

Modelización Numérica y Virtualización de Edificios Históricos. Interface GiD-Sap2000-VRML

Muñoz Salinas, Francisco. Maristany i Carreras Jordi

Abstract:

La modelización numérica de edificios históricos representa, actualmente, una herramienta prácticamente imprescindible para entender su comportamiento estructural, más si de lo que se trata es de asumir un estudio para su conservación y/o rehabilitación. Actualmente, la mayoría de los programas informáticos de simulación numérica de edificios arquitectónicos se dividen en tres partes: El Preproceso, el cual prepara toda la información necesaria (geometría, condiciones de borde, cargas, etc.); el Análisis, donde se desarrollan todos los cálculos y el Postproceso donde se analizan y toman decisiones en base a los resultados obtenidos en los pasos anteriores.

Es en este último punto donde el usuario de los programas de cálculo se encuentra con las mayores dificultades de interpretación de resultados. Unos resultados demasiado numéricos, con la interminable lista de números y valores no es lógicamente la mejor manera de abordar el problema y una salida gráfica de los mismos no está actualmente excesivamente desarrollada debido a la falta de memoria que tradicionalmente han venido sufriendo los ordenadores que se utilizan habitualmente para resolver esta clase de problemas. Por ello, es importante contar con herramientas tanto de hard como de soft que permitan visualizar los datos obtenidos. Actualmente, empieza a aparecer cantidad de programas de análisis estructural que tienen sus postprocesos muy avanzados, pero siguen teniendo limitaciones de visualización en el espacio: Operan solo en dos dimensiones. Por éste motivo, este trabajo pretende integrar los diferentes programas de cálculo que existen con los de representación gráfica en el espacio. De esta manera, la visualización de los resultados numéricos (valores tensionales, de esfuerzos y de deformación) puede ser mucho más interesante. Se trata de permitir a los usuarios navegar virtualmente a través de cualquier estructura en 3D y poder comprender su comportamiento. Resumiendo, esta investigación tiene como finalidad el desarrollar una interface entre los programas comerciales de cálculo de estructuras y los de representación gráfica y virtual en 3D, con aplicación práctica a edificios históricos. Al final se desarrolla un ejemplo practica particularizado en el Sagrario de la Catedral de la ciudad de México.

1. Introducción.

En la actualidad el estudiante de arquitectura se encuentra notablemente desconcertado para analizar la gran cantidad de información, numérica y gráfica, que lo proporciona los programas de cálculo.

Uno de los problemas que comporta el análisis de resultados a través de su lectura en formato de datos numéricos es de que se le hace muy difícil entender fácilmente las dimensiones del problema, aparte de tener que interpretar naturalmente cada uno de los valores que se presentan. Debido a esto, cada vez más investigadores apuestan por un sistema basado en los resultados gráficos.

Su representación, en la mayoría de los programas comerciales, pero, aun es muy poco interactiva y con limitadas herramientas de visualización.

De ello se deduce de que es importante que el universitario pueda contar con programas informáticos que le permitan visualizar, de manera ágil y sencilla, los resultados gráficos de cualquier análisis de estructuras arquitectónicas, y así, poder hacer una interpretación rápida y correcta de ellos.

2. Metodología para el análisis estructural de un edificio arquitectónico, a través de entornos gráficos.

En consecuencia, dentro de la construcción de un modelo existen tres procesos a desarrollar:

- a. El primero, llamado *Preproceso*, en el cual se define todo lo relacionado a la geometría del edificio, y entrada de datos en general.

- b. El *Análisis*, donde, dependiendo del tipo de problema, se aplican las distintas teorías de análisis estructural (sistema de barras, de placa, elasticidad bi y tridimensional, etc.).
- c. Y por último el *Posproceso*, que es la manera de visualizar los resultados numéricos a través de gráficos.

Analicemos cada uno de ellos :

2.1 El *Preproceso*:

Su problema fundamental radica en la generación de un modelo numérico de la estructura a estudiar. Por esta razón, la modelización, para su cálculo posterior, puede llegar a ser compleja y esto crea la necesidad de utilizar programas de dibujo (*CAD*) para su realización..

En resumen, el *preproceso* es: la generación de entidades de dibujo de una geometría primitiva de la estructura. Esto significa, dibujar la estructura que se quiere estudiar y a su vez realizar una *discretización* suficiente de ella (generación de la malla).

Una vez que se tiene esta discretización, se graban los datos en un archivo, en nuestro caso con la extensión **.dxf*, el cual, proporcionará todos los datos que sean necesarios para su posterior análisis : Nodos, coordenadas de los mismos, elementos de la malla, así como la conectividad entre ellos.

Estos datos serán posteriormente interpretados por un programa de Elementos Finitos, junto con sus respectivos datos estructurales tales como: materiales, condiciones de contorno, etc.

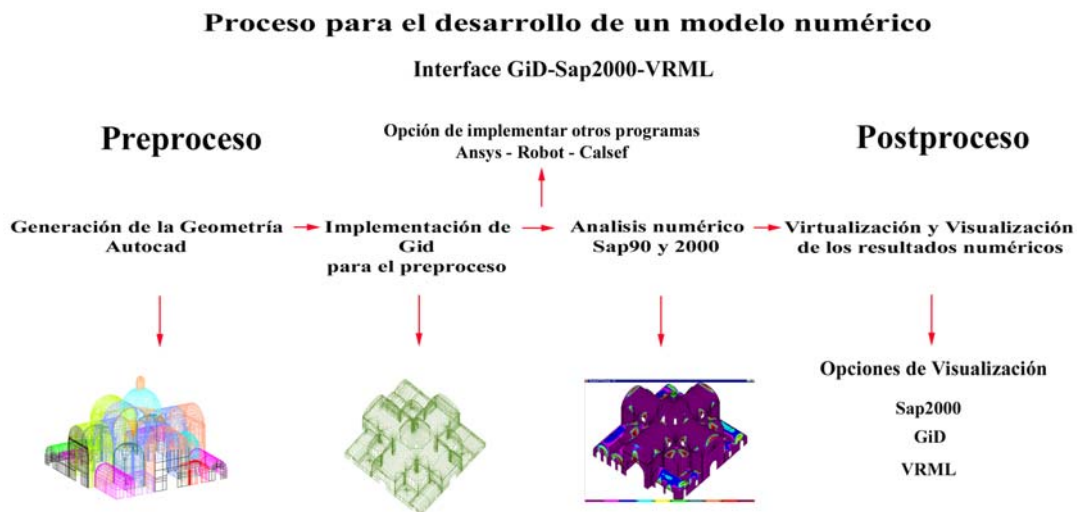


Fig. 1 -Metodología del Preproceso y Postproceso-

2.2 El *Análisis*:

En la actualidad, el Cálculo de Estructuras se realiza mediante programas informáticos cada vez más avanzados y sofisticados. Al mismo tiempo se implementan nuevos métodos de cálculo, que nos permiten conocer de forma ágil y fácil el comportamiento estructural de cualquier género de edificio.

Uno de ellos, el Método de los Elementos Finitos, es actualmente gracias a la informática, una de las herramientas más utilizadas para el cálculo de estructuras entre estudiantes, profesionales e investigadores.

Dentro del cálculo numérico, las estructuras de barras se pueden expresar a través de un número limitado de ecuaciones como sería el caso del conocido cálculo matricial. Desgraciadamente la mayoría de estructuras tienen un comportamiento continuo por lo que su representación partiendo de este número mínimo de estas ecuaciones obliga a simplificar notablemente el modelo con la consiguiente pérdida de exactitud de los resultados obtenidos.

Para poder realizar un análisis más aproximado de estas estructuras se precisa la integración de las ecuaciones diferenciales de equilibrio de cada una de las partes que forman la estructura.

Dentro de las estructuras continuas más comunes en arquitectura, podemos encontrar muros de contención, depósitos de agua, cúpulas, forjados planos, etc. A pesar de que todas las estructuras continuas son tridimensionales existen algunos casos en los cuales se pueden describir sus comportamientos por medio de modelos unidimensionales (tal es el caso de las estructuras de barras), bidimensionales (elasticidad bidimensional, teoría de placas) o sólidos tridimensionales.

Actualmente, podemos afirmar que el Método de los Elementos Finitos, es una de las herramientas más potentes para el cálculo de estructuras uni, bi, o tridimensional.

Cualquier usuario puede entenderlo perfectamente, siempre y cuando tenga unos mínimos conocimientos básicos tanto de cálculo matricial de barras, informática y programación, así como de resistencia de materiales.

2.3 El *postproceso*

Una vez realizado el análisis numérico de la estructura a estudiar, el siguiente paso es la interpretación de los resultados. Para ello, los programas comerciales más utilizados (Sap2000, GiD) permiten una visualización gráfica de los valores tensionales, esfuerzos y deformaciones.

En esta investigación se ha desarrollado la interface *GiD-Sap2000-VRML*, que permite al usuario realizar un análisis numérico de cualquier estructura de forma sencilla y con una inter-relación con los programas fácil y directa.

3. Programas comerciales de pre, cálculo y postproceso dentro del cálculo estructural.

3.1 El programa Sap2000

Sap2000 es un programa de análisis, elástico lineal y de segundo orden, de estructuras, por medio del método de los elementos finitos, que incluye un postprocesador gráfico para la presentación de resultados.

La preparación de datos para el desarrollo de un problema comprende básicamente:

1. *La descripción de la geometría estructural y de los materiales, así como sus condiciones de borde y datos generales.*
2. *La definición de los estados de carga para los cuales la estructura precisa ser analizada.*

El programa cuenta con un *pre* y *postproceso* mucho más completo que su anterior versión Sap90, además de implementar el cálculo sísmico. Sap2000 es, actualmente, el uno de los más utilizados entre los calculistas, investigadores y estudiantes.

3.2 El programa GiD

GiD es un programa de interface gráfico, que incide en el *pre* y *postproceso* y que se utiliza para definir, preparar e incluso visualizar todos los datos relacionados con la simulación numérica. Estos datos, permiten definir la geometría, los materiales, las condiciones de contorno, y toda la información que se precise para la etapa posterior del cálculo. De la misma manera, el programa puede generar mallas de Elementos Finitos y definir toda la información de simulación numérica en un formato. También es posible, dentro del programa, ejecutar la simulación numérica y visualizar la información de los resultados. Finalmente cabe recordar que implementa programas de dibujo bastante similares al Autocad, lo que aumenta significativamente su versatilidad.

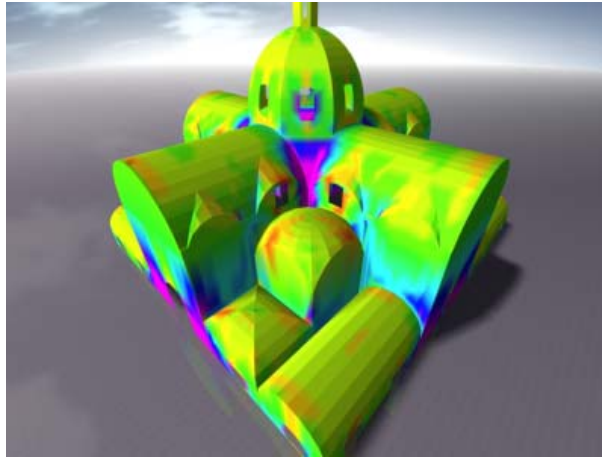


Fig 2 -Modelo numérico del Sagrario de la Catedral de México-

4. Interface GiD-Sap2000-VRML.

Gracias al avance de la informática, los programas comerciales para el cálculo de estructuras son cada vez más potentes y permiten, por tanto, analizar estructuras cada vez más sofisticadas.

Su versatilidad con programas estándar de dibujo (tanto Sap2000 como GiD pueden operar con formatos **.dxf* , por ejemplo) permite un ahorro considerable de tiempo, pero aun no está suficientemente desarrollada la compatibilidad entre los distintos programas de cálculo.

Por otra parte, por lo que respecta al postproceso, Sap2000 genera una representación gráfica muy completa, pero, con limitación de visualizaciones. GiD, por el contrario incluye herramientas de rotación dinámica, cortes de malla, así como la generación de archivos de imágenes en formatos distintos como los **.tif*. Pero ninguno de ellos, contempla la posibilidad de generar modelos virtuales de resultados gráficos.

De ello se deduce que es muy importante que los usuarios de estos programas puedan visualizar estos modelos.

Es en este sentido que aquí se presenta una interface el VRML, que permite generar modelos virtuales válida para cualquier cálculo numérico y que funciona integrando los programas comerciales más utilizados por las universidades e intentando asumir los últimos avances tecnológicos.

4.1 El VRML.

El *VRML*, es una interface virtual que toma los resultados numéricos generados por *Sap2000* i *GiD* y lo traduce a un modelo, desde el cual se puede navegar gráficamente dentro y fuera de la estructura analizada.

2.1.1 información requerida por la interface VRML:

- * Datos numéricos de la geometría del modelo.
- * Definición de los distintos elementos y su conectividad entre ellos (malla)
- * Desplazamientos.
- * Resultados numéricos de Tensiones y Esfuerzos.

Toda esta información es procesada por un programa y traducida a un formato *vrml*.

El usuario, solo necesita, para visualizar el modelo, una versión actualizada de Netscape y de Cosmoplayer. A partir de los cuales podrá navegar dentro de la estructura y visualizar los resultados numérico-gráficos.

La interface *VRML* se presenta como una herramienta muy potente en el ámbito de la percepción e interpretación de los resultados numérico-gráficos.

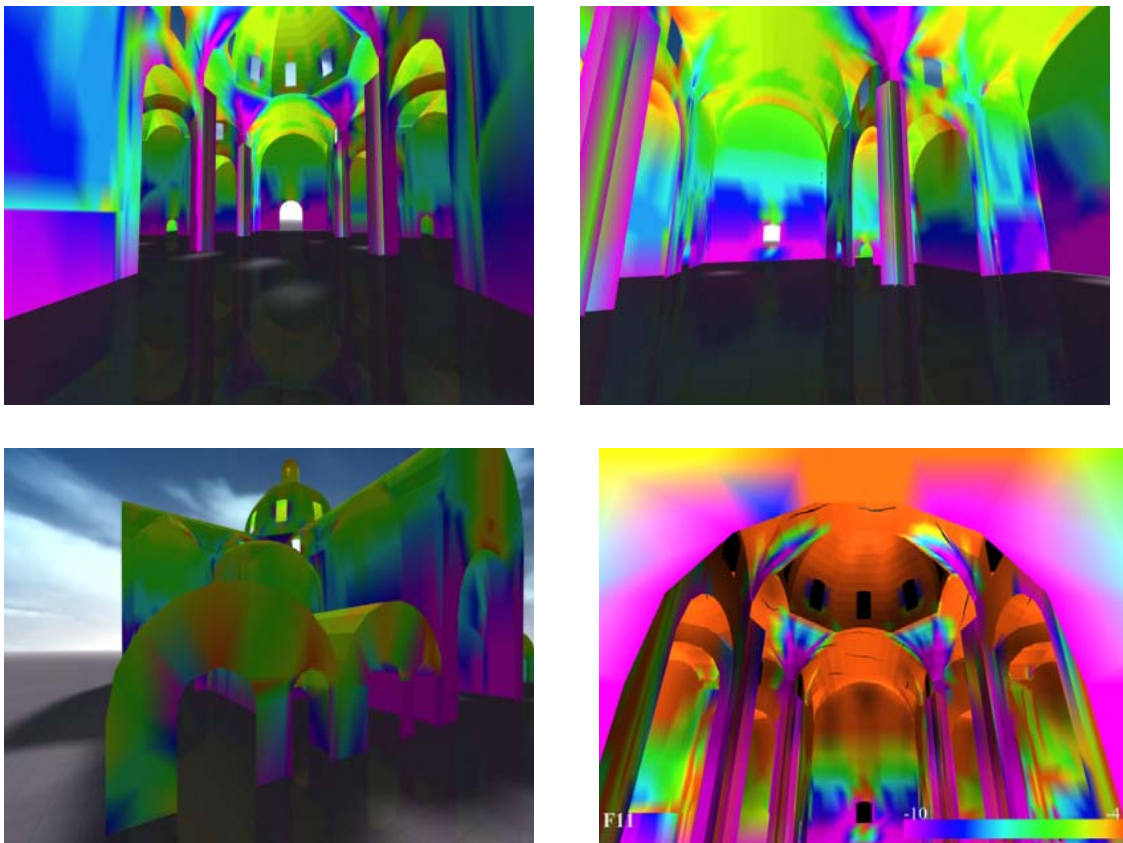


Fig. 3 -Virtualización numérica del Sagrario de la Catedral México-

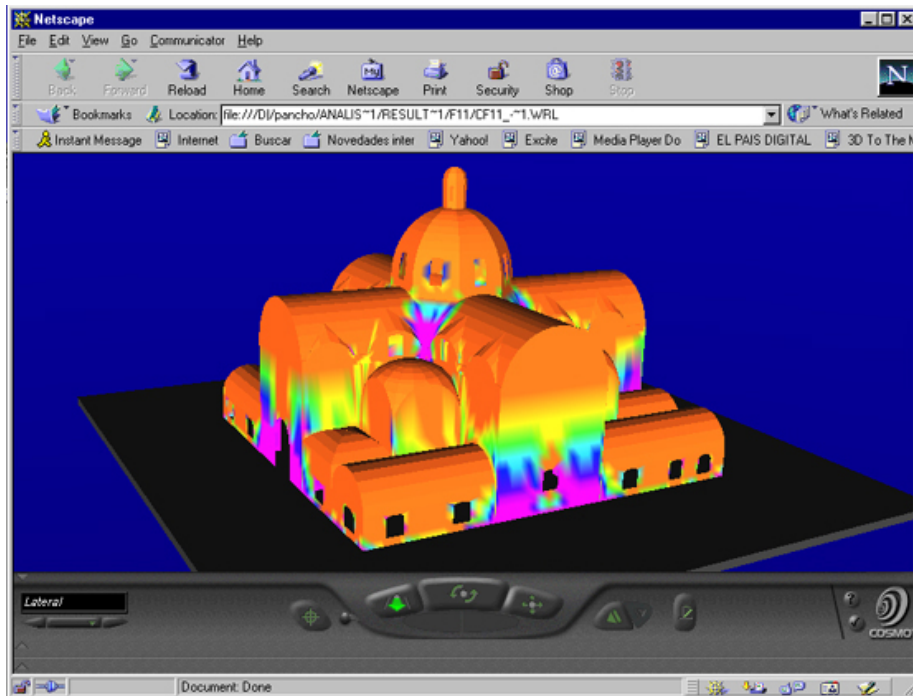


Fig. 4 -Virtualización numérica del Sagrario de la Catedral México por Internet-

Conclusión:

El espacio virtual muchas veces tiene más peso que el real ya que genera percepciones más complejas. Una interpretación adecuada de los resultados numéricos permite, al usuario, un conocimiento más profundo del comportamiento estructural de edificios arquitectónicos en general, así como el de los históricos en particular. Es por ello, que esta interface integra algunos programas comerciales, cubriendo la ausencia de herramientas más potentes en la visualización gráfica de los resultados numéricos, fundamentalmente en el campo de 3D.

Bibliografía:

GARCÍA DE ARANGOÁ, ANTONIO.

*Elasticidad

(Teoría y Experimentación), Fundamentos aplicaciones.

Editorial DOSSAT, S. A.

Madrid 1945.

HUGHES, THOMAS J. R.

*The finite element method linear static and Dynamic

Finite element analysis Thomas J: R: Hughes.

Publicacion : Englewood Cliffs, N. J: Prentice-Hall International.

LOVE. A. E. H.

*A Treatise on the Mathematical theory of Elasticity, Inc. New York, 1944

OÑATE, E., HANGANU, A. BARBAT, A., OLLER, S. , VITALIANI, R. Y SAETTA, A.

*Structural analysis and durability assesment of historical constructions

using a finete element damage model, structural analysis of historical

construccion, Editor: P. Roca, CIMNE, BARCELONA.

MUÑOZ SALINAS, FRANCISCO Y MARISTANY i CARRERAS, JORDI

Pre y Postprocesadores para el Cálculo de Estructuras.

Interface GID-Sap90.

CIMNE, 1999

Primera Edición

SAP 2000.

*Computer Software for

Structural & Earthquake Engineering.

Developed and written in U. S. A.

**SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE
CONSTRUCCIONES HISTÓRICAS.**

*Posibilidades de las técnicas numéricas y experimentales

E.T.S.E.C.C.P., U.P.C.

Barcelona, 8, 9, 10 de Noviembre 1995.