

Hojas técnicas

Agua: La Sicrometracia

El agua es una de las sustancias químicas más importantes de la Naturaleza con gran trascendencia para la vida. El que la Tierra esté situada a la distancia correcta del Sol permite que el agua esté presente en la biosfera en sus tres estados: gaseoso, líquido y sólido, constituyendo un factor determinante de la existencia de la vida terrestre. Aparte de su función biológica no deja de ser esencial para la vida su contribución al efecto invernadero en forma de vapor de agua o por su función de limpieza del polvo atmosférico ejercida por la lluvia.

Dentro del sistema global mar-tierra-aire se conoce como "ciclo hidrológico" la representación conceptual de intercambio de agua sobre la superficie terrestre, que se esquematiza en el diagrama de la Fig. 1.

De los tres estados en que el agua está presente en la atmósfera predomina claramente el gaseoso. Al aire corriente, el que constituye la base de los procesos de ventilación y acondicionamiento, se le define como una mezcla de 'aire seco' y vapor de agua. Por eso traemos el agua aquí y vamos a tratar en primer lugar de sus características.

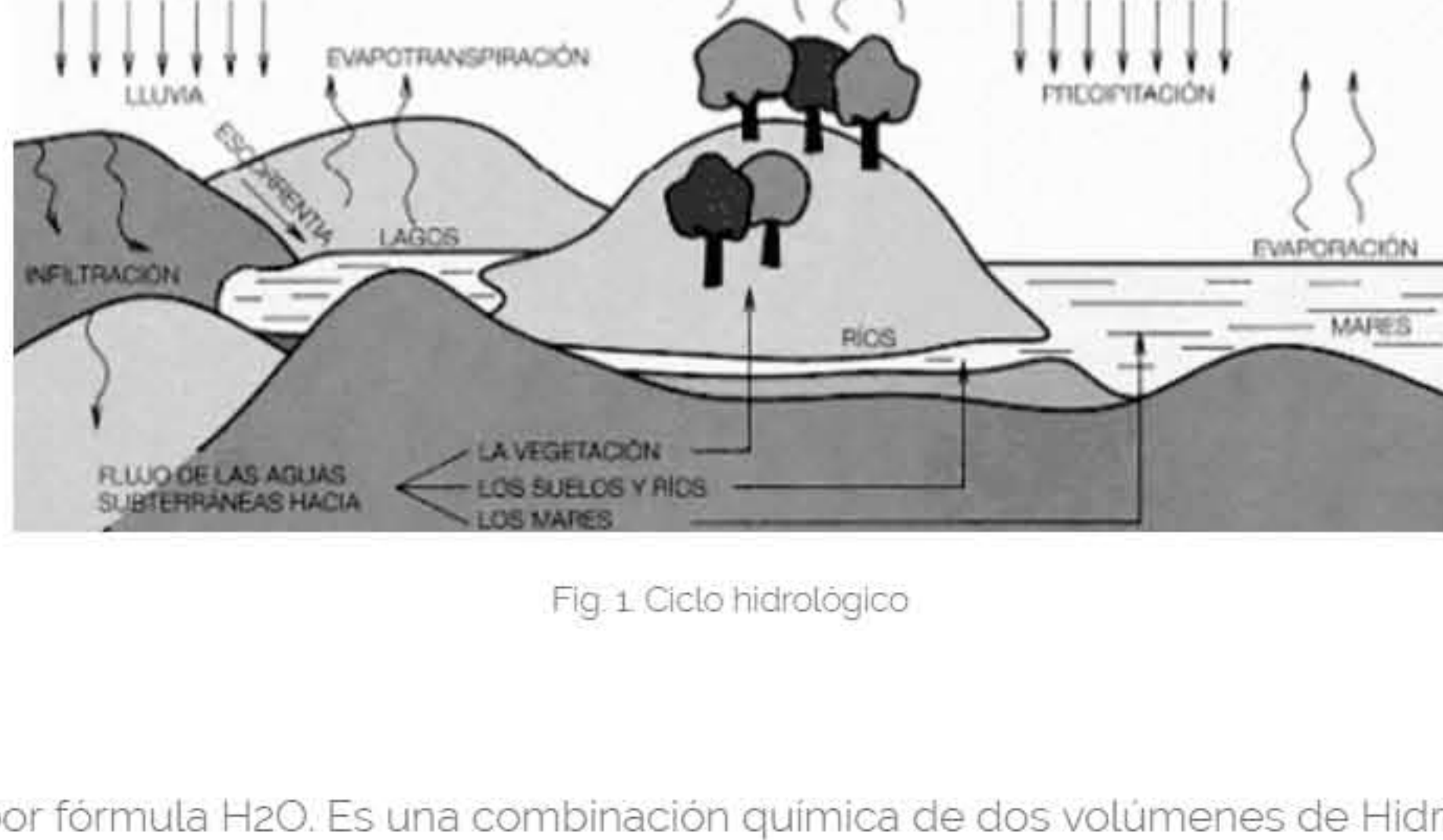


Fig. 1 Ciclo hidrológico

1. Composición del agua

El agua pura (de lluvia) tiene por fórmula H<sub>2</sub>O. Es una combinación química de dos volúmenes de Hidrógeno y uno de Oxígeno, representado en peso un 11,3% de H y un 88,7% de O.

El agua ordinaria es impura por llevar sales, materia orgánica y gases disueltos (30 cm<sup>3</sup> de aire por litro).

2. Dureza

Se llama agua dura a la que lleva en disolución sales de Magnesio, Hierro y Calcio.

La dureza puede ser Temporal, cuando contiene CO<sub>2</sub> que disuelve los carbonatos metálicos. Se elimina adicionando cal apagada (OH)<sub>2</sub>Ca.

Y puede ser Permanente, que es cuando lleva sulfatos o cloruros. Se "ablanda" añadiendo carbonato sódico. Esta dureza es la que determina incrustaciones corrosivas por vía electrolítica.

3. Constante físicas del hielo

El hielo es agua en su fase sólida. Aparece a los cero grados.

- Peso específico 920.8 kg/m<sup>3</sup> a 0°C
- Volumen específico 1,986 dm<sup>3</sup>/kg
- Volumen nieve 12 dm<sup>3</sup>/kg
- Calor específico 0,475 kcal/grado·kg

4. Constantes físicas del agua

Corresponden a agua a 4°C. 760 mm cdm.

- Peso específico 1.000 kg/m<sup>3</sup>
- Volumen específico 1 dm<sup>3</sup>/kg
- Calor específico 1 kcal/grado·kg

5. Constantes físicas del vapor de agua

El vapor es agua en su fase gaseosa. Puede hacerlo a cualquier temperatura sólo o coexistiendo con agua y aún con hielo. Su temperatura t, su presión p y su densidad d están correlacionados para cada estado.

Se llama vapor saturado cuando coexiste con agua líquida sin traspaso de una al otro y viceversa.

6. Constantes físicas del vapor recalentado

Es el que está por encima de la temperatura de saturación y por tanto no coexiste con agua. Se comporta como un gas perfecto y le son de aplicación las leyes de los mismos. Su ecuación de estado es:

- Peso X = 0,2891 VP/T kg
- Volumen V = 3,4614 XT/P m<sup>3</sup>
- Presión P = 3,4614 XT/V mm cdm
- Temperatura t = 0,2891 PV/X-273°C

El calor latente de vaporización es el necesario para deshacer las fuerzas de cohesión del agua y dejar sus moléculas en forma de gas.

La entalpía o calor total de una masa de vapor recalentado a to es el correspondiente a una masa de agua, a 100°C, más el latente de vaporización y el aumento del vapor.

Este calor total puede calcularse por las fórmulas aproximadas siguientes, válidas para los problemas de acondicionamiento.

- Calor total del vapor:
  - s = 0,45t + 597,44 kcal/kg
- Calor latente de vaporización:
  - sv = 597,44 - 0,549 t kcal/kg
- Calor de sublimación del hielo:
  - sh = 677,08 - 0,024 t kcal/kg
- Entalpía de x kg de vapor a t':
  - S = 597,44 x + 0,451 x t kcal

7. Constantes críticas

En las condiciones críticas desaparecen las diferencias entre los estados líquidos y gaseoso, las densidades son iguales y el calor de vaporización es nulo. Desaparece la superficie de separación. La temperatura tc por encima de la cual no hay licuación se llama crítica. La presión Pc que corresponde a la temperatura crítica se llama presión crítica. Esta presión es la de saturación.

7.1 Gas y vapor

Se llama gas a todo fluido expansible cuya temperatura es superior a la crítica. No es licuable por compresión. Se llama vapor a todo fluido expansible cuya temperatura es inferior a la crítica. Se licúa por compresión.

7.2 Sicrometría

Es una parte de la Física que estudia las propiedades térmicas del aire húmedo, su regulación, medición y el efecto que la humedad produce en los materiales y confort de las personas.

La humedad contenida en el aire modifica en gran manera las propiedades físicas del mismo e influye enormemente en las sensaciones físicas del hombre.

8. Humedad del aire

El aire se llama saturado cuando se mantiene en equilibrio en presencia de agua líquida sin que haya traspaso de uno al otro. La presión parcial del vapor de agua contenido en este aire se llama presión de saturación ps y a cada temperatura le corresponde una diferente.

8.1 Humedad absoluta

Es el peso de vapor contenido por unidad de volumen de aire, kg/m<sup>3</sup>, o también el peso de vapor por unidad de peso de aire seco. Ambas magnitudes tienen un escaso interés técnico.

8.2 Humedad relativa

Es el cociente entre el peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire y el peso del vapor saturado del mismo volumen.

$$Z (\%) = \frac{\text{Peso del vapor}}{\text{Peso vapor saturado}} \times 100$$

Esta expresión es la usada en meteorología y corresponde al concepto de humedad en acondicionamiento.

8.3 Sicrómetro

Es un aparato que mide la humedad relativa del aire. Consta de dos termómetros iguales, uno con el depósito seco y el otro envuelto en una muselina empapada de agua.

El termómetro seco marca la temperatura del aire y el húmedo, enfriado por la evaporación del agua que le rodea, marca una temperatura inferior.

Por medio de una tabla anexa al sicrómetro, cuyos valores se han calculado por medio de una ecuación que relaciona la entalpía del aire y la de un punto húmedo, se conoce el grado de humedad relativa del aire.

8.4 Densidad del aire

Puede calcularse a 760 mm cdm, mediante la fórmula

$$d = \frac{352,9454 - 0,1753 D}{t + 273} \text{ kg/m}^3$$

p = presión del vapor

pero para una obtención rápida, aunque sólo aproximada, puede utilizarse el gráfico de la Fig. 2.

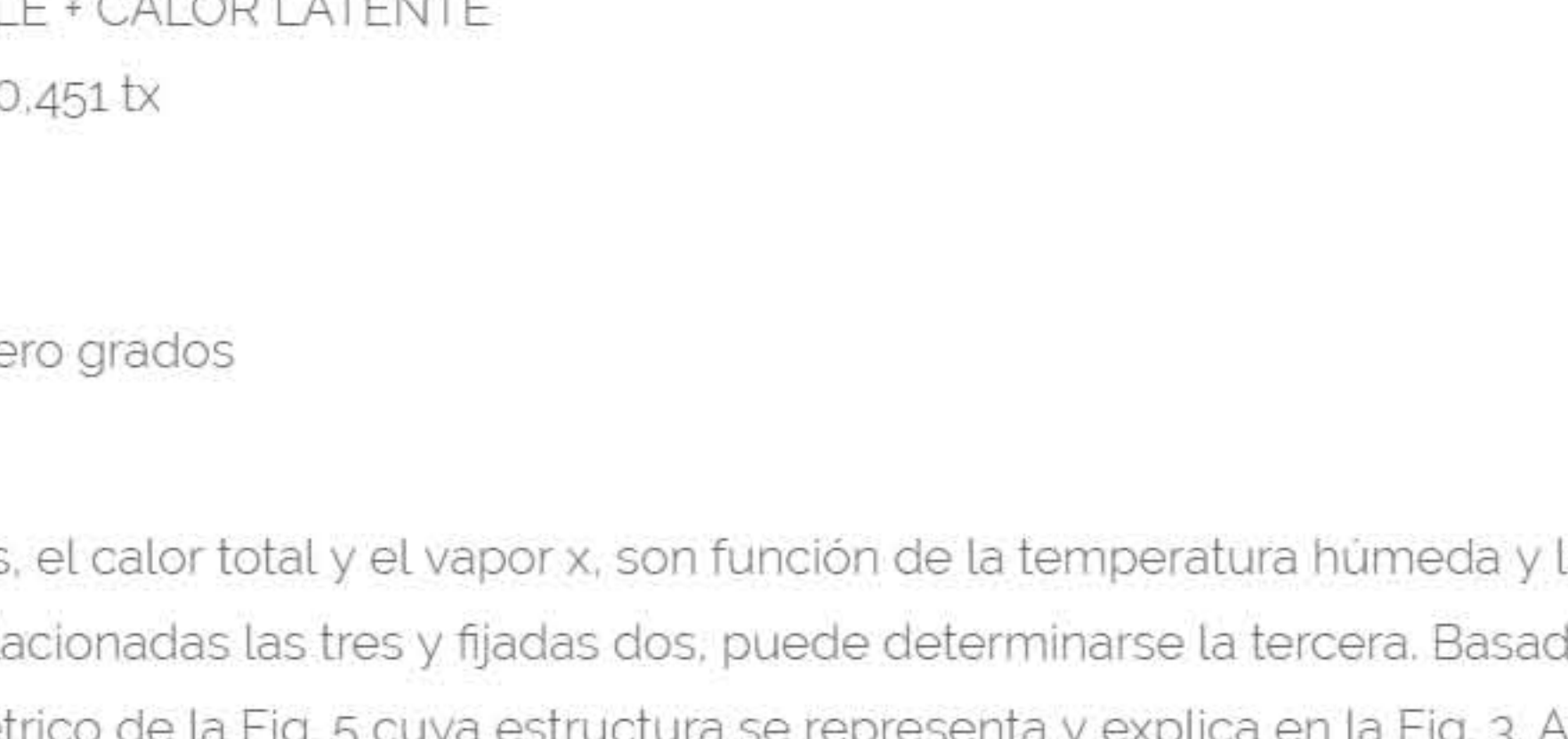


Fig. 2 Densidad del Aire

8.5 Punto de rocío

Se llama así a la temperatura a la que el vapor de agua contenido en una masa de aire se convierte en vapor saturado por descenso de la temperatura. Aparecen las primeras gotas de agua condensada que, si se produce sobre la tierra se le llama rocío y si para saturarse es necesario bajar de cero grados, se produce la conocida como escarcha.

9. Diagramas sicrométricos

El estudio del estado de una masa de aire se basa en funciones matemáticas, algunas de naturaleza experimental, que no permiten cálculos sencillos, pero si puede realizarse cómodamente por métodos gráficos basados en lo siguiente:

- CALOR = CALOR SENSIBLE + CALOR LATENTE
- Calor sensible = 0,242 t + 0,451 tx
- Calor latente = So x
- x = kg de vapor
- So = Calor total vapor a cero grados
- t = Temperatura

En esta fórmula dos parámetros, el calor total y el vapor x, son función de la temperatura húmeda y la de rocío. Así pues, con la temperatura seca t tenemos relacionadas las tres y fijadas dos, puede determinarse la tercera. Basado en esta fórmula se ha construido el diagrama sicrométrico de la Fig. 5 cuya estructura se representa y explica en la Fig. 3. Así:

- Una serie de curvas indican el porcentaje de humedad Z %
- 2' Una serie de rectas horizontales que corresponden a las temperaturas de rocío tl.
- 3' Una serie de rectas casi verticales representan temp. secas t.
- 4' Una serie de rectas inclinadas que marcan las temp. húmedas tll.



Fig. 3 Estructura del diagrama psicrométrico

Cada punto del diagrama definirá un estado de aire por las rectas y curvas que pasen por el mismo, gozando de las propiedades que se indican en el esquema.

Una variante del diagrama sicrométrico es la indicada en la Fig. 4 que con una serie de rectas dan el volumen de la unidad de aire, esto es, por kilo de aire seco.

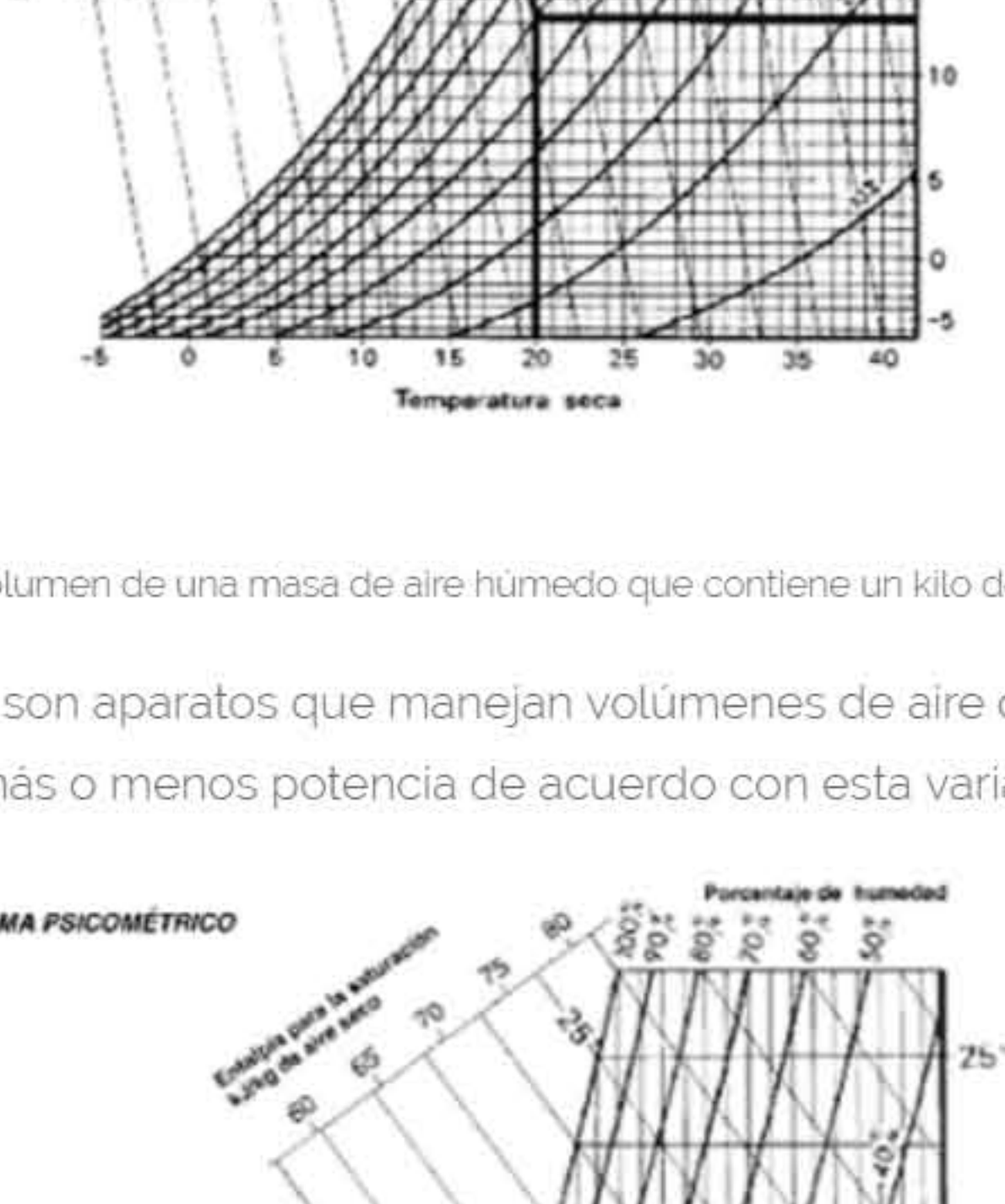


Fig. 4 Volumen de una masa de aire húmedo que contiene un kilo de aire seco

Ello es importante ya que los ventiladores son aparatos que manejan volúmenes de aire que varían con la densidad en función de la temperatura y la humedad, necesitando más o menos potencia de acuerdo con esta variación.

