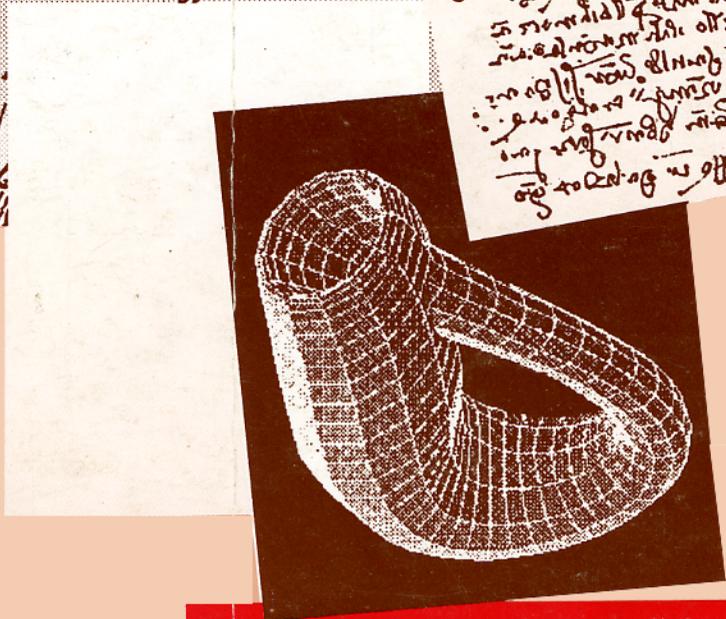
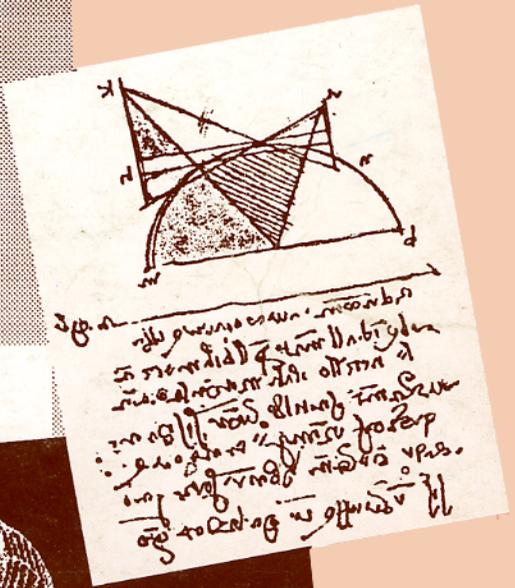
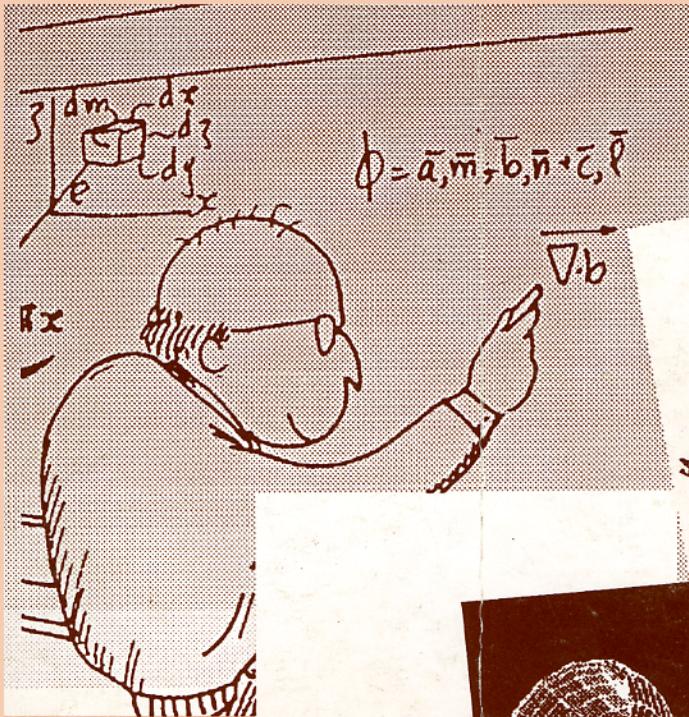


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1993 VOLUMEN 3 No. 1



PROGRAMAS COMPUTACIONALES DE ANALISIS CON EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS

Ing. Victor G. Vargas.s (*)

RESUMEN

En este artículo se presenta una breve descripción de las principales características de los programas comerciales de análisis con el Método de Elementos Finitos. Asimismo, se realiza una clasificación de estos programas acorde con aspectos tales como tipo de análisis y capacidad máxima de grados de libertad, al igual que otras características de interés.

En cuanto al tipo de análisis los programas se clasificaron acorde con las siguientes áreas de Ingeniería: mecánica estructural, dinámica, termofluidos, materiales y otras aplicaciones.

Finalmente, se tabulan estas clasificaciones para facilitar su consulta.

SUMMARY

A brief description of the main features of the Finite Element Method commercial programs is presented in this paper. Also, a classification of this programs is made in agreement with some aspects such as type of analysis, maximum degrees of freedom capacity as well as other relevant features.

In the type of analysis, the following engineering areas were established for the classification: structural mechanics, dynamics, thermal and fluids analysis, materials, and other applications.

Finally, the clasifications are presented in tables in order to allow an easy reading.

1. INTRODUCCION

El Método de Elementos Finitos es una herramienta para el diseño ampliamente utilizada en la ingeniería moderna.

Actualmente existe una gran cantidad de programas computacionales que emplean este Método para resolver problemas en varias áreas de la Ingeniería. Estos programas se encuentran en una gran gama de aplicaciones, capacidades y precios.

Se considera de interés poder ofrecer un resumen de las características más relevantes de estos programas comerciales, lo cual puede ser de utilidad para quien desee adquirir alguno.

En este artículo se hace referencia y se clasifican los programas con base en los siguientes aspectos:

- Tipos de análisis que pueden realizar los programas.

- Capacidad máxima de grados de libertad.
- Otras características relevantes de estos programas.

2. TIPOS DE ANALISIS

A continuación se presenta una descripción de los tipos de análisis que se pueden realizar con los programas de Elementos Finitos mencionados en este artículo. Esta clasificación se realiza acorde a las áreas de la Ingeniería en la que estos programas se aplican.

2.1 Mecánica Estructural

En Mecánica Estructural, tal como se establece en la Tabla No.1, los principales tipos de análisis que realizan los mencionados programas son:

1. Esfuerzos estáticos en materiales lineales.

En este tipo de análisis los programas determinan los esfuerzos causados por cargas estáticas en materiales elásticos cuyo comportamiento es lineal.

(*) Escuela de Ingeniería Mecánica.

TABLA No.1
 APLICACION A LA MECANICA ESTRUCTURAL

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS			
	1	2	3	4
AFEMS	X	X		
AIRHEAD	X	X		
ALGOR	X	X	X	X
ANSYS	X	X		
ASR	X	X		
CAEFRAME	X	X		
CONCEPTFEA	X	X		
COSMOS	X	X		
DADS	X	X		
ELM 2.4.2	X	X		
FEMAP	X	X		
FLEX	X	X	X	X
GIFTS	X	X		
GT STRUDL	X	X		
IMAGES	X	X		
INERTIA	X			
M-SAP	X	X		
MSC/PAL2	X	X		
NIZA II	X	X		X
NIKE/TI	X	X		
PCFEAP	X	X		
QFRAME	X			
QUICKBEAM		X		
SAP90	X	X		
SCADA PC	X	X		X
STAAD-III/IDS	X	X		
STRUSAP	X	X		
TAB/SAP86	X	X	X	

1. ESFUERZOS
 ESTATICOS
 EN MATERIALES
 LINEALES

2. ESFUERZOS
 ESTATICOS
 EN MARCOS
 ESTRUCTURALES

3. DETERMINACION
 DE PESO, CENTRO
 DE GRAVEDAD
 Y MOMENTOS
 DE INERCIA

4. PANDECO EN
 MIEMBROS
 ESTRUCTURALES

2. Esfuerzos estáticos en marcos estructurales.

Los programas determinan las fuerzas internas generadas en un marco estructural producto de cargas estáticas externas. Asimismo, calculan las fuerzas internas axiales y cortantes al igual que momentos de flexión y torsión, las cuales se utilizan en el cálculo de los esfuerzos en los miembros estructurales.

3. Determinación del peso, centro de gravedad y momentos de inercia de un modelo.

En este tipo de análisis los programas calculan tanto el centro de gravedad y el peso de un modelo, como sus momentos de inercia alrededor de los tres ejes coordenados.

4. Pandeo en miembros estructurales.

En este los programas verifican la estabilidad de miembros estructurales sometidos a cargas de compresión producto de fuerzas axiales o momentos flectores.

2.2 Dinámica

Tal como se presenta en la Tabla No.2, en el área de la Dinámica se encuentran aplicaciones en los siguientes tipos de análisis:

1. Cinemático.

En este análisis los programas simulan el movimiento de mecanismos, permitiendo así obtener los valores de desplazamiento, velocidad y aceleración en diversos puntos del mecanismo.

2. Dinámico.

Los programas determinan las frecuencias naturales de vibración de un modelo al igual que analizan las vibraciones forzadas y las vibraciones por cargas sísmicas.

3. Vibración aleatoria.

En esta aplicación los programas permiten observar el efecto de cargas que no son predecibles en su totalidad, pero que pueden aproximarse para efectos del análisis.

TABLA No.2
APLICACION A LA DINAMICA

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS		
	1	2	3
ALGOR	X	X	X
ASR		X	
CONCEPTFEA		X	
COSMOS	X	X	
DADS	X	X	
FLEX		X	X
GIFTS		X	
GT STRUDL		X	
IMAGES		X	
INERTIA	X		
M-SAP		X	
MSC/PAL2		X	
NIZA II		X	
NIKE/TI		X	
PCFEAP		X	
SAP90		X	
STAAD-III/IDS		X	
STRUSAP		X	
TAB/SAP86		X	

1. CINEMATICO

2. DINAMICO

3. VIBRACION
ALEATORIA

2.3 Termofluidos

En el área de termofluidos, de la misma manera que se presenta en la Tabla No.3, las aplicaciones son:

1. Transferencia de calor en estado estable.

Con los programas de análisis en esta área se determina la distribución de temperatura y los flujos de calor en un modelo térmico. La entrada de energía al modelo puede representarse como generación interna de calor o flujos de calor en las superficies. La salida energética puede incluir fronteras convectivas y radiativas al igual que el contacto con cuerpos de diferentes propiedades y condiciones térmicas.

2. Transferencia de calor en estado transitorio.

Los programas efectúan una simulación semejante al estado estable, pero con un flujo energético a través del modelo que varía con el tiempo.

3. Transferencia de calor para fluidos en movimiento.

Los programas determinan los flujos de calor causados por un fluido en movimiento tanto en un régimen laminar como en uno turbulento. Asimismo, se puede analizar la transferencia de calor en estado estable o transitorio.

4. Movimiento de fluidos newtonianos.

En este análisis los programas calculan las distribuciones de velocidad y presión producidas por el movimiento de un fluido newtoniano laminar o turbulento.

5. Movimiento de fluidos no newtonianos.

Es un análisis semejante al anterior excepto que se trabaja con fluidos no newtonianos.

6. Movimiento de fluidos compresibles.

Los programas describen el comportamiento en velocidad y presión de un fluido compresible en movimiento.

TABLA No.3
 APLICACION A LOS MATERIALES

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS					
	1	2	3	4	5	6
AFEMS	X	X		X		
AIRHEAD				X		
ALGOR	X	X		X		
ANSYS	X	X				
COSMOS	X	X		X		X
IMAGES	X	X				
INERTIA	X					
MSC/PAL2	X	X				
NIZA II	X	X	X	X	X	X
PASSAGE			X	X		
PLASTECH				X	X	
PCFEAP	X	X				
SCADA PC	X	X	X	X		
TAB/SAP86	X	X	X			

1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN ESTADO ESTABLE
2. TRANSFERENCIA DE CALOR EN ESTADO TRANSITORIO
3. TRANSFERENCIA DE CALOR EN FLUIDOS EN MOVIMIENTO
4. MOVIMIENTO DE FLUIDOS NEWTONIANOS
5. MOVIMIENTOS DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS
6. MOVIMIENTO DE FLUIDOS COMPRESIBLES

2.4 Materiales

En la Tabla No.4 se presenta las aplicaciones en el área de los materiales, las cuales son:

1. Esfuerzos estáticos en materiales no lineales.

Los programas analizan los esfuerzos generados por cargas estáticas en materiales no lineales.

2. Dinámico en materiales no lineales.

Al igual que con los materiales lineales los programas realizan un análisis dinámico para determinar las frecuencias naturales de un sistema y los efectos causados por una carga vibratoria.

3. Materiales compuestos.

Los programas pueden realizar análisis estáticos y dinámicos de materiales compuestos, los cuales están constituidos por capas superpuestas de dos o más materiales diferentes.

TABLA No.2
 APLICACION A LA DINAMICA

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS		
	1	2	3
AFEMS	X		
ALGOR	X	X	X
COSMOS	X	X	X
FLEX			X
GT STRUDL	X		
NIZA II	X	X	
NIKE/II	X	X	
PCFEAP		X	
SCADA PC		X	

1. ESFUERZOS ESTATICOS EN MATERIALES NO LINEALES
2. DINAMICO EN MATERIALES NO LINEALES
3. MATERIALES COMPUESTOS

2.5 Otras aplicaciones

Tal como se presenta en la Tabla No.5 los programas realizan también otros tipos de análisis, a saber:

1. Esfuerzos de fatiga.

En este los programas simulan ciclos repetitivos de carga para determinar la vida de un modelo sin que ocurra falla producto de esfuerzos de fatiga.

2. Esfuerzos de contacto.

Los programas analizan los efectos causados por el contacto de dos superficies en las que ocurra o no deslizamiento.

3. Electrostático.

Los programas determinan los voltajes y corrientes generadas por campos electrostáticos. Aplicaciones típicas de este tipo de análisis son el estudio de la corrosión y la electrodeposición.

4. Optimización de los diseños.

Los programas optimizan la geometría de un modelo de tal modo que pueda lograrse una reducción de su peso.

5. Sistemas de tuberías.

En este análisis los programas calculan deflexiones, reacciones y esfuerzos en sistemas de tuberías causados por cargas de peso, cargas térmicas y cargas dinámicas tales como sísmicas, de viento y golpes de ariete; al igual que por desplazamientos impuestos en los soportes.

TABLA No.5
OTRAS APLICACIONES

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS				
	1	2	3	4	5
AFEMS		X	X		
ALGOR			X		X
ANSYS				X	
CAEPIPE					X
COSMOS	X	X	X	X	
NIZA II	X			X	
PCFEAP		X			

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. ESFUERZOS DE FATIGA | 4. OPTIMIZACION DE DISEÑOS |
| 2. ESFUERZOS DE CONTACTO | 5. SISTEMAS DE TUBERIAS |
| 3. ELECTROSTATICO | |

3. CAPACIDAD MAXIMA DE GRADOS DE LIBERTAD

En la Tabla No.6 se presenta la capacidad en cuanto al número de grados de libertad que pueden manejar algunos de los programas mencionados.

TABLA No.6
CAPACIDAD EN GRADOS DE LIBERTAD

PROGRAMA	MAXIMO NUMERO DE GRADOS DE LIBERTAD
ALGOR	60000
COSMOS	60000
FLEX	3000
MSC/PAL2	12000
NIZA II	10000
QUICKBEAM	120
TAB/SAP86	20000

4. OTRAS CARACTERISTICAS

En la Tabla No.7 se indican otras características relevantes de algunos programas de análisis con el Método de Elementos Finitos, tales como:

1. Enmallado automático.

Esta característica se refiere a la posibilidad de generar automáticamente la malla del modelo a partir de un contorno dado.

2. Interfase con AUTOCAD.

Varios de los programas de análisis con Elementos Finitos se emplean en conjunto con un programa de dibujo tal como el AUTOCAD en el cual se construyen los modelos geométricos por analizarse. Por ende, estos programas tiene una interfase que permite importar y exportar dibujos de y hacia el AUTOCAD.

3. Versión para Estaciones de Trabajo.

Algunos de los programas no solo tienen versiones para computadoras personales, sino que también poseen versiones para computadoras de gran capacidad como las Estaciones de Trabajo.

4. Animación.

En muchos tipos de análisis se trabaja con variables dependientes del tiempo. La posibilidad de animación permite observar el comportamiento de dichas variables conforme el tiempo transcurre. Por ejemplo, en los modelos de transferencia de calor en estado transitorio, la temperatura es una función del tiempo y en los programas con la característica de animación se puede observar esta variación.

TABLA No.5
OTRAS APLICACIONES

PROGRAMA	TIPO DE ANALISIS			
	1	2	3	4
AFEMS	X	X	X	X
AIRHEAD			X	
ALGOR	X	X	X	X
ANSYS			X	
ASR	X			
CONCEPTEA	X			
COSMOS	X	X	X	X
DADS		X		X
FEMAP				X
MS/PAL 2		X		
NIZA II		X	X	
PCFEAP	X			
SAP 90		X		
TAN/ SAP 86		X		

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. ENMALLADO AUTOMATICO | 3. VERSION PARA ESTACIONES DE TRABAJO |
| 2. INTERFASE CON AUTOCAD | 4. POSIBILIDAD DE ANIMACION |

5. CONCLUSIONES

En el proceso de selección de un programa de análisis con el Método de Elementos Finitos deben considerarse una serie de factores tales como los mencionados en este artículo, a saber:

- que el programa puede realizar adecuadamente el análisis deseado;
- que el máximo número de grados de libertad que el programa pueda manejar sea suficiente para los modelos que se pretendan analizar; y
- que el programa presente características propias que lo hagan versátil y de fácil uso.

Asimismo, deben considerarse otros aspectos de no menor importancia tales como:

- el precio del programa o de sus módulos;
- el respaldo que pueda brindar la compañía que produce el paquete computacional en cuanto a la actualización del mismo; y
- la posibilidad de usar el programa para varias aplicaciones.

6. BIBLIOGRAFIA

- Arredondo G. German y Vargas V. Víctor. **Estudio del Método de Elementos Finitos e integración del programa ALGOR en el proceso de diseño de la empresa HULES TECNICOS.** Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Costa Rica. 1992.
- American Society of Mechanical Engineers. **Mechanical Engineering.** Volumen 112, Números 1-12. ASME. New York. 1990.
- American Society of Mechanical Engineers. **Mechanical Engineering.** Volumen 113, Números 1-12. ASME. New York. 1991.

4. Penton Publishing Inc. **Machine Design**. Volumen 62, Números 1-25. Penton Publishing Inc. Ohio. 1990.

5. Penton Publishing Inc. **Machine Design**. Volumen 63, Números 1-25. Penton Publishing Inc. Ohio. 1991.

6. Penton Publishing Inc. **Machine Design**. Volumen 64, Números 1-10. Penton Publishing Inc. Ohio. 1992.

ANEXO 1

A continuación se ofrece una lista de las direcciones de las empresas que producen los programas de análisis con el Método de Elementos Finitos mencionados en este artículo.

PROGRAMA	DIRECCION
AFEMS	FEM ENGINEERING 11222 La Cienega Blvd., Ste. 500 Inglewood, CA 90304 Tel. (213) 649-4991 Fax (213) 649-0821
AIRHEAD	P.S ASSOCIATES 5527 Gladehollow Ct. Agoura Hills, CA 91301
ALGOR	ALGOR INTERACTIVE SYSTEMS 260 Alpha Drive Pittsburgh, PA 15238 Tel. (412) 967-2700 Fax (412) 967-2781
ANSYS	SWANSON ANALYSIS SYSTEMS INC. Johnson Road, PO Box. 65 Houston, PA 15342-0065 Tel. (412) 746-3304 Fax (412) 746-9494
ASR	RASNA CORPORATION 2590 N. First St., Ste. 200 San José, CA 95131 Tel (408) 922-6833 Fax (408) 922-7256
CAEPIPE CAEFRAME	SST SYSTEMS INC. 823 Kifer Rd. Sunnyvale, CA 94086 Tel. (408) 773-1171 Fax (408) 773-0844 Télex 5106006752

CONCEPTFEA	ARIES TECHNOLOGY INC. 600 Suffolk St. Lowell, MA 01854 Tel. (508) 453-5310 Fax. (508) 458-2541
COSMOS	STRUCTURAL RESEARCH 1661 Lincoln Blvd. / Suite 200 Sta. Mónica, CA 90404 Tel (213) 452-2158 Fax (213) 399-6421 Télex 705578
DADS	DYNAMIC ANALYSIS AND DESIGN SYSTEMS Cadsii, PO Box. 203 Oakdale, IA 52319 Tel. (319) 337-8968 Fax (319) 337-9557
ELM 2.4.2	FUJITSU AMERICA INC. 3055 Orchard Dr., M/S B2-6 San Jose, CA 95134-2022 Tel. (408) 432-1300 Fax (408) 434-0475
FEMAP	ENTERPRISE SOFTWARE PRODUCTS INC. PO Box 264 Harleyville, PA 19438 Tel. (215) 256-1929 Fax (215) 256-1829
GIFTS	CASA/GIFTS INC. Country Club Office Plaza 2761 N. Country Club Tucson, AZ 85716 Tel. (602) 795-3884 Fax (602) 795-3886
GT STRU DL	GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY. GTICES SYSTEMS LABORATORY. Atlanta, GA 30332-0355 Tel. (404) 894-2260 Fax (404) 894-2278
IMAGES	CELESTIAL SOFTWARE INC. 2150 Shattuck Ave, Ste. 1200 Berkeley, CA 94704 Tel. (415) 843-0977 Fax (415) 848-9849
INERTIA	MODERN COMPUTER AIDED ENGINEERING INC. 8425 Woodfield Crossing Blvd. Ste. 221 Indianapolis, IN 46240 Tel. (317) 489-4140 Fax (317) 469-4130

M-SAP	COMPUTER AIDED STRUCTURAL TECHNOLOGY PO. Box 7326 Fremont, CA 94537-7326 Tel. (415) 795-0509 Fax (415) 795-0918	QFRAME QUICKBEAM	ENGINEERING SOFTWARE CO. 10670 N. Central Expwy #760 Dallas, TX 75231 Tel. (214) 361-2431
MSC/PAL 2	MCNEAL SCHWENDLER CO. 815 Colorado Blvd. Los Angeles, CA 90041-1777 Tel. (213) 258-9111 Fax (213) 259-3838	SAP 90	COMPUTERS AND STRUCTURES INC. 1995 University Ave. Berkeley, CA 94704 Tel. (415) 845-2177 Fax (415) 845-4096
NISA II	ENGINEERING MECHANICS RESEARCH CO. PO. Box 696 Troy, MI 48099 Tel. (313) 689-0077 Fax (313) 689-7479	SCADA PC	AMERICAN COMPUTERS AND ENGINEERS 11726 San Vicente Rd., Ste. 212 Los Angeles, CA 90049 Tel. (213) 320-8998 Fax (213) 826-1964
PASSAGE PLASTECH CASTEC NIKE/TI	TECHNALYSIS 7120 Waldeman Dr. Indianapolis, IN 46268 Tel. (317) 297-6081 Fax (317) 297-7281	STAAD-III/IDS	RESEARCH ENGINEERS INC. 540 Lippincott Dr. Marlton, NJ 08053 Tel. (609) 983-5050 Fax (609) 983-3825
PCFEAP	DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING 714 Davis Hall University of California Berkeley, CA 94720	STRUSAP	DYNACOMP INC. 178 Phillips Rd. Webster N.Y 14580 Tel. (716) 265-4040
		TAB/SAP 86	STRUCTURAL ANALYSIS INC. 3355 BeeCaves Rd., Ste. 501 Austin, TX 78746 Tel. (512) 328-8139 Fax (512) 328-2654