

Laboratorio de Aerodinámica.

CALIBRACION DEL TÚNEL DE PRESION DE IMPACTO

Introducción

El túnel de viento es una de las herramientas de diseño mas importantes disponible para resolver un amplio rango de problemas para la ciencia aeronáutica. Hoy en día es común experimentar con un modelo a escala de puentes, edificios, barcos, automóviles, etc. Y los datos que se pueden obtener a partir de la observación generalmente son, para este tipo de experimentos, cargas estáticas. Al someter un modelo de un edificio o un puente, por ejemplo a altas cargas aerodinámicas los coeficientes de arrastre y las fuerzas de presión en dichos modelos dan una visión mas amplia de que tan eficaz puede ser un diseño estructural.

Existen básicamente tres tipos de tuneles de viento. El primero llamado tubo de viento de circuito cerrado PRANDTL. El segundo llamado tubo de viento de circuito abierto eiffel y el tercero llamado túnel de aire comprimido o de densidad variable.

Objetivo

- * Conocer algunos visualizadores de flujo como es el tubo de impacto.
- * Obtener la constante de calibración del túnel de presión total marca Plint & Partners modelo TE-44.

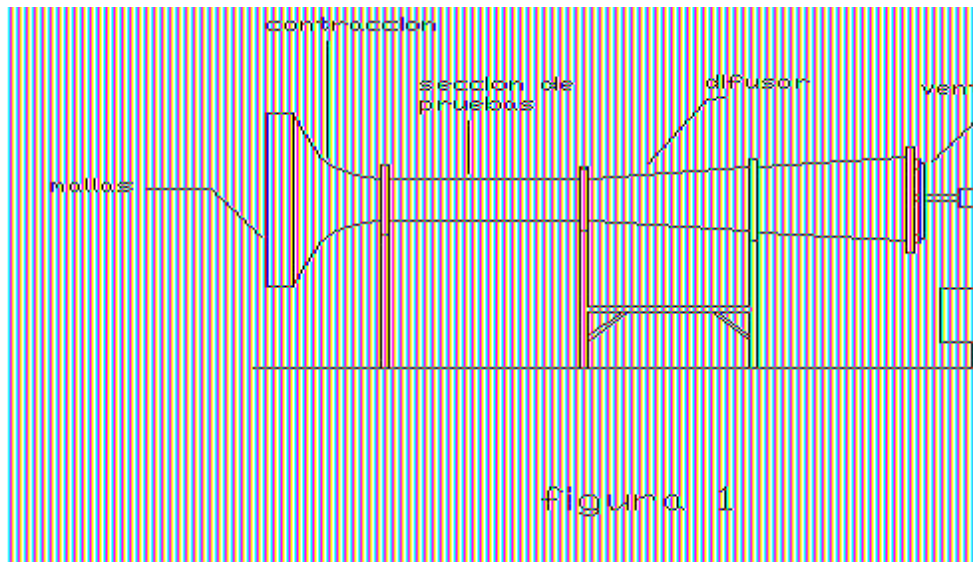
Equipo y material

- Túnel de presión Plint & Partners modelo TE-44.
- Mecanismo de exploración transversal.
- Manómetro de 36 columnas.
- Tubo Pitot.

Consideraciones teóricas.

Descripción del túnel de viento TE-44 es de circuito abierto, la sección de prueba se encuentra a la descarga del viento, por lo que el este túnel recibe el nombre de túnel de presión de impacto o presión total al ser el valor de presión estática muy bajo o casi nulo.

En las paredes del tunel, se destaca el manómetro diferencial, instrumento que nos sirve para medir la presión diferencial de referencia (PDR) que, como se nombre lo dice, es la diferencia que existe entre la presión estática en la sección mayor y la presión estática en la sección menor.



Constante de calibración de un túnel de viento.

La constante de calibración es un numero que al ser multiplicado por la presión diferencial de la presión diferencial de referencia obtenemos el valor de la presión dinámica, pudiendo así calcular el valor de la velocidad en la sección de prueba de un tubo Pitot o algún otro instrumento de medición de velocidad del viento.

Desarrollo

1.- Determinación de las condiciones ambientales.

Se deberán de efectuar lecturas en los instrumentos barómetro, termómetro e higrómetro antes de iniciar y al finalizar las experimentos, anotando los valores en la tabla siguiente:

	Iniciales	Finales	Promedio
Temperatura ambiente	21°C	24°C	22.5°C
Presión barométrica	595 mmHg	595.2 mmHg	595.1 mmHg
Humedad relativa	75 %	71 %	73 %

Con los valores promedio obtenidos se deberá calcular la densidad del aire en el laboratorio.

Densidad del aire en el laboratorio:

Corrigiendo la presión barométrica

$$595.1 \text{ mmHg} \frac{1 + 0.0000184(22.5 \text{ } ^\circ\text{C})}{1 + 0.0001818(22.5 \text{ } ^\circ\text{C})} = 592.9210279 \text{ mmHg}$$

g

Convirtiendo la presión a unidades kgf/m² :

$$592.9210279 \text{ mmHg} \frac{14.7 \text{ lb/in}^2}{760 \text{ mmHg}} = 11.4683409 \text{ lb/in}^2$$

$$11.4683409 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \frac{0.4536 \text{ kgf}}{1 \text{ lb}} \frac{1 \text{ in}^2}{0.00064516 \text{ m}^2} = 8063.1772721 \text{ kgf/m}^2$$

La **Pz** o presión corregida es 8063.1772721 kgf/m²

Obteniendo la presión de saturación:

$$P_s = 2.685 + 3.537 \times 10^{-3} (T)^{2.245}$$

Convirtiendo la Temperatura a grados Fahrenheit °F

$$q = \frac{9}{5} (22.5 \text{ } ^\circ\text{C}) + 32 = 72.5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$P_s = 2.685 + 3.537 \times 10^{-3} (72.5 \text{ } ^\circ\text{F})^{2.245}$$

$$P_s = 55.78492 \text{ lb/ft}^2$$

Convirtiendo la presión (Ps) a unidades kgf/m² :

$$55.78492 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \frac{0.4536 \text{ kgf}}{1 \text{ lb}} \frac{1 \text{ ft}^2}{0.09290304 \text{ m}^2} = 272.3704272 \text{ kgf/m}^2$$

Obteniendo la presión de vapor:

$$P_v = H_r P_s$$

Hr = humedad relativa

$$P_v = 0.73 (272.3704272 \text{ kgf/m}^2) = 198.8304119 \text{ kgf/m}^2$$

Obteniendo la densidad

$$\rho_z = \frac{1}{g R_A T} (P_z - 0.3779 P_v)$$

$$T(\text{K}) = 22.5 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 295.5 \text{ K}$$

$$R_A = 29.256 \text{ m/K}$$

$$\rho_z = \frac{8063.177271 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} - 0.3779 \cdot 198.8304119 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 29.256 \frac{\text{m}}{\text{K}} (295.5 \text{ K})} = 0.0941886 \frac{\text{kgf s}^2}{\text{m}^4}$$

$$0.0941886 \frac{\text{kgf s}^2}{\text{m}^4} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.9239910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\underline{\underline{= 0.9239910 \text{ Kg/m}^3 .}}$$

Determinar de la constante de calibración del túnel de viento de un TT-44.

a) Colocar el tubo Pitot en la posición 0,0 del mecanismo de explotación transversal.

b) Seleccionar un nivel de referencia en el manómetro de 36 columnas, observando que este se encuentre perfectamente nivelado y conectar dos columnas a sendas tomas de presión estática y total.

c) Accionar el tunel y ajustar las copuertas de esntrada de aire hasta que se obtenga en el manómetro inclinado una lectura de presión diferencia (PDR) igual a 5 mmH₂O y proceder a medir la presión total y la presión estática, anotando los resultados los resultados en la tabla siguiente, para posteriormente continuar y repetir las mediciones para PDR's igual a 10,15 20 25 mmH₂O Y PDR MÁXIMO.

RESULTADOS

En esta ocasión debido a la utilización de un manómetro inclinado, será necesario corregir las presiones medidas, dado que estas presiones se expresaron como altura de liquido manometrico (mmH₂O), es suficiente multiplicar cada valor de presión por el seno del angulo de inclinación de dicho fluido (30°) para así obtener la proyección horizontal de la presión medida por el liquido. Por lo tanto los resultados son los siguientes:

$$1.P_T = 8(\text{sen } 30^\circ) = 4\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = -2(\text{sen } 30^\circ) = -1\text{mmH}_2\text{O}$$

$$2.P_T = 20(\text{sen } 30^\circ) = 10\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = -2(\text{sen } 30^\circ) = -1\text{mmH}_2\text{O}$$

$$3.P_T = 30(\text{sen } 30^\circ) = 15\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = 0(\text{sen } 30^\circ) = 0\text{mmH}_2\text{O}$$

$$4.P_T = 38(\text{sen } 30^\circ) = 19\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = 0(\text{sen } 30^\circ) = 0\text{mmH}_2\text{O}$$

$$5.P_T = 52(\text{sen } 30^\circ) = 26\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = -2(\text{sen } 30^\circ) = -1\text{mmH}_2\text{O}$$

$$PDR_{\text{max}}.P_T = 86(\text{sen } 30^\circ) = 43\text{mmH}_2\text{O}$$

$$P_n = 0(\text{sen } 30^\circ) = 0\text{mmH}_2\text{O}$$

Ahora. Aplicando la fórmula: $q = P_T - P_n$

$$1.q = 4 - (-1) = 5\text{mmH}_2\text{O}$$

$$2.q = 10 - (-1) = 11\text{mmH}_2\text{O}$$

$$3.q = 15 - (0) = 15\text{mmH}_2\text{O}$$

$$4.q = 19 - (0) = 19\text{mmH}_2\text{O}$$

$$5.q = 26 - (-1) = 27\text{mmH}_2\text{O}$$

$$PDR_{\text{max}}.q = 43 - (0) = 43\text{mmH}_2\text{O}$$

Para obtener la Velocidad

$$V = \sqrt{\frac{2q}{\rho_z}}$$

La presión se necesita en N/m² . Y sabemos que:

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

Por lo que la conversión de la presión es:

$$1. \ 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 49.05 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 49.05 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{0.9239910 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}} = 10.30387 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$2. \ 11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 107.91 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 107.91 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{0.9239910 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}} = 15.28311 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$3. \ 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 147.15 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot 147.15 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{0.9239910 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}} = 17.84683 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$4. 19 \frac{kg}{m^2} \cdot 9.81 \frac{N}{kg} = 186.39 \frac{N}{m^2}$$

$$V_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot 186.39 \frac{N}{m^2}}{0.9239910 \frac{Kg}{m^3}}} = 20.08595 \frac{m}{s}$$

$$5. 27 \frac{kg}{m^2} \cdot 9.81 \frac{N}{kg} = 264.87 \frac{N}{m^2}$$

$$V_5 = \sqrt{\frac{2 \cdot 264.87 \frac{N}{m^2}}{0.9239910 \frac{Kg}{m^3}}} = 25.94404 \frac{m}{s}$$

$$PDR_{max} \cdot 43 \frac{kg}{m^2} \cdot 9.81 \frac{N}{kg} = 421.83 \frac{N}{m^2}$$

$$V_{PDR_{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 421.83 \frac{N}{m^2}}{0.9239910 \frac{Kg}{m^3}}} = 30.2168906 \frac{m}{s}$$

Obteniendo los datos para calcular la constante de calibracion

$$1. \frac{5mmH_2O}{5mmH_2O} = 1$$

$$2. \frac{11mmH_2O}{10mmH_2O} = 1.1$$

$$3. \frac{15mmH_2O}{15mmH_2O} = 1$$

$$4. \frac{19mmH_2O}{20mmH_2O} = 0.95$$

$$5. \frac{27mmH_2O}{25mmH_2O} = 1.08$$

$$PDR_{max} \cdot \frac{43mmH_2O}{42.5mmH_2O} = 1.01$$

PDR	Pr	PE	q	V	q/PDR
-----	----	----	---	---	-------

mmH2O	mmH2O	mmH2O	mmH2O	m/s	
5	4	-1	5	10.30387	1
10	10	-1	11	15.28311	1.1
15	15	0	15	17.84683	1
20	19	0	19	20.08595	0.95
25	26	-1	27	25.94404	1.08
PDR MÁX	43	0	43	30.21689	1.01

La constante de calibración Kse obtiene sumando los diferentes valores q/PDR y dividiéndolos entre el numero de lecturas de PDR:

$$k = \frac{\frac{q}{PDR}}{6}$$

$$\underline{K = 1.02333}$$

Registro Grafico

Realizando las graficas q vs. PDR y velocidad vs. PDR.

Como pudimos ver en las graficas anteriores (Velocidad – PDR y presión dinámica – PDR), ambas muestran un cambio directamente proporcional de presión o velocidad, a un cierto aumento de la Presión Diferencial de Referencia.

Cuestionario

1.- En la practica se emplean como unidades de presión los mmH2O, pero si las columnas del manómetro hubieran tenido alcohol en lugar de agua, explique como puede obtener la equivalencia entre milímetros de alcohol y milímetros de H2O y en general como se obtiene una equivalencia entre cualquier líquido manométrico y milímetros de agua.

Con el peso especifico del agua, obtenemos la presión en Unidades Británicas o en el SI., Con esas unidades podemos hacer equivalencias entre Presión, como por ejemplo cambiar la presión de atmósferas a mmH2O, y a Pascales, o sus similares en el Sistema Británico

Con el peso especifico, o con la densidad en su defecto, podemos establecer equivalencias entre cualquier liquido manometrico y el Agua

Para el ejemplo particular del alcohol su peso especifico, según tablas de atmósfera estándar a 20°C es de alcohol = 7733 N / m3

Como la Presión se encuentra en mmH2O, podemos sustituir datos para 1mmde OH.

Analizándolo Dimensionalmente queda.

$$\underline{1 \text{ mmOH} = 0.788 \text{ mm H}_2\text{O} = 0.788 \text{ kg / m}^2}$$

2.- ¿Es posible obtener la velocidad del viento en el túnel solamente con el valor de la densidad del aire y la lectura PDR?

Las lecturas de presión estática y diferencial pueden ser transformadas en velocidad o número de MACH o cualquier otro dato que sea necesario utilizando las ecuaciones adecuadas. Se han desarrollado una gran cantidad de métodos para determinar la velocidad del aire. Independientemente del método utilizado el teorema de Bernoulli es el más usado para calcular la velocidad a partir de la presión.

$H = \text{La Presión Total}$

$P = \text{La presión Estática}$

Sustituyendo datos Obtenemos lo deseado.

3.- ¿Cuál es la ventaja de calibrar al túnel de viento?

Cuando se diseña y se construye un túnel de viento, este se basa en algunas propiedades físicas del aire, como son presión, temperatura, densidad, etc. En el momento en que se traslada un túnel de viento que opera en perfectas condiciones (llamémoslas estándar) a un sitio donde (por ejemplo) la temperatura cambia. Este túnel ya no funciona como debería operar normalmente, es por ello la importancia de calibrar un túnel de viento, donde más que alterarlo físicamente, solo se le construye una constante que representa la desviación de las condiciones normales y con ello acercarlo lo más posible a una lectura más real.

4.- Explique un método general para calibrar a cualquier tipo de túnel de viento.

Existen diferentes artefactos de calibración ya establecidos, como el guiónmetro en el cual solo se tiene que seguir una serie de pasos concretos y concisos para poder calibrar el túnel

5.- Además de obtener la constante de calibración ¿Qué otras actividades intervienen en la calibración del túnel?

La variación de velocidad, la densidad del aire, la temperatura y la presión atmosférica.

6.- ¿Cuáles son las características de un túnel de presión total?

Las Características generales de diseño se pueden dividir en dos grupos que son: los requerimientos de potencia y el diseño aerodinámico.

Un túnel de viento abierto consiste esencialmente de cuatro componentes básicos:

La sección de entrada: Esta se localiza corriente arriba de la sección de trabajo y puede contener la toma de aire y la cámara de tranquilización.

La sección de Pruebas: En esta parte se montan los modelos para ser estudiados y donde se pueden hacer las observaciones requeridas

El difusor: La función del difusor es convertir la energía cinética del aire, a la salida de la sección de prueba, en energía de presión tan eficientemente como sea posible

La unidad Motriz: La selección del motor, invariablemente, depende de cuatro parámetros importantes que son:

- El gasto de flujo que está en función del tamaño de la sección de prueba y de la velocidad en ésta.
- Las pérdidas de presión causadas por cada uno de los componentes del sistema como ductos, redes, paneles, reducciones y obstáculos.

- Espacio disponible y costo del motor.
- Tipo de control, aunque éste es implícito al costo del conjunto motriz, es importante definirlo porque de éste dependen ciertas características aerodinámicas.

Conclusiones

La importancia de la calibración de los túneles de viento es indiscutible, dado que la falta de ella en el túnel podría arrojar resultados lo bastante erróneos, como para perder millones en reparación de material y tiempo.

Referencias

- Elementos de la Mecánica de los Fluidos –Vennard– Edit continental SA – Tercera edición
- Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Segunda edición, Claudio mataix. Oxford.
- Introducción a la mecánica de los fluidos, fox.
- Mecánica de Fluidos con aplicaciones en ingeniería 9ª Edición, Editorial McGraw–Hill
- Tesis Profesional, Raymundo Peña GarciaCorreccion y calibración del tunel de viento del instituto de investigaciones electricas. México D.F 1985
- www.quimica.com
- www.uvll.com