

SIMULACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL VIENTO ALREDEDOR DE UNA VIVIENDA

V. Molina, N. Salvo, M. Villena

INENCO – Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - (4400) – Salta – Argentina
Tel: 54-387-4255424 Fax: 54-387-4255489

E-mail: molinav@inenco.net – nahuel@unsa.edu.ar - maiver@inenco.net

RESUMEN: Este trabajo muestra resultados que permiten analizar el flujo de fluido que rodea a un cuerpo. Los mismos fueron obtenidos a partir de simular el fenómeno utilizando un código en FORTRAN que implementa el Método de Elementos Finitos (MEF). La simulación considera el problema en forma tridimensional (3D). En una primera etapa se utilizó un cubo de dimensiones 1 m por 1 m por 2 m en x, y, z respectivamente y luego, en una segunda etapa, se empleó la vivienda perteneciente a la Universidad Nacional de Salta que está ubicada en la localidad de Payogasta. Se muestran diferentes magnitudes relacionadas con el flujo (campo de velocidades, energía cinética turbulenta, distribución de presión, etc). Dichas variables se muestran en diferentes cortes.

Palabras claves: simulación 3D, elementos finitos, mecánica de fluidos

INTRODUCCIÓN

Una de las estructuras más llamativas en un flujo de fluidos es la generación de remolinos. Estos son producidos principalmente por la presencia de objetos sólidos en la corriente, lo que se traduce en una drástica alteración del flujo aguas abajo. En el caso de considerar el viento como fluido de interés, este varía constantemente. Estas fluctuaciones en las características del viento son producidas entre otros factores por las condiciones climáticas, por la orografía del lugar y también por la presencia de obstáculos (arboledas, viendas, edificios, etc.).

Las diversas alteraciones que sufre un flujo (viento) están en todas direcciones y por lo tanto un estudio muy detallado del mismo debería ser realizado a lo largo de las mismas. A partir de esta idea, de analizar un flujo en forma tridimensional, se realizó una simulación numérica de un flujo de fluido. En la corriente se consideró un cuerpo de geometría conocida, con el objeto de analizar diversas variables fluidodinámicas en todas direcciones.

Con la idea de ajustar correctamente el programa, que sería el responsable de realizar la simulación numérica, se propuso como cuerpo a un cubo cuyas dimensiones fueron 1 m por 1 m por 2 m en x, y, z respectivamente. Posteriormente, una vez analizado el comportamiento de los datos se procedió a diseñar la geometría de una vivienda, en particular se consideró la casa que pertenece a la Universidad Nacional de Salta que esta ubicada en la localidad de Payogasta (Salta).

Las diferentes geometrías fueron realizadas utilizando un pre y post procesador gráfico (GID), el cual tiene la particularidad de poder diseñar la geometría a ensayar y además generar la malla de elementos finitos a utilizar. Para ambas geometrías se utilizó una malla estructurada con concentración de elementos en las zonas de interés y los elementos utilizados fueron hexaédricos (ocho nodos).

Para todas las figuras que se muestran a continuación el flujo incide siempre desde la izquierda, salvo que se muestre en perspectiva. Para el caso del cubo la velocidad que se utilizó fue de 1m/s pero en el caso de la vivienda se propuso una velocidad de 3 m/s que corresponde a un viento promedio típico en la zona de Cachi (Salta) en ciertas épocas del año.

PRIMERA ETAPA - ANALISIS DE UN CUBO - PRE PROCESO Y POSTPROCESO GRAFICO

En esta primera etapa se trabajó con una geometría sencilla con el propósito de poder analizar correctamente, en función de la bibliografía consultada, las diferentes variables relacionadas con el fenómeno bajo estudio. La malla de elementos finitos se muestra en la figura 1, la misma contiene 5347 elementos y 6420 nodos (solo se muestra la parte externa de la misma).

Se observa en la figura 2 el post – proceso para la Energía Cinética Turbulenta. En la figura 2 (izquierda) se muestra un corte del sistema con un plano vertical que pasa por el medio del cubo, en cambio en la figura 2 (derecha) se presenta lo que sucede sobre un plano horizontal que se encuentra a 0.5 m contando desde el piso.

Puede observarse claramente en las figuras, el fenómeno de desprendimiento del flujo (generación de estela). La escala de colores representa desde el rojo (mayor energía), al azul (menor energía). Si bien se cuenta con más resultados, solo se muestran las figuras mencionadas, ya que en esta etapa solamente se pretende ajustar los diversos parámetros del programa, con el objeto de poder analizar lo que se explica en la posterior etapa del trabajo.

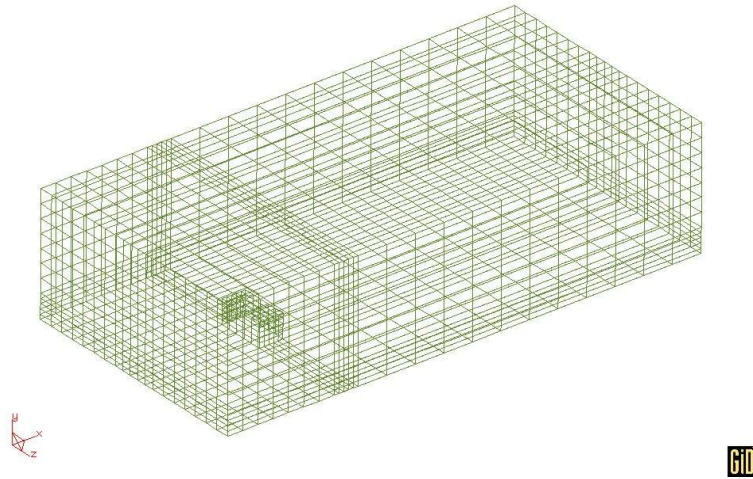


Figura 1: Malla de elementos finitos utilizada

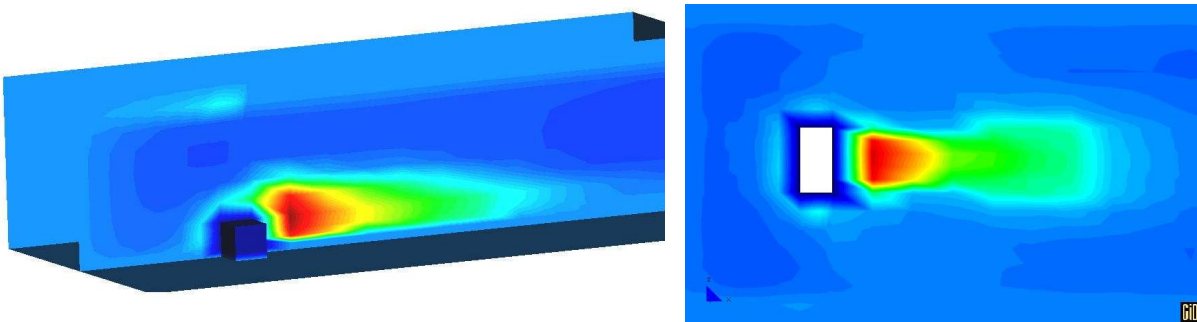


Figura 2: Energía Cinética Turbulenta (vista en un plano medio vertical – plano horizontal nivel del piso)

SEGUNDA ETAPA – ANALISIS DE UNA VIVIENDA - PREPROCESO Y POSTPROCESO

En una segunda etapa, como se ha mencionado, la geometría en interés es el de una vivienda. Se muestra la malla de elementos finitos utilizada que está compuesta por 11716 elementos con 13635 nodos y es estructurada con concentración de elementos en las zonas de interés.

Puede observarse en la misma figura, la parte externa de la malla de elementos finitos. También se muestran las dimensiones laterales de la vivienda.

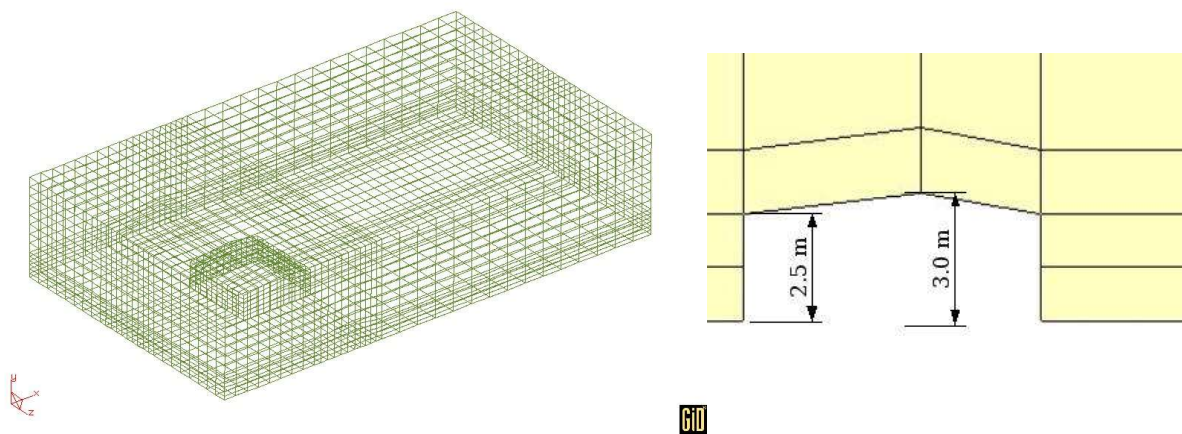


Figura 3: Malla de elemtos finitos utilizada para la simulación en 3D – Dimensiones laterales.

La figura 4, muestra los planos utilizados para el análisis de las diferentes variables relacionadas con el fenómeno bajo estudio. Los planos horizontales se encuentran distribuidos de la siguiente forma: contando desde el piso sobre un eje vertical un primer plano a una altura de 1.25 m, un segundo plano se encuentra a una altura de 2.50 metros, el cual coincide con la base del techo de la vivienda; y por último un tercer plano que se encuentra a altura de 3.5 m, lo que significa que

esta ubicado por encima de la vivienda. (ver figura 3)

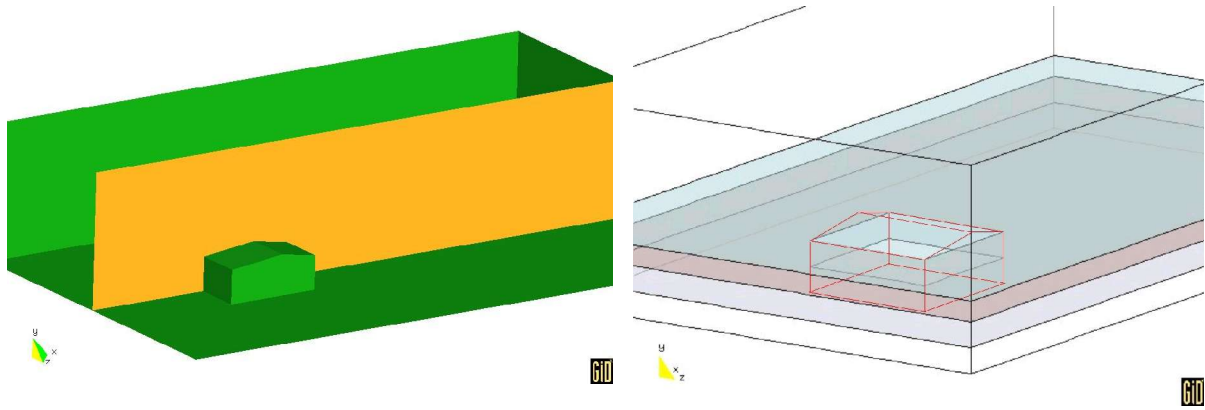


Figura 4: Planos utilizados en el análisis en 3D. (a) vertical (b) horizontales

En la figura 5 se muestra variables relacionadas con el flujo. En la misma puede observarse la variación de la energía cinética turbulenta para los distintos planos mencionados.

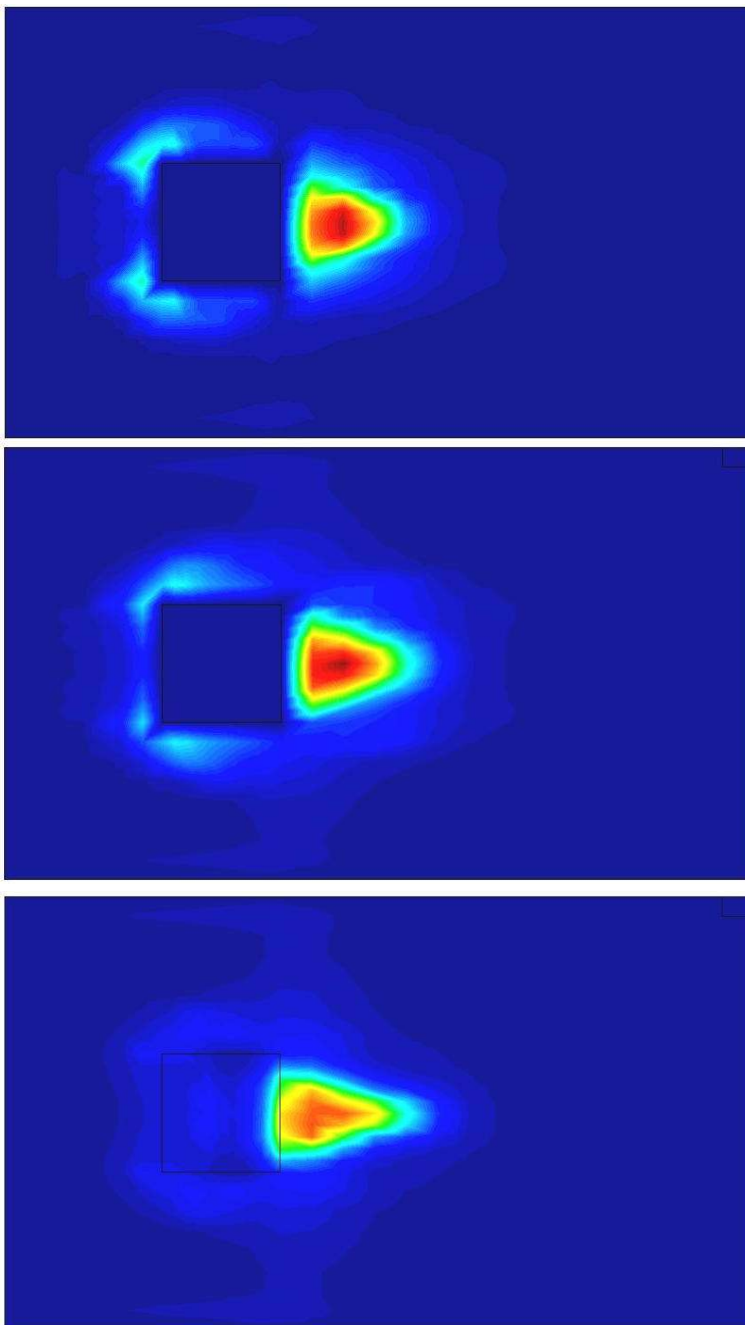


Figura 5: Energía Cinética Turbulenta

Esta figura debe compararse con lo que sucede en la figura 6, donde se muestra la misma variable pero en un plano vertical.

Este plano vertical corta a la vivienda en su parte media.

Las figuras fueron generadas utilizando GID en la opción de post-proceso a partir de la función *contour fill*.

Considerando la figura 5, la primera corresponde a un plano que está a mitad de altura, la segunda en la base del techo y la tercera por arriba del techo. Se aprecia perfectamente comparando las figuras entre sí como se disipa la energía cinética a medida que se asciende en la estela generada por detrás del edificio.

En las dos primeras figuras, adelante de la vivienda, se observa que también hay un cambio en la energía cinética del fluido. Este cambio hace que sobre los bordes, en particular en los ángulos superiores e inferiores, se produzca una variación de la energía cinética.

Este fenómeno no se aprecia en la tercer imagen porque ella representa lo que sucede en un plano que está sobre la vivienda por arriba del techo.

En la figura 6 se muestra en un plano vertical, lo que anteriormente fue explicado. De la misma figura podemos deducir, que la perturbación generada por la presencia de la vivienda en el flujo, se propaga aguas abajo y su influencia perdura inclusive hasta casi una distancia del orden de magnitud de dos veces la longitud de la vivienda. (dirección x)

En la figura 7 se aprecia la distribución de velocidades alrededor del edificio sobre dos planos, uno vertical y otro

horizontal que en un principio está de acuerdo con lo deducido precedentemente.

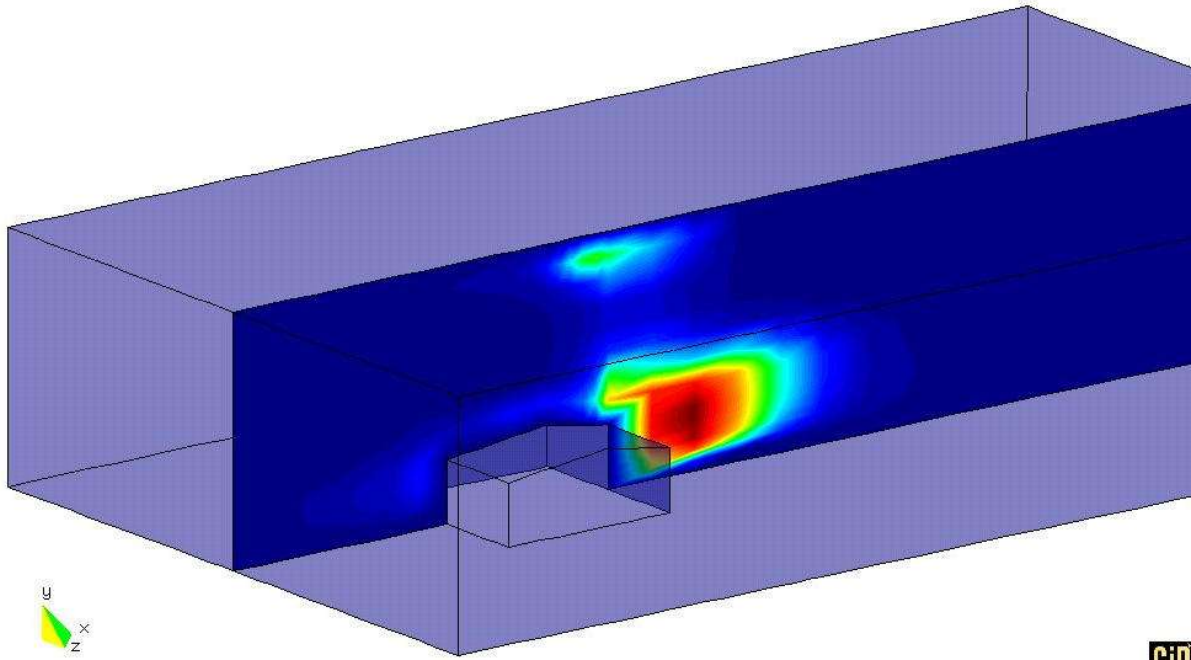


Figura 6: Energía Cinética Turbulenta – Plano medio vertical

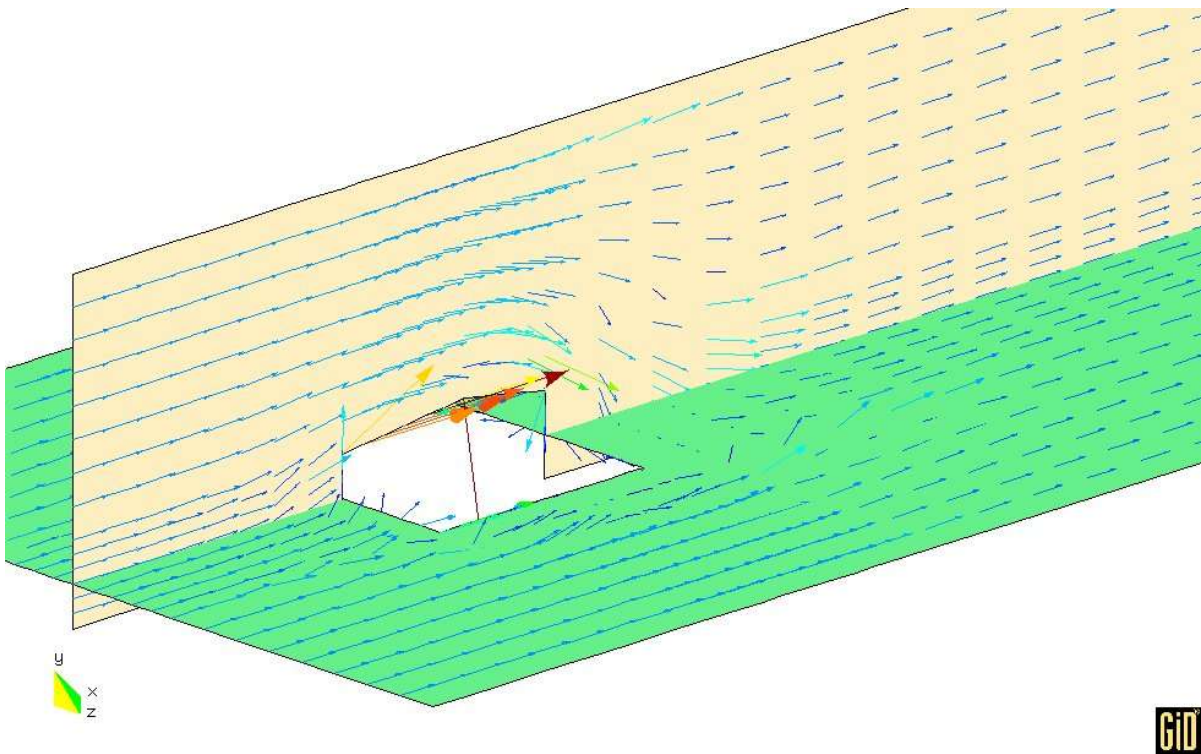


Figura 7: Distribución de velocidad – Plano medio vertical y horizontal

Se puede observar, en el plano vertical, que los vectores velocidad cambian su dirección a medida que se aproximan al obstáculo. Luego cuando el fluido pasa sobre la vivienda, la velocidad cambia de magnitud, para retornar a su valor inicial a una cierta distancia por detrás del objeto.

En el plano horizontal, los vectores velocidad tienden a envolver a la vivienda y sobre los costados de ella se aprecia que los mismos, no solo cambian su módulo sino también su sentido. Esto está de acuerdo con lo deducido anteriormente. Esta zona esta caracterizada por vórtices de diferentes tamaños, lo que puede apreciarse claramente en la figura 8.

En la misma, se muestran las líneas de vorticidad contenidas en el plano medio. Recordemos que una línea de vorticidad se define de manera análoga a una línea de corriente.

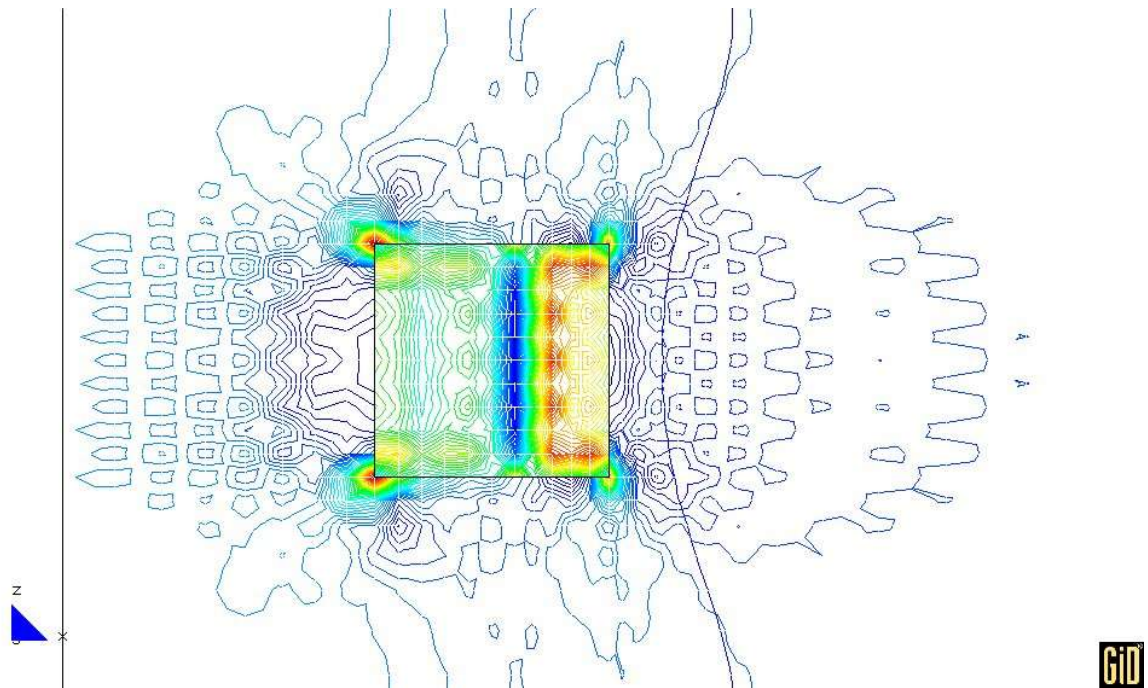


Figura 8: Vorticidad - Plano medio horizontal y sobre el techo de la vivienda

El plano medio está a 1.25 m del piso, y simultáneamente se muestra el techo de la vivienda. La escala de colores debe interpretarse de forma tal que el azul es baja vorticidad (menor tamaño) y el rojo corresponde a un máximo de vorticidad (mayor tamaño). Hacia adelante de la vivienda, para el flujo incidente, el mismo presenta cierta turbulencia, caracterizada por vórtices de menor tamaño pero con una distribución relativamente uniforme.

Puede observarse la simetría del fenómeno, además queda claro del análisis de la figura que los vértices de la vivienda son generadores de vórtices. Recordando la figura 3 el techo tiene dos pendientes, la pendiente que mira al flujo hace que la vorticidad disminuya y luego sobre la parte que mira hacia atrás (derecha) es donde se generan los vórtices de mayor intensidad.

Otro aspecto importante es que la simulación predice una amplificación de la perturbación, generada por la presencia del edificio, aguas abajo. Esto se deduce a partir del hecho de que las líneas de vorticidad, por detrás de la vivienda, están mucho más espaciadas, lo que permite concluir que el tamaño de los vórtices, generados inicialmente por la vivienda, son transportados por el flujo medio amplificándose de acuerdo a su desplazamiento.

La figura 9, muestra la distribución de presión, predicha por la simulación numérica, sobre las paredes.

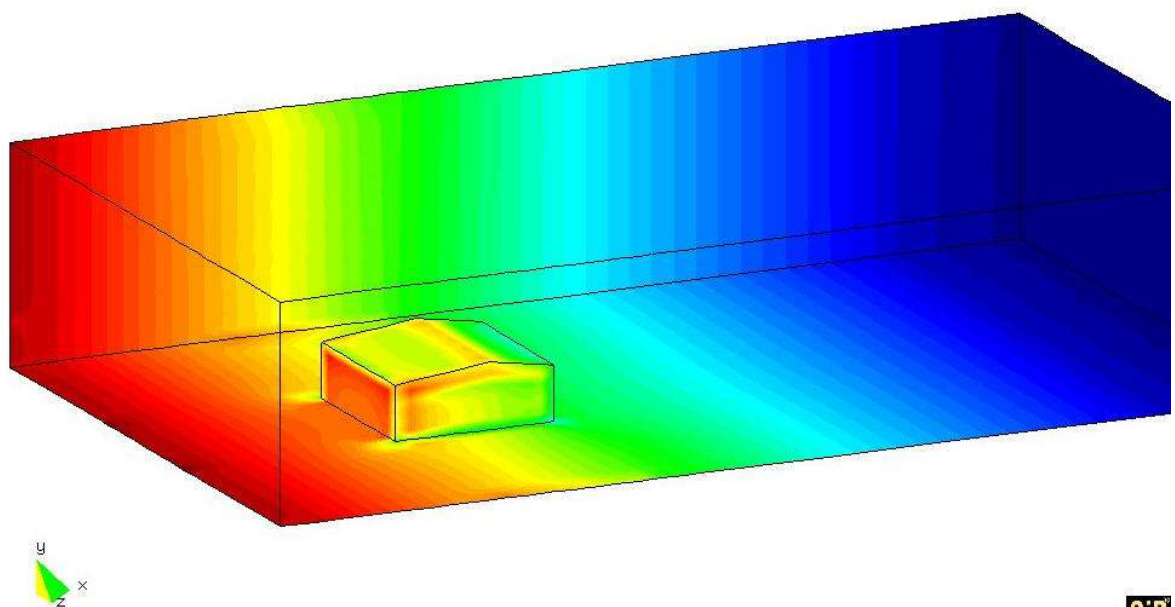


Figura 9: Distribución de presión - Contorno completo de la vivienda

La escala de colores debe interpretarse de forma análoga que en la figura anterior. En la zona frontal la presión es máxima, pero la simulación predice un aumento de la presión ejercida por el fluido en los laterales de la casa. La causa de este aumento en la parte lateral puede ser explicada a partir de la generación de vórtices en esta zona.

CONCLUSIONES

La bibliografía consultada, con respecto a distribuciones de velocidad, para prototipos de geometría semejante a la simulada, pero ensayadas en túneles de viento muestran que las distribuciones de velocidad son semejantes a las obtenidas (figura 7). A partir de este hecho es de esperar que las diferentes variables fluidodinámicas se comporten de manera similar.

De los datos mostrados se puede deducir inicialmente que se cuenta con una herramienta de diseño apropiada para caracterizar un flujo de fluido considerando un análisis tridimensional. Si bien los datos se muestran en forma cualitativa, el programa permite determinar en forma cuantitativa los fenómenos estudiados. No se muestran estos últimos porque a este respecto sería conveniente contrastar la simulación numérica con datos medidos sobre algún prototipo.

Una vez validado correctamente el código utilizado, se podrá simular fenómenos que tienen que ver con infiltraciones o pérdidas de energía por efectos convectivos. A este respecto se está trabajando para incorporar fenómenos de generación interna de calor o pérdida de energía por efecto de la acción del viento. Una aplicación directa del uso de este tipo de programas es el estudio del acondicionamiento térmico de una vivienda.

Si bien se muestra en el trabajo que el viento incide en forma frontal a la vivienda, la versatilidad del método permite diseñar el problema considerando otras orientaciones de la vivienda. Por ejemplo la misma puede estar ubicada en forma oblicua con respecto a la dirección principal del flujo.

El principal problema, en este tipo de simulaciones, es el tiempo de procesamiento necesario para arribar a algún resultado. En nuestro caso se trabajó con una PC equipada con un microprocesador AMD Athlon XP 1800 y para realizar la tarea completa se invertía en el orden de 72 hs. Esta capacidad de máquina restringe sustancialmente la cantidad de elementos a utilizar, lo que se traduce muchas veces en la imposibilidad de concentrar más los elementos en las zonas de interés.

BIBLIOGRAFIA

O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor (1989) "El método de los elementos finitos. Mecánica de sólidos y Fluidos. Dinámica y no linealidad". - Fourth Edition - Vol 2 - Mc Graw Hill.

O. C. Zienkiewicz and R. L. Taylor (1989) "The finite element method". - Fourth Edition - Vol 1 - Mc Graw Hill.

Hinze J. "Turbulence". - Mc Graw Hill.

L. Quarnapelle - Birkhauser (1993) "Numerical Solution of the incompressible Navier Stokes equations". International series of numerical mathematics - isbn 0-8176-2935-1.

R. Codina (1993) "A finite element formulation for viscous incompressible flow". - Monografía CIMNE.

R. Codina (1993) "A finite element formulation for the numerical solution of the convection - diffusion equation". - Monografía CIMNE.

N. Salvo, I. De Paul (1998) "Aerodinámica de cuerpos romos con geometría similar a la de un destilador solar" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.

Molina, V. Salvo, N. (2003). Simulación en 2D del efecto de viento sobre una vivienda utilizando diferentes modelos de viscosidad. - AVERMA Vol.7 N°2 pags 8.127 – 132.

ABSTRACT

This work shows results that allow to analyze the flow of fluid which it surrounds to a body. The results were obtained from simulating the phenomenon using a code in FORTRAN that implements the Method of Elementos Finitos (MEF). The simulation considers the problem in three-dimensional form (3D). In one first stage I am used a bucket of dimensions 1 m by 1 m by 2 ms in x, and, z respectively and soon, in one second stage, the house that belongs to the National University of Salta that this located in the locality of Payogasta. Are different magnitudes related to the flow (field of speeds, turbulent kinetic energy, distribution of pressure, etc). These variables are in different cuts.

Keywords: 3D simulation, finite elements, fluid mechanics.