladarse de los polos al ecuador, que es el caso de los vientos alisios, estos van encontrando regiones dotadas de creciente velocidad lineal (la velocidad lineal de la Tierra va en aumento a medida que se va uno acercando de los polos hacia el ecuador) lo que da por resultado que en vez de seguir trayectorias de los polos al ecuador se desvían hacia el Este en el Hemisferio Norte y hacia el Oeste en el Hemisferio Sur, lo que da en la zona ecuatorial vientos del Noreste al Norte del ecuador y vientos del Sureste al Sur de este.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas de vientos o de tormenta y fuerzas sobre las estructuras; de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas.

Elementos que caracterizan al viento

Los elementos que caracterizan al viento son tres:

- a) Dirección en la que sopla
- b) Intensidad o velocidad con que sopla
- c) Frecuencia o número de veces que se presenta con determinadas características durante un lapso cualquiera, utilizándose normalmente la hora, el día, mes, estación o año.

Dirección: para definir la dirección se utiliza la denominada “*Rosa de los vientos*“, que no es más que un limbo circular que puede estar dividido en 4, 8, 16, 32 partes. Es decir, la dirección del viento es el punto cardinal de donde sopla; así, por ejemplo, un viento Norte es el que proviene del Norte. Los puntos cardinales comúnmente empleados son ocho: N, NE, E, SE, S, SW, W, y NW.

Intensidad: Es la velocidad con que sopla y se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/s, km/h, nudo). Para su medición se utiliza la escala internacional llamada de *BEAUFORT* (modificada) que se presenta en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Escala de Beaufort			
Grado	Nombre	Velocidad (m/s)	Condiciones del mar
0	Calma	0.0 – 0.2	Mar llana
1	Vetolina	0.3 – 1.5	Ondulación pequeña en la superficie, sin producción de espuma.
2	Flojito	1.6 – 3.3	Olas cortas y bajas que no rompen; mar rizada
3	Flojo	3.4 – 5.4	Oleaje que empieza a romper; poca espuma mar rizada
4	Bonacible	5.5 – 7.9	Olas de poca altura pero de mayor longitud; borregos de espuma; marejadilla.
5	Fresquito	8.0 – 10.7	Se acentúa la longitud de las olas; generalización de borregos de espuma; esporádicamente rociones de espuma; marejada

6	Fresco	10.8 – 13.8	Se inicia la formación de grandes olas, que rompen; rociones de espuma al aire; mar gruesa
7	Frescachón	13.9 – 17.1	Crece la mar; mar muy gruesa
8	Duro	17.2 – 20.7	Olas de altura notable; las crestas despiden espuma pulverizada; mar arbolada
9	Muy duro	20.8 – 24.4	Olas muy grandes; balances pronunciados; la espuma empieza a afectar la visibilidad
10	Temporal	24.5 – 28.4	Olas considerables; mar blanca de espuma, balances fuertes.
11	Borrasca	28.5 – 32.6	Olas extraordinariamente altas; visibilidad escasa a causa de la espuma
12	Huracán	32.7 – 36.9	Atmósfera y mar completamente llena de espuma; visibilidad casi nula

En relación con la intensidad del viento, cabe mencionar la que se usa en los boletines meteorológicos en regiones tropicales (escala Saffir Simpson) de la siguiente forma:

Perturbación tropical: son circulaciones débiles que se presentan en latitudes entre los 5° y 8°.

Depresión tropical: circulación sensiblemente cerrada y centro bien definido; velocidad máxima de 40 kph.

Tormenta tropical: forman nubosidades espesas y algunas perturbaciones se disipan al alcanzar esta clasificación. Las velocidades aumentan, fluctuando entre 60 y 120 kph.

Huracán: velocidades de viento superiores a los 120 kph. la cual tiene cinco sub-categorías.

Relación intensidad del viento – estado del mar.

La mar levantada por el viento, o “mar de viento”, es en realidad fusión creciente de tres variables; la fuerza o intensidad del viento, su persistencia y su fetch.

El fetch es la extensión rectilínea sobre la que sopla un viento de fuerzas teóricamente constantes, es decir es una “zona de generación”. El fetch delimita su longitud en forma paralela

a la dirección del viento, expresándose en kilómetros o millas y, para un viento dado, la altura del mar es creciente. En otras palabras, la altura del oleaje es mayor para un viento dado con fetch largos que con fetch cortos.

Internacionalmente se ha adoptado la escala de Douglas para definir el estado del mar, asociando un nombre característico y correspondiendo a cada uno de los grados de la Beaufort (tabla 1.2).

Tabla 1.2 Escala de Douglas.			
GRADO DOUGLAS	DENOMINACION	EQUIVALENCIA BEAUFORT	ALTURA DE OLA (m)
0	Calma	0	0
1	Llana	1	0-0.1
2	Rizada	2 y 3	0.1-0.5
3	Marejadilla	4	0.5- 1.25
4	Marejada	5	1.25-2.50
5	Gruesa	6	2.50- 4.00
6	Muy gruesa	7 y 8	4 – 6
7	Arbolada	9	6- 9
8	Montañosa	10	9- 14
9	Confusa	11 y 12	Más de 14

Los aparatos más comúnmente usados en la actualidad para determinar las características de los vientos son: anemómetro y anemógrafo.

Anemómetro

Indica la velocidad y dirección del viento en forma simultánea, logrando tal objetivo por medio de un tacómetro que se liga a través de un engranaje a un eje vertical en cuyo extremo superior tienen una serie de aspas cóncavas o copas adosadas a una cruceta (los hay de 3 y 4 copas), llegan a tener una carátula en donde se puede ver directamente tanto la velocidad como la dirección del viento incidente.

Otro tipo de anemómetros muy utilizados son los de tipo sónico que se basa en que la velocidad de propagación del sonido depende de la velocidad del viento. Lo que se mide en este caso es el tiempo que demora una señal de sonido en atravesar una distancia conocida (normalmente unos 20 cm). Este intervalo de tiempo está relacionado con la velocidad del viento en la dirección

entre el emisor y el receptor. Mediante una medición similar, realizada en una dirección perpendicular a la anterior, se puede calcular la velocidad total del viento y su dirección.

Anemógrafo

Este aparato cuenta adicionalmente con un mecanismo de graficación que imprime sus trazos en un papel graduado que va colocado en un tambor que se desplaza mediante un mecanismo de relojería. La graduación vertical define la velocidad y la horizontal el tiempo.

1.5 Marea

El primer acercamiento serio al fenómeno fue hecho por Newton en 1687 en su “Philosophie Naturalis Principia Mathematica”, en la cual mostró la atracción gravitacional entre el Sol, Luna y Tierra. Es decir, Newton obtuvo la teoría que se conoce como “estática”, la cual, aunque imperfecta, proporcionó la noción esencial de la fuerza de atracción que los astros tienen sobre las moléculas líquidas.

Más tarde, en 1799, Laplace presentó más detalles y el panorama fue haciéndose poco a poco más claro (teoría dinámica). Este investigador estableció que el movimiento del nivel del mar en un punto determinado es la consecuencia de: a) oscilaciones libres, en donde las características (periodo y amplitud), son función de las dimensiones del vaso o recipiente que constituyen los océanos; b) oscilaciones forzadas, producto de la acción (atracción) perturbadora de los astros (luna y sol).

Con estas bases, se han hecho muchos progresos a partir del siglo pasado y así en nuestros días el análisis y predicción de las mareas son procedimientos más o menos comunes; en la primera parte de éste, los cálculos se basaron en el uso de métodos semianalíticos, los cuales fueron ejecutados a mano. Para situaciones complicadas se hizo indispensable el soporte de un modelo hidráulico o analógico. Con el desarrollo de las computadoras digitales esto ha cambiado completamente y hoy en día prácticamente todos los análisis de mareas se hacen con ayuda de ellas. Por su parte los modelos físicos para estudiar exclusivamente la dinámica de las mareas son rara vez realizados en la actualidad. Los métodos analíticos son usados solamente en los casos de una primera aproximación para propósitos de control.

Cuando se trate con mareas surgirán dos preguntas:

¿Por qué es importante tener conocimiento acerca de las mareas?

¿Qué es exactamente una marea?

Contestando a la primera pregunta, las razones pueden ser:

- Reclamación de áreas costeras

- Cierre o apertura de bocas
- Problemas de seguridad de estructuras
- Problemas de intrusión salina
- Generación de energía
- Transporte de sedimentos
- Otros

La segunda pregunta se contesta parcialmente observando “Marea es la oscilación de largo periodo del nivel”

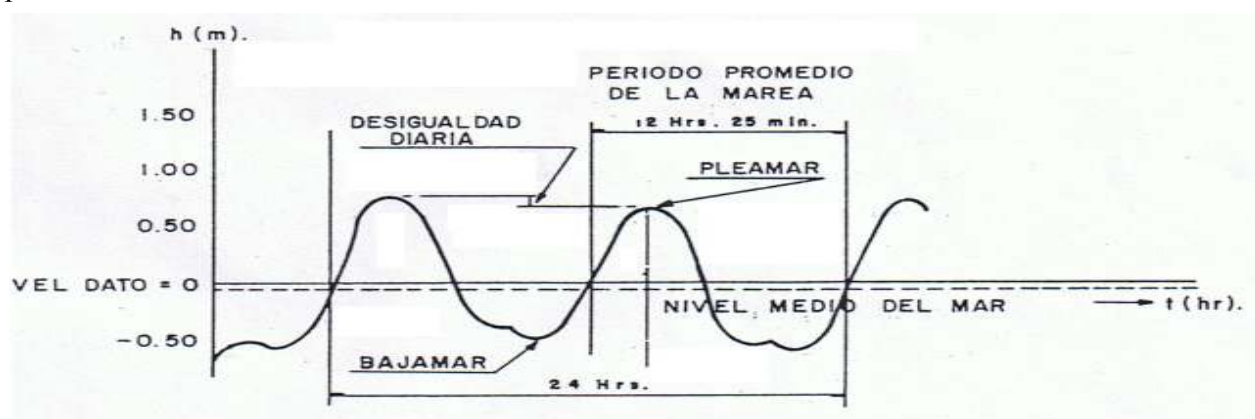


Figura 1.1 Mareas

Antes de explicar algunas de las características de las mareas presentadas en la figura 1.1, se debe primero considerar el origen de las mareas, es decir las causas que las originan.

Mareas astronómicas

Como fue explicado por Newton, las mareas están relacionadas con las fuerzas de atracción del Sol, la Luna y la Tierra.

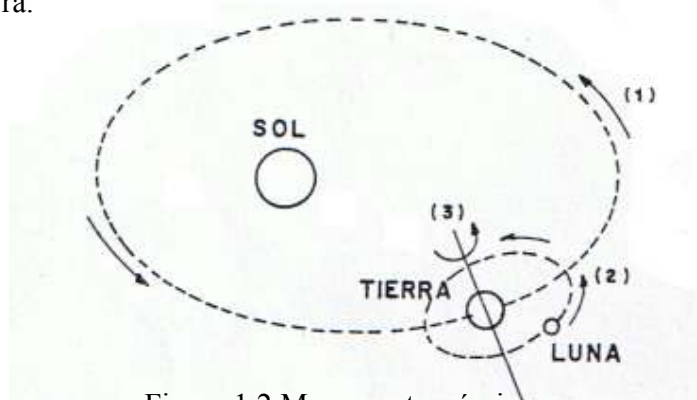


Figura 1.2 Mareas astronómicas

Los movimientos del sistema solar son:

- 1) Tierra alrededor del Sol (365 días)
- 2) Luna alrededor de la Tierra (27.3 días)
- 3) Tierra alrededor de su propio eje (24 horas)

Para simplificar una explicación del fenómeno, sólo se considera el sistema Tierra- Luna, haciéndose las siguientes suposiciones:

- a) La Tierra está cubierta totalmente con una capa de agua
- b) La Luna está en el plano del ecuador de la tierra.
- c) No existe rotación de la Tierra

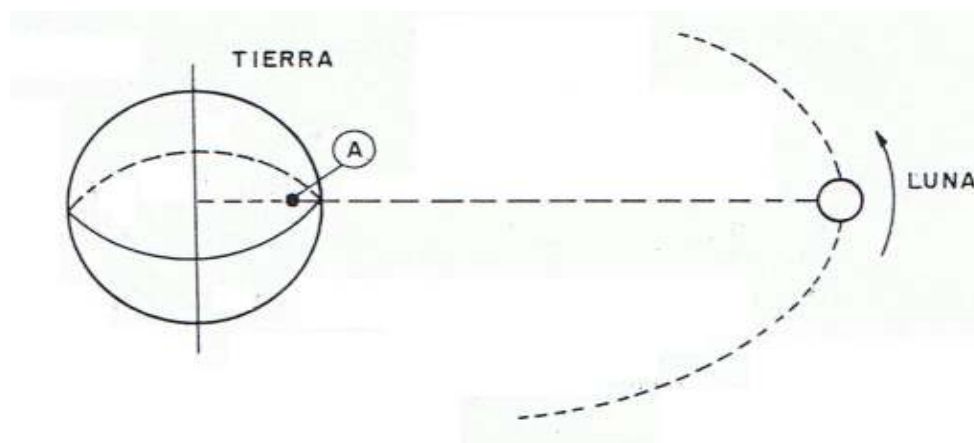


Figura 1.3 Sistema Tierra Luna

El sistema combinado Tierra- Luna tiene su centro de gravedad en el punto A. En otras palabras: el sistema gira alrededor del punto A en aproximadamente 27 días.

Mientras giran, los dos cuerpos ejercen fuerzas gravitacionales entre ellos y por razón de equilibrio éstas fuerzas deben ser contrarrestadas por fuerzas centrífugas.

Es obvio que estas fuerzas deformarán la capa de agua que cubre a la Tierra, en la forma indicada en la figura 1.4.



Figura 1.4 Capa de agua de la Tierra

La segunda consideración (la Luna en el plano del ecuador de la Tierra) no se cumple en realidad, debido a que el eje de la Tierra hace un ángulo de 66.5° (valor promedio) con el plano de la Luna. La tercera (no rotación de la Tierra) no es válida tampoco, ya que como es conocido realmente sí tiene movimiento.

Si se aplican las situaciones reales el resultado será como se muestra en la figura 1.5

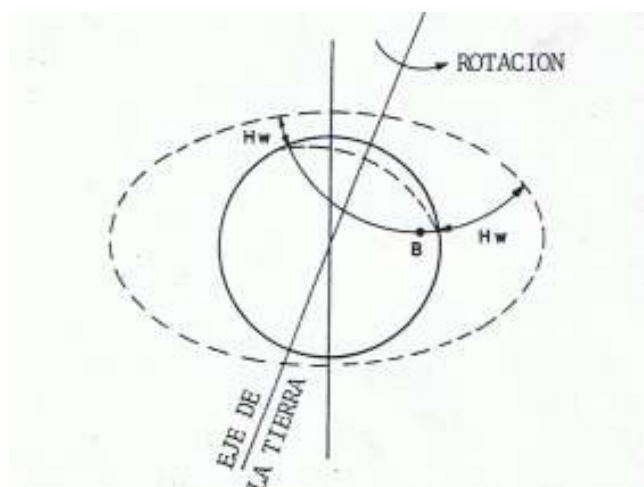


Figura 1.5 Eje terrestre

Esto implica que, por ejemplo, en el punto B de la figura anterior, habrá por lo tanto dos pleamares y dos bajamares en un período de alrededor de 25 horas. La marea en el punto B es llamada “*marea semidiurna*”

Ahora que ha sido genéricamente analizado el principio de la marea lunar, algunas de las características mostradas en la figura 2.4 pueden explicarse

La primera es que el periodo de la marea semidiurna es un poco mayor de 12 horas, lo cual puede entenderse con base en el hecho de que la marea es gobernada por dos movimientos.

- La rotación de la Tierra
- La traslación de la Luna alrededor de la Tierra

Esto quiere decir que en un cierto lugar en la Tierra de cara a la Luna no será visto otra vez hasta después de un giro completo de la Tierra en 24 horas. Dado que la Luna se ha movido también en ese período un total de $1/27.3$ partes de 360° , lo cual es alrededor de 13° , significa que tardará un tiempo adicional de $(13^\circ/360^\circ) \cdot 24$ horas, o sea alrededor de 50 minutos para estar en fase con la Luna otra vez y, puesto que el período de la marea semidiurna es la mitad de ese tiempo, implica que sea igual a $(24 \text{ h } 50 \text{ min})/2 = 12 \text{ h } 25 \text{ min.}^*$

Además, debido a la influencia combinada del Sol y la Luna, será un poco menor de 50 minutos en marea viva y ligeramente mayor en marea muerta.

*Este es un valor promedio que no es constante a lo largo de un mes, debido a la órbita elíptica de la Luna.

La segunda característica que se puede observar en la figura 2.4 es la que se denomina desigualdad diaria, lo que induce que tanto las dos pleamares como las bajamares subsecuentes no sean de la misma altura.

Hasta ahora, debido a las simplificaciones, todo ha sido fácil de entender, pero una consideración no ha sido todavía analizada; la suposición de que la Tierra está cubierta por una capa de agua. Esta aseveración no es completamente cierta, puesto que existen los continentes y las demás zonas terrestres. Como sea, existe una angosta faja de agua alrededor de todo el mundo en las cercanías del Polo Sur (63° a 64° latitud Sur), siendo a través de este canal que las mareas se mueven alrededor del globo terrestre.

Además de las mareas semidiurnas existen otros dos tipos: diurna y mixta.

Explicar por qué en un cierto lugar de la Tierra se presenta alguno de los tres tipos es muy difícil. Las mareas, las cuales entran a los océanos por el Sur, son reflejadas por los continentes, amortiguadas debido a los efectos de aguas bajas, incrementadas con mareas que provienen del otro extremo de un continente, etc. Adicionalmente, hasta ahora, solo se ha considerado la influencia de la Luna, pero el Sol tiene un efecto similar sobre las masas de agua de la Tierra, aunque su magnitud es solamente el 46% que la de la Luna. Además. Debido a las órbitas elípticas de la Tierra y de la Luna y a que sus declinaciones no son constantes, se tiene que en un lugar especial se puede tener un tipo de marea diferente que en otro, tanto en su tipo como en su magnitud.

Por ejemplo, Las mareas en el Golfo de México son del tipo diurno o mixto diurno (amplitud media del orden 0.45 m), mientras que en el Pacífico Mexicano se encuentran mareas mixtas semidiurnas (amplitud medida de 1.10 m a 1.60 m) y en la zona del golfo de California, aunque

también son del tipo mixto semidiurno, sus amplitudes son bastantes más grandes (superior a 4.00 m).

Dentro de los tipos de mareas mencionados existen, a su vez, dos variantes que se conocen como mareas muertas, las cuales dependen de la fase de la Luna.

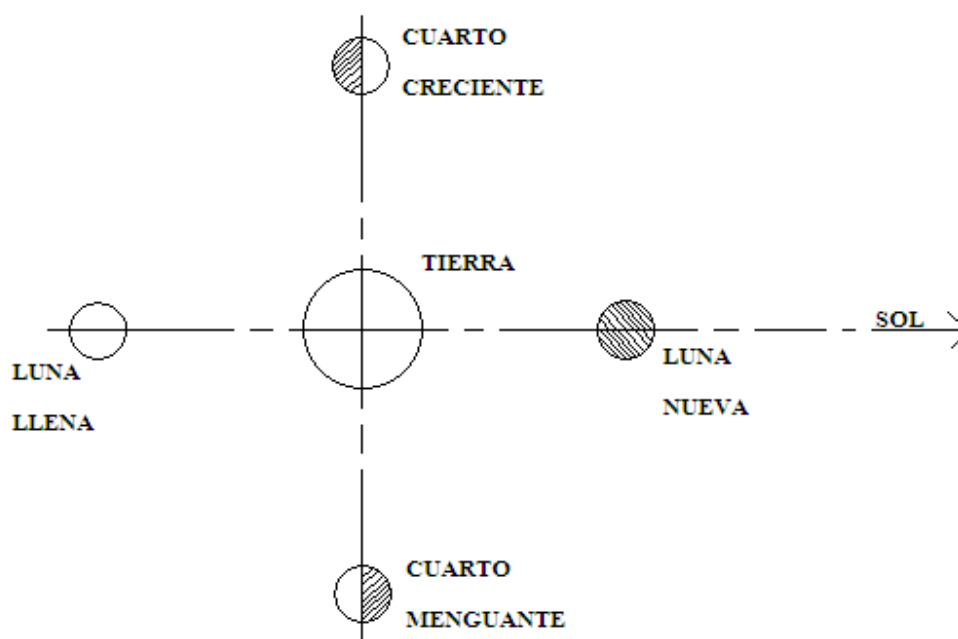


Figura 1.6 Luna, Tierra y Sol

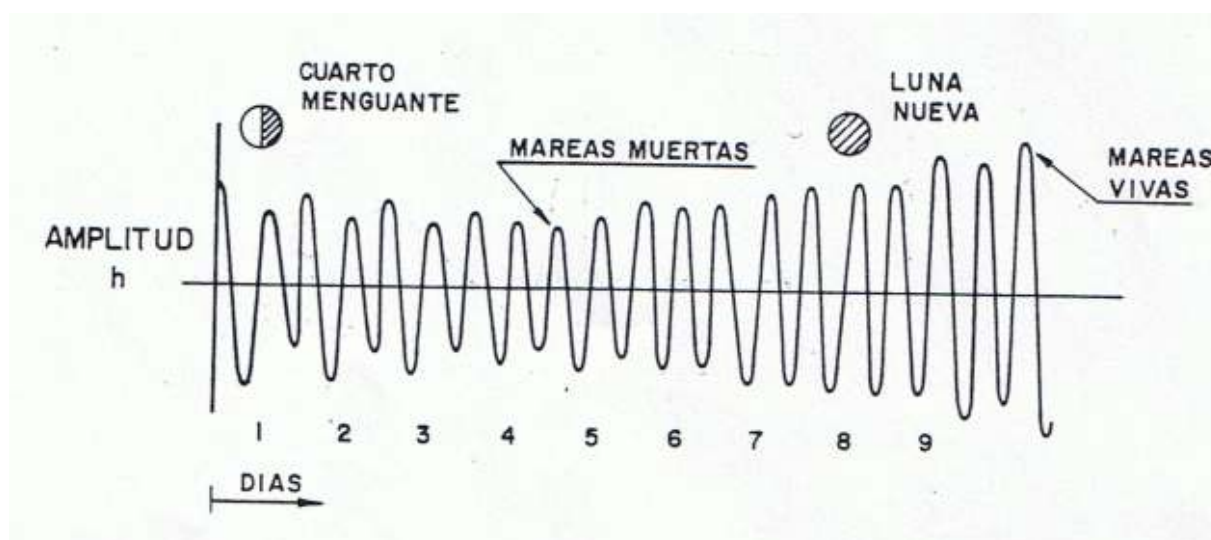


Figura 1.7 Mareas vivas y muertas

De las figuras anteriores se puede observar que:

- En cuarto creciente y cuarto menguante, el Sol y la Luna no se encuentran alineados, no pudiendo sumar sus efectos de atracción sobre las partículas de agua.
- En Luna nueva y llena, el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran alineados provocando niveles más altos de agua que el promedio, mientras que en cuarto creciente y menguante son más bajos los niveles de agua.

Específicamente en la figura 1.7, puede observarse que las mareas vivas y muertas ocurren algún tiempo después que la ocurrencia de la fase de la Luna que las origina. Esto es debido al tiempo de viaje del área del Polo Sur al lugar considerado y a los efectos de amortiguamiento y reflexión, etc. Esta diferencia en tiempo es llamada edad de la marea.

Para un período de un año existe un fenómeno adicional, al cual se le conoce como marea equinoccial en la que se presentan las máximas amplitudes en un año y ocurre para el caso de Luna llena de equinoccio, ya que el Sol se encuentra lo más cercano a la Tierra. A estas mareas se les puede considerar como las máximas mareas vivas durante todo el año, siendo, por consecuencia, las mínimas mareas muertas cuando se presenten el cuarto creciente o menguante en coincidencia, las mínimas mareas muertas se presentan cuando el cuarto creciente o menguante está en coincidencia con el solsticio.

Recapitulación

Las mareas como se dijo pueden ser de los siguientes tipos:

Diurna: un pleamar y una bajamar por ciclo, en un período de 24 h y 50 min (valor promedio).

Semidiurna: dos pleamares y dos bajamares durante dos sucesivos ciclos con período de 12 h y 25 minutos cada uno (valor promedio) las amplitudes de ambas son sensiblemente semejantes.

Mixta: dos pleamares y dos bajamares durante dos ciclos sucesivos, con período de 12 h y 25 min cada uno (valor promedio); las amplitudes de ambas presentan diferencias notorias (desigualdad diaria).

La desigualdad diaria: para mareas semidiurnas y mixtas, es la diferencia en altura entre los niveles de dos pleamares o bajamares sucesivas:

Marea viva: es la máxima amplitud que alcanza la onda en el mes (en realidad el aumento empieza desde la marea muerta), ocurriendo algún tiempo (la edad de la marea) después de aparecida la Luna llena o nueva. Se le denomina marea de “sicigias”.

Marea muerta: es la mínima amplitud que alcanza la onda en el mes (decrece a partir de la marea viva), ocurriendo algún tiempo después que han aparecido los cuartos creciente y menguantes.

Marea equinoccial: es la máxima amplitud alcanzada por la onda durante todo el año, como producto de la atracción de los astros (mareas astronómicas).

Las estaciones que sirven para obtener los registros de los niveles generados por las mareas, cualquiera que sea su índole, se les puede clasificar en primarias y secundarias. Las primarias cuentan con aparatos y/ o instalaciones por un espacio de tiempo relativamente grande, mientras que las secundarias se instalan para cubrir necesidades específicas de algún proyecto de pequeña magnitud, siendo operadas durante corto tiempo.

Por su parte los instrumentos destinados a la medición de ondas de mareas se clasifican en dos: mareómetros y mareógrafos.

1.6 Corriente

En general se pueden definir a las corrientes como el desplazamiento de una masa de agua y normalmente se caracterizan con su dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen, es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se tratan aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla marítima por hora = 1853 m/ h.) o bien en m/s.

Las corrientes para su estudio se pueden dividir en cuatro apartados: corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por oleaje. Aunque en relación con su ámbito también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su área relativa de influencia, resultando obvia su diferenciación.

Corrientes Oceánicas

Las causas que generan las corrientes marinas son esencialmente dos: viento y gradiente de densidades.

El viento como elemento generador opera por efecto del arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez, por transmisión de momento actúan sobre las moléculas más profundas, según sea la intensidad y persistencia del viento, también, dependiendo de que existan o no elementos que se opongan al mantenimiento del flujo de aguas. Por lo tanto, este tipo de corrientes se pueden decir que en general son prácticamente superficiales y de poca intensidad.

Este tipo de corrientes coinciden en dirección con los vientos generales o planetarios (alisios y contralisios, etc.) y tienen una dirección más o menos constante en el transcurso del año.

El gradiente como elemento productor de las corrientes está determinado por las diferencias de densidad de las masas de agua, la cual es función de la temperatura y la salinidad. Es por ello que algunas corrientes presentan componentes en el plano vertical, que implica el transvase de masas de agua de uno a otro plano potencial o estrato.

Una serie de elementos circunstanciales contribuyen a matizar a las corrientes cualquiera que sea su origen. La configuración litoral y la topografía del fondo son dos de estos elementos; Así mismo, influye la inercia de la misma corriente, una vez generada.

La aportación de agua dulce puede ser también un elemento característico de un esquema de corrientes, tratándose de corrientes que involucran una gran cantidad de masa de agua, la fuerza de Coriolis es otro agente que define un determinado comportamiento.

Si se atiende a la temperatura de las aguas, las corrientes se clasifican como calientes y frías y basan su importancia fundamentalmente en el hecho de que determinan ciertos comportamientos de orden biológico, en relación con la presencia de especies vegetales y animales. Las principales corrientes de este tipo a nivel mundial se presentan en la figura 1.8.

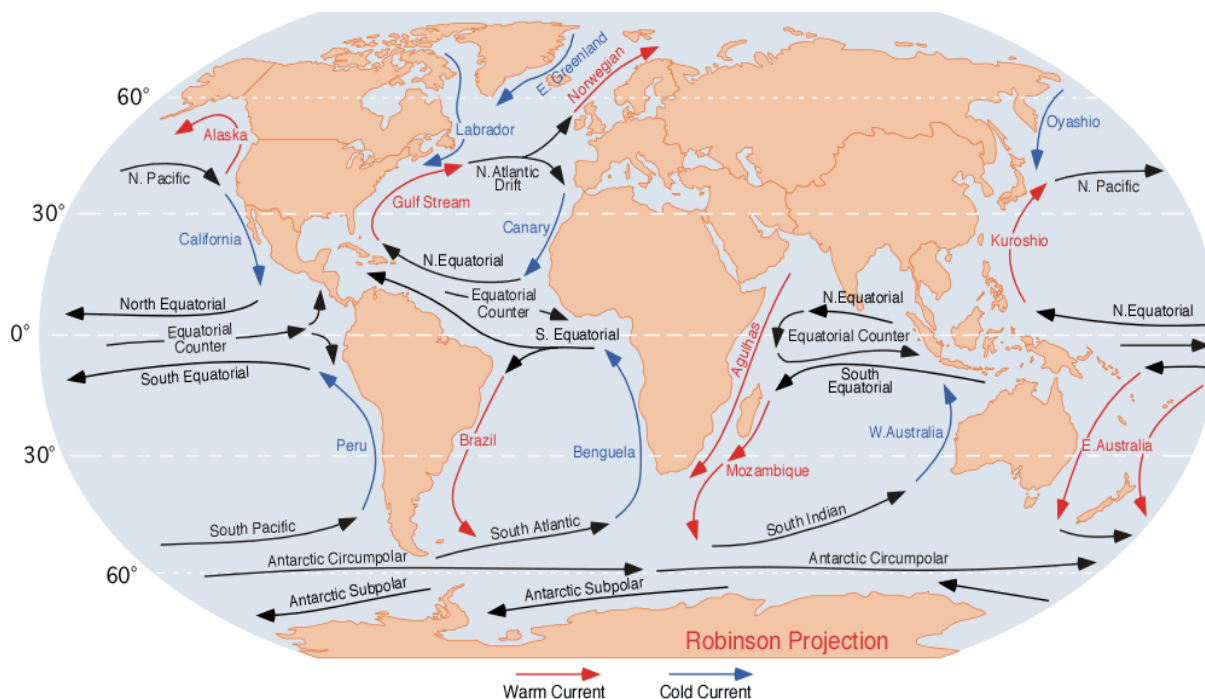


Figura 1.8 Principales corrientes del mundo

Corrientes locales inducidas por viento

Cuando el viento sopla sobre la superficie libre del mar, se produce un esfuerzo cortante sobre el agua y las partículas líquidas que, cuando el viento no actuaba, describían órbitas elípticas casi cerradas al paso de las olas, ahora tendrán una resultante de translación importante.

Corrientes por marea

La elevación y descenso periódico del nivel del agua genera movimientos notables en las masas líquidas, sobre todo en zonas costeras en donde la comunicación con el mar abierto está relativamente restringida (estuarios, bahías, entradas a puerto, desembocaduras, etc.) y genera las llamadas corrientes de marea.

Las características de las corrientes de marea, como es fácil de comprender, cambian de un lugar a otro, dependiendo en primer término del carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración del terreno donde se desarrolla. Por lo tanto no son recomendables las expresiones analíticas para su cálculo, haciendo necesario su medición directa o la utilización de modelos numéricos complejos.

Corrientes producidas por oleaje

Debido al fenómeno del oleaje, para ciertos valores de la profundidad del fondo en relación con la altura de la ola, o bien por su relación de esbeltez ($r = H/L$), ésta tiende a romper, modificando sustancialmente las características del transporte de masa líquida y, en consecuencia, provocando corrientes.

La importancia de las corrientes producidas por el oleaje radica fundamentalmente en el hecho de que son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros.

Para la medición de las corrientes marinas se pueden emplear diferentes dispositivos y aparatos. Uno de los más sencillos y a la vez más utilizados es el flotador de deriva el cual permite conocer la velocidad de las corrientes a la profundidad deseada, así como la dirección o tendencia de la misma. Para tal efecto los flotadores, una vez soltados en el agua, se posicionan desde tierra a cada determinado tiempo con base en puntos conocidos de una poligonal playera.

Los aparatos para medición se denominan corrientómetros y pueden ser del tipo mecánico o electrónico. Estos aparatos se introducen al agua desde una lancha y registran la velocidad con base en una propela calibrada y un contador de revoluciones.

Existen otros corrientómetros electrónicos más complejos, los cuales operan fondeados en el fondo del mar, recuperándose periódicamente la información registrada de velocidad y dirección de las corrientes. Hoy día los perfiladores de corrientes acústicos son los más precisos para

determinar los vectores que caracterizan las corrientes marinas (módulo y dirección) en la columna de agua mediante métodos que aprovechan el efecto doppler en la propagación del sonido en el agua.

1.7 Oleaje

Si una persona se para en la playa y observa el mar, podría ver que arriban a ella olas de diversos períodos y alturas; horas después, en la misma playa, el observador notará que la línea de costa ha retrocedido o avanzado, con respecto a la primera posición vista, debiéndose ello al efecto de la variación del nivel del mar inducida por las mareas, mismas que tienen un relativo largo periodo y no son perceptibles en pequeños lapsos de observación. Las olas, por el contrario, no han variado prácticamente en nada y pueden distinguirse con tan sólo unos instantes de observarlas; ello es debido a que son de “período corto”.

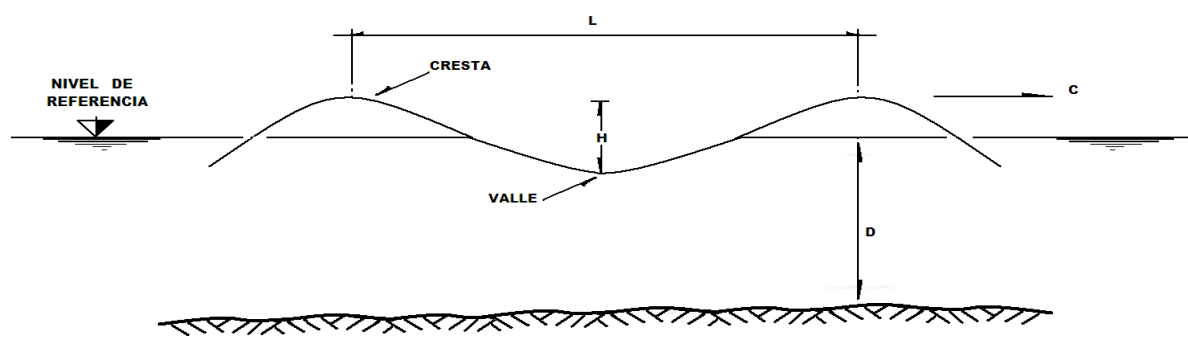


Figura 1.9 Oleaje

La altura de la ola H se define como la distancia vertical entre la cresta y el valle o seno de una ola determinada; por su parte la longitud L es la distancia horizontal medida entre dos crestas o valles consecutivos. Otra característica importante de la onda de oleaje está dada por su período T , el cual se define como el tiempo que tardan en pasar por un punto fijo dos crestas o dos valles consecutivamente; la celeridad C de la onda, es la velocidad con la cual se desplaza la ola, es decir $C = L / T$.

Para definir las características del perfil de una ola, se utiliza la llamada relación de esbeltez $\gamma = H / L$; por su parte, la frecuencia del oleaje queda determinada por el inverso del período: $\omega = 1/T$.

Las olas en el océano son de una amplia gama de períodos, la onda de capilaridad es la que tiene el período más corto, siendo éste menos de 0.07 s, con longitud menor de 1.7 cm y altura máxima entre 1 y 2 mm; la fuerza principal en este tipo de ondas es la tensión superficial. En

todas las demás ondas la principal fuerza de restablecimiento es la gravedad, denominándose en general “ondas de gravedad”

La onda que tiene una mayor concentración de energía es el oleaje producido por el viento, el cual tiene periodos máximos de alrededor de 20 s, habiéndose registrado alturas máximas del orden de 30 m.

Las ondas de largo período se asocian a los Tsunamis, generados por temblores ocurridos en el océano o por la erupción de algún volcán submarino (período de algunos minutos hasta de una hora); onda o marea de tormenta, generada por este tipo de perturbaciones meteorológicas; y la onda de marea astronómica con períodos del orden de las 12 h.

Fuentes de información del oleaje estadístico

La manera más confiable que existe para conocer las características del oleaje para un sitio determinado, sería el realizar mediciones directas durante un lapso que se recomienda no sea menor de 1 año, para lo cual en la actualidad existen diferentes aparatos que permiten llevarlo a cabo.

De esta forma podrían conocerse todas las variables que definirían al oleaje en el sitio en cuestión. Por ejemplo, a partir de una muestra de un determinado número de olas se estaría en posibilidad de definir la altura significativa H_s o lo que es lo mismo la $H_{1/3}$; si se supone una muestra de 9 alturas de ola cuyas ordenadas, de mayor a menor, fueran:

$$H_1= 3.7 \text{ m}, H_2= 3.5 \text{ m}, H_3= 3.3 \text{ m}, H_4= 3.1 \text{ m}, H_5= 2.9 \text{ m}, H_6= 2.9 \text{ m}, H_7= 2.8 \text{ m}, H_8= 2.7 \text{ m}, H_9= 2.5 \text{ m}$$

Ya que el número de olas $N= 9$, entonces para $H_{1/3}$

$$1/n \cdot 9 = 1 / 3 \cdot 9 = 3$$

Y como, por definición, se deben considerar las alturas de olas más grandes

$$H_{1/3} = (H_1+H_2+H_3)/3=(3.7+3.5+3.3)/3 = 3.5 \text{ m}$$

Claro está que en este caso sería muy discutible la representatividad de una muestra tan pequeña.

Sin embargo, la medición directa casi nunca es posible realizarla, bien sea por motivos de orden económico o por la necesidad de contar con datos rápidamente, por lo que es común hacer uso de fuentes de información que definen las variables de oleaje en cuanto a período y altura.

Causa	Int	Efectos
Viento	TT	Dificultad en la operación de actividades portuarias de pesca y actividades al aire libre
	H1	Suspensión total de pesca mayor, actividades de descarga y operación en puertos
	H2	Daño en cables, grúas y estructuras expuestas al viento. Rotura de vidrios y ventanas.
	H3	Daño severo en grúas, torres y postes eléctricos. Destrucción en techos y casas de materiales temporales
	H4	Daños en techos de naves industriales, volcaduras de equipos daños en estructuras menores.
	H5	Daños severos en estructuras, colapsos de casas habitación e infraestructura en general.
Oleaje	TT	Suspensión de actividades de pesca menor y en pequeños puertos.
	H1	Suspensión de actividades de pesca mayor y operación portuaria en general.
	H2	Daños en puertos y embarcaciones pequeñas.
	H3	Daños en embarcaciones medianas y destrucción de las pequeñas
	H4	Daños a rompeolas, monoboys, embarcaciones mayores, erosión playera, daños a muelles.
	H5	Colapso de estructuras de protección, daños severos a embarcaciones mayores y muelles.
Marea de Tormenta	TT	Inundación y erosión de la franja playera.
	H1	Inundación de caminos en zonas bajas y elevación en desembocadura de ríos.
	H2	Inundación en zonas bajas, caminos y planicies cercanas a ríos.
	H3	Inundaciones severas en zonas bajas, fallas en carreteras daño en puertos y marinas.
	H4	Inundaciones severas, daños en estructuras, fallas de tramos carreteros, daño en embarcaciones.
	H5	Inundaciones muy severas, daños en estructuras, puertos, destrucción de embarcaciones grandes

Tabla 1.3 Relación entre causas y efectos de los ciclones

2. TRANSDUCTORES COMO ELEMENTOS DE ENTRADA A SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

Un sistema de instrumentación electrónico consiste de varios componentes que se utilizan para realizar una medición y registrar el resultado. Por lo general consta de tres elementos principales: un dispositivo de entrada, dispositivo de procesamiento y un dispositivo de salida. El dispositivo de entrada recibe la cantidad por medir y envía una señal eléctrica proporcional al dispositivo de procesamiento. Aquí la señal se amplifica, se filtra o se modifica para ser aceptada por el dispositivo de salida. Este puede ser un simple medidor indicador, un osciloscopio o un registrador para presentación visual, o puede ser una computadora digital para manipulación de los datos o procesos de control. El tipo de sistema depende de qué se va a medir y de qué manera se van a presentar los resultados.

La variable de entrada de la mayoría de los sistemas de instrumentación es no eléctrica. Con el fin de utilizar métodos eléctricos y técnicas de medición, manipulación o control, las cantidades no eléctricas se convierten en una señal eléctrica por medio de un dispositivo llamado transductor. Una definición establece que “*el transductor es un dispositivo que, al ser afectado por la energía de un sistema de transmisión, proporciona energía en la misma forma o en otra a*