

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 1 de 7

INDICE

1. OBJETIVO
2. METODOLOGÍA
3. RESULTADOS
4. CONCLUSIONES
5. DOCUMENTACION DE REFERENCIA
6. ARCHIVOS AUXILIARES
7. HISTORIAL DE CAMBIOS

ELABORO	REVISÓ	APROBO
Nombre: NICOLÁS GUILLERMO COPPOLECCHIA JTP Fecha: 29/08/2023	Nombre: PABLO AGUILAR AYUD. DE 1ERA Fecha: 29/08/2023	Nombre: PABLO CARON DIRECTOR Fecha: 29/08/2023

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 2 de 7

1. OBJETIVO

Dejar registro de los mapeos realizados en la cámara de testeo del Túnel de viento mayor previo a las alteraciones mayores a las que será sometido. Se realizaron dos mapeos comparativos con el *HoneyComb* original. Luego se realizó un mapeo removiendo este dispositivo y se comparó con una simulación computacional.

2. METODOLOGÍA

El mapeo se realizó utilizando una sonda calibrada de 5 agujeros de desarrollo propio del Laboratorio montada en un sistema X-Y de movimiento sincronizado. Las 5 tomas de presión se conectaron a un sistema de adquisición de presiones denominado SAPY que es también desarrollo propio del Laboratorio. El sistema mide presiones durante 20 segundos en cada punto con una frecuencia aproximada de 100 Hz demostrando una incertidumbre menor al 4% sobre el valor medido. Se realizaron mediciones de presión en 400 puntos, se convirtieron los valores de presión a velocidad valiéndonos de una calibración realizada en el túnel de viento de calibración.

Se realizaron dos mapeos idénticos del túnel antes de remover el *HoneyComb* con las siguientes condiciones:

Parámetro	Valor
Presión atmosférica	101,200 Pa
Temperatura	16°C
Humedad Relativa	64 %
RPM	700

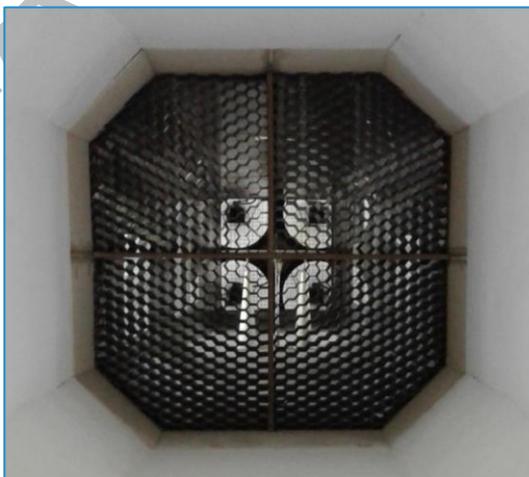


Figura 1. Ultima foto del *HoneyComb* montado

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 3 de 7

Posteriormente de remover el *HoneyComb* se realizó un mapeo final. Este mapeo fue el último realizado antes del proceso de remodelación integral del Túnel de viento mayor. Las condiciones del ensayo fueron:

Parámetro	Valor
Presión atmosférica	101,300 Pa
Temperatura	18,8°C
Humedad Relativa	78 %
RPM	700

Finalmente se realizó una simulación computacional del Túnel de viento mayor sin el *HoneyComb* original para comparar con un mapeo. El análisis se configuró en el software OpenFOAM®. Especificaciones de la configuración:

- **Geometría:** Se incluyó parte de la infraestructura del Laboratorio, principalmente los volúmenes lindantes a la contracción del Túnel. Se hizo un diseño 3D.
- **Mallado:** Se utilizó un mallador integrado llamado snappyHexMesh. Se tomó una malla base y se refinó la misma basándose en la geometría definida previamente. Se definieron niveles de refinamiento específicos para diferentes regiones y superficies, indicando el nivel de refinamiento de la malla en esas áreas. Se estableció una tolerancia relativamente baja para la no-ortogonalidad de las celdas. Se establecieron diversos controles de calidad de malla que permitieron hallar la convergencia de la misma.

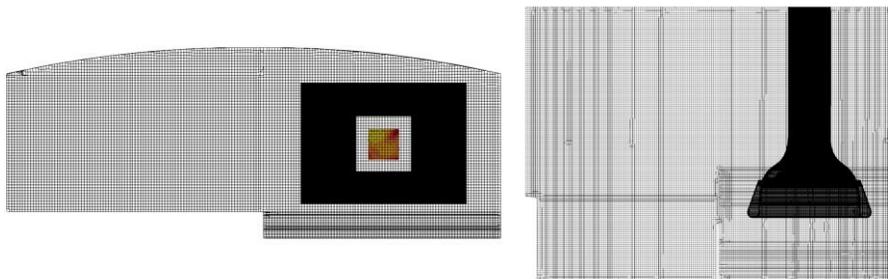


Figura 2. Vistas frontal y superior del mallado.

- **Modelo de turbulencia:** Se utilizó el tipo de Simulación de las Aproximaciones de Reynolds, donde las ecuaciones de Navier-Stokes se promedian para obtener un conjunto de ecuaciones que describen el comportamiento promedio del flujo. El modelo de turbulencia elegido fué el k- Ω SST (Shear Stress Transport) por ser un modelo robusto, de aplicación general y buena precisión cerca de los contornos. Se hizo una estimación inicial de la energía cinética de la turbulencia y de la tasa específica de

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 4 de 7

disipación según las recomendaciones expuestas en la guía del software [4].

- **Condiciones Iniciales:** Se representó la planta de poder del túnel de viento imponiendo una velocidad media aguas abajo de la cámara de testeo.
- **Solver:** Se utilizó SimpleFoam porque se deseaba conocer la velocidad media de la solución

3. RESULTADOS

La diferencia entre los dos mapeos idénticos realizados con el *HoneyComb* montado es menor al 7% sobre la velocidad nominal para cualquiera de los 400 puntos mapeados. Para llegar a este resultado se realizó la resta de los 400 vectores velocidad obtenidos punto a punto como se muestra en la Figura 3. De esta manera se valida el procedimiento de medición.

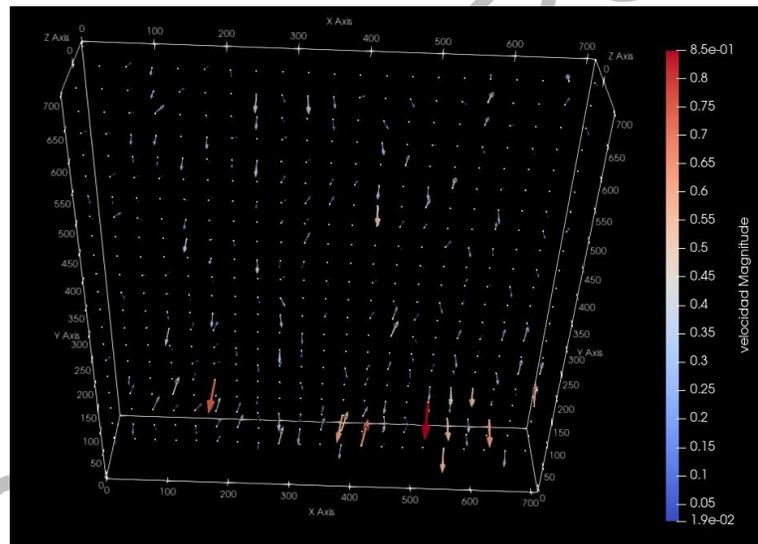


Figura 3. Resto de vectores punto a punto de ambos mapeos

En la Figura 4 se muestra el resultado del mapeo. El contorno negro indica el límite geométrico de la cámara de testeo, ubicación en la que se realizó la medición. El plano transversal de la cámara de testeo tiene una dimensión aproximada de 127cm^2 . La superficie mapeada alcanza los 70cm^2 . En el gráfico se puede ver la magnitud de la velocidad en una escala de rojo a amarillo. Se puede apreciar con claridad la caída de velocidad generada por la cruz del *Honeycomb*. La magnitud de la velocidad varía desde los 12 m/s en las posiciones alineadas con la cruz hasta los 14 m/s en las zonas que no están alineadas. Por otro lado, en la escala de colores azules se pueden ver las componentes de la velocidad contenidas en el plano utilizando la descomposición de Reynolds. Donde:

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 5 de 7

$$u(x) = u(x) + u'(x)$$

La VR es la parte desviadora de la magnitud del vector velocidad media en el plano. Es decir, que el vector VR está conformado por el vector velocidad en el plano menos la velocidad media respectiva a cada componente. La descomposición de Reynolds tiende a revelar más vórtices porque los vórtices frecuentemente se mueven a velocidades cercanas a la velocidad media local [3]. Se observa claramente la presencia de cuatro vórtices, uno por cada cuadrante del *Honeycomb*. Se observa, además una estructura secundaria en el cuadrante superior izquierdo. Se puede ver claramente que en los cuadrantes superiores la velocidad media tiende hacia arriba y en el inferior hacia abajo. Se presume que estos vórtices son generados por desprendimientos en la zona de la cruz. Probablemente se encuentren en un rango de baja frecuencia por su escala con respecto al diámetro hidráulico del túnel.

Por lo tanto, a priori se observa que la zona de testeo presenta una baja uniformidad de velocidad y fluctuaciones probablemente a baja frecuencia. En este rango de frecuencias se producen fluctuaciones en la presión dinámica, ángulo de ataque y deslizamiento lateral, lo que puede llevar a errores en las mediciones estáticas [2].

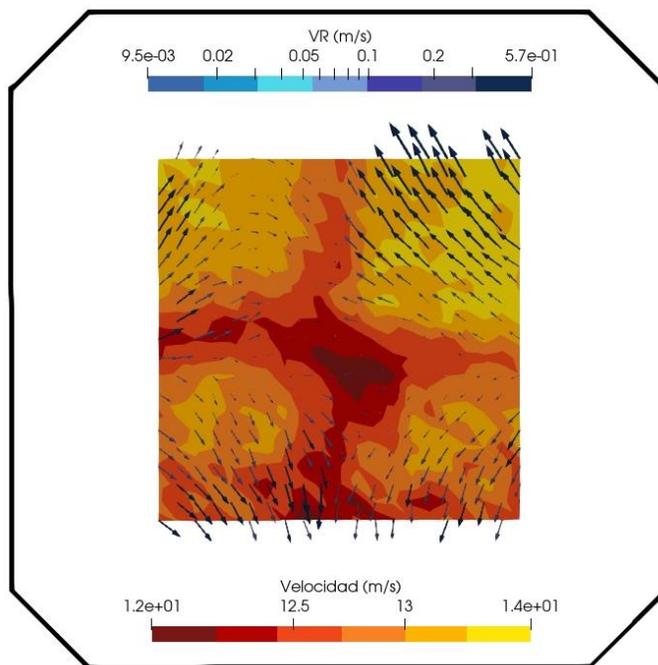


Figura 4. Resultado del Mapeo con el *HoneyComb*

El mapeo que se observa en Figura 5 izquierda, fué realizado con la misma metodología que el explicado en detalle en la Figura 4. La única diferencia es que se removió físicamente el

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 6 de 7

HoneyComb del túnel de viento. A continuación, se compara el mapeo con la simulación en la misma región de 70 cm² ubicada dentro de la cámara de testeo. El rango de velocidades obtenido se encuentra en el mismo orden de magnitud, tanto para la Velocidad como para las VR. En cuanto a la estructura vorticosa presente en la esquina superior izquierda se observa una diferencia de sentido y de magnitud. En cuanto a la distribución de la Velocidad se observan diferencias relevantes. El mapeo presenta una distribución más uniforme, mientras que en la simulación, se manifiesta un sesgo en Velocidad en torno al vórtice superior.

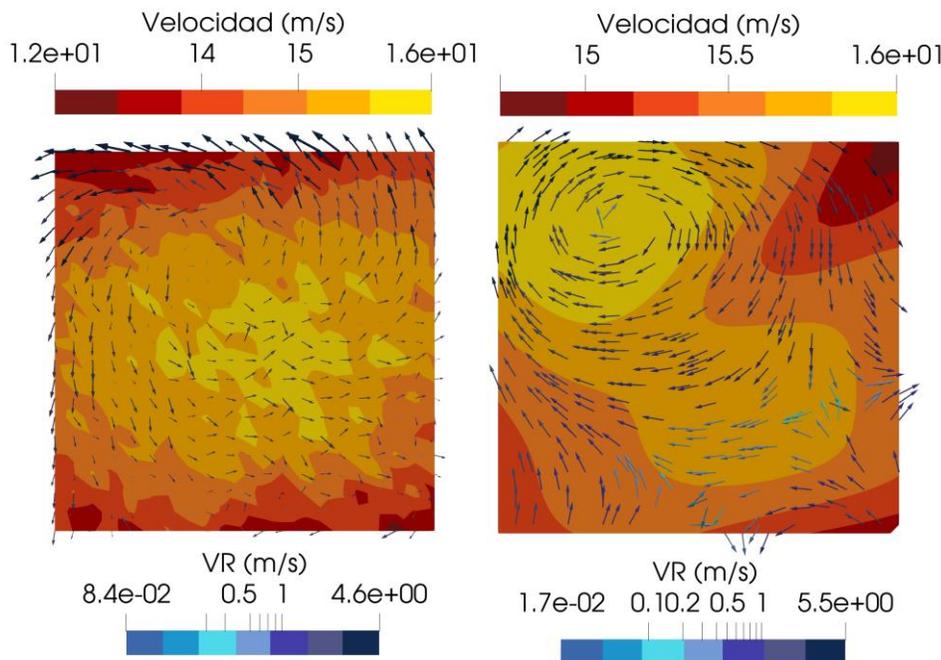


Figura 5. Resultado del Mapeo con el *HoneyComb*

4. CONCLUSIONES

La calidad del flujo en la cámara de testeo actual no es adecuada para simulaciones estáticas. La inestabilidad de flujo en bajas frecuencias impide una similitud precisa entre el modelo estudiado y su contraparte a escala real [2]. Según Barlow, la variación en la distribución de velocidades dentro de la cámara de testeo no debería exceder el 0.25% de la velocidad media [1]. Sin embargo, el túnel muestra variaciones superiores al 10%, además de una angularidad elevada. El próximo paso es refinar el modelo computacional excluyendo el *HoneyComb*. Para esto se propone hallar y comparar con soluciones dependientes del tiempo. Posteriormente, modelar la nueva cámara de testeo y compararlo con un mapeo post-construcción. Finalmente, utilizar un modelo computacional para identificar y rectificar posibles fuentes de perturbaciones no deseadas en el proceso de calibración del túnel.

	DESARROLLOS, MEJORAS Y MANTENIMIENTO	REG-DMM--411
	REGISTRO MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023	Revisión 00
		29/08/2023
		Pág. 7 de 7

7. DOCUMENTACION DE REFERENCIA

1. Rae, Pope, "Low-Speed Wind Tunnel testing", second edition, John Wiley & Sons, USA, 1984. 123-125. 222-223.
2. F. Kevin Owen, Andrew K. Owen, Measurement and assessment of wind tunnel flow quality, Progress in Aerospace Sciences, Volume 44, Issue 5, 2008
3. Adrian, Ronald & Christensen, Kenneth & Liu, Z.-C. (2000). Analysis and interpretation of instantaneous turbulent velocity fields. Experiments in Fluids. 29. 275-290. 10.1007/s003489900087.
4. Greenshields, Christopher. (2023). OpenFOAM v11 User Guide. The OpenFOAM Foundation. London, UK. U25-U26 .Disponible en: <https://doc.cfd.direct/openfoam/user-guide-v11>

8. ARCHIVOS AUXILIARES

- ACU-DMM-- 410 MAPEOS DEL TUNEL MAYOR 2023_Rev00.docx
- ACU-DMM-- 413 MEDICIÓN A 400 PUNTOS CON HONEYCOMB_Rev00.zip
- ACU-DMM-- 414 MEDICIÓN B 400 PUNTOS CON HONEYCOMB_Rev00.zip
- ACU-DMM-- 415 ARCHIVO DE CALIBRACION SONDA 5A 2023_Rev00.csv
- ACU-DMM-- 412 CFD TUNEL MAYOR SIN HONEYCOMB 2023_Rev00.zip
- ACU-DMM-- 418 MEDICIÓN 400 PUNTOS SIN HONEYCOMB_Rev00.zip

9. HISTORIAL DE CAMBIOS

Revisión	Descripción del Cambio	Nombre/Cargo quien solicita cambio	Fecha Aprobación