

Descripción y caracterización del túnel de viento de la Facultad de Ingeniería (UNLP)

U. BOLDES, J. MOROSI, J. COLMAN, V. NADAL MORA

En el Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental del Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, se ha diseñado, construido, equipado y puesto a punto a lo largo de los doce últimos años un túnel de viento de capa límite. Ello ha sido posible merced al generoso apoyo de SECYT, CONICET, CIC y la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental.

Dicho túnel es cerrado (con recirculación de flujo) y posee distintos dispositivos para adecuar el flujo con el fin de permitir la simulación de las ca-

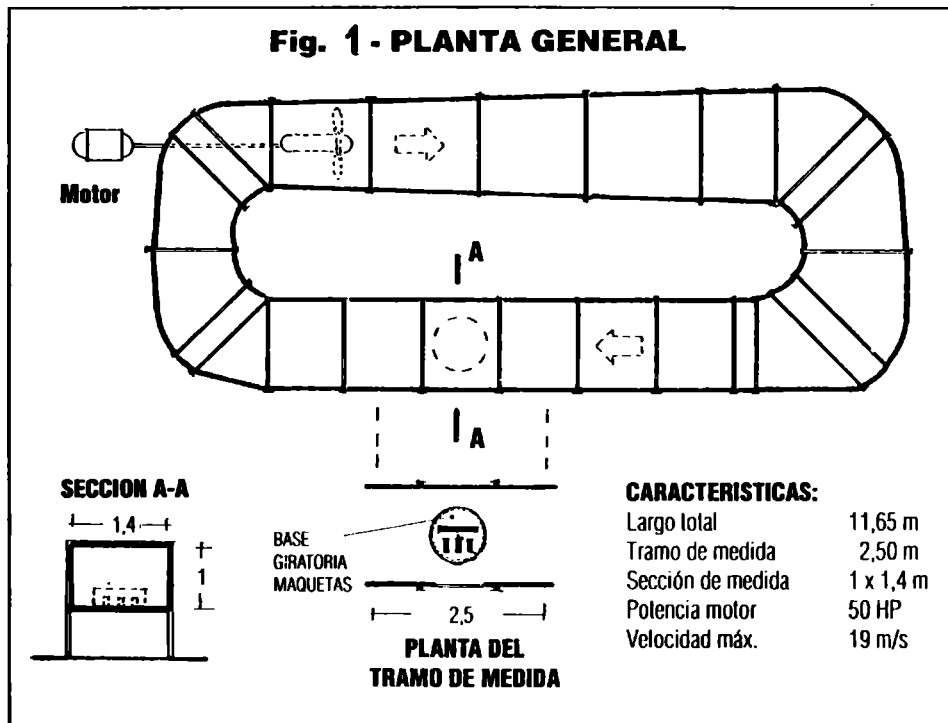


FIGURA 1 - Planta General

racterísticas turbulentas de la baja capa límite atmosférica. Su descripción, características así como los sistemas de adquisición y procesamiento del mismo se detallan más abajo.

Un túnel de viento de capa límite es usualmente empleado para modelar la región de la capa límite atmosférica dentro de la que se desarrollan la mayor parte de las actividades humanas. Esto define una capa de aproximadamente 100 m de altura en la que están inmersas las ciudades, edificios, instalaciones,

forestación, etc. En el túnel de capa límite se pueden simular, además, fenómenos que se desarrollan a mucho menor altura, por ejemplo, procesos agrícolas de pequeña escala vertical, atmósferas a nivel peatonal y construcciones de poca altura.

Descripción

Para la sección de trabajo del túnel se escogió una relación entre longitud y altura de 7,2:1; lo que define un túnel de dimensiones moderadas, apto para realizar estudios de efectos de vientos sobre y en torno a edificios, estructuras y otros obstáculos. Túneles de viento con estas relaciones longitud/altura y mayores son normalmente utilizados para estudios de capa límite atmosférica como lo indica Blessman.(1)

Un esquema del túnel de viento se puede ver en la ilustración (Fig. 1). Cada uno de los giros a 90 grados en las cuatro esquinas del túnel se subdividió en dos

U. Boldes, Prof. Titular Mecánica de los Fluidos, Fac. de Ingeniería (UNLP)

J. Morosi, Investigador Principal CIC

J. Colman, Prof. Asoc. Mecánica de los Fluidos, Fac. de Ingeniería (UNLP)

V. Nadal Mora, Becario de Perfeccionamiento CIC

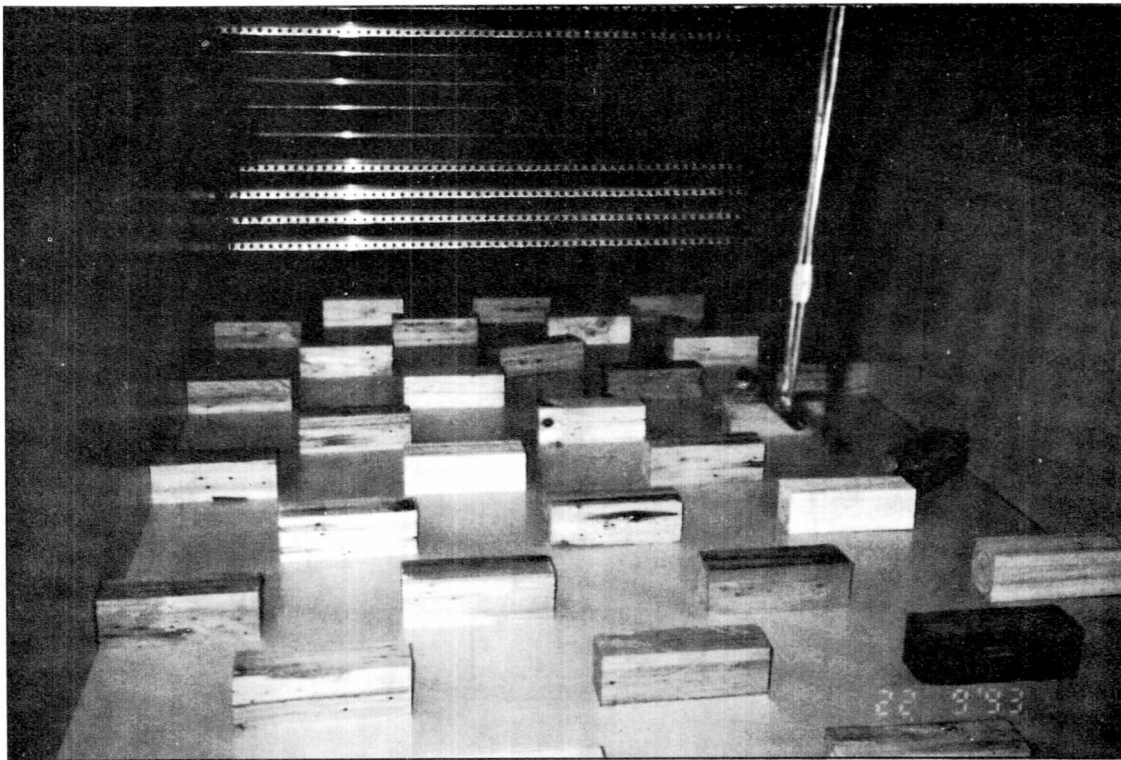


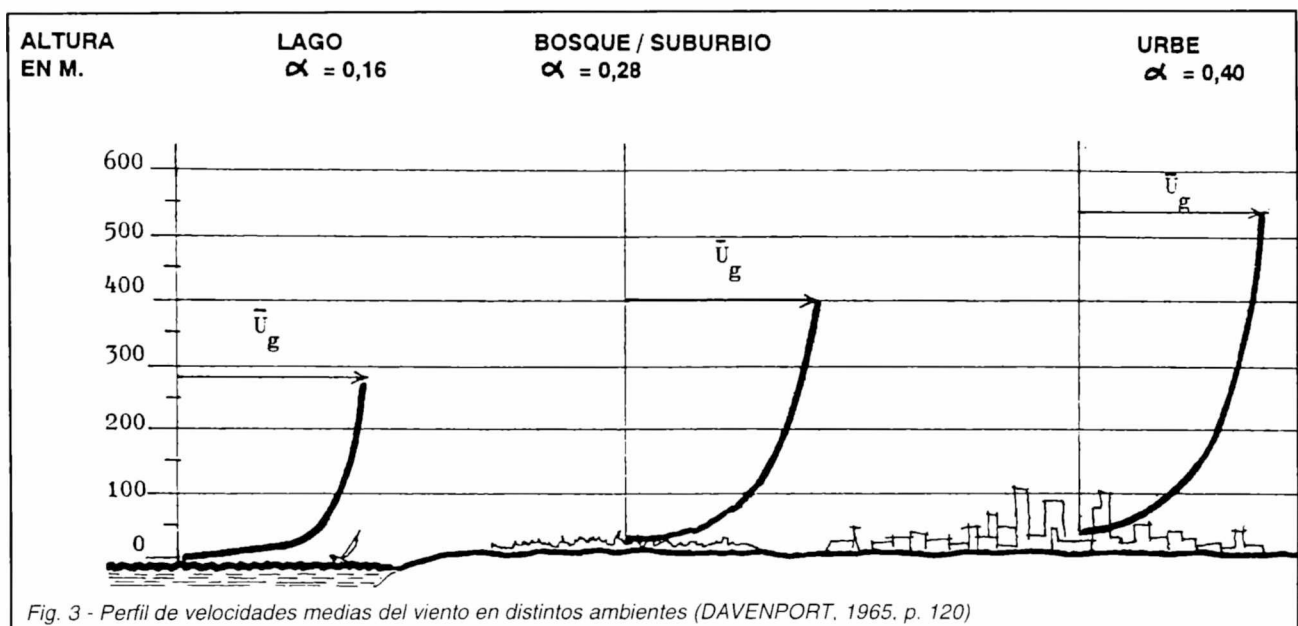
FIGURA 2
Distribución
típica de ele-
mentos de
rugosidad y
álaves
horizontales

giros a 45 grados empalmados por medio de álabes guía de acero.

Previo a la sección de trabajo se encuentra ubicado un panel de abeja construido con tubos de plástico de 2" de diámetro y 12" de longitud unidos entre sí, con el fin de controlar la rotación que pueda poseer el flujo.

La sección circular que precede al panel de abeja tiene un área de 2 m cuadrados, la sección transversal de la sección de trabajo es de 1,40 m de ancho por 1 m de alto y 7,2 m de longitud.

La velocidad de la corriente se puede regular en forma continua por medio de un control electrónico entre los 10 y los 70 Km/h. El flujo es impulsado por



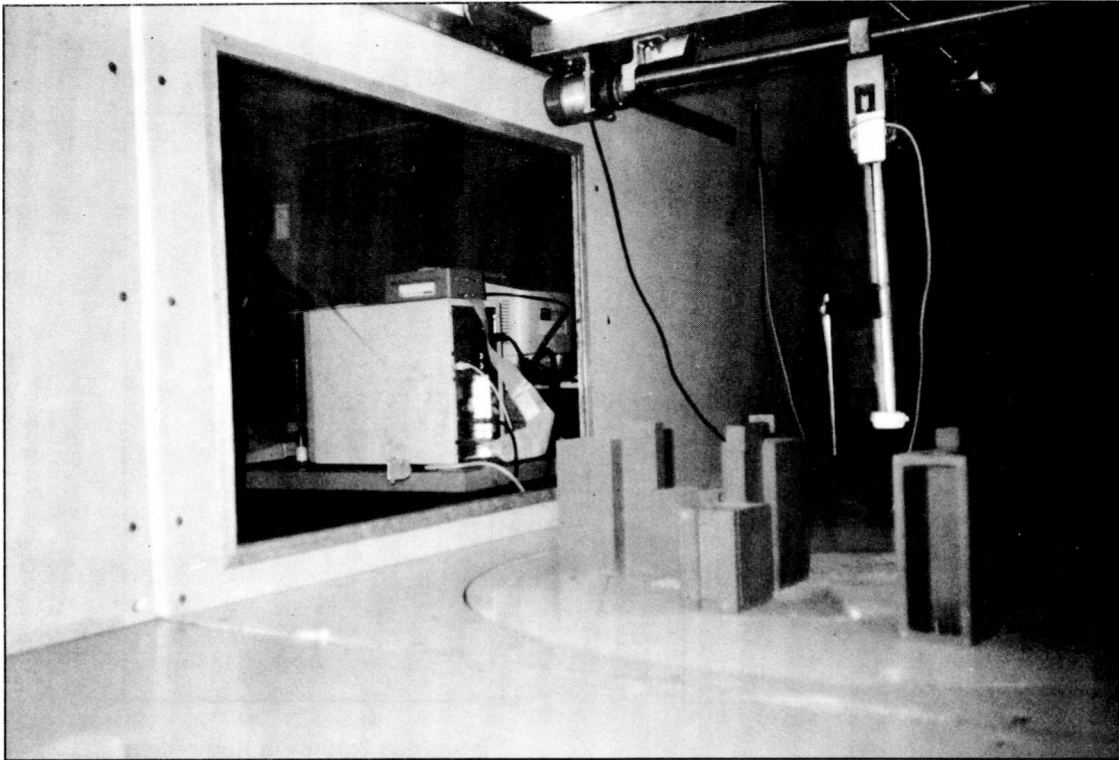


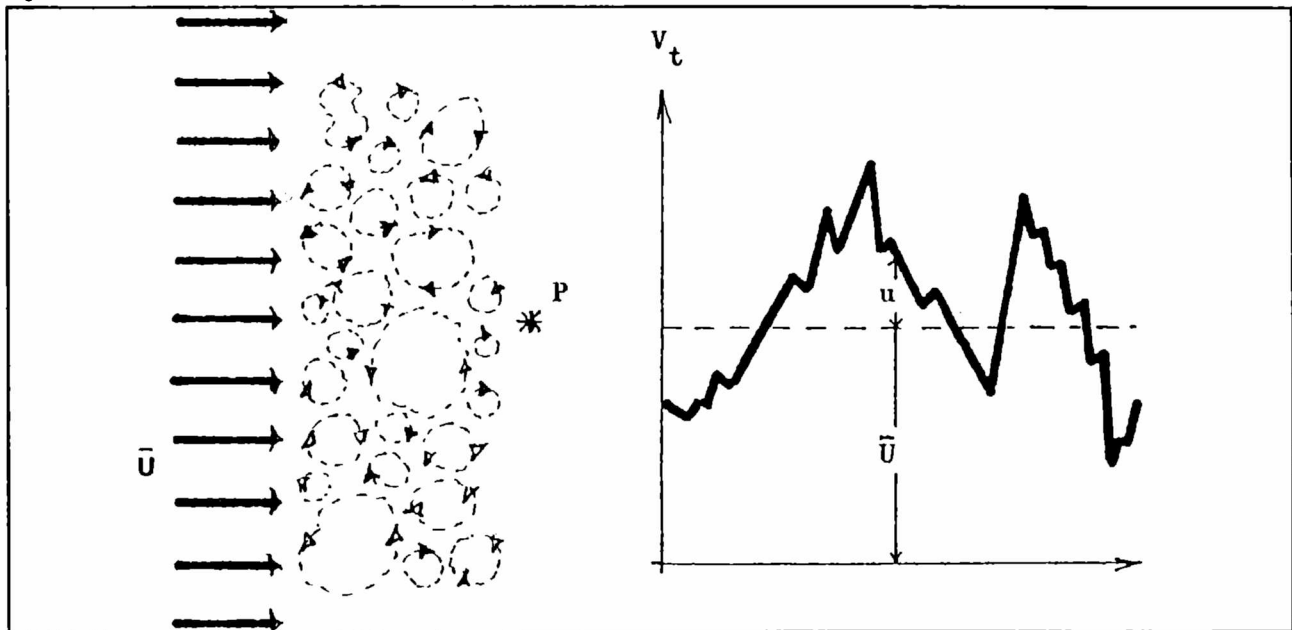
FIGURA 4
Vista de la
sección de
trabajo del
túnel de
viento.

una hélice de paso ajustable propulsada por un motor eléctrico de corriente continua de 50 HP. Esa hélice está montada sobre una extensión del eje del motor lo que permite ubicar al motor fuera del túnel, de forma que el calor disipado por éste no contribuya a incrementar la temperatura del aire que circula. Las únicas fuentes de calor restantes son las debidas a la ener-

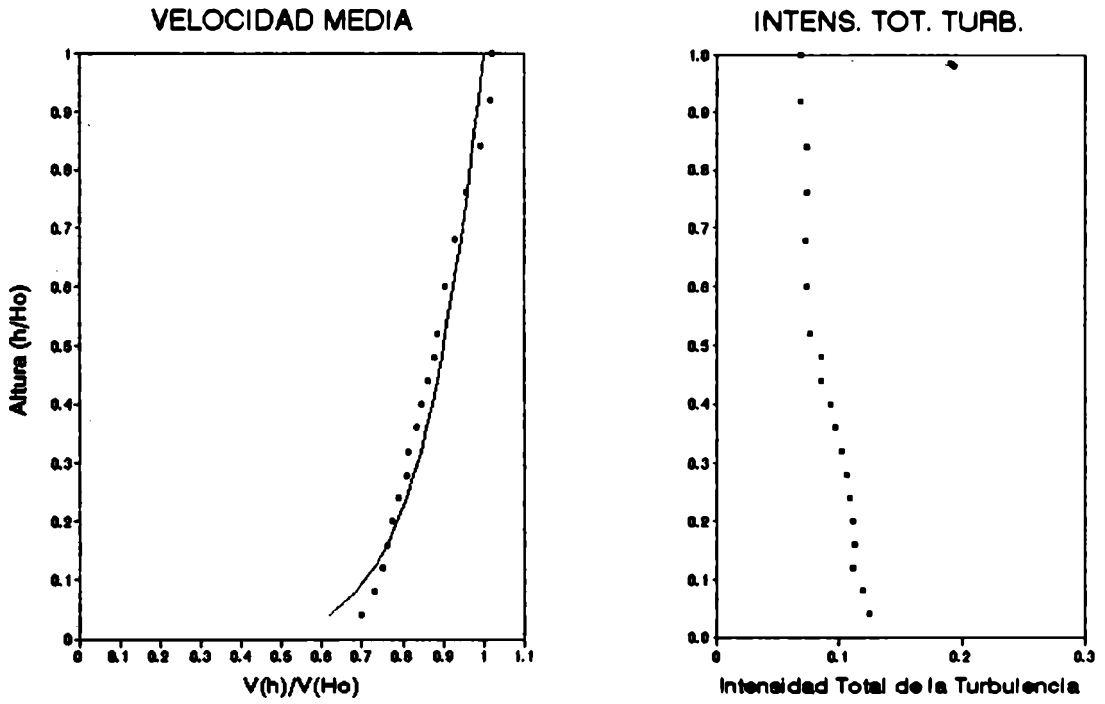
gía cinética disipada por efectos viscosos en las pa-las de la hélice, paredes, panel de abeja, álabes guía y elementos de rugosidad.

En la entrada de la sección de trabajo se genera turbulencia por medio de una serie de álabes horizontales distribuidos cada 7 cm entre sí a partir del techo del túnel y hasta 20 cm de altura respecto del piso

Fig. 5 - Velocidades en función del tiempo en flujos turbulentos



EXPONENTE DE LA LEY DE LA POTENCIA $\alpha = 0.15$



EXPONENTE DE LA LEY DE LA POTENCIA $\alpha = 0.20$

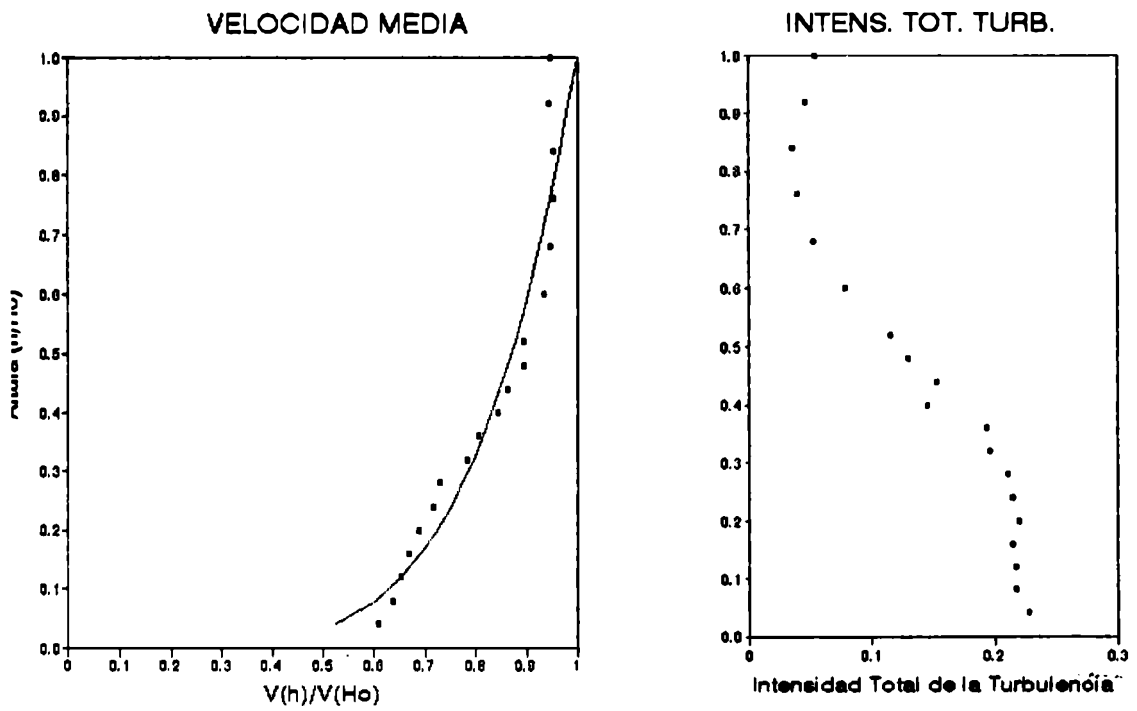


FIGURA 6

(Fig. 2). Los álabes se pueden rotar 360° sobre su eje longitudinal. Al colocarlos a 90 grados producen un bloqueo parcial en la sección de prueba. Por otra parte, cada uno de ellos está provisto de perforaciones para evitar grandes diferencias de presión entre ambas caras del álabes.

Para obtener perfiles de velocidades medias que corresponden a distintos exponentes de leyes de la potencia, que a su vez se vincularán a distintas rugosidades del terreno en la realidad (2) (Fig. 3), es necesario definir distribuciones apropiadas de los elementos de rugosidad colocados en el piso del túnel (Fig. 2). De este modo se obtuvieron los perfiles de velocidades medias con exponentes de 0,15, 0,20, 0,25 y 0,35 (Figs. 6 y 7) y de igual manera podrían lograrse para otras situaciones que interesase estudiar.

En la sección de prueba, ubicada cerca del final de la sección de trabajo, se halla una mesa giratoria para ensayos de 1,10 m de diámetro. Sobre ella, en el techo del túnel, se instaló un sistema computacional de posicionamiento del sensor anemométrico de hilo caliente, de tres componentes, que posee una resolución de 1 mm en los ejes longitudinal y transversal y 0,1 mm en el eje vertical del túnel (Fig. 4). Este sistema permite movimientos precisos según los tres ejes y cubre un volumen de medición de 100 cm de largo, 80 cm de ancho y 35 cm de altura y ejecuta mediciones automáticas de perfiles de velocidades.

El mecanismo de posicionamiento se puede controlar también en forma manual por medio de una caja de control.

Simulación de las características del viento de la baja capa límite atmosférica, en el túnel de capa límite

La capa límite en la baja atmósfera aloja la inmensa mayoría de las actividades del ser humano, por ser la más próxima a la superficie terrestre. Cuando el viento actúa sobre los accidentes topográficos, la vegetación, la edificación, etc., se generan velocidades de perturbación que, en determinadas circunstancias, se amplifican induciendo el colapso de la estructura primitiva de capas en la atmósfera.

El resultado de este proceso es una forma aparentemente desordenada de movimiento definida por considerables fluctuaciones y efectos de mezcla, llamada flujo turbulento. La turbulencia es el fenómeno característico esencial de la capa límite atmosférica y

por ello el ensayo en túnel de cualquier fenómeno eólico demandará la correcta simulación de la real turbulencia existente en el lugar estudiado.

Los parámetros del viento presentan como característica básica su naturaleza fluctuante, generada por diferentes estructuras fluidodinámicas coherentes: remolinos cilíndricos, cónicos, elípticos, esféricos, anillos vorticosos, capas vorticosas, etc., rodeadas de flujo en condiciones aleatorias.

El aporte de estas estructuras produce un flujo caracterizado por variaciones aparentemente caóticas de los valores instantáneos de dirección, velocidad, presión, temperatura, densidad, etc. del aire. Un flujo de estas características denominada turbulencia, es analizado tradicionalmente mediante el uso de herramientas estadísticas.

En efecto, si bien no es posible prever los valores instantáneos de los parámetros fluidodinámicos turbulentos, podemos registrar funciones de sus valores adecuadamente promediados y a partir de esos datos estadísticos hacer predicciones sobre dichos valores medios.

La velocidad del viento (V_i), en un punto P y en un instante t, puede considerarse como compuesta por la velocidad media registrada (\bar{U}) más el valor fluctuante (u) en cada instante: $V_i = \bar{U} + u$.

El viento puede concebirse, pues, como el resultado de una corriente media U que arrastra remolinos de distinta intensidad y tamaño. Cuando la dirección de la corriente generada por un remolino es contraria a la de la velocidad media, se tiene en el punto P una velocidad instantánea V_i inferior a la media, en tanto que si coincide, V_i superará a la media (Fig. 5).(3)

Un parámetro adecuado para caracterizar y cuantificar ciertas propiedades importantes de los flujos turbulentos, lo constituye la denominada intensidad de la turbulencia, definida por la expresión:

$$Iu = \frac{\sqrt{\overline{u^2}}}{\bar{U}}$$

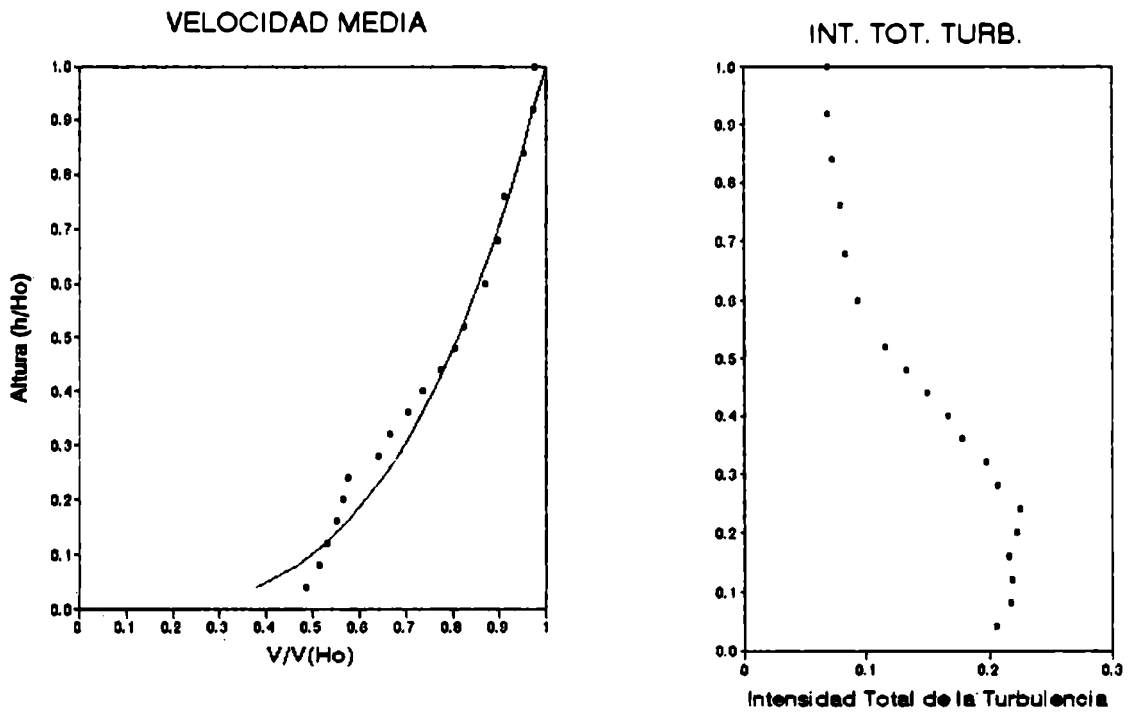
donde:

$$\overline{u^2}$$

indica el valor medio temporal de u^2 .

Esta expresión, válida para la componente fluctuante orientada según el eje X, puede extenderse a las demás componentes orientadas según los ejes y

EXPONENTE DE LA LEY DE LA POTENCIA $\alpha = 0.25$



EXPONENTE DE LA LEY DE LA POTENCIA $\alpha = 0.35$

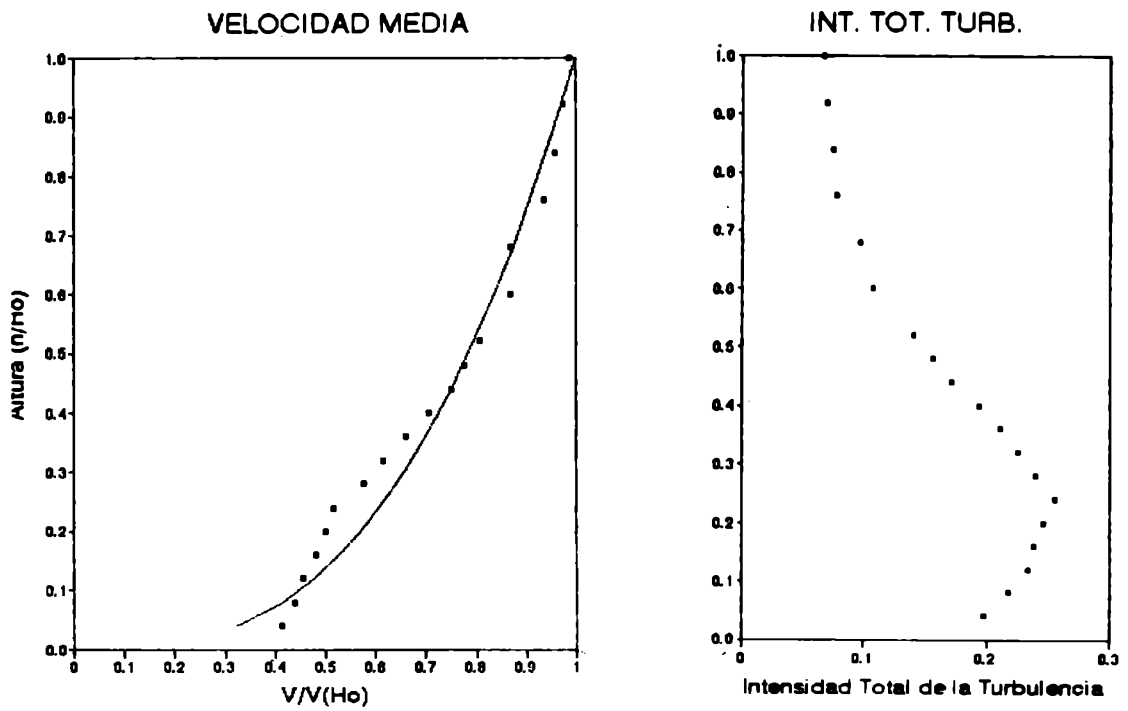


FIGURA 7

y z, obteniéndose la intensidad total de la turbulencia según la expresión:

$$I_t = \frac{\sqrt{\overline{u^2} + \overline{v^2} + \overline{w^2}}}{\overline{U}}$$

Las gráficas que se acompañan (Figs. 6 y 7) han sido determinadas experimentalmente en nuestro túnel de capa límite y representan la velocidad media \overline{U} así como la intensidad total de la turbulencia I_t , ambas en función de la altura, para diferentes casos de rugosidad superficial (4).

La posibilidad de generar diferentes situaciones eólicas bajo condiciones controladas permite encarar el estudio en nuestro túnel de conjuntos edilicios, edificios, instalaciones, vegetación, etc. de acuerdo a las características eólicas propias de las áreas en que los mismos se hallan emplazados en la realidad.

Esos ensayos son muy variados, pudiendo aplicarse a gran cantidad de disciplinas. En otro contexto

(5) hemos presentado algunos de los que pueden ejecutarse en nuestro túnel en el caso particular de las aplicaciones referidas a la construcción y el planeamiento físico.

Bibliografía

- 1- BLESSMAN, J.: *The boundary layer TV-2 wind tunnel of the U.F.R.G.S. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 10, pp. 231-248, 1982.
- 2- DAVENPORT, Alan G.: *The relationship of wind structure to wind loading. Symposium N° 16 of The National Physical Laboratory. London, EMSO, 54-102, 1965.*
- 3- MOROSI, Julio A., Ulfilas BOLDES y Jorge COLMAN: *El factor eólico en el diseño ambiental. La Plata, Lab. de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental y Lab. de Investigaciones del Territorio y el Ambiente. pp. 6-11, 1992.*
- 4- BOLDES, Ulfilas, Jorge COLMAN y Vicente NADAL MORA: *The Boundary Layer Wind Tunnel at The Faculty of Engineering, UNLP (Argentina), enviado a Latin American Applied Research, 1993.*
- 5- BOLDES, Ulfilas, Julio MOROSI y Jorge COLMAN: *El túnel de viento meteorológico en el estudio eólico de edificios y ciudades. En: VIVIENDA N° 339. Buenos Aires. pp. 63-67, 1990.*