

## MEDICIONES METEOROLÓGICAS/OCEANOGRÁFICAS

### 2.0 Conceptos generales sobre instrumentos de medición.

- **Un instrumento o dispositivo de medición** consta de: un sensor, un transductor (transforma la señal del sensor en una señal mecánica, digital o eléctrica) y un dispositivo de lectura.
- **Precisión o exactitud:** Límites porcentuales o absolutos que establecen la correspondencia entre el valor leído y el valor real de la variable medida.
- **Sensibilidad:** cambio en el valor leído asociado a un cambio dado en la variable medida.
- **Tiempo de respuesta:** tiempo que le toma al instrumento para adaptarse completamente a un cambio dado en la variable medida.

**2.1 Presión atmosférica/hidroestática:** Se trata de medir el peso por unidad de área horizontal de una columna de aire/agua que se extiende desde la superficie de medición hasta el tope de la atmósfera/superficie del mar. Las unidades serán: **Pa, hPa (milibar)/decibar, mm o pulgadas (“inches”) de Hg, pounds inch<sup>-2</sup> (psi) , Kg-peso cm<sup>-2</sup> (atmósfera técnica)/~10 m columna agua, etc.**

- **Barómetro de mercurio** (Fig. 2.1): Deriva del experimento de Torricelli. Único barómetro que mide la presión absoluta. Para leer la altura de la columna de mercurio, la superficie libre de éste debe llevarse a un nivel fijo (punta de marfil) desplazando el fondo con un tornillo. La altura de la columna dependerá no solo de la presión atmosférica sobre esa superficie libre sino también de la temperatura (dilatación del mercurio) y de la gravedad (referencias: 0° C y 45 grados de latitud: **correcciones**).
- **Barómetro aneroide** (Fig. 2.2a) La presión se mide por deformación elástica de una cápsula metálica cerrada con vacío parcial. Puede estar mecánicamente compensado para cambios de temperatura (par bimetalico: Fig. 2.2b). Los altímetros son barómetros del tipo aneroide con escala de altura correspondiente a la atmósfera estándar. Microbarógrafo (Fig. 2.2c). Todos requieren de calibración.
- **Barómetro de estado sólido:** Transforman en señal eléctrica la variación de capacidad eléctrica de un condensador o la deformación de una lámina (strain gage). Requieren de calibración.

**2.2 Temperatura del aire/agua:** Se trata de medir la energía cinética media de las moléculas del fluido. Las unidades serán °C, °K, °F → °C/(°F-32) = 5/9.

- **Termómetro de mercurio (alcohol):** El lugar de medición debe estar ventilado y protegido de la radiación solar (cobertizo meteorológico: Fig. 2.3). En el mar la medición debe hacerse rápidamente con el bulbo rodeado de la misma agua de mar (Fig. 2.4). Hay termómetros que permiten registrar las temperaturas máxima y mínima (Fig. 2.5).
- **Termógrafo bimetalico:** Registra mecánicamente la temperatura por deformación de una espiral bimetalica (dos metales de distinto coeficiente de dilatación) (Fig. 2.6).
- **Termómetros de estado sólido:** Transforman en señal eléctrica una diferencia de temperaturas (termocuplas) o determinan la temperatura por variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor (termistor) o de un metal (platino).
- **Termómetros remotos:** Están basados en la ley de Stefan-Boltzmann (ver Laboratorio 1).

**2.3 Humedad del aire/salinidad del agua:** Se trata de medir el contenido de vapor de agua/sal mezclado en el aire/agua. Se especifica habitualmente en gr/kg (‰). Humedad específica o razón de mezcla/salinidad .

- **Psicrómetro:** La humedad relativa del aire se determina a través de la diferencia de temperatura entre dos termómetros idénticos: uno con el bulbo seco y el otro con el bulbo húmedo. Ambas temperaturas se estabilizan cuando la pérdida de calor latente (evaporación desde el bulbo húmedo) compensa exactamente la transferencia de calor sensible desde el aire hacia el bulbo húmedo enfriado por la evaporación. Se asegura la igualdad de los coeficientes de transferencia turbulenta cuando ambos bulbos se ventilan mecánicamente (Fig. 2.7)
- **Salinómetro:** La salinidad se determina por variaciones en el índice de refracción o por cambios en la conductividad eléctrica del agua.

- **Higrómetro registrador (higrógrafo):** Se calibra alguna sustancia cuya longitud varía con la humedad relativa. El más utilizado es el de cabello humano (Fig. 2.8).
  - **Higrómetros de estado sólido:** Transforman en señal eléctrica una diferencia de temperaturas (termocuplas) o determinan la humedad relativa por variación de la resistencia eléctrica o capacidad eléctrica de un circuito.
- 2.4 Viento/corrientes:** Se trata de medir la velocidad y dirección del movimiento del fluido. La velocidad se mide por el giro (vueltas por unidad de tiempo) de un veleta o de un rotor y la dirección mediante una veleta. La dirección se especifica en  $\text{m s}^{-1}$  /  $\text{cm s}^{-1}$  o nudos (milla náutica por hora  $\sim 0.5 \text{ m/s}$ ) y la dirección en grados sexagesimales. En el aire la dirección indica desde donde sopla el viento; en el agua indica hacia donde se desplaza la corriente.
- **Anemómetro/ correntómetro electro-mecánicos:** El número de vueltas por unidad de tiempo de un rotor o hélice es proporcional a la velocidad del viento/corriente (Fig. 2.9)
  - **Anemómetro/ correntómetro acústico:** La diferencia de tiempo entre un pulso sonoro de ida y otro de vuelta en cualquier dirección da la velocidad del fluido, sabiendo la velocidad del sonido (depende de la temperatura). En la atmósfera se miden las tres componentes del vector velocidad mediante ultrasonido (Fig. 2.10).
- 2.5 Precipitación y Evaporación:** Se trata de medir el volumen de agua caída o evaporada en un metro cuadrado durante un cierto intervalo de tiempo (e.g. un día). Las unidades serán  $\text{mm/día}$  (equivalentes a  $\text{litros m}^{-2}/\text{día}$ ) o  $\text{pulgadas/día}$ . Se mide con pluviómetros (Fig. 2.11) y bandeja evaporimétrica (Fig. 2.12) respectivamente. En el caso de la Fig. 2.11 se trata de un pluviómetro de dos cachos balanceados. Al llenarse uno y caer por su peso activa un contador de pulsos y deja expuesto el segundo.
- 2.6 Sistemas integrados:** Se trata de hacer llegar las señales de varios sensores a un pequeño computador central o almacenador de datos (“data –logger”), que provee de alimentación eléctrica a los sensores (excitación), normaliza las señales analógicas (voltajes o corrientes), las muestrea a intervalos regulares y realiza operaciones sencillas con ellas (e.g. promedios) para luego almacenarlas en memoria sólida a intervalos programables o transmitir las a distancia. (Ejemplo: estación y boya meteorológica automáticas) (Figs. 2.13 y 2.14).

### MEDICIONES AEROLÓGICAS (perfiles verticales)

- 2.7 Radiosonda (desechable):** Se trata de medir la variación de la temperatura, humedad, presión y viento con la altura en atmósfera libre. La idea es transmitir estos valores por radio desde un paquete de sensores (radiosonda) que cuelga de un globo inflado con hidrógeno o helio (Fig. 2.15). El viento se determina por cambios sucesivos en la proyección de la posición del globo (sistema GPS) sobre un plano horizontal. Mediante la ecuación hipsométrica se calcula la altura de cada nivel de transmisión a partir de la altitud de la estación desde donde se lanza el globo.
- 2.8 Bati-termógrafo (desechable: XBT) y CTD:** Se trata de medir la variación de la temperatura (y salinidad en el caso del CTD) con la profundidad. La salinidad se mide a través de la Conductividad eléctrica, la Temperatura mediante un termistor y la profundidad (“Depth”) mediante un sensor de presión. (Fig. 2.16). El CTD se maneja con un cable (“winche”) que actúa de soporte y conductor de las señales de los sensores. El CTD, puede ir adosado a un sistema de botellas para muestras de agua que se cierran a profundidades preestablecidas en forma remota (“roseta”).
- 2.9 Globo piloto:** Se trata de medir la variación del viento con la altura por cambios sucesivos en la proyección sobre un plano horizontal de la posición de un globo que sube con velocidad ascensional constante (Fig. 2.17). La posición angular del globo (acimut y elevación) se determina mediante un teodolito óptico a intervalos regulares de tiempo (e.g. cada 30 segundos con velocidad de ascenso de  $120 \text{ m min}^{-1}$ : resolución vertical de 60 m).
- 2.10 Globo cautivo:** Se trata de medir la variación vertical de la temperatura, humedad, presión y viento en los primeros 1000 a 2000 m de altura. Un globo de forma aerodinámica (tipo “dirigible”) (Fig. 2.15) se ata a un cable (“winche”) sobre el cual se van colocando radiosondas especiales (Fig. 2.18) a diferentes niveles.

**2.11 Anclaje oceanográfico:** Se trata de medir esencialmente la variación de la temperatura y corriente con la profundidad. Una boya superficial o sub-superficial soporta un cable que va anclado al fondo del mar mediante un peso muerto, que se desconecta del cable a través de un sistema de desenganche acústico. En el cable se colocan a distintas profundidades correntómetros, termistores y otros elementos (e.g. trampas de sedimentos) (Fig. 2.19).

**2.12 Perfiladores verticales acústicos:** Se trata de medir en forma remota la variación vertical del viento/corriente mediante la detección por efecto “doppler” de inhomogeneidades en el índice de refracción del aire/agua que se mueven con el viento/corriente. Esto se logra enviando pulsos sonoros y recibiendo el retorno (señal retro-dispersada) de los mismos (**SODAR** en la atmósfera y **ADCP** en el océano). (Fig. 2.20). Un sistema de ondas de radio ( ) detecta cambios en la velocidad del sonido que, al depender de la raíz cuadrada de temperatura virtual, permite determinar su perfil vertical.

**2.13 Nefobasímetro láser:** Se trata de medir en forma remota la altura de la **base** de las **nubes (nefo)** mediante pulsos verticales de rayos láser que se reflejan o retro-dispersan en las gotitas de las nubes. El tiempo de ida y vuelta de cada pulso por la velocidad de la luz da el doble de la altura de la base de la nube (Fig. 2.21).

### GUIA DE TRABAJO

- 1. Graficar, analizar y discutir el ciclo diario de la temperatura, humedad relativa (razón de mezcla), presión y viento obtenidos en la terraza del DGF para el día .....**
- 2. Determinar la variación del viento con la altura mediante un globo `piloto que sube a razón de 120 m min<sup>-1</sup> y cuya posición angular a intervalos de 30 segundos es la siguiente:**

<b>Tiempo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Acimut</b>	<b>89.4</b>	<b>86.8</b>	<b>86.8</b>	<b>82.4</b>
<b>Elevación</b>	<b>21.9</b>	<b>24.1</b>	<b>25.3</b>	<b>26.5</b>

<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>81.1</b>	<b>81.8</b>	<b>84.8</b>	<b>84.9</b>	<b>79.5</b>
<b>28.7</b>	<b>29.1</b>	<b>29.6</b>	<b>29.6</b>	<b>29.0</b>

*Nota: El acimut se mide sobre el plano del horizonte en el sentido de los punteros del reloj a partir del N geográfico (0 o 360°). Si el trolito a punta al E/S/W los correspondientes acimut serán 90/180/270.*

*La elevación h es el complemento del ángulo cenital  $\chi$ . Por consiguiente se mide en un plano vertical a partir del horizonte ( $h = 0; \chi = 90$ ).*

- 3. Elegir un instrumento meteorológico/oceanográfico (distinto del de sus compañeros) y descríbalo completamente.**