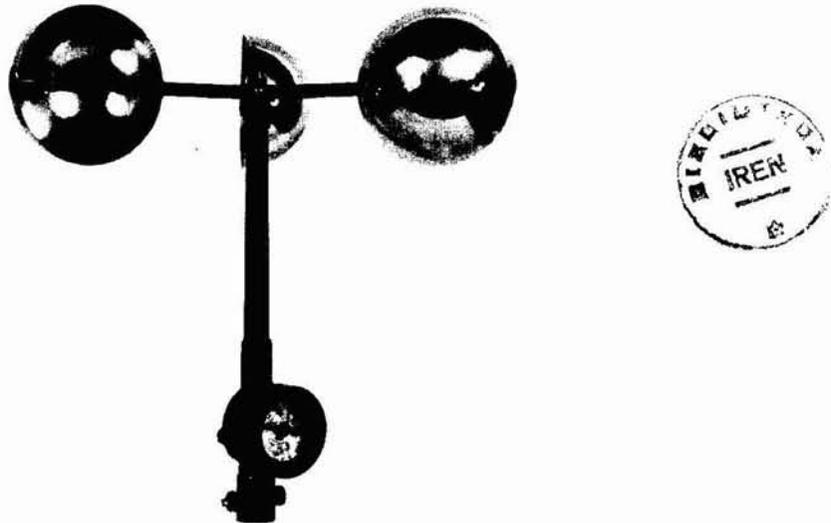


EL VIENTO

El viento juega un papel muy importante en los procesos hidrometeorológicos. El aire adopta el calor y la humedad de las superficies por las cuales pasa y los transporta influenciando así los procesos de derretimiento de la nieve y la evaporación y juega un papel muy importante también en la producción de precipitación, puesto que es quien lleva la humedad a la atmósfera.



Anemómetro de copas.

Mediciones del Viento. Hay muchas maneras de medir la dirección y velocidad del viento. El molino de granja es un ejemplo de tal medición. La manga directora de los aeropuertos es otro ejemplo simple de medida de la dirección desde donde sopla el viento.

En Venezuela se usan generalmente tres tipos de anemómetros, dos de los

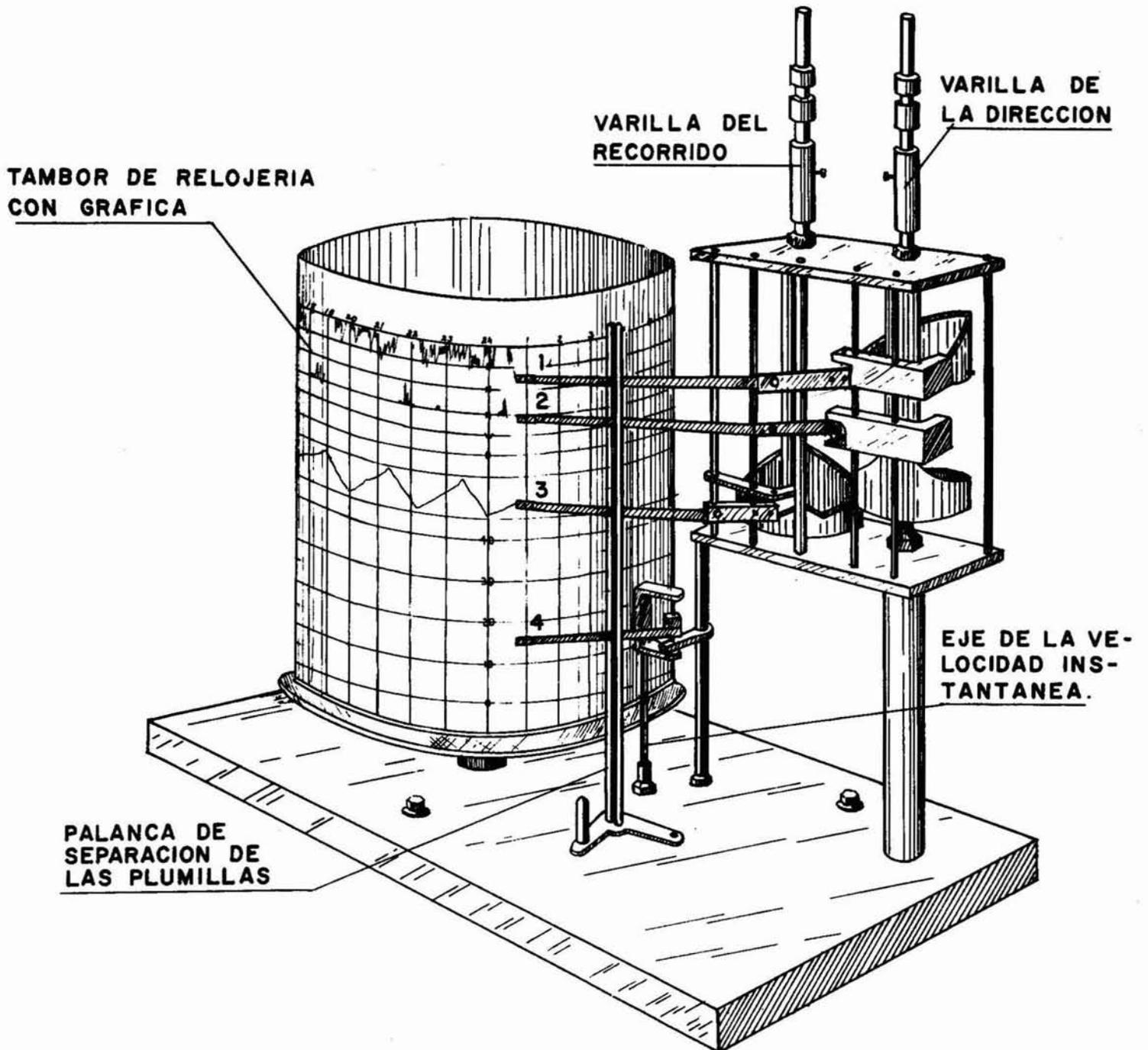
cuales miden tanto dirección como intensidad, y uno su recorrido. El más refinado de estos instrumentos es el anemocinemógrafo, usado para medir vientos de superficie a una altura convencional de 10 metros, tiene una veleta en su tope y un juego de copas anemométricas, las cuales forman el elemento sensible del aparato. Un mecanismo transmisor conduce las características al mecanismo registrador, formado por un tambor dirigido por un reloj a una revolución por día, al cual se adhiere una banda convenientemente graduada. El instrumento es capaz de indicar instantáneamente la dirección, la velocidad, la presión del lado del viento sobre una superficie plana normal a la dirección del viento, y además integra automáticamente la velocidad con respecto al tiempo dado.

La veleta anemométrica Wild, se emplea para observar a horas determinadas la dirección y velocidad del viento. Una plancha anemométrica, cuyo peso depende de una calibración, acoplada a una escala Beaufort, indica la velocidad del viento en puntos marcantes: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 14 y 20 metros por segundo, y una veleta indica la dirección dentro de un cuadrante. El sistema se emplaza a 10 metros sobre la superficie, de manera que sus mediciones sean comparables a las del anemocinemógrafo de las estaciones climatológicas de primer orden.

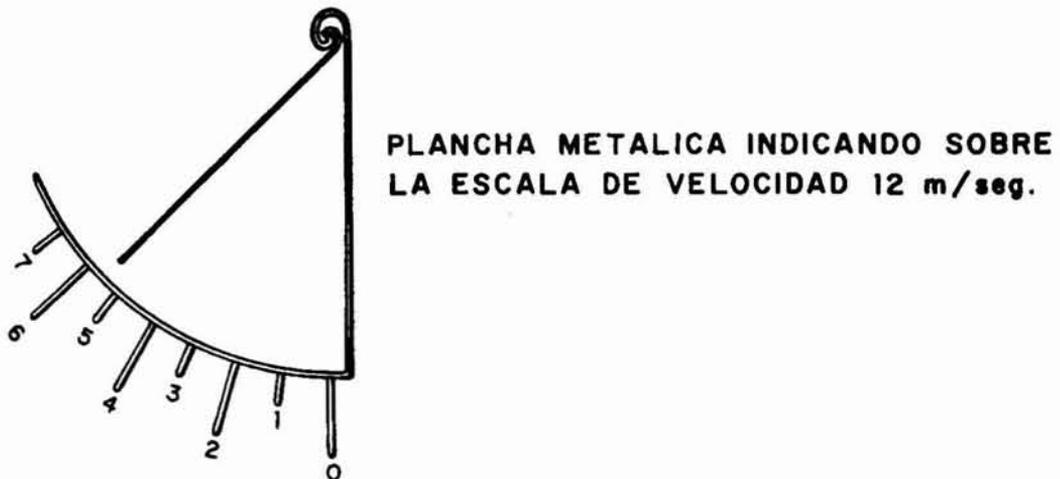
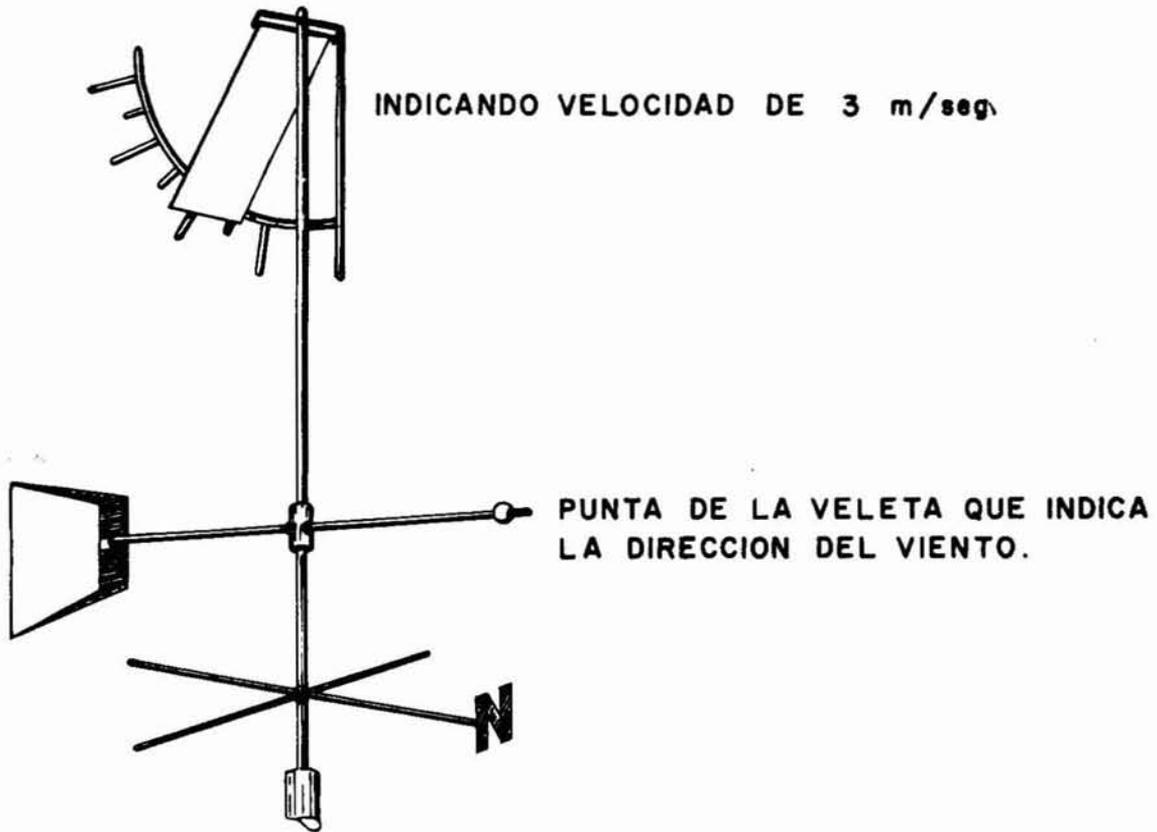
La punta de la veleta señala el lugar de donde viene el viento, el cual se aprecia por medio del cuadrante o rosa de los vientos.

La velocidad se mide en aquella muesca de la escala en la cual coincide la plancha metálica la cual va a estar más o menos inclinada según la velocidad del viento, estando completamente vertical en los momentos de calma.

La equivalencia para convertir la lectura de la veleta en m/seg. es la siguiente:



Tambor registrador del anemocinemógrafo.



PLANCHA METALICA INDICADORA
DE LA VELOCIDAD

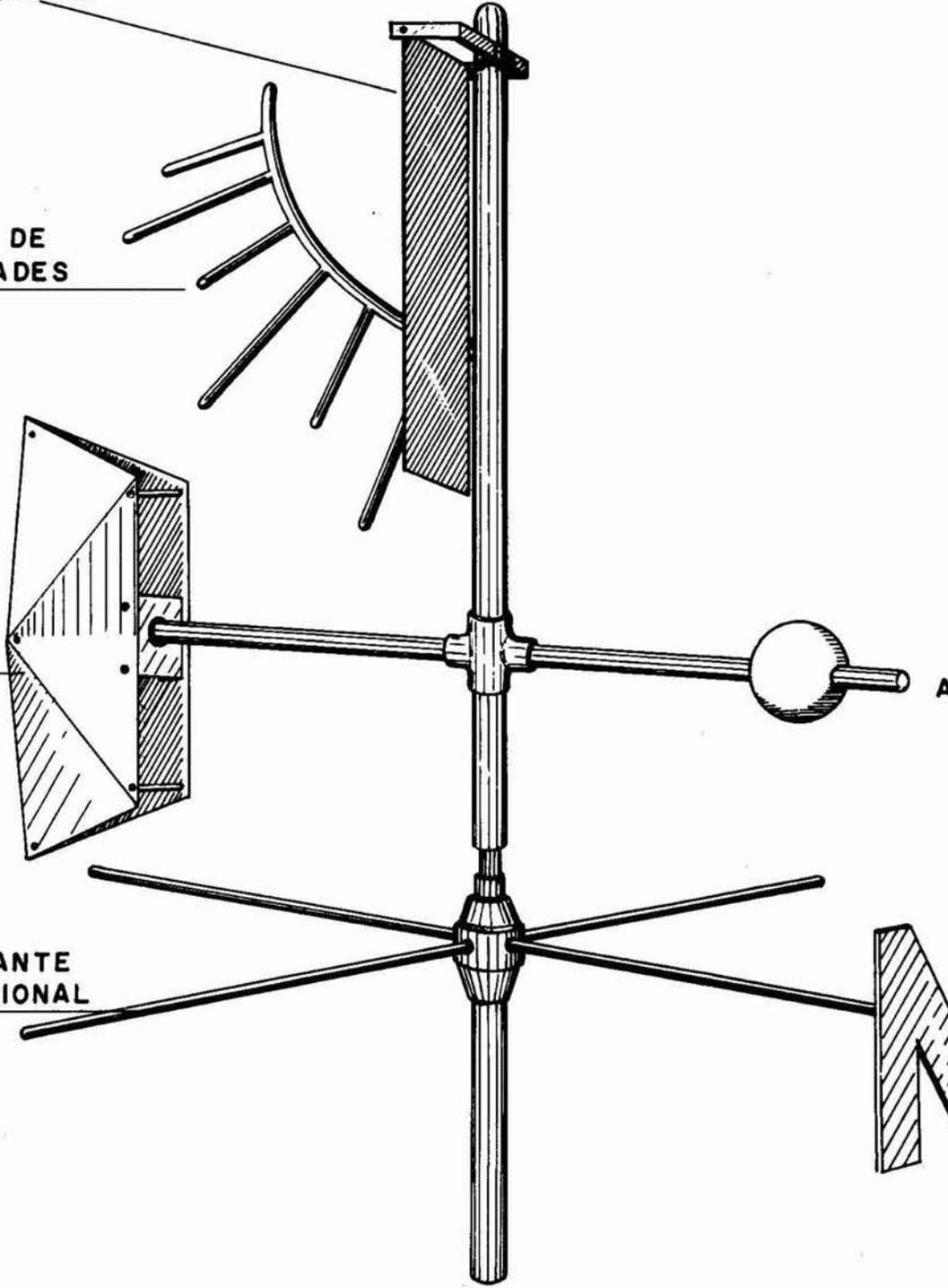
ESCALA DE
VELOCIDADES

VELETA
DIRECCIONAL

CUADRANTE
DIRECCIONAL

A

N



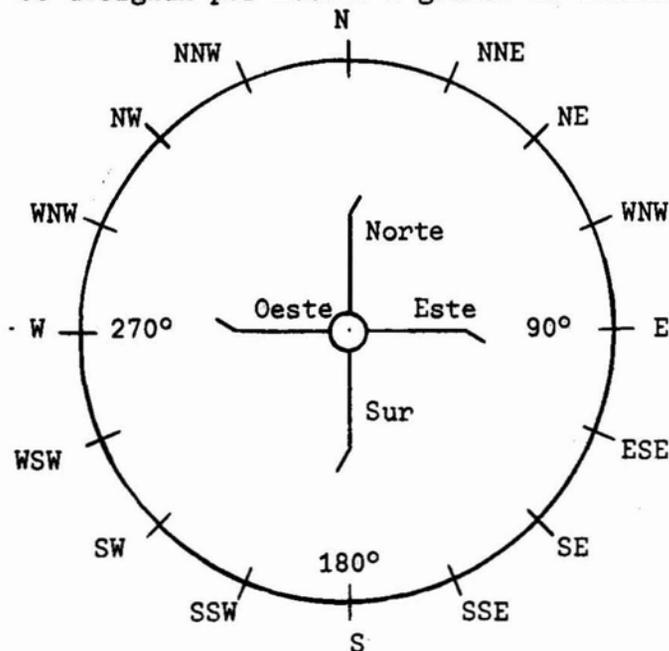
Veleta Wild

Espiga donde se encuentra la plancha. N°	0	1	2	3	4	5	6	7
Vel. en m/seg. calma	2	4	6	8	10	14	20	

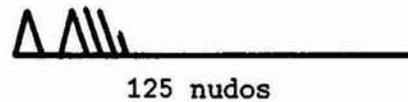
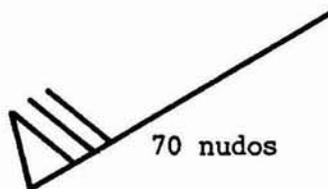
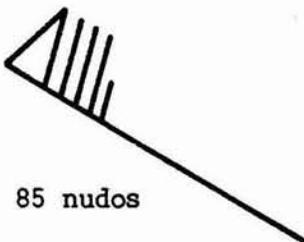
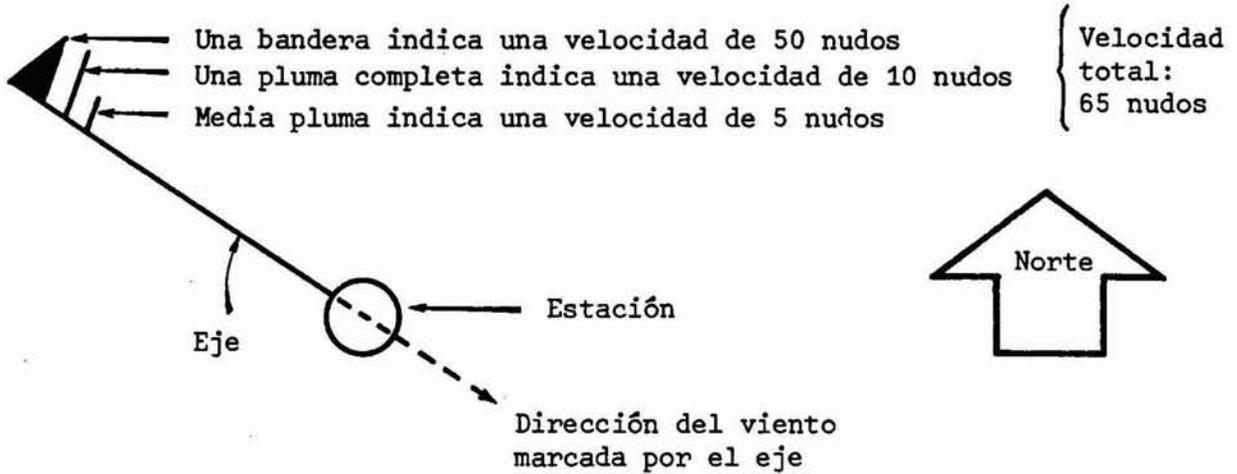
El anemómetro contador es usado exclusivamente para suplementar la medición de evaporación en las estaciones climatológicas de primer orden y las estaciones climatológicas. Este es un medidor en el cual 4 copas forman el elemento sensible, y un odómetro cuenta la acción del viento como recorrido.

El recorrido del viento en 24 horas es dado por la diferencia entre la lectura actual y la lectura del día anterior. Al tomar en cuenta el tiempo, se obtiene la velocidad media durante ese intervalo, que es precisamente el dato ligado al fenómeno.

Los vientos se denominan según la dirección de donde vienen. La veleta siempre marca hacia la dirección de donde el viento procede. La palabra barlovento se refiere a la región de donde viene el viento y sotavento a la región hacia la cual va. La dirección del viento se refiere a 32 puntos del compás y se designan por letras o grados de deflexión.

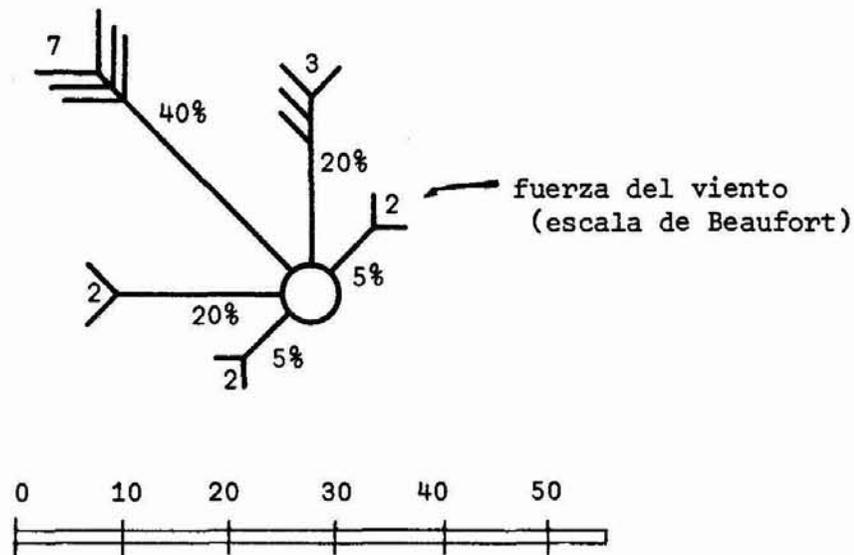


Los símbolos convencionales para mostrar la dirección y velocidad del viento se muestran a continuación:



Cartas de las capas superiores de aire.

Las observaciones de vientos recolectados durante períodos largos de tiempo, se suman en una "Rosa de los Vientos", en los cuales la dirección del viento se expresa en 8 direcciones del compás, mediante radios que salen del centro de la estación. El porcentaje total del tiempo durante el cual el viento sopló en cada dirección se hace proporcional a cada uno de los radios. La velocidad media durante el período se expresa de la manera explicada anteriormente. A veces se usa en combinación con la escala Beaufort para dar una mayor indicación de la fortaleza de los vientos. Las rosas de los vientos se publican conjuntamente con una escala que indica los porcentajes de duración.



Escala para el porcentaje de los vientos.

LA ESCALA BEAUFORT

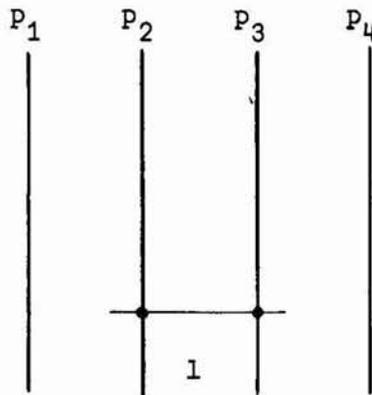
Nº de Beau- fort.	Nombre del viento	Características Observables	Velocidad 7 m sobre tierra	
			MPH	KPM
0	Calma	El humo sube verticalmente.	menos de 1	menos de 1.6
1	Aire ligero	El humo se inclina con el viento. No mueve la veleta.	1 a 3	1.6 a 4.8
2	Brisa leve	El viento se siente en la cara, las ho- jas susurran, la veleta se mueve.	4 a 7	6.4 a 11.3
3	Brisa suave	Hojas y ramas pequeñas en movimiento constante, el viento extiende una bandera liviana.	8 a 12	12.9 a 19.3
4	Brisa moderada	Levanta polvo y papel suelto, mueve ramas.	13 a 18	20.9 a 29.0
5	Brisa fresca	Arboles pequeños con hojas comienzan a inclinarse; forma de olas pequeñas en aguas tierra adentro.	19 a 24	30.6 a 38.6
6	Brisa fuerte	Grandes ramas en movimiento, silvido escuchado en los cables del telégrafo; es difícil el uso de paraguas.	25 a 31	40.2 a 49.9
7	Viento moderado	Arboles en movimiento; se siente moles- tía al caminar en contra del viento.	32 a 38	52.5 a 61.1
8	Viento fresco	Ramas desprendidas de los árboles; ge- neralmente dificulta el desarrollo.	39 a 46	62.8 a 74.0
9	Viento fuerte	Ocurren pequeños daños en las construc- ciones (mueve chimeneas y tejas).	47 a 54	75.6 a 86.9
10	Viento contí- nuo.	Rara vez ocurre en el interior; árbo- les desarraigados; daños considerables en las construcciones.	55 a 63	88.5 a 101.4
11	Tempo- ral	Ocurre muy rara vez; acompañado por destrucción provocada por el viento.	64 a 75	103 a 120.7
12	Hura- can		Arriba de 75	Arriba de 120.7

Fuerzas que Actúan sobre los Vientos. Los vientos están controlados por la presión barométrica, la fuerza de Coriolis, la fuerza centrífuga y la fricción.

- 1) El efecto de la presión barométrica se describe a continuación: el gradiente de presiones horizontal en un punto es la máxima disminución de presión que existe en ese punto por unidad de distancia horizontal, y se determina dividiendo la diferencia de presión por la distancia más corta entre dos isobaras. El gradiente de presión en el punto 0 es:

$$\frac{p_2 - p_3}{l} = \frac{d_p}{d_x}$$

El gradiente de presión actúa desde la presión alta hacia la baja.



La fuerza de gradiente de presión B , que actúa en una unidad de masa de aire es:

$$B = \frac{1}{\rho} \frac{d_p}{d_x}$$

- 2) El efecto de la fuerza de Coriolis en el movimiento del viento, lo establece la Ley de Ferrel así: "Cualquier objeto o fluido que se mueva en el hemisferio norte, tiende a ser desviado hacia la derecha de su camino, mientras que en el hemisferio sur tiende a ser desviado hacia la izquierda".

La fuerza de Coriolis se denomina también Geostrofísica y su magnitud se puede calcular mediante la ecuación:

$$G = 2 V W \text{ sen } \emptyset$$

donde:

- v = velocidad horizontal del viento
- \emptyset = latitud
- W = velocidad angular de la tierra

El término $2 W \text{ sen } \emptyset$ se conoce como el parámetro de Coriolis. La fuerza de Coriolis actúa siempre en ángulo recto a la dirección instantánea del movimiento y por lo tanto afecta la dirección pero no la velocidad.

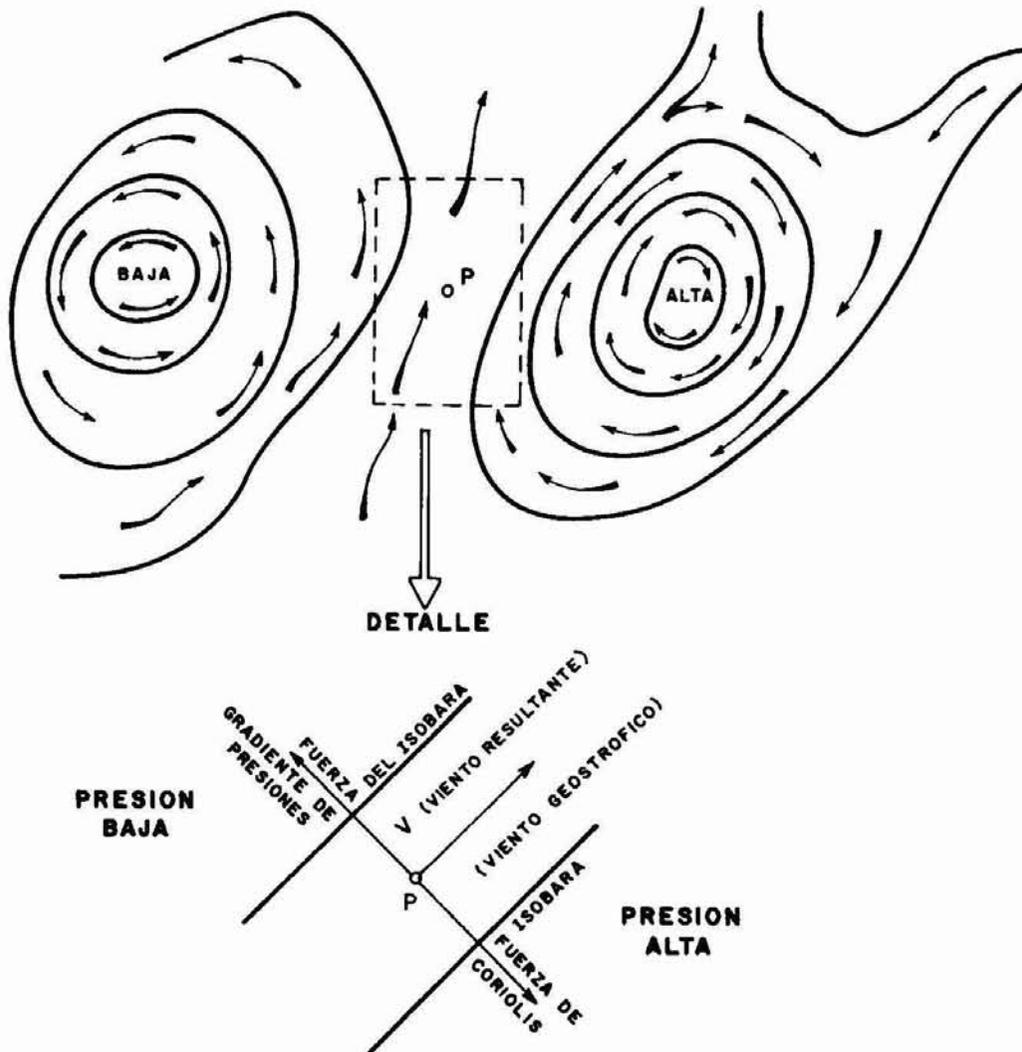
- 3) Cuando el aire en movimiento sigue una trayectoria curva, se desarrolla una fuerza centrífuga cuya magnitud es: proporcional a v^2/r , siendo r el radio de curvatura de la tierra.

$$C = \frac{v^2}{r}$$

Esta fuerza se conoce también como fuerza Ciclostrófica.

- 4) La fuerza de fricción es dependiente de la superficie de la tierra y es pequeña. La fuerza de fricción se opone a la acción de las fuerzas geostrofísticas y ciclostróficas. La fuerza de fricción se hace despreciable después de los 600 m. de altura.

La fuerza de Coriolis siempre actúa contra el gradiente de presiones ,
mientras que la ciclostrófica puede actuar a favor o en contra.



El flujo del aire es paralelo a las isobaras y proporcional al gradiente de presiones. Por otra parte, la velocidad del viento es inversamente proporcional a la latitud. Cuando la fuerza de Coriolis y el gradiente

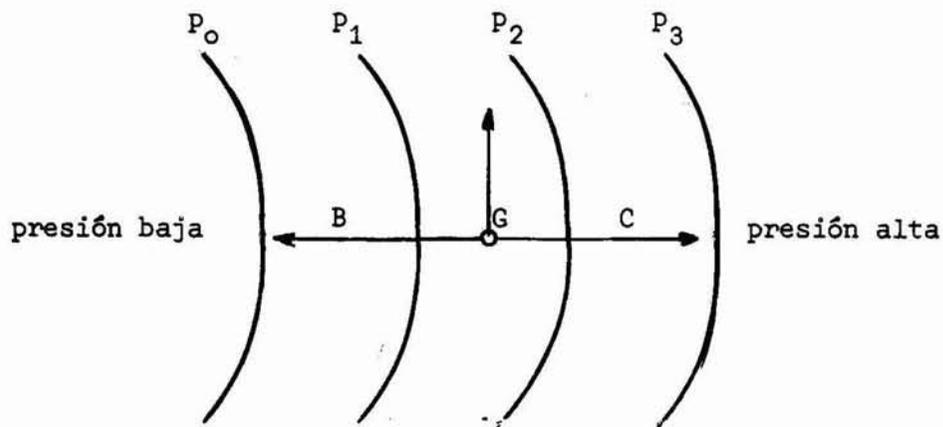
de presiones están balanceados, el viento resultante se denomina viento geostrofsico. Este tipo de viento existe cuando las isobaras son rectas y paralelas.

$$\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx} = 2 v w \text{ sen } \emptyset$$

$$v = \frac{1}{2 w \rho \text{ sen } \emptyset} \cdot \frac{dP}{dx}$$

Esta fórmula se usa para calcular la velocidad del viento donde las isobaras son paralelas y de poca curvatura, y además a elevaciones mayores que la capa donde influye la fricción, ésto es, a más de 600 m de altitud.

El viento que resulta del equilibrio entre las fuerzas de Coriolis, Gradiente de Presión y Ciclostrofica se llama viento de gradiente. Representa el viento que fluye a lo largo de isobaras curvas sin tomar en cuenta la fricción.



$$\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx} = 2 w V \text{ sen } \emptyset \pm \frac{V^2}{r}$$

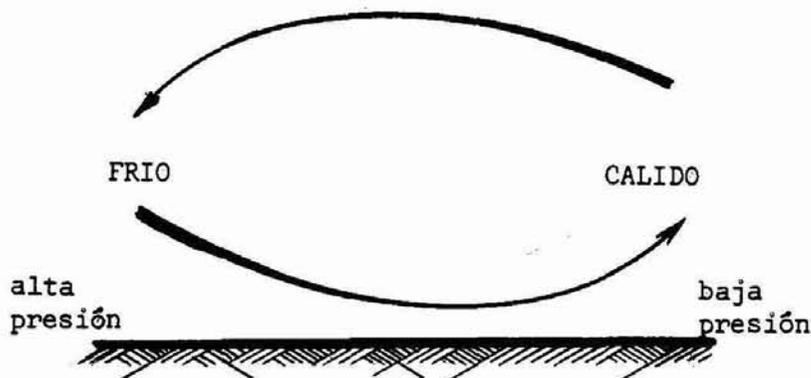
El signo de la fuerza centrífuga depende de su dirección. En la próxima página se muestra un resumen gráfico de estos vientos.

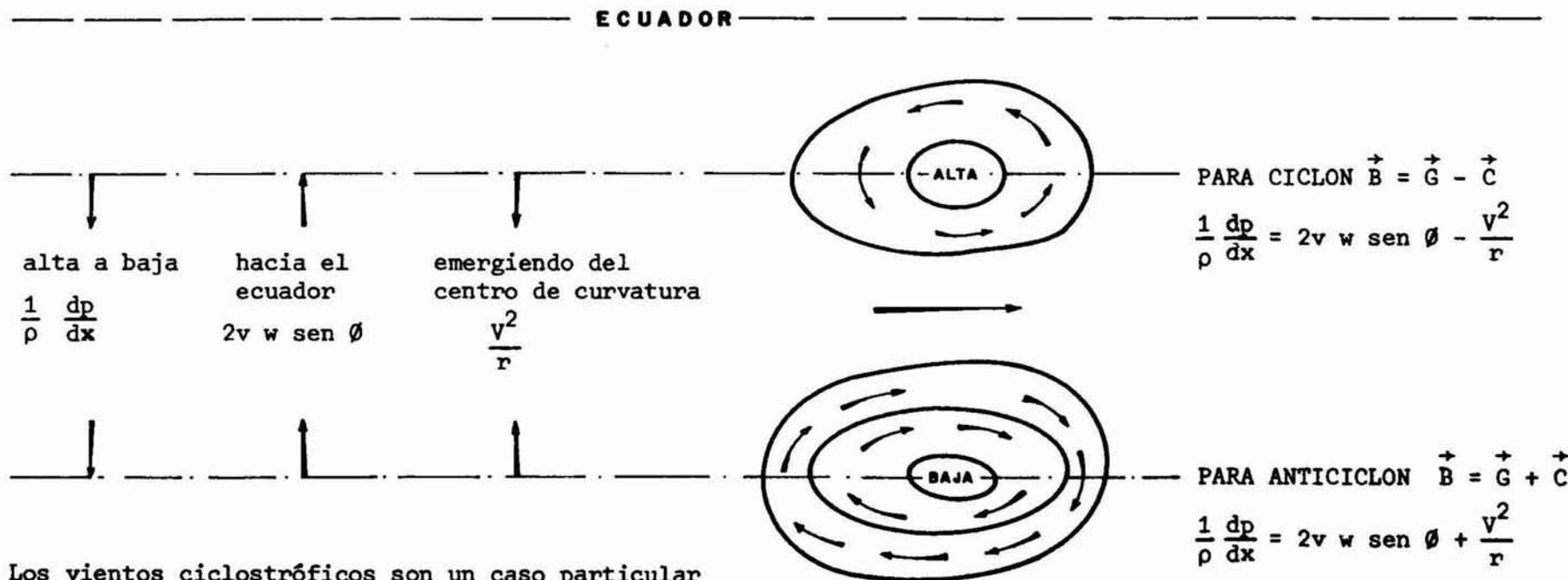
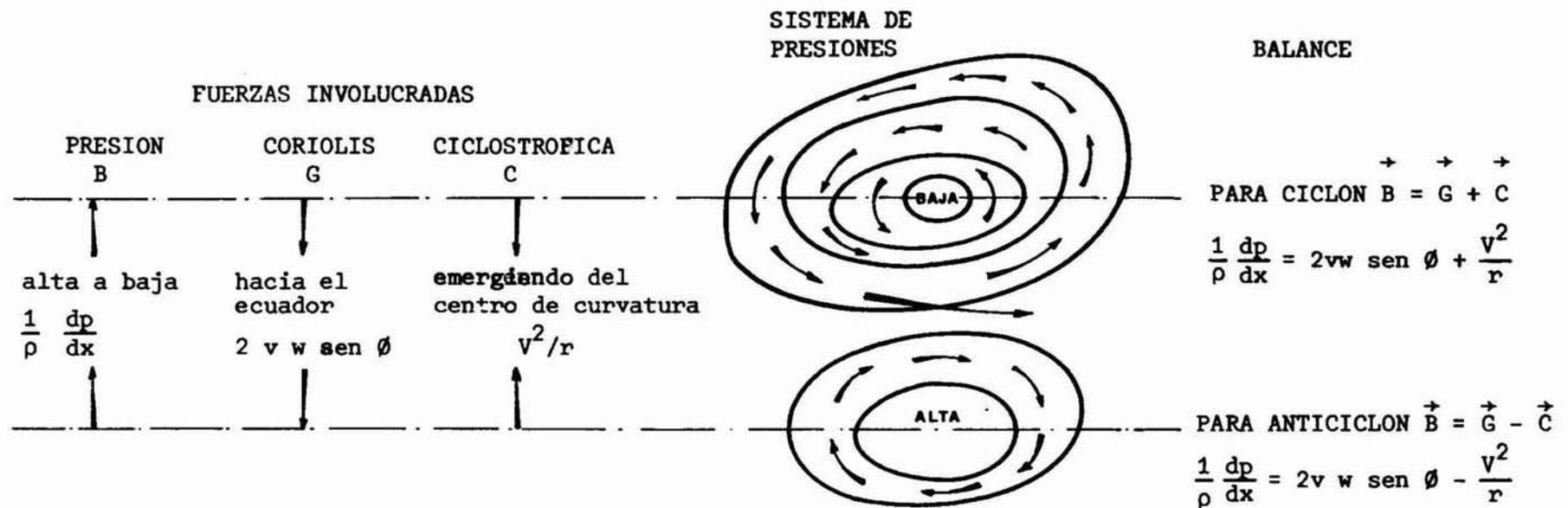
La fricción disipa una parte de la energía del viento y reduce la fuerza geostrofísica, de tal manera que la fuerza producida por el gradiente de presiones es ligeramente mayor que la geostrofísica, razón por la cual, el viento en las capas superiores va a tener una ligera orientación desde las altas hacia las bajas presiones cruzando las líneas isobaras.

Cerca de la tierra, donde la fricción es mayor, este efecto es más pronunciado.

Se pueden hacer estimaciones aproximadas de los vientos a unos 10 m. de elevación directamente de mapas isobáricos. Por ejemplo los mapas de presión media mensual dan el gradiente de los vientos promedios mensuales de donde se puede obtener la velocidad correspondiente. Multiplicando este valor por $2/3$ en las costas de barlovento, $1/2$ tierra adentro y $1/3$ en los continentes, se puede obtener un valor aproximado de los vientos superficiales medios mensuales.

Variación Geográfica del Viento. Los vientos soplan desde las regiones frías hacia las cálidas. Por esta razón en el invierno soplan de la tierra hacia el mar y en el verano en sentido inverso. Igualmente sucede con las brisas diarias del mar hacia la tierra y viceversa.





Los vientos ciclostróficos son un caso particular cuando $r \rightarrow \infty$

τ = esfuerzo de corte o esfuerzo de Reynolds

ρ = densidad del aire

τ se considera generalmente en meteorología independiente de la altura, por lo que la velocidad de fricción se considera dependiente sólo de la superficie y de la velocidad media del viento. Una suposición aproximada es que $v_* = \bar{v}/10$. Para Z_0 se puede tomar aproximadamente un valor igual a 1/30 de la altura promedio de las irregularidades de la superficie, pero Z_0 varía también con la velocidad, en el caso de grama, por ejemplo, varía inversamente, mientras que en el caso de agua, varía directamente.

Valores representativos de la longitud de rugosidad Z_0 y de la velocidad de fricción v_* son:

Tipo de Superficie	Z_0 cm	v_* cm/seg
Muy suaves (llanuras limosas, hielo)	0,001	16
Césped de grama hasta 1 cm.	0,1	26
Grama fina hasta 10 cm de alta	0,7	36
Grama gruesa hasta 10 cm de alta	2,3	45
Grama fina hasta 50 cm de alta	5,0	55
Grama gruesa hasta 50 cm de alta	9,0	63

El perfil logarítmico de velocidad también se puede expresar mediante la ecuación:

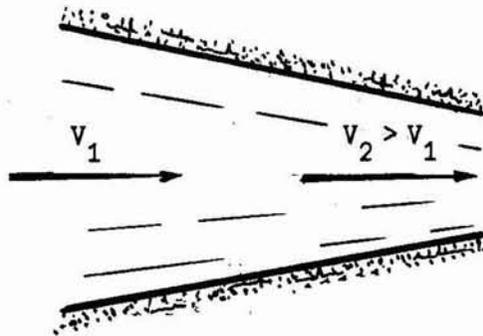
$$\frac{\bar{v}}{\bar{v}_1} = \frac{\ln \left(\frac{Z}{Z_0} + 1 \right)}{\ln \left(\frac{Z_1}{Z_0} + 1 \right)}$$

donde

\bar{v} = velocidad media del viento a la altura Z

\bar{v}_1 = velocidad media del viento a la altura Z_1

En valles, o vertientes montañosas el aire soplando en dirección longitudinal, puede alcanzar velocidades mucho mayores que el aire soplando a la misma altitud en un espacio abierto, debido a que el aire es forzado por las barreras orográficas. La dirección del aire es grandemente influenciada por las barreras topográficas.



Los árboles, edificios, y otros obstáculos, producen fricción con el aire reduciendo su velocidad. Este efecto se siente por unos 600 m. de altura y a esta profundidad se le denomina capa de fricción.

El perfil de velocidades del viento se puede definir de las siguientes maneras:

a) el perfil de velocidad logarítmico

$$\frac{\bar{v}}{v_*} = \frac{1}{k} \ln \frac{Z}{Z_0} \quad \text{para } Z > Z_0$$

donde:

\bar{v} = velocidad media del viento (al menos por unos minutos) a una altura Z sobre la tierra.

K = constante de Von Karman (≈ 0.4)

Z_0 = altura de rugosidades

v_* = velocidad de fricción

$$v_* = \left| \frac{\tau}{\rho} \right|^{1/2}$$

Otra manera más de expresar este perfil es:

$$\bar{v}_2 = \bar{v}_3 - (\bar{v}_3 - \bar{v}_1) \frac{\ln(Z_3/Z_2)}{\ln(Z_3/Z_1)}$$

donde:

\bar{v}_1 , \bar{v}_2 y \bar{v}_3 , son velocidades medias a las alturas Z_1 , Z_2 y Z_3 , respectivamente.

b) El perfil de velocidades de la ley de potencias.

Sigue la ecuación

$$\frac{\bar{v}}{\bar{v}_1} = \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^k$$

donde k varía con la rugosidad superficial y la estabilidad atmosférica. El valor de k tiene un rango entre 0.1 y 0.6.

Generalmente se cree que el perfil de la ley de potencias se ajusta mejor a los primeros 5 a 8 m de la capa de fricción, mientras que el perfil logarítmico lo hace mejor para el resto del perfil.

Cualquiera de los dos métodos que se use, dan resultados que son aceptables.



o o o