

FELIX REYES

Alfredo Rivas López

La Red de Estaciones Hidrometeorológicas y
El Instrumental Básico de la Estación Meteorológica

Caracas , Diciembre de 1.979

M.
47
ej. 1

Alfredo Rivas López

Para mi muy apreciado
amigo y colega Félix Reyes

Alfredo Rivas López
12-01-80

La Red de Estaciones Hidrometeorológicas y
El Instrumental Básico de la Estación Meteorológica

Caracas , Diciembre de 1.979

INTRODUCCION.-

El contenido del presente texto está dirigido a los estudiantes que comienzan la carrera de hidrometeorología al facilitarles en forma sencilla conceptos básicos en relación con las estaciones meteorológicas y su instrumental. He tratado, en lo posible, de ceñirme a los requerimientos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) cuyas publicaciones me han servido en buena parte como base de la obra. El hecho de que solamente se ha descrito el instrumental básico de la estación meteorológica, hacen el trabajo incompleto. Faltaría el instrumental utilizado en las observaciones de la atmósfera superior, tales como radiosondas, radares, satélites meteorológicos, etc. Esta parte la está elaborando por separado otro colega como texto de aerología.

Tampoco se trata lo referente a la estación hidrológica y el instrumental empleado en hidrología ya que es tema tratado ampliamente en Hidrología de Campo.

ABREVIATURAS:

HLV = Hora legal de Venezuela

mb = milibares

mm = milímetros

mmHg = milímetros de mercurio

m.s.n.m. = metros sobre el nivel del mar

OMM = Organización Meteorológica Mundial

WMO = World Meteorological Organization

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
ABREVIATURAS	2
INDICE	3
I. LA RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS	8
Principios generales para la planificación de redes ..	8
Red óptima	9
Red mínima	10
Utilización óptima de las existentes para organizar una red mínima	11
Datos hidrometeorológicos que hay que tener en cuenta para determinar la densidad de una red	11
Densidad de las estaciones de observación para una red mínima	12
Red de estaciones pluviométricas	13
Red de estaciones hidrométricas	14
Localización de los pluviómetros en relación con la red de aforo	15
Mediciones nivométricas	15
Red de evaporación	15
Estaciones de referencia	16
Cuencas representativas	16
DISEÑO DE REDES HIDROLOGICAS BASADO EN EL CONCEPTO DE AÑOS EQUIVALENTES DE REGISTROS	17
Concepto de años equivalentes de registros	17
La red básica	18
Traspaso de información por análisis de regresión	18
Simulación de análisis de regresión	19
Diseño de las redes hidrológicas	20
II. CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES DE OBSERVACION METEOROLOGICAS	23

	Pág.
IX. RADIACION	104
Pirheliómetros o actinómetros	104
Piranómetros o solarímetros	104
Actinógrafo Robitzch	105
Evaluación de las gráficas del actinógrafo	109
X. PRESION ATMOSFERICA	114
Barómetros de mercurio	115
Escala de los barómetros	118
Instalación del barómetro	119
Errores en el barómetro	119
Orden de las lecturas en el barómetro	120
Correcciones y reducciones de la presión atmosférica ..	121
Barómetros aneroides	126
Barógrafos	128
Microbarógrafo	128
Altímetro	130
Hipsómetro	130
XI. VIENTO	131
Instrumentos para la medición del viento en su- perficie	132
El anemocinemógrafo o anemógrafo universal	139
Anemómetro de enfriamiento	146
Catatermómetros o Katatermómetros	146
La escala Beaufort	147
La observación del viento en el mar	147
XII. NUBOSIDAD	149
Clasificación de las nubes	149
Características suplementarias y nubes accesorias	158
Apariencia de las nubes	158
Luminosidad	158

	Pág.
Color	159
Observaciones de nubes	159
Cantidad de nubes	159
Identificación de las nubes	161
Altura de las nubes	161
Dirección y velocidad de las nubes	164
Nefoscopios de visión directa	165
Nefoscopios reflectores	166
XIII. LA VISIBILIDAD HORIZONTAL	169
Círculo de visibilidad	169
Fenómenos especiales en relación con la visibilidad .	170
XIV. ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS	171
Estaciones meteorológicas automáticas terrestres	171
Sensores	173
Aparatos de codificación	179
Sistemas de transmisión	181
Unidad de programación	182
Fuentes de energía	182
Estaciones meteorológicas automáticas marítimas	183
Estaciones climatológicas automáticas	184
Red de estaciones automáticas	187
BIBLIOGRAFIA	188

1.- LA RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS:

Principios generales para la planificación de redes.

Se están haciendo interesantes progresos en la expansión por todo el mundo de las redes hidrometeorológicas, pese a lo cual aún persisten grandes deficiencias, sobre todo en los países donde son mayores las necesidades y las posibilidades de desarrollo hídrico.

Los datos hidrometeorológicos sirven, sobre todo, para proporcionar informaciones destinadas al desarrollo y ordenación de los recursos hídricos de un país. Se utilizan también para la explotación: predicción del caudal o nivel de las crecidas, caudales de estiaje, aportes mensuales o en ciertos casos, anuales, explotación de embalses e instalaciones hidroeléctricas, etc. Por último sirven también para la investigación.

Es importante que las distintas redes se establezcan en forma integrada, especialmente las redes pluviométricas y las hidrométricas. En algunos casos, el mismo servicio se encarga de la explotación de ambas redes pero, con frecuencia, cada una de ellas depende de diferentes organismos; en estos casos, la explotación y desarrollo de ambas redes exige una estrecha cooperación entre los organismos correspondientes.

Se comprenderá fácilmente la imposibilidad de hallar un procedimiento universalmente satisfactorio para la planificación de las redes hidrometeorológicas, si se tienen en cuenta la diversidad de los terrenos y sus diferentes problemas. En primer lugar puede haber países que deseen obtener datos con fines aún desconocidos. En segundo lugar, la densidad de observación y la extensión de los registros necesarios depende de la variabilidad en el espacio y en el tiempo de los fenómenos, datos que solo se pueden determinar después del adecuado muestreo. No obstante la experiencia indica cierto número de recomendaciones de carácter más o menos general que conviene tener en cuenta cuando se realiza un programa de obtención de datos hidrometeorológicos. El objetivo final es el establecimiento de una red óptima y completa.

La red de densidad mínima es la que basta para evitar errores importantes en el desarrollo y ordenación de los recursos hídricos en la escala correspondiente al desarrollo económico general del país.

Al planificar las redes hidrometeorológicas es esencial tener en cuenta en todo momento su finalidad básica. Esta es la de dilucidar la hidrología de las cuencas hidrográficas, o unidades hidrológicas, que se consideren.

Por esta razón la planificación de las redes hidrometeorológicas deben estar íntimamente relacionadas con aquellos factores que afecten más signifi

cativamente a la hidrología, es decir, la topografía, morfología, precipitación, geología, utilización del suelo y tipos de terreno.

Red óptima:

Los países desarrollados que ya poseen una red hidrometeorológica relativamente densa, con registros extensos, es necesario que establezcan una red óptima.

La finalidad de una red óptima es la ejecución satisfactoria de un programa, definido por una condición bien sencilla: la de que por la interpolación de los valores obtenidos en las diferentes estaciones, se pueden determinar, con exactitud suficiente para la práctica, las características de los elementos hidrometeorológicos fundamentales en cualquier punto del país. Por características se entienden todos los datos cuantitativos, pro medios y valores extremos que determinan la distribución estadística del elemento hidrometeorológico estudiado.

Es importante hacer una selección idónea, evitando la multiplicación innecesaria de estaciones que van a estar en funcionamiento durante un tiempo indefinido.

Las estaciones hidrométricas de observación se pueden dividir en tres categorías:

- Estaciones principales
- Estaciones secundarias
- Estaciones especiales

Las estaciones principales llamadas también estaciones básicas o permanentes constituyen las bases de los estudios estadísticos, y por lo tanto deberán estar en funcionamiento continuamente y por un tiempo indefinido.

Las estaciones secundarias sólo estarán en funcionamiento un número limitado de años; el tiempo necesario para establecer una correlación firme entre ellas y las estaciones principales o con las características del terreno. Cuando las estaciones hidrométricas estudian relaciones entre caudales habrá que tener en cuenta si la estación subordinada está emplazada en el mismo río que la principal o en una corriente vecina; en este último caso las correlaciones pueden ser menos significativas. Desplazando las estaciones secundarias después de establecida la correlación, se puede cubrir todo el país con una densa red fundada en las estaciones principales que están continuamente en funcionamiento.

Las estaciones especiales son las que se establecen con un propósito particular. En general, no están en condiciones de proporcionar los registros necesarios para todos los análisis estadísticos precisos para los estudios de corrientes y, por esta razón, es raro que se les tenga en cuenta en una red mínima.

Esta división en tres categorías es útil para las redes hidrométricas, y debe aplicarse también al desarrollo de las redes climatológicas.

Red mínima:

La realización de una red óptima racional como la estudiada en el párrafo anterior requiere mucho tiempo y experiencia. La red óptima no debe ser objetivo inicial, sino que conviene comenzar por establecer el mínimo número de estaciones que la experiencia haya demostrado suficiente para el desarrollo económico de los recursos hídricos en el país.

Es importante establecer la red mínima lo antes posible, pero una vez conseguida ésta, habrá que tratar de alcanzar la red óptima. Con este objetivo se podría, por ejemplo, establecer una estación hidrométrica provisional que no exija mucha atención. Si es posible se relacionarán los registros de nivel de agua con una referencia permanente y, más adelante la estación provisional se sustituirá por una definitiva. Sin embargo no debe permitirse que la rapidéz de la instalación vaya en detrimento de la organización de las observaciones. Habrá que conseguir el mejor equilibrio entre ambos factores.

Cuando se ha establecido una red mínima, se puede determinar en cualquier lugar las características generales de precipitación y escorrentía, por interpolación entre las estaciones o por extrapolación. Sin embargo, la interpolación o la extrapolación pueden ser imprecisas para los estudios más detallado y, en ese caso, habrá que establecer estaciones secundarias en los puntos críticos, durante el tiempo que se crea necesario, para averiguar los datos precisos o para hacer posible la extrapolación, mediante correlación de los registros obtenidos con los de la estación principal más próxima. De esta manera se inicia la transformación de una red mínima en una red óptima.

A causa de la escasa densidad de la red mínima, es muy importante que los registros de todas las estaciones sean de buena calidad; aún suponiendo que las estaciones estén bien instaladas, pueden ser de escaso valor si no se utilizan correctamente; su explotación continúa puede ser difícil, sobre todo cuando hay que hacerlos funcionar durante mucho tiempo (20 años o más). Evidentemente, una red mínima en la cual la mitad de las estaciones estén abandonadas o se utilicen en forma irregular, tiene una densidad real reducida en un 50 por ciento y ya no es ni siquiera una red mínima. Por ello habrá que cuidar no sólo el establecimiento de la estación, sino también su explotación ininterrumpida y el control de los datos que registre.

UTILIZACION OPTIMA DE LAS ESTACIONES EXISTENTES PARA ORGANIZAR UNA RED MINIMA:

No es raro que existan estaciones en funcionamiento incluso antes de que se haya organizado una red mínima. Es importante que tales estaciones pasen a formar parte de la red, pero si se desea un mejor emplazamiento, antes de clausurarlas convendrá relacionarlas con una nueva, ya que sólo estas antiguas estaciones pueden proporcionar el largo número de años de registro necesario para los estudios estadísticos. Pero estas estaciones sólo se clausurarán si no son representativas en absoluto, es decir, si los resultados de sus observaciones están influenciados por condiciones locales que no son las prevalecientes en la zona o por una regulación artificial del régimen hidrológico.

Si ya se clausuró alguna estación establecida mucho tiempo antes, convendrá abrirla de nuevo, de forma que se puede utilizar una serie de observaciones fidedignas para establecer la necesaria correlación con algunas estaciones nuevas y mejor situadas. Es preciso establecer una relación entre la escala de registro hidrológico y algún punto de referencia de carácter permanente. Es muy importante completar la calibración (relación altura-caudal) de la estación de aforo.

Por último, se considerarán con todo cuidado los antiguos registros y, lo antes posible, se determinará y comprobará la exactitud de sus valores extremos.

Sólo después de cierto número de años se podrán sustituir las estaciones antiguas que no resulten adecuadas para la red.

DATOS HIDROMETEOROLOGICOS QUE HAY QUE TENER EN CUENTA PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE UNA RED:

Antes de decidir la densidad que conviene a una red mínima habrá que considerar los datos que hay que tener en cuenta. Se trata de un problema fundamental para el desarrollo mundial de los recursos hídricos, ya que los registros hidrométricos deben iniciarse muchos años antes de que se plantee la necesidad. La falta de esta información será causa de que se retrase un proyecto de abastecimiento de agua o que se cometa algún error en el proyecto de alguna obra de ingeniería hidráulica o de ordenación hidrológica.

Los datos hidrometeorológicos son de muy diversas clases:

- 1) Precipitación y reserva de nieve.
- 2) Nivel y caudal de los ríos y niveles de los lagos.

- 3) Evaporación y evapotranspiración.
- 4) Transporte y depósito de sedimentos.
- 5) Calidad química del agua superficial.
- 6) Temperatura del agua.
- 7) Capa de hielo en los ríos, lagos y embalses.
- 8) Densidad de desarrollo de plantas acuáticas en lecho del río.

Se concede especial importancia a los registros de precipitación y caudal de los ríos, pues la observación de estos dos elementos constituye, por lo general, la función primordial de las redes hidrometeorológicas nacionales.

DENSIDAD DE LAS ESTACIONES DE OBSERVACION PARA UNA RED MINIMA:

Factores que influyen sobre la densidad:

Cada uno de los tipos de observaciones mencionados ha de ser utilizado de forma que represente una zona; por ejemplo, una medición pluviométrica sólo es útil en la medida en que sea representativa de la precipitación real de la zona circundante.

La medida del caudal de un río no sólo representa el caudal procedente de su propia zona colectora, sino también, dentro de ciertos límites, el de zonas de las corrientes vecinas. No obstante, esta capacidad de representar una zona tiene un límite, y cuanto mayor sea el número de estaciones en una región determinada, más precisas serán las observaciones suministradas por la red.

Nadie ignora, ni deja de comprender, estas generalidades; el problema se plantea cuando se trata de precisar cuál es la densidad conveniente.

Es imposible definir una densidad uniforme para todos los países. Los de tenidos estudios realizados en distintas regiones han puesto de manifiesto que, entre los factores que determinan la densidad idónea, los más importantes son las circunstancias fisiográficas e hidrológicas, especialmente la variabilidad local de la precipitación y del régimen hidrológico, y la naturaleza de la hidrografía (es decir si existen muchas pequeñas corrientes o un escaso número de ríos caudalosos); intervienen así mismo otros factores, como la necesidad de datos hidrometeorológicos para las instalaciones en creación o en funcionamiento, densidad de población, actividades económicas, etc. Estos estudios han demostrado la imposibilidad de tener en cuenta todos los factores.

RED DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS:

I. Regiones llanas de zonas templadas, mediterráneas y tropicales:

11-17 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 600-900 Km².

Pero en los países donde no se considere posible conseguir, en un futuro próximo, el número requerido a causa de la escasa densidad de su población, de sus malas comunicaciones o de otras razones de carácter económico, se reducirá la red pluviométrica a:

1 estación por 900-3.000 Km².

II. Regiones montañosas de zonas templadas, mediterráneas y tropicales:

En regiones montañosas, es de gran interés que haya estaciones a distintas altitudes, sin que en ningún caso queden más de 500 metros de diferencia de altitud sin ninguna estación; la densidad mínima será de:

40-100 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 100-250 Km².

Pero en las regiones donde no se considere posible conseguir en un futuro próximo, el número requerido por las razones que se mencionaron al hablar de las regiones de la categoría I, debe por lo menos llegarse a una densidad de:

1 estación por 250-2.000 Km².

Por otra parte, en pequeñas islas de menos de 20.000 Km², con regiones muy irregulares y redes fluviales muy densas, la densidad mínima será de:

400 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 25 Km².

III. Zonas áridas y polares:

1-7 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 1.500-10.000 Km², según las posibilidades.

Estas normas no son aplicables a los grandes desiertos sin redes hidrográficas organizadas (Sahara, Gobi, Arábigo, etc.) ni a los grandes campos de hielo (Antártico, Groenlandia, islas del Artico), en estas regiones la precipitación no se estudia mediante redes pluviométricas de tipo normal, sino sirviéndose de estaciones y métodos de observaciones especiales.

Algunas regiones se adaptarán a las categorías descritas, pero otras no; puede darse el caso, por ejemplo, de que determinada zona preci-

se una densidad intermedia entre la indicada para las regiones de la categoría I y la que se señala para las de la categoría II.

En todos los casos en que el mínimo se haya fijado en menos de 1 estación por 1.000 Km² para las regiones de las categorías I y II, habrá que dotar algunas pequeñas zonas seleccionadas del orden de 3.000 Km² con la máxima densidad de estaciones acordada para la categoría correspondiente, de forma que se pueda disponer de datos fidedignos sobre la variabilidad de la precipitación.

RED DE ESTACIONES HIDROMETRICAS:

I. Regiones llanas de zonas templadas, mediterráneas y tropicales:

4-10 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 1.000-2.500 Km².

Pero en los países donde no se considere posible conseguir, en un futuro próximo, el mínimo requerido debido a la escasa densidad de población, a sus malas comunicaciones o a otras razones de orden económico, se reducirá a la red de aforo a:

1 estación por 3.000-10.000 Km².

II. Regiones montañosas de zonas templadas, mediterráneas y tropicales:

En regiones montañosas, es de gran interés que hayan estaciones a distintas altitudes, sin que en ningún caso queden más de 500 metros aproximadamente de diferencia de altitud sin ninguna estación; la densidad mínima será de:

10-30 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 300-1.000 Km².

Pero en los países donde no se considere posible conseguir, en un futuro próximo, el número requerido a causa de las razones que se mencionaron en I, debe llegarse, por lo menos, a una densidad de:

1 estación por 1.000-10.000 Km².

Por otra parte, en pequeñas islas montañosas de menos de 20.000 Km², con régimen muy irregular y redes de cursos de agua muy densas, la densidad mínima será de:

1 estación por 140-300 Km².

III. Zonas áridas y polares:

0,5-2 estaciones por 10.000 Km², 1 estación por 5.000-20.000 Km² según las posibilidades.

Localización de los pluviómetros en relación con la red de aforo:

Si se desea que los pluviómetros sirvan para completar los registros hidrométricos, para predicciones o para el estudio del balance hídrico, no habrá que dejar al azar la coordinación de éstos con la red hidrométrica; habrá que establecer dos pluviómetros, por lo menos, por cada estación de aforo. Pueden seguirse las siguientes normas:

- 1) Instalar un pluviómetro normal para cada estación de aforo.
- 2) Instalar un segundo pluviómetro en la cabecera de la cuenca donde está instalada la estación hidrométrica de aforo.

Estas normas no son aplicables a los grandes desiertos sin redes de corrientes definidas (como los desiertos del Sahara, Gobi, Arábigo y Karakum) ni a los grandes campos de hielo (Antártico, Groenlandia e islas del Artico).

MEDICIONES NIVOMETRICAS:

En todas las estaciones pluviométricas normales deben hacerse observaciones sobre el espesor de la nieve.

La medición nivométrica es complemento de las mediciones de las nevadas y el espesor de la nieve en las estaciones pluviométricas. El cálculo del equivalente en agua en el momento de máxima acumulación estacional, indica aproximadamente la precipitación total estacional en las zonas en las que la fusión invernal es escasa, que es cuando más útil es la medición nivométrica. Así pues, los datos de los sondeos nivométricos pueden informar sobre la precipitación estacional o anual en los lugares donde no se pueden hacer observaciones habitualmente; las mediciones nivométricas periódicas sirven también para la predicción de ríos y los estudios de crecidas.

De las mediciones nivométricas se encargan equipos especiales. En las montañas el número de rutas nivométricas, su situación y longitud dependen de la topografía de las cuencas vertientes y habrá que estudiar cada caso por separado.

RED DE EVAPORACION:

Los datos de evaporación se necesitan para calcular el índice de pérdidas de aguas en un embalse y para los estudios sobre el balance hídrico de una cuenca vertiente.

La importancia de los datos de evaporación aumentan con el grado de aridez de la zona; en regiones áridas se recomienda como mínimo el establecimiento de una estación de evaporación por cada 30.000 Km².

En regiones húmedas y templadas basta con una estación por cada 50.000 Km². En regiones frías se recomienda una estación por cada 100.000 Km², para las redes mínimas.

ESTACIONES DE REFERENCIA:

Cada país, y en los países grandes cada región natural debe contar con una estación de referencia que proporcione continuamente observaciones coordinadas sobre los datos climatológicos e hidrométricos. Las estaciones hidrométricas de referencia deben situarse en zonas libres de la influencia de las alteraciones artificiales pasadas o futuras del régimen hidrológico. La cantidad y duración de los registros es una de las cualidades más importantes en una estación de referencia, por lo que cuando se va a establecer una de éstas se recurrirá, si es posible, a alguna estación que ya esté en funcionamiento.

CUENCAS REPRESENTATIVAS:

Ciertas cuencas vertientes, o colectoras, representativas se utilizan para obtener simultáneamente datos climáticos e hidrométricos. Se estudian los datos climáticos en toda la superficie de la pequeña cuenca, mientras que en el río se observan los datos hidrométricos. Algunas de las cuencas están en servicio durante mucho tiempo, igual que las estaciones principales, mientras que otras no se explotan más que durante un número escaso de años, como estaciones secundarias.

El programa de observaciones será prácticamente el mismo que el de las estaciones de referencia: precipitación (cantidad e intensidad), nevada y nieve en el suelo, humedad y temperatura del suelo, penetración de la helada y aguas subterráneas; todos estos datos se evalúan en cierto número de puntos de la cuenca (en lugar de hacerlo solamente en uno), de forma que puedan calcularse los promedios que han de utilizarse en los estudios hidrometeorológicos.

Es conveniente establecer una cuenca representativa en cada región natural; no debe considerarse que tal medida constituye un lujo que sólo han de permitirse los servicios hidrológicos más prósperos. En forma más sencilla, la cuenca representativa permite realizar estudios simultáneos de la precipitación y de la escorrentía, con lo que se compensan en parte, los defectos inherentes a las observaciones de escasa duración y a la poca densidad de la red mínima.

Es así mismo conveniente establecer cuencas representativas en regiones donde cabe esperar un próximo desarrollo económico o en zonas en las que los problemas hidrológicos son especialmente difíciles.

"DISEÑO DE REDES HIDROLOGICAS BASADO EN EL CONCEPTO DE AÑOS EQUIVALENTES DE REGISTROS".(*)

1. Concepto de Años Equivalentes de Registros:

El concepto de años equivalentes de registro es relativamente nuevo (Hardison, 1969). Es una medida de la exactitud de una estimación de un parámetro estadístico de una serie aleatoria, tal como el escurrimiento. Se expresa en años porque trata de igualarse con la exactitud esperada de una estimación basada en registro verdadero del fenómeno de la misma longitud. En otras palabras, si una estimación del escurrimiento medio, para un sitio, obtenido por un método indirecto, tiene una exactitud de ocho años equivalentes, igualaría la exactitud esperada del medio computado de un registro real de ocho años en el mismo sitio si es disponible.

Por ejemplo, la exactitud de una estimación X , de la media M_x , expresada como su desviación standard, se puede escribir aproximadamente así:

$$S_m = S_x / N^{1/2}$$

en que S_x es la desviación standard de la variable aleatoria X , y N es la longitud del registro de X que es disponible. Si ambas se dividen por la media, llega a ser una ecuación de la exactitud como una proporción o porcentaje de error:

$$P_e = S_m / M_x = S_x / M_x N^{1/2} = C_v / N^{1/2}$$

en que C_v es el coeficiente de variación de X .

Esta ecuación se puede resolver para N

$$N = C_v^2 / P_e^2$$

Un método indirecto que provea con exactitud del 10 por ciento estimaciones de la media de una variable con un coeficiente de variación de 0.5 tiene 25 años equivalentes de registro ($5^2 / 10^2 = 25$).

(*) El texto aquí presentado sobre "Diseño de Redes Hidrológicas basado en el Concepto de Años Equivalentes de Registro" es el de la Conferencia dictada en Octubre de 1973 por el Dr. Marshall Moss del U. S. Geological Survey en el Colegio de Ingenieros de Venezuela bajo el patrocinio de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Hidrometeorológica y el Departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

II. La Red Básica:

La Red Básica consiste en un número de estaciones hidrometeorológicas que provean las informaciones para planificar el desarrollo del recurso hidráulico. Porque en la etapa de planificación preliminar los sitios que requieren datos no son conocidos, la red básica no consiste solamente de estaciones, sino también de un método de transferir informaciones de los sitios con estaciones a otros sin estaciones. Tal método puede ser tan simple como un mapa de un parámetro de interés o tan complejo como un modelo matemático con varios coeficientes que se determinan por calibración en las estaciones existentes.

III. Traspaso de Información por Análisis de Regresión:

Un método que se ha propuesto (Carter y Benson, 1971) para el traspaso de información sobre los parámetros estadísticos de aguas superficiales es análisis de regresión logarítmica (Benson y Matalas, 1967). Lo dicho consiste en la regresión lineal y múltiple de logaritmo del parámetro, como por ej.: el escurrimiento medio anual versus los logaritmos de varios parámetros que describen la cuenca aguas arriba de la estación de interés.

Formar los antilogaritmos de ambos lados de la relación de regresión resulta en una ecuación describiendo el parámetro hidrológico; por ejemplo:

$$\bar{X} = a A^b S^c P^d$$

en que A es el área de drenaje, S es la pendiente media del cauce, P es la precipitación media sobre la cuenca, y a, b, c y d son coeficientes que se determinan en el análisis usando datos de las estaciones de la Red.

Una medida que resulta de la regresión es su error standard de estimación que es una aproximación de la exactitud de la ecuación. En el método descrito antes, el error standard se expresa en unidades de logaritmos. Porque un logaritmo se puede considerar una transformación de una proporción, y se puede transformar otra vez a la forma de proporción. Esta medida se usa en la ecuación de años equivalentes de registro con una estimación del coeficiente medio de variación para obtener un valor de años equivalentes de la regresión.

La estimación de años equivalentes de registro que se obtiene del análisis de regresión es una variable aleatoria como el error standard de estimación de que proviene. Estas dos estimaciones, ambas tratando de medir la exactitud, varían a causa de que proviene. Estas dos estimaciones, ambas tratando de medir la exactitud, varían a causa de que los juegos de datos usados en el análisis necesario son de dimensión finita. Si otras estaciones se han establecido la relación y las medidas de exactitud serían diferentes.

A pesar de la variabilidad del error standard, su valor esperado es una estimación consistente pero sesgada de la exactitud de la relación de regresión.

El valor esperado de los años equivalentes, sin embargo, no se comportan tan bien. Las relaciones funcionales del error standard a los años equivalentes son no lineales y por eso el valor esperado de los años equivalentes no iguala a los años equivalentes del valor esperado del error standard de estimación.

Otra complicación surge en el uso de años equivalentes de registro como una medida de exactitud porque el analista solamente tiene una sola observación de la variable aleatoria, quien casi ciertamente presupone o subestima su exactitud en la base de una sola observación. En el diseño de una red hidrológica hay una faceta mejorándose de este defecto. Se puede hacer una decisión correcta con respecto a la red a pesar del problema de estimación. Por ejemplo, si la estimación de años equivalentes subestima la exactitud verdadera de la relación, pero todavía significa que se han coleccionado bastantes datos, el diseñador de la red termina la recopilación de datos pertenecientes a ese parámetro. En hacer así él hace la decisión correcta a pesar de su subestimación de la exactitud.

IV. Simulación de Análisis de Regresión:

A causa de las limitaciones de datos del mundo verdadero, poco puede llevarse a cabo por más investigación de las existentes con los análisis de regresión. Simulación con el computador, sin embargo, presenta la oportunidad de investigar las propiedades estadísticas de los valores de años equivalentes de registro.

Para iniciar la simulación, es necesario asumir las distribuciones de probabilidad de los parámetros fisiográficos de las cuencas y la forma del modelo que relaciona a los parámetros hidrológicos. En esta presentación, los parámetros fisiográficos se limitan al área de drenaje (A) que se usa como sustituto para el juego completo y su función de densidad de probabilidad se asume se de la forma (Guisti y Schnieder, 1962):

$$f(A) = \frac{1}{A (\log A_1 - \log A_0)}$$

en que A_1 es el área mayor considerada y A_0 es el área menor. El modelo básico es de la forma:

$$\log M_i = \log A_i + \mathcal{J}_i$$

en que δ_i es una componente aleatoria que se requiere para mantener la varianza de los escurrimientos medios. Su distribución tiene un promedio de cero y una varianza inversamente proporcional a la validez del modelo básico. La varianza de δ_i se llama error del modelo.

La próxima etapa es seleccionar otros parámetros que describen la hidrología de la región en la cual la regresión se va a aplicar. Estos son la correlación de serie de los escurrimientos, el coeficiente de variación de los escurrimientos, y la correlación entre los pares de estaciones. Hay que definir dos parámetros más antes de continuar: el número de estaciones (N_c) y la longitud de registro (N_a).

Entonces, las áreas de drenaje y los valores de δ_i para cada estación se seleccionan por el método de Monte Carlo. Con estos es posible computar el promedio y la varianza de el escurrimiento de cada estación. Un generador de escurrimiento sintéticos se usa para simular registros de longitud N_a para cada estación. En promedio el generador mantiene todos los parámetros especificados de los escurrimientos.

Con cada registro se puede calcular la estimación de promedio que se puede usar con un área respectiva como un punto en un análisis de regresión. La realización de la regresión dota a una ecuación relacionando el escurrimiento medio con el área de drenaje y un valor de error standard de estimación que se puede utilizar en la computación de años equivalentes. Además de saber el modelo básico y la distribución de las áreas es posible calcular la exactitud verdadera y expresada en unidades de años equivalentes. De esta manera se deriva un par de valores, uno aparente y uno verdadero. Este par se guarda para el análisis posterior.

De este punto se puede volver al método de Monte Carlo para seleccionar nuevos valores de área y δ_i y repetir el procedimiento para obtener más pares de valores de años equivalentes de registro.

Las distribuciones del aparente y del verdadero y sus inter-relaciones se pueden desarrollar operando así.

Las distribuciones desarrolladas de esta manera dependen de los valores asumidos para los parámetros encontrados. Por eso es necesario repetir este análisis con varios juegos de parámetros encontrados para describir suficientemente las combinaciones de parámetros que se encontrarán en el campo.

V. Diseño de las Redes Hidrológicas:

Aquí mismo llega a ser necesario que alguien defina el criterio del diseño. Tiene que ser de la forma de la ecuación:

$$P(N_e \geq L) = P_c$$

en que L es el valor de años equivalentes que quiere el diseñador, N_e es la variable aleatoria de años equivalentes verdaderos, P_c es el nivel de confianza que quiere el diseñador. Esta ecuación se lee: la probabilidad que N_e iguale o exceda a L es P_c . El diseñador tiene que definir L y P_c antes de diseñar su red.

Con estimaciones de correlación en serie, coeficiente de variación, correlación entre estaciones, y error del modelo, el diseñador puede construir un dibujo de isolíneas del valor de N_e para el nivel de confianza P_c aprovechándose las distribuciones generadas con varias combinaciones de número de estaciones y longitud de registro que son los ejes del dibujo. La próxima etapa es ubicarse en el dibujo en el punto que representa el número actual de estaciones y longitud media actual de registro. Si esta ubicación corresponde a una isolínea mayor que L , entonces la red existente satisface el criterio. Sin embargo, si más información se requiere, la ruta más conveniente del punto actual a la isolínea que iguala a L se puede definir. El punto terminal de dicha ruta dicta la red óptima.

En realidad los valores de los coeficientes de correlación, de coeficiente de variación, y de error del modelo no se saben con certeza. Por eso es necesario combinar por métodos estadísticos o Bayesianos análisis de varias combinaciones de valores de estos parámetros.

VI. Negador:

Esta conferencia no es una publicación formal. Por eso no puede servir como referencia.

Una presentación sobre esta materia y más detallada se publicará en corto plazo en el Journal of Water Resources Research de la American Geophysical Union.

LISTA DE REFERENCIAS:

- Benson, M. A. y Matalas, N. C., 1967, Synthetic hidrology based on regional statistical parameters: Water Resources Research, 3(4), pp. 931-935.
- Carter, R. W. y Benson, M. A., 1971, Concepts for the design of streamflow data programs: U. S. Geol. Survey open-file report, 33 p.
- Guisti, Ennio V. y Schneider, W. J., 1962, Comparison of drainage on topographic maps of the piedmont province: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 450-E, Article 212.
- Hardison, C. H., 1969, Accuracy of streamflow characteristics in Geol. Survey Research, 1969, U. S. Geol. Survey Prof. Paper 650-D, p. D210-D214.

II.- CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES DE OBSERVACION METEOROLOGICA.-

La estación meteorológica: está constituida por un conjunto de instrumentos meteorológicos instalados a la intemperie generalmente protegidos con una cerca metálica y de otros instrumentos y equipos instalados dentro de la oficina.

La clasificación general establecida por la OMM para las estaciones de observación meteorológica es la siguiente:

- a) estaciones sinópticas
 - b) satélites meteorológicos
 - c) estaciones climatológicas
 - d) estaciones meteorológicas agrícolas
 - e) estaciones meteorológicas aeronáuticas
 - f) estaciones especiales
- a) Las estaciones sinópticas: son aquellas en que se toman observaciones con fines inmediatos de elaborar el pronóstico del tiempo y tomar previsiones, especialmente en la navegación aérea, en consecuencia, sus observaciones se transmiten inmediatamente a los centros de pronóstico a través de equipos de radio o cualquier sistema de telecomunicación.

Las estaciones sinópticas se clasifican en:

1. Estaciones sinópticas de observación de superficie.

A. Estaciones terrestres:

- a) Estaciones terrestres dotadas de personal (convencional):
 - i) estaciones principales
 - ii) estaciones suplementarias
- b) Estaciones automáticas terrestres:
 - i) estaciones principales
 - ii) estaciones suplementarias

B. Estaciones marítimas:

- a) Estaciones marítimas dotadas de personal:
 - i) estaciones marítimas fijas
 - ii) estaciones marítimas móviles
- b) Estaciones automáticas marítimas (principales o suplementarias):
 - i) estaciones automáticas marítimas fijas
 - ii) estaciones automáticas marítimas móviles

2. Estaciones sinópticas de observación en altitud.

A. Estaciones terrestres:

- a) estaciones de radioviento/radiosonda
- b) estaciones de radiosonda
- c) estaciones de radioviento
- d) estaciones de globo piloto

B. Estaciones marítimas:

- a) estaciones de radioviento/radiosonda
- b) estaciones de radiosonda
- c) estaciones de radioviento
- d) estaciones de globo piloto

Las estaciones sinópticas de superficie observan los siguientes elementos:

- a) tiempo presente
- b) tiempo pasado
- c) dirección y velocidad del viento
- d) nubosidad
- e) tipo de nubes
- f) altura de la base de las nubes
- g) visibilidad
- h) temperatura
- i) humedad
- j) presión atmosférica
- k) tendencia de la presión
- l) característica de la tendencia de presión
- m) temperaturas extremas
- n) cantidad de precipitación
- o) estado del suelo
- p) dirección del movimiento de las nubes
- q) fenómenos especiales

En las estaciones marítimas se observa adicionalmente:

- a) rumbo y velocidad del buque
- b) temperatura del mar
- c) dirección de las olas
- d) período de las olas
- e) altura de las olas
- f) hielo marino o engelamiento, o ambos, a bordo del buque, según corresponda.

En las estaciones automáticas el número de observaciones es más reducido por las razones que se analizan en capítulo aparte.

Las estaciones sinópticas de observación en altitud realizan las siguientes observaciones:

La estación globo piloto determina los vientos en altitud siguiendo, con la ayuda de un dispositivo óptico, la trayectoria de un globo libre.

Las estaciones de radioviento determinan los vientos en altitud siguiendo la trayectoria de un globo libre por medios electrónicos.

La estación de radiosonda es la que determina por medios electrónicos, las observaciones en altitud de la presión, temperatura y humedad atmosférica.

Las estaciones de radioviento/radiosonda son estaciones combinadas de radioviento y de radiosonda.

NOTA:

- a) Altitud es la distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y el nivel medio del mar.
- b) Altura es la distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y una referencia especificada.
- b) Satélites meteorológicos: son satélites terrestres artificiales que efectúan observaciones meteorológicas y que transmiten esas observaciones a la tierra.
- c) Estaciones climatológicas:

Las estaciones climatológicas se clasifican en:

1. Estación climatológica principal es aquella en la que se hacen lecturas horarias, u observaciones por lo menos tres veces al día (a las horas internacionales), además de las lecturas horarias efectuadas según datos registrados automáticamente.
2. Estación climatológica ordinaria es aquella en que por lo menos, se efectúan observaciones una vez al día incluidas las temperaturas extremas y las cantidades diarias de precipitación.
3. Estación de observación de precipitaciones son aquellas en que solo se efectúa la observación de precipitaciones (pluviométricas o pluviográficas).
4. Estaciones climatológicas para fines especiales son las instaladas para observar uno o varios elementos determinados (Ej. precipitación y temperatura).
5. Estaciones automáticas climatológicas es una estación climatológica en que los instrumentos efectúan y registran las observaciones automáticamente.

Se llama estación climatológica de referencia a aquella donde se ha hecho, o se espera hacer, series de observaciones homogéneas durante un período no inferior a treinta años.

Las estaciones climatológicas deberán estar situadas en un lugar y en condiciones que garanticen su funcionamiento continuo durante diez años al menos y la invariabilidad de la instalación durante un largo período, a menos que se destinen a fines especiales que justifiquen un funcionamiento de inferior duración.

Las estaciones climatológicas de referencia deberán estar situadas de manera que garanticen una instalación adecuada e invariable para que las observaciones se puedan hacer en condiciones representativas. Los alrededores de la estación no deben cambiar con el tiempo como para afectar la homogeneidad de las series de observaciones.

Las estaciones climatológicas se identifican por su nombre y por sus coordenadas, su altitud se especifica, con aproximación de 5 m., excepto las que tienen barómetro, en cuyo caso la aproximación es de 1 m.

En una estación climatológica principal, una observación climatológica consistirá en observaciones de todos los siguientes elementos o de la mayor parte de ellos:

- a) tiempo
- b) viento
- c) nubosidad
- d) tipo de nubes
- e) altura de la base de las nubes
- f) visibilidad
- g) temperatura (incluida las temperaturas extremas)
- h) humedad
- i) presión atmosférica
- j) precipitaciones
- k) suelo nevado
- l) insolación y radiación
- m) temperatura del suelo

En una estación climatológica principal se deberá medir la temperatura del suelo a algunas o todas las siguientes profundidades: 5, 10, 20, 50, 100, 150 y 300 cm.

En una estación climatológica ordinaria, una observación climatológica consistirá en observaciones de las temperaturas extremas y de la cantidad de precipitaciones y, de ser posible, de algunos de los elementos enunciados en la estación climatológica principal.

En una estación automática climatológica, se debe registrar una selección de los elementos enumerados en la estación climatológica principal.

d) Estaciones meteorológicas agrícolas.

Las estaciones meteorológicas agrícolas (o de meteorología agrícola) se clasifican en:

1. Estación meteorológica agrícola principal: es aquella que facilita simultáneamente informaciones meteorológicas y biológicas detalladas y en las que se efectúan investigaciones sobre agrometeorología. Los medios instrumentales, el alcance y la frecuencia de las observaciones meteorológicas y biológicas y el personal profesional han de ser tales que permitan realizar investigaciones fundamentales sobre cuestiones agrometeorológicas de interés para los países o regiones interesadas.
2. Estación meteorológica agrícola ordinaria: es aquella que facilita normalmente y de manera simultánea información meteorológica y biológica, pudiendo estar equipada para participar en la investigación de problemas determinados; en general el programa de observaciones biológicas o fenológicas para la investigación dependerá de las condiciones climáticas locales de la estación.
3. Estación meteorológica agrícola auxiliar: es aquella que facilita información biológica y meteorológica. La información meteorológica puede comprender datos como la temperatura o humedad del suelo, evapo-transpiración potencial, sondeos detallados de las capas más bajas de la atmósfera, etc. La información biológica puede referirse a la fenología, aparición y desarrollo de las enfermedades vegetales, etc.
4. Estación meteorológica agrícola para fines especiales: es aquella establecida, con carácter temporal o permanente, para la observación de uno o varios elementos, o de varios fenómenos.

Las estaciones meteorológicas agrícolas se identifican por su nombre y por sus coordenadas, deben estar situadas en un lugar que sea representativo de las condiciones agrícolas y naturales de la zona en cuestión, de preferencia en:

- a) Las estaciones experimentales o en los institutos de investigación de agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura, hidrobiología y edafología.
- b) Instituciones agrícolas y afines.
- c) Zonas importantes para la agricultura y ganadería.
- d) Zonas forestales.
- e) Parques y reservas nacionales.

En una estación meteorológica agrícola, el programa de observaciones deberá comprender algunos o todos de los siguientes elementos:

A. Observaciones del medio ambiente:

- a) Temperatura y humedad del aire a diversos niveles de la capa adyacente al suelo (desde el nivel del suelo hasta unos 10 m. más arriba del límite superior de la vegetación predominante) con los valores extremos de dichos elementos.
- b) Temperaturas del suelo a profundidades de 5, 10, 20, 50 y 100 cm. y a otras profundidades para fines especiales y en las zonas forestales.
- c) Humedad del suelo (contenido de agua) a diversas profundidades.
- d) Turbulencias y mezcla de aire en las capas más bajas (con medida del viento a diversos niveles)
- e) Hidrometeoros y demás elementos del estado higrométrico especialmente granizo, rocío, niebla, evaporación del suelo y del agua, transpiración de las plantas, escorrentía y altura de la capa freática.
- f) Insolación y radiación.

B. Observaciones de carácter biológico:

- a) Observaciones fenológicas.
- b) Observaciones del crecimiento (las que sean necesarias para determinar las relaciones bioclimáticas).
- c) Observaciones del rendimiento cualitativo y cuantitativo de los productos animales y vegetales.
- d) Observaciones de los daños directos del tiempo en cosechas y animales (efectos perjudiciales de la escarcha, granizo, sequía, inundaciones, etc.).
- e) Observaciones de los daños causados por enfermedades y plagas en la medida en que influyen en ellas las condiciones meteorológicas.

Las observaciones fenológicas consisten en el registro periódico de los fenómenos que ocurren en el ciclo vital de plantas y animales, como lo son: nacimiento, floración, fructificación, cosecha, caída de hojas y frutos, cambios en el color del follaje; abundancia o escasez de animales silvestres, períodos de apareamiento, etc. Según el tipo se llaman fitofenológicas y zoofenológicas.

Las observaciones de crecimiento se realizan en plantas y animales con el fin de estudiar las relaciones entre su desarrollo y las condiciones ambientales que predominan en una región.

Las observaciones de rendimiento sirven para estudios de clima y producción (vegetal y animal). Son observaciones controladas y analizadas por métodos estadísticos.

Las observaciones de plagas y enfermedades tienen por objeto relacionar dichos sucesos con las condiciones atmosféricas que producen en un momento o durante un período determinado.

Las observaciones de daños por efectos del tiempo sirven para valorar los perjuicios que ocasionan las adversidades climáticas, tales como: sequías, inundaciones, tormentas, huracanes, granizo, etc.

Las observaciones de migraciones estudian las causas y frecuencias de los desplazamientos de animales (pájaros, mariposas, etc.). El clima es un factor determinante en la mayor parte de estos desplazamientos.

e) Estaciones meteorológicas aeronáuticas.

Son las estaciones destinadas a efectuar observaciones e informes meteorológicos para la navegación aérea internacional.

f) Estaciones especiales.

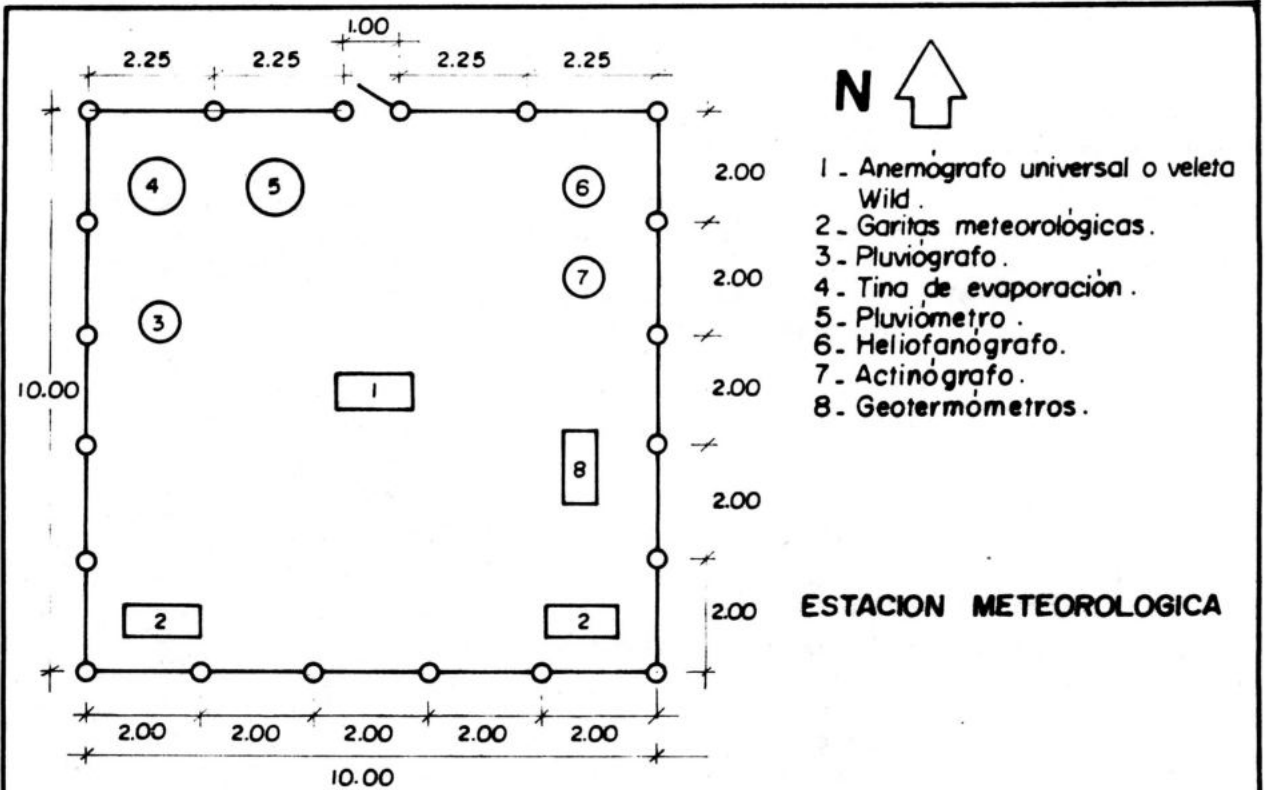
Son las establecidas para observar y estudiar casos específicos, los cuales pueden ser:

- a) observaciones de parásitos atmosféricos (sferics observation).
- b) electricidad atmosférica.
- c) localización con radar de nubes e hidrometeoros.
- d) hidrología (aforos, fluviográficas, etc.).
- e) medida de la radiación o de la iluminación o de ambas.
- f) medida del ozono.
- g) microclimatología.
- h) química atmosférica.

La caseta meteorológica.

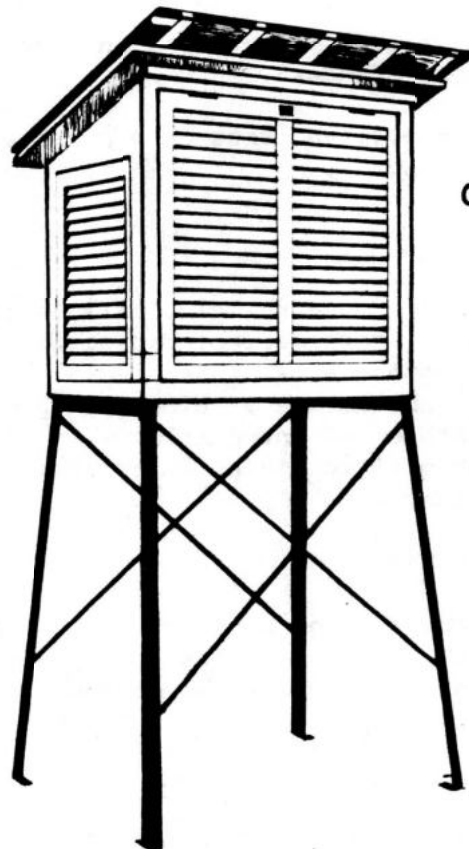
Las casetas o garitas meteorológicas son abrigos o casillas que se instalan dentro de las estaciones meteorológicas para colocar ciertos instrumentos que requieren protección de la radiación solar.

Se construyen de madera, pintadas de blanco y colocadas sobre bases metálicas de 1.20 m. de altura de forma tal que su puerta vea al norte; su construcción además, debe permitir la circulación del aire en su interior y la puerta puede abrir hacia arriba o en forma de dos hojas laterales.



- 1 - Anemógrafo universal o veleta Wild.
- 2 - Garitas meteorológicas.
- 3 - Pluviógrafo.
- 4 - Tina de evaporación.
- 5 - Pluviómetro.
- 6 - Heliógrafo.
- 7 - Actinógrafo.
- 8 - Geotermómetros.

ESTACION METEOROLOGICA



CASETA METEOROLOGICA

HORAS INTERNACIONALES DE OBSERVACION.-

De acuerdo a convenios internacionales se toman cuatro (4) observaciones diarias en las estaciones sinópticas, las cuales se transmiten internacionalmente para la elaboración de los pronósticos, no significando esto, que no hayan otras observaciones adicionales, como en el caso de la Fuerza Aérea Venezolana, cuyas estaciones hacen observaciones horarias con fines específicos.

Las horas convenidas internacionalmente (hora standard) son:

00:00 , 06:00 , 12:00 y 18:00 TMG
20:00 , 02:00 , 08:00 y 14:00 HLV

TMG = Tiempo del Meridiano de Greenwich.

HLV = Hora Legal de Venezuela (meridiano de 60°W.)

Se llama hora "actual" de observación, en una estación Sinóptica de Superficie, a la hora exacta en que se lee el barómetro y en una estación de Observación en altitud, la hora exacta en que se lanza el globo.

Hora "oficial" de observación es la fijada por el respectivo servicio nacional a que pertenece la estación, conviene que coincida con la hora standard.

Las estaciones climatológicas normalmente hacen tres observaciones diarias que coinciden con las horas standard.

Las demás estaciones hacen observaciones de acuerdo a los fines que persiguen y su número es variable.

Obligaciones del observador.

El observador de una estación meteorológica está en la obligación de efectuar las observaciones a las horas establecidas, de reportar inmediatamente cualquier desperfecto notado en el instrumental, de mantener éstos en perfecto funcionamiento, debidamente limpios, al igual que toda la estación, las casetas pintadas; mantener el inventario de la estación (instrumentos y material gráfico); transmitir o enviar las planillas de datos de acuerdo a lo establecido por el servicio.

Inspección de las estaciones.

La finalidad de la inspección es garantizar la alta calidad de las observaciones y el correcto funcionamiento de los instrumentos. Las estaciones se deberán inspeccionar periódicamente por personal profesional o de amplia experiencia.

Las estaciones sinópticas terrestres se deben inspeccionar al menos cada dos años al igual que las climatológicas, no obstante, cada vez que se no te alguna irregularidad en los datos debe hacerse una inspección.

Mantenimiento del instrumental.

Los observadores deben estar capacitados para hacer determinado mantenimiento del instrumental (calibrar el pluviógrafo, limpieza de plumillas, etc.), pero cuando los ajustes son complicados, el instrumento debe ser llevado a un taller de micromecánica y reparado por un instrumentista. En caso de instrumentos básicos sin reparación (termómetro roto) debe reemplazarse por uno nuevo inmediatamente.

III.- DEFINICION, CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS INSTRUMENTOS METEOROLOGICOS. METODOS DE REGISTRO. CORRECCIONES.

Instrumento científico: Es un mecanismo o dispositivo para obtener la medida o variación de algún fenómeno o hecho físico.

Instrumento meteorológico: Es un instrumento científico para medir las variaciones de los elementos meteorológicos (presión, viento, temperatura, etc.)

Instrumento patrón: Es el adoptado oficialmente como el de medida más exacta del elemento, tienen carácter nacional e internacional.

Instrumento standard: Es el que se adopta como unidad de medida dentro de un servicio Meteorológico. (Ej. Termómetro de máxima marca Fuess).

Clasificación de los instrumentos meteorológicos:

A) Según su construcción:

- a) Simples (o sencillos): Ej. el Termómetro.
- b) Complejos: Ej. el Anemocinemógrafo.

B) Según su dependencia:

- a) De lectura directa o indicadores: requieren la presencia del observador para que éste lea su indicación; Ej. el Termómetro.
- b) Automáticos, registradores o autorregitradores: Son los que no requieren la presencia del observador para que ésta lea y anote el valor, pues, automáticamente registran continuamente las variaciones del elemento: Ej. el Anemocinemógrafo.

Características que deben reunir los instrumentos meteorológicos:

- a- Precisión: deben dar una medida exacta del elemento, por tanto, deben conservar su calibración por largo tiempo y conocerse sus errores.
- b- Sensibilidad: deben responder inmediatamente pequeñas variaciones del elemento que miden.
- c- Sencillez: deben ser de simple construcción y fácil manejo.
- d- Resistencia: deben ser contruídos de material duradero que soporten las condiciones adversas donde se instalan.
- e- Bajo costo: su precio de compra y gasto de mantenimiento deben ser bajos, aunque no indispensablemente.

La precisión y la sensibilidad son indispensables y determinan el "grado de confianza" en el instrumento.

Propiedades deseables en los instrumentos meteorológicos:

- a= No tener ajustes complicados ni requerir herramientas especiales.
- b= Tener partes comunes e intercambiables (plumillas, etc.).
- c= Tener pocas correcciones.

Características de los instrumentos de lectura directa:

- a= Son básicos. Se instalan en primer lugar.
- b= Deben estar calibrados.
- c= Se reemplazan tan pronto sufren algún deterioro.

Características de los instrumentos registradores:

- a= Miden continuamente los elementos meteorológicos.
- b= Sus valores se corrigen de acuerdo a los instrumentos de lectura directa.

Partes de los instrumentos registradores:

- a= Receptor: es el órgano sensible que capta la variación del elemento meteorológico (Ej. el haz de cabello, el líquido termométrico, etc.).
- b= Transmisor-amplificador: Sistema de palancas que amplifica y transmite las variaciones del elemento meteorológico que se mide:
- c= Inscriptor: Mecanismo mediante el cual quedan registrados los valores del elemento, generalmente, un cilindro movido por un sistema de relojería, al cual se arrolla una banda de papel especialmente graduado donde queda escrita las variaciones del elemento por una plumilla (de metal o de vidrio) en la cual termina el mecanismo transmisor.

Método de registro.-

Existen diferentes maneras de registrar los datos, algunos son:

- a= Plumillas sobre papel: Una plumilla metálica o de vidrio que contiene una tinta especial registra los valores del elemento medido sobre una banda de papel especial convenientemente graduada (Ej. pluviógrafo).
- b= Estilete sobre papel ahumado o plateado: Una aguja metálica escribe sobre una superficie adecuada (Ej. anemógrafo Salmoirahi).
- c= Fotográfico: Son los que registran sobre película fotográfica (Ej. heliofanógrafo de Jordan y de Pers).

- d- Solares: Los que registran quemando sobre una banda de cartulina o papel adecuado (Ej. heliofanógrafo Campbell Stokes).

Correcciones en los registradores.

Las principales correcciones que se efectúan son:

- a- Juego muerto: Este es el juego existente entre el engranaje fijo del eje donde se coloca el tambor con el reloj y el engranaje del reloj propiamente; se corrige colocando la plumilla a la hora correcta después de haber girado el tambor del reloj en el sentido contrario a su rotación.
- b- Diferencia en la velocidad del reloj y escala de la banda: Cuando la diferencia es pequeña se corrige accionando el regulador de velocidad del reloj según convenga, hacia el signo "+", "F" o "A" cuando el reloj se atrasa y hacia "-", "S" o "R" cuando se adelanta. Al evaluar las gráficas previamente se corrigen de este error si lo tienen.
- c- Dilataciones en la banda.
Esto ocurre por cambios de humedad, es difícil de corregir, por lo que debe usarse bandas de buena calidad.

IV.- TEMPERATURA.-

El concepto de temperatura proviene en principio, de las sensaciones de calor y de frío que experimentamos al contacto con otros cuerpos. Los dispositivos destinados a la medición de temperatura se denominan termómetros, los cuales se basan en la propiedad de los cuerpos de dilatarse cuando se les calienta o se les enfría a presión constante. Los cuerpos elegidos generalmente son líquidos, siendo el mercurio, el alcohol y el toluol los más usados.

En meteorología los termómetros más usuales son:

- Termómetro Normal
- Termómetro de Máxima
- Termómetro de Mínima
- Termómetro para Agua

TERMOMETRO NORMAL:

El termómetro normal está formado por un depósito de vidrio llamado bulbo, que puede ser esférico, cilíndrico o de otra forma especial, al cual va unido un tubo capilar, cerrado en el otro extremo. El líquido termométrico ocupa el bulbo y una parte del capilar, a éste último se le adosa una escala graduada en 2/10 de grados centígrados y ambos se protegen con otro tubo de vidrio.

El termómetro normal se usa para medir la temperatura del aire a la sombra, se coloca en la garita meteorológica en posición vertical. Su rango de variación en la escala de temperatura está entre los -10°C y $+50^{\circ}\text{C}$ con graduaciones cada 0.2°C .

TERMOMETRO DE MAXIMA:

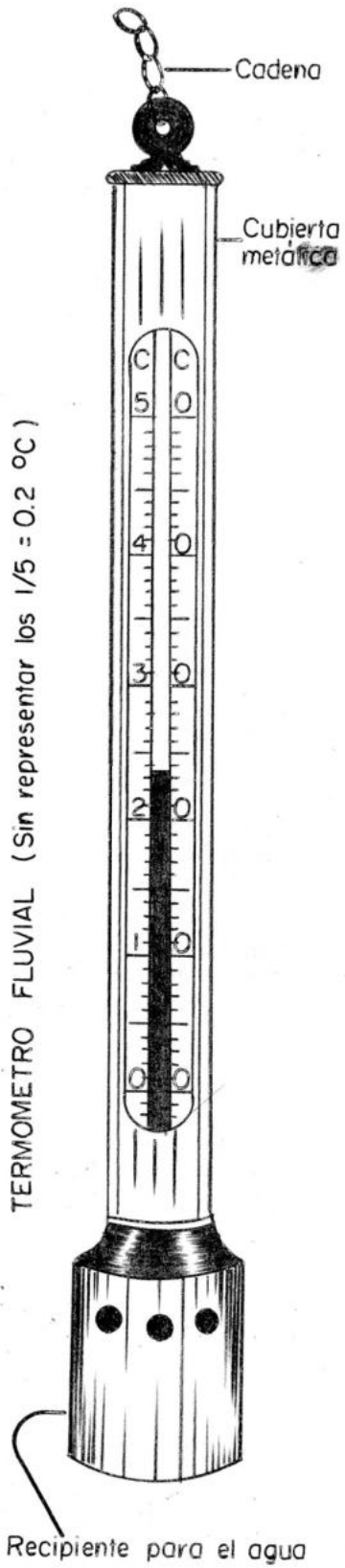
El termómetro de máxima es el instrumento de lectura directa utilizado para determinar la mayor temperatura ocurrida durante un lapso de tiempo, que generalmente es un día.

Dos tipos de termómetro de máxima se construyen para ser usados en meteorología.

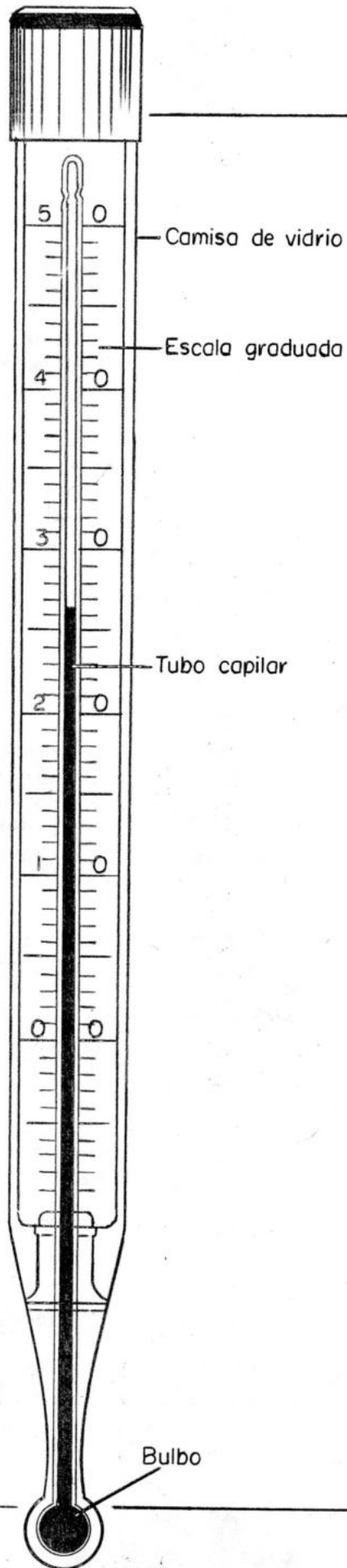
TERMOMETRO DE MAXIMA CON COLUMNA ESTRANGULADA:

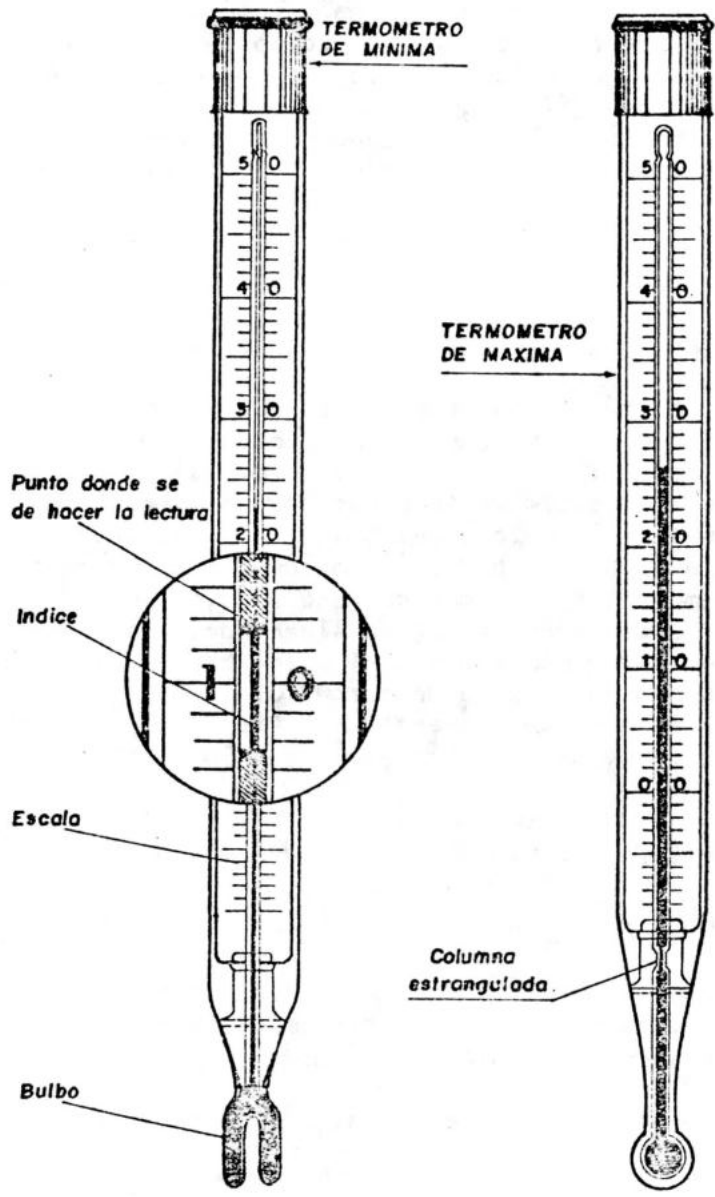
Esta construido en forma similar a los termómetros normales, salvo que en el capilar, muy cerca del bulbo existe un estrangulamiento. Al dilatarse el mercurio se ve forzado a atravesar esa estrechez, desplazándose a lo

TERMOMETRO FLUVIAL (Sin representar los $1/5 = 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$)



TERMOMETRO NORMAL (No se han dibujado los $1/5 = 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$)





largo del tubo capilar, mientras la temperatura se mantenga en ascenso. Al bajar la temperatura y contraerse la delgada columna de mercurio que queda por encima de la estrechez, se separa del mercurio del bulbo y como no puede vencer con su peso la resistencia que le ofrece el estrangulamiento del capilar, queda indicando la temperatura máxima alcanzada.

Para ponerlo en estación, es decir, para dejarlo en condiciones de indicar una nueva temperatura máxima, es necesario tomar el termómetro por el extremo contrario al bulbo y sacudirlo con éste hacia abajo varias veces. La fuerza centrífuga generada de esta forma logra forzar el paso del mercurio hacia el bulbo, entonces, el termómetro quedará indicando aproximadamente la temperatura que tenga el termómetro normal.

Se coloca en la garita meteorológica en posición horizontal ligeramente inclinado.

TERMOMETRO DE MAXIMA CON INDICE:

Este termómetro de máxima es menos usual que el anterior, también consiste de un bulbo y un tubo capilar por donde se desplaza un índice de porcelana o de metal liviano, color obscuro, que permanece siempre fuera del mercurio. Al subir la temperatura, el mercurio se dilata y empuja por el capilar al índice. Al bajar la temperatura, el mercurio se contrae hacia el bulbo, pero, el índice permanece en su última posición. El extremo del índice más cercano a la columna de mercurio señala el valor de la temperatura máxima alcanzada. Para ponerlo en estación, se inclina el termómetro con el bulbo hacia abajo para que el índice toque de nuevo la columna de mercurio.

Estos termómetros de máxima generalmente tienen un rango de variación en la escala de temperatura entre -30°C y $+50^{\circ}\text{C}$ con graduaciones cada $1/2^{\circ}\text{C}$.

La temperatura máxima se toma en Venezuela en la observación principal de las 20:00 HLV, ya que ocurre después del mediodía.

TERMOMETRO DE MINIMA:

El termómetro de mínima es el instrumento de lectura directa que se usa en meteorología para obtener la menor temperatura ocurrida en un lapso de tiempo, generalmente un día.

El líquido termométrico usado es el alcohol a causa de su bajo punto de congelación.

El termómetro de mínima consta de un bulbo de forma cilíndrica, de horquilla o de anillo aplastado, para aumentar la superficie de exposición, y de un tubo capilar con alcohol y su parte final con aire bajo presión para evitar la evaporación del alcohol y su condensación por enfriamiento, que causa la ruptura en varias partes de la columna de alcohol en el capilar.

Dentro del alcohol en el capilar se desplaza un índice de porcelana o de metal que se mantiene siempre dentro del líquido. La posición correcta de funcionamiento de este termómetro es la horizontal. Al aumentar la temperatura la columna de alcohol se dilata en el capilar sin mover el índice, pero al bajar la temperatura el alcohol se contrae y cuando el extremo de la columna de alcohol alcanza al índice lo mueve en dirección hacia el bulbo por adherencia, debido a la tensión superficial del líquido, hasta que se alcance la menor temperatura, allí quedará detenido indicando la temperatura mínima alcanzada; ahora bien, cuando la temperatura aumenta nuevamente, la columna de alcohol se dilata aumentando su longitud, pero el índice no se mueve; para que indique nuevamente la temperatura es necesario colocar el termómetro en estación, lo cual se logra inclinándolo ligeramente hacia el extremo opuesto al bulbo hasta que el índice llegue al final de la columna de alcohol, luego se coloca en posición horizontal que es su posición correcta de funcionamiento.

Ocasionalmente la columna de alcohol dentro del capilar se fracciona por la formación de burbujas de aire, éstas deben ser eliminadas tomando el termómetro por el extremo superior y sacudiéndolo en forma circular de manera que la fuerza centrífuga obligue a unirse las partes fraccionadas. Cuando este procedimiento no da resultado, se introduce el bulbo en agua caliente hasta lograr la salida de las burbujas.

El rango de variación en la escala de temperatura está entre los -40°C y los $+40^{\circ}\text{C}$ con graduaciones cada 0.5°C .

La temperatura mínima se toma en Venezuela en la observación principal de las 08:00 HLV, ya que ocurre en las primeras horas de la mañana.

GEOTERMOMETROS:

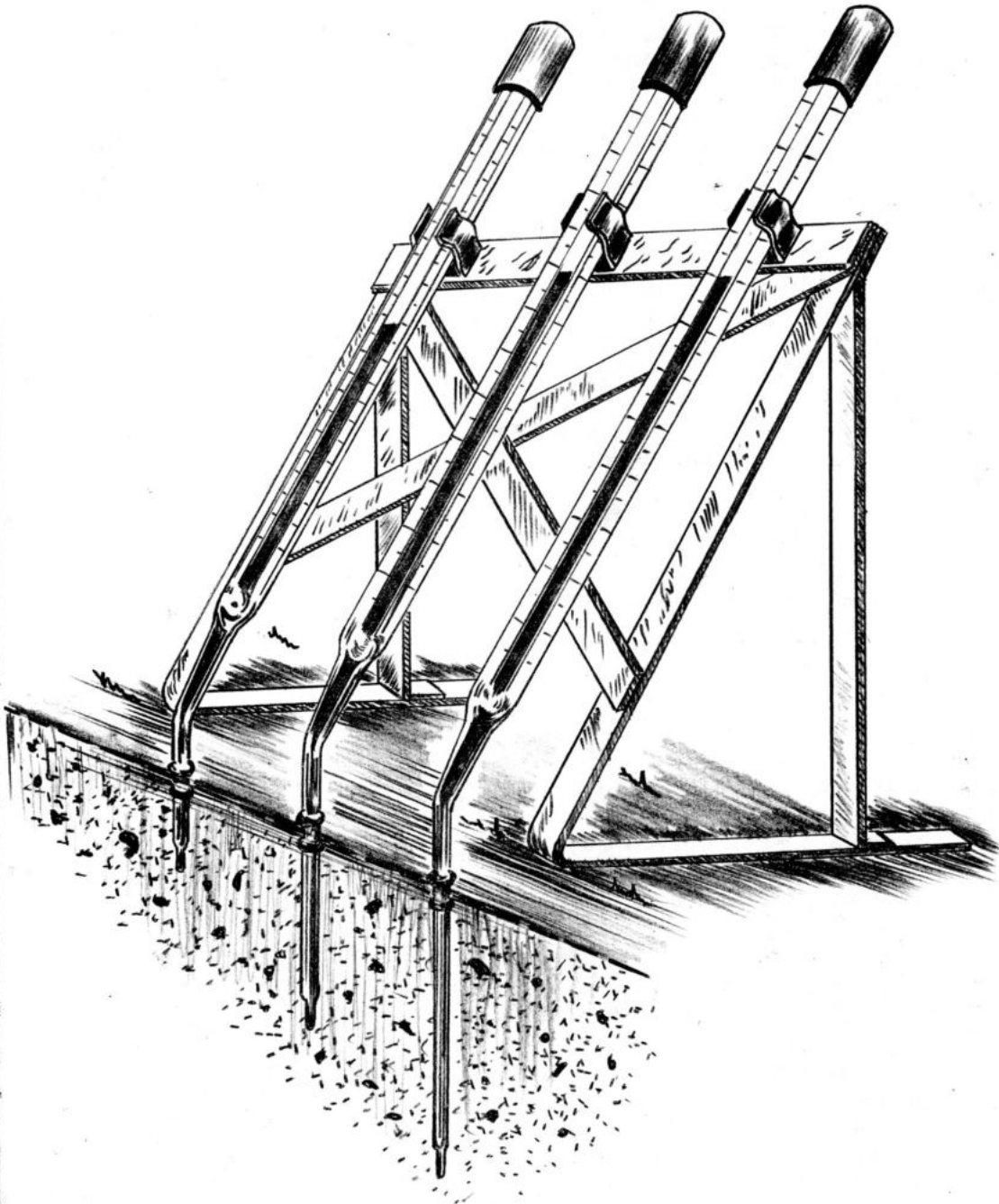
Son termómetros normales diseñados para medir la temperatura del subsuelo a distintas profundidades. Para profundidades de 5, 10, 15 y 20 cm. se usan geotermómetros de forma arqueada de manera que el bulbo que es de forma alargada quede verticalmente a la profundidad requerida y el capilar con la escala quede en la parte exterior del terreno descansando sobre una base especialmente diseñada.

Estos geotermómetros tienen rango de variación diferente en su escala, de acuerdo con la profundidad para la cual han sido diseñados y su apreciación es de 0.2°C , pudiendo fácilmente apreciarse los décimos.

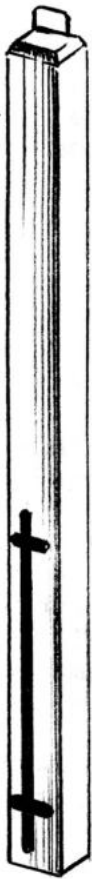
Cada vez que leamos estos geotermómetros estaremos leyendo la temperatura existente en ese momento a esa profundidad.

Para profundidades de 25, 50, 75 y 100 cm. se usan geotermómetros cuyos bulbos son mayores que los termómetros normales. Están fijados a soportes de madera las cuales se introducen en una caja también de madera, recibiendo el conjunto el nombre de "Caja Lamont". La madera usada para

GEOTERMOMETROS PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES

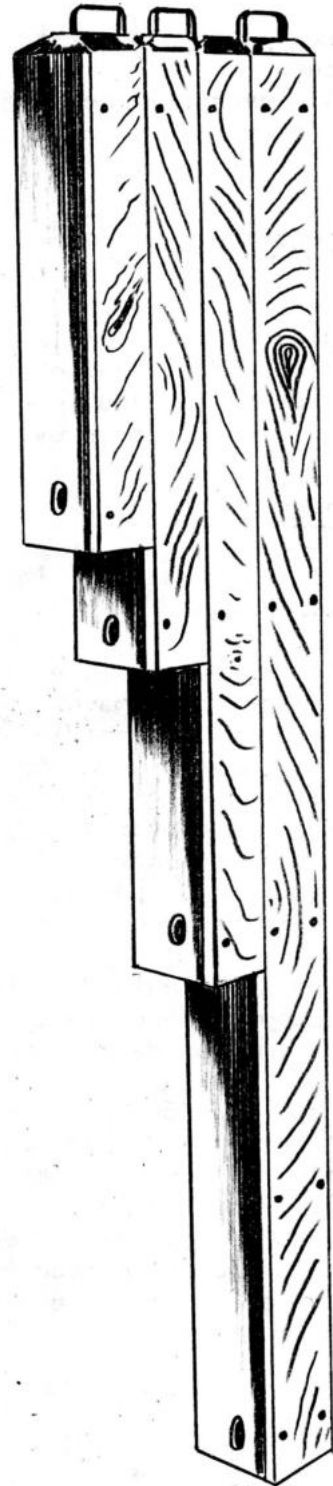
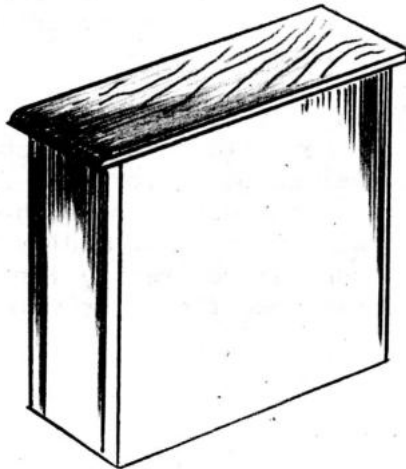


CAJA LAMONT PARA GEOTERMOMETROS DE 25/50/75 Y 100 CMS.



Percha para geotermómetros
en la caja Lamont.

Tapa de la caja Lamont



fabricar esta caja es tratada con alquitrán para preservarla de la humedad del suelo. La "Caja Lamont" se cubre en su parte exterior con una tapa de madera la cual se pinta de blanco.

En la actualidad también se usan estos geotermómetros en tubos de polietileno en sustitución de la "Caja Lamont".

Para hacer la observación de las temperaturas a estas profundidades, es necesario sacar el geotermómetro al exterior y leer rápidamente los valores, leyendo primero las décimas y luego los grados enteros, por cuanto si demoramos la lectura los datos no serían los que corresponden a la observación requerida.

TERMOMETRO PARA AGUA:

El termómetro para agua o termómetro fluvial es un termómetro normal protegido con una camisa metálica y un depósito también metálico donde está introducido el bulbo del termómetro. Este depósito se llena por unos orificios con el agua cuya temperatura se desea medir, que puede ser el agua de la tina en evaporación o el agua de un río, lago, etc.

TERMOGRAFO:

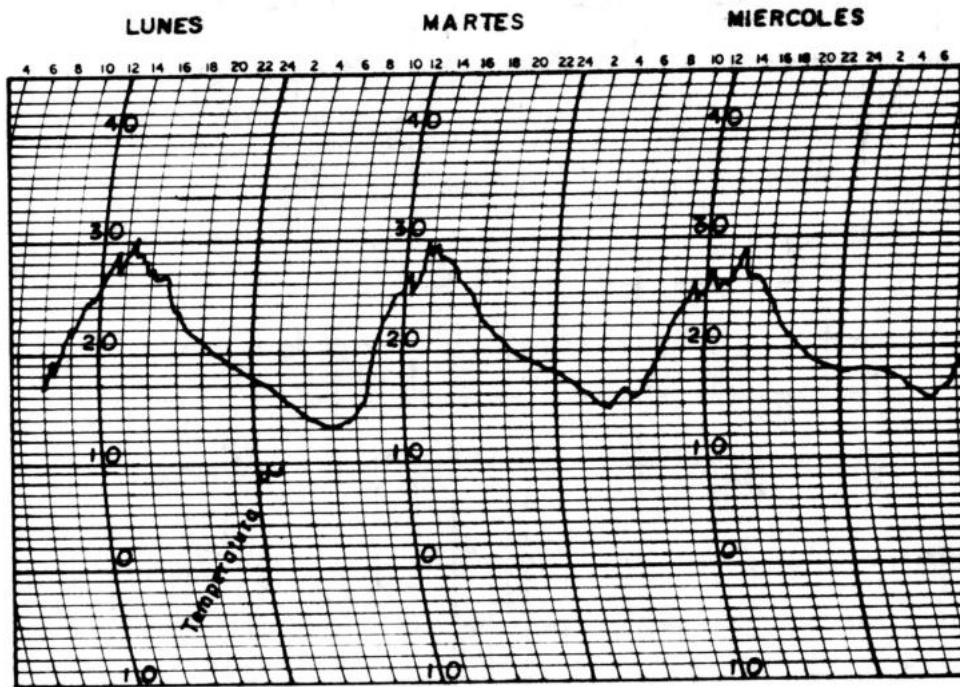
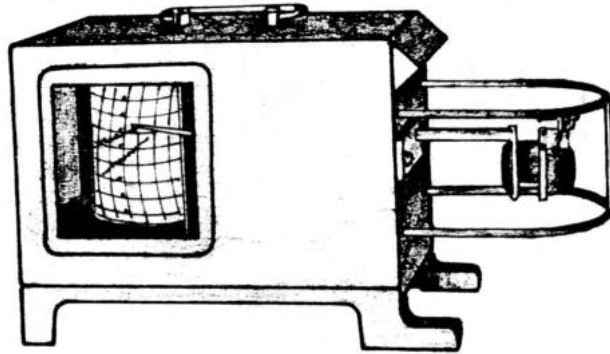
El termógrafo es el instrumento usado para el registro continuo de la temperatura.

El elemento sensible generalmente es un arco bimetálico de bronce interior por tener mayor coeficiente de dilatación, e invar por el exterior, que se deforma por las variaciones de temperatura, en otros casos, el órgano sensible lo constituye el llamado "Tubo de Bourdon" el cual es un tubo de sección elíptica con un líquido en su interior, generalmente alcohol que cuando se dilata obliga al tubo a deformarse, lo que se aprovecha para registrar los cambios de temperatura. Este elemento sensible es poco usado por alterarse el metal y el líquido a través del tiempo y por presentar un mayor coeficiente de retraso que el bimetálico.

El mantenimiento debe hacerse frecuentemente limpiando el elemento sensible con un paño suave y seco, debe revisarse periódicamente de que no haya formación de óxido en el elemento sensible.

La calibración debe hacerse ajustando la temperatura del registro con la del termómetro seco mediante el tornillo que está sobre el elemento sensible, o como se describe para el termohigrógrafo. La evaluación de la gráfica del termógrafo se efectúa después de haber hecho las correcciones necesarias si las hubieran. Las temperaturas medias horarias son determinadas por el método de compensación de áreas y los resultados son anotados en la planilla diseñada para ese fin. Los valores de temperatura

TERMOGRAFO



ESTACION: _____

TEMPERATURAS MEDIAS

MES: _____ 19__

DIA	Hora												M N														M A X		MEDIA							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	LEC	Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	LEC		Hora						
1																																				
2																																				
3																																				
4																																				
5																																				
6																																				
7																																				
8																																				
9																																				
10																																				
11																																				
12																																				
13																																				
14																																				
15																																				
16																																				
17																																				
18																																				
19																																				
20																																				
21																																				
22																																				
23																																				
24																																				
25																																				
26																																				
27																																				
28																																				
29																																				
30																																				
31																																				
MED.																																				

Calculó : _____ Revisó : _____ Max. Absoluta : _____ °C / Min. Absoluta : _____ °C

máxima y mínima que en ella se anotan son los correspondientes a los termómetros de máxima y mínima respectivamente, la hora en que ocurren estas máximas y mínimas se toman del registro del termógrafo.

GEOTERMOGRAFO:

El geotermógrafo es el instrumento registrador de la temperatura del subsuelo. Su órgano sensible es un tubo con mercurio en su interior de unos 20 cm. de longitud por 1 cm. de ancho, este tubo tiene un cable transmisor que va hasta el registrador. El tubo al instalarlo debe colocarse en posición horizontal a la profundidad requerida.

V.- LA HUMEDAD ATMOSFERICA:

Se llama humedad atmosférica a la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera en un momento dado.

Existen varias maneras de expresar el contenido de vapor de agua en la atmósfera, a saber:

Humedad absoluta (A): es la cantidad en gramos de vapor de agua que contiene 1 cm³ de aire.

Humedad específica (q): es la cantidad de vapor de agua contenido en 1 Kg. de aire. Se define también como la razón entre la densidad del vapor de agua y la densidad de la mezcla $(P_v/P) \times 10^3$.

Relación o razón de mezcla (w): es la cantidad en gramos de vapor de agua contenido en un (1) Kg. de aire seco. También se define como la razón entre la densidad del vapor de agua y la del aire seco (P_v/P_d) . El orden de magnitud es el mismo de la humedad específica.

Tensión de vapor (e): es la presión que ejerce el vapor de agua como constituyente del aire húmedo. Se expresa en las mismas unidades que la presión atmosférica.

Humedad relativa (r): es la razón expresada en porcentaje que existe entre la tensión actual del vapor de agua y la tensión de saturación correspondiente a la misma presión y temperatura.

Temperatura del punto de rocío (T): la temperatura del punto de rocío, o sencillamente punto de rocío, es la temperatura a la cual la tensión de vapor de agua se hace saturante. En otras palabras, es la temperatura a la cual tiene que enfriarse el aire para alcanzar la saturación, es decir, que se produzca la condensación.

Los índices de humedad que hemos definido están relacionados entre sí y son objeto de estudio de la termodinámica de la atmósfera.

INSTRUMENTOS DE MEDICION DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA:

El instrumento de lectura directa para medir la humedad del aire recibe el nombre de higrómetro y al registrador se le llama higrógrafo.

Sin embargo, el instrumento más usual para determinar con rapidez y precisión la humedad del aire recibe el nombre de Psicrómetro. Esencialmente está constituido por un par de termómetros normales, uno de los cuales tiene el bulbo rodeado por una muselina (gaza) que se moja en el momento de la observación, a este termómetro se le llama termómetro húmedo o bulbo húmedo y al otro se le llama termómetro seco.

La evaporación del agua absorbe calor del medio que la rodea y hace descender la columna de mercurio en el termómetro húmedo. Los valores de temperatura del termómetro seco y del termómetro húmedo se leen y se anotan para calcular los índices de humedad por medio de una tablas especiales llamadas Tablas Psicrométricas.

Los psicrómetros más usados son:

1. Psicrómetro de Estación tipo August
2. Psicrómetro Portátil tipo Assmann
3. Psicrómetro Giratorio tipo Fronza

Psicrómetro de Estación tipo August:

Este tipo de psicrómetro viene en dos versiones uno con ventilación y otro sin ventilación.

Psicrómetro August ventilado: sobre un trípode especialmente diseñado se monta del lado izquierdo el termómetro seco y el húmedo al lado derecho. Un aspirador colocado en la parte inferior de los termómetros produce en sendos bulbos una corriente de aire de 2 m/seg, como mínimo. Es importante chequear periódicamente esta velocidad, para ello en la cámara del aspirador hay una ventanilla de observación por donde se ve girar una raya negra cuando el mecanismo está funcionando, entonces el procedimiento consiste en dar cuerda al mecanismo hasta su máximo alcance y se mira en la ventanilla hasta que aparezca la raya negra en la parte inferior de aquella. Por medio de un cronómetro se toma el tiempo exacto que tarda dicha raya negra en pasar por la marca gravada en la parte superior de la ventanilla de observación. Si el tiempo de revolución del muelle rotativo es menor de minuto y medio el aspirador funciona correctamente, pero si este tiempo es mayor, la velocidad de la corriente de aire en los bulbos de los termómetros será menor de 2 m/seg y es necesario enviar el instrumento a un taller de micromecánica para su reparación.

La oxidación del eje es la principal causa del retardo en el movimiento del mecanismo, originada por la humedad al mojarse el aspirador por agua de lluvia o por condensación en el mismo, por lo cual se recomienda conservarlo bien protegido.

Procedimiento de Observación: para obtener las mediciones con el psicrómetro August con ventilación se procede en el siguiente orden:

- a) Se humedece el bulbo del termómetro húmedo con agua destilada o agua de lluvia.
- b) Se aplica la ventilación mecánica con el aspirador, esperando unos tres minutos hasta que se observe que la columna de mercurio en el termómetro húmedo permanezca estacionaria.

- c) Leer la temperatura del termómetro húmedo (primero las décimas y luego los grados enteros).
- d) Leer la temperatura del termómetro seco.

Con las temperaturas antes leídas y anotadas se calculan los índices de humedad mediante las tablas psicrométricas.

Psicrómetro August sin ventilación: es similar al anterior, salvo que carece del aspirador de ventilación y en su lugar tenemos un depósito con agua destilada y una mecha o gaza que sale de este depósito hasta el bulbo del termómetro húmedo y lo mantienen siempre mojado. Es importante que esta mecha siempre esté limpia.

El procedimiento de observación: consiste en leer y anotar los valores de los termómetros húmedo y seco, de acuerdo a las normas del psicrómetro con ventilación y luego calcular los índices de humedad con la tabla psicrométrica. Este tipo de psicrómetro no es recomendado para regiones de baja latitud por la gran evaporación y las altas temperaturas que muchas veces conducen a resultados erróneos.

Psicrómetro Portátil tipo Assmann:

El psicrómetro portátil tipo Assmann es usado preferentemente en expediciones científicas. Su funcionamiento se basa en el mismo principio del psicrómetro tipo August con ventilación.

El psicrómetro tipo Assmann tiene la forma de una "U" invertida con los termómetros en cada una de sus ramas, las cuales tienen forma tubular y cobertura metálica para mejor protección de los termómetros. El aspirador para la ventilación de los termómetros está colocado en la parte superior de los mismos y está provisto de un aro para colgarlo en un gancho cuando se desee hacer alguna observación, esta última se hace al aire libre, es decir, fuera de la caseta meteorológica.

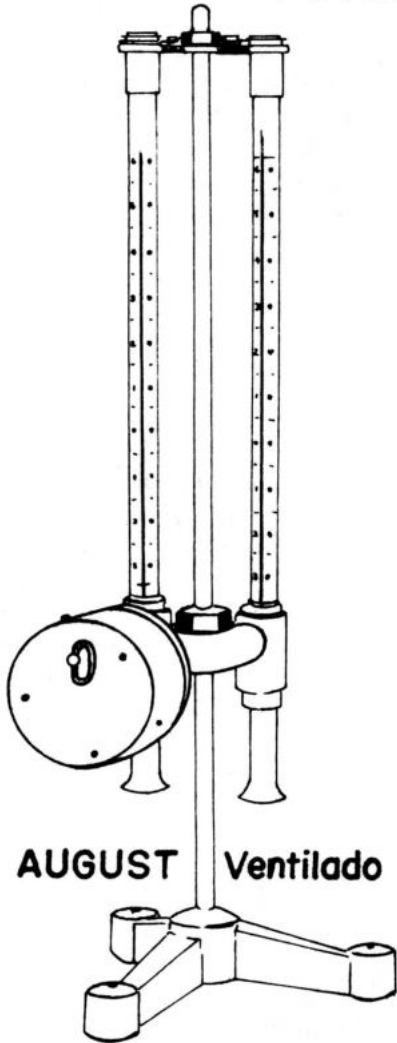
El procedimiento de observación: es igual que para el psicrómetro tipo August con ventilación.

Por tratarse el psicrómetro tipo Assmann de un instrumento especialmente diseñado para expediciones, viene en un estuche especial de transporte junto con accesorios como lo son: un recipiente para el agua destilada, una perilla para humedecer la mucelina del bulbo húmedo, un gancho con tornillo para colgar el instrumento y la cuerda del aspirador.

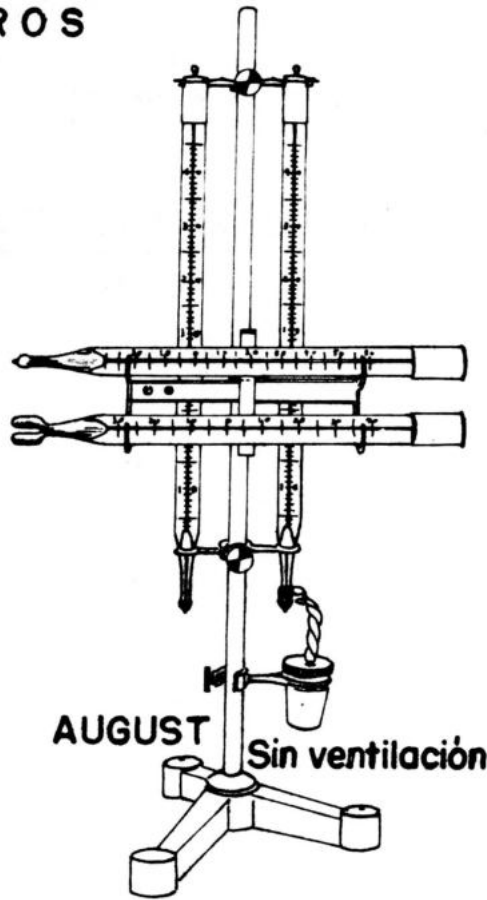
Psicrómetro Giratorio tipo Fronda:

El psicrómetro giratorio tipo Fronda (o psicrómetro de honda) tiene los dos termómetros montados sobre una platina metálica, la cual puede suje-

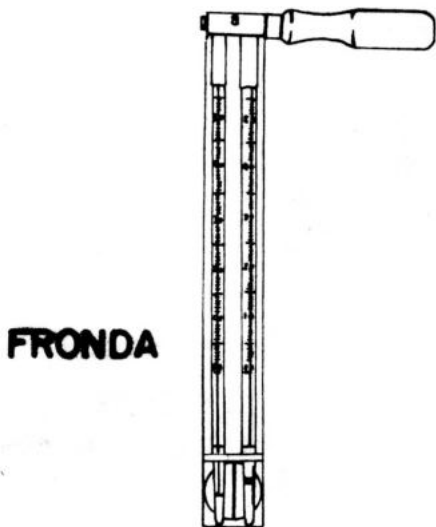
PSICROMETROS



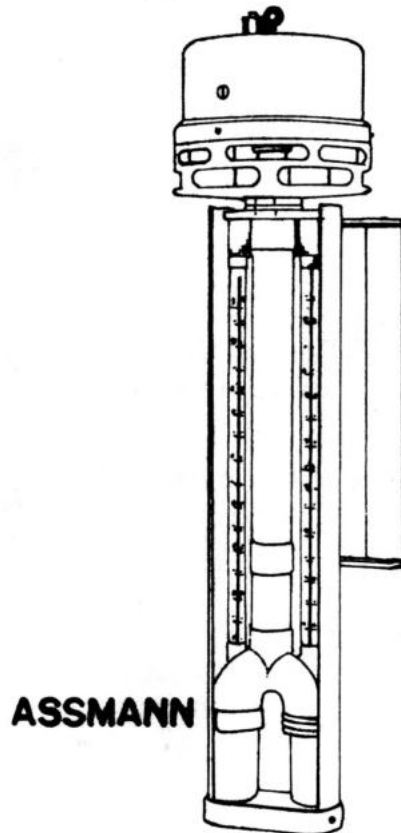
AUGUST Ventilado



AUGUST Sin ventilación



FRONDA



ASSMANN

tarse a un soporte vertical fijo provisto de una manivela que permite hacerlo girar en un plano vertical. A veces la platina se une a una cadena con mango para hacerlo girar al aire libre (psicrómetro de honda). En ambos casos la ventilación se logra por el movimiento de los termómetros.

El procedimiento de observación: consiste en leer y anotar los valores de las temperaturas de ambos termómetros y luego calcular los índices de humedad con las tablas psicrométricas.

Este tipo de psicrómetro no es usual por la dificultad de observar el momento en que se detiene la columna del termómetro húmedo.

ERRORES EN LOS PSICROMETROS:

1. Debido a los termómetros: son los propios de la escala de los termómetros, la corrección debe ser hecha antes de usar las tablas psicrométricas. Un error de pocas décimas puede causar errores notables en la humedad relativa cuando las temperaturas son bajas. Por ejemplo, si suponemos que la temperatura del termómetro seco es correcta y la del termómetro húmedo con un error de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ encontraremos para diferentes temperaturas del aire los siguientes errores en la humedad relativa:

Termómetro seco ($^{\circ}\text{C}$)	-25,	-15,	-5,	5,	15
Humedad relativa (\pm %)	44,	20,	11,	7,	2

2. Debido a la ventilación: cuando se aumenta la velocidad de ventilación se produce una disminución en la temperatura húmeda y la humedad relativa será menos que la real.
3. Errores debido a la muselina: una deficiente cobertura del termómetro húmedo influye en la conducción del calor y hace que la temperatura húmeda sea mayor lo que hace que también la humedad relativa sea mayor que la real.

Determinación de la humedad relativa:

La presión de vapor se determina según la fórmula empírica de Sprung.

$$e = E - C (t - t') \frac{b}{755}$$

en la cual:

e = presión de vapor que se desea determinar, en mm de mercurio

E = presión de saturación correspondiente a la temperatura del termómetro húmedo en mm de mercurio.

C = constante.

t = temperatura del termómetro seco.

t' = temperatura del termómetro húmedo.

b = presión barométrica en mm de mercurio.

La constante C depende de la velocidad de la corriente de aire que pasa por el termómetro húmedo, y además varía si este está cubierto por agua o por hielo.

Experimentalmente se han obtenido los siguientes valores:

Viento C	CALMA 0-0.5	MODERADO 1.0-1.5	FUERTE > 2.0
AGUA	0.91	0.60	0.50
HIELO	0.80	0.53	0.44

Visto que el psicrómetro con aspirador garantiza una velocidad de la corriente de aire mayor de 2.0 m/seg se puede asumir siempre con el mismo valor de C = 0.50.

La presión barométrica b, se puede representar por el valor medio para el lugar de observaciones.

Para diferentes valores de b se obtienen los siguientes de b/755 y para diferentes temperaturas se obtienen los correspondientes valores de E:

b	b/755
800	1.060
790	1.046
780	1.033
770	1.020
760	1.007
750	0.993
740	0.980
730	0.967
720	0.954
710	0.940
700	0.927

t	E (Agua líquida)	E (Hielo)
- 10.0	2.16	1.96
- 5.0	3.17	3.02
- 1.0	4.26	4.22
- 0.5	4.42	4.40
0	4.58	4.50
0.5	4.75	
1.0	4.93	
1.4	5.09	
5.0	6.54	
10.0	9.21	
15.0	12.79	
20.0	17.54	
25.0	23.76	
30.0	31.83	
35.0	42.19	
40.0	55.34	

Calculado el valor e y conocido el valor de la presión de saturación E , para esa temperatura del aire, se calcula la humedad relativa mediante la fórmula:

$$R = \frac{e}{E} \times 100 \quad \text{en la cual } E \text{ es la tensión de saturación correspondiente a la temperatura del termómetro seco.}$$

Ejemplo: Calcular la humedad relativa en un psicrómetro ventilado con el que se haya obtenido los siguientes datos:

termómetro seco: $t = 30,0 \text{ }^\circ\text{C}$

termómetro húmedo: $t' = 15,0 \text{ }^\circ\text{C}$

La presión barométrica es de 755 mmHg

$$e = E - C (t - t') \frac{b}{755}$$

$$e = 12,79 - 0,5 (30,0 - 15,0) \frac{755}{755}$$

$$e = 12,79 - 7,5$$

$$e = 5,29 \text{ mmHg}$$

$$R = \frac{e}{E} \times 100 = \frac{5,29}{31,83} \times 100 = 16\%$$

$$R = 16\%$$

Podemos conocer en este mismo ejemplo la temperatura del punto de rocío, puesto que sabemos que el aire a $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ contiene 16% de humedad relativa. La presión de saturación correspondiente a esa temperatura es de 31,83 mmHg, por lo tanto la presión de vapor en realidad es solamente

$$31,83 \frac{16}{100} = 5,09 \text{ mmHg y de acuerdo con la tabla donde}$$

se muestra la relación entre la temperatura y la presión de saturación, para un valor de 5,09 mmHg encontraremos que corresponde a una temperatura de $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$T = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tablas Psicrométricas:

Son tablas elaboradas en base de la fórmula empírica de Sprung, la cual coincide en la práctica con la ecuación psicrométrica deducida de los principios termodinámicos.

Las tablas psicrométricas tienen validez para una presión atmosférica de 755 mmHg y en general para lugares de menos de 200 m.s.n.m., para lugares más elevados hay que aplicarles ciertas correcciones.

Estas tablas dan la tensión de vapor de agua en mmHg y la humedad relativa en porcentaje para diferentes temperaturas del termómetro seco y del termómetro húmedo.

Ejemplo: En un lugar a 50 m.s.n.m. se obtuvieron las siguientes lecturas psicrométricas:

termómetro seco: $t = 28.6 \text{ }^\circ\text{C}$

termómetro húmedo: $t' = 22.1 \text{ }^\circ\text{C}$

Con estos dos valores buscamos la tabla 3 donde aparece en sentido horizontal el valor de la temperatura del termómetro húmedo que hemos medido y en sentido vertical el valor de la temperatura del termómetro seco, en el lugar de cruce de ambas temperaturas leemos dos valores, el primero a la izquierda con un decimal corresponde a la tensión de vapor y el de la derecha, un número entero es la humedad relativa, en nuestro caso encontramos 16,7 y 57. Con el valor de la tensión de vapor pasamos a la tabla siguiente (4) y encontramos el valor del punto de rocío, 19,2 $^\circ\text{C}$.

Si los mismos datos hubiesen sido obtenidos en lugar con altura superior a las 200 m.s.n.m. tendríamos que proceder de la siguiente manera:

1. Calcular la tensión de vapor y la humedad relativa como en el caso anterior.
2. Calcular la diferencia psicrométrica ($t - t'$) y con este valor y el de la presión atmosférica en mmHg corregido y redondeando entrar en la tabla 5 para encontrar el valor Δe en centésimas de mm que debe sumarse al valor de e encontrado en el punto 1 para obtener e corregido.
3. Con el valor Δe , encontrado en el punto anterior y redondeado a enteros, entramos en la tabla 6 para encontrar el valor ΔR que sumado al valor de R encontrado en el punto 1 nos da la humedad relativa corregida.

TABLA Nº 3

Termómetro seco °C	Termómetro humedo °C									Termómetro seco °C
	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	
28.5	16.6 57	16.8 57	16.9 58							
28.6	16.5 56	16.7 57	16.9 57							
28.7	16.5 56	16.7 56	16.8 57							
28.8	16.4 55	16.6 56	16.8 56							
28.9	16.4 54	16.6 55	16.7 56							
29.0										
29.1										

TABLA Nº 4

Tabla para calcular la temperatura del punto de rocío con la tensión de vapor de agua (mm).

	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
14										
15	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4
16	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4
17	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.2	20.3
18	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.0	21.1	21.2

TABLA Nº 5

Corrección de la tensión del vapor de agua Δe

$t-t'$ b	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
800	- 0.03	- 0.06	- 0.09						
790	- 0.02	- 0.05	- 0.07						
780	- 0.02	- 0.03	- 0.05						
770	- 0.01	- 0.02	- 0.03						
760	- 0.00	- 0.01	- 0.01						
690	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34	0.39
680	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45

TABLA Nº 6

Corrección de la humedad relativa ΔR

t Δe	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.00
26	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4
27	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4
28	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4
29	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3

En nuestro ejemplo encontraríamos con una presión corregida de 680 mmHg.

$$t - t' = 28.6 - 22.1 = 6.5 \approx 7.0$$

$$e = 0.35 \approx 0.4$$

$$e = 16.7 + 0.4 = 17.1$$

$$R = 1$$

$$R = 57 + 1 = 58$$

Para calcular la temperatura del punto de rocío deberá tomarse la tensión de vapor de agua corregida y usar la misma tabla 4 en nuestro ejemplo el resultado será 19.6 °C.

HIGROMETROS:

Los hidrómetros son instrumentos que nos permiten determinar la humedad atmosférica mediante el uso de elementos higroscópicos que sufren alteraciones proporcionales a las variaciones de humedad.

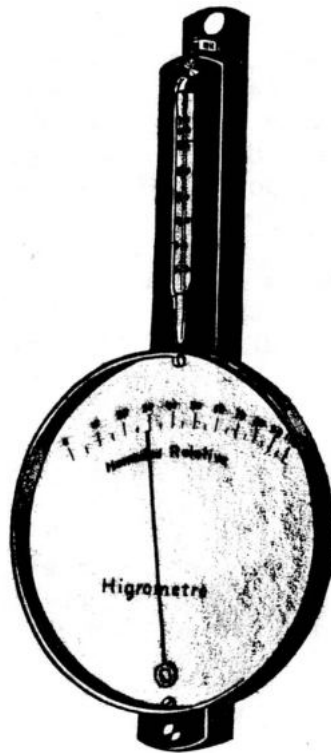
El Higrómetro de Cabello: en 1783 H. B. de Saussure propuso el uso de cabellos humanos para los higrómetros, por ser estos higroscópicos y alargarse por incremento de humedad al estar desprovistos de grasa. Mientras la expansión absoluta varía de cabello a cabello, el porcentaje de cambio permanece constante, de acuerdo a los cambios de humedad relativa, según observaciones hechas por Kleinschmidt mostradas en la tabla 7.

% Humedad relativa	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
% Cambio en long. del cabello	0	21	39	53	64	73	79	85	91	95	100

El mérito principal de los higrómetros de cabello es su indicación directa de la humedad relativa del aire. Mediante la medición simultánea de la temperatura ambiental y de la humedad relativa con el higrómetro puede determinarse la humedad absoluta, la tensión del vapor de agua y el punto de rocío.

El higrómetro de cabello puede comprobarse y regenerarse fácilmente con solo humedecer los cabellos, en cuyo caso deberá indicar un valor de 96% de humedad relativa. A este fin cada higrómetro está provisto de un dispositivo de humectación y un tornillo de calibración.

HIGROMETRO DE CABELLO



HIGROGRAFO:

Es el instrumento a registrar la humedad relativa del aire, cuyo conocimiento es importante en meteorología, climatología, biometeorología y en numerosas actividades económicas como lo son el almacenamiento de viveres, fabricación de productos textiles, etc.

El elemento sensible está constituido por haces finos de cabellos especialmente tratados y colocados fuera de la Caja protectora pero a su vez protegidos con una rejilla metálica. Sus dilataciones se transmiten al brazo registrador por medio de un mecanismo de palancas.

Los higrógrafos se instalan en la caseta meteorológica para ser protegido de las precipitaciones y de la insolación. Las temperaturas superiores a 65 °C y el contenido eventual de polvo y ácido en el aire deterioran los cabellos después de cierto tiempo, igualmente, el flujo permanente de aire seco menoscaba su funcionamiento, pero exponiéndolos algunas horas al aire saturado de vapor de agua se regeneran y recuperan sus propiedades originales.

Los higrógrafos vienen acompañados de un paño de humectación el cual humedecido y colocado sobre la rejilla protectora producen en poco tiempo una saturación completa y la plumilla debe indicar 96% de humedad relativa, en caso contrario mediante un tornillo de ajuste puede ser corregido a este valor.

La calibración y mantenimiento del higrógrafo se hace en la forma como se describe para el termohigrógrafo.

Los registros de humedad son evaluados después de hacer las correcciones a que hubiere lugar. Los valores medios se obtienen por compensación de áreas y los resultados se anotan en una planilla adecuada.

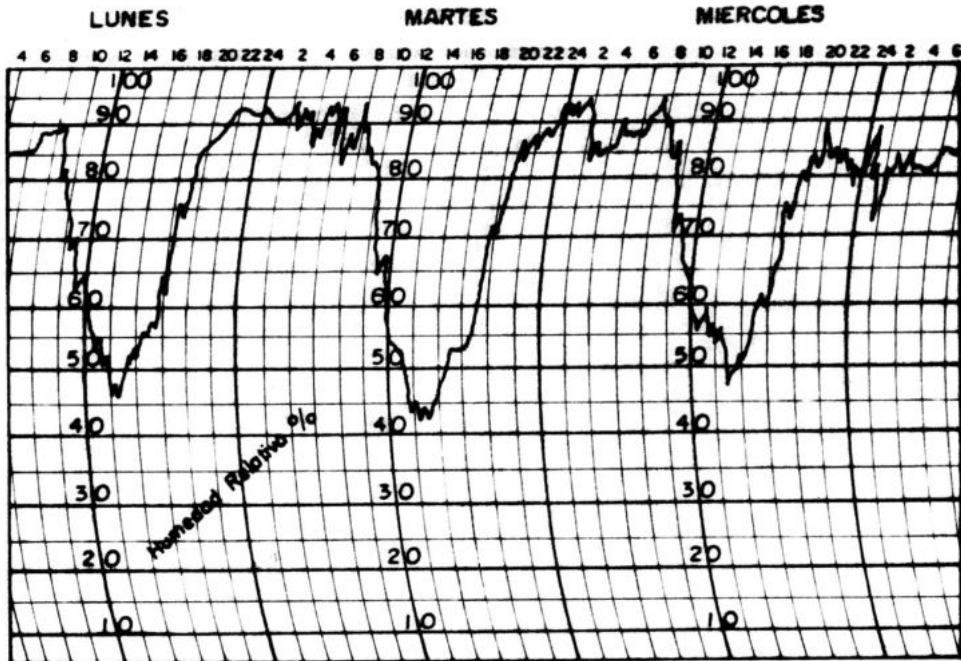
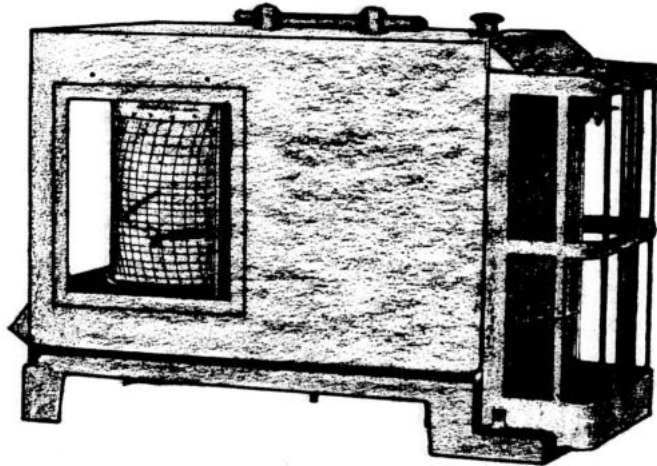
TERMOHIGROGRAFO:

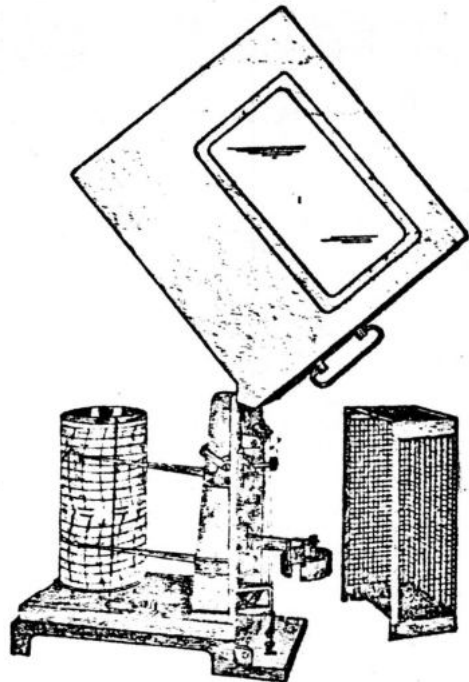
Es un instrumento compuesto por un termógrafo y un higrógrafo montados sobre un mismo chasis para registrar la temperatura y la humedad del aire sobre una misma banda de papel, lo que permite observar la variación simultánea de ambos parámetros y tener la ventaja de ocupar menos espacio de la gabieta meteorológica.

Calibración: a intervalos regulares, especialmente después de cualquier transporte hay que controlar el termohigrógrafo.

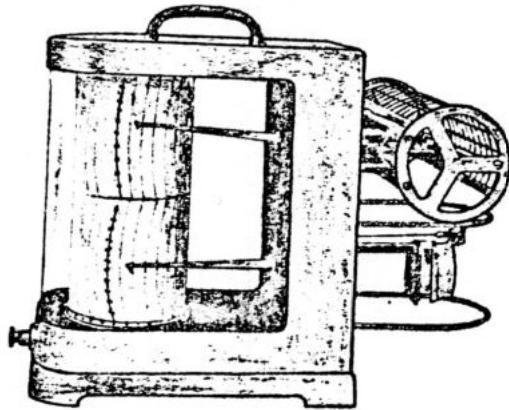
Es recomendable corregir el ajuste del termógrafo solamente en caso de una desviación de la temperatura actual indicada por el termómetro seco del psicrómetro. Para su control se sumerge el elemento sensible en un recipiente de agua cuya temperatura se determina manteniendo en ella un termómetro exacto. La corrección del instrumento se hace ajustando el tornillo para ese fin, situado por encima de la columna de soporte del elemento sensible.

HIGROGRAFO





TERMOHIGROGRAFOS



ESTACION : _____

HUMEDAD RELATIVA MEDIA

MES : _____ 19 _____

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	MAX.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	MIN	MEDIA		
DIA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	LEC	Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	LEC	Hora	
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
31																													
MED.																													

Calculó : _____ Revisó : _____ Max. Absoluta : _____ % / Min. Absoluta : _____ %

La calibración del termógrafo puede hacerse simplemente ajustando la temperatura a la indicada por el termómetro seco del psicrómetro instalado en la misma caseta meteorológica.

Para calibrar el higrógrafo se procede de la siguiente manera:

- a) Se moja el paño humectador y se exprime, de manera que no gotee; con el se cubre la rejilla protectora de los haces de cabello de tal forma que no quede ninguna abertura.
- b) Se esperan unos 30 minutos para que en el interior de la rejilla protectora se forme una cámara casi completamente saturada de vapor de agua, en cuyo caso la plumilla del higrógrafo debe indicar 96% de humedad.
- c) Si se observa que el paño humectador se ha secado muy rápidamente y la plumilla indica una humedad mucho menor de 96%, se repite el procedimiento anterior.
- d) Mediante el tornillo de ajuste situado en el soporte de los haces de cabellos y usando un destornillador a través de la rejilla protectora se hace coincidir la plumilla con la indicación de 96%.
- e) Para comprobar la exactitud del registro se chequea haciendo algunas lecturas psicrométricas y calculando la humedad relativa, la cual debe ser igual a la indicada por el higrógrafo, si la comprobación ha sido hecha en un lugar de humedad del aire y temperatura ambiental constante, pues en caso contrario resultan diferencias apreciables ya que el higrógrafo se adapta más lentamente al cambio de humedad que el psicrómetro de aspiración.

VI. PRECIPITACION:

Por precipitación se entiende en meteorología el agua que cae sobre la superficie de la tierra o que se deposita sobre ella, bien sea en forma líquida o sólida. La medición de las precipitaciones tiene la finalidad de averiguar la cantidad de precipitaciones caídas en un lapso de tiempo sobre una superficie determinada. Las mediciones se hacen sobre áreas pequeñas y luego se hacen deducciones para áreas mayores.

Las precipitaciones pueden agruparse en dos tipos: las precipitaciones caídas y las depositadas. En las precipitaciones caídas se incluyen aquellas que en forma líquida o sólida caen a la superficie terrestre después de formarse en las capas más altas de la atmósfera, manifestándose en forma de lluvia, llovizna, granizo, nieve, etc.

Las precipitaciones depositadas se forman en la superficie del suelo o sobre objetos si estos se enfrían más que el aire que les circunda, sus formas más conocidas son el rocío, escarcha, helada, etc. Su medida en los instrumentos para medir las precipitaciones caídas no siempre producen la aglomeración de una cantidad de agua que se pueda medir, su apariencia y cantidad dependen de la naturaleza del suelo, de influencias de irradiación y del movimiento del aire principalmente. Especialmente en climas secos una gran parte de las precipitaciones son depositadas y su medición tiene tanta importancia como la de las precipitaciones caídas. El instrumento usual de medición de las precipitaciones depositadas es el rociógrafo, cuya descripción se hace más adelante.

Los instrumentos de lectura directa destinados a medir la precipitación caída son los llamados pluviómetros, los totalizadores, los nivómetros y los medidores de niebla.

Pluviómetros: los pluviómetros se componen esencialmente de un recipiente con abertura determinada llamada área recolectora, un embudo y un depósito de boca reducida para proteger el agua recolectada de la evaporación.

Para calcular la altura de agua caída, que es como se usa en meteorología, climatología e hidrología, se divide el volumen de agua caído entre el área recolectora del pluviómetro. Si el área está dada en m^2 y el volumen en litros, la unidad de precipitación viene expresada en mm, de tal manera que:

$$1 \text{ mm} = \frac{1 \text{ lit.}}{1 \text{ m}^2}$$

Para evitar estos cálculos, los pluviómetros se acompañan de una probeta graduada en mm de lluvia con la cual puede directamente medirse la precipitación caída en mm.

Existen varios modelos de pluviómetros, el más conocido y usado es el tipo Hellmann, otros son el modelo del pluviómetro normalizado U.S. Weather Bureau (americano), el pluviómetro Diem, etc.

Pluviómetro Hellmann: la superficie colectora es de 200 cm², limitada por un aro de latón, torneado a cantos vivos soldado al embudo colector, el cual dirige la precipitación a un jarro colocado dentro de otro embase protector en el cual se ha colocado tres soportes para que el jarro conserve su posición y esté separado por una capa de aire. La boca reducida del jarro disminuye la superficie evaporante del pluviómetro y el embase protector evita la pérdida de precipitación en caso de dañarse o derrame del jarro. La medición se hace echando el agua recolectada en una probeta, graduada en mm y décimas de mm. La parte inferior de la probeta es cónica de modo que permite lecturas exactas de precipitaciones inferiores a 1 mm. Los datos obtenidos del pluviómetro de cántaro se anotan en la planilla "Pluviómetro de Cántaro".

Nivómetro: cuando se espera la caída de nieve (como sucede en la estación Pico Espejo, Estado Mérida, Venezuela) hay que colocar dentro del embudo del pluviómetro Hellmann un accesorio metálico llamado cruz de nieve para evitar que el viento la saque del embudo, en este caso hemos transformado el pluviómetro Hellmann en un nivómetro. Para hacer las mediciones se re tira de la base el nivómetro completo y se reemplaza por otro, se tapa, se lleva a un lugar caliente, se espera que se derrita toda la nieve y luego se mide el agua líquida con la probeta.

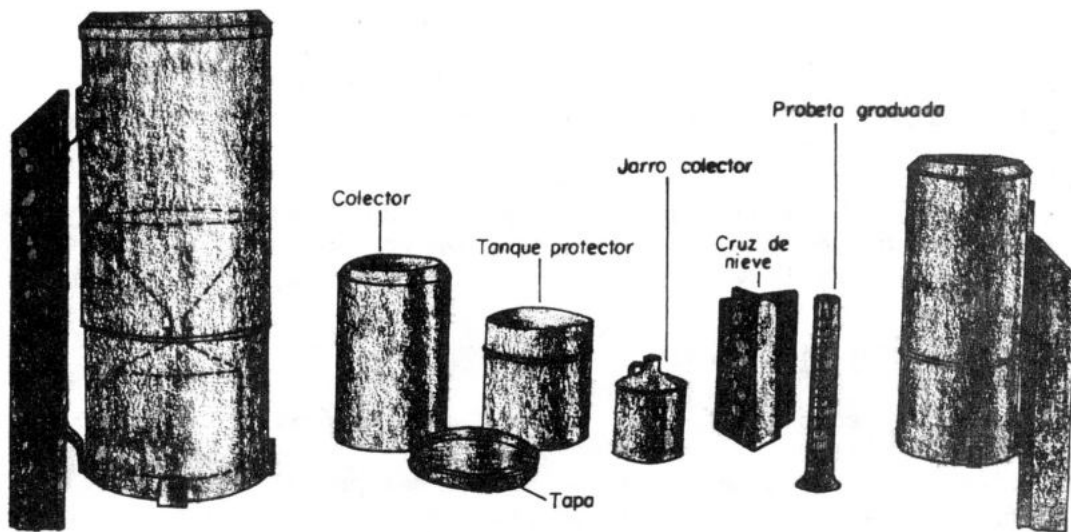
Cuando no hay caída de nieve no debe usarse la cruz de nieve ya que puede introducir errores sensibles en la medición de la lluvia al haber una mayor superficie húmeda evaporante.

Instalación del Pluviómetro o el Nivómetro:

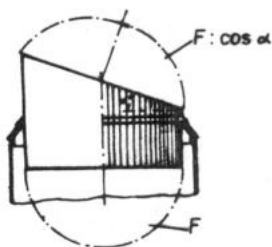
El pluviómetro o el nivómetro deben instalarse en un sitio despejado donde no haya interferencia de árboles y construcciones con la lluvia o nieve caída.

El pluviómetro de cántaro tipo Hellmann o el nivómetro se colocan sobre un listón de madera fijado verticalmente en el suelo y cuyo extremo libre está bicelado para evitar salpicaduras del agua dentro del pluviómetro. La boca del pluviómetro debe quedar a la altura Standard de acuerdo a las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

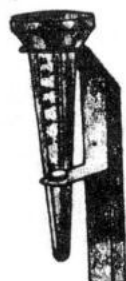
Pluviómetro Normalizado: este pluviómetro usado por el servicio meteorológico americano (U.S. Weather Bureau) tiene un área recolectora circular de 8" de diámetro. El agua caída se deposita en un cilindro donde puede medirse posteriormente con una varilla de inmersión (regla graduada) con apreciación de 0.01 pulgadas de lluvia.



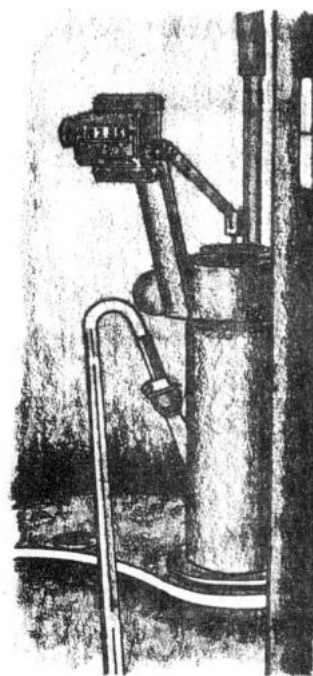
PLUVIOMETRO DE CANTARO TIPO "HELLMANN"



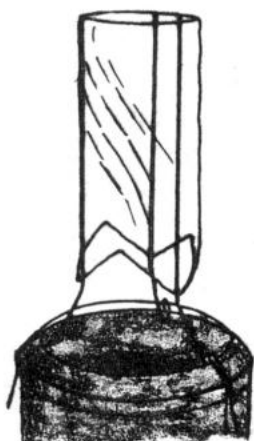
PLUVIOMETRO DE BOCA INCLINADA TIPO "GRUNOW"



PLUVIOMETRO DIEM



TOTALIZADOR CONTADOR



COLECTOR DE NIEBLA TIPO "GRUNOW"



PLUVIOMETRO NORMALIZADO

Pluviómetro Diem: en este pluviómetro el embudo, jarro recolector y probeta forman una sola unidad construida de plástico transparente.

El área recolectora es de 100 cm^2 , tiene una capacidad de 400 cm^3 y las graduaciones cada 0.5 mm para los primeros 5 mm de lluvia y de 1 en 1 mm de los 5 a los 40 mm de lluvia.

Pluviómetro de Boca Inclinada:

La cantidad de precipitación recibida por un pluviómetro en terreno plano, precindiendo de las consideraciones aerodinámicas, es independiente de la inclinación de la caída de las gotas producidas por el viento; incluso la verdadera superficie del terreno, se considera coincidente con el plano horizontal de la carta topográfica.

Un pluviómetro de boca horizontal, circular, instalado en un lugar montañoso por simples consideraciones geométricas, recibe una cantidad de precipitación que depende tanto de la inclinación del terreno como de la dirección de las gotas que caen y de la fuerza de caída vertical, no representando el valor correcto ni respecto del plano de la carta topográfica ni respecto a la pendiente del terreno.

La experiencia ha demostrado que de aquí pueden surgir considerables errores de medida (*), los cuales pueden evitarse haciendo que la boca del pluviómetro sea paralela a la pendiente del terreno y dándole una forma que sea la proyección de la figura circular en el plano de la carta topográfica F sobre la superficie inclinada el ángulo α , es decir una elipse de área $F \cos \alpha$.

El planteo de los problemas depende de si la superficie medida está referida a la superficie del terreno o a la de la carta topográfica. Al primer tipo pertenecen las investigaciones hidrológicas sobre las regiones de flujo entrante o saliente y con vistas al balance hídrico y a la economía forestal; al segundo la estadística referida a grandes extensiones.

El pluviómetro de boca inclinada se pueden preparar con facilidad para la medida en terreno inclinado adaptando al anillo normal del pluviómetro un suplemento que se ajuste a la pendiente conocida del terreno. Normalmente para el pluviómetro de cántaro tipo Hellmann se fabrican suplementos con ángulos de inclinación de 15° , 20° , 25° , 32° , 40° y 50° .

(*) Grunow, J. - Medidas pluviométricas en pendiente
Meteorologische Rundschau 6 (1953) Pag. 85-91
Organización Meteorológica Internacional - Guide provisoire des méthodes
internationales concernant les instruments et les observations
meteorologiques. OMI, Pub. N° 78 (1950).

Totalizadores: son pluviómetros de gran capacidad o con contadores mecánicos utilizados para ser instalados en sitios de alta pluviosidad y difícil acceso. El área recolectora es igual al pluviómetro de cántaro tipo Hellmann cuyo embudo está colocado sobre un recipiente que puede ser un cilindro de 200 litros (tambor para gasolina) al que se adapta en la parte inferior una llave de paso para extraer el agua y hacer su medición. Para evitar la evaporación de la lluvia caída al permanecer largo tiempo sin ser medida, se vacía una cantidad de parafina al interior del totalizador para que actúe como sustancia reductora.

Los totalizadores con contador mecánico tienen un campo de medida de 100.000 mm de lluvia; consisten en un recipiente cilíndrico donde se encuentra un flotante con una varilla conectada a un contador de subidas que funciona en forma similar a como se describe para el pluviógrafo de sifón.

Medida de la Niebla:

La precipitación, que en forma líquida o sólida se desprende de la niebla puede desempeñar un papel esencial en determinadas condiciones climáticas y geográficas (montañas, costas, etc.); en la economía de la región y puede adquirir valores que por ejemplo en la zona de condensación de las cordilleras tropicales alcance varias veces la cantidad que procede de las nubes.

El colector de niebla tipo Grunow hace posible la apreciación cuantitativa de esta precipitación. Consiste en un cilindro de gasa, que en consideración a la estructura natural del viento y las oscilaciones de su dirección, forma un cuerpo de sedimentación independiente de la dirección, con una superficie lateral cuya proyección vertical es de 200 cm² y que puede considerarse como un sistema de delgados cilindros con hilos de 0.4 mm de diámetro. Este colector de niebla se coloca como un accesorio encima del pluviómetro de cántaro tipo Hellmann o del pluviógrafo del mismo tipo Hellmann, apoyado sobre tres soportes. La precipitación que se separa de la niebla en forma líquida resbala a lo largo de los soportes hacia el embudo del pluviómetro o pluviógrafo, la que lo hacen en forma sólida, de hielo o escarcha se puede determinar sacando el colector y fundiéndola. Se instala un segundo pluviómetro sin colector de niebla, la diferencia entre ambos indica la parte de la precipitación debida a la niebla, que se puede interpretar como referida a una superficie vertical de 1 m² de área. Es evidente - análogamente a lo que ocurre con la medida de la evaporación - que esta medida es solo un índice aunque el beneficio efectivo sobre los receptores naturales de niebla existentes (Ej. árboles, etc.) está enlazado con él.

PLUVIOGRAFOS:

Son pluviómetros registradores que sirven para llevar una anotación continua de las cantidades de precipitaciones caídas y la hora en que éstas ocurren, de tal manera que también es posible calcular las intensidades de las mismas, especialmente las máximas intensidades para tiempos establecidos, dato de sumo interés en los proyectos de ingeniería.

Existen varios sistemas o mecanismos usados en la construcción de los pluviógrafos.

1. Pluviógrafo de Sifón o de flotador (float):

Dentro de los cuales tenemos el tipo Hellmann y el tipo Richard.

2. Pluviógrafo de Balancin o Basculante (Bucket):

Dentro del cual tenemos el tipo Fergusson y el R-208 A.

3. Pluviógrafos de Pesada o de Gravedad (Weighing):

Dentro del cual tenemos el tipo Stevens y el usado por el U. S. Weather Bureau.

Los pluviógrafos pueden ser de registro diario, semanal o mensual.

Los pluviógrafos de registro diario o semanal usan un tambor movido por un sistema de relojería para colocar la banda de registro; cambiando los engranajes del tambor y del eje sobre el cual se coloca éste, puede transformarse un pluviógrafo diario en semanal o viceversa.

Los pluviógrafos mensuales usan un sistema de relojería diferente llamado de "rodillos" ya que un rollo de banda es colocado en un rodillo y arrojado en otro, el papel se pasa de un rodillo a otro por unos engranajes o dientes del sistema.

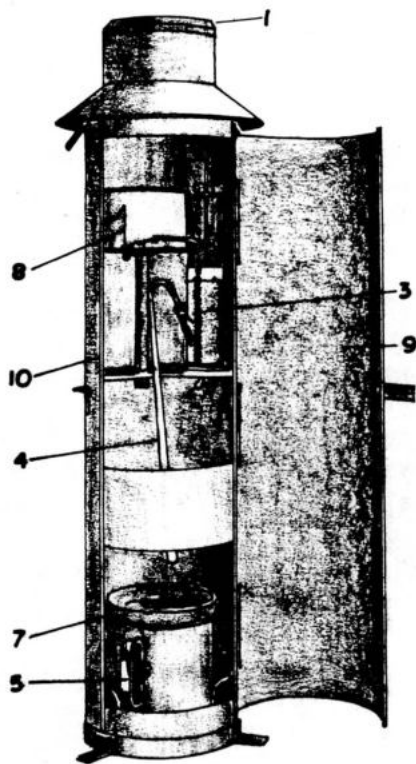
Cada rollo de banda dura un mes como mínimo, dependiendo de la velocidad del movimiento de los rodillos y de la escala usada en la banda (se distinguen las escalas M-1 y M-2).

Pluviógrafo de Sifón tipo Hellmann:

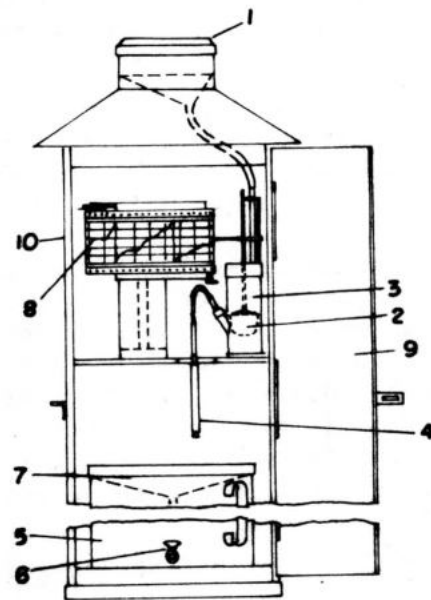
El área recolectora es de 200 cm^2 como en el pluviómetro del mismo tipo, el embudo está fijado a un chasis de metal que protege al mecanismo registrador de influencias atmosféricas y al jarro colector o balde.

La lluvia que cae al embudo colector pasa por un tubo metálico o por una manguera a un recipiente cilíndrico, en el cual se encuentra un flotante (o flotador) con un eje vertical al cual va unido un brazo porta plumilla. La plumilla describe los cambios de altura del agua dentro del recipiente cilíndrico sobre una banda de papel movida por un sistema de relojería.

Cuando las precipitaciones acumuladas en el recipiente cilíndrico alcanzan 200 cm^3 , lo que corresponde a una altura de lluvia de 10 mm, el agua decanta automáticamente a través de un sifón de cristal y puede depositarse en el balde (si lo hay) para luego ser medida y chequear el registro gráfico.



DIARIO O SEMANAL



MENSUAL

PLUVIOGRAFOS DE SIFON

- 1 - Area recolectora
- 2 - Flotante
- 3 - Recipiente cilindrico
- 4 - Sifón
- 5 - Balde
- 6 - Llave de desagüe
- 7 - Tapa del balde
- 8 - Reloj con banda
- 9 - Puerta
- 10 - Chasis .

En este tipo de pluviógrafos solo se cuentan como precipitación las subidas en la gráfica, pues las bajadas corresponden a la decantación.

Calibración: para que el registro esté comprendido en 0 y 10 de la escala es necesario calibrar el instrumento, cuando la plumilla no coincide con el cero de la banda hay que mover un tornillo que se encuentra junto a la varilla vertical del flotante y el brazo porta plumillas.

En caso de que el registro no llegue o sobrepase los 10 mm es necesario subir o bajar el sifón, para lo cual hay que aflojarlo, subirlo un poco, depositar en el recipiente cilíndrico 10 mm de agua medidos con la probeta, en cuyo caso la plumilla debe indicar 10 mm, luego bajar el sifón lentamente hasta que el agua decante y finalmente ajustar el tornillo de fijación del sifón. Posteriormente se vacían lentamente 10 mm de agua en el pluviógrafo para chequear que decante al llegar la plumilla a 10 mm, si no ocurre así se repite la operación.

Pluviógrafo de Sifón tipo Richard:

El pluviógrafo de sifón J. Richard del Servicio de Meteorología Nacional Francés, posee un área recolectora de 400 cm² constituida por un embudo, la lluvia recogida fluye a través de un sistema de tuberías de cobre hacia un depósito cilíndrico que contiene un flotante con un eje vertical al cual está unida una plumilla registradora.

Cuando el agua en el recipiente cilíndrico alcanza un volumen de 400 cm³ (10 mm de altura de lluvia) se llena un sifón y se vacía el depósito en un tiempo de 12 segundos, arrastrando consigo el flotador y el eje; después se inicia el ciclo nuevamente.

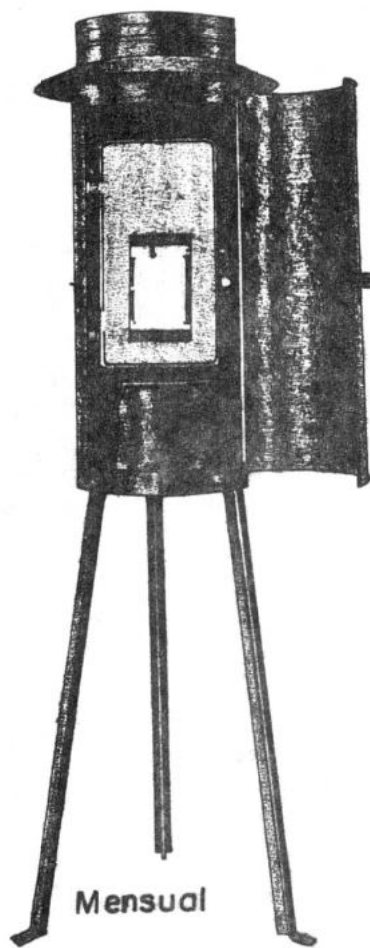
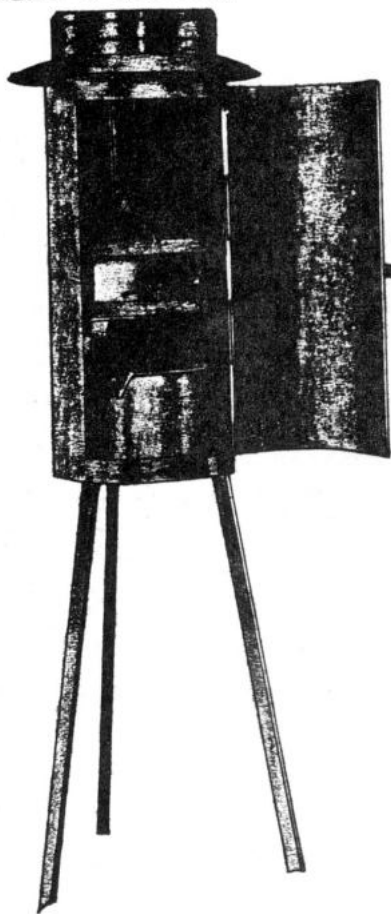
Pluviógrafo de Balancín tipo Fergusson:

El área recolectora está constituida por un embudo de 1.000 cm² de superficie. La lluvia recogida se dirige hacia un balancín compuesto de dos celdas que al contener 20 gr. de agua se rebasan, ladeándose y descargando la celda llena; al mismo tiempo se coloca en posición de recibir agua la celda que antes estaba vacía. Cuando ésta a su vez contiene 20 gr. de agua bascula y la primera celda vuelve a colocarse en su posición inicial. Las celdas simétricas están montadas sobre un pivote. Cada movimiento de vaciado en uno u otro sentido hace avanzar un diente en la rueda excéntrica dentada, un mecanismo de engranajes, palancas, etc., transmite este movimiento a una plumilla que registra la lluvia caída sobre una banda de papel.

Cada movimiento del balancín registra sobre la banda una lluvia de 0,2 mm. En este tipo de pluviógrafo el registro se presenta en forma de escalones (se observa muy bien cuando la lluvia no es muy intensa) y es necesario contar como lluvia tanto las subidas como las bajadas (por eso la banda tiene graduaciones de 0 a 10 y de 10 a 0). Las lluvias menores de 0.2 mm no son registradas en la banda.

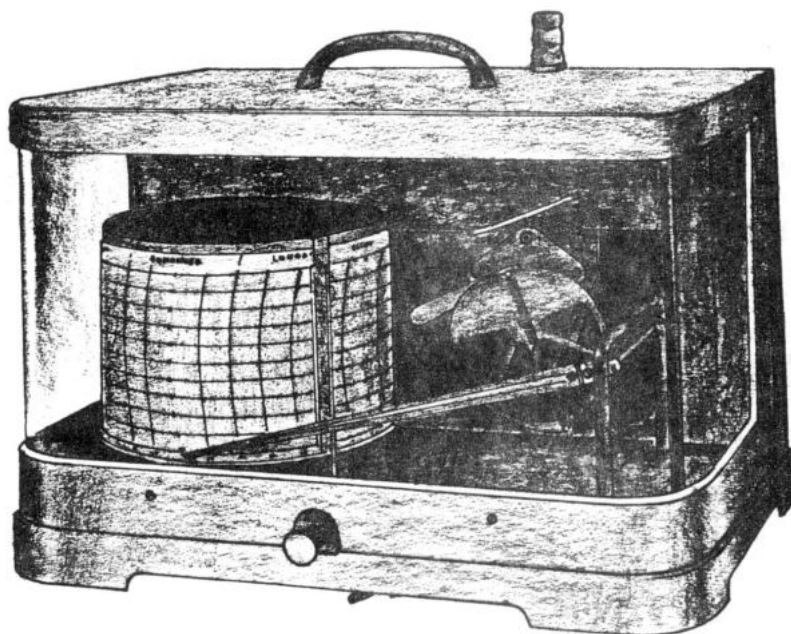
PLUVIOGRAFOS DE BALANCIN

Diario o semanal



Mensual

Registrador diario
o semanal



Todo el mecanismo de registro está colocado dentro de un chasis protector montado sobre tres patas.

Pluviógrafo de Balancín R-208 A:

Consiste en un cilindro vertical de 1 m de altura que sirve de chasis protector al registrador y al balde. El embudo colector tiene una superficie de 2.000 cm². Lo demás es similar al pluviógrafo de balancín tipo Fergusson.

A los pluviógrafos de balancín se les objeta en primer término, si las celdas (o balancines) están dispuestas para que volteen en el momento preciso conforme a una intensidad de lluvia dada, para otras intensidades volteará, a causa de la inercia, muy pronto o demasiado tarde, por lo tanto, las intensidades como las lluvias totales registradas tendrán errores, excepto en períodos en que ocurra la intensidad de calibración.

El total de lluvia registrado en el período puede chequearse con el agua medida en el balde. La corrección de las intensidades podría hacerse repar-tiendo proporcionalmente el error total entre los diferentes períodos en que la intensidad registrada excedió aquella para la cual fue calibrado el pluviógrafo. En segundo lugar, se objeta que cuando la intensidad de la lluvia es alta, las celdas vuelcan tan rápidamente que las marcas en el registro tienden a sobreponerse y a formar una línea continua, lo que hace difícil, si no imposible de leer. Además la determinación de las intensidades en cualquier período, requiere contar las marcas hechas en el registro durante ese período.

Pluviógrafo de Pesada o de Gravedad:

El pluviógrafo de pesada (o balanza) llado también de gravedad se diferencia de los anteriores en que el balde colector del agua descansa sobre un peso o balanza que mueve un mecanismo registrador donde se dibuja una gráfica en forma de "diagrama de masa" resultando muy fácil el cálculo de las intensidades y la lluvia total, suponiéndose que con resultados más exactos que el pluviógrafo de balancín.

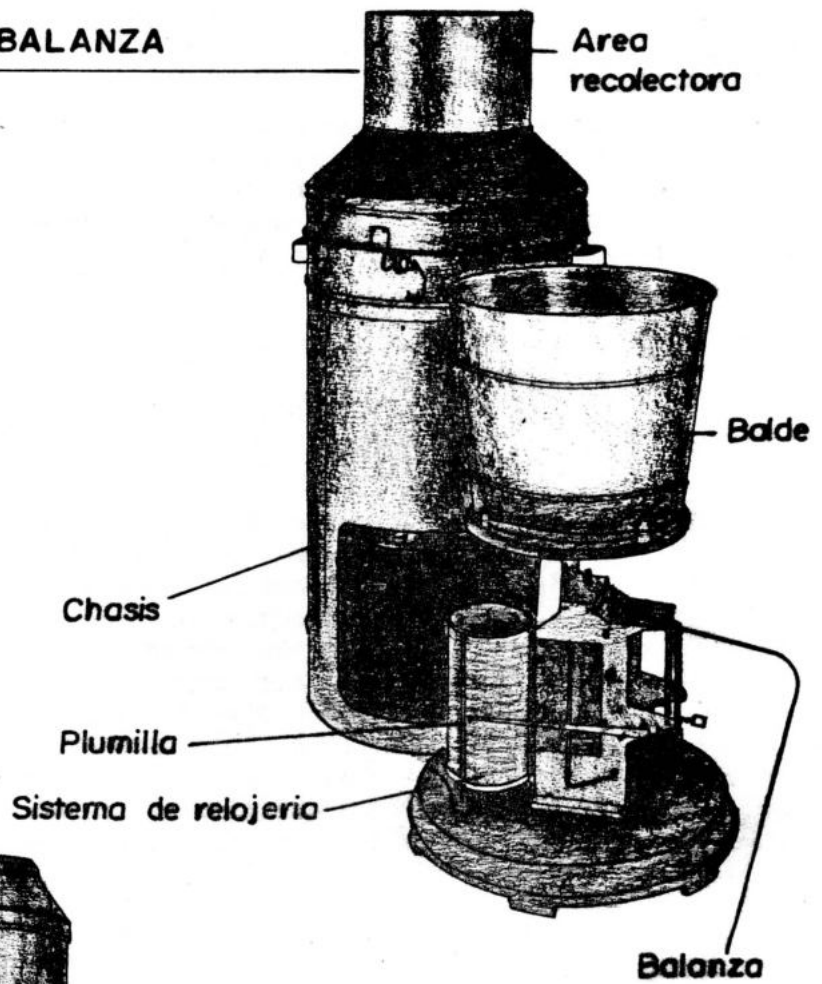
Está en uso un pluviógrafo de pesada fabricado por la casa Fuess para captar lluvia y nieve.

Cuando ocurren pérdidas por evaporación del agua la gráfica retrocede. Este registrador tiene un área recolectora de 200 cm², la precipitación recibida pasa a un recipiente cilíndrico y luego a una balanza donde es medida la precipitación en forma de pesada. La aguja de la balanza lleva un eje móvil que permite la transmisión de los movimientos de la balanza al registrador, la capacidad máxima del instrumento es de 320 mm.

Rociógrafos:

Para registrar el rocío, que es la forma de precipitación depositada más conocida entre nosotros se usan los rociógrafos.

PLUVIOGRAFO DE BALANZA



**PLUVIOGRAFO DE BALANZA
para lluvia y nieve**



Rociógrafo Hiltner:

El rocío es recogido y pesado por medio de un tamíz de cabello muy denso, que se encuentra colocado en el brazo de la balanza, cuya bajada es amplificada y transmitida a un mecanismo registrador. El brazo de la balanza descansa sobre un soporte y lleva un amortiguador que se mueve en una cámara llena de aceite. De esta manera se evita que el viento influya en registro.

La viscosidad del aceite debe ser practicamente constante para que no se produzcan errores por temperatura.

Rociógrafo Kessler:

Como receptor para el rocío sirve un platillo de metal ligero dispuesto horizontalmente. Este platillo tiene un área total (superior e inferior) de 110 cm², muy delgado y baja capacidad térmica. Intercalando un aislamiento térmico, el platillo es colocado sobre una palanca conectada a un sistema inscriptor. La palanca está ajustada con un alambre de bronce que le sirve de eje de torsión para contrarrestar la carga producida por el rocío. La desviación completa de la plumilla registradora corresponde a 6 gr. de rocío. El instrumento dispone de un sistema escurridor de rocío en el brazo porta-platillo para evitar la falsificación de la medida y un dispositivo colector debajo del platillo para recoger todo el rocío medido. Las pérdidas producidas por evaporación quedan registradas en la gráfica.

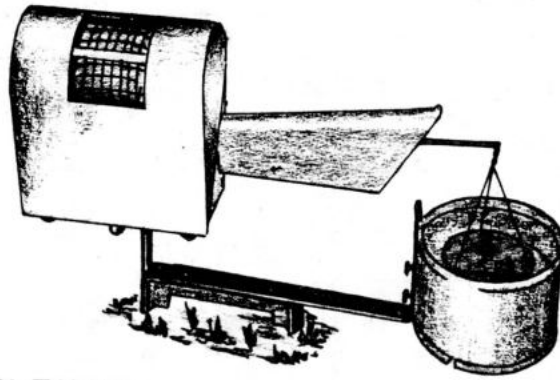
Para calibrar el instrumento, viene provisto de un juego de pesas.

Para evitar movimientos bruscos producidos por el viento, la palanca registradora está amortiguada por aceite.

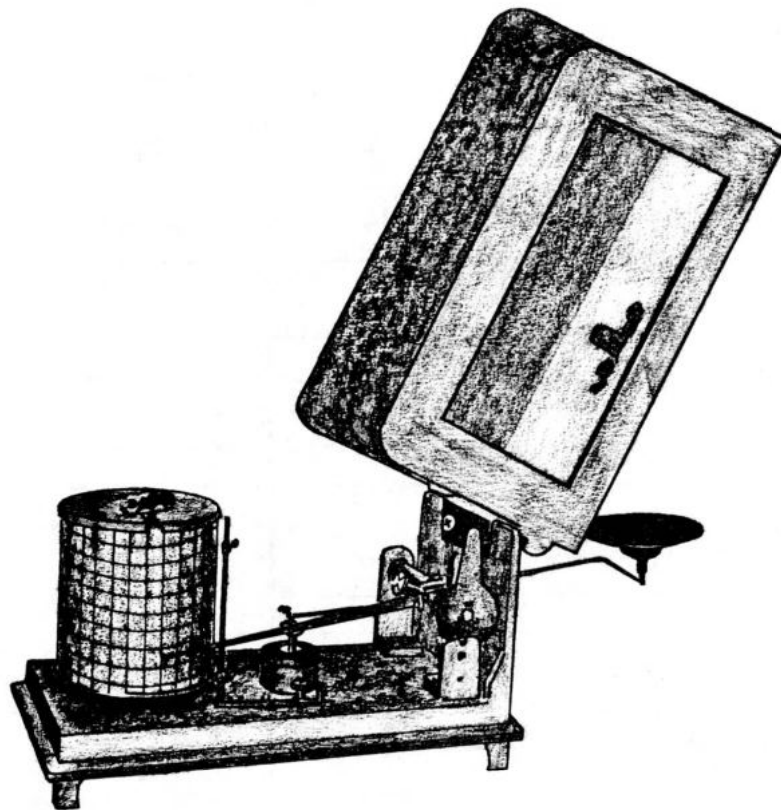
Anotación de los datos pluviométricos:

Las lecturas diarias del pluviómetro de cántaro se hacen a las 8:00 HLV y sus valores se anotan en la planilla "Pluviómetro de Cántaro" diseñada para ese fin. Las estaciones que no disponen de un pluviómetro, pero si de un pluviógrafo pueden evaluar sus gráficas para anotar en estas planillas la precipitación caída cada 24 horas, desde las 08:00 HLV de un día hasta las 08:00 HLV del siguiente día. El valor leído se anota para la fecha en que se está haciendo la lectura, en la planilla solo se anotará la hora exacta de la lectura, la lluvia en mm y las observaciones si las hubieren.

ROCIÓGRAFOS



HILTNER



KESSLER

Anotación de los datos pluviográficos:

Para anotar los datos registrados en el pluviógrafo se emplea la planilla "Resumen Mensual del Pluviógrafo", para lo cual es necesario previamente evaluar las gráficas después de hacer las correcciones necesarias por mal funcionamiento del reloj del pluviógrafo, posteriormente se calculan las precipitaciones horarias para cada día y se anotan en la casilla correspondiente.

El cálculo se efectúa al sumar el total de precipitación entre las verticales que señalan las horas en la banda, o las que se han dibujado al hacer las correcciones de hora en la misma banda.

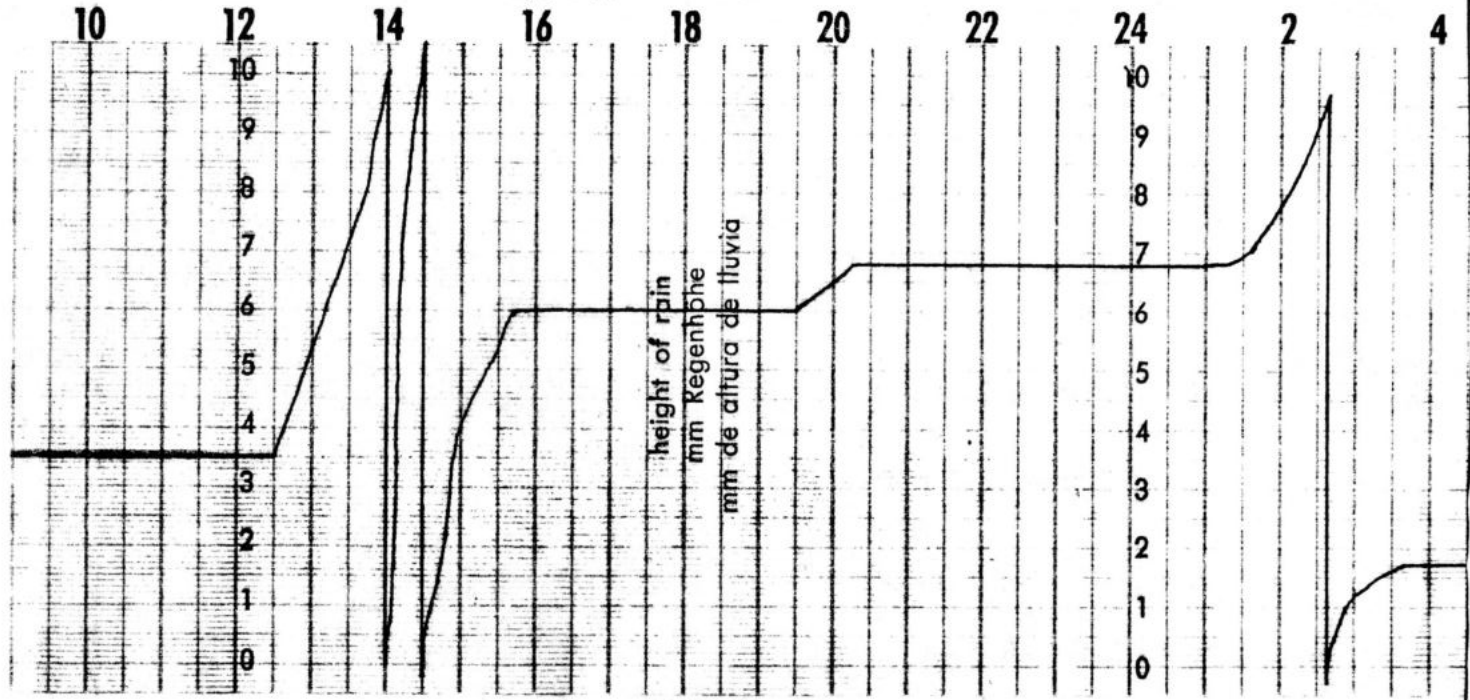
Las precipitaciones máximas para diferentes períodos de tiempo, o intensidades máximas, se calculan dividiendo la precipitación máxima caída entre el tiempo en que ocurrió. Para este cálculo no es necesario tener en cuenta la hora de ocurrencia, sino, ubicar en la gráfica donde han sido más fuertes las precipitaciones, o en otras palabras, donde ha caído mayor precipitación en menos tiempo. Esto es fácil de ubicar ya que el registro pluviométrico presenta una pendiente más fuerte donde las intensidades son mayores.

Para facilitar los cálculos se emplean "planillas", las cuales son copias en plástico transparente del tipo de banda donde está el gráfico que se evalúa. El procedimiento para el cálculo de las máximas intensidades consiste entonces en desplazar la plantilla a lo largo del gráfico hasta apreciar las mayores cantidades de precipitación en los tiempos buscados. Los valores obtenidos se anotan en las casillas correspondientes.

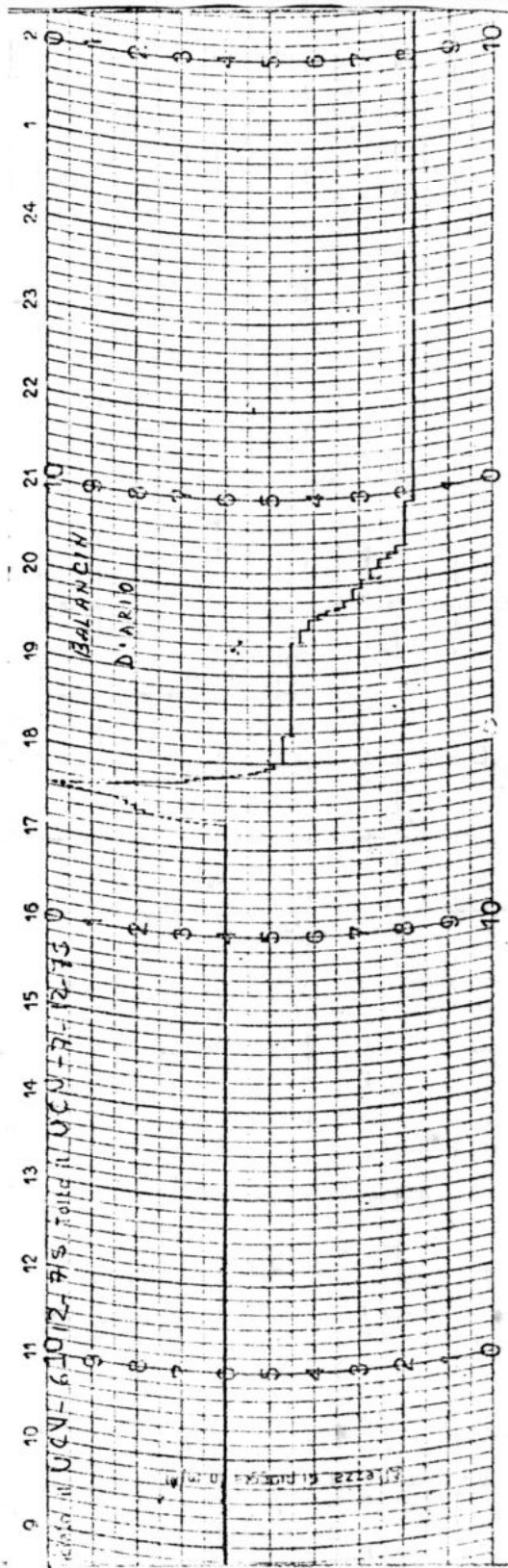
En las bandas de registro diario es fácil apreciar máximas intensidades para 5 y 10 minutos, pero para bandas semanales es prácticamente imposible. Cuando las bandas son mensuales del tipo M-2, las máximas intensidades se calculan a partir de 15 minutos. Debe tenerse en cuenta que la máxima intensidad para 24 horas en un día coincide con la suma de las precipitaciones horarias de ese día.

En hidrología para el análisis de una tormenta se calculan las máximas intensidades sin importar que haya ocurrido entre dos días consecutivos.

SIFON M-2



Strip Chart No. 95/10
Schreibband Nr.
Banda de registro No.



SERIAL	
--------	--

RESUMEN MENSUAL DEL PLUVIOGRAFO : _____ ESTADO: _____

MES: _____ AÑO: _____

EVALUADO POR: _____ FECHA: _____ REVISADO POR: _____ FECHA: _____

Indicativo	Código	Año	Mes

Día	Hora	fc	Lluvia	Englob.	PC	5m	10m	15m	30m	1h	2h	3h	6h	9h	12h	24h	PR	COMENTARIOS	Serial	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
MAXIMAS INTENSIDADES																				
FECHA :																				

Observaciones :

Serial	Código	Año	Mes

RESUMEN MENSUAL DEL PLUVIOGRAFO

(Cont.)

(Precipitación horaria)

Día	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SRL	Día	H	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	SRL
1	12														1	24													
2	12														2	24													
3	12														3	24													
4	12														4	24													
5	12														5	24													
6	12														6	24													
7	12														7	24													
8	12														8	24													
9	12														9	24													
10	12														10	24													
11	12														11	24													
12	12														12	24													
13	12														13	24													
14	12														14	24													
15	12														15	24													
16	12														16	24													
17	12														17	24													
18	12														18	24													
19	12														19	24													
20	12														20	24													
21	12														21	24													
22	12														22	24													
23	12														23	24													
24	12														24	24													
25	12														25	24													
26	12														26	24													
27	12														27	24													
28	12														28	24													
29	12														29	24													
30	12														30	24													
31	12														31	24													

Observaciones :

VII.- EVAPORACION:

La evaporación es dentro del ciclo hidrológico el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso para formar las nubes que luego producirán la precipitación.

La medida de la evaporación es importante en hidrología para el manejo de embalses y también lo es en la agricultura, por lo cual es necesario evaluar la evaporación tanto en superficies libres como en el suelo y también la transpiración de las plantas o evapotranspiración.

La rata de evaporación en un momento y lugar determinado depende en mayor o menor grado de los otros elementos que componen el estado del tiempo; por esta razón en los estudios hidrometeorológicos al considerar la evaporación, también hay que tomar en cuenta esos otros elementos, como el viento y la temperatura, principalmente.

La evaporación puede ser medida "Al Sol" cuando el instrumento está instalado a la intemperie, o "A la Sombra", cuando está colocado dentro de la caseta meteorológica.

Los instrumentos de lectura directa para medir la evaporación se llaman evaporímetros o atmómetros y los registradores evaporígrafos, aquellos que se destinan a medir la evaporación en el suelo se les llama lisímetros y han sido usados para estudiar algunas fases del ciclo hidrológico, tales como la infiltración y el escurrimiento, también son usados los evapotranspirómetros, los cuales miden el cambio en el agua almacenada en el suelo.

Medida de la Evaporación al Sol:

La evaporación al sol se mide por el cambio de nivel en la superficie libre del agua de una tina o tanque de evaporación. Esta es la base de muchas técnicas para estimar la evaporación en lagos y la evapotranspiración.

La tina o tanque de evaporación puede estar expuesta al sol en tres formas diferentes:

- a) Hundida, cuando la mayor parte de la tina o tanque está por debajo del nivel del terreno.
- b) Sobre el terreno, cuando la totalidad de la tina está a una pequeña altura sobre el terreno.
- c) Flotando, cuando la tina está montada o sujeta a superficies flotantes.

Dentro de las tinas o tanques de evaporación podemos mencionar: la tina clase A, americana; la tina Soviética GGI-3000 y el tanque Soviético de 20 m².

Tina Americana Clase A:

Es un cilindro de hierro galvanizado o zinc sin pintar, de 25 cm de altura y 120.6 cm de diámetro interior, 1 cm de espesor y un aro protector de 2 cm de espesor. Está colocado sobre una parrilla de madera. La tina se llena de agua hasta una altura de 5 cm por debajo del borde superior, en su interior se coloca un cilindro de reposo donde se toman las lecturas con un tornillo micrométrico diseñado para ese fin, un termómetro fluvial o preferentemente uno de máxima y otro de mínima para calcular la temperatura media del agua, además al lado de la tina se instala un anemómetro a 0.50 de altura sobre el suelo, para calcular la velocidad media del viento.

Obtenidas las lecturas con el tornillo micrométrico y el valor de la lluvia, la evaporación se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Evaporación} = \text{Lectura anterior} + \text{Lluvia} - \text{Lectura actual.}$$

El resultado siempre es un valor positivo. Todos los datos se anotan en la plantilla titulada "Altura de Evaporación en Milímetros".

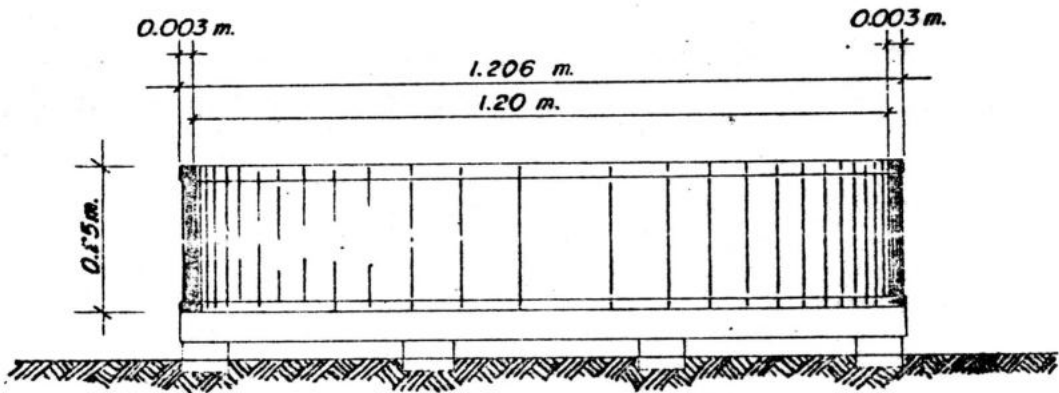
Instalación de la tina americana clase A:

La tina se coloca dentro de la estación meteorológica, de tal forma que esté garantizado el libre flujo del aire todo el tiempo y que no se proyecte sombra sobre ella.

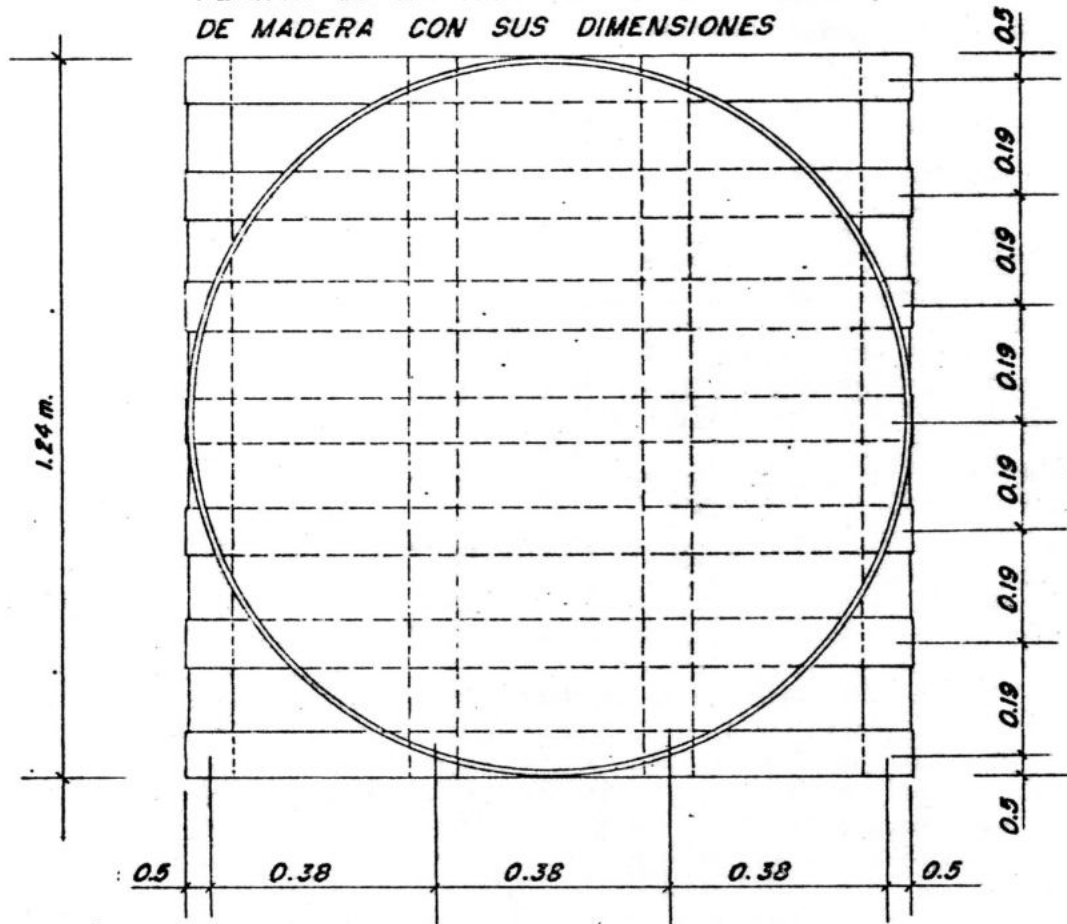
La tina se coloca en una parrilla de madera puesta directamente sobre el suelo, pero cuidando que esté lo más horizontal posible. La tina debe quedar perfectamente horizontal lo cual se logra con un nivel de burbuja puesto sobre un listón de madera que descansa sobre la tina, la operación se hace en dos sentidos perpendiculares entre sí colocando pequeñas cuñas bajo la tina hasta centrar la burbuja.

El cilindro de reposo también debe ser nivelado una vez puesto dentro de la tina, para ello se coloca el nivel directamente sobre él y se accionan los tornillos nivelantes, primero se manipulan dos cuando el nivel lo hemos colocado en un sentido y luego el tornillo restante cuando se ha colocado el nivel en la posición perpendicular a la primera. Una vez terminada esta operación, el cilindro de reposo no se cambia más del sitio en que lo hemos colocado, hasta tanto no se mueva toda la tina para hacerle limpieza, en cuyo caso se repite toda la operación.

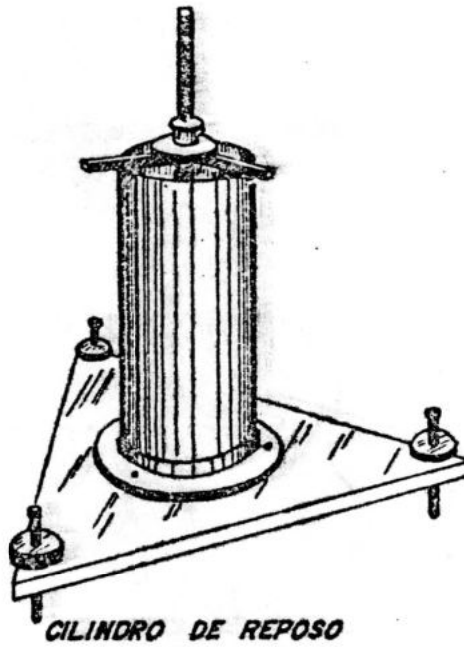
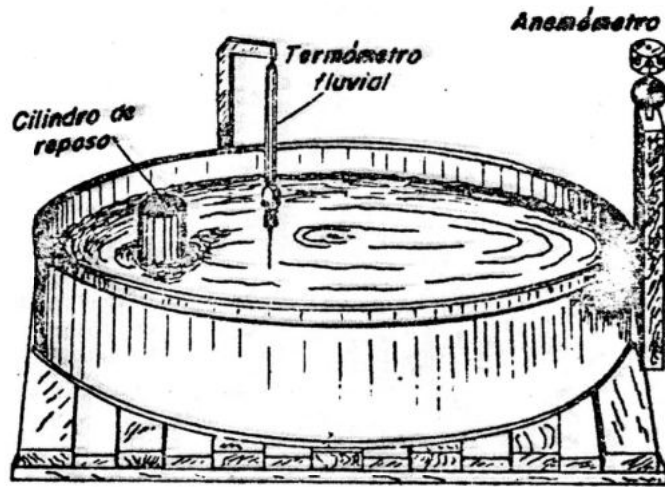
TINA DE EVAPORACION

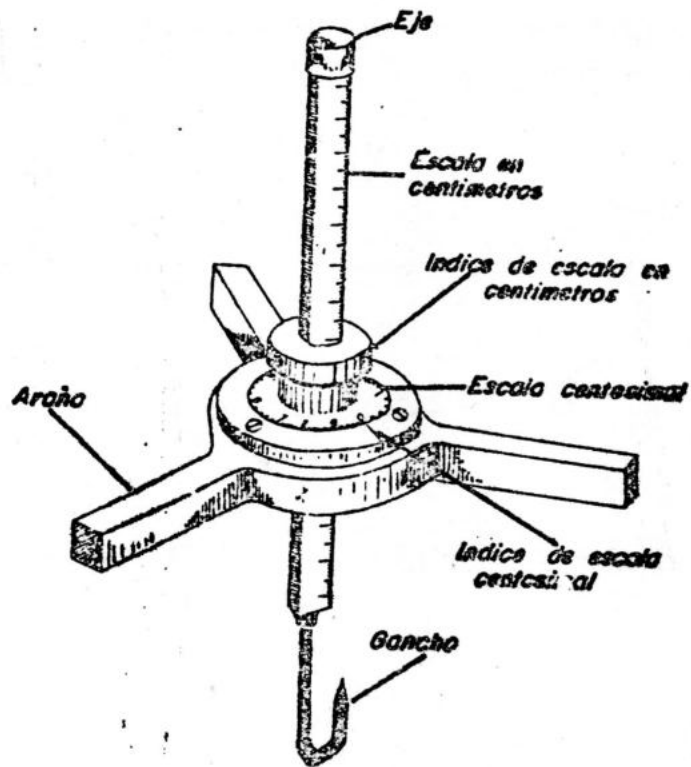


PLANTA DE LA TINA "A" Y LA PARRILLA DE MADERA CON SUS DIMENSIONES

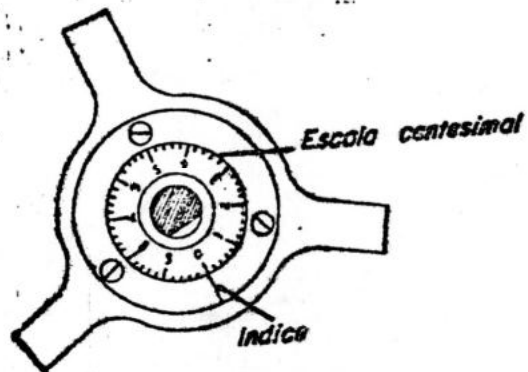


TINA DE EVAPORACION





TORNILLO MICROMETRICO



ARAÑA

Estacion: _____

Mes de: _____ Año: _____ Observador: _____

ALTURA DE EVAPORACION EN MILIMETROS

DIA	HORA	DEPOSITO de EVAPORACION			REDUCCION DE NIVEL mm.	EVAPORACION		
		NIVEL DE AGUA		LLUVIA (3) mm		TOTAL (3) mm	POR DIA (3) mm	POR MES mm
		(1) mm	(2) mm					
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
Totales								

OBSERVACIONES:

(1) Lectura observada	(2) Lectura despues de añadir ó quitar agua	(3) Desde la ultima observación

Mantenimiento: La tina de evaporación clase A debe mantenerse siempre con agua limpia; periódicamente habrá que limpiarla teniendo cuidado de no usar productos que ocasionen oxidación o roturas en la tina.

Tina Soviética GGI-3.000:

Consiste en un recipiente cilíndrico de 3000 cm² de superficie de exposición y 60 cm de profundidad; su parte inferior es cónica con una altura de 8.5 cm.

En el centro de la tina hay un índice de metal en el cual se coloca una bureta volumétrica cuando se hacen las observaciones. La bureta tiene una válvula la cual se abre para permitir igualar el nivel de agua con el de la tina y tomar correctamente la medida. La altura del agua sobre el índice metálico se determina del volumen de agua en la bureta. Una aguja fina en el índice de metal indica la altura a la cual debe ajustarse el nivel del agua en la tina, este no debe ser menor de 5 mm ni superior a 10 mm del nivel indicado por la aguja.

La tina se instala con el borde 7.5 cm por encima de la superficie del terreno y cerca de ella se instala también un medidor de precipitación con un área colectora de 3000 cm².

Tanque Soviético de 20 m²:

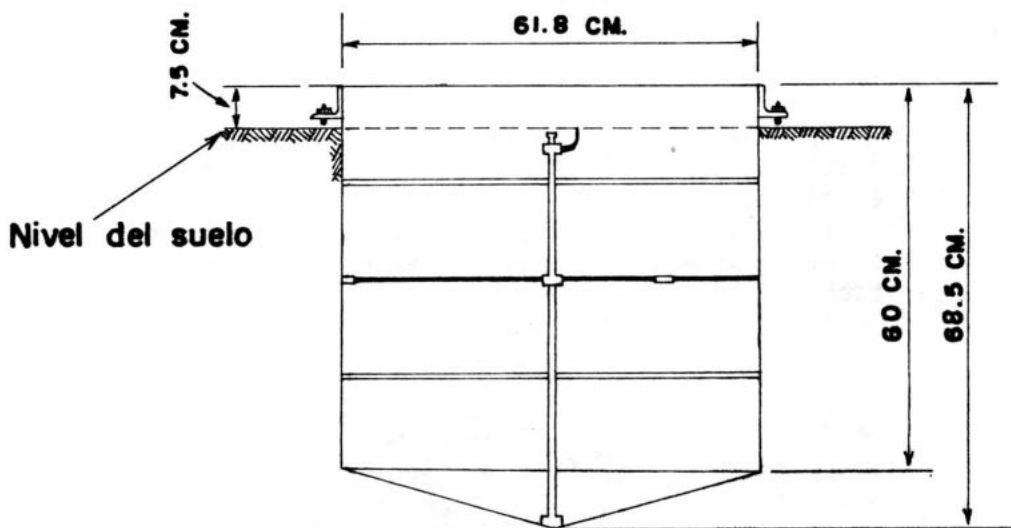
Es una tina cilíndrica de fondo plano, con dos metros de profundidad y un área de exposición circular de 20 m². Está hecha de acero con un espesor de 5 mm.

Se instala enterrada en el suelo, con 7.5 cm contados desde su borde superior fuera del nivel del terreno, pero el agua debe mantenerse aproximadamente al nivel de éste.

El tanque se pinta de blanco en su parte interior y la parte exterior que está fuera del suelo.

Este evaporímetro está provisto de depósito de llenado, un cilindro de reposo y tubo graduado para colocar la bureta volumétrica cuando se hacen las mediciones. Dentro del cilindro de reposo, cerca del tubo graduado, una pequeña varilla terminada en una aguja indica la altura a la cual debe llenarse el tanque.

El nivel del agua debe mantenerse en forma tal que no sea menor de 5 mm ni mayor de 10 mm del nivel de referencia.



TANQUE GGI - 300



TANQUE DE 20 m²

Una ventanilla de vidrio con graduaciones en una de las paredes del tanque de llenado indica la cantidad de agua añadida al tanque y proporciona un chequeo para la bureta de medida.

Medida de la Evaporación a la Sombra:

Para medir la evaporación a la sombra se usan instrumentos de lectura directa y también registradores, son muy conocidos el evaporímetro Wild, el evaporímetro Piché, el evaporímetro de balanza tipo Wild y menos conocidos y pocos usados son los llamados Atmómetro Livingstone, Atmómetro Bellani, el evaporímetro Vilkner, el evaporímetro Leistner-Robitzsch y el evaporímetro Mitscherlich.

Evaporímetro tipo Wild:

Consiste en una pequeña tina de 16 cm de diámetro por 12 cm de alto colocada sobre una base que tiene un eje fijo vertical donde está colocado un tornillo micrométrico y un pequeño cilindro de reposo. La diferencia de nivel en el agua de la tina medida con el tornillo micrométrico da directamente la evaporación, sin sumar la lluvia, ya que el instrumento se instala dentro de la caseta meteorológica.

Evaporímetro de Balanza tipo Wild:

Consiste en una balanza con un platillo de 250 cm² donde se coloca agua hasta que el fiel de la balanza indique cero (0). A medida que el agua se evapora disminuye el peso en el platillo, lo que puede leerse en una escala graduada de cero (0) a quince (15) mm.

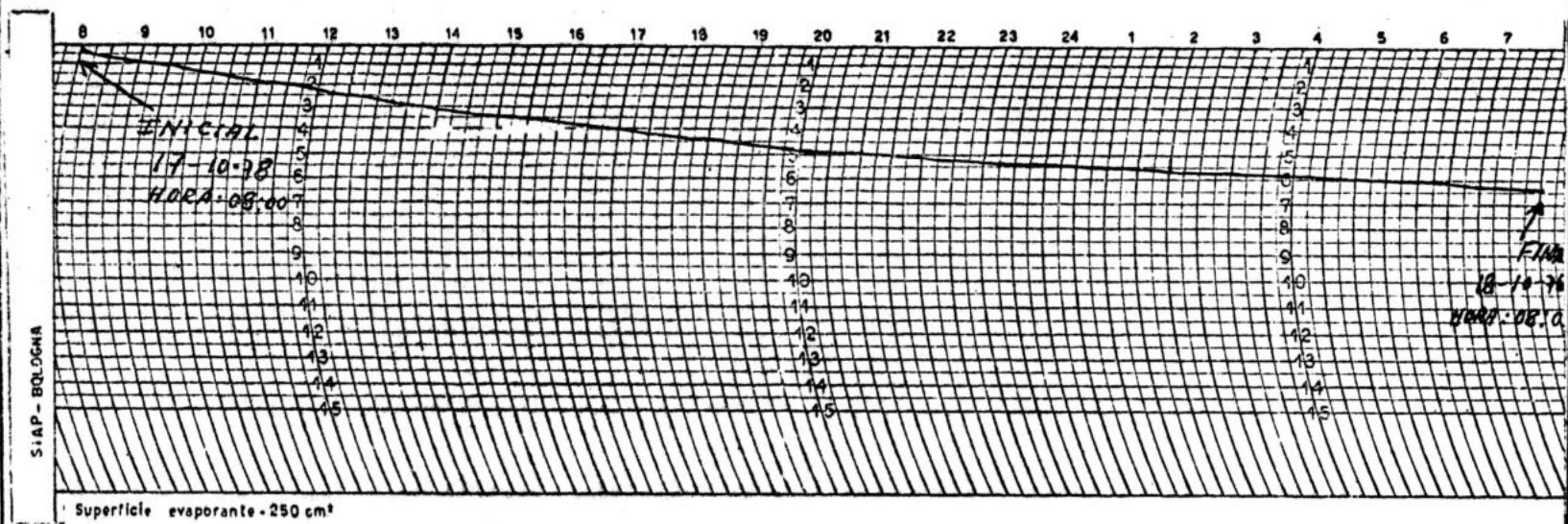
Evaporímetro Piché:

Consiste en un tubo de vidrio cerrado en uno de sus extremos y con una escala graduada en su pared. El tubo se llena de agua y el extremo abierto se tapa con un papel poroso de 30 mm de diámetro el cual se sujeta con un alambre en forma de gancho que a su vez está sujeto al tubo por una abrazadera. El evaporímetro se coloca con el disco de papel hacia abajo para que el agua esté siempre en contacto con él y lo mantenga húmedo. A medida que se evapora el agua del disco de papel poroso, baja el nivel dentro del tubo, lo cual se puede medir en la escala del mismo, que corresponde a mm de altura de evaporación.

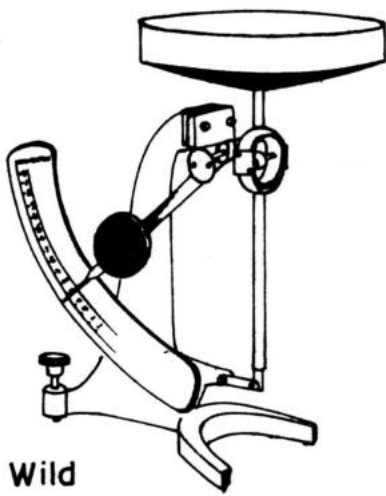
Atmómetro Livingstone:

Posee como elemento evaporante una esfera de cinco (5) cm de diámetro la cual está unida a una botella con agua por medio de un tubo de vidrio inclinado. La presión atmosférica en la superficie del agua de la botella conserva el tubo y la esfera siempre llena.

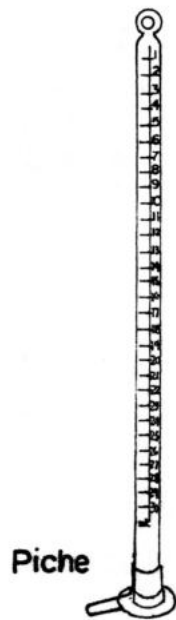
GRAFICA DE EVAPORIGRAFO



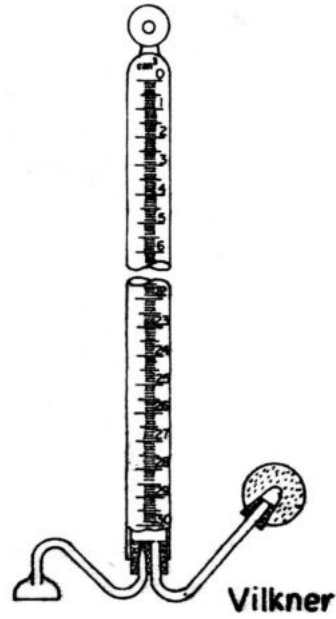
EVAPORIMETROS



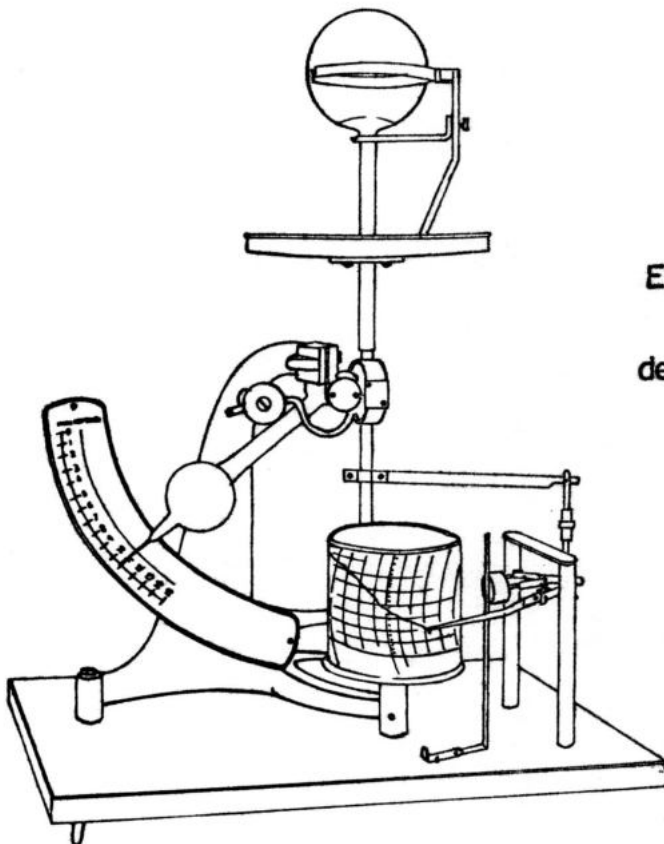
Wild



Piche



Vilkner



EVAPORIGRAFO

de balanza tipo Kossner

Evaporímetro Vilknér:

Es similar al anterior y con cierto parecido al de Piché, el evaporador es una esfera de material cerámico de 30 mm de diámetro con una superficie evaporante efectiva de 12 cm², fijada lateralmente en la parte baja y a cierta distancia del tubo de medida por medio de un tapón de goma y un pequeño tubo de vidrio.

Las graduaciones del tubo son tales que 30 cm³ de agua representan 25 mm de altura de evaporación.

Gracias a la forma esférica, la influencia del movimiento del aire y la radiación son independientes de la dirección del flujo y de su ángulo de incidencia respectivamente. Durante los cambios de temperatura, el aire acumulado en el tubo de medida actúa como un gas termométrico, presionando la salida del agua y produciendo medidas falsas.

Un pequeño tubo de vidrio para compensación, el cual temporalmente recibe el agua presionada es colocado con el tapón de goma que cierra el extremo abierto del tubo de medida. Cuando disminuye la presión ejercida por la columna de aire el agua retorna al tubo de medida. Además, este pequeño tubo permite que el aire correspondiente al agua evaporada permanezca en el tubo de medida y no escape por los poros de la esfera.

Evaporímetro Leinstner-Robitzsch:

Consiste en un tubo medidor, de vidrio cuyo extremo inferior termina con un evaporador esférico de 100 cm². El tubo medidor está graduado para una capacidad de 70 cm³ de agua, que equivalen a 7 mm de altura evaporada. La esfera consta de dos hemisferios de finas paredes metálicas revestidas de papel poroso o tela y luego unidas. El evaporador está apoyado en un aro de metal, el cual está fijado al tubo medidor por una abrasadera.

Con la ayuda de un termómetro seco y de un termómetro húmedo, cubierto con la misma tela del evaporador, se determina la diferencia psicrométrica. La pequeña capacidad calorífica de la esfera es buena garantía de que tienen la misma temperatura del bulbo húmedo ya que están expuestas a la misma radiación y ventilación.

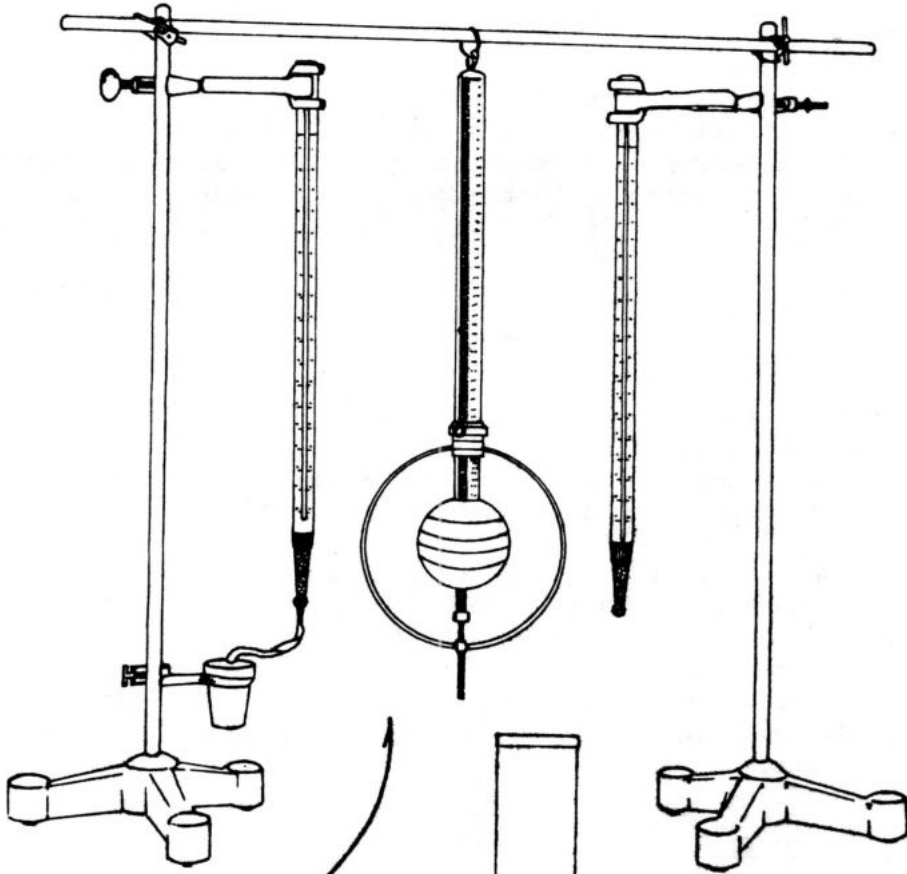
El intercambio de masas entre el aire y la capa del evaporador en contacto con el aire se determina con la fórmula:

$$M = \frac{V \cdot L}{C_p (t - t^i)}$$

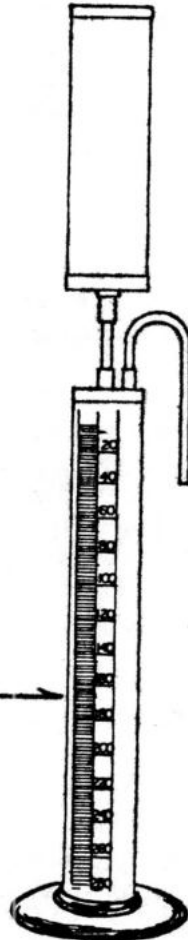
en la cual:

- M = es el peso del aire intercambiado en gr/min.
- V = es la cantidad de agua evaporada en gr/min.

EVAPORIMETROS



Leistner - Robitzsch



Mitscherlich

- L = es la capacidad calorífica del vapor de agua (604 cal/gr)
 C_p = es el calor específico del aire (0,241 cal/gr °C)
 t = es la temperatura del termómetro seco en °C.
 t' = es la temperatura del termómetro húmedo en °C.

El evaporador consiste en un cilindro de arcilla sin satinar, permeable al agua, con una superficie de 242 cm², cerrado por arriba y por debajo por medio de dos tapas metálicas pegadas con cemento. Su parte interior está en comunicación con el agua que asciende por un tubo sumergido en el cilindro de medida, graduada hasta 280 cm³ que cubre un rango de evaporación de 12 mm de altura. El cilindro de medida está cerrado en la parte superior por un tapón de goma bihoradado, por uno de los orificios penetra el tubo por donde asciende el agua al evaporador y en el otro hay un tubo en comunicación con la presión atmosférica externa, la cual fuerza el ascenso del agua hacia el evaporador.

Atmómetro Bellani:

Consiste en un embudo de vidrio en cuya parte superior se coloca un disco de cerámica.

El embudo con agua se coloca sobre una bureta que también contiene agua y actúa como reservorio y como tubo medidor.

El disco de cerámica tiene un diámetro de 8,5 cm y generalmente es de color negro, aunque pudiese ser blanco.

Evaporímetro de Balanza tipo Wild:

Este evaporímetro mantiene el mismo principio del evaporímetro de balanza tipo Wild, descrito anteriormente, pero se ha agregado un mecanismo registrador acoplando un sistema de palancas y un dispositivo inscriptor.

Los modelos más recientes de este tipo de evaporímetro están provistos de una botella plástica montada en un soporte sobre el platillo de la balanza y su función es la de mantener siempre el mismo nivel de agua en el platillo ya que el agua que se va evaporando es reemplazada por el agua contenida en la botella.

Medida de la evapotranspiración:

La evapotranspiración puede ser determinada a partir de la ecuación del balance hidrológico.

Evapotranspiración es igual a: precipitación menos escurrimiento superficial, menos escurrimiento sub-superficial, menos el cambio de agua almacenada en el bloque de suelo considerado.

La medida de la evapotranspiración constituye un amplio tema dentro de hidrología general, por tal motivo no es tratado en este trabajo, los interesados podrán consultar la Nota Técnica N° 83: Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration (WMO-N° 201.TP.105) publicada por la Organización Meteorológica Mundial, en 1966 y reimpresa en 1968, en la cual se trata ampliamente este tema.

VIII.- INSOLACION:

Llamaremos insolación a la cantidad de horas y décimas de horas en que brilla la luz solar en un determinado lugar de la superficie terrestre.

Heliofanía Efectiva: Es la insolación medida en un lugar determinado cuando la luz solar es interceptada por fenómenos meteorológicos.

Heliofanía Teórica o Astronómica: Es la cantidad de insolación que se mediría de no haber intercepciones por fenómenos meteorológicos.

Medición de la Insolación:

Los instrumentos comúnmente usados para medir la insolación son del tipo registradores, reciben el nombre de Heliógrafos o Heliofanógrafos, el de mayor difusión es el Heliofanógrafo Campbell-Stokes. Otros heliógrafos son el de Stake-Becker, el de Jordan, el Heliógrafo Doble, el de Marvin y el de Foster.

Heliofanógrafo Campbell-Stoke:

El heliofanógrafo Campbell-Stokes fundamentalmente consiste en una esfera de vidrio transparente en cuyo foco se concentran los rayos solares para producir quemaduras sobre una banda de cartulina especial colocada en un soporte semicircular o portabandas.

Este portabandas está provisto de canales para colocar diferentes tipos de bandas de acuerdo a la época del año.

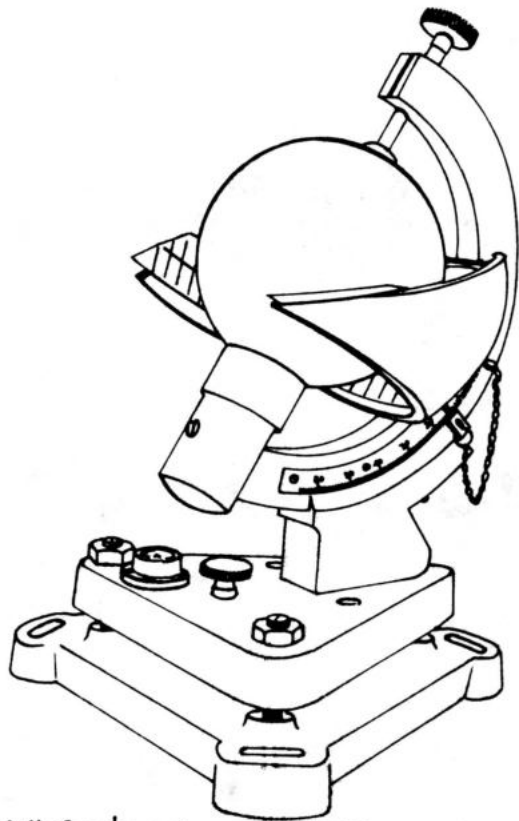
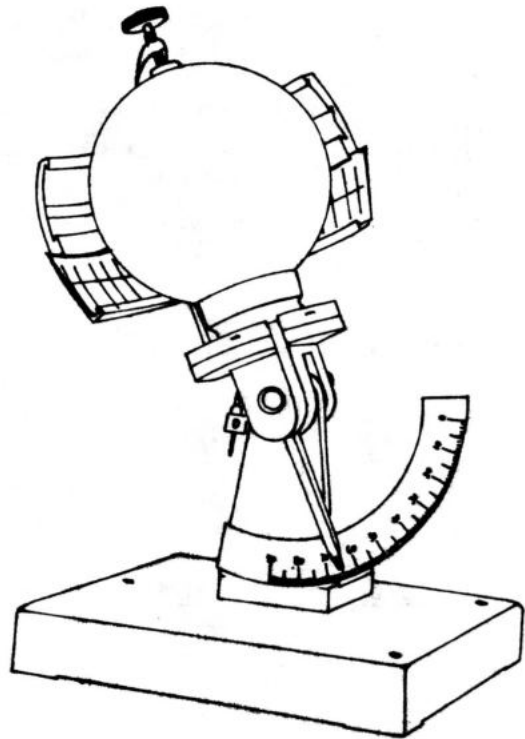
En los canales superiores se coloca la banda curva corta o de invierno (hemisferio norte) usada entre el 23 de octubre y el 21 de febrero; entre los canales centrales se coloca la banda recta o de primavera y otoño (hemisferio norte) usada entre el 22 de febrero al 20 de abril y entre el 23 de agosto al 22 de octubre; finalmente entre los canales inferiores se coloca la banda curva larga o de verano (hemisferio norte) usada entre el 21 de abril al 22 de agosto.

El heliofanógrafo Campbell-Stokes es un instrumento de registro diario y el cambio de bandas se hace en la observación correspondiente a las 20:00 HLV.

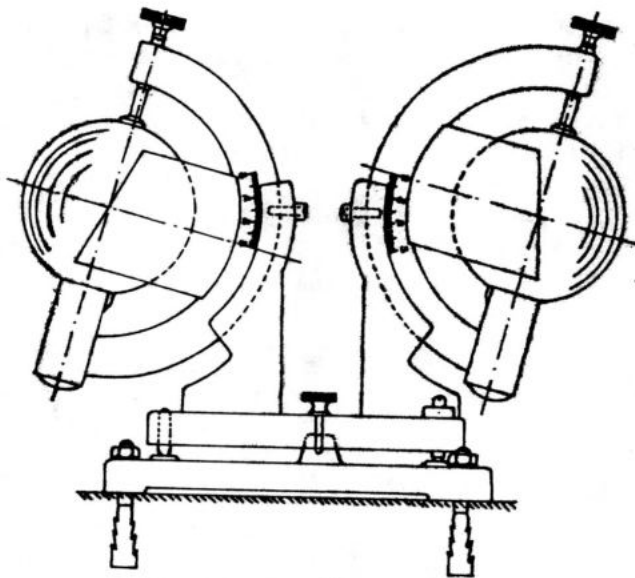
Instalación del Heliofanógrafo Campbell-Stokes:

Este heliógrafo debe instalarse en un sitio despejado que garantice durante todos los días del año la no interferencia de la luz solar por

Heliógrafo STADE - BECKER



Heliógrafo CAMPBELL - STOKE



Heliógrafo Doble .

árboles o construcciones en los alrededores del sitio de exposición.

El instrumento se fija en una placa de madera colocada sobre un poste vertical de 1,50 m de altura sobre el suelo. La base del heliógrafo debe quedar perfectamente horizontal, algunos modelos de heliógrafos no traen nivel ni tornillos nivelantes, por lo cual debe cuidarse de que la placa de madera esté bien horizontal, pero en los modelos que si lo tienen se facilita la operación de nivelación.

El protabandas del instrumento debe ajustarse a la latitud del lugar por medio de una escala graduada para tal fin.

El eje del instrumento que sujeta la esfera de cristal debe estar contenido en el plano meridiano del lugar, es decir, dicho eje debe coincidir con el meridiano que pasa por el lugar, esto se logra en primera aproximación orientándolo con una brújula y luego moviendo el instrumento lentamente hasta que las quemaduras en la banda coincidan o sean paralelas a la raya central de la misma. Cuando hayamos logrado esto, habremos corregido la declinación magnética en la orientación del instrumento y su eje coincidirá exactamente con el norte-sur verdadero del lugar y podremos fijar el instrumento con sus tornillos a la madera de la repisa.

Conviene hacer notar que en el porta-bandas existe una marca en su centro con la cual hay que hacer coincidir el N^o 12 de la escala de la banda cuando ésta es colocada.

El punto donde se concentran los rayos solares sobre la banda, es decir, el punto donde está quemado, indica la hora local del sitio donde se ha instalado el heliógrafo. Cuando use la banda recta escrita con números romanos, tenga cuidado de ponerla en su posición correcta para no confundir las IV (06:00) con el otro valor VI (18:00), si es el caso de este tipo de numeración.

Cuando se instalan heliógrafos en regiones polares o cualquier otra donde pueda formarse hielo sobre la esfera, es necesario previamente solicitar al fabricante la instalación de un dispositivo de calefacción, el cual colocan en un zócalo cilíndrico dispuesto sobre el arco graduado en que está colocada la esfera de vidrio. El elemento térmico trabaja con corriente continua o alterna.

Heliofanógrafo Stade-Becker:

El Heliógrafo Universal según Stade-Becker se utiliza para ser instalado en cualquier latitud, especialmente en regiones polares.

En este heliógrafo el portabandas puede hacerse girar según la altura del sol, de manera que ni en las primeras horas ni últimas de la tarde pueda producir sombras en la esfera de vidrio, debilitando así las quemaduras. En cada caso se hace girar 120° el portabandas con tres posiciones para ser fijado por medio de una palanca. Según la estación astronómica y el grado de latitud puede trabajar con uno, dos o tres cambios de banda diario de acuerdo a una insolación máxima diaria de 10, 18 y 24 horas.

Heliógrafo Doble:

Este heliógrafo consta de dos esferas de cristal en una base común, una orientada hacia el sur y la otra hacia el norte.

Mientras la insolación máxima diaria sea inferior a 13 horas, trabaja una sola esfera, pero al pasarse este valor entra a trabajar la segunda esfera.

El heliógrafo doble, está diseñado para las regiones polares ya que permite su uso durante todo el año sin cambio de orientación y sin necesidad de cambiar las bandas dos o tres veces al día.

Heliofanógrafo de Jordan:

Este heliofanógrafo consiste en dos cámaras semicilíndricas en cuyas pa redes se encuentra papel fotográfico. Ambas cámaras están colocadas una al lado de la otra en una misma base, cada una posee un orificio por donde penetran los rayos solares que impresionan el papel fotográfico para producir el registro de la insolación. Los orificios de las cámaras están dirigidos una hacia el este y el otro hacia el oeste.

Se ha determinado que las impresiones producidas en el papel fotográfico son mayores que las quemaduras producidas en las bandas del heliofanógrafo Campbell-Stokes, produciéndose registros dudosos.

Otra dificultad de este instrumento está en la constante inseguridad de la calidad del papel fotográfico.

Heliógrafo Marvin:

Consiste esencialmente en dos termómetros, uno blanco y otro negro en un tubo de vidrio donde se ha hecho el vacío. Los bulbos están separados por una columna de mercurio y alcohol que cierran un circuito eléctrico cuando el instrumento recibe suficiente energía para ello.

El heliógrafo Marvin debe calibrarse en forma tal que el circuito eléctrico se cierre exactamente cuando el disco solar apenas se distinga a través de las nubes. Este ajusta no proporciona buena seguridad para la

comparación con otros heliógrafos, sin embargo, presenta la ventaja de poder usarse para registros a control remoto.

Heliógrafo Foster:

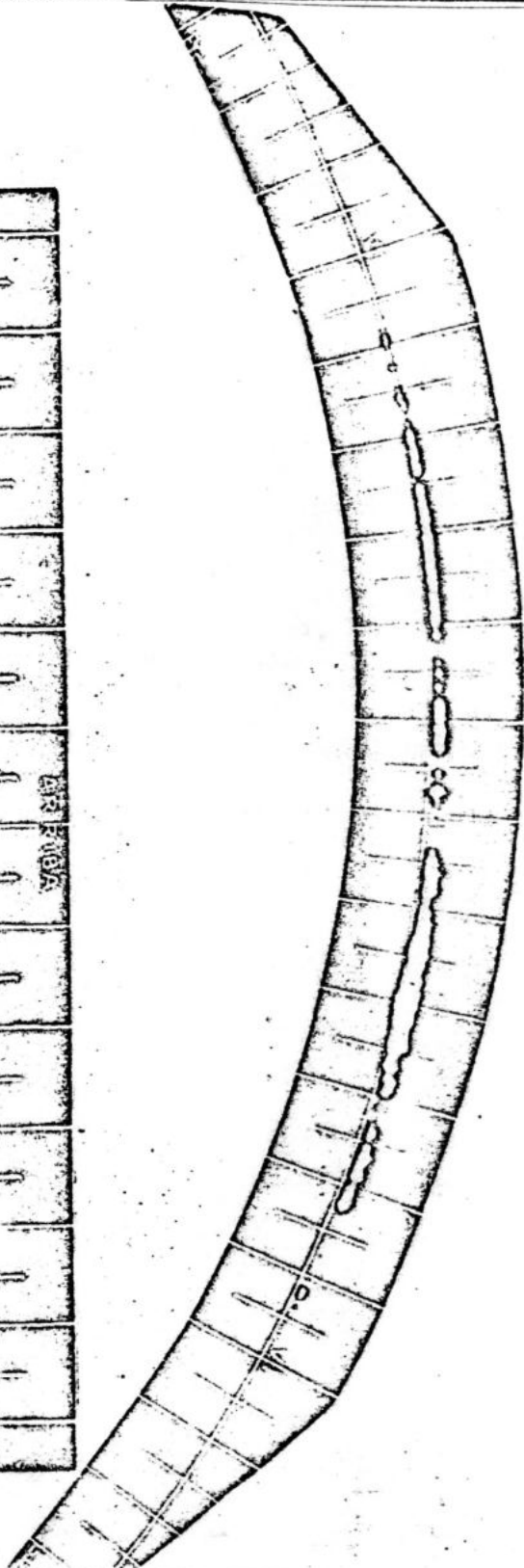
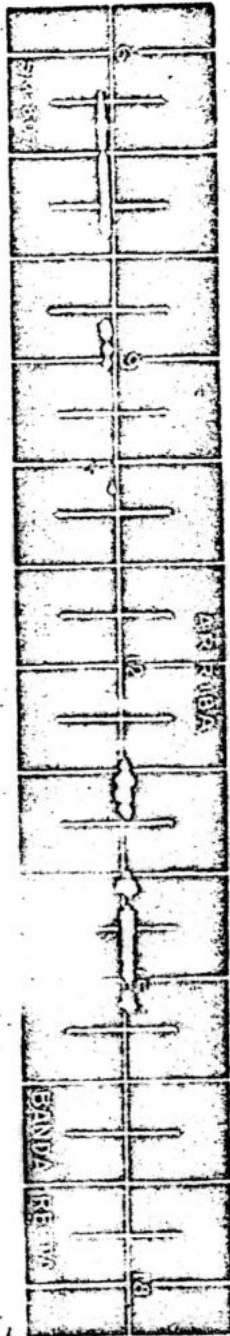
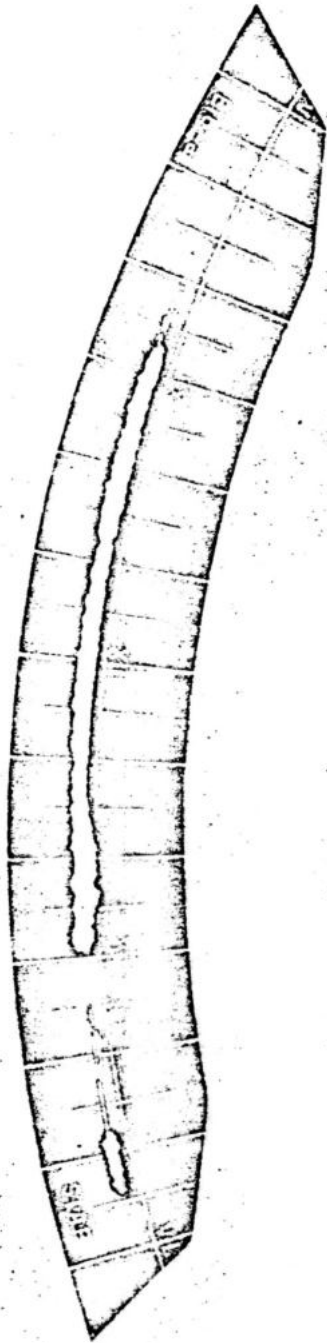
Este heliógrafo está basado fundamentalmente en una célula fotoeléctrica dentro de un tubo transparente sujeto a una montura con varios ajustes estacionales. La luz solar al actuar sobre la célula fotoeléctrica activa un "reloj" usado para marcar sobre una banda la duración del brillo solar en minutos. El coeficiente de retardo del instrumento es despreciable y su sensibilidad permite medidas seguras aún al amanecer.

Evaluación de las Gráficas del Heliografógrafo Campbell-Stokes:

La evaluación de estas gráficas consisten en determinar la cantidad de horas y décimas de hora en que ha brillado el sol durante el día, para ello se determina el valor de la insolación para cada hora (el cual no puede ser mayor de 1.0) apreciando las quemadas producidas en la banda. Hay que considerar tanto las quemadas fuertes, que perforan la banda, como las débiles que apenas producen ligeras marcas de color marrón. Debe tenerse cuidado de considerar las quemaduras en forma de puntos y apreciar éstos como 0.1 hasta un máximo de 0.4 en cada hora, es decir, si hay más de cuatro (4) puntos en una hora solo se anotan cuatro (4) en la planilla durante esa hora. Las quemaduras fuertes y continuas no presentan ningún problema para su apreciación ya que la banda está graduada cada 0.5 horas.

Los valores obtenidos de la gráfica se anotan en la planilla llamada "Insolación".

BANDAS - HELIOFANOGRFO



IX.- RADIACION:

La energía que da vida a todos los procesos atmosféricos proviene del Sol y la conocemos con el nombre de Radiación Solar. Un porcentaje de la radiación que llega a la Tierra es reflejada de nuevo al espacio, constituyendo lo que se llama albedo y la otra parte es empleada por la Tierra en los procesos meteorológicos.

La radiación solar se mide por medio de diferentes instrumentos que reciben el nombre genérico de radiómetros, siendo el más usual el llamado Actinógrafo Robitzsch; las unidades empleadas son calorías por centímetro cuadrado por minuto ($\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$), la unidad cal/cm^2 se conoce como Langley, por lo cual se habla a veces de Ly/min. Las últimas investigaciones demuestran que la cantidad de energía que recibimos en los límites de la atmósfera es de $1,98 \text{ cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$, que para efectos prácticos aproximados a $2 \text{ cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ y lo llamamos "La constante Solar".

Dentro de los instrumentos que se usan para medir la radiación solar tenemos:

Pirheliómetros o Actinómetros: con este nombre se designan los instrumentos destinados a medir la intensidad de la radiación solar directa con incidencia normal sobre una superficie.

Se distinguen los siguientes perheliómetros, con diferentes elementos sensibles:

- a) Pirheliómetro Eppley que usa el efecto termo-eléctrico.
- b) Pirheliómetro bimetalico de Michelson.
- c) El Espectropirheliómetro de disco de plata.
- d) Pirheliómetro de Compensación de Armstrong que usa las termocuplas.
- e) Pirheliómetro de Abbot o de corriente de agua.
- f) Pirheliómetro termoeléctrico de Yanishevsky.
- g) Pirheliómetro Linke-Feussner.
- h) Pirheliómetro Moll-Gorczyński.

Piranómetros o Solarímetros: con este nombre se designan a los instrumentos usados para medir la intensidad de la radiación solar global (directa y difusa). Cuando son registradores se les llama también Piranógrafos o Actinógrafos. Entre ellos tenemos:

- a) Piranómetro Esférico Bellani.
- b) Piranómetro Dirmhirn-Sauberer.
- c) Piranómetro Moll-Gorczyński.
- d) Piranómetro Eppley de 180°.
- e) Piranómetro Volochine.
- f) Piranómetro Dirmhirn-Sauberer.
- g) Piranómetro termoelectrónico de Yanishevsky.
- h) Actinógrafo bimetálico de Robitzsch.

Quienes deseen información sobre la totalidad de estos instrumentos podrán consultar la obra: "Guide to Meteorological Instrument and Observing Practices" (WMO. N.º 8.TP.3) 4th ed. 1971, editada por la Organización Meteorológica Mundial.

Pirheliómetro Eppley:

Ha sido ideado para realizar mediciones completas o espectrales de la intensidad de la radiación solar directa recibida con un ángulo de incidencia normal. Tiene las mismas características del Pirheliómetro de Disco de Plata y puede considerarse como una variante termoelectrónica del mismo.

El elemento sensible es una pila termoelectrónica bobinada con un circuito de compensación de temperatura termistorizado. Las superficies que reciben la radiación están revestidas de laca negra Parson.

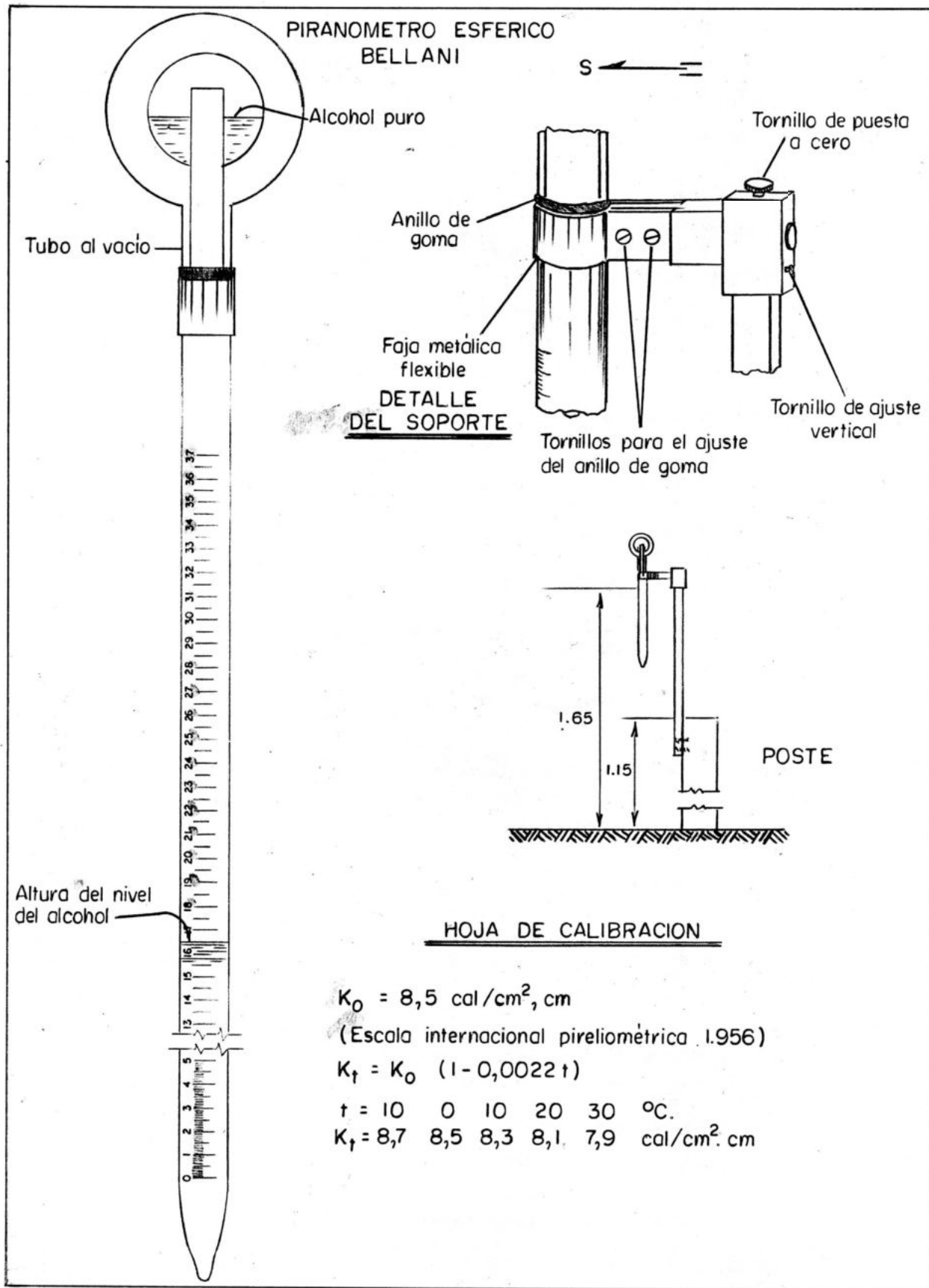
Piranómetro Esférico Bellani:

Este piranómetro mide la radiación de la parte espectral que llega a un punto expuesto a la intemperie y que proviene del Sol, del cielo, del suelo y de las regiones circundantes. Se totaliza diariamente el número de cal/cm² que llega a una esfera de 1 cm² de superficie, expuesta a la intemperie.

El piranómetro esférico Bellani posee un tubo graduado que contiene alcohol, observando la diferencia de alcohol en ese tubo entre dos lecturas sucesivas, teniendo el valor de la temperatura media y un valor K₀ suministrado por el fabricante, se calcula la radiación recibida en el tiempo transcurrido entre dos observaciones consecutivas.

Actinógrafo Robitzsch:

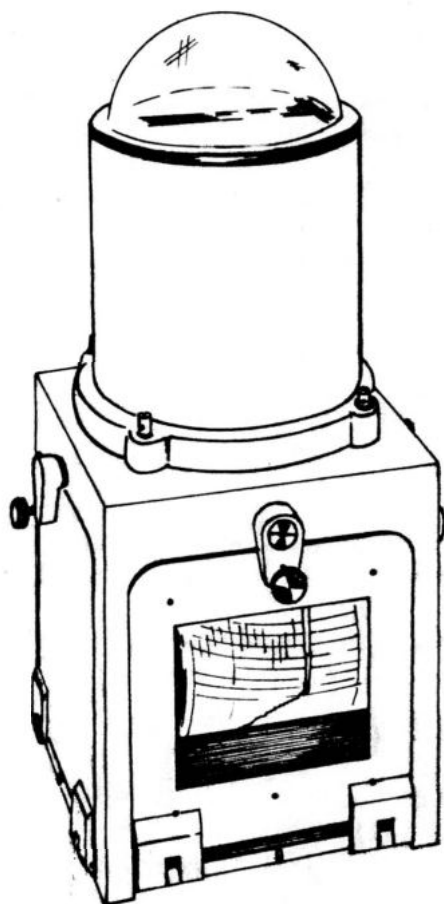
Este es el instrumento usual para registrar la radiación solar directa y difusa. De él se han construido varias series, cada vez tratando de mejorar la calidad de las mediciones.



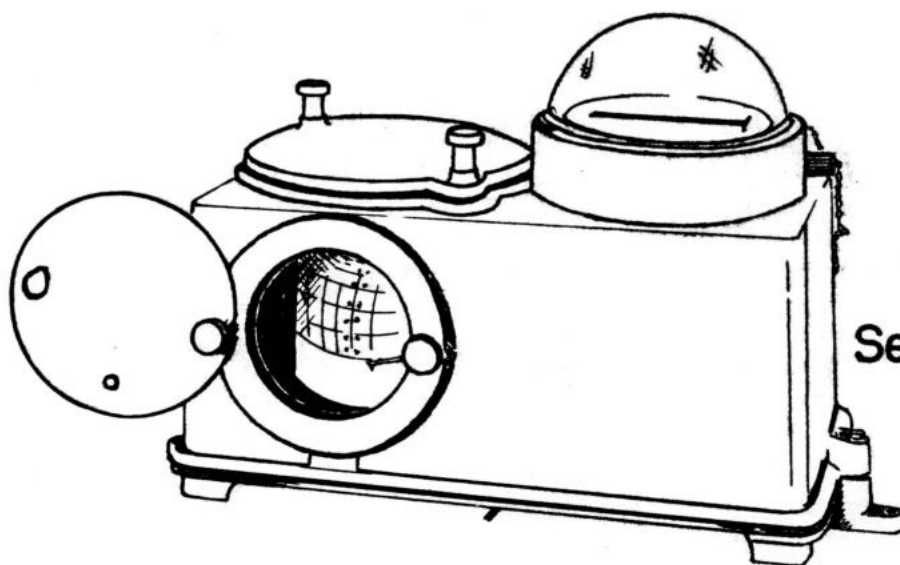
HOJA DE CALIBRACION

$K_0 = 8,5 \text{ cal/cm}^2, \text{cm}$
 (Escala internacional piriométrica 1.956)
 $K_t = K_0 (1 - 0,0022 t)$
 $t = 10 \quad 0 \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad ^\circ\text{C.}$
 $K_t = 8,7 \quad 8,5 \quad 8,3 \quad 8,1 \quad 7,9 \quad \text{cal/cm}^2, \text{cm}$

ACTINOGRAFO ROBITZSCH



Serie D



Serie A

Los fabricados con la denominación de Serie A y Serie B, tienen un elemento sensible formado por tres placas de $1,5 \times 8,5 \text{ cm}^2$ cada una, expuestas horizontalmente, las tres están unidas en uno de sus extremos, las dos laterales están pintadas de blanco y la central en negro la que a su vez se conecta con el sistema de palancas que transmite las deformaciones de las placas metálicas al variar la radiación recibida hasta el sistema inscriptor, la banda para los actinógrafos de la serie A está graduada de 0 a 50 mm y de la serie B de 0 a $2.0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$.

Debajo de las placas sensibles hay un platillo protector para impedir la penetración de la radiación hacia el interior del instrumento, la cual llega hasta las placas blancas y negras a través de una cúpula de vidrio colocada encima de ellas sobre el chasis del actinógrafo.

En el interior del instrumento hay un depósito con sal higroscópica para absorber la humedad.

Para realizar el cambio de banda hay que quitar completamente la tapa del instrumento.

Los actinógrafos de la serie C y D son de menor tamaño, tienen como elemento sensible seis láminas bimetálicas, tres negras y tres blancas situadas por debajo de las primeras, las que por medio de un mecanismo de palancas transmiten sus movimientos al sistema inscriptor. El usar láminas bimetálicas permiten eliminar la influencia de la temperatura del aire.

La cúpula de vidrio, por donde penetra la radiación solar está colocada sobre una caja protectora cilíndrica que resguarda el elemento sensible y el sistema amplificador. La caja protectora cilíndrica está fijada por medio de cuatro tornillos a otra caja protectora cuadrada que resguarda el sistema inscriptor. Esta caja protectora cuadrada tiene dos puertas que abren hacia abajo, una de ellas tiene una ventana de vidrio que permite ver el registro sin abrir la puerta, esto es solo necesario para ponerle tinta a la plumilla. La otra puerta permite sacar el tambor donde se coloca la banda, este tambor está colocado en un eje en posición horizontal. Dentro de esta caja protectora cuadrada hay un nivel esférico que facilita la instalación del instrumento y por su parte exterior hay dos tornillos, uno permite despegar la plumilla de la banda de registro cuando se va a retirar el tambor y el otro permite hacer marcas del tiempo sobre el gráfico; en el mismo lado está un depósito enroscado, que contiene sal higroscópica para absorber la humedad. Esta sal tiene normalmente un color azulado, cuando éste cambia a rosado hay que cambiar la sal o regenerarla exponiéndola al sol o calentándola al horno a unos $120 \text{ }^\circ\text{C}$ durante una hora aproximadamente.

En la parte exterior de la caja protectora cilíndrica hay enroscado otro tubo con sal higroscópica, esta caja se coloca perfectamente sobre la caja cuadrada por medio de unas guías verticales, entre las cuales

se encuentra un vibrador, que conectado a una fuente de energía eléctrica por medio de un enchufe situado en la caja protectora cuadrada permite eliminar parte de la fricción en el dispositivo amplificador y así aumentar la exactitud del registro. En la práctica, este vibrador no se usa.

Instalación del Actinógrafo:

Para la instalación del actinógrafo rigen las mismas normas que para el heliofanógrafo, salvo que no es necesario orientar el instrumento ni graduarlo a la latitud del lugar.

Evaluación de las gráficas del Actinógrafo:

El cálculo de la radiación solar diaria registrada en el actinógrafo Robitzsch, consiste fundamentalmente en la evaluación del área encerrada debajo del gráfico.

Los actinógrafos de la serie A tienen cada uno en particular una constante que designamos como "G", este es la altura en mm. sobre la banda (graduada de 0 a 50 mm) que corresponde a $1 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ en el plano horizontal, según lo indica la hoja de calibración del instrumento. Para los actinógrafos serie B, C y D el valor de "G" es uno. Con el valor de la constante "G" se calcula otro valor "K" dividiendo el número de minutos de una hora (60) o de dos horas (120), según divisiones de la banda diaria o semanal respectivamente, en cuyos lapsos de tiempo se van a determinar la radiación media recibida. En la práctica se determina el área bajo la curva para cada hora (o cada dos horas) y la suma de ellas cada día nos da un valor "S" que multiplicado por un valor "C" obtenido del producto del valor "K", antes mencionado, por otro valor "F" que depende de la latitud del lugar y de la altura verdadera del sol sobre el horizonte, nos proporcionan en definitiva la radiación solar diaria, la cual se anota en la planilla correspondiente adjunta, llamada "Radiación Solar".

Para facilitar los cálculos del factor F, se han calculado valores medios del mismo para cada mes del año, tanto para actinógrafos de serie A, C y D como para los de la serie B, las cuales se adjuntan en una tabla.

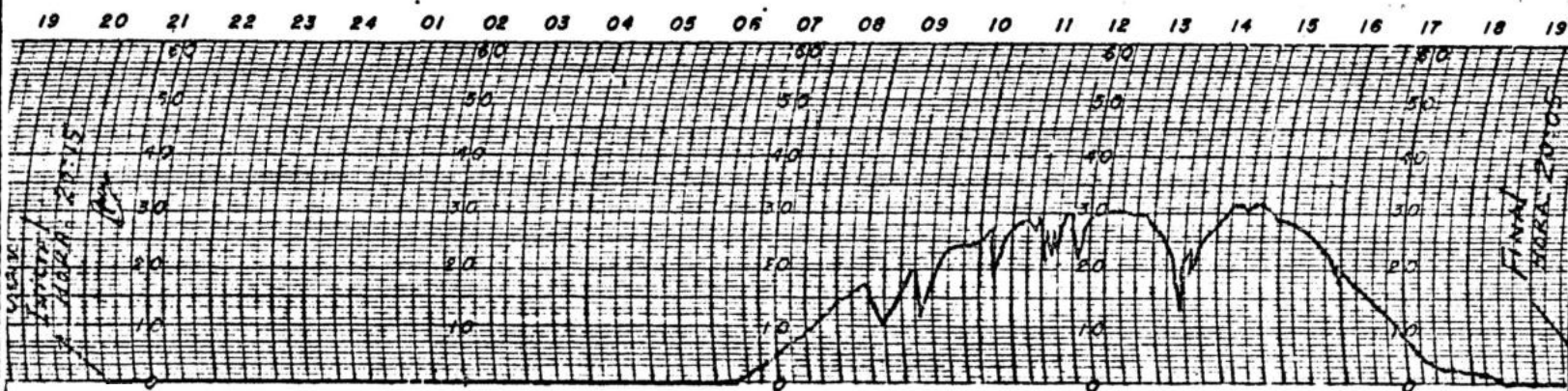
Consideremos el siguiente ejemplo:

En una estación climatológica hemos instalado un actinógrafo serie A cuya constante G vale 24.0 mm y al lado instalamos otro actinógrafo de la serie D, parte de los registros de un día son los que se indican:

Factor "F" RADIACION SOLAR (para estaciones venezolanas).

ACTINOGRIFO SERIES A,C,D.				ACTINOGRIFO SERIE B.		
φ Mes	0-3	3-8	8-12	0-3	3-8	8-12
I	1.02	1.01	1.00	0.98	0.99	1.00
II	1.03	1.03	1.02	0.97	0.97	0.98
III	1.04	1.03	1.03	0.96	0.97	0.97
IV	1.04	1.04	1.04	0.96	0.96	0.96
V	1.02	1.03	1.04	0.96	0.97	0.96
VI	1.01	1.02	1.03	0.99	0.98	0.97
VII	1.02	1.03	1.03	0.98	0.97	0.97
VIII	1.03	1.04	1.04	0.97	0.96	0.96
IX	1.04	1.04	1.04	0.96	0.96	0.96
X	1.04	1.03	1.02	0.96	0.97	0.98
XI	1.02	1.02	1.00	0.98	0.98	1.00
XII	1.01	1.00	0.99	0.99	1.00	1.01
$F = 0.734 + 6.41 \times 10^{-3} h_{sol} - 3.30 \times 10^{-5} h_{sol}^2$				$F = \frac{I}{0.734 + 6.41 \times 10^{-3} h_{sol} - 3.30 \times 10^{-5} h_{sol}^2}$		

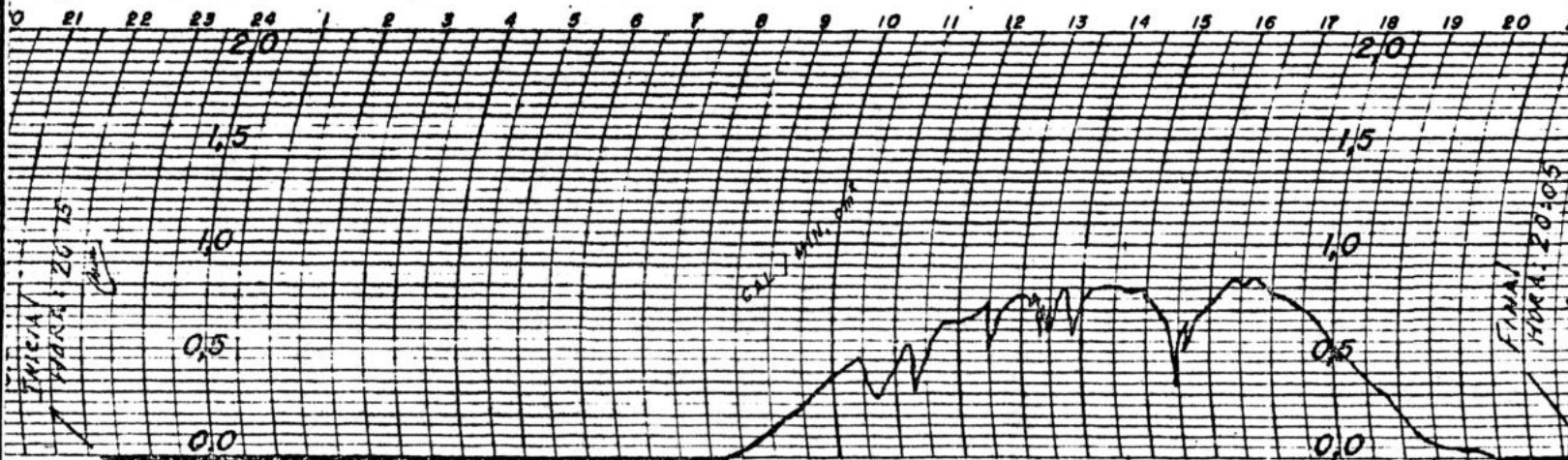
ACTINOGRARO Serie A



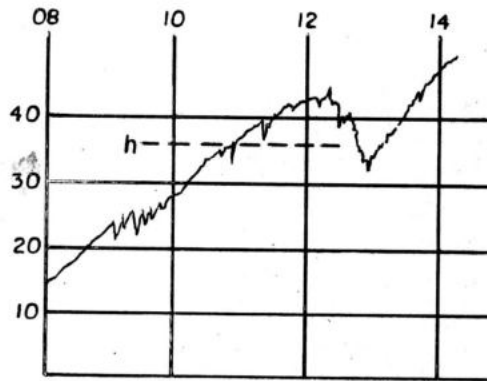
MONTATO IL 01-06-74 TOLTO IL 02-06-74

FOGLIO 300/8

ACTINOGRARO Serie D



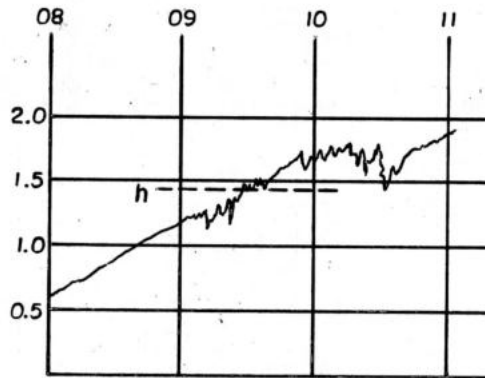
Actinografo serie A



$$G = 24.0 \text{ mm}$$

$$K = \frac{120}{24.0} = 5.0$$

Actinografo serie D



$$G = 1.0$$

$$K = \frac{60}{1} = 60.0$$

Si consideramos que la estación está situada entre 3°N y 8°N y evaluamos una gráfica del mes de diciembre, el factor F será en ambos casos 1.00

$$F = 1.00$$

$$F = 1.00$$

$$C = K \times F = 5.0 \times 1.00 = 5.0$$

$$C = K \times F = 60.0 \times 1.0 = 60.0$$

Ahora bien, para calcular la radiación diaria en ambos casos, determinamos la altura media "h" cada dos horas o cada hora, según la banda sea semanal o diaria por método de compensación de áreas, las alturas medias se anotan en cada casilla de la planilla "Radiación Solar" y luego se suman estos valores para obtener el valor S, supongamos estos sean:

$$S = 120.0$$

$$S = 10.0$$

$$R = S \times C = 120 \times 5.0$$

$$R = S \times C = 60 \times 10$$

$$R = 600 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$$

$$R = 600 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$$

La radiación diaria será en ambos casos 600 cal/cm². día.

X.- PRESION ATMOSFERICA:

La presión de la atmósfera sobre una superficie dada es la fuerza por unidad de área ejercida en virtud de su propio peso y es igual a la fuerza ejercida por una columna de aire de área unidad extendida desde la superficie considerada hasta el límite exterior de la atmósfera.

La medición de la presión atmosférica se basa en el principio de Torricelli establecido probablemente en el año de 1644, aunque el descubrimiento de la presión atmosférica se le atribuye a Viviani en 1643 simultáneamente con Otto de Guericke.

El dispositivo empleado por Torricelli, en principio, es un barómetro de mercurio. Un tubo de 80 a 100 cm de longitud se llena por completo de mercurio y se tapa con el dedo, introduciéndose en una cubeta con mercurio y destapándolo en su interior. Una parte del líquido sale del tubo quedando un vacío en su parte superior. La presión ejercida por la columna de mercurio en el tubo sobre la superficie libre del mismo en la cubeta, equilibra a la fuerza ejercida por el peso del aire sobre la superficie horizontal del mismo mercurio en la cubeta.

Como el mercurio a 0 °C tiene un peso específico de 13,5951 gr/cm³, una columna de 1 cm² de sección transversal y con una altura de mercurio de 76 cm a 0 °C pesará 13,5951 x 76 = 1033,23 gr/cm² que multiplicado por la aceleración de gravedad nos produce una presión de 1.013,25 x 10⁶ dinas/cm². A esta presión se le llama una atmósfera, pero generalmente se expresa la presión atmosférica dando la longitud de la columna de mercurio en mmHg. Una presión de 1 dina/cm² se denomina baria; 10⁶ barias se llama BAR (o megabaría).

En meteorología la presión atmosférica se acostumbra a darla en unidades de milésimas de bar, llamada milibar (10⁻³ dinas/cm² = 1 mb).

La presión de 1000 mb equivale casi exactamente a 750 mmHg; de donde se establece que:

$$1 \text{ mmHg} = 1,33 \text{ mb}$$

Una regla práctica es que para convertir mmHg a mb se multiplican los mmHg x 4/3 y a la inversa, para pasar mb a mmHg se multiplican los mb x 3/4.

$$\text{mmHg} = 3/4 \times \text{mb}$$

$$\text{mb} = 4/3 \times \text{mmHg}$$

Los instrumentos de lectura directa usados en la medición de la presión atmosférica reciben el nombre de barómetros y los registradores el de barógrafos.

Los barómetros más usados en meteorología son el de Fortin o de cubeta móvil y el de Estación o de cubeta fija; también existe el Barómetro Patrón con dos escalas, usado para chequear los anteriores. Es menos usado el barómetro aneróide como tal, este se emplea fundamentalmente como altímetro. Otro instrumento usado para determinar la presión atmosférica en un lugar (y su altura) en base al punto de ebullición del agua es el Hipsómetro que describiremos posteriormente.

Barómetros de Mercurio

El Barómetro Fortin o de Cubeta Móvil:

Constan esencialmente de dos partes principales, el tubo barométrico y la cubeta.

El tubo barométrico es un tubo de vidrio de 90 cm de largo y un diámetro interior de 12 mm, cerrado en su parte superior y abierto en la inferior, protegido exteriormente por otro tubo de metal con dos aberturas longitudinales opuestas que permiten ver el tubo interior de vidrio con su contenido de mercurio.

Por la abertura anterior se desplaza un cursor sobre el cual está grabado el vernier o nonio movido por un piñón que haciéndolo subir o bajar, permite colocarlo a la misma altura de la columna mercurial y leer esa altura con ayuda de la escala gravada a uno o a ambos lados de la abertura longitudinal.

La envoltura exterior metálica lleva en la parte superior un anillo de suspensión para colgar el barómetro y en la parte frontal el termómetro adherido cuyo bulbo va colocado entre el tubo de vidrio y el de metal para dar, en lo posible, la temperatura media entre el mercurio y la escala del barómetro.

La cubeta la forma un cilindro de cristal en cuya parte superior va colocado un índice cónico de marfil. El fondo de la cubeta es móvil, protegido con una gamuza y puede moverse a voluntad por medio de un tornillo de enrase colocado en la parte exterior, lo que permite hacer coincidir la superficie libre del mercurio en la cubeta con la punta del índice de marfil que es el cero de la escala.

Para realizar la lectura con este tipo de barómetro es necesario ajustar el cero de la escala del barómetro, haciendo coincidir la superficie libre del mercurio en la cubeta con la punta del índice de marfil.

Barómetro de Estación o de cubeta fija:

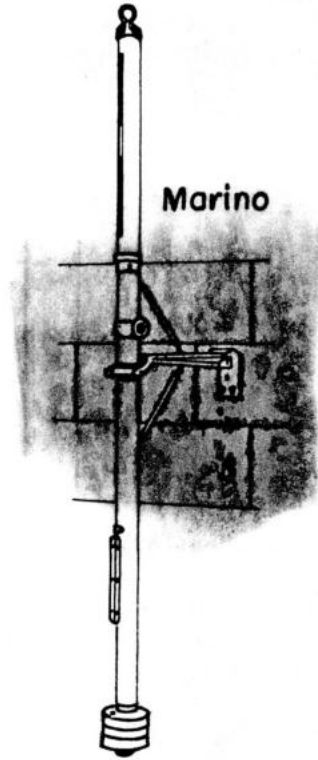
El tubo barométrico es de 90 cm de largo y diámetro interno de 8 mm.

Es el barómetro más usado en la estación meteorológica y consta esencialmente de los mismos elementos que el barómetro Fortin. La extre-

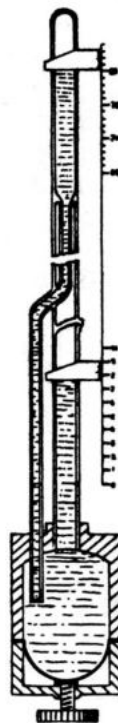
BAROMETROS



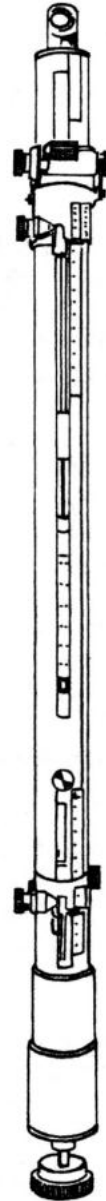
De Estación



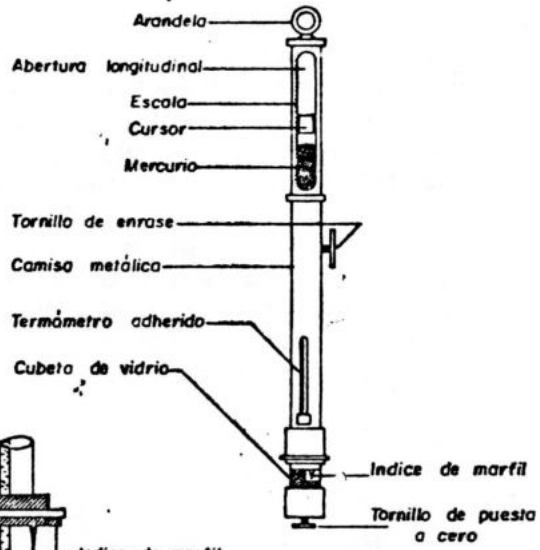
Marino



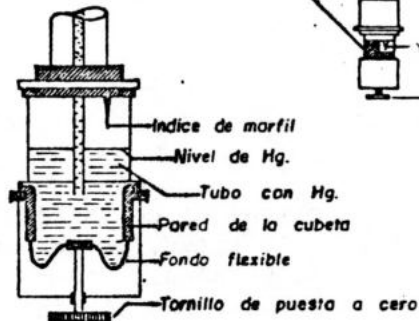
Patrón



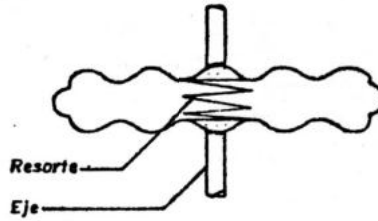
**BAROMETRO
DE
FORTIN**



**CUSETA
DE
FONDOMOVIL**



**CAPSULA
ANEROIDE**



midad inferior abierta del tubo penetra en la cubeta y la presión del aire actúa sobre el nivel del mercurio en la cubeta. Estos instrumentos también reciben el nombre de "barómetros de escala reducida".

El principio de medición implica que la indicación depende de la cantidad de mercurio, de modo que es necesario evitar pérdidas del mismo. En los barómetros de estación la cantidad de mercurio está medida de manera que a 0 °C sus lecturas coinciden con la de los barómetros patrones.

Barómetro Marino:

Es un barómetro de cubeta fija en que la parte cerrada del tubo de vidrio se reduce desde los 8 mm de diámetro hasta convertirse en un capilar que penetra en un nuevo ensanchamiento del tubo de vidrio, de 8 mm de diámetro, formando una ampolla, la cual se reduce nuevamente hasta 2 mm de diámetro y se introduce en el interior de la cubeta.

Los demás elementos son iguales a los otros barómetros, a excepción de la suspensión que en vez de hacerse por un anillo en la parte superior, se hace mediante una suspensión cardánica constituida por un anillo cardánico en el centro del tubo protector y un brazo fijo a una pared, todo esto, a fin de mantener el barómetro siempre vertical en los movimientos del barco.

Barómetro Patrón:

El barómetro patrón se basa en el principio del "barómetro de sifón y cubeta".

El sifón penetra en la cubeta, la cual es de fondo móvil y permite variar los niveles en dos escalas diferentes. El diámetro en sí, presenta los otros, pero se observan dos escalas, una en la parte superior y otra en la inferior. La diferencia entre ambas lecturas da la presión atmosférica en mmHg.

A fin de facilitar la lectura se ajusta a los nonios un visor, los cuales tienen un dispositivo que permite hacer la lectura con precisión.

El barómetro patrón se usa en los laboratorios de instrumentos para calibrar los otros barómetros.

Escala de los Barómetros:

La escala va graduada en el tubo exterior metálico que protege al tubo de vidrio que contienen el mercurio, con ella se mide la altura de la columna de mercurio con ayuda del vernier o nonio. La longitud de la

misma es variable, según se trate de barómetros para ser usados en estaciones cerca del nivel del mar o estaciones muy elevadas, donde la altura que alcanza la columna de mercurio es menor, y por lo tanto, la escala debe abarcar desde menores graduaciones, haciéndose más larga.

Por lo general, las escalas están graduadas en milímetros, con marcaciones más largas para indicar los centímetros enteros, más cortas que éstas para los medios centímetros y aún más pequeñas para indicar los milímetros.

Instalación del Barómetro:

El barómetro pertenece al grupo de instrumentos que se instalan dentro de la oficina de la estación meteorológica. Se coloca adosado a una pared, donde puede recibir la mayor cantidad de luz natural, pero en forma tal que en ningún momento del día, cualquiera sea la época del año, pueda ser alcanzado por los rayos solares. Elegida la ubicación, se fija sobre la pared una tabla de suspensión, donde se colgará el barómetro.

El barómetro viene de fábrica en una caja de madera sin el mercurio, el cual está en un frasco por separado. La operación de llenar el barómetro con el mercurio es delicada y debe hacerse con cuidado de no derramar ninguna cantidad del mismo ni de romper el tubo de vidrio al vaciar bruscamente el mercurio en él, en todo caso el procedimiento varía según sea el tipo de barómetro. El fabricante facilita las indicaciones para la correcta instalación del instrumento.

Errores en el Barómetro:

La principal fuente de error en el barómetro es la existencia de aire en la cámara de vacío en el tubo de vidrio. Una cantidad de aire en la cámara barométrica ejercerá sobre el extremo superior de la columna mercurial una cierta presión, que será mayor cuando sea mayor esa cantidad y cuando aumente la temperatura a que está sometido el barómetro, disminuyendo, por lo tanto, la altura de la columna de mercurio y resultando una determinación errónea de la presión atmosférica.

Se puede conocer la existencia de aire en la cámara del barómetro Fortin haciendo subir el mercurio por medio del tornillo de enrase hasta unos 4 cm del extremo superior, luego se descuelga el barómetro y se inclina con cuidado más o menos rápidamente, con el fin de producir un ligero golpe de mercurio con el extremo del tubo de vidrio. Si el sonido de ese golpe es un 'click' metálico no hay aire dentro del tubo, pero si el sonido es golpe poco perceptible, es indicio de aire en el tubo y la burbuja puede verse a través de la abertura longitudinal del tubo metálico protector.

En los barómetros de cubeta fija, se inclina lentamente todo el conjunto hasta que el mercurio haya llegado a unos 4 cm del extremo del tubo y luego se inclina más rápidamente para lograr el choque del mercurio con el vidrio.

Otra fuente de error es la suciedad en el mercurio por la entrada de polvo en el mismo, el cual no solo se adhiere a las paredes del tubo modificando la forma y altura del mercurio, sino que en el caso del Fortin, se hace difícil un buen enrase al cero de la escala, dificultando o modificando así la apreciación de la altura de la columna barométrica.

La pérdida de mercurio no constituye fuente de error en los barómetros tipo Fortin, siempre y cuando la cantidad restante sea suficiente para permitir el enrase. Tratándose de barómetros de cubeta fija cualquier pérdida de mercurio, por pequeña que sea, modifica la calibración con la cual fue construido.

También existe el error instrumental el cual es constante para cada instrumento y lo suministra el fabricante.

Orden de las lecturas en el Barómetro:

El orden de las operaciones a efectuar en un barómetro para el cálculo de la presión atmosférica es el siguiente:

- a) Lectura del termómetro adherido.
- b) Enrase del nivel del mercurio en la cubeta (si se trata de un barómetro Fortin).
- c) Enrase del nivel superior del mercurio con el cero del vernier.
- d) Lectura en la escala de la altura de la columna mercurial.
- e) Descenso del mercurio en la cubeta (si se trata de un barómetro Fortin).

La lectura del termómetro adjunto debe hacerse, al igual que las otras operaciones, lo más rápido posible para evitar que el calor del cuerpo altere su valor, debe evitarse el uso de fósforos, u otra fuente de energía que pueda modificar la temperatura.

El enrase del nivel inferior del mercurio, consiste en hacer coincidir la superficie libre del mercurio con la punta del índice de marfil, como ya se indicó.

El enrrase del nivel superior del mercurio con el cero del vernier se lo logra moviendo el cursor después de dar ligeros golpes con el dedo al tubo protector para lograr la formación de un buen menisco.

La lectura de la escala se hace de acuerdo a las normas establecidas en física general para la lectura de los vernier, ya esté graduada la esca la en milímetros de mercurio o en milibares.

El descenso del mercurio en la cubeta del barómetro Fortin se hace mani pulando el tornillo de enrrase, hasta que la separación entre el índice de marfil y la superficie libre del mercurio sea unos 5 mm, con la fin lidad de impedir la destrucción de la punta fina del índice por la ac ción del mercurio.

Efectuada la lectura del barómetro, el cursos del vernier se deja indi- cando el valor leído, de manera de poder chequear posteriormente si hu- bo error en la apreciación de los números, cosa fácil de ocurrir con frecuencia.

Correcciones y Reducciones de la Presión Atmosférica:

Para que las lecturas efectuadas en sitios diferentes o en el mismo lu- gar en diferentes fechas, puedan ser comparadas, hay que referirlas a una misma unidad, como si hubiese sido tomadas a 0 °C en un lugar que tuviese la gravedad normal.

Corrección por Temperatura:

Partiendo del cero grado (0°C), un ascenso de temperatura provocará un alargamiento de la escala del barómetro, así como también un decrecimen- to de la densidad del mercurio. Esto último significa una mayor canti- dad del mismo para equilibrar igual peso de la columna de aire, por lo tanto, a temperaturas superiores a 0°C la columna será más larga que si tuviera a 0°C. Inversamente, será más corta si la temperatura es infe- rior a 0°C, por cuanto en este caso habría un aumento de su densidad con respecto a la que tiene a 0°C.

Las escalas de los barómetros son construidas para dar lecturas exactas estando a 0°C, pero como la dilatación del mercurio es mayor que la de la escala para un mismo aumento de temperatura, es fácil comprender que a temperaturas superiores a 0°C hay que restar cierta cantidad al valor leído e inversamente habría que agregar cierta cantidad para temperatu- ras inferiores a 0°C.

La temperatura dada por el termómetro adherido es la temperatura a que están sometidas las partes del barómetro.

La "Tabla para la corrección de la presión atmosférica a 0°C" da los va lores a restar para determinadas lecturas del barómetro en estaciones

TABLA PARA LA CORRECCION DE LA PRESION ATMOSFERICA A °C

mmHg °C	LECTURA DEL BAROMETRO															
	Termómetro Adherido	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
13	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
14	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8
15	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9
16	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
17	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2
18	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
19	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
20	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
21	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7
22	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8
23	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9
24	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1
25	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2
26	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3
27	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4
28	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6
29	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7
30	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.8
31	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9
32	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1

venezolanas, (no se incluye Pico Espejo que tiene temperaturas bajo 0°C en algunas ocasiones).

Corrección Instrumental:

Cada barómetro lleva en su tarjeta de contraste el valor y signo de esa corrección, la cual es constante.

Corrección por Gravedad:

La fuerza de gravedad varía ligeramente con la latitud, es mayor en los polos que en el ecuador, dando ello lugar a que una misma masa, tenga diferente peso según el lugar donde se encuentre. En el caso del barómetro, suponiendo una misma presión atmosférica, la columna de mercurio será mayor en el ecuador que en los polos, debido a que en estos el peso del mercurio será mayor y por lo tanto, una menor cantidad de mercurio equilibrará la presión del aire. También con la altura varía la gravedad, disminuyendo su valor, aunque esa variación es escasa y despreciable para pequeñas elevaciones, será necesario tenerlo en cuenta en estaciones a gran altura.

La Tabala "Corrección de la Presión por Latitud" da los valores a sumar o restar según la latitud sea mayor o menor de 45°C y la tabla "Corrección de la Presión por Altura" da el valor a añadir en caso de estaciones de gran altura.

Para un mismo barómetro en un mismo lugar, la corrección por gravedad, por altura y la corrección instrumental se reúnen en una sola constante.

Junto a las tablas anteriores se incluye otra con la corrección a la gravedad normal para un grupo de estaciones pertenecientes a las Fuerzas Aéreas Venezolanas, donde se ha reunido en una sola constante la corrección instrumental, por latitud y por altura.

Conversión de la presión Corregida en mmHg a mb:

Existen tablas especialmente preparadas para efectuar esta conversión pero es más práctico, como se dijo a principios del capítulo, multiplicar la cantidad de mmHg por 4/3 y obtener muy aproximadamente el resultado en milibares (mb), que es la unidad de presión atmosférica utilizada en meteorología.

Reducción de la Presión al Nivel del Mar:

Las estaciones climatológicas, ni las que tienen una elevación mayor de 500 m.s.n.m. efectúan esta reducción, la cual se usa en aviación y se designa con la clave "QFF" en términos aeronáuticos.

TABLA PARA LA CORRECCION DE LA PRESION POR LATITUD			TABLA PARA LA CORRECCION DE LA PRESION POR ALTURA			
°N \ mm Hg	PRESION		m \ mm Hg	PRESION		
LATITUD	740	760	ALTURA	600	700	800
0	1.92	1.98	500		0.06	0.05
5	1.89	1.94	1000	0.10	0.13	0.09
10	1.81	1.86	2000	0.20	0.23	0.18
15	1.66	1.70	3000	0.29	0.35	
20	1.47	1.50				
25	1.23	1.27				
30	0.96	0.99				
35	0.65	0.67				
40	0.33	0.34				
45	0.00	0.00				

CORRECCION DE LA PRESION A LA GRAVEDAD NORMAL		OBSERVACION CON EL HIPSOMETRO	
ESTACION	VALOR	PRESION ATMOSFERICA	PUNTO DE EBULLICION AGUA DESTILADA
Caracas - Jardín Botánico	- 1.8	760 mm	+ 100.00 °C
Maracay	- 1.9	750 mm	+ 99.63 °C
Maracaibo	- 1.9	740 mm	+ 99.26 °C
Maiquetia	- 1.9	730 mm	+ 98.89 °C
Maturin	- 1.9	720 mm	+ 98.49 °C
Ciudad Bolivar	- 1.9		
Mérida	- 1.7		
Coro	- 1.9		
Barquisimeto	- 1.8		
San Fernando	- 1.9		
San Antonio	- 1.8	355.1 mm	+ 80.00 °C
Santa Elena	- 1.8	149.4 mm	+ 60.00 °C
Güiria	- 1.9	55.3 mm	+ 40.00 °C
Tumeremo	- 1.9	17.5 mm	+ 20.00 °C
Barcelona	- 1.9	4.6 mm	+ 0.00 °C
La Orchila	- 1.9		
Pto. Ayacucho	- 1.9		
Moron (Pto Cabello)	- 1.9		

Para facilitar el cálculo del QFF se elaboran tablas propias para cada estación, añadiendo a la presión de la estación una constante C dada por la expresión:

$$C = 34,68 H_p / T_v$$

donde C viene expresada en milibares, H_p es la elevación de la estación en metros geopotenciales y T_v es el valor medio anual de la temperatura virtual de la estación en °K.

El metro geopotencial o metro dinámico equivale a 1,02 metros lineales:

$$1 \text{ m.g.p.} = 1,02 \text{ m.}$$

La temperatura virtual representa la temperatura de una parcela de aire seco que tuviese la misma densidad que el aire húmedo, se calcula mediante la fórmula:

$$T_v = (1 + 0.6q) T, \text{ siendo } q \text{ la humedad específica y } T \text{ la temperatura del aire en } ^\circ\text{K.}$$

Las tablas se elaboran para calcular la reducción al nivel del mar, entrando en la columna vertical con el valor de la temperatura media del aire, calculada con la temperatura actual y la de 12 horas antes y en la horizontal el valor de la presión atmosférica corregida y convertida en mb, donde se crucen los dos valores se tiene el QFF.

De manera análoga a como se calcula la reducción de la presión a nivel del mar (QFF) puede calcularse la reducción a otros niveles de referencia, particularmente resulta de interés la presión que reina a 3 metros (10 pies) sobre el nivel del mar, calculado según la Atmósfera Standard, a esta presión se le llama en términos aeronáuticos "QNH".

Como en el QFF, se elaboran para el cálculo del QNH tablas especiales para cada estación en forma tal que entrando con la presión corregida y expresada en mb enteros en la primera columna vertical y las décimas en la primera línea horizontal se encuentre en el cruce de ambos el valor QNH.

Sea el siguiente ejemplo:

En la estación meteorológica de Caracas-Jardín Botánico (860 m.s.n.m.) se tomó una lectura en el barómetro Fortin que indicó 678,35 mmHg, se desea saber la presión corregida en mb, si la temperatura del termómetro adherido fué de 20.5 °C.

Los valores, 678,35 mmHg lo redondeamos a 680 mmHg y 20.5 a 21.0 y con ellos entramos en la tabla de corrección de la presión atmosférica a 0°C

y encontramos 2.3, este valor hay que restarlo de 678,35 y tenemos 675,05; luego la corrección por latitud, por altura e instrumental están reunidos en una sola, vale -1,8 (el signo menor indica que hay que restarlo), la presión corregida será entonces:

$$675,05 - 1,8 = 674,25 \text{ mmHg}$$

para convertirlos en mb tendremos:

$$674,25 \text{ mmHg} \times 4/3 = 899,0 \text{ mb}$$

La presión corregida expresada en mb es 899,0 mb

Como se trata de una estación climatológica, que además está situada a más de 500 m.s.n.m. no se hace reducción al nivel del mar.

Barómetros Aneroides:

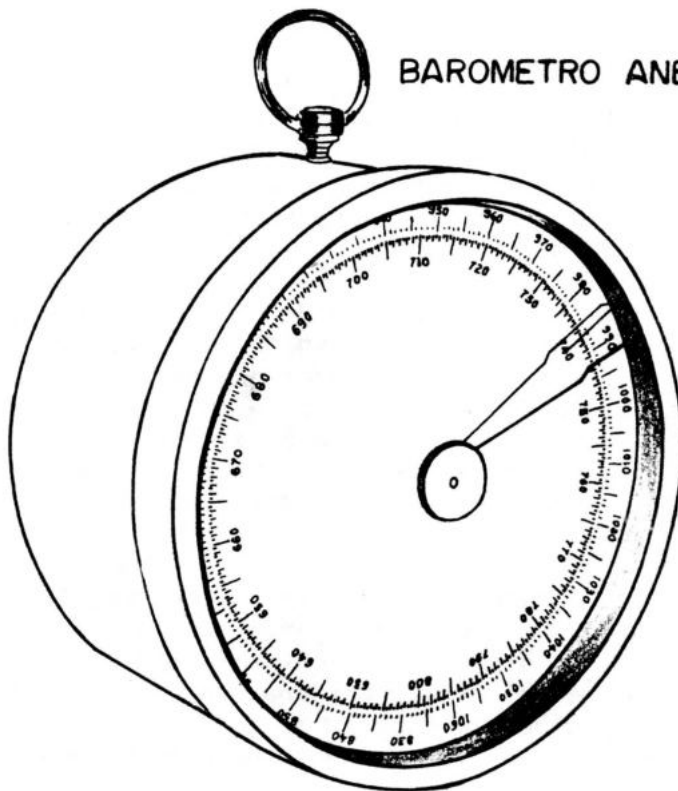
La palabra aneroide significa sin aire; es un barómetro que utiliza las deformaciones de una cápsula metálica cerrada y casi al vacío, para medir los cambios de presión atmosférica.

El elemento sensible de este barómetro recibe el nombre de cápsula de Vidie o cápsula aneroide, su funcionamiento se basa en que el peso de la atmósfera producirá un aplastamiento en las paredes de la cápsula, lo cual es en parte impedido por un resorte que se coloca en su interior, de manera que el peso del aire es balanceado por la acción de ese resorte; en el barómetro de mercurio, la columna mercurial cumple el mismo fin.

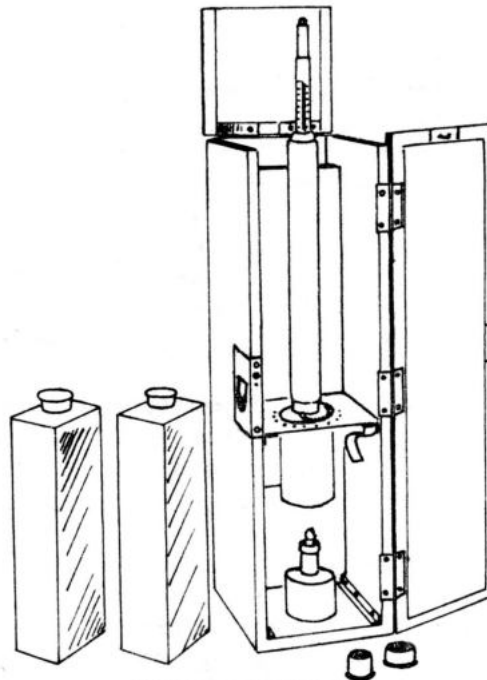
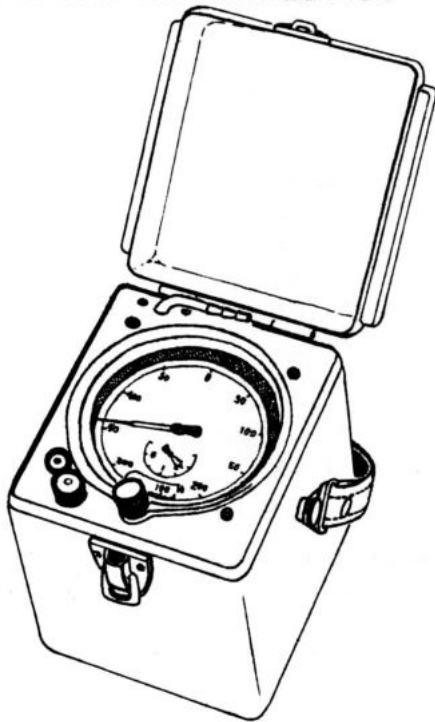
En los barómetros de precisión el elemento sensible consiste en una serie de cápsulas conectadas en serie que semejan un cilindro corrugado. La cápsula o serie de cápsulas se conecta a una aguja indicadora de la presión en una escala graduada por medio de un sistema mecánico amplificador con un mínimo de fricción.

La cápsula o cápsulas están compensadas por cambios de temperatura y por estar la presión balanceada por la tensión de un resorte, no es necesario hacerle correcciones a este barómetro. Si el instrumento se calibrara al mismo nivel de la cubeta de un barómetro de mercurio, el aneroide indicará la presión verdadera en ese nivel; si es llevado a otras elevaciones indicará la presión real a esa elevación. Para obtener luego la presión de ese lugar, reducida al nivel del mar, habrá que aplicar la corrección por la elevación de la estación. A bordo de un barco o avión no requiere corrección por gravedad ni por temperatura.

BAROMETRO ANEROIDE



ALTIMETRO GEODESICO



HIPSOMETRO

BAROGRAFOS:

Los barógrafos son los instrumentos registradores de la presión atmosférica; el principio de funcionamiento es el mismo del barómetro aneroides, pero la cápsula o cápsulas están conectadas a un sistema transmisor amplificador que por medio de una plumilla registra sobre una banda de papel las variaciones de la presión atmosférica.

Los barógrafos pueden ser de registro diario, bidiario o semanal, según el tiempo que tarde el tambor del reloj en dar una vuelta completa, los barógrafos más recientes traen un conmutador que permite usar más de un tiempo de recorrido con solo accionar una palanca. Un tornillo situado en la base del barógrafo, que se comunica a la parte inferior de las cápsulas controla el ajuste del cero en la escala vertical y pequeños cambios de la ubicación de la plumilla para cualquier presión dentro del rango de fabricación del instrumento.

Las bandas de los barógrafos se fabrican con diferentes rangos en las escalas, bien sea en mmHg o en mb, dependiendo del lugar en que se instalará el instrumento. El sitio de exposición del mismo, es siempre en la oficina de la estación meteorológica sobre una repisa perfectamente horizontal a la cual conviene colocarle esponja de goma o una alfombra gruesa que amortigüe, en lo posible las vibraciones que puedan causar irregularidades en el barograma.

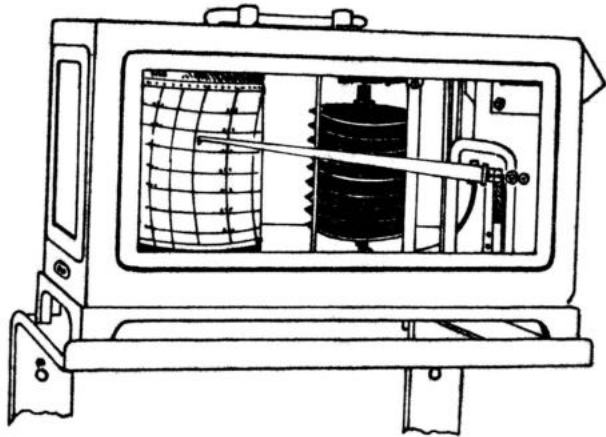
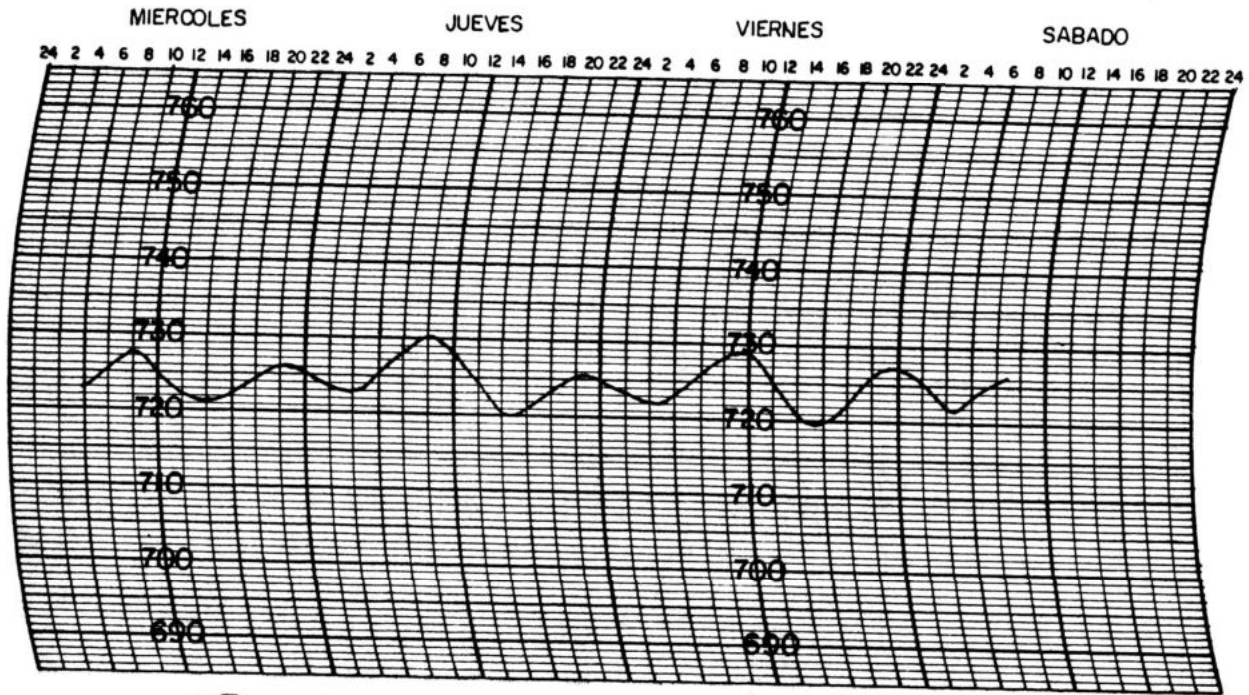
Microbarógrafo:

Las cápsulas de Vidie están montadas en dos series, cada una equivale a la de un barógrafo común; están alojadas en una caja cilíndrica que tiene en su parte superior una tapa donde está un tornillo corrector del cero. Este sistema permite una ampliación tal que un cambio de presión de 34 mb cubre aproximadamente 63 mm de la banda.

Dado el hecho de que los microbarógrafos son instrumentos muy sensibles, deben disponer de un sistema amortiguador que consiste en dos cilindros llenos de aceite donde se desliza un pistón, que están intercalados en el transmisor, entre el aneroides y la plumilla. Los amortiguadores no afectan la variación normal y cambios de posición de la plumilla producidos por cambios de la presión atmosférica.

Los cilindros deben mantenerse llenos de aceite hasta unos 9 mm del borde superior. Debe evitarse que baje el nivel del aceite, pues si el pistón llega a la superficie del líquido la tensión superficial frenará los movimientos, produciendo registros erróneos.

El microbarógrafo provee un registro visual exacto de las variaciones verdaderas de la presión atmosférica en una amplia escala. Las bandas por lo general no traen numeración vertical sino que, traen un recuadro para indicar el valor asignado a una de las líneas verticales de la escala de acuerdo con la presión del lugar.



BAROGRAFO

Altímetro:

Los altímetros son barómetros aneroides en los cuales a la escala de presión atmosférica se ha agregado otra escala de altura relacionada con la primera, de acuerdo a la atmósfera Standard. El grado de precisión es variable de acuerdo al uso a que se destine el altímetro. En la aviación juegan un papel de primer orden y los aviones están equipados con dos o más altímetros; también se construyen los altímetros geodésicos, usados en trabajos de nivelación de carreteras, observaciones geológicas, etc., donde es difícil el uso de Teodolitos o niveles ópticos.

Hipsómetro:

El punto de ebullición del agua depende de la presión atmosférica y es por lo tanto una buena medida de esta última. El hipsómetro consiste de un recipiente donde se hierve agua al cual se le adapta una camisa metálica alargada donde se introduce el termómetro. Al hervir el agua calentada con un mechero de alcohol se lee la temperatura de ebullición, luego se entra una tabla "Observación con el Hipsómetro" y se tiene la presión atmosférica en el momento de la observación sin necesidad de hacer correcciones. Si se desea saber la altura del lugar de observación, se recurre a un gráfico o a tablas que relacionan la disminución de la presión atmosférica con la altura, lo cual se conoce como "Gradiente Altobárico".

Los hipsómetros vienen equipados con varios termómetros, algunas veces están graduados en mmHg, dándoseles el nombre de hipsotermómetros, cada uno de ellos tiene diferentes rangos de graduación para ser usados de acuerdo a la altura del lugar.

Además el hipsómetro trae un mechero de alcohol, dos depósitos metálicos, uno para alcohol y otro para agua, todo el conjunto está dentro de una caja de madera que sirve de caseta para realizar la observación y como empaque para el transporte durante las expediciones.

XI.- VIENTO:

El viento es aire en movimiento, o en otra forma, es el desplazamiento del aire sobre la superficie terrestre.

El viento no tiene un movimiento uniforme ya que es influenciado por la rugusidad del suelo, pero en ciertas formaciones atmosféricas presenta circulaciones o desplazamientos definidos.

De acuerdo a normas establecidas por la Organización Meteorológica Mundial, el viento en superficie se mide a 10 metros sobre el suelo, para así aminorar la influencia de los obstáculos a baja altura, sin embargo, para fines especiales como en la agricultura, puede medirse a otros niveles; es también de interés la medición del viento a niveles altos especialmente con fines aeronáuticos.

El viento es una magnitud vectorial, en consecuencia nos interesa conocer su velocidad y dirección. Como el viento no sopla en forma constante y uniforme, sino en forma turbulenta, es decir, en ráfagas a veces se requiere una estimación de esa turbulencia, lo cual se logra mediante la aplicación en períodos de 10 minutos de la relación:

$$G = \frac{\text{Velocidad máxima} - \text{Velocidad mínima}}{\text{Velocidad media}}$$

(la letra G proviene del inglés Gust o Gustiness: turbulencia)

donde valores mayores que la unidad representan bastante turbulencia.

Las mediciones de velocidad y dirección del viento con fines sinópticos se toman con el promedio de los 10 minutos precedentes a la hora de observación, mientras que en climatología interesa en períodos más largos, bien sean promedios horarios, diarios, mensuales, etc.

Los instrumentos meteorológicos que se utilizan para medir directamente o que permiten el cálculo de la velocidad del viento se les llama anemómetros, al registrador correspondiente se le conoce como anemógrafo; a los instrumentos que permiten conocer la dirección del viento se les llama Veletas; generalmente se construye el anemómetro junto con la Veleta formando un solo instrumento.

La velocidad del viento se expresa en diferentes unidades, según la siguiente tabla:

<u>m/seg</u>	<u>km/h</u>	<u>mi/h</u>	<u>pies/seg</u> -	<u>nudos</u>
1,000	3,600	2,237	3,281	1,943
0,278	1,000	0,621	0,911	0,540
0,447	1,609	1,000	1,467	0,868
0,305	1,097	0,628	1,000	0,592
0,515	1,853	1,152	1,689	1,000

La dirección del viento se indica con la dirección de donde viene, con fines sinópticos se expresa en decenas de grados (decagradados), considerando la circunferencia dividida en 360°, al coincidir la dirección 00 con la 36, se reserva el 00 para cuando el viento es calma, es decir, cuando no hay velocidad y el 36 cuando el viento es del norte franco, el usar esta nomenclatura es una buena práctica, ya que permite tabular fácilmente los valores para ser procesados en el computador.

Otra forma de indicar la dirección es por medio de letras, lo cual es usual en climatología, pudiendo dividirse la circunferencia en cuatro cuadrantes de 90°c/u, 8 de 45° c/u, 16 de 22,5° c/u ó 32 de 11,25° c/u la relación entre ambas formas de expresar la dirección del viento se ve en el gráfico "Codificación de la Dirección del Viento".

INSTRUMENTOS PARA LA MEDICION DEL VIENTO EN SUPERFICIE.-

La Manga de Viento:

Es una bolsa de tela de forma cónica, a manera de colador abierto en sus dos extremos. La boca de mayor diámetro está sujeta a un anillo que gira alrededor de un eje vertical. Al converger el viento dentro del cono, este se extiende señalando la dirección del viento. Es muy usado en los aeropuertos.

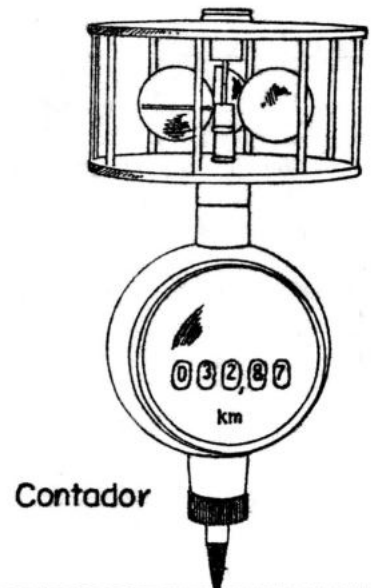
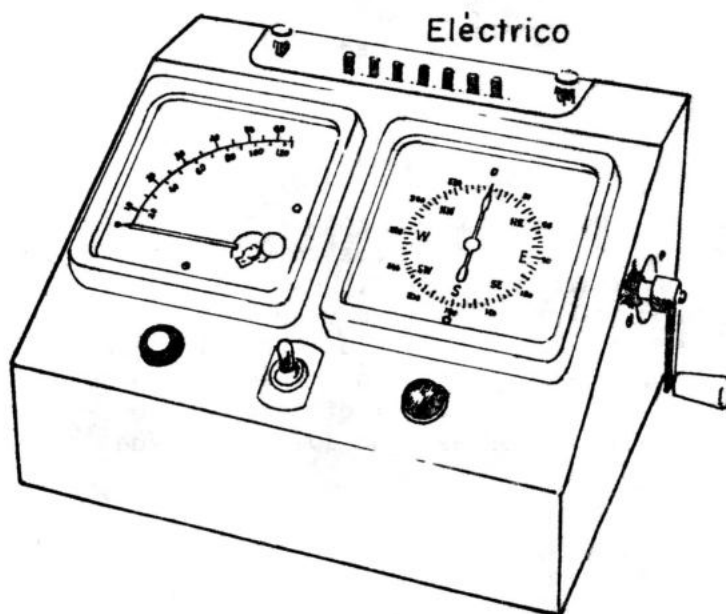
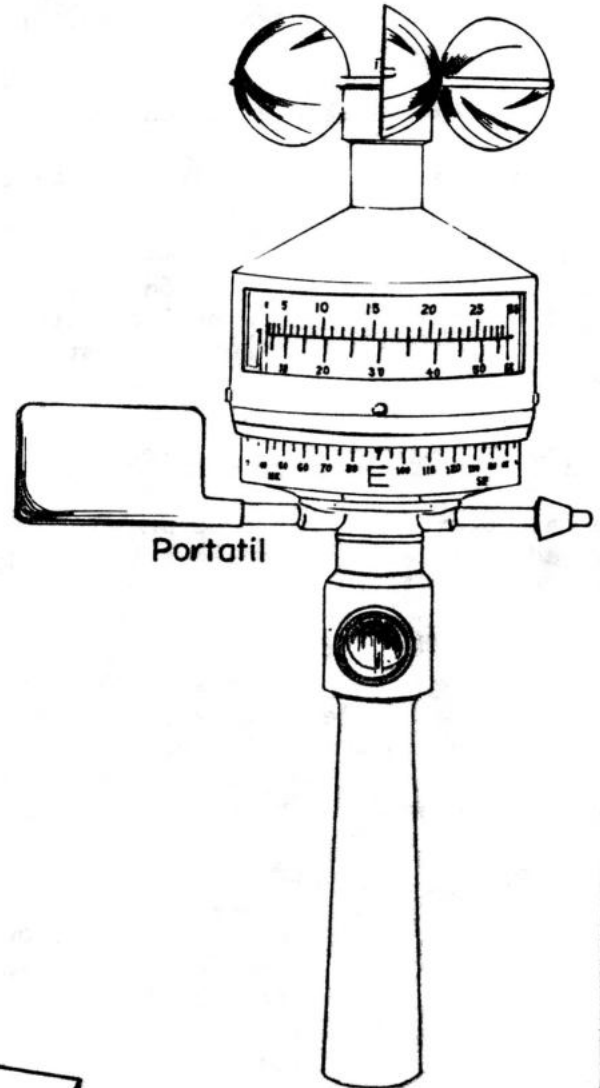
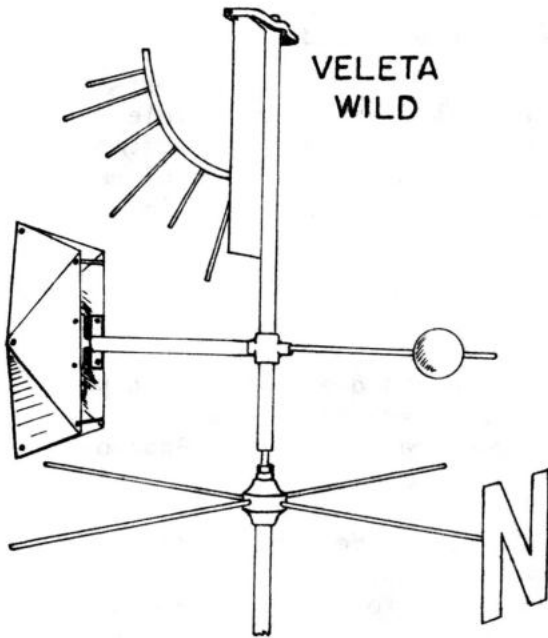
La Veleta:

La veleta es usada para la determinación de la dirección de donde sopla el viento. Esencialmente consta de una flecha cuya punta señala la dirección de donde proviene el viento, la cola de la flecha es diseñada de manera especial, además consta de un eje de giración y un sistema de orientación.

Una buena veleta debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Girar sobre su pivote con mínima fricción

ANEMOMETROS



- b) Estar balanceada para evitar inclinaciones hacia determinada dirección.
- c) El eje debe estar en posición de perfecta verticalidad
- d) La rosa de los vientos debe estar bien orientada

La dirección debe leerse lo más cerca posible desde abajo de la veleta cuando se trata de observación directa. Para los casos de instrumentos registradores, la veleta está conectada por medio de una varilla al registrador y cuando se trata de instrumentos eléctricos la conexión se hace por cables.

Anemómetros de plato de presión:

Los anemómetros de plato de presión son instrumentos que se utilizan para medir la velocidad del viento en superficie basándose la presión ejercida por el viento contra los objetos que encuentra a su paso. Podemos distinguir dos tipos de estos anemómetros.

- a) De Péndulo: consiste en una lámina que puede girar alrededor de un eje vertical. La lámina está expuesta al viento y se levanta por acción de éste. El ángulo que forma la placa con la vertical es proporcional a la velocidad del viento. Su calibración se hace en forma experimental.
- b) De plato normal: en este anemómetro la lámina o plato está fija y normal al viento, la presión ejercida por éste, acciona un resorte que actúa sobre una bobina y sobre un circuito eléctrico. Las variaciones de la presión del viento se traducen en oscilaciones de la corriente, las cuales son registradas con un oscilógrafo. Este anemómetro no se usa en estaciones meteorológicas.

La Veleta Wild:

La veleta tipo wild es utilizada como instrumento de lectura directa para determinar la dirección y velocidad del viento ya que también está provista de un anemómetro pendular de plato de presión. La veleta en sí es una flecha en cuya punta hay un contra peso esférico y su cola está formada por dos láminas soldadas pero dejando un espacio entre ellas para que penetre el viento y se oriente de acuerdo con éste y según sea su fuerza se levantará la lámina o plato del anemómetro indicando una posición sobre un arco de circunferencia con varias espigas soldadas, cada una de las cuales tiene un valor:

ESPIGA N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8
VELOCIDAD m/seg	0	2	4	6	8	11	14	20
ESCALA BEAUFORT	0	2	3	4	5	6	7	9

En la parte inferior de la flecha se encuentra la rosa de los vientos formada por dos varillas perpendiculares, una de ellas tiene fija a un extremo la letra "N".

Instalación de la Veleta Wild:

La veleta wild debe instalarse en un poste vertical a 10 m. de altura sobre el suelo, con el cuidado de orientar correctamente la rosa de los vientos con la letra "N" indicando el norte verdadero.

Observación con la Veleta Wild:

Para obtener los valores correctos de una observación del viento con esta veleta, es necesario que el observador se sitúe debajo de la misma por un período de 10 minutos, en los cuales apreciará un valor medio de la dirección del viento de acuerdo con la posición de la flecha de la veleta durante ese tiempo; igualmente apreciará la posición de la plancha anemométrica entre las espigas del arco de circunferencia para luego entrar en la tabla anterior y determinar la velocidad en m/seg.

ANEMOMETROS DE ROTACION:

El sistema de rotación para la medición del viento se debe a Schober, quien en 1752 diseñó un pequeño molino de viento para este fin; posteriormente en 1846 Robinson construyó el anemómetro de copas.

Molino de viento:

Este sistema no se usa en la actualidad. Su eje de rotación es horizontal y las aspas pueden ser planas o helicoidales. El tipo de aspas planas se usa para medir el flujo de aire en canales o tubos grandes.

Anemómetro de copas:

Es un buen sistema para medir la velocidad del viento; originalmente se construyó con cuatro copas hemisféricas con un eje de rotación vertical y planos diametrales verticales dispuestos radialmente en ángulos de 90°. Posteriormente este diseño fué modificado por Patterson por uno de tres copas de forma cónica.

Las partes principales de un anemómetro de copas son: a) la pieza con las copas, b) el eje vertical que se mueve sobre apoyos adecuados y c) el mecanismo de engranajes para indicar las revoluciones del eje o para indicar la velocidad instantánea de rotación. El mecanismo giratorio puede disponerse de manera que cada revolución represente 1/100 de kilómetros recorridos así cada 100 vueltas será 1 kilómetro de recorrido o puede hacerse cualquier otra combinación con los engranajes del mecanismo giratorio. El anemómetro de copas tiene la ventaja de que la velocidad de rotación de las copas no depende de la dirección del viento y hasta cierto límite, tampoco de la densidad del aire. La calibración se efectúa en un túnel de viento, en consecuencia, la curva de calibración es válida para las mediciones efectuadas en una corriente de aire libre o en una sección cerrada de un diámetro mínimo de 250 mm. La forma esférica de la caja del anemómetro garantiza la independencia del sentido horizontal de la corriente de aire, sin embargo, la rueda de copas se acelera más rápidamente con un aumento del viento que lo que descelera con un viento que decrece súbitamente. Así, la velocidad media obtenida en el anemómetro con un viento variable es mayor que la verdadera.

Datos experimentales muestran los siguientes valores de velocidad de respuesta del anemómetro de copas partiendo del reposo.

<u>Velocidad del Viento</u> <u>v (nudos)</u>	<u>Tiempo para obtener</u> <u>0,63 v (segundos)</u>	<u>Tiempo para obtener</u> <u>0,9 v (segundos)</u>
35	0,25	1,2
26	0,4	1,8
17	0,8	3,0
13	1,2	4,0
9	1,8	6,2

Para determinar la velocidad de rotación de las copas se usan tres métodos: el primero consiste en un contador mecánico en que las ruedas de copas se conectan a un sistema que marca el recorrido de viento, en forma similar a como el pluviógrafo totalizador con contador marca la precipitación caída, o como un automóvil marca los kilómetros recorridos. El segundo sistema es conectando el sistema de copas a un generador eléctrico, obteniéndose la velocidad de rotación instantánea en función de la fuerza electromotriz generada. El tercer sistema es por medio de un contacto eléctrico que se produce después de un determinado número de vueltas del sistema de copas. Este sistema se puede usar acoplado con un mecanismo contador eléctrico.

Anemómetro portátil:

El anemómetro portátil es un anemómetro de copas usado en expediciones científicas. Uno de los modelos se construye montado sobre un eje cuya parte inferior termina en forma de tornillo, lo que permite fijarlo sobre un soporte de madera y medir el recorrido del viento durante un período de tiempo para luego calcular la velocidad media del mismo. Otro modelo de anemómetro portátil se utiliza para determinar la velocidad instantánea del viento en m/seg o en nudos. La rotación de las copas produce una corriente magnética proporcional a la velocidad del viento. El sistema tiene una aguja que se mueve sobre una escala graduada visible a través de una ventana cubierta con plástico. Una pequeña veleta fácil de colocar indica la dirección del viento sobre una escala graduada en grados y con las direcciones principales en letras. Para tener una buena aproximación de la dirección del viento, es necesario orientar el instrumento con respecto al norte magnético mediante una brújula colocada en el mango por donde se sujeta el instrumento al hacer las observaciones.

Anemómetro eléctrico:

El anemómetro eléctrico se construye para ser operado con pilas o baterías eléctricas, con corriente alterna o con un generador manual de electricidad. El emisor consiste de tres copas y una veleta que pueden conectarse por medio de cables a un panel colocado a una distancia alejada del primero. El cable a usar es de siete conductores y desde un mismo emisor puede distribuirse siete paneles. La rotación de las copas generará mediante un dinamo una corriente inducida cuya intensidad es proporcional a la velocidad del viento y puede medirse en un galvanómetro calibrado de 0-60 nudos; para bajas velocidades del viento el galvanómetro tiene una segunda escala calibrada de 0-20 nudos, la cual se usa al presionar un botón debajo del mismo. Para la indicación de la velocidad del viento no se requiere suministro de electricidad ya que esta es proporcionada por la misma rotación de las copas. La varilla de la dirección del viento está conectada con un motor sincrónico que se activa al encenderlo por un conmutador, causando una segunda sincronización con el eje de rotación de la veleta. La dirección es indicada en grados, con las direcciones principales en letras.

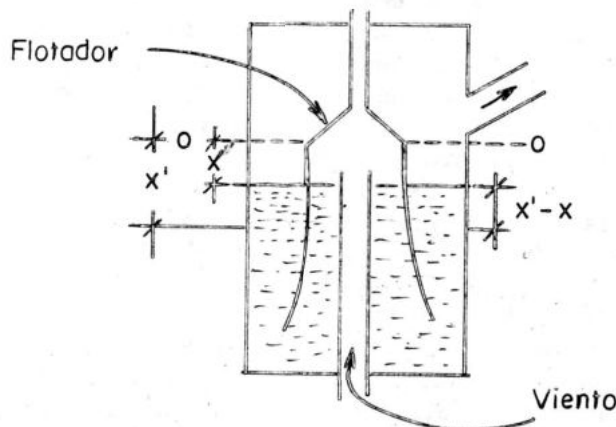
Cuando falta la energía eléctrica, el instrumento tiene su propio sistema de producirla por medio de una manivela situada en uno de sus costados, la cual activa una bobina que genera la corriente para la observación de la dirección del viento.

Instalación del anemómetro eléctrico:

Los anemómetros eléctricos se usan con frecuencia en las oficinas de meteorología donde es necesario tener valores instantáneos del viento para suministrarlos a los usuarios de la aviación ya que permite tener el emisor en el sitio donde se desea medir y el panel en la propia oficina. La instalación del emisor requiere tener el cuidado que la marca situada en su parte inferior quede señalando exactamente la dirección norte.

Anemómetro de tubo de presión:

El anemómetro de tubo de presión fue diseñado en 1892 por W.H. Dines basándose en el principio de que una corriente de aire que sopla hacia adentro de la boca de un tubo, causa una presión adicional en su interior y que una corriente que sopla en sentido transversal a la boca del tubo origina una succión dentro de él. Este anemómetro combina la presión dinámica del viento con la presión estática (de equilibrio) y se obtiene una medida continua de las ráfagas del viento (velocidades instantáneas). A fin de que el tubo presente siempre la boca de frente al viento se le dota de una veleta que permite también medir la dirección del viento. El aire que penetra por la boca del tubo se dirige a un recipiente con agua que contiene un flotador en forma similar a como se describió en el pluviógrafo de sifón, lo cual permite el registro de la velocidad instantánea del viento.



La diferencia de presión Δp producida en el extremo del tubo de presión para una velocidad v del viento en un aire cuya densidad es ρ viene dada por la fórmula

$$\Delta p = 1/2 K \rho v^2$$

donde K es una constante determinada por la forma y dimensiones del tubo de presión, generalmente $K = 1,49$ y $\rho = 1,226 \text{ gr/m}^3$ de donde se obtiene las siguientes relaciones de Δp en alturas de agua.

$$\begin{aligned}\Delta p &= 0.00103 v^2 & (\Delta p \text{ pulgadas, } v \text{ nudos}) \\ \Delta p &= 0.0261 v^2 & (\Delta p \text{ milímetros, } v \text{ nudos}) \\ \Delta p &= 0.093 v^2 & (\Delta p \text{ milímetros, } v \text{ m/seg})\end{aligned}$$

De la figura se deduce que la diferencia de presión entre las cámaras de aire (cámara externa del flotador y cámara dentro del flotador) se traduce en una diferencia de altura entre los dos niveles del agua. Su valor es:

$$P' - p = \rho g(x' - x)$$

Siendo:

g = gravedad

ρ = densidad del agua

x y x' = nivel de agua en reposo por debajo de 0

La medida de esta diferencia de presión es una medida de la intensidad o fuerza del viento.

EL ANEMOCINEMOGRAFO O ANEMOGRAFO UNIVERSAL:

El anemocinemógrafo o anemógrafo universal es un instrumento utilizado para el registro simultáneo y continuo de la dirección, velocidad y recorrido del viento.

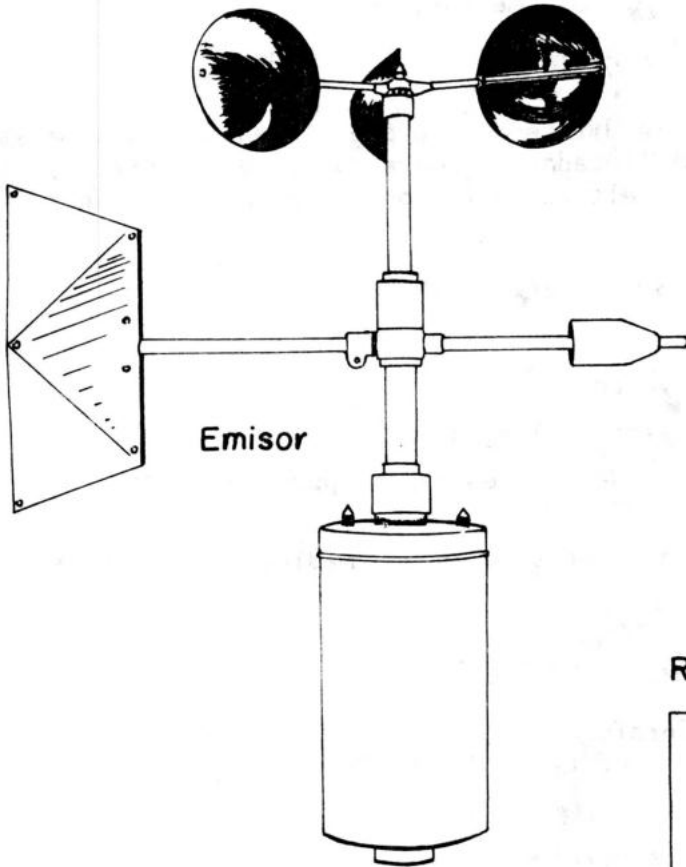
Las partes esenciales del anemocinemógrafo son:

- a) El emisor, donde se encuentran las copas, la veleta y de donde parten los tubos de presión estática y dinámica.
- b) El mástil por cuyo interior descienden los tubos de presión y las varilla que transmiten el recorrido y la dirección del viento; en la parte exterior del mástil está la escalera y las luces de prevención.
- c) La caseta metálica en cuyo interior está el mecanismo registrador e inscriptor y el tanque con el agua y flotador para el registro de la velocidad instantánea.

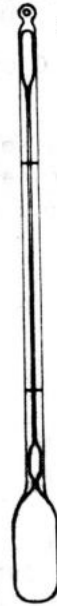
Registro de la dirección del viento:

La veleta que se encuentra en el emisor, está unida por un sistema diferencial a una varilla que transmite los movimientos de la misma a un me

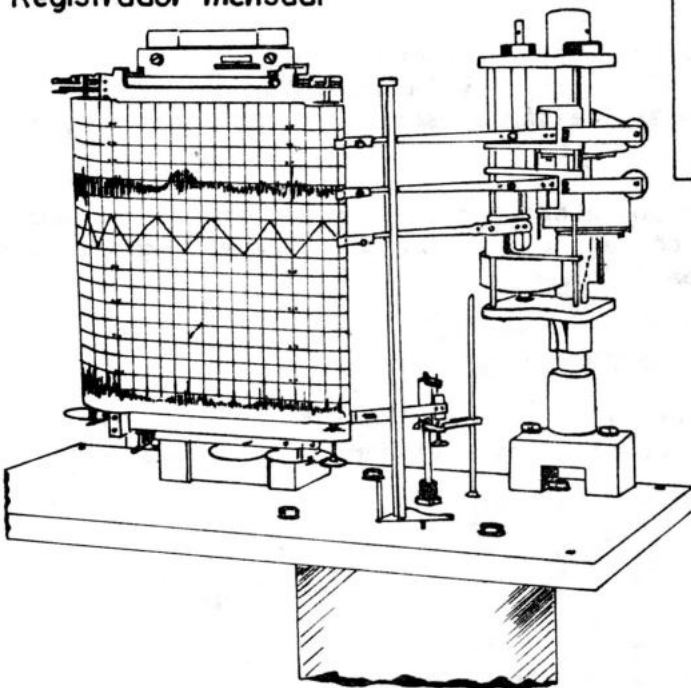
ANEMOCINEMOGRAFO



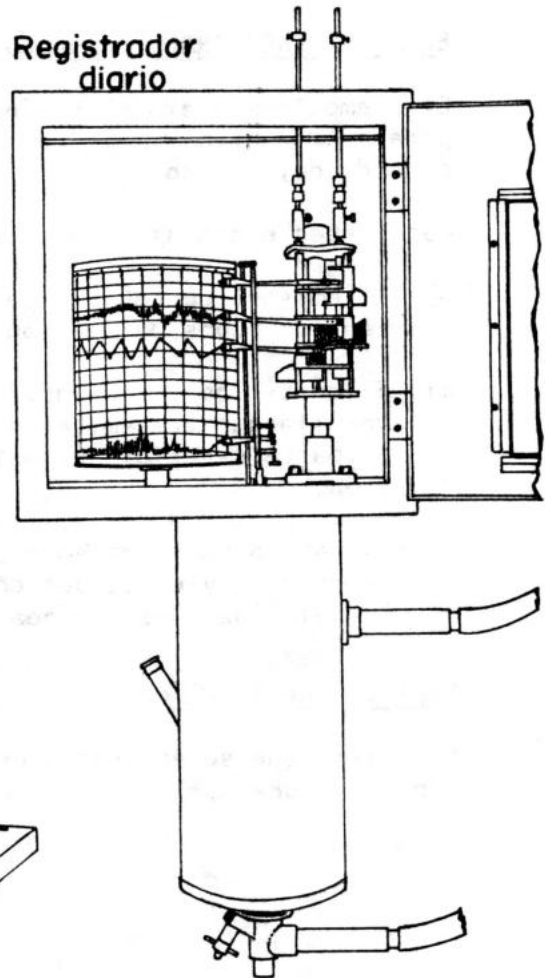
Catatermómetro según HILL



Registrador mensual



Registrador diario



camismo de dos ruedas cónicas a las cuales se conectan sendos brazos porta-plumillas para registrar la dirección del viento sobre una banda graduada.

El mecanismo de ruedas cónicas están diseñadas de tal forma que la plumilla superior trabaja cuando la dirección del viento es del semicírculo comprendido entre el Sur y el Norte ($180^\circ - 0^\circ$) pasando por el Este (90°) y la plumilla inferior trabaja cuando la dirección del viento es del semicírculo comprendido entre el Norte y el Sur ($360^\circ - 180^\circ$) pasando por el Oeste (270°); el diseño es de tal forma que las dos plumillas de las ruedas cónicas solo hacen contacto simultáneamente con la banda de papel cuando la dirección del viento es del Norte o del Sur franco (360° ó 180°).

Registro del recorrido del viento:

Las copas del anemómetro están unidas por un sistema diferencial a una varilla que transmite la rotación de las copas a una rueda cónica unida con un brazo porta-plumilla. La plumilla registra el recorrido del viento sobre una banda de papel en cuya escala vertical hay 10 divisiones cada una de ellas vale 1.000 metros de recorrido del viento. El registro presenta una forma de zig-zag bastante comprimido cuando la velocidad del viento es fuerte y continuo, la curva de registro es menos inclinada y con menos zig-zag para vientos suaves.

El número de metros recorridos por el viento en un tiempo determinado nos permite calcular la velocidad media del mismo en ese lapso de tiempo.

Registro de la velocidad instantánea del viento:

Para el registro de la velocidad instantánea del viento el anemocinógrafo dispone de un anemómetro de tubo de presión; la punta de la veleta está abierta y de frente a la dirección del viento, por allí penetra el aire que ejerce la presión dinámica (+) la cual se transmite a través de un tubo interior al mástil hasta el flotante. Otro tubo conduce el aire que ejerce la presión estática (-) hasta su salida por la parte opuesta a la punta de la veleta. Las diferencias de presión dinámica y estática producen movimientos en el flotador que se mueve en el tanque con agua. Este flotador es exteriormente de forma cilíndrica e interiormente de forma parabólica, está unido con una varilla que lleva un brazo porta-plumilla, la cual registra sobre una banda de papel cuya ordenada corresponde a kg/m^2 de presión del viento, pero éstas unidades se traducen a m/seg en la misma ordenada. La banda está graduada hasta 100 kg/m^2 que equivale a 40 m/seg y puede observarse que la escala no es lineal.

El registro de la dirección, recorrido y velocidad instantánea del viento se hace sobre una sola banda de papel con las correspondientes escalas, esta banda está arrollada a un tambor movido por un sistema de relojería, o cuando se trata de registros mensuales, se usa un reloj de rodillos con un rollo de banda.

Evaluación de las gráficas del anemocinemógrafo:

Para evaluar las gráficas del Anemógrafo Universal se usan plantillas apropiadas.

En climatología se determinan valores medios horarios, diarios y mensuales los cuales se asientan en la planilla "Viento en Superficie"; para la dirección prevaleciente cada hora, la velocidad media se calcula a partir del recorrido del viento y las máximas instantáneas se toman de la velocidad instantánea del viento. Estos valores permiten el cálculo de la frecuencia del viento en superficie y el dibujo de la rosa de los vientos.

Cuando se trata de fines sinópticos se toman la dirección prevaleciente y la velocidad media (calculada del registro de velocidad instantánea) en los diez minutos precedentes a la hora de observación.

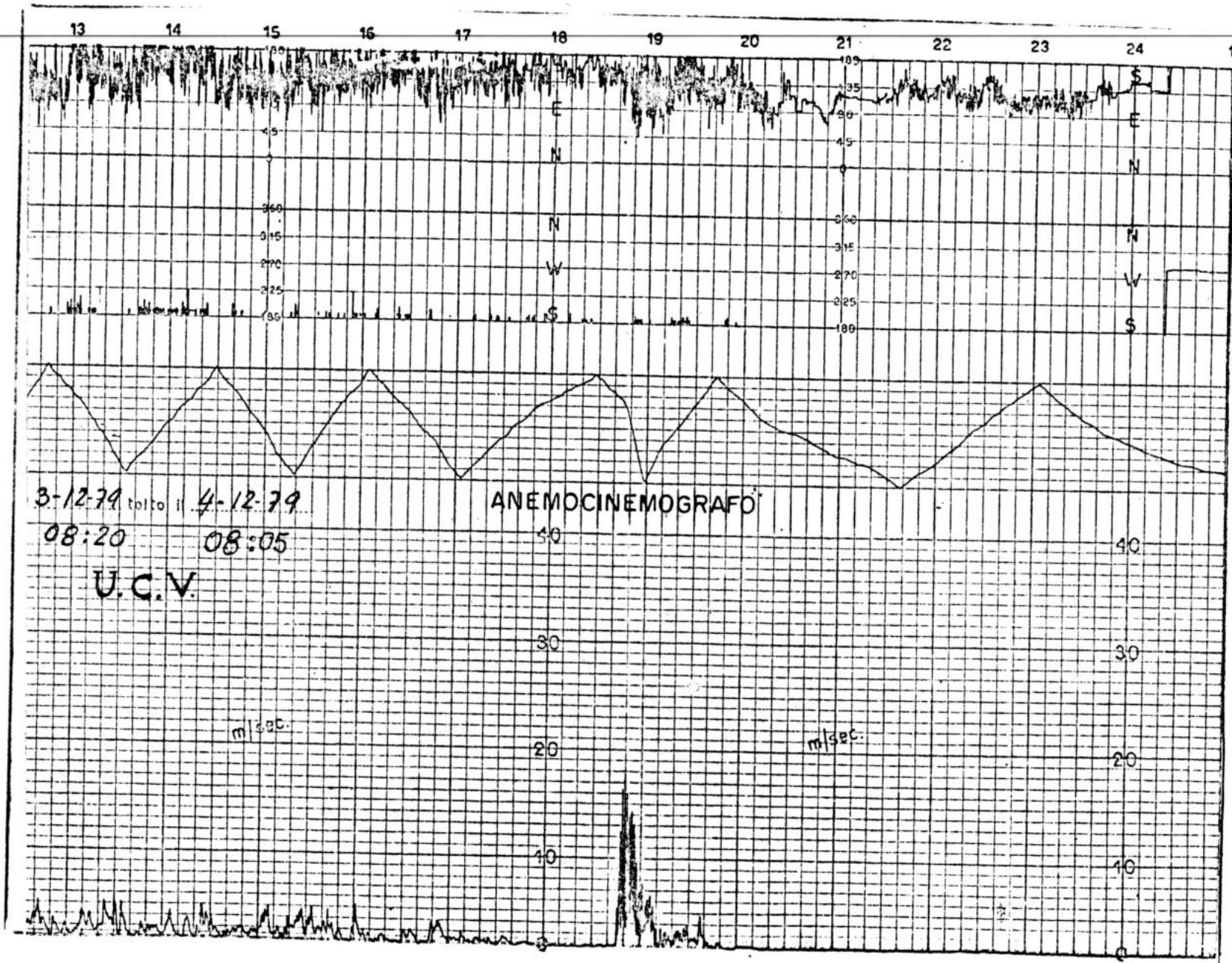
Instalación del anemocinemógrafo:

El anemógrafo universal se instala en las estaciones meteorológicas de primer orden y en las estaciones sinópticas, esta es tarea de un técnico y no del observador. El mástil con el emisor debe ser armado antes de montarse con una grúa sobre la caseta metálica, después de hecha esta operación se orienta el instrumento con el norte verdadero y se colocan las copas y la veleta.

El tanque del agua se llena con 50 cm³ de parafina y unos 8 litros de agua destilada. Debe tenerse cuidado de conectar correctamente las mangueras de presión dinámica y estática, así como las varillas de recorrido y dirección del viento con el registrador.

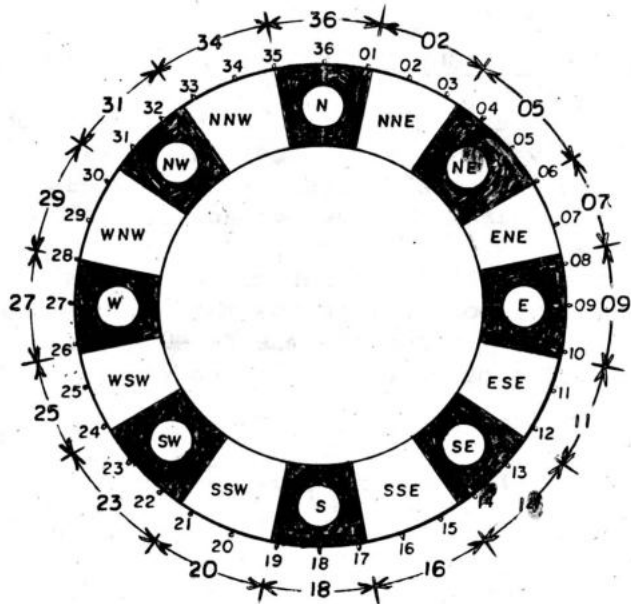
El mantenimiento del instrumento requiere que, aproximadamente cada tres meses se engrasen los resortes y diferenciales del emisor. Debe usarse aceite "Tres en Uno", u otro aceite fino para aceitar el resorte superior e inferior de las copas y los de la veleta.

Cada plumilla trae un tornillo que permite la calibración de su registro, cuando se hace el de la velocidad instantánea la manguera de presión dinámica tiene que estar desconectada.



VELOCIDAD		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Suma	%
m/s	km/h	35 36 01	02 03	04 05	06 07	08 09 10	11 12	13 14	15 16	17 18 19	20 21	22 23	24 25	26 27 28	29 30	31 32	33 34		
0.3 - 1.4	1 - 5																		
1.5 - 2.8	5 - 10																		
2.9 - 5.6	10 - 20																		
5.7 - 8.3	20 - 30																		
8.4 - 11.1	30 - 40																		
11.2 - 13.9	40 - 50																		
14.0 - 16.7	50 - 60																		
16.8 - 19.4	60 - 70																		
> 19.5	> 70																		
SUMA																			CALMA
%																			

FRECUENCIA DEL VIENTO EN SUPERFICIE



CODIFICACION DE LA DIRECCION DEL VIENTO

ANEMOMETRO DE ENFRIAMIENTO:

Los anemómetros de enfriamiento o de conductividad térmica se fundamentan en el hecho de que la rata de pérdida de calor de un cuerpo depende, entre otras cosas, de la velocidad del aire que sopla sobre él.

El fundamento teórico del problema fue expuesto en 1914 por L. V. King, quien expresó que si un alambre cilíndrico se mantiene normal al viento (V) con temperatura (T_0) y se calienta eléctricamente por medio de una corriente (i) tendremos:

$Ri^2 = (K + CV) (T - T_0)$, siendo C una constante que depende de las propiedades físicas del aire y del alambre, K, es una constante determinada por las pérdidas radiativas y convectivas del calor.

El anemómetro de alambre incandescente (hot Wire anemometer) diseñado por King utiliza un alambre de platino con 0.003 pulgadas de diámetro, el cual se calienta a una temperatura constante de unos 1.000 °C con el fin de eliminar la influencia de la temperatura del aire. La intensidad de la corriente que circula por el alambre es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad del viento.

Este anemómetro es de gran sensibilidad a bajas velocidades del viento, pero no puede usarse al aire libre por la lluvia.

CATATERMOMETROS O KATATERMOMETROS:

Este instrumento fué desarrollado por L. Hill en el año 1915 para apreciar en forma relativa las proporciones en que variaba la temperatura del cuerpo humano expuesto a diferentes condiciones climáticas y por otra parte, permite calcular la velocidad del viento.

El catatermómetro consiste en un termómetro de gas en cristal, con un depósito grande y el tubo con sólo dos marcas, una a 35°C y la otra a 38°C. El termómetro se calienta a más de 40°C y se computa el tiempo que tarda en enfriarse de 38°C a 35°C. La velocidad del viento se tiene de la fórmula:

$$B^2 V = \left(\frac{F}{(36,5 - t) (T - A)} \right)^2$$

donde:

F es una constante del instrumento

T es el tiempo en segundos

t es la temperatura del aire

A y B son constantes experimentales que varían para cada instrumento.

El catatermómetro presenta la ventaja de medir con bastante precisión las velocidades bajas del viento.

LA ESCALA BEAUFORT:

En 1804 el almirante francés Beaufort ideó una forma de medir la velocidad del viento en el mar basada en los efectos del mismo sobre las velas de las embarcaciones y la forma de manifestarse en las olas del mar; posteriormente, estos efectos se relacionaron con las producidas en tierra y se elaboró una escala tal como se presenta en estas páginas.

LA OBSERVACION DEL VIENTO EN EL MAR:

Cuando un buque está en travesía, el viento medido con el anemómetro es un viento aparente producido por el viento verdadero y el que produce el propio buque al navegar. Para obtener el viento verdadero debe procederse a la descomposición vectorial del viento aparente, lo cual se facilita mediante el empleo de un ábaco especial.

ESCALA BEAUFORT Y SUS EQUIVALENTES

Nº Beaufort	Nombre	Especificaciones Marinas	Especificaciones Terrestres	Velocidad				Código
				nudos	mph	m/seg	km/h	
0	Calma	Calma (el mar parece un espejo).	Calma (el humo sube verticalmente)	0 - 1	1 -	0,4 -	0	00
1	Ventolina	Mar con rizos pequeños, sin cresta espumosa.	La dirección del viento es señalada por el movimiento del humo pero no con las veletas.	1 - 3	1 - 3	0,4 - 1,5	4	02
2	Viento Suave	Olas pequeñas, todavía cortas pero más pronunciadas. Las crestas tienen una apariencia vidriosa, sin romper.	Se percibe el viento en la cara; susurran las hojas; las veletas son movidas por el viento.	4 - 6	4 - 7	1,6 - 3,3	9	05
3	Viento Leve	Olas todavía pequeñas pero más largas. Las crestas empiezan a romper; espuma de apariencia vidriosa. Puede ocurrir rompientes aisladas.	Las hojas y las ramitas de los árboles se hallan en movimiento constante; el viento extiende las banderas livianas.	7 - 10	8 - 12	3,4 - 5,4	16	08
4	Viento Moderado	Olas pequeñas que se hacen más largas; rompientes bastante numerosas.	Se levanta el polvo y los papeles sueltos; se mueven las ramas pequeñas.	11 - 16	13 - 18	5,5 - 7,9	25	13
5	Viento Regular	Olas moderadas, más largas y pronunciadas; se forman muchas rompientes puede observarse un poco de espuma arrastrada por el viento.	Los árboles pequeños con hojas comienzan a mecerse; en lagunas y estanques se forman olas pequeñas con crestas.	17 - 21	19 - 24	8,0 - 10,7	33	18
6	Viento Fuerte	Empiezan a formarse grandes olas; las crestas de espuma blanca son más extensas y numerosas (es probable que la espuma sea arrastrada por el viento)	Se mueven grandes ramas de los árboles; se oye el silbido de los alambres telegráficos; los paraguas son usados con dificultad.	22 - 27	25 - 31	10,8 - 13,8	45	24
7	Viento muy fuerte	El mar se levanta y la espuma blanca de las olas que rompen empiezan a ser arrastradas en hileras en la dirección del viento.	Se mecen los árboles por entero; es molesto caminar contra el viento.	28 - 33	32 - 38	13,9 - 17,1	56	30
8	Temporal	Olas moderadamente altas y muy largas; los bordes de las crestas comienzan a romper formando remolinos. La espuma es arrastrada en la dirección del viento.	El viento rompe las ramitas de los árboles; es difícil caminar contra el viento.	34 - 40	39 - 46	17,2 - 20,7	68	37
9	Temporal Fuerte	Olas altas. Hileras densas de espuma en la dirección del viento. Las crestas de las olas empiezan a caer, a tumbarse y a rodar sobre si mismo. La espuma puede afectar la visibilidad.	El viento ocasiona leves daños a las estructuras (se desprenden tejas y cabezas de chimeneas.)	41 - 47	47 - 54	20,8 - 24,4	81	44
10	Temporal muy Fuerte	Olas muy altas con crests. La espuma producida, en grandes parches, es arrastrada en hileras blancas y densas en la dirección del viento. En su aspecto general, la superficie del mar es blanca. La visibilidad es afectada.	Se experimenta rara vez tierra adentro, los árboles son arrancados de raíz; ocasiona daños considerables a las estructuras.	48 - 45	55 - 63	24,5 - 28,4	95	52
11	Borrasca	Olas excepcionalmente altas (los buques pequeños y medianos a veces pueden perderse de vista detrás de las olas.) El mar está completamente cubierto de largos parches de espuma blanca en la dirección del viento. En todas partes los bordes de las crestas son pulverizadas por el viento. La visibilidad es afectada.	Se experimenta muy raras veces; ocasiona daños generales.	46 - 65	64 - 75	28,5 - 33,5	110	60
12	Huracan	El aire está cargado con espuma y agua de mar pulverizada; el mar aparece completamente blanco a causa del agua pulverizada, arrastrado por el viento. La visibilidad está afectada muy seriamente.	Sin experiencia.	más de 65	más de 75	más de 33,5	más de 110	68

ESCALA BEAUFORT Y SUS EQUIVALENTES

148

XII.- NUBOSIDAD:

Las nubes son un conjunto visible de partículas minúsculas de agua o de hielo, o ambos simultáneamente, que se encuentran en suspensión en la atmósfera. Se forman por enfriamiento del aire que contiene vapor de agua y son la manifestación visual de la condensación que se efectúa en la baja tropósfera.

CLASIFICACION DE LAS NUBES:

Las nubes se han clasificado en diez géneros que se excluyen mutuamente, agrupados en pisos o familias; a su vez, cada género puede tener especies y variedades.

GENERO: Son diez grupos principales en que se han reunido todas las nubes. Los géneros se excluyen mutuamente, es decir, si una nube pertenece a un género no puede pertenecer a otro.

ESPECIES: Se forman de acuerdo con las peculiaridades de forma y diferencias en su estructura interna. Las especies también se excluyen mutuamente.

VARIETADES: Se forman por las características relacionadas con la ordenación de los elementos y su mayor o menor transparencia. Una variedad puede ser común a varios géneros, un género puede mostrar más de una variedad.




El siguiente cuadro resume las familias de nubes con su género y alturas a distintas latitudes:

Latitudes Piso	Altas (Polos)	Medias (Trópicos)	Bajas (Ecuador)	Géneros
Alto (Km)	3-8	5-13	6-18	Cirrus Cirrocumulus Cirrostratus
Medio (Km)	2-4	2-7	2-8	Alto cumulus Altostratus
Bajo (Km)	0-2	0-2	0-2	Nimbostratus Stratocumulus Stratus Cumulus Cumulonimbus



Para facilitar el trabajo diario se acostumbra abreviar los nombres de cada género y usar símbolos para su representación, también se usan números claves para la transmisión internacional de los datos de nubosidad.

A continuación se da un cuadro resumen de las familias de nubes con su abreviatura símbolo, especie y variedades de cada género:






FAMILIA DE LAS NUBES ALTAS

<u>Género</u>	<u>Abrev.</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Especies</u>	<u>Variedades</u>
Cirrus	Ci		Fibratus Uncinus Lenticularis Castellanus Flocus Spisatus	Intortus Radiatus Vertebratus Duplicatus
Cirrocumulus	Cc		Lenticularis Stratiformis	Undulatus Lacunosus
Cirrustratus	Cs		Stratiformis Nebulosus	Duplicatus Lacunosus

FAMILIA DE LAS NUBES MEDIAS

<u>Género</u>	<u>Abrev.</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Especies</u>	<u>Variedades</u>
Alto cumulus	Ac		Stratiformis Lenticularis Castellanus Flocus	Traslucidus Perlucidus Opacus Duplicatus Lacunosus Undulatus Radiatus
Altostratus	As		No tiene especies	Traslucidus Opacus Ondulatus

FAMILIA DE LAS NUBES BAJAS

<u>Género</u>	<u>Abrev.</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Especies</u>	<u>Variedades</u>
Nimbostratus	Ns		No tiene especies.	No tiene variedades
Stratocumulus	Sc		Stratiformis Castellanus Lenticularis	Traslucidus Perlucidus Opacus Duplicatus Undulatus Lacunosus Radiatus
Stratus	St		Fractus Nebulosus	Traslucidus Opacus Undulatus
Cumulus	Cc		Humilis Mediocris Congestus Fractus	Radiatus
Cumulonimbus	Cb		Calvus Capillatus	No tiene variedades

Los dos últimos géneros forman las llamadas nubes de desarrollo vertical porque aún cuando su base está en el piso bajo invaden los pisos superiores.

En el cuadro aparte se presenta la codificación y representación de las nubes, de acuerdo al símbolo internacional de ploteo establecido por la Organización Meteorológica Mundial.

DEFINICIONES RESUMIDAS:

GENEROS:

Cirrus: Nubes sueltas, forma de filamentos delgados o parches blancos, apariencia fibrosa (cabello), brillo sedoso. Agrupadas en bandas delgadas.

CODIFICACION Y SIMBOLO DE LAS NUBES

Clave Nº	N	C	C _L	C _M	C _H
0	○	→			
1	○ 	↗	⊖	↘	↪
2	○ 	↗	⊖	↘	↪
3	○ 	↗	⊖	↘	↪
4	○ 	↗	⊖	↘	↪
5	○ 	↗	⊖	↘	↪
6	○ 	↗	⊖	↘	↪
7	○ 	↗	⊖	↘	↪
8	○ 	↗	⊖	↘	↪
9	○ 	↗	⊖	↘	↪

- Clave = Número en el código sinop.
 N = Nubosidad en octavos
 C = Símbolo del género de nube
 C_L = Nubes bajas
 C_M = Nubes medias
 C_H = Nubes altas

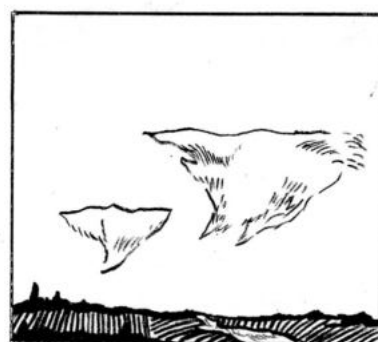
NUBES ALTAS CH



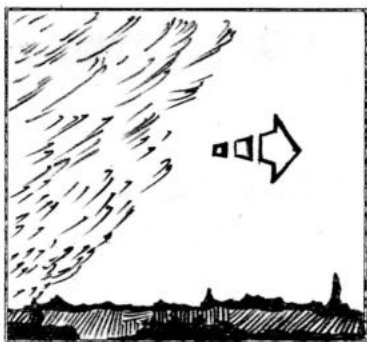
1
J



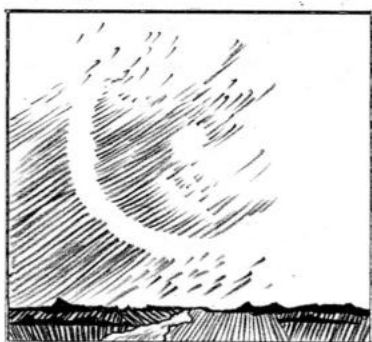
2
J



3
J



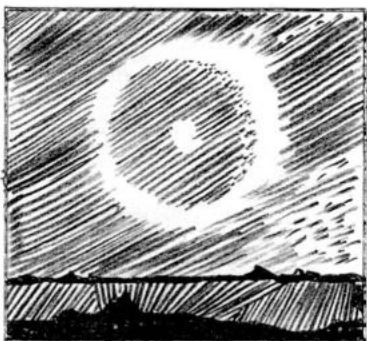
4
J



5
2



6
2



7
25

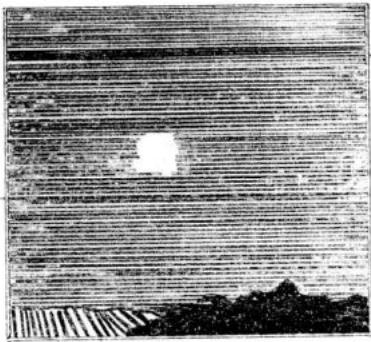


8
J

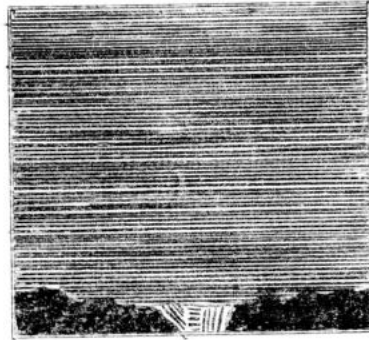


9
J

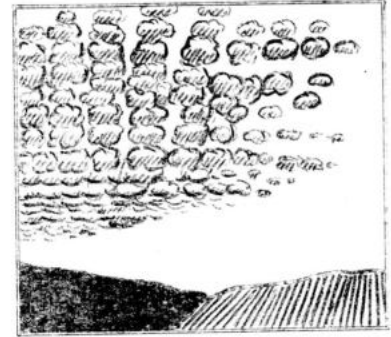
NUBES MEDIAS CM



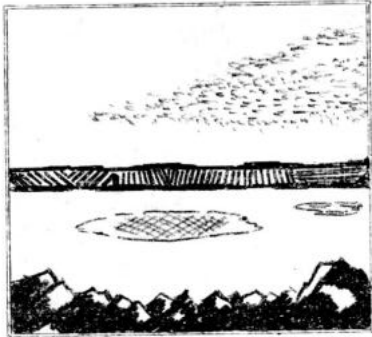
1
N



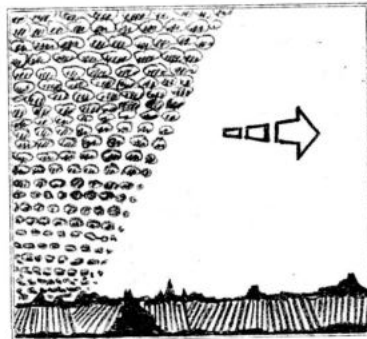
2
N



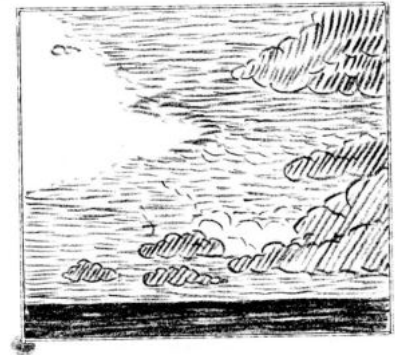
3
B



4
B



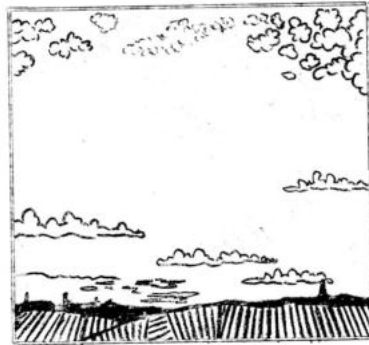
5
B



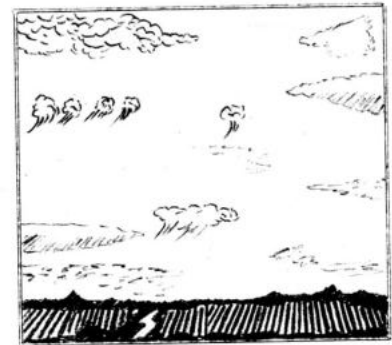
6
B



7
B



8
B

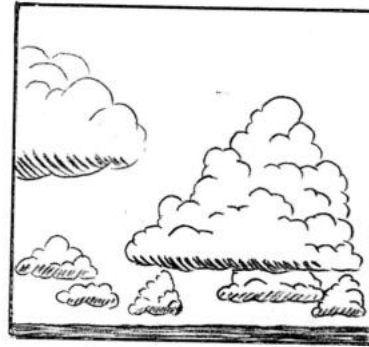


9
B

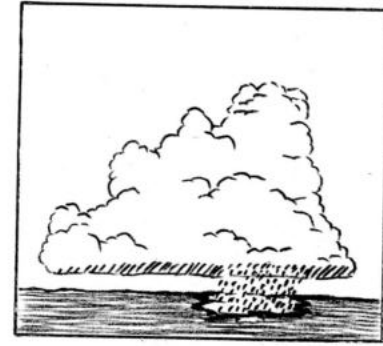
NUBES BAJAS CL



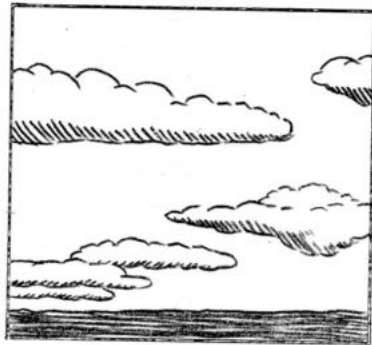
1
D



2
D



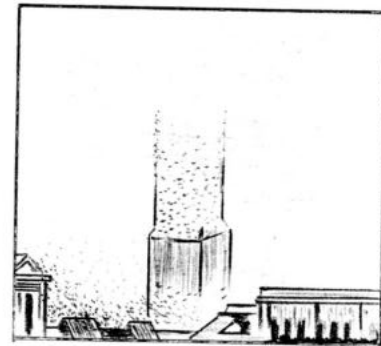
3
D



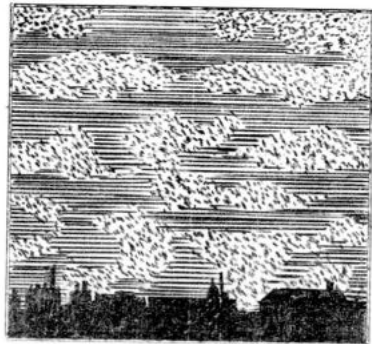
4
O



5
U



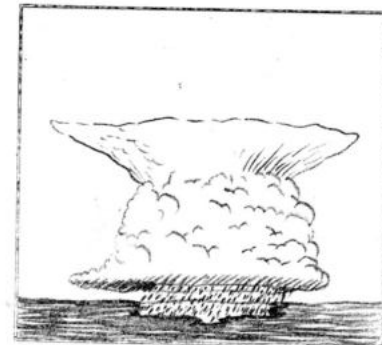
6
|



7



8
D



9
D

- Cirrocumulus: Nube blanca, delgada, forma de parche o lámina, elementos muy pequeños en forma de rizos, granos ordenados regularmente; ancho aparente menor de 1 grado.
- Cirrustratus: Velo transparente, blanquecino, apariencia fibrosa, cubre parcial o totalmente el cielo. Produce halo.
- Alto cumulus: Nube blanca o gris, forma de parche, con sombra, compuesta de masas redondeadas, rollos. Ancho aparente mayor de 1 grado.
- Altostratus: Nube grisácea o azulada en forma de lámina o capa, aspecto fibroso o uniforme. Cubre parcial o totalmente el cielo. Tiene partes delgadas para ver el sol como a través de un vidrio esmerilado. No produce halo.
- Nimbostratus: Nube gris, forma de capa oscura, densa, apariencia difusa por la caída continua de lluvia. Espesa para tapar el sol.
- Stratocumulus: Nube gris o blancuzca, en forma de parche, lámina o capa con partes oscuras; forma de masas redondeadas, rollos no fibrosos. Los elementos tienen un ancho aparente de más de 5 grados.
- Stratus: Capa de nube gris, uniforme (contornos claros cuando se ve el sol), amorfa con frecuencia. Produce llovizna. A veces en forma de parche rasgados.
- Cúmulus: Nubes sueltas, densas, bordes definidos, base horizontal, forma de torres, cúpulas, coliflor. La base es oscura y las partes iluminadas son blanco brillante. Produce chubascos cortos cuando están desarrolladas.
- Cumulonimbus: Nube densa, extensión vertical en forma de montaña o torre parte superior fibrosa parcialmente y achatada, forma de yunque. Base horizontal oscura; a veces mezclada con girones de nubes bajas. Produce chaparrones y tormentas.
- ESPECIES:
- fibratus: filamentos rectos o irregularmente curvados.
- uncinus: gancho o penacho.
- castellanus: forma de torrecillas, apariencia almenada.

<u>floccus:</u>	penachos con apariencia rasgada, flecos.
<u>spissatus:</u>	espesos, apariencia grisácea cuando se ven hacia el sol.
<u>stratiformis:</u>	lámina o capa horizontal.
<u>lenticularis:</u>	forma de lentes o almendras.
<u>nebulosus:</u>	velo o capa sin detalles definidos.
<u>fractus:</u>	fragmentos irregulares, apariencia rasgada.
<u>humilis:</u>	pequeño desarrollo vertical, forma chatada.
<u>mediocris:</u>	moderado desarrollo vertical, pequeñas protuberancia.
<u>congestus:</u>	gran desarrollo vertical, forma de coliflor.
<u>calvus:</u>	algunas protuberancias pierden partes cumuliformes, calvo.
<u>capillatus:</u>	parte superior con formas cirriformes claras, pelo.
<u>VARIEDADES:</u>	
<u>intortus:</u>	elementos curvados irregularmente y frecuentemente enrollados.
<u>radiatus:</u>	bandas paralelas que parecen converger hacia un punto.
<u>vertebratus:</u>	forma de vértebras o costillas de pez.
<u>duplicatus:</u>	parches, láminas o capas superpuestas.
<u>undulatus:</u>	presentan ondulaciones.
<u>lacunosus:</u>	con agujeros más o menos redondos.
<u>traslucidus:</u>	traslúcida, permite ver el sol, transparente, diáfano.
<u>perlucidus:</u>	pequeños espacios bien definidos entre los elementos.
<u>opacus:</u>	opaca, oculta totalmente al sol o la luna.

CARACTERISTICAS SUPLEMENTARIAS Y NUBES ACCESORIAS:

Se llaman así a ciertas peculiaridades que pueden tener las nubes: partes adheridas al cuerpo principal, protuberancias colgantes, etc.

- mamma: Protuberancias colgantes, como ubres, (Ci, Cc, Ac, As, Sc, Cb).
- virga: Rastros a trazos verticales de precipitación (Cc, Ac, Ns, Sc, Cu y Cb).
- pannus: Fragmentos rasgados que forman capa continua debajo de otra nube o adheridos a ella (As, Ns, Cu, Cb).
- incus: Forma de yunque en la parte superior de la nube (Cb).
- precipitatio: Precipitación que alcanza la superficie terrestre. (As, Ns, Sc, St, Cu, Cb).
- arcus: Rollo horizontal y denso, bordes rasgados. (Cu, Cb).
- tuba: Cono de nube invertido que arranca de la base de la nube. (Cu, Cb).
- Pileus: Nube pequeña adherida al tope de otras nubes (Cu, Cb).
- Velum: Velo de nube, gran extensión horizontal en parte superior de otra nube. (Cu, Cb).

APARIENCIA DE LAS NUBES:

Está determinada por la naturaleza, dimensiones, número y distribución de sus partículas constitutivas, también depende de la intensidad y color de la luz recibida y de las posiciones relativas del observador y de la fuente de la luz. Se describe mejor la apariencia de una nube en función de las dimensiones, forma, estructura, contextura, luminosidad y color de la misma.

LUMINOSIDAD:

Es la brillantez; se determina por la luz reflejada, dispersa y transmitida por sus partículas. De noche las nubes son visibles cuando la luna presenta más de un cuarto de faz.

COLOR:

La coloración de las nubes depende del color de la luz que recibe, de la bruma entre el observador y la nube, de la posición del Sol sobre el horizonte y de la altura y posición relativa del observador.

La bruma entre el observador y la nube hace que las más lejanas se vean amarillas, anaranjadas o rojas. Cuando el Sol está suficientemente alto en el horizonte las nubes o partes de nubes expuestas directamente a la luz solar son blancas o grises y las que reciben luz del cielo azul son de color gris azulado.

Cuando el Sol se aproxima al horizonte el color de las nubes puede cambiar desde el amarillo al anaranjado y hasta el rojo.

Cuando el observador está cerca o por debajo del horizonte, las nubes altas pueden aparecer casi blancas mientras que aquellos que están a un nivel medio asumen un color anaranjado o rojizo y las muy bajas en la región sombreada de la tierra se tornan grises.

Estas diferencias de color permiten tener una idea de las alturas relativas de las nubes.

OBSERVACIONES DE NUBES:

Aunque existen instrumentos para la observación de nubes, en la práctica es un dato eminentemente visual estimado por el observador o el meteorólogo. Esta observación requiere de gran experiencia para obtener datos confiables en relación a la cantidad de cielo cubierto, dirección y velocidad del desplazamiento, altura de la base y de la cima o tope de las nubes y su clasificación de acuerdo al Código internacional.

CANTIDAD DE NUBES:

La extensión de cielo cubierto se estima en octavos. Para ello se establece la relación entre la parte del cielo cubierto por nubes y la parte despejada. No se presentan dificultades para estimar los casos de cielo totalmente cubierto, que equivale a ocho octavos, cielo completamente despejado, equivalente a cero octavos, y el cielo en el cual las partes cubiertas por nubes equivalentes a las despejadas que corresponde a cuatro octavos. Las demás cantidades de cielo cubierto se pueden estimar por el mismo procedimiento, o dividiendo imaginariamente el cielo en ocho partes iguales, como si se tratase de una rueda de ocho rayos, estimando cuantas de esas partes estarían cubiertas si se agrupasen todas las nubes que se observan.

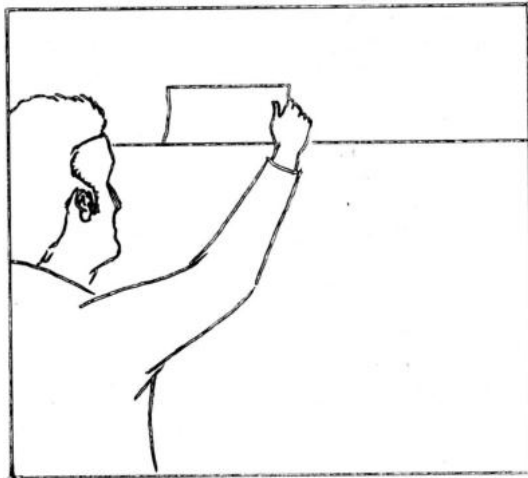
Como las nubes pueden estar a distintos niveles (pisos) se estimará por el mismo procedimiento la cantidad de nubes de cada tipo en cada nivel sin tomar en cuenta las restantes nubes.

Con las nubes de desarrollo vertical, es frecuente sobrestimar su cantidad, pues por efectos de perspectiva se anteponen a las más lejanas ocultando los espacios libres, creando la impresión de mayor nubosidad de la real.

En estos casos se debe dar preferencia a una zona más o menos amplia que se halle sobre el observador, despreciando la faja que se extiende desde el horizonte hasta 15° sobre él mismo.

Ciertos fenómenos, con niebla o bruma lejanas, pueden dar a la zona del cielo cercana al horizonte un falso aspecto nuboso. Cuando el observador tenga motivos para dudar que el aspecto menos diáfano del cielo en aquella parte se deba a la existencia de un cirrostratus o altostratus, deberá despreciar, como en el caso anterior, la cantidad representada por la faja de cielo de 15° que se halle sobre el horizonte.

Para la determinación de esa faja de 15° , y hasta tanto el observador adquiera la práctica necesaria, resulta conveniente el uso de una tablilla o cartón de 16 cm de ancho, sostenida horizontalmente con los dedos y el brazo extendido, de modo tal que el borde inferior de la tablilla dé la impresión de apoyarse sobre la línea del horizonte. Toda la parte tapada por la tablilla o cartón al girar el observador recorriendo el horizonte, es la que no debe tenerse en cuenta en los considerandos.



En los casos en que haya una niebla tan espesa que haga imposible establecer si hay o no nubes por encima de ella, deberá consignarse el estado del cielo como completamente cubierto; pero si es posible ver el cielo a través de la niebla, la cantidad de nubes se deberá estimar lo mejor posible. Si puede verse el sol o las estrellas a través de la niebla y no hay evidencia de nubes, se clasificará como cielo despejado.

IDENTIFICACION DE LAS NUBES:

Una vigilancia continúa del cielo se hace necesaria para una observación correcta de las nubes. Esto es particularmente importantes para la identificación de las mismas, en vista de la infinita variedad que puede haber en formación, lo que hace casi imposible identificar ciertos conjuntos complejos. Esta identificación se puede lograr recurriendo al historial reciente de las nubes, pues éstas han tenido que pasar a través de una fase más fácilmente reconocible. Una observación continúa del cielo es también muy útil en la determinación del género de las cuales se han originado las presentes en el momento de la observación (se llaman también nubes madres).

La identificación de las nubes se facilita algunas veces observando el cielo en su totalidad, más aún durante ciertas condiciones tormentosas.

En el caso de presentarse simultáneamente distintas formas de nubes de una misma familia, el observador deberá tener en cuenta todas, sin dar preferencia a alguna en particular y procederá a comparar las nubes que observe con los del "Atlas Internacional de Nubes" para su correcta identificación.

ALTURA DE LAS NUBES:

En la observación de la altura de las nubes, debe entenderse por tal, aquella altura a que se halla la base de la nube en cuestión, considerada a partir del suelo, cualquiera sea la altura de la estación con respecto al nivel del mar.

La base de una nube se define como la zona más baja en la cual el tipo de oscurecimiento cambia perceptiblemente del correspondiente a aire claro o bruma al correspondiente a gotas de agua o cristales de hielo. En el aire bajo la nube, las partículas causantes del oscurecimiento muestran una cierta selectividad espectral; en la nube no hay virtualmente selectividad, la diferencia viene dada por el diferente tamaño de las partículas consideradas (o de la nube). La extensión de la zona depende del método de observación empleado.

Es lógico que ningún observador tendrá dificultades para reconocer la base de un cúmulus, que es su parte inferior, casi siempre plana, y en la cual la nube parece apoyarse. En otros tipos de nubes (stratus, por ejemplo), si bien la base no está siempre tan claramente definida, se le puede individualizar por el contraste que forma la parte inferior oscura y "húmeda-neblinosa" de la nube, con el aire casi transparente que se halla debajo.

Las nubes de las cuales es necesario determinar la altura son las que tienen sus bases por debajo del nivel de los 2500 metros, salvo en los casos de aquellas estaciones que, por la índole de sus tareas, posean instrucciones especiales sobre determinación de altura de nubes hasta niveles superiores.

La altura de la base de la nube debe obtenerse preferiblemente por medición. A continuación se enumeran los métodos principales usados actualmente para obtener la altura de las nubes respecto del suelo.

- a) Globos pilotos
- b) Reflectores de haz luminoso direccional
- c) Medidores de distancias (localizadores) y métodos similares.
- d) Reportes de pilotos de aviación
- e) Estimación visual

a) La medición por medio de globos pilotos inflados con una cantidad determinada de un gas liviano, ascienden siempre el mismo número de metros por minuto (ej.: 50 metros por minuto) de manera que basta medir el tiempo que tarda el globo en desaparecer completamente en la nube, a partir de el momento en que se le soltó, para conocer la altura de la base de dicha nube.

Los globos empleados para estas determinaciones de altura no necesitan ser tan grandes como los empleados para vientos en la altura. Los globos que pesan alrededor de 5 a 10 gramos son adecuados para el propósito. Deben ser esféricos y deben llenarse para alcanzar una velocidad ascensional de unos 120 a 150 m/min. Para las observaciones deben emplearse un Teodolito, Binoculares o un Telescopio y debe tenerse sumo cuidado en distinguir los casos en los cuales el globo se ve entrar en la nube y aquellos en los cuales es tapado por el movimiento horizontal de la nube a lo largo del campo visual en los niveles bajos.

El globo piloto puede emplearse durante la noche amarrando al globo un bombillito alimentado por pilas o una lámpara de vela (candle lantern), el globo en estos casos debe tener mayor tamaño, por ejemplo alrededor de 30 gramos de peso. Salvo en los casos de viento fuerte, alturas de nubes de hasta 800 metros, pueden medirse con el método del globo.

En terreno plano, errores de 250 m. en 1000 m. son factibles y errores mayores pueden obtenerse cuando hay remolinos debidos a la forma del terreno.

b) Medición con proyectores direccionales: La medición con proyector consiste en dirigir una visual desde un punto colocado a una distancia fi

ja y conocida del proyector, a la mancha luminosa que se forma en la base de la nube debido al haz de luz que el mismo dirige verticalmente hacia arriba. De este modo, y según el tipo de instrumento que se utilice para dirigir la visual, se obtiene directamente la altura de la nube o el ángulo que, leído en el instrumento, permite calcular el valor buscado.

Los proyectores especialmente diseñados para instalaciones permanentes de observación de la altura de nubes, son capaces de proporcionar un haz de luz con una abertura que no excede a los dos grados y una intensidad máxima de tres millones de bujías.

Un aparato de estas condiciones puede obtenerse con una lámpara incandescente compacta de unos 500 watt y un espejo parabólico de calidad con unos 40 cms. de diámetro. Estas lámparas permiten medir alturas de nubes de hasta 500 metros. Los faros delanteros de un automóvil son suficientemente potentes para medir alturas de hasta 1000 metros; sometiendo el bulbo a voltajes superiores al normal se pueden alcanzar mayores alturas.

Como la eficiencia del proyector depende de un enfoque correcto debe dársele especial cuidado al ajuste del foco y también controlarse de vez en cuando la agudeza del foco la cual puede perderse cuando el filamento está muy usado lo cual provoca su deterioro. No hay mayor diferencia entre colocar el rayo proyector vertical o inclinado, en ambos casos se debe estar seguro que el haz del proyector se encuentre dentro de un grado de tolerancia del ángulo requerido. Una base de 300 metros de largo es apropiada para la medida del ángulo de elevación de la mancha luminosa, lo cual se puede efectuar con una alidada o clinómetro, los cuales pueden estar graduados ya sea en grados o si se usa una línea de base fija, directamente en unidades de altura.

El proyector normal de luz solamente puede ser utilizado en la noche, si usamos un sistema de luz invisible, durante el día podemos detectar el lugar de incidencia por un sistema de un receptor fotosensible montado en un Telescopio que pueda moverse en un plano vertical con lo cual se puede medir el ángulo de elevación. Hay una gran variedad de sistemas que permiten trabajar sin el empleo de bases fijas.

c) Sistemas Telemétricos: El uso de telémetros está limitado para los casos de buena iluminación y cuando las bases de las nubes se ven perfectamente, pero debemos recordar que el ojo del observador es un factor limitante y se sabe por experiencia que solo el 50% de los observadores emplean satisfactoriamente estos instrumentos.

d y e) Estimación de la altura de las nubes: La habilidad de estimar las alturas de las nubes satisfactoriamente solo se obtiene a través de una larga experiencia. El observador debe aprovechar toda oportunidad que se le presente para controlar los valores por el estimado por medio de la comparación con instrumental o las tomadas por radiosonda o aeronaves.

En lugares montañosos, elevaciones preconocidas sirven para estimar las alturas. Como las bases de las nubes generalmente están inclinadas, los objetos a distancias mayores de 5 kms. solo deben ser usados para comparar cuando las condiciones meteorológicas son homogéneas sobre un área considerable. Debemos recordar que las bases de las nubes en muchos casos se encuentran a menor altura cerca de las laderas montañosas y que las alturas estimadas no representan la altura actual de la base de la nube en la atmósfera libre, sino algo más bajo. En áreas llanas observadores experimentados pueden llegar a estimar la altura de la base, pero estas estimaciones son muy imprecisas.

La altura de las nubes por sobre los 3.000 metros no puede ser satisfactoriamente estimada, a menos que una observación instrumental o aérea de la nube haya sido realizada recientemente.

La obtención de gran precisión en la medición de las alturas de las nubes está limitada ampliamente por el hecho de que generalmente la base de la nube no está bien definida. No solamente se encuentran sus bordes difusos sino que a veces presenta aspectos fragmentados y cambiantes.

Las observaciones de corta duración, tales como las de globo, pueden ser por consiguiente poco representativas de la base de la nube como un conjunto.

El método del globo está sujeto a otros errores, como ya se indicó en un párrafo aparte. El método del proyector ofrece resultados más representativos. Se considera que los resultados obtenidos representan el estado general de toda la base de las nubes cuando las observaciones realizadas van desde la cercanía de los 30 metros hasta cerca de 1.000 metros. Por sobre esta altura puede obtenerse una aproximación entre el 5% y el 10%.

DIRECCION Y VELOCIDAD DE LAS NUBES:

Las observaciones de la dirección de movimiento y la velocidad de las nubes, deben realizarse tan frecuentemente como sea posible, particularmente en nubes altas y medias. Mucho cuidado debe tenerse en el caso de

encontrarse condiciones de turbulencias, para evitar el riesgo de confundir el actual movimiento nuboso con el aparente debido a la turbulencia, ya que ésta no es necesariamente representativa de la situación general del aire en la cual la nube se está desarrollando. Para disminuir errores debidos a desplazamientos verticales el observador debe hasta donde sea posible, elegir nubes o elementos de la nube que no estén demasiado alejados del Zenit. La dirección del movimiento se referirá siempre a la dirección de la cual la nube viene. Para reportes sinópticos internacionales, se expresa en la escala 01-36, tanto para vientos de superficie como para vientos de altura. Esta puede observarse mediante la comparación de la nube contra un punto fijo tal como un asta de bandera o una estrella. No es posible medir la velocidad lineal de una nube desde una sola estación, a menos que la altura de la nube se conozca. La velocidad angular de una nube y su dirección de movimiento puede medirse con un Nefoscopio. La velocidad angular se expresa en radianes por hora. Los tipos de Nefoscopios de uso son: el tipo de visión directa, tales como el de rastrillo de Besson y el de grilla Noruega y los Nefoscopios de reflexión, como los espejos tipo Fineman y tipo Clayton.

Si la nube está bien definida y aislada puede ser seguida por el observador, quien obtiene así una aproximación de la dirección, lógicamente, esto se hace difícil en la noche y cuando hay muchos tipos de nubes en un cielo muy cubierto.

NEFOSCOPIOS DE VISION DIRECTA:

El peine o grilla de un metro de largo se monta en un eje vertical, que puede girarse por medio de dos cuerdas. El eje tiene una escala graduada para indicar la dirección a lo largo de la cual el peine o grilla se alinea.

En la determinación de la velocidad aparente se toma el tiempo que tarda la nube en pasar a lo largo de una distancia conocida del peine o grilla, es esencial que la cabeza del observador se mantenga quieta y a un nivel constante.

Esto se facilita empleando algún tipo de pínula como el tope de una aguja.

Los anteojos para el sol permitirán realizar observaciones más eficientes durante los días de gran iluminación.

Como un Nefoscopio improvisado puede usarse el dedo índice o una regla sostenida a la longitud del brazo y por encima del observador.

Si la distancia del ojo al dedo o a la regla es de 48 cms. (valor promedio), la velocidad angular es numéricamente igual a la distancia recorrida a lo largo del dedo o la escala, medida en milímetros en un tiempo de 7,5 seg.

NEFOSCOPIOS REFLECTORES:

El mismo principio se utiliza en estos instrumentos pero estos tienen la ventaja de su portabilidad, simplicidad y precisión. Consisten esencialmente de un disco de vidrio negro de unos 15 a 25 cms. de diámetro, montado en un trípode o en otra base similar. Hay una pieza "mira" que puede disponerse a distancias conocidas por encima del ojo y que puede desplazarse a lo largo de su circunferencia. En el tipo Fineman el disco es de unos 15 cms. de diámetro y grabado con círculos concéntricos con una distancia de separación conocida. Mientras que la mira se materializa en un punto vertical. En el tipo de Clyton el disco tiene 25 cms. de diámetro y no está marcado excepto por una pequeña depresión perforada en el centro. La ausencia de marcas y el mayor tamaño del disco permite su uso con un menor contraste por cuanto la imagen de la nube puede ser observada en un espejo claro y con ambos ojos. Tiene también un sistema de alidada, un pequeño seguidor triangular y una escala milimétrica como accesorios.

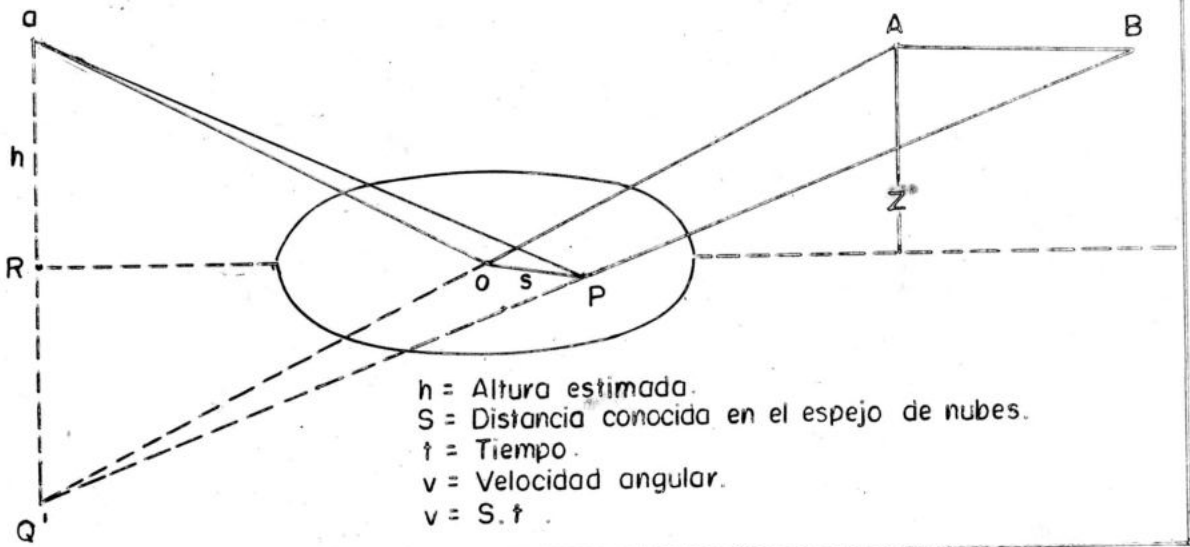
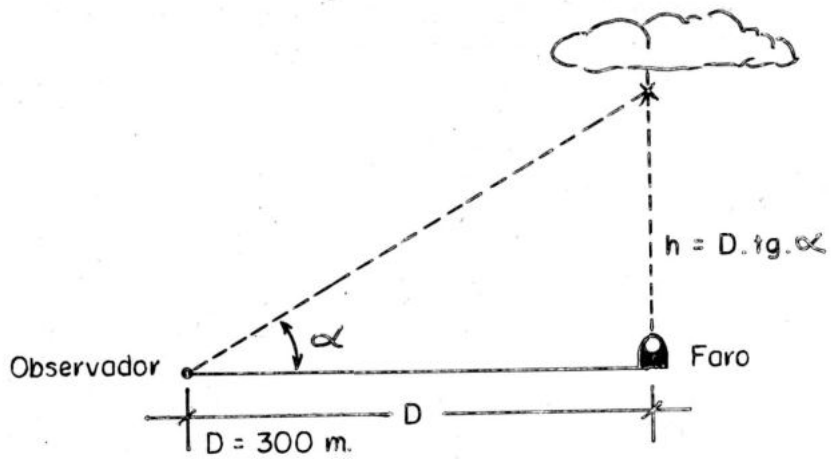
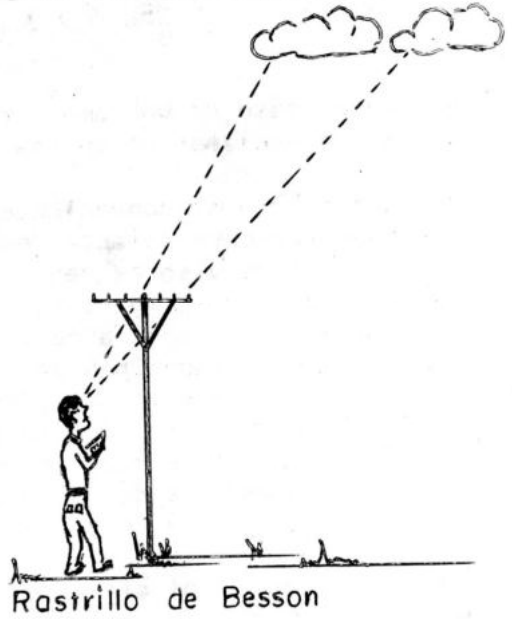
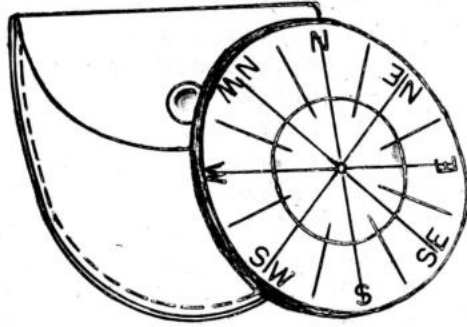
El nefoscopio tipo Fineman tiene grabada una rosa de los vientos, la cual se orienta con el norte, se elige un punto de la nube y se observa el desplazamiento de su imagen reflejada hasta que alcanza alguno de los círculos concéntricos grabados en el espejo. Conociendo el tiempo de desplazamiento y la altura estimada de la nube podemos calcular su velocidad.

Dado que es muy común que se presenten nubes que en el momento de la observación están experimentando una evolución que las lleva de un tipo a otro, el mejor medio de efectuar observaciones de nubes es el de ejercer una vigilancia de su desarrollo de la manera más continua posible, no de biendo contentarse el observador con un breve examen del cielo en el momento de la observación.

En ciertos casos, el observador puede estar capacitado para describir el cielo en términos generales tales como: fibroso, estriado, sutil, difuso, etc. Debe estar al tanto del hecho que en diferentes situaciones meteorológicas, nubes del mismo género, especie o variedad, presentándose aproximadamente en la misma cantidad y al mismo nivel, pueden proporcionar impresiones diferentes. Por consiguiente, en un cielo convectivo durante una situación de entrada de aire polar frío, las nubes en todos los niveles aparecen más nítidas y recortadas que nubes similares durante una invasión de aire tropical inestable; sus conformaciones también difieren, siendo más desarrolladas horizontalmente en el aire polar y con más desarrollo vertical en el aire tropical. Ciertas diferencias también ocurren a consecuencia del deslizamiento del viento en la vertical. Cuando el deslizamiento es suave las nubes aparecen más "densas"

CALCULO DE LA DIRECCION Y VELOCIDAD DE LAS NUBES

Nefoscopio



que en el caso de un cambio rápido de viento con la altura, lo cual ocasiona una declinación en las nubes y cúmulos originados por los alisios.

Durante el día es conveniente para el observador usar anteojos con lentes adecuadamente polarizados o con anteojos de vidrio rojo o amarillo oscuro. Estos visores deben estar provistos de rebordes laterales opacos para evitar la luz lateral que podría perjudicar notablemente la observación. En ausencia de buenos visores el observador puede examinar ventajosamente las nubes por reflexión en un espejo negro (nefoscopio). Estos dispositivos son también muy útiles para disminuir el efecto de encandilamiento de la luz solar brillante. Ellos son en ciertos casos casi indispensables como por ejemplo: cuando se observan nubes muy tenues tales como las del género Cirrus que son difícilmente visibles contra el azul celeste, o cuando existe bruma velando parte de las nubes.

Durante la noche el cielo debe ser examinado desde una zona oscura, bien alejada de lugares luminosos, especialmente cuando la atmósfera es tá brumosa. La observación no debe ser realizada antes de que los ojos del observador se adapten a la oscuridad reinante.

XIII.- LA VISIBILIDAD HORIZONTAL:

La visibilidad horizontal es la mayor distancia a la cual destacados objetos tales como montañas, colinas, edificios, etc., pueden identificarse a simple vista. La facilidad de identificación depende sobre todo de las impurezas contenidas en el aire y de ciertos fenómenos especiales presentes al momento de la observación.

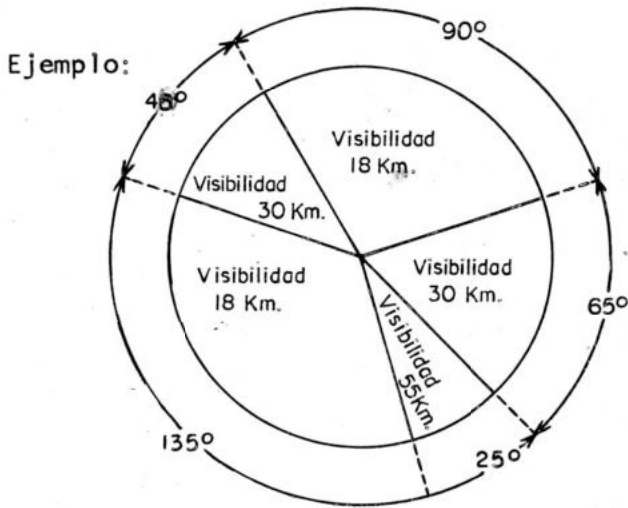
Cada estación está provista de un esquema con los puntos notables a su alrededor y sus respectivas distancias a la estación. A continuación se da un círculo de visibilidad con centro en el techo del edificio de la Biblioteca Central de la Universidad Central de Venezuela, los ángulos horizontales son acimut, se indican algunas alturas notables en metros y las distancias vienen dadas en kms. Al usar este Círculo de Visibilidad desde otros sitios cercanos a la Biblioteca Central debe tenerse en cuenta que los puntos elegidos no se verán con la misma facilidad que desde el techo del mencionado edificio.

CIRCULO DE VISIBILIDAD:

LUGAR	DISTANCIA	ACIMUT	ALTURA
1) Edificio VAM (Av. Andrés Bello)	1.7 Km.	0°	
2) Cerro Papelón	4.2 Km.	12°	1.584 m.s.n.m.
3) Teleférico Avila	5.8 Km.	12°	2.134 m. (aprox.)
4) Edificio Polar (Plaza Venezuela)	1 Km.	35°	
5) Castillitos	9 Km.	310°	1.640 m. (aprox.)
6) Iglesia Chiquinquirá	2.1 Km.	52°	
7) Pico Naiguatá	12 Km.	62°	2.765 m. (aprox.)
8) Torre Radio Caracas (El Valle)	2.8 Km.	207°	
9) Televisora Nacional (Canal 5)	1 Km.	295°	
10) Círculo Militar	2.4 Km.	199°	
11) Tope Santa Mónica (Fila Palacios)	2.4 Km.	158°	
12) Edificio Lagoven (Creole)	600 metros	120°	
13) Club Táchira (Colinas de Bello Monte)	1.3 Km.	123°	

La visibilidad se observa desde la propia estación, pero cuando existen obstáculos que impiden el dominio de todos los alrededores, es permitido hacer la observación desde algún punto cercano, aún a mayor altura.

La visibilidad prevaleciente es la mayor visibilidad que prevalece en el más amplio sector del círculo trazado con centro en el punto de observación. Para su determinación se divide este círculo imaginario en sectores que tengan igual visibilidad horizontal, se suman los sectores de igual visibilidad horizontal y el que resulte mayor será el de visibilidad prevaleciente.



- Visibilidad de 55 Km 25°
- Visibilidad de 30 Km $65^\circ + 45^\circ = 110^\circ$
- Visibilidad de 18 Km $135^\circ + 90^\circ = 225^\circ$
- Visibilidad Prevalciente = 18 Km.

En meteorología sinóptica cuando la visibilidad no es igual en todas las direcciones, se codifica la menor visibilidad observada.

FENOMENOS ESPECIALES EN RELACION CON LA VISIBILIDAD:

Ciertos fenómenos reducen la visibilidad afectando especialmente la navegación aérea, marítima y la circulación de los automóviles.

Entre otros fenómenos podemos mencionar:

- a) La Bruma, calina o calima: reduce la visibilidad entre 2 y 20 kms, en casos especiales hasta 50 km.
- b) Tempestad de polvo: reduce la visibilidad a menos de 1 km.
- c) Humo: el humo producido por industrias o por el incendio de vegetación reduce la visibilidad a menos de 1 km.
- d) Neblina: la visibilidad está entre 1 y 2 kms.
- e) Niebla: la visibilidad es siempre menor de 1 km. dependiendo de la intensidad de la misma.
- f) Nieve: las nevadas reducen la visibilidad en mayor o menor grado de acuerdo a su intensidad fluctuando entre 500 m. y 6 km.
- g) Precipitación: cuando se observan chaparrones no se estima la visibilidad hacia esos sitios.
La intensidad de la lluvia no se relaciona con la visibilidad horizontal.

XIV.- ESTACIONES METEOROLOGICAS AUTOMATICAS.-

La necesidad de obtener informaciones sobre las condiciones del tiempo en áreas dispersas y deshabitadas, ha llevado a los meteorólogos a crear estaciones automáticas que operan por largos períodos sin necesidad de la intervención de la mano del hombre.

Aparentemente los primeros estudios que se hicieron con este propósito fueron acometidos simultáneamente por varios países aún antes de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, fué solamente durante la última guerra cuando se pusieron a funcionar las primeras estaciones automáticas de observación: tales como estaciones terrestres instaladas por Rusia y los Estados Unidos de América, estaciones tipo boyas flotantes usadas en Alemania para obtener información sobre las condiciones del tiempo reinantes sobre el Océano Atlántico, el Canal y el Mar del Norte.

Desde entonces hasta ahora, varios países se han interesado en el problema hasta el punto de que actualmente están en uso varios tipos de estaciones automáticas.

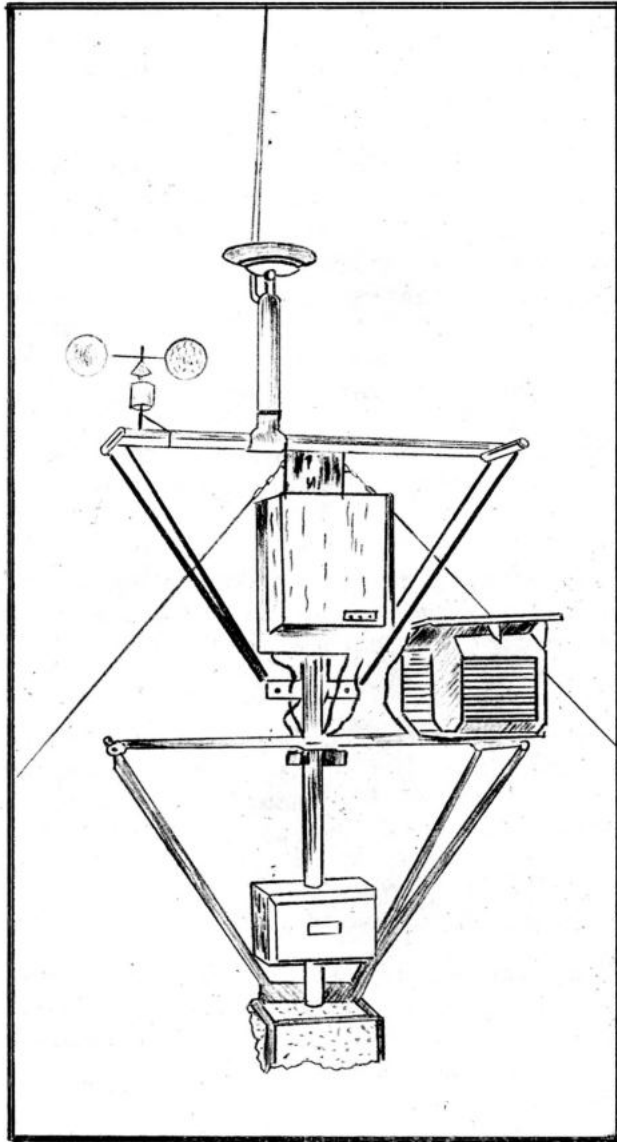
El equipo de uso corriente se divide en dos categorías: estaciones meteorológicas automáticas que transmiten por si solas los valores de las mediciones y estaciones climatológicas automáticas que simplemente registran los valores.

Como se dijo anteriormente, estos equipos miden automáticamente ciertos parámetros meteorológicos y también transmiten en forma automática los resultados de las mediciones. Están diseñados para su uso tanto en tierra como en el mar, bien fijas o en boyas sueltas.

ESTACIONES METEOROLOGICAS AUTOMATICAS TERRESTRES:

Esta categoría de estación se compone de ciertas formas que difieren considerablemente, en lo que respecta a especificaciones necesarias y los medios que se utilizan para obtener los resultados deseados. No obstante, todas contienen los mismos órganos básicos; una estación automática se compone de lo siguiente:

- a) Sensores que miden los parámetros meteorológicos;
- b) Aparato de codificación que transforma la indicación de los sensores a señales transmisibles;
- c) Transmisores;
- d) Una unidad de programación que controla la secuencia y tiempo de operaciones;



ESTACION METEOROLOGICA
AUTOMATICA

- e) Unidades de suministro de fuerza que proveen la corriente necesaria para el funcionamiento de la estación.

SENSORES:

El número de sensores varía considerablemente de una estación automática a otra. Algunas estaciones han sido diseñadas para medir y transmitir solamente una variable, por ejemplo: estaciones automáticas para precipitación (lluvia); otras están diseñadas para dar información lo más similar posible a la obtenida generalmente de las estaciones convencionales.

A continuación se hace una revisión de varios parámetros meteorológicos y las diferentes soluciones en que se han usado, o que podrían usarse, para medirlos:

Presión atmosférica:

En las estaciones automáticas la presión atmosférica siempre se mide por medio de las cápsulas Vidie, que se usan conjuntamente con sistemas mecánicos de amplificación similares a aquellos que se utilizan en barógrafos y barómetros aneroides.

La unidad se compensa por temperatura. Los barómetros de mercurio no se usan en este tipo de equipo debido a la relativa complejidad del sistema de enlace que permite las lecturas. En todo caso, no suministra directamente un valor de la presión, pues sus indicaciones tienen que ser corregidas, lo cual significa que el efecto de la temperatura aparece en la columna de mercurio. Los sistemas basados en la cápsula Vidie ofrecen una precisión aproximada de 0,5 mb., que puede considerarse en la mayoría de los casos bastante satisfactoria.

Temperatura del aire:

La temperatura del aire se mide a través de los termómetros basados en los principios de lámina bimetálica, resistencia de platino, expansión de líquido o principios termoeléctrico.

Aquellos basados en láminas generalmente son los más usados, pues permiten una exactitud que es bastante superior a 0,5 °C. Sin embargo, a fin de mantener este grado de precisión por un largo período, es necesario asegurarse de que el mecanismo que provee la amplificación de los movimientos de las láminas bimetálicas está perfectamente protegido del polvo, nieve y los insectos.

Los termómetros de resistencia de platino que se usan conjuntamente con potenciómetros, son bastante apropiados para la codificación de los datos que ellos suministran. Sin embargo, resultan unidades muy caras y con un consumo de corriente muy apreciable.

Termómetros basados en los principios termoeléctrico se usan principalmente en las estaciones automáticas que transmiten su información a través de una frecuencia musical variable.

La ventaja del uso de los termómetros eléctricos sobre los bimetálicos es que son menos sensibles al polvo y a la nieve, ya que ninguna parte de movimiento en estos instrumentos está expuesta a las condiciones del tiempo.

Esta misma ventaja es compartida por los termómetros de expansión de líquido, en los cuales las partes de movimiento están resguardadas dentro de la estación. Estos pueden acoplar aparatos de codificación en la misma forma que lo hacen los termómetros bimetálicos, pero tienen la desventaja de ser menos portátiles y por lo tanto más difíciles de instalar, debido a la fragilidad relativa del tubo de enlace entre la sonda y el manómetro. A pesar de este inconveniente, este tipo de termómetro es mucho más apropiado que el tipo bimetálico en aquellas áreas donde los depósitos de nieve y hielo son frecuentes.

Humedad atmosférica:

Este es ciertamente el elemento meteorológico cuya medición, a través de las estaciones automáticas, es el menos satisfactorio. Actualmente la mayoría de las estaciones en uso miden la humedad relativa del aire a través del higrómetro de cabello, el cual ofrece todas las desventajas bien conocidas que se asocian con este método de medir: operación deficiente en cuanto a los valores de la baja humedad y la baja temperatura, inestabilidad a cero grados, escasa veracidad o poca confiabilidad, etc. En las estaciones automáticas la imposibilidad de una limpieza frecuente de haz de cabello contribuye a una acentuación apreciable de estas fallas. A menudo ocurre que aquellas estaciones expuestas a violentas tormentas de arena o nevadas pesadas transmiten valores completamente falsos y prácticamente inútiles con respecto a la humedad.

Ha sido posible obtener mejores datos de las estaciones automáticas, colocando el haz de cabello sobre un soporte de celofán permeable al vapor de agua, pero impermeable al viento y nieve. A través de la protección del haz del cabello y del sistema de amplificación, ha sido posible lograr un rendimiento aceptable por varios meses. Sin embargo, aun bajo las mejores condiciones, la exactitud se mantiene pobre y puede dar una aproximación de un cinco por ciento (5%) en los casos de alta humedad y un diez por ciento (10%) en cuanto a la humedad promedio.

Aparentemente existe regular dificultad en obtener mediciones de la humedad a través de un psicrómetro en aquellas estaciones automáticas que permanecen desatendidas por largos períodos, ya que se hace difícil pro-

veer un adecuado suministro de agua para el bulbo húmedo. En todo caso, este método de medición puede ser considerado solamente en regiones donde la temperatura permanece superior a 0°C. Las unidades eléctricas que usan mecanismos compuestos de resistencias a base de cloruro de litio (similares a aquellas que se usan en el sistema radiosonda americano), no se pueden usar en las estaciones debido al rápido deterioro de las placas.

Por otra parte, sería más fácil adaptar a los higrómetros indicadores de la temperatura a que se forma el rocío, según el efecto Peltier. Estos instrumentos, tienen la gran ventaja de proveer valores de la temperatura a que se forma el rocío dentro de más o menos temperatura aceptable y grados de humedad (los valores de temperatura-rocío mayores de -40°C) con suficiente precisión ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Aunque consumen una apreciable cantidad de corriente, lo cual puede limitar su uso en ciertos casos, estos aparatos parecen ser los más aptos para proveer una solución satisfactoria al problema de la medición automática de la humedad.

Velocidad del viento:

La medición de la velocidad del viento no ocasiona ningún problema particular, a excepción quizás de aquellas áreas donde exista alta congelación. La mayoría de los anemómetros que se usan en las estaciones ordinarias pueden incorporarse en las estaciones automáticas. No obstante, el anemómetro de contacto es uno de los más ampliamente usado, debido a su simplicidad, duración y facilidad con que puede usarse para medir la dirección de la velocidad media del viento sobre determinado período.

Para este propósito se usa conjuntamente con un aparato contador que totaliza el número de pulsos producidos por el anemómetro, durante el período que se requiere el valor de la velocidad máxima del viento (generalmente 10 minutos, de modo que se obtenga la cifra de tiempo sinóptico, como se define en las recomendaciones de la Comisión para Instrumentos y Métodos de Observación). El contador puede consistir de un integrador de rueda con dientes y relé o un motor de un solo paso, o un contador con relé electromagnéticos.

Estos contadores tienen que ser reajustados a cero grado al final de cada observación, cuya operación es particularmente sencilla cuando se usa un relé electromagnético; por otra parte, necesita un sistema de engranaje relativamente delicado.

En área donde existe alta congelación las mediciones del viento se hacen particularmente difíciles, debido a la obstrucción del transmisor

anemométrico por el hielo. Por lo tanto, se hace necesario usar un anemómetro esencial, el cual se calienta automáticamente tan pronto como la temperatura cae bajo 0°C. Para lograr un calor efectivo generalmente se necesita el uso de mucha electricidad, de tal manera que este método sólo puede aplicarse en aquellas estaciones conectadas a un sistema de fuerza eléctrica de gran rendimiento.

Dirección del viento:

Aparte del problema del hielo, el cual tiene que ser tratado en una forma similar a la que se indica en el párrafo anterior, el problema de medir la dirección del viento es muy sencillo. Prácticamente todas las unidades que normalmente se usan para esta medición pueden adaptarse en las estaciones automáticas a satisfacción. Sin embargo en aquellas estaciones que tienen que operar por largos períodos sin ninguna atención, la veleta de viento del tipo de contacto es particularmente apropiada. Esta es una unidad fuerte que necesita poca atención, fácil de instalar, utiliza poca fuerza eléctrica y ofrece una precisión estable determinada por el número de contactos que se usen. La necesidad de conectar la veleta a la estación a través de un cable multinúcleo relativamente costoso, no puede considerarse como un inconveniente, ya que la longitud del cable es generalmente muy corta.

Precipitación:

El equipo más apropiado para medir la precipitación es el medidor de lluvia de balancín. El problema de codificación de sus mediciones es similar al de codificación de datos de los anemómetros de contacto el número de balanceos puede contarse bien a través de operación directa de un contador de rueda dentada, o bien por cada balanceo que cierra un circuito eléctrico que suministra impulsos, los cuales son totalizados por contadores similares a aquellos usados para mediciones de la velocidad del viento.

El último método tiene la ventaja de permitir que el contador sea instalado dentro de la estación, de modo que así quede protegido del polvo, insectos y otros agentes parecidos que perjudican un funcionamiento satisfactorio. También se recomienda por razones de uniformidad, ya que incluye contadores similares a aquellos que se usan para mediciones de la velocidad del viento.

A menudo se encuentra que las estaciones automáticas tienen que operar desatendidas por largo tiempo, que el medidor de lluvia (pluviómetro) detiene su trabajo porque el cuello del embudo colector está obstruido por insectos, arena o polvo. Esta falla lo hace prácticamente imposible de usar en las estaciones automáticas para medir la precipitación sobre ciertas islas pobladas de pájaros, ya que con sus continuas paradas no permiten que el agua llegue a las cubetas.

Aparte de este caso sobresaliente y desfavorable, es posible obtener una exactitud de algunas décimas de milímetro usando el sistema de balancín. La exacta precisión que se obtenga depende principalmente del tamaño de la superficie colectora y el volumen del balancín.

También se debe señalar que es posible lograr una indicación del tiempo a la vez que se observa con este tipo de medidor. Con el fin de hacer ésto, es suficiente un corto momento antes de la observación (por ejem. 10 minutos), para dirigir cualquier pulsación producida por el medidor a un relé electromagnético que se ajusta por sí solo. La posición de descanso de este relé al tiempo de transmisión indica si va a llover o no.

Luz solar:

El equipo más apropiado para mediciones automáticas contiene un elemento bimetálico blanco y uno negro, el cual cierra un contacto eléctrico cuando hay luz solar (por ejemplo: registrador de luz solar Strutz). El cierre de este contacto induce al circuito de un motor de velocidad constante, el cual por medio de un adecuado engranaje, hace que el contador suministre una indicación directa del número de horas de la luz del sol. La falla principal de este equipo descansa en la gran variabilidad de su sensibilidad, la cual depende de la fuerza de la radiación incidente, la altura y el azimut del sol y la puesta en marcha inicial del instrumento.

El registrador de luz solar Marvin puede adaptarse a estaciones automáticas de una manera muy similar.

También es posible utilizar unidades con dos células fotoeléctricas montadas diferentemente, una expuesta directamente a la radiación solar y la otra protegida de la misma.

Actividad de las tormentas eléctricas:

La actividad de este elemento meteorológico en los alrededores de una estación automática es indicada generalmente por medidores del resplandor del relámpago, ajustados de modo que codifiquen solamente fuertes descargas.

El número de descargas registradas representa la intensidad de la actividad de la tormenta eléctrica.

La crítica mayor que puede hacerse de este método se apoya en lo incierto de la máxima distancia a que las descargas se detecten. Como este problema no se limita a estaciones automáticas, no será tratado detalladamente en este trabajo. Puede aceptarse sin embargo que un instrumento bien ajustado podrá dar una indicación satisfactoria de la actividad de la tormenta dentro de un radio de más o menos 10 kms. desde la estación.

Muchos tipos de medidores pueden ser adaptados a conveniencia en las estaciones automáticas. Un gran número de ellos, sin embargo, tienen un consumo de corriente que impide su uso en las estaciones automáticas que son raramente visitadas y donde el consumo total debe por lo tanto mantenerse al mínimo.

Gracias a las capacidades de los semiconductores, este inconveniente ha perdido algo de su importancia y actualmente es posible construir unidades cuyo consumo es bastante compatible con los requerimientos de las estaciones automáticas. Se han construido circuitos diodo-germanio sintonizados y relés que resultan bastante satisfactorios. Pero parece preferible adaptar para uso en las estaciones automáticas unidades similares a la versión transistorizada del medidor de ráfaga del relámpago propuesto por el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (véase Boletín OMM, Vol. VIII, N° 1, p. 14). Tales unidades tienen la ventaja de suministrar información comparable a la que proveen las estaciones ordinarias. Además, su consumo de energía (unos cuantos milliamperios de uno a dos voltios) es bastante aceptable.

En el caso de una estación automática con transmisión de radio, el campo fuerte creado por la estación transmisora al momento de transmitir puede causar cierre irregular del medidor de ráfagas. Este obstáculo puede ser fácilmente superado bien sea desconectando el aéreo del medidor, o desensibilizando éste último mientras la estación está transmitiendo.

Medición de la altura de las nubes:

La medición de la altura de las nubes se basa en que puede obtenerse la distancia usando un reflector o faro de nubes, o un visor de nubes. Sin embargo, ambos dispositivos utilizan una cantidad considerable de electricidad y pueden por lo tanto usarse solamente en estaciones que tienen para su funcionamiento una gran fuente de energía eléctrica. Por esta razón, la altura de nube generalmente no se mide en las estaciones automáticas que operan sin servicio por largos períodos. La utilización de transistores, permite subsanar esta dificultad. Además, la eficiencia de los instrumentos para la medición de la altura de nube se reduce a menudo debido a la nieve y el polvo, que se acumulan en las ventanas de protección de los órganos ópticos (visores y receptores). En algunos casos, esto puede causar un descenso bastante considerable en el límite máximo de operación.

Visibilidad:

Ante el actual grado de desarrollo tecnológico, en el momento no existe ningún instrumento que suministre mediciones aceptables de la visibilidad. Los instrumentos en uso en las estaciones y campos de aviación miden simplemente el coeficiente de turbidez atmosférica. Este valor, en particular, se transmite por ciertas estaciones automáticas.

Las observaciones hechas en el párrafo anterior, referentes a las dificultades encontradas en la medición automática de la altura de las nubes, también son aplicables a las mediciones de la visibilidad.

Nubosidad:

No existe ningún equipo adecuado para la medición automática de la nubosidad.

APARATOS DE CODIFICACION:

Los aparatos de codificación varían muy considerablemente de una estación automática a otra. Ellos dependen de los elementos sensibles que se usen, de las condiciones bajo las cuales opera la estación y los medios que se usan para la transmisión de sus mediciones. Generalmente, los sistemas de codificación de las unidades que se usan corrientemente permiten una recepción sin necesidad de usar equipo especial u operadores especialmente entrenados.

Existe una gran similitud entre los sistemas de estaciones automáticas y de radiosonda. En el caso de estas últimas, es necesario hacer una distinción entre estaciones que funcionan con sistemas de frecuencias variables y aquellas que utilizan sistemas del tipo cronométrico y aparatos del tipo de codificación.

Unidades de frecuencia variable:

Estas se refieren al tipo americano de radiosonda. Las variaciones en los sensores producen una variación en la frecuencia que se usa para modular un transmisor. Esta frecuencia la mide el receptor por medio de un patrón de frecuencia y los valores resultantes se usan para obtener los valores de los parámetros meteorológicos tomados de las curvas de calibración.

Unidades que trabajan en base a los principios de cronómetro:

Estas unidades son similares a las de radiosondas suizas o canadienses y al radiosonda que transmite un número de pulsos variables (Sonda Bureau). En estas unidades, un estilete controlado por un órgano sensible dibuja sobre un disco o cilindro, en relación a un punto de origen fijo, un arco variable cuya longitud es representativa del elemento meteorológico que se mide.

La rotación del disco (o cilindro) produce el cierre periódico de un contacto fijo conectado al punto de origen y un contacto móvil conectado también al estilete del sensor.

Si el disco gira a una velocidad constante, el intervalo de tiempo entre el cierre de estos dos contactos es representativo de la posición del estilete, ésto es necesario para determinar el intervalo de tiempo entre las pulsaciones transmitidas por el cierre de los contactos, a fin de obtener el valor del elemento meteorológico que se mide.

Unidades del tipo "Clave":

En este aparato los parámetros continuos reemplazan a los parámetros discontinuos, de modo de obtener series separadas de cada unidad a las cua-les se les ha asignado una señal especial que va a transmitir. Una codificación final por lo tanto es generalmente el resultado de una opera-ción doble, siendo la primera parte la que provee una representación nu-mérica del parámetro medido, y la segunda las señales para transmisión.

Código numérico:

La representación numérica más corriente que se usa en estas unidades es la decimal. Especialmente es muy fácil de obtener de todos los paráme-tros cuyas mediciones toman la forma de un contaje de pulsos (anemóme-tro, pluviómetro de balancín). Esto puede realizarse a través de conta-dores de relé electromagnético. Una combinación de diez relé más un con-tacto de "reposo" y un contacto de "operación", se usa para cada cifra de número decimal. Los diez relés están numerados del 0 al 9. Solamen-te los relés correspondientes a las cifras que forman el número de pul-sos contados están en la posición de operación. Esto ocasiona la aplica-ción de una corriente a los contactos de "operación" de estos relés, ce-rrando así los dispositivos para la creación de las señales que indican el número de pulsos.

En el caso de los sensores que interpretan las mediciones que realizan a través del desplazamiento de un estilete, el problema es algo más comple-jo. Su uso se hace generalmente en códigos que trabajan sobre un princí-pio similar a aquel de los códigos mecánicos "análogos-digitales" que se usan en los computadores aritméticos. El estilete dirigido por los sen-sores mueve dos juegos de contactos. El primero de estos juegos se com-pone de contactos estrechos; el segundo consiste en contactos diez ve-ces más anchos, de modo que diez contactos del primer juego pueden mon-tarse uno opuesto al segundo. Los diez contactos estrechos montados así se numeran del 0 al 9, el borde más bajo del contacto o sea opuesto al borde final del contacto ancho. Los contactos anchos también están nume-rados del 0 al 9. La fricción del estilete o sus aplicaciones periódicas sobre el selector produce una corriente a un contacto de cada juego. Este arreglo, igual que el de los conmutadores, hace circuitos que produ-cen señales que indican las cifras correspondientes a los dos contactos así seleccionados.

Otros códigos numéricos son posibles de emplear en las estaciones automáticas (código natural o de ciclo binario), pero su uso implica menos facilidad de proceso que cuando se emplea el código decimal y por esta razón es que prácticamente no se hace ningún uso de ellos.

PRODUCCION DE LAS SEÑALES DE TRANSMISION:

El tipo de señal a transmitirse depende principalmente del método de transmisión que use. En el caso de las estaciones de radio, las señales más frecuentemente usadas son aquellas del código Morse (por ejemplo, las estaciones automáticas japonesas, francesas y rusas). Estas tienen la ventaja de permitir unidades bastante sencillas y de no requerir equipo especial o un operador especializado para la recepción.

El código puede usarse en forma de cifras o letras; la transmisión de cifras tienen la ventaja de suministrar mensajes que pueden ser interpretados directamente de su recepción.

SISTEMAS DE TRANSMISION:

Los sistemas de transmisión más usados correntemente son radio, línea telefónica o telégrafo. La transmisión de línea, bien telefónica o bien telegráfica, es la más sencilla. No involucra problemas especiales, sino solamente una distinción que debe hacerse entre unidades que requieren líneas especiales y aquellas que operan sobre las líneas de redes ordinarias. En el último caso, el equipo debe enfrentarse ciertas especificaciones que pueden imponer restricciones a disposición. Los servicios telefónicos de algunos países insisten, por ejemplo, en que la transmisión de los datos de señales deben ser precedidas por un anuncio hablado que ponga en cuenta a los operadores de los cuadros de distribución para identificar la estación.

El transmisor de una estación automática debe ser extremadamente digno de confianza; debe ser bastante insensible a las variaciones de la temperatura y a las fluctuaciones de la fuerza eléctrica. Los probadores de tiempo deben ser excelentes y asegurar una efectiva protección contra la humedad, aún si el equipo no se calienta. Sus circuitos tienen que ser tan sencillos como sea posible, de modo que puedan operar sin ajustes a largos períodos. Ellos no deben requerir un largo tiempo de recalentación antes de cada transmisión.

Cuando se usa señales de Morse, la transmisión es generalmente por clase A 1 (telégrafo sin modulación audible). Esta es la forma de transmisión que requiere el transmisor más sencillo.

UNIDAD DE PROGRAMACION:

El papel que desempeña y la unidad de programación es poner a funcionar la estación y controlar las diferentes operaciones necesarias para la transmisión de sus propios datos.

En las estaciones, un ciclo completo de operaciones generalmente consiste en:

- a) Un período durante el cual son calentados los transmisores.
- b) Un período durante el cual es transmitida la señal de llamada de la estación.
- c) "Lectura" de varios instrumentos.
- d) La transmisión de sus indicaciones.
- e) Posiblemente el reajuste a cero de varios instrumentos (contadores, totalizadores, etc.).
- f) Desconexión automática de la estación.

La secuencia de estas operaciones por lo general se obtiene por medio de unas levas de motor con topes que abren y cierran contactos que operan relés electromagnéticos, o motores de paso-a-paso (tipo relé rotador), los cuales saltan uno o más pasos por cada operación requerida.

Este último sistema tiene la ventaja sobre el primero en que permite más elasticidad en la programación. En particular, facilita la modificación del programa de mediciones (adición o cambio de instrumentos). Esto se logra simplemente cambiando el alambrado de los azimuts del motor de paso-a-paso, siempre que el sistema de leva sea usado, es necesario generalmente modificar la caja de engranajes, la cual engrana adecuadamente la velocidad de rotación del motor manejando las levas.

FUENTES DE ENERGIA:

Las fuentes de energía que se usan en las estaciones automáticas varían grandemente. Primeramente debe hacerse una distinción entre las estaciones que tienen que ser alimentadas de un sistema de energía de alto rendimiento y las estaciones aisladas. El suministro de corriente para el primer grupo no presenta ningún problema particular y los aparatos o dispositivos usados son bastante similares a aquellos que se usan para cualquier otro aparato eléctrico. Esto no sucede así cuando se trata de estaciones

aisladas cuyo máximo período de operación sin atención está generalmente subordinado a los funcionamientos de las fuentes de energía. La forma más sencilla de una fuente de energía que puede considerarse para estas estaciones consiste en acumuladores húmedos o secos. Cada vez que se visita la estación, la batería seca debe reemplazarse, o se recarga el acumulador por medio de un generador operado por el técnico responsable del mantenimiento del equipo. Esto es posible solamente en estaciones de fácil acceso que son visitadas frecuentemente o en estaciones que transmiten información limitada por medio de un transmisor de poca energía. En estaciones más grandes que permanecen desatendidas por varios meses, generadores de motor accionado por el viento son los más corrientemente usados para fuentes de energía.

En Axel Heiberg Island (Estados Unidos de América) se instaló en 1962 una estación automática accionada por energía atómica. Esta estación tiene un generador atómico alimentado por estroncio 90 en la forma de titanato de estroncio. La energía suministrada por este generador es transformada en energía eléctrica por un complejo de 60 elementos termo-eléctricos cuyas conexiones de calor y frío se mantienen, respectivamente, a 800 y 140 grados Fahrenheit.

ESTACIONES METEOROLOGICAS AUTOMATICAS MARITIMAS:

Estas estaciones están basadas en los mismos principios del equipo estudiado anteriormente. No obstante, las condiciones especiales bajo las cuales ellas deben operar implican ciertas características especiales que más adelante serán consideradas.

Los elementos que se miden a través de estaciones marítimas automáticas son más o menos los mismos que aquellos medidos por las estaciones automáticas terrestres que permanecen sin atención por largos períodos. Sin embargo, la cantidad de precipitación generalmente no se mide, debido a la dificultad de resguardar el pluviómetro de la espuma o rociada del mar. Por otra parte, estas estaciones transmiten la temperatura de la superficie del mar y algunas veces las temperaturas a varias profundidades.

Los elementos sensibles que se usan en las estaciones marítimas automáticas deben ser capaces de resistir la corrosión del aire del mar y el agua salada y debe proveer indicaciones no afectadas por los movimientos de la estación causados por la marejada.

Las estaciones automáticas marítimas generalmente se instalan sobre boyas libres o ancladas. Como las dimensiones de estas boyas son limitadas, no es posible equiparlas del mismo modo que las estaciones terrestres. Las

principales diferencias estriban en los dispositivos para el suministro de fuerza y para transmisión. Además, existe el problema de ubicación (en el caso de las boyas libres) o de anclaje (boyas fijas).

Cualquiera que sea la naturaleza del suministro de energía, debe incluir una fuerza de electricidad permanente (baterías o acumuladores), de modo que pueda proveer luz de noche, la cual es necesaria para prevenir el peligro de choques con los barcos.

Las estaciones marítimas automáticas a menudo tienen que ser puestas en operación a grandes distancias de las costas, en lugares desabrigados sujetas a fuertes marejadas y en mares profundos. Esto produce un problema de anclaje muy difícil, al cual no se le ha encontrado solución realmente satisfactoria. Con el objeto de dar una idea más clara del problema, vale la pena mencionar, que un barco anclado normalmente en muelle resguardado debe usar una cadena de una longitud tres veces igual a la profundidad de las aguas en donde está fondeado.

A pesar de ésto debe observarse que la instalación satisfactoria de boyas lejos de las costas es todavía una operación costosa y delicada. Las periódicas visitas de mantenimiento (una o dos veces al año) a menudo pueden llevarse a cabo solamente bajo excepcionales condiciones del tiempo (marejada débil), y puede resultar que un barco no esté disponible por un largo período. Esto quiere decir que el costo final de los datos obtenidos de las boyas sea generalmente elevado.

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS AUTOMÁTICAS:

Como su mismo nombre lo indica, estas estaciones no transmiten datos climatológicos sino que simplemente los registran. De manera que los datos son obtenidos por los meteorólogos después de periódicas visitas a la estación.

Es una tarea muy delicada hacer una distinción entre instrumentos de registro ordinarios y estaciones climatológicas automáticas. Un pluviómetro totalizador cuyas indicaciones se compilan a largos intervalos puede ser considerado como una estación climatológica automática. Contrariamente, algunas unidades que se les considera como estaciones climatológicas automáticas son en realidad simples indicadores a largos períodos. Sería lógico conservar este nombre para equipo que provee datos en una forma especialmente apropiada para la preparación de planillas climatológicas.

Con el propósito de evitar una inspección innecesaria de los bien conocidos instrumentos de registro, la denominación o término de estación climatológica automática será reservado (muy convencionalmente) para aparatos

que se dejan desatendidos al menos por un mes y que, efectivamente, realizan continua y periódica codificación de los parámetros meteorológicos (y no totaliza simplemente los valores de un parámetro).

Las estaciones climatológicas tienen un cierto número de problemas en común con las estaciones automáticas que ya han sido consideradas aquí. Ellas corrientemente contienen los mismos elementos sensores exactos y, en el caso de instrumentos más perfeccionados, los sistemas de registro están precedidos por aparatos de codificación exactamente similares a aquellos usados en las estaciones del tipo de codificación. El problema real asociado con las estaciones climatológicas automáticas descansa en la selección y construcción de los aparatos de registro.

APARATOS DE REGISTRO:

Los aparatos de registro de una estación climatológica automática tienen que ser escogidos a la luz de las condiciones de operación (duración de tiempo que la estación permanece desatendida, temperatura de la estación) y el uso que se vaya a destinar a los datos.

Cuando se trazan los planos para una estación climatológica automática el constructor debe siempre tener en mente la necesidad de obtener que se le presente la información de tal manera que su uso requiera un mínimo de horas de labor. En particular, siempre que los análisis estadísticos estén previstos, los sistemas que deberían usarse son aquellos que proveen datos en una forma que faciliten la preparación de las tarjetas perforadas. Los párrafos siguientes tratan de los aparatos de registro que son, o pueden ser, utilizados.

Registro en forma de curvas:

Esta es la forma más sencilla de registro, y es demasiado conocida para requerir una descripción. No obstante, el trazo puede obtenerse de varios modos. La tinta que se usa en aparatos ordinarios de registro solamente es apropiada para estaciones que son visitadas frecuentemente. No puede usarse para estaciones que trabajan en áreas donde la humedad es relativamente baja, ya que la tinta se evapora demasiado rápido.

El sistema de registro más usado frecuentemente en las estaciones que operan por largos períodos es aquel de cintas de tinta similares a las usadas en las máquinas de escribir. La leyenda se obtiene a través de las aplicaciones periódicas del estilete o aguja sobre la cinta y el diagrama a través de una barra depresora; una apreciable cantidad de energía se necesita para operar esta barra.

Este aparato de registro es apropiado especialmente para los parámetros meteorológicos cuya medición se hace por corriente eléctrica. Empleando

varias cintas de tinta, es posible obtener curvas fácilmente identificables de varios colores sobre un gráfico. Este arreglo de multi-curvas tiene la ventaja adicional de permitir una comparación de los valores de varios parámetros.

Los registros que usan gráficos de papel metalizado constituyen otra solución. En estas unidades, el estilete de cada instrumento se equipa con un punto metálico que se mueve sobre un papel gráfico, el cual por un lado ha recibido una capa de cadmio, zinc o aluminio, de un espesor de unos cuantos micrones. Una corriente de más o menos 24 vatios se aplica entre la punta del estilete y un electrodo que hace contacto con un área grande del lado del metal revestido del gráfico. La gran cantidad de corriente que se produce en la punta del estilete causa al revestimiento metálico en contacto con él una evaporación. Esto produce un registro en negro. Un mecanismo de relojería se usa normalmente para girar los gráficos de los aparatos de registro de curvas. No obstante un mecanismo de este tipo solamente funciona por un limitado tiempo y debe ser sostenido, en el caso de estaciones que requieren gran autonomía de operación, por un sistema que le dé cuerda periódicamente. Este sistema se compone de un motor eléctrico y un suministro de fuerza eléctrica (generalmente baterías), por lo tanto, tiene que adaptársele a la estación.

Registros de cinta perforada:

Esta forma de registro necesita codificación previa de la información que va a registrar. Los registros se hacen del tipo compuesto de papel especial, obtenible en rollos, y de dimensiones claramente estipuladas. Las marcas sobre este papel toman la forma de perforaciones que se hacen en líneas paralelas a las orillas de la cinta, llamadas sendas o canales. Una orilla de la cinta se usa como referencia para fijar la posición de los canales sobre la misma. Una señal de código se perfora perpendicularmente a los canales y el registro es suministrado por la presencia o la ausencia de las perforaciones de los canales. Puede hacerse uso de códigos de 5-7 u 8 cifras. No obstante, en el caso de estaciones climatológicas automáticas, la información es exclusivamente en forma numérica y el código de 5 cifras, conocido como el "código internacional" es apropiado. Este último puede usarse sin hacer caso del doble significado de las señales (cifra o letra) que se aplica cuando el código se usa para telecomunicaciones.

Este registro se produce por medio de una cinta perforada y controlada por un aparato de codificación similar al que se usa en las estaciones automáticas que transmiten sus datos por teletipo. Los datos de las estaciones automáticas con transmisión de teletipo, usado en los Estados Unidos de América pueden también registrarse en cintas perforadas, usando un código de 5 cifras. La gran ventaja de este sistema de registro es que provee un registro que puede usarse directamente en el computador.

Registro magnético:

Las cinta magnética es un material particularmente interesante debido a las muchas formas de registro que puede proveer y el hecho de que la cinta puede reusarse. Su uso ha sido algo restringido en el pasado motivado al posible período limitado de registro con los primeros instrumentos. Este inconveniente prácticamente ha desaparecido hoy en día a través del uso de registros con cabezales multicanales y una velocidad baja, más cintas largas, es posible producir aparatos que puedan registrar frecuentes mediciones sobre un largo período.

Registro por contadores:

El registro por medio de contadores es interesante principalmente para elementos meteorológicos cuyas mediciones pueden trasladarse a pulsos eléctricos (viento, precipitación). Su más directa aplicación es obviamente la simple totalización de una variable (cantidad de lluvia sobre un largo período por medio de un pluviómetro del tipo balancín).

Registro por máquinas de impresión:

Este registro implica una previa codificación decimal. Este proceso por lo tanto, de ser necesario, dirige a una unidad bastante compleja. Aunque el dato que él suministra es fácil de leer, no es el documento ideal porque no puede usarse para la preparación automática de perforación de tarjetas. Además, las máquinas de impresión apropiadas para este tipo de registro requieren una gran fuente de energía, de tal manera que parece improbable que esta forma de registro pueda ser ampliamente usada en estaciones climatológicas automáticas.

Otros métodos de registro:

Muchos otros métodos de registro podrían ser considerados, pero la mayoría de ellos proveen datos que son difíciles de usar. Ellos no serán descritos en este trabajo.

Red de estaciones automáticas:

Las estaciones meteorológicas automáticas están diseñadas de tal modo que varias de ellas instaladas en diferentes sitios pueden transmitir sus observaciones a un mismo centro receptor. Esto tiene particular importancia en pequeñas redes de estaciones meteorológicas automáticas para el estudio de microclima y la medición de contaminantes del aire, del agua, etc., en ciudades o zonas pequeñas. Las estaciones diseñadas para este fin pueden montarse sobre vehículos y operar simultáneamente hasta diez de ellas con transmisiones cada 24, 12, 6, 3 ó cada hora y si fuese necesario cada media hora.

B I B L I O G R A F I A

- Air Ministry-Meteorological Office "Handbook of Meteorological Instrument"
Part I. London, 1961.
- Alvarez B., Fernando "Red de Estaciones Hidrometeorológicas"
El Hidrometeorologista, Año I N^o 1
Sept. 1970, pp. 19
El Hidrometeorologista, Año I N^o 2, Ene-
ro-Marzo 1971, pp. 6-9.
- Gol, A. W. "Instrumentos Meteorológicos" 2a. Ed.
Maracay, Enero de 1964.
- Gol, A. W. "La Observación Meteorológica" 2a. Ed.
Maracay, Agosto de 1963.
- Hernández A., Nelson "Estudio sobre la Red de Estaciones de
una cuenca Hidrográfica" (Tesis).
Caracas, 1972.
- Middleton, W. E. Knowles and "Meteorological Instruments" University
Spilhaus, Athelstan F. of Toronto Press: 1953-Third Edition,
Revised. (Reprinted, January 1957).
- Moss, Marshall "Diseño de Redes Hidrometeorológicas Ba-
sadas en el Concepto de Años Equivalen-
tes de Registro" (Conferencia). Caracas,
1973.
- Organización Meteorológica Mundial "Guía de Prácticas Hidrometeorológicas"
(OMM. N^o 168. TP. 82)
Ginebra, 1967.
- Organización Meteorológica Mundial "Reglamento Técnico (OMM. N^o 49)
Ginebra, 1971.
- Piña, Victoriano "Análisis de la Red Nacional de Estacio-
nes Hidrometeorológicas" (Tesis) Caracas,
Octubre 1973.

- Robinson, N. "Solar Radiation"
Elsevier Publishing Company
London, 1966.
- Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Dpto. de Meteorología e Hidrología Apuntes.
- Venezuela-Ministerio de la Defensa
Comandancia General de la Aviación
Servicio de Meteorología. "Atlas Internacional de Nubes"
(Atlas Compendiado)
Caracas, S/F.
- Venezuela-Ministerio de Obras Pú-
blicas, División de Hidrología "Manual de Evaluación de Pluviogramas"
Caracas. S/F.
- Venezuela-Ministerio de Obras Pú-
blicas, División de Hidrología. "Manual para Observadores de Estaciones
Hidrometeorológicas". Caracas, Febrero
de 1966.
- World Meteorological Organization "Automatic Weather Stations"
(WMO N^o 136. TP. 62) Technical Note
N^o 52. Ginebra, 1963.
- World Meteorological Organization "Guide to Meteorological Instrument
and Observing Practices"
(WMO N^o 8. TP. 3)
Ginebra, 1971.
- World Meteorological Organization "Measurement and Estimation of Evaporation
and Evapotranspiration"
(WMO N^o 201. TP. 105) Technical Note
N^o 83.