UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004

Comparación de coeficientes de presión sobre perfil de ala con multimanómetro y micromanómetro.

Morel Claudia A. - Alvarez y Alvarez, Gisela M. - Natalini, Mario B.

Instituto de Estabilidad - Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional del Nordeste, Av. Las Heras 727, C.P. 3500, Resistencia, Chaco, Argentina.
E-mail / Teléfono: estabilidad@ing.unne.edu.ar / 03722-425064

Antecedentes.
El multimanómetro es un manómetro diferencial con múltiples tubos para medición. Los multimanómetros son simples, económicos y confiables. Como consecuencia, son ampliamente utilizados, particularmente en los laboratorios de mecánica de fluidos en los cursos de grado. Su desventaja, por otro lado, es que poseen una respuesta temporal muy pobre. En otras palabras, un multimanómetro no puede medir cambios rápidos de presión [1]. Como resultado, son más apropiados en aplicaciones donde se midan presiones estables: permite medir presiones estáticas en un punto en un fluido y diferencias de presión estática dentro de un fluido en movimiento [2]. Dichos valores se utilizan para obtener coeficientes de presión medios sobre modelos. Su sencillez de operación permite realizar varios ensayos empleando un mínimo de tiempo.
El túnel de viento de la UNNE, J.P. Gorecki, cuenta con un multimanómetro de alcohol de 1 mm de precisión, diseñada por el Prof. Joaquim Blessmann y construida en la década del 90. Desde su construcción, este instrumental, no ha tenido un uso habitual ni se ha evaluado su rendimiento y/o performance. El objetivo general de esta serie de experiencias es optimizar este equipamiento para su uso regular en el túnel de viento de la UNNE. En este trabajo se presenta una comparación entre los resultados obtenidos sobre un modelo de perfil de ala sometido a la acción del flujo provocado en una canal de aire, del cual se obtuvieron los coeficientes de presión utilizando un multimanómetro de alcohol y un micromanómetro tipo Betz.

Materiales y Métodos.
El multimanómetro de alcohol consiste en una serie de tubos alineados verticalmente montados sobre un panel de madera, conectados a una tubo que contiene el líquido manométrico, en este caso, alcohol isopropílico de densidad 0,78 g/cm^3. Como puede verse en la Figura 1, los tubos se conectan a los tubos flexibles de PVC que provienen de las tomas de presión del modelo. En este caso un perfil de ala, al cual se le han dado distintas inclinaciones: 0º, 10º y 20º.

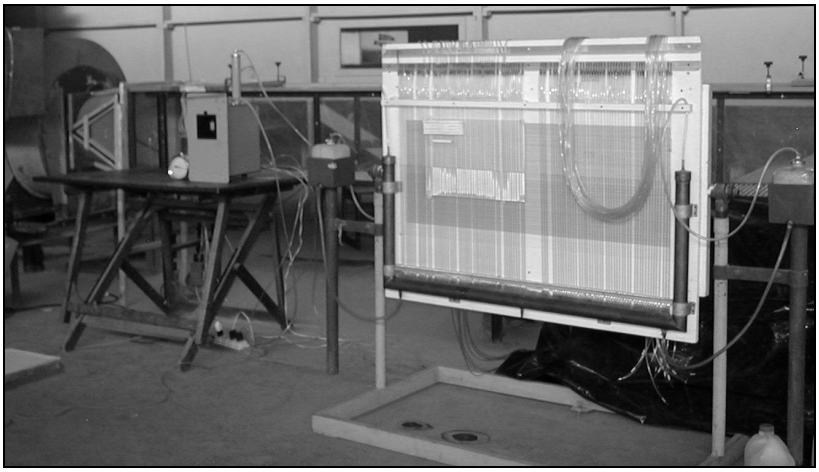

Figura 1. Vista del micromanómetro, multimanómetro y canal de aire.

El modelo se dispuso dentro del canal de aire y se seleccionaron 6 tomas de presión para efectuar la comparación. En primer instancia se efectuaron las mediciones con el micromanómetro de Betz. Este instrumental requiere la lectura individual de cada una de las tomas de presión, la cual implica una considerable cantidad de tiempo empleada en cada medición debido a que requiere de aproximadamente 2 minutos de espera hasta lograr una lectura estable. Se tomaron 4 lecturas de cada toma de presión. Posee una precisión de 1 Pa. En la Figura 2 puede apreciarse la disposición del modelo en el canal, las tomas de presión en el mismo, y el tubo Pitot-Prandtl que permite determinar la presión dinámica de referencia.

Figura 2. Disposición del ala y del tubo Pitot-Prandtl en el canal.

Tanto la presión dinámica de referencia, como la presión estática de referencia, se tomaron usando un tubo Pitot-Prandtl, colocado delante del modelo, para evitar la perturbación provocada por el modelo. En la Figura 3 se muestra un corte del perfil de ala con las tomas seleccionadas para efectuar la comparación. Las características del canal, están descriptas en la bibliografía [3,5,6]

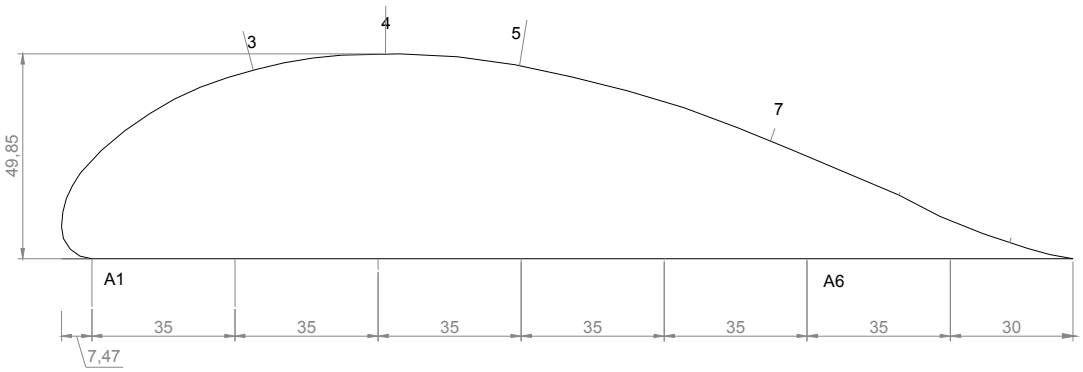

Figura 3. Dimensiones del perfil del ala y tomas seleccionadas (medidas en mm).

La acción estática del viento se determina empleando los coeficientes aerodinámicos, uno de los más importantes de estos coeficientes es el de presión Cp, y el cual se calcula con la Ecuación (1). Valores positivos de los coeficientes de presión corresponden a sobrepresiones y negativos a succiones [6].

$$Cp = \frac{\Delta p}{q} \qquad (1)$$

Donde Δp es la presión efectiva y q es la presión dinámica de referencia. La presión dinámica de referencia se la determina a partir del promedio de las lecturas obtenidas del tubo Pitot- Prandtl y se detallan en la Tabla 1.

Micromanómetro	Multimanómetro		
	0º	30º	45º
237,20	235,36	274,58	329,50

Tabla 1. Presión dinámica de referencia media (Pa).

En la Tabla 2 se especifican los valores medios de los coeficientes de presión obtenidos, resultantes del promedio de las cuatro lecturas realizadas en cada caso. Estos valores se encuentran graficados en la Figura 4, en la cual se aprecia la similitud en las determinaciones realizadas.

Toma	Micromanómetro	Multimanómetro		
		0º	30º	45º
3	-1,087	-1,167	-1,171	-1,167
4	-1,152	-1,2	-1,2	-1,19
5	-1,014	-1,05	-1,057	-1,036
7	-0,428	-0,433	-0,457	-0,429
A1	-1,443	-1,45	-1,47	-1,452
A6	-0,066	-0,017	-0,029	-0,024

Tabla 2. Coeficientes de presión medios determinados empleando el micromanómetro y el multimanómetro con diferentes inclinaciones, para el perfil con inclinación 0º.

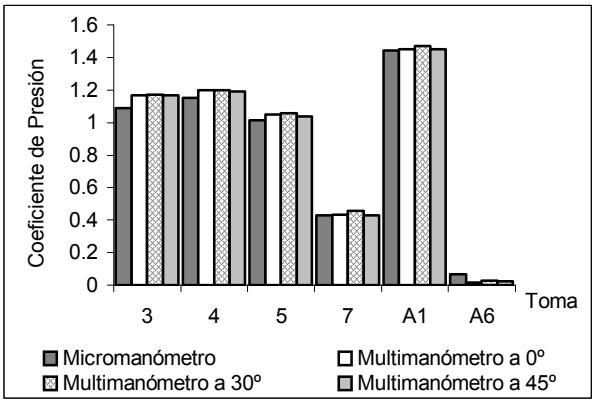

Figura 4. Coeficientes de presión medios determinados empleando el micromanómetro y el multimanómetro con diferentes inclinaciones, para el perfil con inclinación 0º.

En la Tabla 3, se determinó la diferencia en porcentaje que existe entre los valores de coeficiente de presión determinados con el multimanómetro respecto de los obtenidos con el micromanómetro.

Toma	Inclinación del multimanómetro		
	0º	30º	45º
3	7.4%	7.7%	7.4%
4	4.2%	4.2%	3.3%
5	3.6%	4.2%	2.2%
7	1.2%	6.8%	0.2%
A1	0.5%	1.9%	0.6%
A6	74.2%	56.1%	63.6%

Tabla 3. Diferencia entre los coeficientes de presión determinados con el multimanómetro respecto de los obtenidos con el micromanómetro.

Discusión de resultados

Aplicando la teoría exacta de muestreo (teoría de pequeñas muestras), se efectuaron ensayos de hipótesis para la comparación de diferencia de medias para cada toma de presión, utilizando un nivel de significación del 0,05 y del 0,01, suponiendo que ambas muestras, no poseen la misma desviación estándar.
Para el cálculo del estadístico *t*, se utilizó la siguiente expresión:

$$t = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\left(\frac{SD_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{SD_2^2}{n_2}\right)}} \qquad (2)$$

donde x es la media de cada muestra, μ es la media poblacional, SD es la desviación estándar de la muestra y n es el número de muestras. Este valor de t, se contrasta con $t_{\alpha;\,\upsilon}$ donde $\upsilon = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad. [7]

Se plantea la hipótesis nula, de que las medias muestrales de los coeficientes de presión obtenidos mediante el micromanómetro y el multimanómetro son iguales. Por lo tanto μ_1-μ_2 es cero. En la tabla 4 se muestra el resumen del análisis, toma a toma del modelo.

Toma	$SD_{micromanómetro}$	$SD_{multimanómetro}$	t	Grados de libertad		Rechazo al 5%	Rechazo al 1%
3	0,001	0,002	56,732	5		SI	SI
4	0,001	0,006	13,182	$t_{\alpha;\,\upsilon}$ (2 colas)		SI	SI
5	0,002	0,011	5,382	t	2,571	SI	SI
7	0,001	0,015	1,332	z 99	4,032	NO	NO
A1	0,002	0,011	2,233			NO	NO
A6	0,001	0,006	12,122			SI	SI

Tabla 4. Resultados de la comparación

De lo evaluado en la tabla 4, se puede concluir que con un ensayo bilateral al nivel de significación del 0,01 y 0,05 se puede aceptar la hipótesis nula de que las medias de las tomas 7 y A1 no presentan diferencia significativas. Esto es, que con ambos instrumentos se obtienen iguales coeficientes de presión en el ensayo. En el caso de las tomas 3, 4, 5 y A1, se rechaza la hipótesis nula de que sus medias son iguales a un nivel de significación del 0,05. Esta diferencia significativa en los valores se debe a una mala respuesta del multimanómetro. El error cometido con su empleo en los casos de las tomas 7 y A1es mínimo, no ocurriendo lo mismo en las tomas 3, 4, 5 y A7.

Conclusiones

El multimanómetro es sin lugar a dudas una herramienta que agiliza el ensayo al permitir la determinación de la presión en varios puntos de manera simultánea, y por este motivo recomienda su empleo en modelos que posean numerosas tomas de presión. La discrepancia en los valores medidos con el micromanómetro y el multimanómetro, se atribuye al estado actual del instrumento de medición, motivo por el cual se aconseja efectuar un procedimiento de limpieza, ajuste y reparación del multimanómetro. Se concluye que el uso del multimanómetro resulta conveniente cuando se desee determinar presiones medias y con una apreciación mínima de 8 Pa, de esta manera los resultados obtenidos serían confiables.

Bibliografía

[1] David Hill. Interactive Fluids Mechanics, CE 360. Teaching. Principles of Manometry. Manometers, 1999 http://www,engr,psu,edu/ce/hydro/hill/teaching/java/manometer,html
[2] Keane, Phillips. Hydrostatics and Manometry. Introduction to Fluid Mechanics. University of Illinois, College of Engineering, 2004. http://www,tam,uiuc,edu/courses/TAM235/Lab_manual/A,pdf
[3] Alvarez y Alvarez, Gisela M, - Castro, Hugo G, - Wittwer, Adrián R, - Marighetti, Jorge O, - De Bortoli, Mario E, - Natalini, Mario B, Diseño y construcción de un canal de aire en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003, T-051, http://www1,unne,edu,ar/cyt/2003/comunicaciones/cyt,htm
[4] Castro, Hugo G, - Alvarez y Alvarez, Gisela M, - Wittwer, Adrián R, - Marighetti, Jorge O, - De Bortoli, Mario E, - Natalini, Mario B, Relevamiento en vacío del nuevo canal de aire de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003, T-052, http://www1,unne,edu,ar/cyt/2003/comunicaciones/cyt,htm
[5] Castro, Hugo G, - Marighetti, Jorge O, - De Bortoli, Mario E, - Natalini, Mario B, Modificación de la intensidad de turbulencia en el canal de aire de la UNNE, Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003, T-054, http://www1,unne,edu,ar/cyt/2003/comunicaciones/cyt,htm
[6] Blessmann, Joaquim. Aerodinâmica das Construçoes. 2ª ed. Porto Alegre, Ed. Sagra, 1990.
[7] Renzo A.J.C. Teoría de pequeñas muestras, 2004 http://www.matematicas.net/paraiso/materia.php?id=ap_expmues