

000104

Meteorología (210)

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DIRECCION DE GEOGRAFIA Y METEOROLOGIA

DIRECTOR: ING. FEDERICO PEÑA AGUIRRE

SERVICIO METEOROLOGICO

JEFE: ING. JOSE C. GOMEZ



INSTRUCCIONES

PARA DETERMINAR LA TENSION
DEL VAPOR DE AGUA Y LA
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

EN LOS

**OBSERVATORIOS Y ESTACIONES
DEL SERVICIO METEOROLOGICO**

CIRCULAR B

POR EL

ING. J. C. GOMEZ

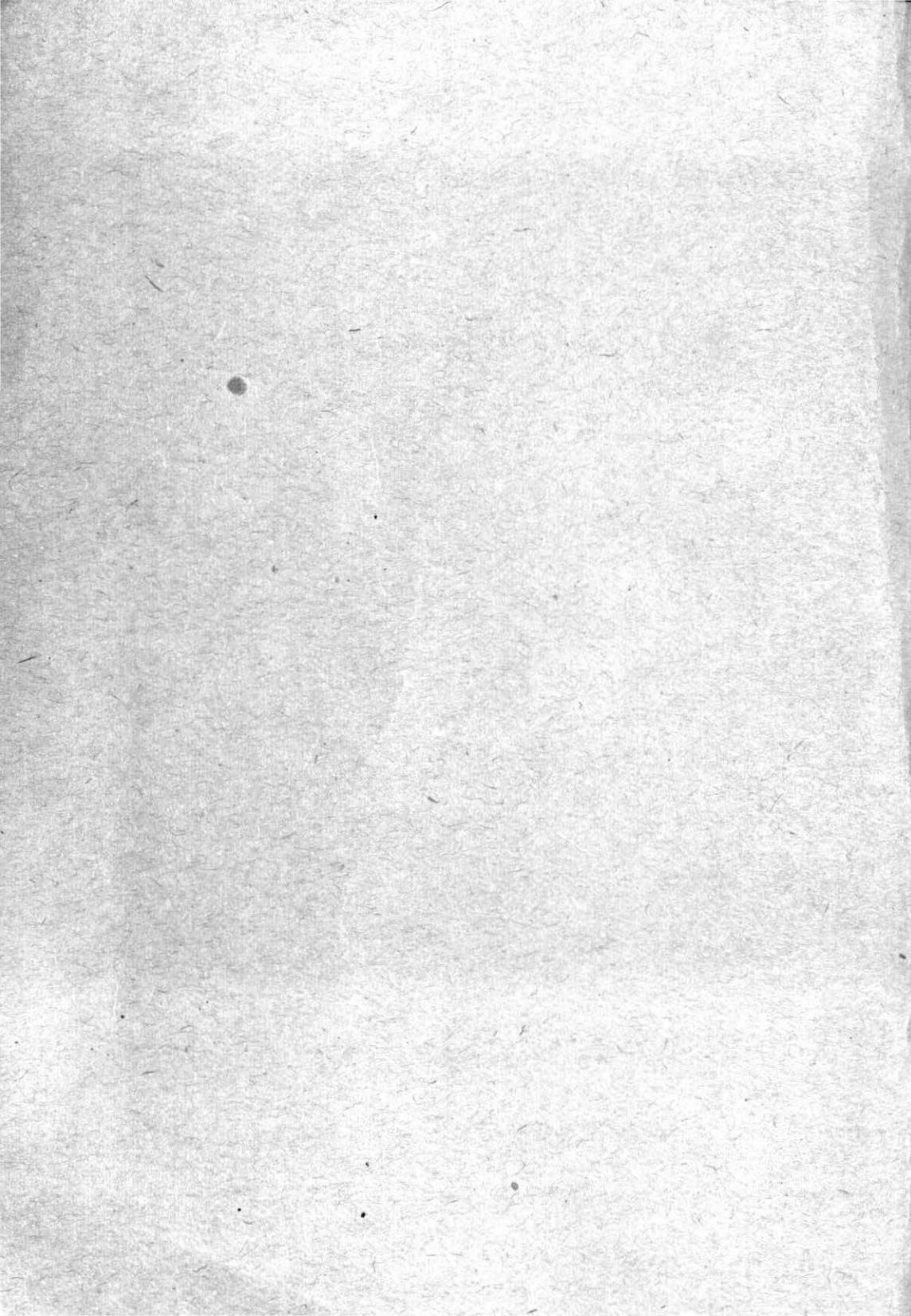
4ª EDICION CORREGIDA



MEXICO

1947

3195-G.



000104

ERRATA NOTABLE

Página 14.—Párrafo 37, línea 14 dice: se sumará a la presión media del lugar, debiendo decirse sumará a la tensión encontrada para 750 m. m. de presión, si esta es menor, etc.

CLASIF 551.5 M.
ADQUIS 37.104.7
FECHA 1949
PROCED
\$



INSTRUCCIONES

PARA DETERMINAR LA TENSION
DEL VAPOUR DE AGUA Y LA
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

EN LOS

OBSERVATORIOS Y ESTACIONES
DEL SERVICIO METEOROLOGICO

CIRCULAR B

SECCION DE CLIMATOLOGIA

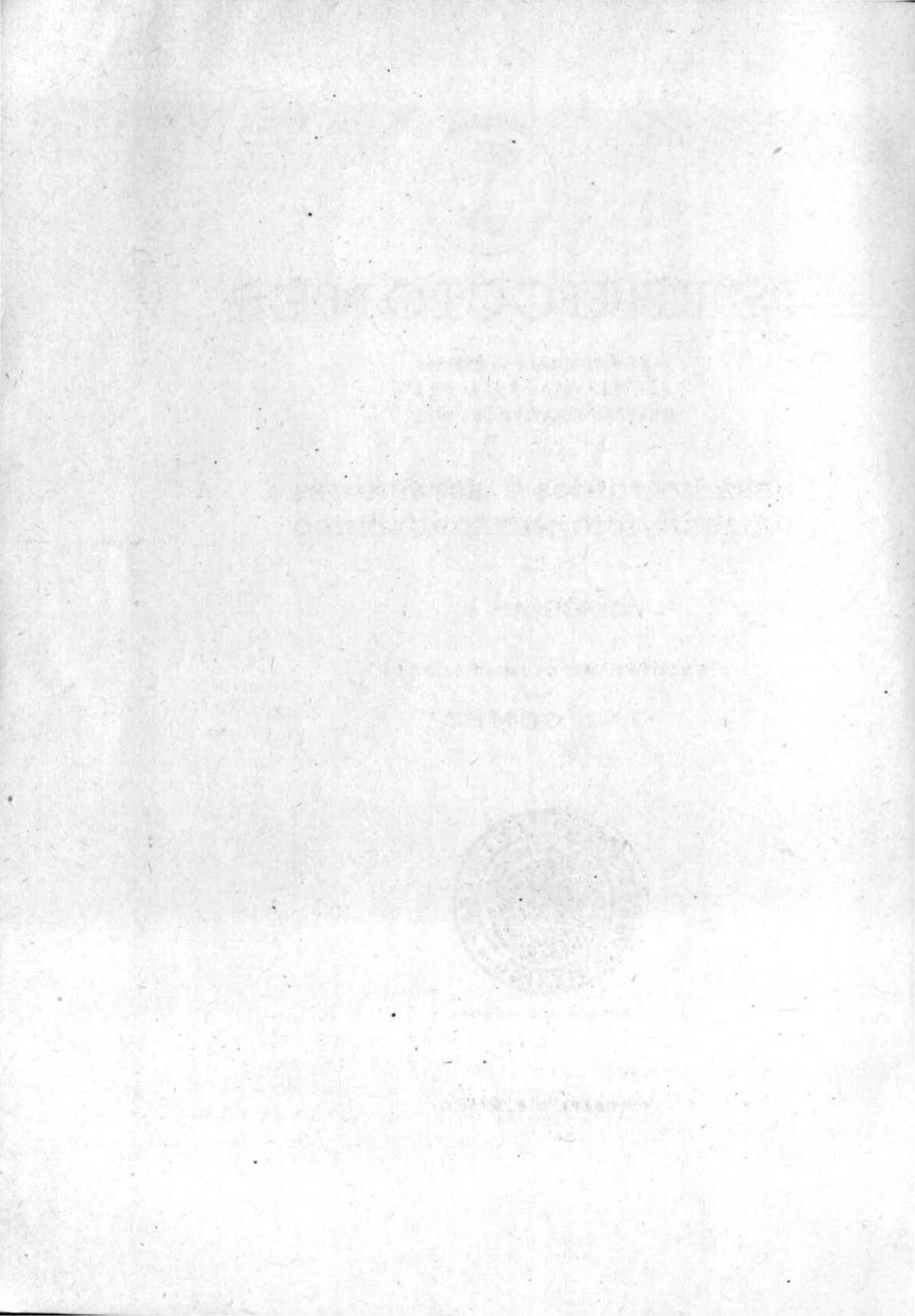
POR

J. C. GOMEZ



SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO

TACUBAYA, D. F., MEXICO



INSTRUCCIONES PARA DETERMINAR LA TENSION DEL VAPOR DE AGUA Y LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

GENERALIDADES

1.—Uno de los elementos que entran en la composición de la atmósfera que rodea a la Tierra, es el vapor de agua mezclado con el aire, y el cual desempeña un papel principal en los movimientos de dicha atmósfera. Si se considera un volumen determinado de aire y se hace ascender la temperatura, aumenta la fuerza elástica o presión del vapor de agua mezclado con el aire, y este mismo volumen puede contener mayor cantidad de dicho vapor; si se hace bajar la temperatura en el mismo volumen, llega un momento en que el aire no puede contener el mismo vapor de agua, parte de él se condensa en pequeñas gotas y disminuye la fuerza elástica, tensión o presión del vapor.

De lo anterior, se deduce que cuando la temperatura es elevada, **MAYOR ES LA CANTIDAD DE VAPOR DE AGUA** que puede tener un volumen de aire, y mayor también la tensión o fuerza expansiva.

2.—Cuando el aire contiene la mayor cantidad de vapor de agua, se dice que está **SATURADO**, y en este caso la presión o fuerza elástica que tiene en todos sentidos llega a su máximo. La temperatura en el mismo momento se llama

“punto de rocío”; si (en este momento) baja la temperatura, se produce la condensación del agua en forma de rocío.

3.—CANTIDAD DE VAPOR DE AGUA DEL AIRE.— Para determinar la cantidad de vapor de agua del aire se usan diversos procedimientos, siendo el más exacto el relativo al peso que tiene dicho vapor en un volumen conocido. Consiste en hacer pasar el volumen de aire a través de tubos de cristal que contienen sustancias absorbentes; los tubos se pasan antes y después del experimento, y el aumento de peso de dichas sustancias indica la cantidad de vapor de agua contenido en el volumen de aire conocido.

4.—Este y otros procedimientos no resultan prácticos en observaciones diarias como las que se hacen en las Estaciones Meteorológicas, y, por tanto, se ha recurrido al empleo de aparatos que, como el psicrómetro, pueden dar directamente, por medio de fórmulas especiales, la tensión del vapor y la humedad relativa por ciento, bastando para ello leer las dos temperaturas dadas por los termómetros seco y húmedo, y con estos datos calcular dichos elementos.

5.—HUMEDAD ABSOLUTA Y HUMEDAD RELATIVA.—Se llama humedad absoluta a la cantidad de vapor de agua contenida en determinado volumen de aire, o a la tensión o fuerza elástica del mismo; HUMEDAD RELATIVA a la relación que existe entre el vapor de agua contenido en el aire y la mayor cantidad de vapor que este aire puede contener a la temperatura ambiente, o de otra manera, la humedad relativa se expresa por la relación entre LA TENSION DEL VAPOR DE AGUA y la que tendría a la misma temperatura si el aire estuviera saturado de vapor.

Si el aire está saturado, la tensión del vapor de agua que contiene llega a su máximo; si disminuye la cantidad de vapor, también será menor la tensión, y, por tanto, la relación $\frac{F}{F'}$ entre la tensión F y la tensión máxima F' será menor que la unidad, siendo F' constante; llegará a su valor mínimo cuando el aire está seco, y a su valor máximo cuando F es igual a F' ; la relación en este caso es igual a la unidad. Por esta consideración y a fin de facilitar la interpretación de este elemento del aire, se ha convenido en designar por 100 la humedad del aire cuando está saturado, y en cantidades menores de 100, las que resultan de los diferentes grados de humedad.

6.—Para mayor claridad, y de acuerdo con las anota-

ciones que se hacen en los cuadros climatológicos, supongamos que el vapor de agua contenido en el aire tenga una tensión de 5^{mm} . a la temperatura de 10° , y que la tensión del vapor máxima fuese 9.2^{mm} . a la misma temperatura de 10° ; en este caso la humedad relativa sería $\frac{5}{9.2} = 0.54$, o lo que es lo mismo, multiplicando por 100, la humedad relativa será igual a 54 por ciento.

7.—Por otra parte, si en el momento de la observación y a la misma temperatura de 10° , el aire estuviere saturado de vapor de agua, su tensión sería igual a 9.2^{mm} , y por consiguiente, la humedad relativa en este caso tendría que ser $\frac{9.2}{9.2} = 1$, ó 100 si esta cantidad es tomada como unidad.

8.—De lo dicho anteriormente, se deduce que cuanto más elevada es la cifra que expresa la humedad relativa, más húmedo es el aire, por encontrarse más inmediato al estado de saturación, y cuanto más baja es dicha cifra, menor es la humedad y más seco, por lo tanto, está el aire.

PSICROMETROS

9.—Para determinar la humedad relativa del aire y la tensión o fuerza elástica del vapor de agua contenido en el mismo, se usan como se ha dicho LOS PSICROMETROS, que están basados en la determinación de la temperatura de evaporación del agua del bulbo húmedo de uno de los termómetros. A veces la evaporación se activa artificialmente, y por esto se dividen los psicrómetros en no ventilados y ventilados, comprendiendo en esta última clase a los de honda y aspiración.

10.—PSICROMETRO, Fig. 1.—El psicrómetro no ventilado se compone de los dos termómetros colocados a corta distancia uno de otro y montados en una armadura, según la Fig. 1. Uno de los termómetros llamado húmedo, tiene el bulbo envuelto en una muselina que se une a una mecha que va a dar a un vaso colocado lateralmente y que contiene agua; ésta pasa por la mecha y humedece constantemente la muselina, evaporándose el agua al contacto del aire. El otro termómetro debe indicar la temperatura del aire ambiente y por consiguiente, se procurará que SU BULBO SE ENCUENTRE CONSTANTEMENTE SECO.

11.—Es importante que la muselina que cubre el bulbo húmedo, se conserve en buen estado. La evaporación del agua de dicha muselina, siempre deja en el tejido una pequeña cantidad de materias sólidas que tarde o temprano endurecen la tela, al grado de hacerla impermeable. Se recomienda, por tanto, que se use agua tan pura como sea posible y SE CAMBIE LA CITADA MUSELINA PERIODICAMENTE, al menos cada 10 días. Antes de usarse debe lavarse para quitarle el almidón de la fábrica; después se corta un pedazo rectangular, calculando que dé un poco más de una vuelta alrededor del bulbo y una pequeña parte del vástago; a continuación se humedece en agua limpia y se envuelve cuidadosamente alrededor del bulbo del termómetro. Arriba y abajo de él se sujeta con un hilo, teniendo cuidado de que no vaya a desprenderse; la mecha irá también fija con hilo arriba de la muselina.

12.—PSICROMETROS VENTILADOS.— Los psicrómetros ventilados son de honda o rotación, Figs. 2, 3 y 4, y de aspiración, Fig. 5.

13.—PSICROMETRO DE HONDA.—En el psicrómetro de honda los dos termómetros de mercurio están montados en una armadura de metal, que se une por su extremidad

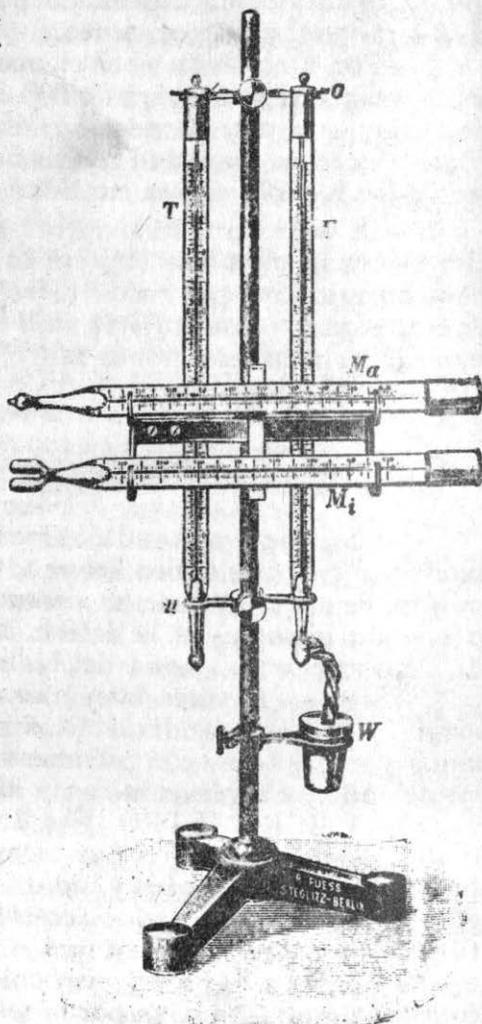


Figura 1

superior a un manubrio que se utiliza para hacerlos girar en cada observación. Uno de los termómetros tiene en su bulbo la muselina de que se ha hablado anteriormente, y el otro funciona simplemente como termómetro ambiente.

14.—MANERA DE HACER GIRAR Y DETENER EL PSI-

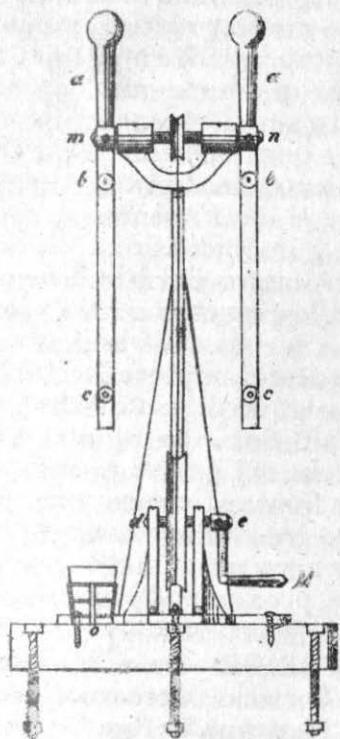


Figura 4

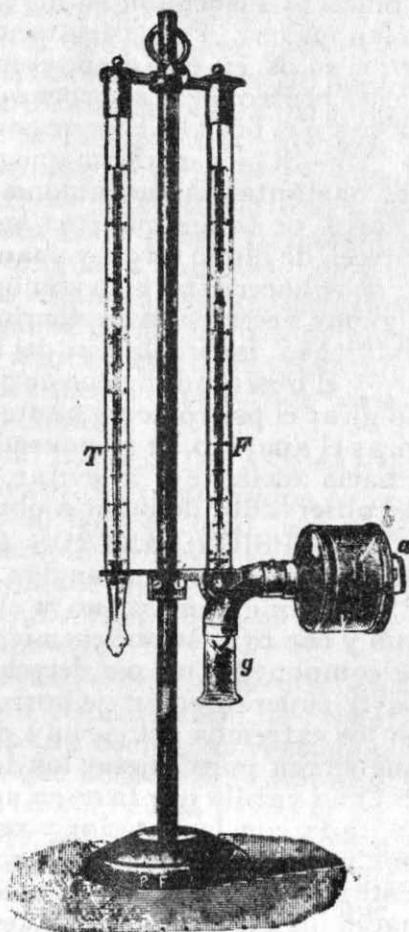


Figura 5

CROMETRO.—Es imposible describir este movimiento de un modo eficaz; el brazo se sostiene con el antebrazo en posición casi horizontal y la mano hacia adelante. Se comienza a hacer girar los termómetros, y el movimiento se continúa después por la acción ligera y regular de la muñeca, en armonía con el movimiento de los termómetros giratorios. El movimiento debe ser natural para que sea fácil y regularmente sostenido; pues si es rápido o irregular,

los termómetros pueden sacudirse de una manera brusca y peligrosa. La detención del psicrómetro, aun cuando los movimientos sean muy rápidos, se logra muy fácilmente en una simple revolución, cuando se ha aprendido la manera de ejecutarla. Esto sólo se adquiere con la práctica, y consiste en un movimiento rápido del antebrazo, en el que la mano sigue una trayectoria circular que hace que los termómetros suspendan su movimiento sin el menor golpe o sacudimiento. Puede dejarse que los termómetros se paren por sí solos; en este caso, el movimiento final será generalmente brusco, pero se procurará que el instrumento no caiga sobre el brazo o choque contra algún objeto.

15.—Si bien es cierto que el psicrómetro dará indicaciones bastante exactas, aunque se halle expuesto a los rayos solares, de todas maneras las observaciones así hechas no carecen de algún error, y cuando se desea mayor exactitud, se debe hacer girar a la sombra de algún edificio o árbol, o algunas veces, si es necesario, debajo de un paraguas. En todo caso, la circulación del aire debe ser perfectamente libre y el observador debe de quedar frente al viento, haciendo girar el psicrómetro frente a su cuerpo. Mientras se hace girar el aparato, se recomienda dar unos pasos hacia atrás y hacia adelante para evitar que la proximidad del cuerpo del observador dé lugar a observaciones erróneas.

16.—PSICROMETROS GIRATORIOS.—De esta clase de psicrómetros se usan dos en el Servicio Meteorológico. El Whirling, americano y el de "Pastrana", Fig. 3; con uno y con otro se obtienen idénticos resultados. El primero se compone de un pie derecho de hierro terminado en su parte superior en un eje horizontal con una rueda dentada; en los extremos del eje hay dos piezas del mismo material que sirven para sujetar los dos termómetros, seco y húmedo; una varilla que tiene en un extremo una rueda dentada, engrana con la anterior y recibe un movimiento giratorio por medio de una manivela que tiene en el otro extremo. Este aparato debe instalarse dentro del abrigo donde se hacen las observaciones de temperatura, y se procurará que al darle vuelta al manubrio, **NO RECIBAN LOS EFECTOS DE LAS TREPIDACIONES, LOS TERMOMETROS DE MAXIMA Y MINIMA.**

17.—PSICROMETRO DE PASTRANA.—Los termómetros de este aparato, de acuerdo con las Figs. 3 y 4, reci-

ben el mismo movimiento que el descrito anteriormente, y, como se ve en dichas figuras, la diferencia consiste en que la transmisión del movimiento de rotación se hace por medio de poleas y una cuerda o banda; así es que el resultado es el mismo en uno y otro aparato.

18.—**MANERA DE HACER LA OBSERVACION.**—Para efectuar cada observación, se sumerge el bulbo o ampolla que tiene la muselina, en un pequeño vaso con agua limpia, y a continuación, como se dijo, se hacen girar con la manivela rápidamente los termómetros durante 20 segundos, y sin pérdida de tiempo se efectúa la lectura del termómetro húmedo. Esta lectura se retiene en la memoria y se vuelve a hacer girar el psicrómetro durante 15 segundos, haciendo la lectura respectiva; se repite la operación hasta que dos lecturas consecutivas del citado termómetro húmedo sean aproximadamente iguales, indicando de esta manera que el termómetro ha alcanzado la temperatura más baja. Generalmente se requiere un minuto o más para obtener la lectura correcta. Se anota luego la temperatura del termómetro seco, que naturalmente tiene menos variaciones que la correspondiente al húmedo.

19.—**PSICROMETROS VENTILADOS DE ASSMANN.**—Los termómetros de este aparato están montados en un tripié en posición vertical, uno al lado de otro, según la Fig. 5. El de la derecha es el termómetro húmedo, y sujeto a la armadura está un ventilador que se utiliza para producir en cada observación una corriente de aire que pasa por el bulbo del citado termómetro.

20.—Antes de hacer la observación se humedece la muselina del bulbo por medio de un pequeño tubo de cristal que tiene agua; a continuación se da cuerda al ventilador de acuerdo con las instrucciones que debe llevar cada aparato, pues es indispensable tener mucho cuidado con el número de vueltas que se le debe dar, a fin de que las cuerdas no se rompan al poco tiempo de usarlas.

Durante el tiempo que funciona el ventilador, habrá que observar la columna de mercurio en el termómetro húmedo para anotar su lectura **EN EL MOMENTO EN QUE ESTE MAS BAJA.**

21.—Al terminar la lectura de los dos termómetros y una vez que el ventilador se haya detenido, se volverá a humedecer la muselina del húmedo, con el objeto de que no

se seque enteramente en el intervalo de una observación a otra. LA MUSELINA SE CAMBIARA CADA SEMANA, a fin de conservarla siempre en buen estado.

22.—EMPLEO DEL PSICROMETRO A BAJAS TEMPERATURAS.—La observación del termómetro húmedo en tiempo frío, cuando la temperatura es inferior a 0° , presenta algunas dificultades, debido a la congelación del agua en la mecha, y que impide que la muselina se humedezca bien. Para obtener resultados satisfactorios, el bulbo debe estar cubierto con una capa delgada de hielo, la cual se evapora como si fuera agua. Es necesario, por tanto, humedecer ligeramente la muselina con agua helada, por medio de una brocha de pelo de camello, o una pluma de ave, 10 ó 15 minutos antes de la observación. Una vez mojado el bulbo, la temperatura del termómetro permanece estacionada en 0° , hasta que toda el agua se congela; después empieza a descender gradualmente, hasta llegar a su valor mínimo. No se anotará la lectura del termómetro húmedo, hasta que se vea que permanece estacionaria e inferior a la del seco.

23.—El agua usada para humedecer la muselina, debe tener una temperatura de 0° , pues de otra manera, se necesitará un período mucho más largo para hacer la observación. Al humedecer la muselina, se pondrá la cantidad de agua estrictamente indispensable; a fin de evitar que se forme una capa gruesa de hielo, pues de otra manera se alargará considerablemente el tiempo para obtener la temperatura mínima, y se alterará la exactitud de la misma. En caso de que la capa que resulte sea gruesa, se hará desaparecer sumergiendo el bulbo en agua tibia. ⁽¹⁾

24.—Cuando la temperatura es mucho más baja que el punto de congelación del agua, el psicrómetro no es realmente el instrumento más indicado para medir la humedad, y por tanto, deben usarse sistemas más precisos para determinar la verdadera cantidad del vapor de agua del aire.

Lo mejor que se puede hacer con el psicrómetro es determinar la temperatura de evaporación con toda la exactitud posible. Para ese objeto la muselina debe de empaparse en agua fría y parte del exceso de agua debe sacudirse del bul-

(1)—NOTA.—Cuando se usen psicrómetros no ventilados, se quitará del bulbo del termómetro húmedo la mecha, dejando solamente la muselina; después se moja ésta, teniendo cuidado de que se forme una capa ligera de hielo en la superficie, y se esperará 10 minutos más o menos, hasta que se produzca la evaporación necesaria para obtener la temperatura mínima de dicho termómetro.

bo; entonces éste se enfría y aquélla se congela. Luego se hace girar del modo acostumbrado, el bulbo cubierto de hielo, aun cuando para ello se necesite de mucho tiempo para lograr la temperatura de evaporación mínima. El movimiento del psicrómetro de honda o del aparato giratorio a una velocidad excesiva, bajo estas condiciones, es tan peligroso como innecesario. La cantidad de hielo que se evapora es pequeña y el grado de enfriamiento es suficientemente lento, de manera que sólo es cuestión de tiempo, y debe concederse el necesario para que el instrumento alcance la temperatura mínima.

RECOMENDACIONES EN LA LECTURA DE LOS TERMOMETROS

25.—Cuando el tiempo está húmedo y hay niebla, a veces el termómetro húmedo señala **TEMPERATURAS MAS ALTAS QUE EL SECO**; en este caso se anota en los registros la lectura corregida del húmedo, pero **SE PONE ENTRE PARENTESIS Y ARRIBA DE ELLA, LA LECTURA DEL SECO**, el cual debe limpiarse antes con un trapo; esta temperatura deberá usarse para la determinación de la tensión, en lugar de la del húmedo. (La humedad relativa por ciento será naturalmente igual a 100, escribiéndola con una nota explicativa al margen).

26.—Cuando se hagan observaciones a bajas temperaturas, se tendrá especial cuidado, como se dijo antes, en la lectura del termómetro húmedo; si a pesar de seguir las indicaciones anteriores, no se logra que la lectura de dicho termómetro sea igual o más baja que la del seco (teniendo cuidado de que el bulbo de este termómetro esté siempre exento de humedad), se anotará la lectura del termómetro húmedo entre paréntesis, y sobre ella la del seco que será la que se use en los diferentes cálculos en que tenga que intervenir la primera lectura. La humedad relativa % será igual a 100, y la temperatura del punto de rocío igual a la del termómetro seco.

27.—Al hacer la lectura de los termómetros, se tendrá

especial cuidado en no aproximarse demasiado a los bulbos, haciendo dicha lectura con la mayor rapidez posible.—La visual debe ser perpendicular a la columna de mercurio.

FORMULAS Y TABLAS
PARA LA
DETERMINACION DE LA TENSION DEL VAPOR DE AGUA DEL AIRE
ATMOSFERICO Y DE LA HUMEDAD RELATIVA %
POR EL
ING. JOSE GOMEZ FARIAS

28.—La tensión del vapor de agua que contiene el aire y la humedad relativa del mismo, se determinan como se ha dicho, por medio de las temperaturas de los termómetros del psicrómetro. Las fórmulas siguientes de Angot y Ferrel son las que se utilizan para este objeto, y con ellas se han formado las Tablas I, II y III, que se emplean en el Servicio Meteorológico Mexicano.

29.—Cuando el bulbo del termómetro húmedo de un PSICROMETRO NO VENTILADO está cubierto con agua, o ésta se halla convertida parcialmente en hielo, la tensión del vapor f se calcula por la fórmula siguiente:

$$f = f' - 0.000\ 79\ H\ (t - t') \dots \dots \dots (1)$$

y cuando el agua que humedece el bulbo está completamente transformada en hielo, la fórmula será:

$$f = f' - 0.000\ 69\ H\ (t - t') \dots \dots \dots (2)$$

Fórmula de Ferrel para los PSICROMETROS DE HONDA O VENTILADOS.

$$f = f' - 0.000\ 66\ H\ (t - t') \dots \dots \dots (3)$$

la cual coincide con la de Sprung para los de aspiración Assmann.

30.—En todas estas fórmulas f es la tensión del vapor de agua que se busca, f' la tensión máxima correspondiente a la temperatura t' del termómetro húmedo, t la temperatura del termómetro seco y H la presión atmosférica media del lugar de observación.

31.—La Tabla I da los valores de f' para las diversas temperaturas de décimo en décimo de grado.

32.—Para la formación de las Tablas se tomaron los valores de f' de las Instrucciones Meteorológicas de Angot, de 1911, quien a su vez los tomó de las Tablas de Landolt, que constituyen una revisión de los valores de Broch, para temperaturas arriba de 0° ; para temperaturas inferiores, se tomaron los resultados de las experiencias de Juhlin, que tuvieron por objeto investigar la tensión del vapor en contacto con el hielo, experiencias que cambiaron los valores deducidos por Broch de las experiencias de Regnault.

33.—El resultado de las experiencias de Marvin da valores de $\frac{1}{4}$ tensión máxima del vapor, que difieren de los de Juhlin cerca de 0.01 mm., por lo cual, se justifica plenamente la adopción de los nuevos valores.

34.—Los segundos términos de los segundos miembros de las ecuaciones (1) y (2), se encuentran tabuladas en la Tabla II para el valor $H = 750$ mm. de la presión atmosférica media, y el correspondiente a la ecuación (3), se encuentra en la Tabla III para el mismo valor de la presión.

EL USO DEL PSICROMETRO DE HONDA O DE ASPIRACION SE RECOMIENDA PARA TODAS LAS ESTACIONES DEL SERVICIO, PUDIENDO SUSTITUIR EL DE HONDA POR EL MECANISMO DE GIRACION IDEADO POR EL SR. PASTRANA.

35.—CALCULO DE LA TENSION DEL VAPOR DE AGUA.—Para determinar la tensión del vapor de agua, se anotan las lecturas t y t' de los termómetros del psicrómetro, corregidas previamente según los certificados de comparación de la Oficina Central; a continuación, con la temperatura t' del termómetro húmedo se determina en la Tabla I la tensión máxima del vapor de agua; en la primera columna de la izquierda se encuentran los grados enteros y en la línea horizontal del encabezado los décimos de grado; por tanto, en la intersección de una línea con otra, se hallará la tensión máxima que se busca.

La tabla II para psicrómetros no ventilados y la III para ventilados dan las correcciones que deben hacerse a la tensión máxima determinada anteriormente, para lo cual se entra en ellas con la diferencia $t - t'$ de los termómetros seco y húmedo. De la misma manera que se dijo para la Tabla I, la columna vertical de la izquierda tiene la dife-

rencia de $t - t'$ en grados, y en la horizontal del encabezado los décimos de grado; la cantidad que resulte en la intersección de la línea horizontal y vertical dará la corrección que debe restarse a la tensión máxima para obtener la tensión del vapor de agua a 750 mm. de presión.

36.—La Tabla II está dividida en dos partes, una para el caso en que el bulbo del termómetro húmedo esté completamente cubierto de hielo, y la otra cuando el agua que moja el bulbo esté líquida o parcialmente convertida en hielo. La Tabla III se aplica en cualquiera de los dos casos citados anteriormente.

37.—La tensión del vapor de agua determinada como se ha dicho anteriormente, es para un lugar en donde la presión atmosférica media sea de 750 mm., y para los demás lugares en que sea diferente esta presión, debe aplicarse la corrección anotada en la última columna de las Tablas II y III ya mencionadas, y que está hecha para cada 100 mm. de diferencia de presión. Para aplicarla se determina la diferencia entre la presión atmosférica media del lugar de observación, expresada en milímetros y la de 750 mm.; esta diferencia se divide por 100 y el número que resulte se multiplicará por la cantidad correspondiente de la citada columna, que se encuentra en la línea horizontal que pasa por el número de grados de la diferencia $t - t'$; el producto obtenido de esta manera se sumará a la presión media del lugar, si ésta es menor de 750 mm., y si es mayor se restará de ella.

EJEMPLOS

1.^o caso: Supongamos que en un lugar donde la presión media es de 584 mm. se hayan obtenido por medio del PSICROMETRO NO VENTILADO las observaciones siguientes:

Termómetro seco.....	$t = 20^{\circ}1$
Termómetro húmedo.....	$t' = 12^{\circ}3$
Diferencia.....	$t - t' = 7^{\circ}8$

La Tabla I, da para $t' = 12^{\circ}3$ 10.69 mm.
 La Tabla II, da para $t - t' = 7^{\circ}8$... 4.62
 La tensión del vapor a 750 mm. de
 presión será..... 6.07 mm...6.07 mm.

Corrección:

Presión a que fué calculada la Tabla... 750 mm.
 Presión en el lugar de la observación... 584
 Diferencia..... 166 mm.
 La corrección por esta diferen-
 cia será $1.66 \times 0.55 = 0.9130 = \underline{0.91}$
 Tensión del vapor en el momento y lugar de la
 observación..... 6.98

Para anotarla en los registros solamente se aproximará hasta décimos, en el presente caso será igual a 7.0.

Si la presión en el lugar de observación fuera mayor que 750 mm., la corrección obtenida del mismo modo deberá restarse.

2º caso: Cuando los datos indicados se hubieran obtenido por medio de un PSICROMETRO VENTILADO, de honda o de aspiración, el cálculo de la tensión sería como sigue:

La Tabla I, da para $t' = 12^{\circ}3$ 10.69
 La Tabla III, da para $t - t' = 7^{\circ}8$ 3.86
 La tensión del vapor a 750 mm. de pre-
 sión será..... 6.83 mm..... 6.83
 La diferencia entre 750 y 584 mm. es = 166 mm.
 La corrección por esta diferen-
 cia será: $1.66 \times 0.46 = 0.7636 = \underline{0.76}$
 Tensión del vapor en el momento y lugar de la obser-
 vación 7.59

Para anotarla en los registros solamente se aproximará hasta décimos, en el presente caso sería igual a 7.6.

38.—HUMEDAD RELATIVA POR CIENTO.—La humedad relativa % se obtiene dividiendo la tensión del vapor, calculada según se acaba de indicar, por la tensión máxima del vapor que da la Tabla I, correspondiente a la temperatura del termómetro seco, y multiplicando este cociente por 100, dará el tanto por ciento de humedad que existe en el aire.

Ejemplo:

Tensión obtenida por uno de los cálculos anteriores 6.98 mm.
 Tensión máxima del vapor correspondiente a
 $t = 20^{\circ}1$ 17.51 mm.

Cociente de estas tensiones: $\frac{6.98}{17.51} = 0.399$

La humedad relativa, será $0.399 \times 100 = 39.9$, o sea... 40%

39.—TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO.—La temperatura del punto de rocío es la que tendría el aire cuya tensión máxima fuera calculada.

Por lo mismo, para tener este dato bastará buscar en la Tabla I de tensiones máximas, la temperatura a que corresponde la tensión calculada.

Ejemplo:

Una de las tensiones calculadas antes, es..... 6.98 mm.
 Temperatura del punto de rocío, según la Tabla I, $6^{\circ}0$.

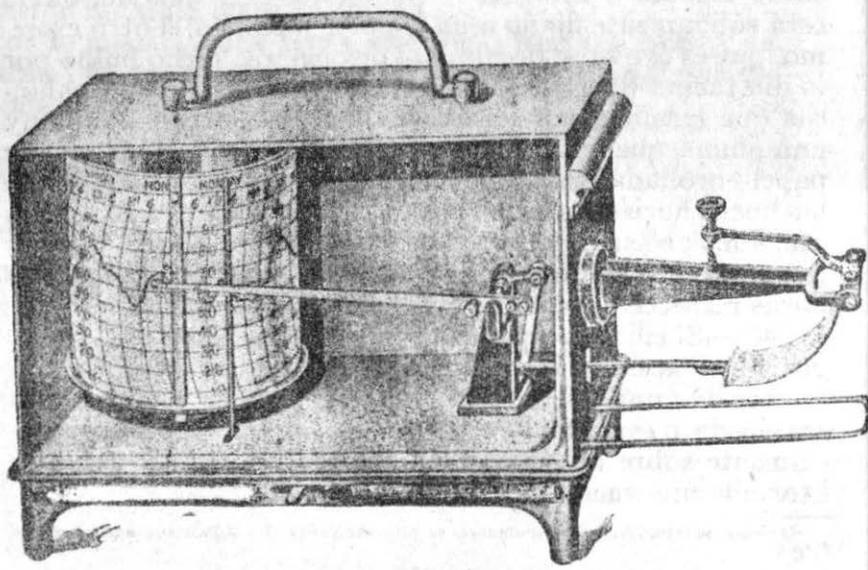
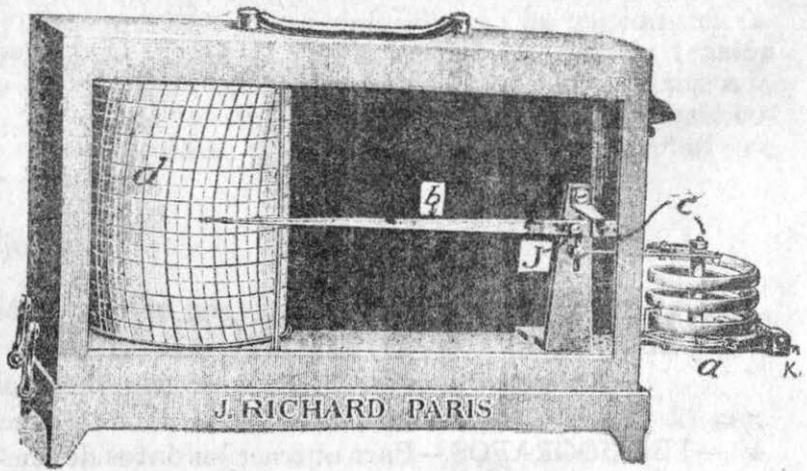
TERMOGRAFOS E HIGROGRAFOS

40.—TERMOGRAFOS.—Para obtener los datos de temperatura y humedad relativa % de una manera continua en los Observatorios y Estaciones Meteorológicas, se usan los termógrafos e higrógrafos indicados en las figuras 5 y 6.

41.—En los termógrafos, la parte sensible a las variaciones de temperatura, está formada por un bulbo de lámina de cobre o latón muy delgada, lleno de un líquido dilatante como alcohol o tolueno.⁽¹⁾ Uno de los extremos del bulbo está sólidamente fijado a un soporte metálico; el otro extremo, que es el que se desaloja al deformarse dicho bulbo por la dilatación del líquido, está unido a un sistema de palancas que terminan en un estilete, en cuya extremidad hay una pluma que traza la curva continua sobre una hoja de papel enrollada en un cilindro. En esta hoja o diagrama, las líneas horizontales corresponden a diferentes temperaturas, y las ordenadas curvilíneas, a las horas del día cuando el termógrafo es diario, y a los días de la semana con sus horas respectivas, cuando el cilindro es semanario.

42.—El cilindro en que se enrolla la hoja de papel o diagrama, tiene en su interior un mecanismo de relojería, que lo hace dar una vuelta cada 24 horas o cada 7 días, según sea diario o semanario. Dicho cilindro está colocado verticalmente sobre un pivote, en cuya extremidad superior se atornilla una tuerca para fijarlo.

(1)—En los termógrafos para observar la alta atmósfera, los bulbos son únicamente de metal.



42.—El aparato está dotado como el sistema de palancas van encerrados en una caja con cristales, como se ve en la figura 8.

43.—Las divisiones se gradúan por comparación con un termómetro de precisión, y sus indicaciones deben ser corregidas convenientemente para que estén de acuerdo con la marcha de estos y de acuerdo de los termómetros de observación directa.

44.—SINGULARIDAD.—La figura 9 representa un higrógrafo registrado en el papel, siendo el diagrama semejante al descrito anteriormente para el termógrafo. La pieza sensible a la humedad, está formada por un eje de cañón que por sus contracciones y alargamientos mueve a un juego de palancas que, obrando sobre el cablete que sostiene la pluma, hace que ésta trace una curva más o menos irregular según sea mayor o menor la humedad del aire.

De la misma manera que en el termógrafo, el cilindro, estilete y sistema de palancas van dentro de una caja de madera o lámina, por medio de los cuales se puede variar la marcha de la pluma, y el aparato se gradúa de la misma manera que el anterior.

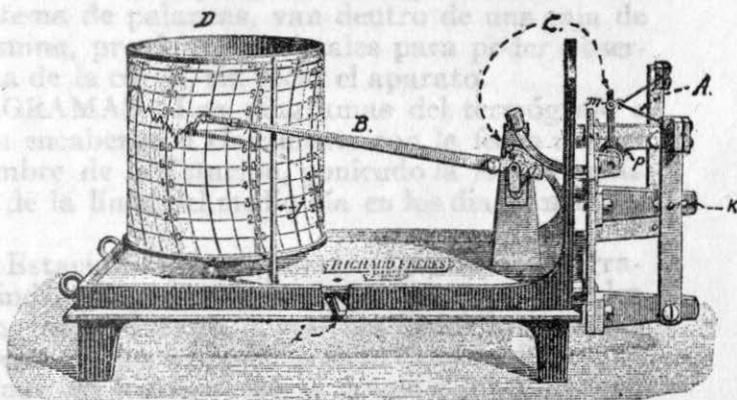
45.—DIAGRAMA.—El diagrama del higrógrafo se encabeza con el nombre de la estación y el nombre de la observación, y el nombre de la estación se coloca tan cerca posible de la línea de las horas, en los diagramas necesarios.

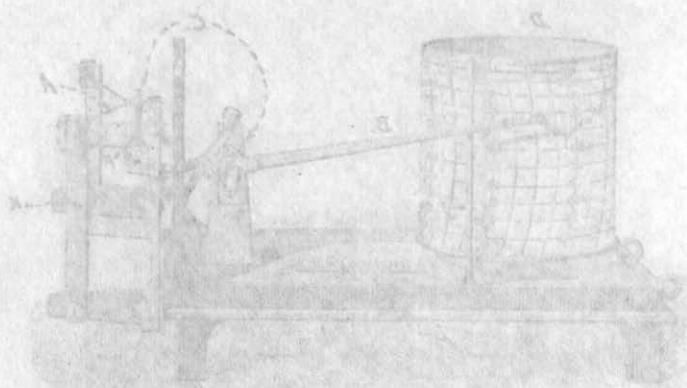
46.—Las horas se gradúan en los diagramas, cuyos estiletes se gradúan de la misma manera que en los diagramas de temperatura, y los que se gradúan de la misma manera que en los diagramas de temperatura.

47.—Una vez que se ha graduado el estilete, se hará a la hora correcta, y de acuerdo con las indicaciones de los aparatos de observación directa.

48.—El hilo que va abajo del diagrama debe cortarse cuidadosamente cuando no sea paralelo a las líneas horizontales de la escala, y descansará exactamente sobre la ceja de la parte inferior del cilindro; la pluma se ajustará de manera que la temperatura o humedad sea la dada por el termómetro o higrómetro de observación directa, pero teniendo presente que el estilete no le obligue a hacer mucha fuerza contra el diagrama para que sus movimientos sean convenientes para subir como para bajar.

49.—SE DEBE AYUDAR A AJUSTAR LOS DIAGRAMAS RES-





43.—Tanto el cilindro como el sistema de palancas van encerrados en una caja con cristales, como se ve en la figura 5.

44.—El instrumento se gradúa por comparación con un termómetro de precisión, y sus indicaciones deben ser corregidas frecuentemente para que estén de acuerdo con la marcha en ascenso y descenso de los termómetros de observación directa.

45.—HIGROGRAFOS.—La figura 6 representa un higrógrafo registrador de cabello, siendo el diagrama semejante al descrito anteriormente para el termógrafo. La pieza sensible a la humedad, está formada por un haz de cabellos que por sus contracciones y alargamientos mueve a un juego de palancas que, obrando sobre el estilete que sostiene la pluma, hace que ésta trace una curva más o menos irregular, según sea mayor o menor la humedad del aire.

De la misma manera que en el termógrafo, el cilindro, estilete y sistema de palancas, van dentro de una caja de madera o lámina, provista de cristales para poder observar la marcha de la curva, sin tocar el aparato.

46.—DIAGRAMAS.—Los diagramas del termógrafo e higrógrafo se encabezarán claramente con la fecha respectiva y el nombre de la Estación, poniendo la fecha lo más cerca posible de la línea del medio día en los diagramas semanarios.

47.—Las Estaciones que tengan termógrafos e higrógrafos, cuyos cilindros hagan una revolución por semana, se les cambiará diagramas durante la mañana de los lunes, a las 8, y los que sean diarios a la misma hora de cada día.

48.—Cuando un instrumento se ponga a funcionar, se hará a la hora correcta, y de acuerdo con las indicaciones de los aparatos de observación directa.

49.—El filo de abajo del diagrama debe cortarse cuidadosamente cuando no sea paralelo a las líneas horizontales de la escala, y descansará exactamente sobre la ceja de la parte inferior del cilindro; la pluma se ajustará de manera que la temperatura o humedad sea la dada por el termómetro seco y la calculada del psicrómetro respectivamente, pero teniendo cuidado de que el estilete no la obligue a hacer mucha presión sobre el diagrama para que sus movimientos sean enteramente libres, tanto para subir como para bajar.

50.—MANERA DE AJUSTAR LOS DIAGRAMAS RES-

PECTO A LA HORA Y A LA TEMPERATURA.—Los diagramas del termógrafo se ponen a la hora exacta, haciendo girar el cilindro al rededor de su eje en sentido contrario al de su marcha normal, hasta colocar los puntos de la pluma indicando la hora correcta. No es necesario deslizar el papel al rededor del cilindro, ni tampoco levantar éste parcialmente sobre su eje.

51.—Después que el diagrama esté colocado en el cilindro, la pluma se ajusta a la verdadera temperatura por medio del tornillo que se encuentra arriba del bulbo del termómetro. A este tornillo se le hace girar con una de las dos bocas que tiene la llave que sirve para dar cuerda al reloj.

52.—Para ajustar cualquiera de estos aparatos, es conveniente moverlos o sacudirlos suavemente, para que sus partes y palancas tomen sus posiciones normales; de otra manera, la pluma que aparentemente estará marcando con corrección, quedaría sujeta a cambiar de posición sin causa aparente. En todos los casos no es posible colocar las plumas exactamente en su verdadera posición, y por consiguiente, es casi siempre necesario la aplicación de ligeras correcciones.

53.—**ESPACIO MUERTO.**—El cilindro del termógrafo tiene cierto juego en sus engranes que debe tenerse presente al arreglar el registro a la hora exacta; para ello, oprímase el cilindro suavemente con los dedos pulgar e índice, de modo que tienda poco a poco a girar en una dirección opuesta a la que da vuelta por medio del movimiento de relojería, hasta conseguir que el ajuste sea satisfactorio. Con frecuencia sucede que al efectuar esta operación, la mano lleva al cilindro algo más adelante del punto exacto; en ese caso, dése una vuelta completa al referido cilindro, hasta que pueda colocarse la pluma en la hora justa que le corresponde. En caso de no obtener buen resultado, repítase la operación.

54.—Al arreglar la pluma del termógrafo, y cuando se cambie el diagrama, se hará una lectura del termómetro seco, y se anotará en el registro, así como la corrección necesaria para reducir la lectura del registrador a la verdadera, como se indica en el diagrama en A, B y C.

55.—La corrección que se use para horas intermedias entre dos lecturas directas, se obtendrá calculando las correcciones intermedias correspondientes como se dirá después.

56.—**ERROR DE TIEMPO DEL TÉRMOGRAFO.**—A la hora de hacer la observación de la mañana, el observador

tocará cuidadosamente con la extremidad de un lápiz, la palanca que sale del bulbo del termógrafo, de manera que la pluma haga una pequeña marca vertical en el diagrama. Se pondrá una nota en el primer diagrama de cada mes, expresando la hora en la cual se toca la pluma regularmente, y si esto se hace cinco minutos antes o después de la hora debida, se hará notar el tiempo exacto en que fué hecha la marca.

57.—Cuando la temperatura de una Estación pase de los límites del diagrama o que no esté incluida en el rayado, los observadores cambiarán la numeración de las líneas horizontales, haciendo que el punto CERO suba o baje, según convenga, y en seguida se ajustará nuevamente la pluma.

58.—Debido a las imperfecciones de los termógrafos, deben hacerse comparaciones más o menos frecuentes con los termómetros secos de los psicrómetros. La diferencia entre las indicaciones de los dos, constituyen una corrección por la cual los datos del diagrama son reducidos a valores reales. Estas correcciones no solamente son aplicables a las horas en que son hechas las lecturas, sino también afectan los valores para las horas intermedias, y como la corrección puede cambiar de tiempo en tiempo, la determinación de ellas, más probable para cualquier hora en particular, se hace de la manera siguiente:

HORAS	LECTURAS		Corrección	Lecturas corregidas	NOTAS
	Term. Seco.	Registrador			
7	9.6	10.2	-0.6	9.6	
8		12.1	-0.4	11.6	
9		12.0	-0.2	11.8	
10		14.7	0.0	14.7	
11		17.3	+0.2	17.5	
12		20.2	+0.4	20.6	
13		22.0	+0.6	22.6	1.4 repartido en
14	24.1	23.3	+0.8	24.1	7 lecturas, dará
15		24.9	+0.6	25.5	0.2 por cada una.
16		25.7	+0.5	26.2	
17		23.6	+0.3	23.9	
18	21.5	21.3	+0.2	21.5	

59.—REGISTRO.—En este Registro se anotó a las siete la corrección -0.6 por haberse leído en el termómetro seco del psicrómetro a esta hora 9.6 de temperatura, y como en el diagrama se lee 10.2 , la corrección es por tanto -0.6 . A las 14 h. la lectura del termómetro seco es de $24^{\circ}1$ y el diagrama indica 23.3 ; la corrección, por tanto, es $+0.8$. Para obtener las correcciones intermedias entre las 7 y las 14 , se determinará la amplitud de la corrección total, que en este caso es desde -0.6 hasta $+0.8=1.4$, la cual, dividida entre siete lecturas, corresponderá a 0.2 por cada una; para aplicarla se tendrá presente que como cambió de signo la corrección cuando el termógrafo registró de las 7 a las 14 , en las tres primeras lecturas, la corrección será negativa y positiva en las restantes.

En el segundo período de las 14 a las 18 , la corrección es siempre positiva y varía $+0.8$ a $+0.2$; su amplitud es de 0.6 y disminuye de una a otra; repartida proporcionalmente entre cuatro lecturas y no haciendo uso de centésimos de grado, se obtienen las correcciones 0.6 , 0.5 y 0.3 .

60.—Por lo anterior, fácilmente se comprenderá que para obtener la temperatura de una hora intermedia, por ejemplo; las 11 , bastará sumar a 17.3 , lectura dada por el diagrama del termógrafo, la corrección $+0.2$, y la verdadera temperatura será 17.5 ; si fuera negativa la corrección, se restará de la lectura del diagrama, como a las 8 h. en que la verdadera temperatura será $12.1 - 0.4 = 11.7$.

61.—Las lecturas de los termómetros de máxima y de mínima deben también emplearse para hacer las correcciones a las temperaturas del termógrafo, siempre que sus indicaciones estén de acuerdo con las del termómetro seco.

62.—Cuando la temperatura máxima o mínima ocurra exactamente a las 7 y 14 respectivamente, la corrección del termógrafo será determinada solamente con las lecturas del termómetro seco.

HIGROGRAFOS

63.—CUIDADO DEL INSTRUMENTO.—Las instrucciones anteriores para el uso del termógrafo, se aplicarán también al higrógrafo, en lo relativo al arreglo del reloj para corregir el tiempo, cuidado de las plumas registradoras, etc. En el caso del higrógrafo, debe tenerse mucho cuidado para conservar las condiciones normales de los cabellos. La práctica de lavar éstos con agua limpia una vez a la semana, usando una brocha fina de pelo de camello, debe ser continua, para evitar que el polvo o el hollín se acumulen, como consecuencia de estar expuestos al aire; esto es necesario y ventajoso, aun en las regiones en donde el instrumento permanece limpio por largo tiempo. Mientras que el instrumento registre correctamente, y de conformidad con los datos del psicrómetro, no hay necesidad de desarmarlo para limpiarlo, pero cuando se note alguna perturbación en su marcha dése inmediato aviso a la Dirección del Servicio, para que ésta acuerde lo conveniente. En todos casos, los observadores no procederán a desarmar ninguno de los aparatos que están a su cargo, sin previo aviso y con el permiso correspondiente de la Superioridad.

64.—El higrógrafo debe arreglarse de acuerdo con las humedades dadas por el psicrómetro, y frecuentemente se compararán las indicaciones de la pluma para saber cuándo marcha con precisión.

65.—OBSERVACIONES DE COMPARACION.—A las 7, en la observación del psicrómetro, el observador anotará la humedad señalada por la pluma del higrógrafo en el momento de hacer la observación. Esta lectura se hace con el fin de determinar la verdadera corrección del instrumento a esta hora. La experiencia ha demostrado que debido al cambio rápido de la humedad en algunas ocasiones, y al movimiento lento de la hoja del registro, no siempre se puede obtener un resultado verdadero, comparando una lectura de la curva del higrógrafo con una lectura del psicrómetro en un momento dado. La diferencia entre la humedad obtenida por la pluma del higrógrafo y la deducida del psi-

crómetro, es la corrección de la humedad registrada en esa observación, y se utilizarán para tabular los registros como se ha explicado anteriormente.

66.—CALCULO DE LECTURAS.—Los resultados de los cálculos de la humedad relativa %, efectuados en las observaciones simultáneas y locales de 7, 14 y 21 se pasarán al registro correspondiente, escribiéndolos en la primera columna; en la columna siguiente y al lado de cada una de estas anotaciones, se escribirá la lectura que dé el diagrama del higrógrafo; las correcciones de la curva del higrógrafo serán las diferencias que haya en cada hora de observación, entre una y otra anotación, y para calcular las de las horas intermedias, se seguirá el mismo procedimiento indicado al tratar del termógrafo.

ABACO DEL ING. J. GOMEZ FARIAS

67.—Todas las fórmulas psicrométricas para calcular la tensión del vapor de agua en la atmósfera son de la forma

$$f = f' - A H (t - t') \dots \dots \dots (1)$$

en la que f es la tensión que se busca, t la temperatura del termómetro seco, t' la temperatura del termómetro húmedo, f' la tensión máxima del vapor a la temperatura t' , H la presión atmosférica y A un coeficiente que depende de la clase de psicrómetro que se use y del estado (líquido o sólido) en que esté el agua que humedece el bulbo de uno de los termómetros.

68.—La fórmula (1) puede escribirse

$$\frac{f' - f}{t - t'} = A H$$

Como el producto $A H$ es prácticamente constante para cada lugar, la relación de las diferencias $f' - f$ y $t - t'$ también es constante. Representando estas diferencias por los catetos de un triángulo rectángulo $B O C$ se tiene

$$\frac{f' - f}{t - t'} = A H = \cotg B O C;$$

por consiguiente, todos los triángulos que representen esta relación, serán semejantes y bastará conocer una de las diferencias, para determinar la otra. Esta es la propiedad en que se funda la construcción del ábaco; para ello se traza una curva que puede llamarse de saturación, en que las abscisas representan temperaturas y las ordenadas las presiones máximas correspondientes; sobre esta curva se aplica un transparente en que previamente se habrá dibujado el ángulo cuya cotangente debe ser igual a "A H", pero de manera que el vértice *O* (fig. 6) coincida con dicha curva y uno de los lados *OB* del ángulo sea vertical y corte al eje de las abscisas en el punto correspondiente a la temperatura del termómetro húmedo; la intersección del otro lado *OC* del ángulo con la vertical correspondiente

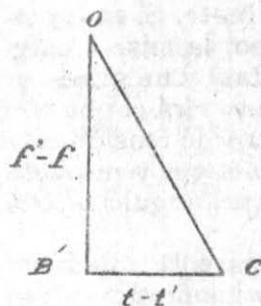


Fig. 5

a la temperatura del termómetro seco, dará un punto *C* cuya ordenada *f* será la tensión del vapor en la atmósfera. Prolongada la línea *BC* cortará a la curva en el punto *R* cuya abscisa será la temperatura del punto de rocío. Como la humedad relativa es la relación entre la tensión del vapor en la atmósfera (*f*) y la tensión máxima que podría tener a la misma temperatura (tensión cuyo valor sería el de la ordenada *HH'*) bastará dividir todas las ordenadas en 100 partes iguales, numerarlas de 0 a 100 y entonces el punto *C* estaría en la fracción cuyo número es la humedad relativa (en la figura 6. sería 40% por ejemplo). En el ábaco las ordenadas sólo están divididas en 10 partes; los centésimos se aprecian por estimación.

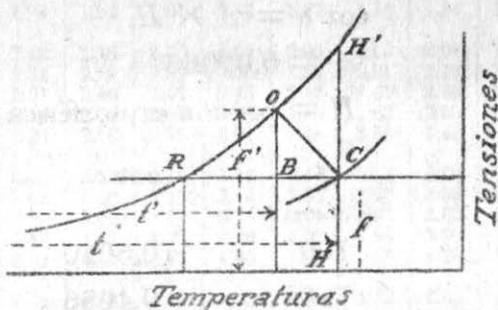


Fig. 6

69.—El ábaco del señor Gómez Farías permite, por una simple lectura de las escalas y con una sola posición del transparente, determinar la tensión del vapor atmosférico,

la temperatura del punto de rocío y la humedad relativa, simplificando extraordinariamente el trabajo de hacer estas determinaciones, que, por medio de tablas, es bastante laborioso.

70.—CONSTRUCCION DEL TRANSPARENTE.—Deben tenerse en cuenta las escalas usadas en el diagrama, para construir propiamente el ángulo BOC del transparente. Si en las escalas del diagrama están representadas por la misma magnitud, un milímetro de tensión (ordenadas) y un grado de temperatura (abscisas), el valor del ángulo será el que tenga por cotangente " AH "; si un milímetro de tensión está representado por una magnitud doble de la que representa un grado de temperatura, la cotangente del ángulo BOC será " $2AH$ " y así sucesivamente.

71.—Puede construirse un solo transparente con diversas líneas OC , que correspondan a todas las presiones que puedan registrarse, pero es preferible construir uno que sólo tenga el ángulo correspondiente a la presión media del lugar en que se ha de usar. El diagrama es el mismo para todas las estaciones, cualquiera que sea la clase de psicrómetro que se use.

ANGULOS PARA EL TRANSPARENTE DEL ABACO METRICO

$$\cot a = A \times H.$$

$$A = 0.00066$$

H = presión atmosférica en milímetros.

H Milímetros	$\cot a$	a
760	0.5010	63° 22'
710	0.4686	64 54
660	0.4356	66 28
610	0.4026	68 04
560	0.3696	69 43
510	0.3366	71 24
582	0.3841	68 59

TABLA I.

Tensiones máximas del vapor de agua.

GRADOS	DECIMOS DE GRADO									
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9
°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
- 29	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
- 28	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33
- 27	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.36
- 26	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40
- 25	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44
- 24	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49
- 23	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.54
- 22	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60
- 21	0.71	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65
- 20	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72
- 19	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79
- 18	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88
- 17	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
- 16	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06
- 15	1.26	1.25	1.24	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16
- 14	1.38	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27
- 13	1.51	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39
- 12	1.65	1.64	1.62	1.61	1.59	1.58	1.56	1.55	1.53	1.52
- 11	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.73	1.71	1.70	1.68	1.67
- 10	1.97	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82
- 9	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06	2.05	2.03	2.01	1.99
- 8	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.17
- 7	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47	2.45	2.43	2.41	2.39	2.37
- 6	2.79	2.76	2.74	2.72	2.69	2.67	2.65	2.62	2.60	2.58
- 5	3.03	3.01	2.98	2.96	2.93	2.91	2.88	2.86	2.83	2.81
- 4	3.30	3.27	3.24	3.22	3.19	3.16	3.14	3.11	3.08	3.06
- 3	3.59	3.56	3.53	3.50	3.47	3.44	3.41	3.38	3.35	3.33
- 2	3.89	3.86	3.83	3.80	3.77	3.74	3.71	3.68	3.65	3.62
- 1	4.22	4.19	4.16	4.12	4.09	4.06	4.02	3.99	3.96	3.93
- 0	4.58	4.54	4.51	4.47	4.43	4.40	4.36	4.33	4.29	4.26
+ 0	4.58	4.61	4.65	4.68	4.71	4.75	4.78	4.82	4.85	4.89
1	4.92	4.96	4.99	5.03	5.06	5.10	5.14	5.17	5.21	5.25
2	5.29	5.32	5.36	5.40	5.44	5.48	5.52	5.56	5.60	5.64
3	5.68	5.72	5.76	5.80	5.84	5.88	5.92	5.96	6.00	6.05
4	6.09	6.13	6.17	6.22	6.26	6.31	6.35	6.39	6.44	6.48
+ 5	6.53	6.57	6.62	6.67	6.71	6.76	6.81	6.85	6.90	6.95
6	7.00	7.05	7.09	7.14	7.19	7.24	7.29	7.34	7.39	7.44
7	7.49	7.55	7.60	7.65	7.70	7.76	7.81	7.86	7.91	7.97
8	8.02	8.08	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.41	8.47	8.53
9	8.58	8.64	8.70	8.76	8.82	8.88	8.94	9.00	9.06	9.12

Las tensiones máximas abajo de 0° corresponden al vapor saturado en contacto con hielo.

TABLA I.

(CONTINUACION)

Tensiones máximas del vapor de agua.

GRADOS	DECIMOS DE GRADO									
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9
+ 10	mm 9.18	mm 9.24	mm 9.30	mm 9.36	mm 9.43	mm 9.49	mm 9.55	mm 9.62	mm 9.68	mm 9.75
11	9.81	9.88	9.94	10.01	10.07	10.14	10.21	10.27	10.34	10.41
12	10.48	10.55	10.62	10.69	10.76	10.83	10.90	10.97	11.04	11.11
13	11.19	11.26	11.33	11.41	11.48	11.56	11.63	11.71	11.78	11.86
14	11.94	12.01	12.09	12.17	12.25	12.33	12.41	12.49	12.57	12.65
15	12.73	12.81	12.89	12.97	13.06	13.14	13.23	13.31	13.39	13.48
16	13.57	13.65	13.74	13.83	13.91	14.00	14.09	14.18	14.27	14.36
17	14.45	14.54	14.63	14.72	14.82	14.91	15.00	15.10	15.19	15.29
18	15.38	15.48	15.58	15.67	15.77	15.87	15.97	16.07	16.17	16.27
19	16.37	16.47	16.57	16.67	16.78	16.88	16.98	17.09	17.19	17.30
20	17.41	17.51	17.62	17.73	17.84	17.95	18.06	18.17	18.28	18.39
21	18.50	18.62	18.73	18.84	18.96	19.07	19.19	19.31	19.42	19.54
22	19.66	19.78	19.90	20.02	20.14	20.26	20.39	20.51	20.63	20.76
23	20.88	21.01	21.14	21.26	21.39	21.52	21.65	21.78	21.91	22.05
24	22.18	22.31	22.45	22.58	22.72	22.85	22.99	23.13	23.27	23.41
25	23.55	23.69	23.83	23.97	24.11	24.26	24.40	24.55	24.69	24.84
26	24.99	25.14	25.28	25.43	25.58	25.74	25.89	26.04	26.20	26.35
27	26.51	26.66	26.82	26.98	27.13	27.29	27.45	27.62	27.78	27.94
28	28.10	28.27	28.43	28.60	28.77	28.93	29.10	29.27	29.44	29.61
29	29.79	29.96	30.13	30.31	30.48	30.66	30.84	31.02	31.19	31.37
30	31.56	31.74	31.92	32.10	32.29	32.47	32.66	32.85	33.04	33.23
31	33.42	33.61	33.80	33.99	34.19	34.38	34.58	34.78	34.97	35.17
32	35.37	35.57	35.78	35.98	36.18	36.39	36.59	36.80	37.01	37.22
33	37.43	37.64	37.85	38.06	38.28	38.49	38.71	38.93	39.15	39.37
34	39.59	39.81	40.03	40.25	40.48	40.71	40.93	41.16	41.39	41.62
35	41.85	42.09	42.32	42.55	42.79	43.03	43.27	43.51	43.75	43.99
36	44.23	44.48	44.72	44.97	45.22	45.46	45.71	45.97	46.22	46.47
37	46.73	46.99	47.24	47.50	47.76	48.02	48.28	48.55	48.81	49.08
38	49.35	49.61	49.88	50.16	50.43	50.70	50.98	51.25	51.53	51.81
39	52.09	52.37	52.65	52.94	53.22	53.51	53.80	54.09	54.38	54.67
40	54.97	55.26	55.56	55.85	56.15	56.45	56.76	57.06	57.36	57.67
41	57.98	58.29	58.60	58.91	59.22	59.54	59.85	60.17	60.49	60.81
42	61.13	61.46	61.78	62.11	62.43	62.76	63.10	63.43	63.76	64.10
43	64.43	64.77	65.11	65.45	65.80	66.14	66.49	66.84	67.19	67.54
44	67.89	68.24	68.60	68.96	69.32	69.68	70.04	70.40	70.77	71.15
45	71.50	71.87	72.25	72.62	72.99	73.37	73.75	74.13	74.51	74.90
46	75.28	75.67	76.06	76.45	76.84	77.24	77.63	78.03	78.43	78.83
47	79.23	79.64	80.04	80.45	80.86	81.27	81.69	82.10	82.52	82.94
48	83.36	83.78	84.21	84.63	85.06	85.49	85.92	86.36	86.79	87.23
49	87.67	88.11	88.55	89.00	89.45	89.90	90.35	90.80	91.25	91.71

TABLA II

Determinación de la tensión del vapor de agua por medio del Psicrómetro.

(Presión, 750 mm.)

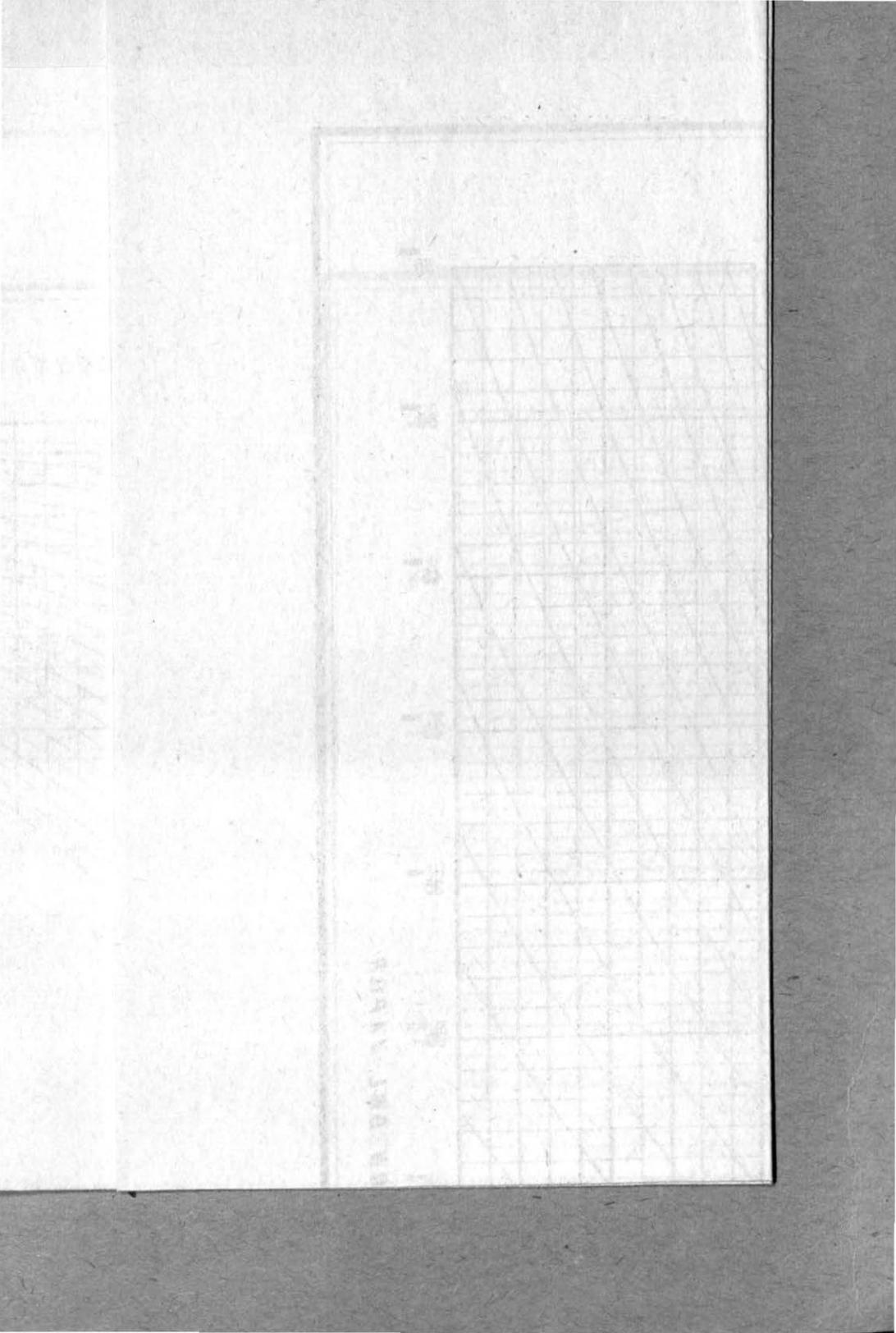
PSICROMETROS NO VENTILADOS

		DECIMOS DE GRADO										CORRECCION por 100 mm. de diferencia de presión
L. V.		0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9	
TERMOMETRO HUMEDO, BULBO COMPLETAMENTE CUBIERTO DE HIELO												
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52	0.00
1	0.52	0.57	0.62	0.67	0.72	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.03	0.07
2	1.03	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	0.14
3	1.55	1.60	1.66	1.71	1.76	1.81	1.86	1.91	1.97	2.02	2.07	0.21
4	2.07	2.12	2.17	2.23	2.28	2.33	2.38	2.43	2.48	2.54	2.59	0.28
5	2.59	2.64	2.69	2.74	2.79	2.85	2.90	2.95	3.00	3.05	3.11	0.35
6	3.11	3.16	3.21	3.26	3.31	3.36	3.43	3.47	3.52	3.57	3.62	0.41
7	3.62	3.67	3.73	3.78	3.83	3.88	3.93	3.98	4.04	4.09	4.14	0.48
8	4.14	4.19	4.24	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.61	4.66	0.55
9	4.66	4.71	4.76	4.81	4.86	4.92	4.97	5.02	5.07	5.12		0.62
TERMOMETRO HUMEDO, BULBO MOJADO O PARCIALMENTE CUBIERTO DE HIELO												
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	-0.30	0.36	0.41	0.47	0.53	0.59	0.00
1	0.59	0.65	0.71	0.77	0.83	0.89	0.95	1.01	1.07	1.13	1.19	0.08
2	1.19	1.24	1.30	1.36	1.42	1.48	1.54	1.60	1.66	1.72	1.78	0.16
3	1.78	1.84	1.90	1.96	2.01	2.07	2.13	2.19	2.25	2.31	2.37	0.24
4	2.37	2.43	2.49	2.55	2.61	2.67	2.73	2.78	2.84	2.90	2.96	0.32
5	2.96	3.02	3.08	3.14	3.20	3.26	3.32	3.38	3.44	3.50	3.56	0.40
6	3.56	3.61	3.67	3.73	3.79	3.85	3.91	3.97	4.03	4.09	4.15	0.47
7	4.15	4.21	4.27	4.33	4.39	4.45	4.50	4.56	4.62	4.68	4.74	0.55
8	4.74	4.80	4.86	4.92	4.98	5.04	5.10	5.15	5.21	5.27	5.33	0.63
9	5.33	5.39	5.45	5.51	5.57	5.63	5.69	5.75	5.81	5.87	5.93	0.71
10	5.93	5.98	6.04	6.10	6.16	6.22	6.28	6.34	6.40	6.46	6.52	0.79
11	6.52	6.58	6.64	6.70	6.75	6.81	6.87	6.93	6.99	7.05	7.11	0.87
12	7.11	7.17	7.23	7.29	7.35	7.41	7.47	7.52	7.58	7.64	7.70	0.95
13	7.70	7.76	7.82	7.88	7.94	8.00	8.06	8.12	8.18	8.24	8.30	1.03
14	8.29	8.35	8.41	8.47	8.53	8.59	8.65	8.71	8.77	8.83	8.89	1.11
15	8.89	8.95	9.01	9.06	9.12	9.18	9.24	9.30	9.36	9.42	9.48	1.19
16	9.48	9.54	9.60	9.66	9.72	9.78	9.84	9.89	9.95	10.01	10.07	1.26
17	10.07	10.13	10.19	10.25	10.31	10.37	10.43	10.49	10.55	10.61	10.67	1.34
18	10.67	10.72	10.78	10.84	10.90	10.96	11.02	11.08	11.14	11.20	11.26	1.42
19	11.26	11.32	11.38	11.44	11.49	11.55	11.61	11.67	11.73	11.79		1.50

TABLA III.

Determinación de la tensión del vapor de agua del aire por medio del Psicrómetro.
(Presión, 750 mm.)
PSICROMETROS VENTILADOS

$t-t'$	DECIMOS DE GRADO										CORRECCION por 100 mm. de diferencia de presión	
	0°.0	0°.1	0°.2	0°.3	0°.4	0°.5	0°.6	0°.7	0°.8	0°.9		
°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45		0.00
1	0.50	0.54	0.59	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94		0.07
2	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44		0.13
3	1.49	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	1.88	1.93		0.20
4	1.98	2.03	2.08	2.13	2.18	2.23	2.28	2.33	2.38	2.43		0.26
5	2.48	2.52	2.57	2.62	2.67	2.72	2.77	2.82	2.87	2.92		0.33
6	2.97	3.02	3.07	3.12	3.17	3.22	3.27	3.32	3.37	3.42		0.40
7	3.47	3.51	3.56	3.61	3.66	3.71	3.76	3.81	3.86	3.91		0.46
8	3.96	4.01	4.06	4.11	4.16	4.21	4.26	4.31	4.36	4.41		0.53
9	4.46	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70	4.75	4.80	4.85	4.90		0.59
10	4.95	5.00	5.05	5.10	5.15	5.20	5.25	5.30	5.35	5.40		0.66
11	5.45	5.49	5.54	5.59	5.64	5.69	5.74	5.79	5.84	5.89		0.73
12	5.94	5.99	6.04	6.09	6.14	6.19	6.24	6.29	6.34	6.39		0.79
13	6.44	6.48	6.53	6.58	6.63	6.68	6.73	6.78	6.83	6.88		0.86
14	6.93	6.98	7.03	7.08	7.13	7.18	7.23	7.28	7.33	7.38		0.92
15	7.43	7.47	7.52	7.57	7.62	7.67	7.72	7.77	7.82	7.87		0.99
16	7.92	7.97	8.02	8.07	8.12	8.17	8.22	8.27	8.32	8.37		1.06
17	8.42	8.46	8.51	8.56	8.61	8.66	8.71	8.76	8.81	8.86		1.12
18	8.91	8.96	9.01	9.06	9.11	9.16	9.21	9.26	9.31	9.36		1.19
19	9.41	9.45	9.50	9.55	9.60	9.65	9.70	9.75	9.80	9.85		1.25



Faint, illegible text or markings, possibly a date or page number, located near the bottom left corner of the grid area.

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO

ABACO PSICROMETRICO

INSTRUCCIONES PARA SU USO

Los datos necesarios para determinar la tensión y humedad en un lugar determinado son los siguientes:

t.— Temperatura del termómetro seco.

t'.— Temperatura del termómetro húmedo.

H.— Presión atmosférica media en milímetros reducida a 0°

A.— Constante psicrométrica igual a 0.00066, para los psicrómetros de honda o ventilados; a 0.00079 para los no ventilados, cuando el bulbo del termómetro húmedo está cubierto con agua líquida, o ésta se haya parcialmente convertida en hielo; a 0.00069 cuando el agua que humedece el bulbo está transformada en hielo.

α = al ángulo cuya cotangente es igual a $A \times H$.

Se determina primero al ángulo α con los datos anteriores de presión y valor de A según el psicrómetro usado, y para obtener la tensión bastará colocar uno de los lados de dicho ángulo en coincidencia con la ordenada correspondiente a la lectura t' del termómetro húmedo, el vértice de este ángulo sobre el punto O fig. 1. de la curva de saturación 100, y a continuación se busca la intersección C del otro lado del ángulo, con la ordenada correspondiente a la temperatura t del termómetro seco; la horizontal que pasa por dicho punto cortará a la ordenada de las tensiones en el punto correspondiente a la tensión del vapor que se busca, y a la curva de saturación en R, por donde pasará la ordenada que da la temperatura del punto de rocío en la horizontal inferior del Abaco. La humedad relativa %, queda indicada por la curva que pasa por el primer punto considerado C.

Ejemplo:

t = 19°.5

t' = 16°.4

H = 596.^{mm}

y supongamos que la observación se hizo con psicrómetro de honda, para el cual el valor α será igual a 68°.32'.

Aplicando el vértice del ángulo sobre la extremidad de la ordenada correspondiente a 16°.4 = t', la intersección del otro lado del ángulo con la ordenada relativa a 19°.5 = t, dará un punto que corresponde a 12.7 para tensión del vapor; este punto está colocado sobre la curva 75, que será la humedad relativa %, y la horizontal que pasa por este punto encontrará a la curva de saturación 100, en otro punto por donde pasa la ordenada que da la temperatura del punto de rocío igual a 14°.9.

Si se usa psicrómetro no ventilado y los datos son:

t = 11°.8

t' = 5°.4

H = 596.^{mm}

el ángulo α será igual a 64°.47' y aplicando este ángulo de la manera indicada arriba, dará para tensión del vapor 4.0; humedad relativa % 39, y temperatura del punto de rocío - 1°.6.

NOTA.—En cada Observatorio o Estación Meteorológica se calculará el ángulo correspondiente y será conveniente trazar en el Abaco paralelas por los diversos puntos de la curva de saturación relativos a cada grado, haciendo con las líneas verticales el ángulo calculado, a fin de que sirvan de referencia para todos los casos que se presenten.

