

## Sesión 3. Introducción a Elmer

M. Meis y F. Varas

Departamento de Matemática Aplicada II  
Universidad de Vigo

Introducción a Elmer, software libre  
de simulación numérica en multifísica  
A Coruña, 26 de Junio al 1de Julio de 2011

# Plan

- 1 **Introducción a Elmer**
  - Perspectiva general
  - Ejecutables y herramientas de Elmer
  - Flujo de trabajo
  
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - Perspectiva general
  - Ejemplo

- 1 **Introducción a Elmer**
  - **Perspectiva general**
  - Ejecutables y herramientas de Elmer
  - Flujo de trabajo
  
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - Perspectiva general
  - Ejemplo

# Descripción

## Descripción

- Software de elementos finitos para la resolución de EDP's
- Código libre (*Open Source*)
- Resolución de problemas acoplados (*Multiphysics*)

## Licencia

- Licencia GPL

# Estructura de Elmer

Elmer es un conjunto de programas

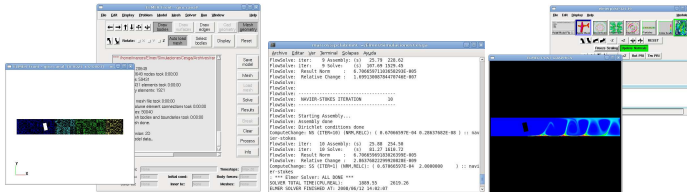
- ElmerFront (viejo preprocesador)
- ElmerGUI (nuevo preprocesador)
- ElmerSolver (resolvedor)
- ElmerPost (postprocesador)

y herramientas

- ElmerGrid
- MATC
- ...

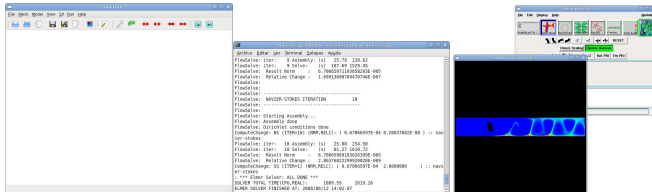
las cuales pueden funcionar de forma autónoma

# Elmer



## ElmerFront + ElmerSolver + ElmerPost

# Elmer



## ElmerGUI + ElmerSolver + ElmerPost

# Historia

## Origen

- Nace en 1995 como un programa de CFD asociado a un proyecto de la agencia finlandesa Tekes y en colaboración con las universidades y centros de investigación de Finlandia, entre ellos CSC
- En el año 2000, CSC se hace cargo del desarrollo

## Actualidad

- CSC continua el desarrollo del proyecto, ampliando los campos de aplicación



# Distribución

## Código

- Código fuente
  - Versión estable
  - Versión svn
- Binarios para Windows/Linux/Macintosh

## Documentación

- Dispone de una amplia documentación (no completa / sin actualizar)
  - Manuales de usuario
  - Tutoriales
  - Manuales de instalación
  - Lista de correo

# Recursos de Elmer más importantes

- `http://www.csc.fi/elmer`
  - Página oficial de Elmer
  - Vista general, ejemplos, compilación, ...
  - listas de correo
  - Punteros a otras fuentes de información, a binarios
- `http://www.elmerfem.org`
  - foro de discusión, wiki, ...
  - Punteros a otras fuentes de información

# Notas variadas

## Programación

- Código escrito en Fortran 90, C y C++
- Bibliotecas gráficas Mesa y Tcl/Tk

## Programación

- Paralelización mediante MPI
- Herramientas de particionado

## Notas sobre el código

- Código muy activo
- La lista de correo es rápida y efectiva

- 1 **Introducción a Elmer**
  - Perspectiva general
  - **Ejecutables y herramientas de Elmer**
  - Flujo de trabajo
  
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - Perspectiva general
  - Ejemplo

# Estructura de Elmer

## Ejecutables

- ElmerFront/ElmerGUI (preprocesador)
- ElmerSolver (resolvedor)
- ElmerPost (postprocesador)

## Herramientas

- ElmerGrid
- MATC

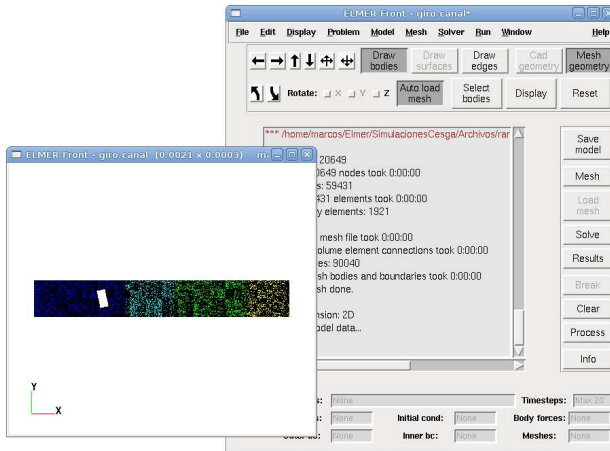
# ElmerFront

- Finalidad: definición del modelo numérico
- Ejecución mediante línea de comandos: ElmerFront [*opciones*]

## Características

- Presenta entorno gráfico (GUI)
- Permite acceder a otros ejecutables (ElmerSolver y ElmerPost)
- Importación de CAD 2D y mallas 2D/3D de otros programas
- No presenta herramientas de CAD
- Generación de mallas 2D estructuradas y no estructuradas (*mesh2d*)
- Personalizable mediante archivo .edf

# Ventana ElmerFront



# Archivos ElmerFront

## Archivos entrada

- Archivos CAD 2D
  - \*.egf (formato propio de Elmer)
  - \*.unv (formato neutral de I-deas)
  - \*.igs (formato Iges)
- Archivos de mallas 2D/3D
  - mesh.header (formato propio)
  - \*.inp (formato Abaqus)
  - \*.fdneut (formato Fidap)
  - \*.unv (formato I-deas)
- Archivo \*.emf (archivo propio creado por ElmerFront)



# Archivos ElmerFront

## Archivos salida

- Archivo \*.emf (archivo propio creado por ElmerFront)
- Archivo mesh.header (formato propio)
- Archivo \*.sif (archivo propio entrada de ElmerSolver)

## Archivos asociados

- Archivo \*.edf
- Archivo \*.esf

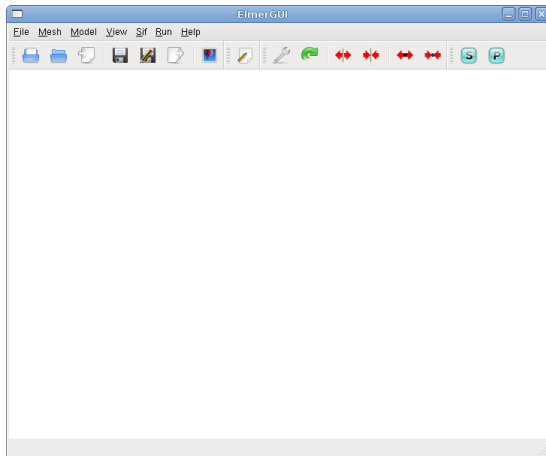
# ElmerGUI

- Finalidad: definición del modelo numérico
- Ejecución mediante línea de comandos: ElmerGUI

## Características

- Interfaz de usuario gráfica de Elmer
- Generación de mallas
- Entorno muy intuitivo
- Nuevos (entornos de) resolvers soportados a través del GUI
- Módulo de CAD (en desarrollo)

# Ventana ElmerGUI



# ElmerSolver

- Finalidad: resolución de EDP de propósito general
- Ejecución mediante línea de comandos: `Elmersolver file.sif`

## Archivos de entrada

- Archivo \*.sif (archivo propio entrada de ElmerFront)
- Archivo mesh.header (formato propio de malla)

## Archivos de salida

- Archivo \*.ep (archivo propio para ElmerPost)
- Archivo \*.result (archivo propio de ElmerSolver)
- Archivo \*.dat (archivo Matlab)

# ElmerSolver

## Archivos asociados

- SOLVER.KEYWORDS
- ELMERSOLVER\_STARTINFO

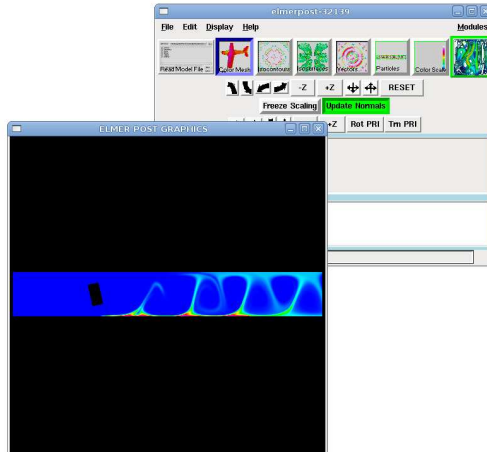
# ElmerPost

- Finalidad: Visualización de resultados
- Ejecución mediante línea de comandos: ElmerPost

## Características

- Presenta interfaz gráfica
- Estilos de visualización
  - Superficie
  - Contornos
  - Vector
  - Cortes
  - Animación
  - ...
- Incluye lenguaje MATC
  - Manipulación de datos
  - Cantidades derivadas

# Ventana ElmerPost



# ElmerPost

## Archivos de entrada

- Archivo \*.ep (archivo propio entrada de ElmerPost)

## Archivos salida

- ps, ppm, jpg
- mpeg



# ElmerGrid

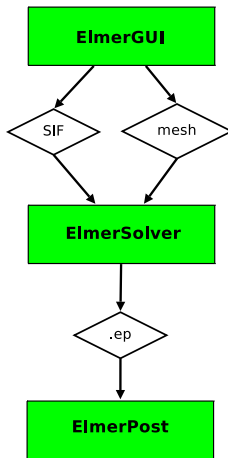
- Finalidad: creación y manipulación de mallas
- Ejecución mediante línea de comandos: `Elmersolver file.sif`

## Características

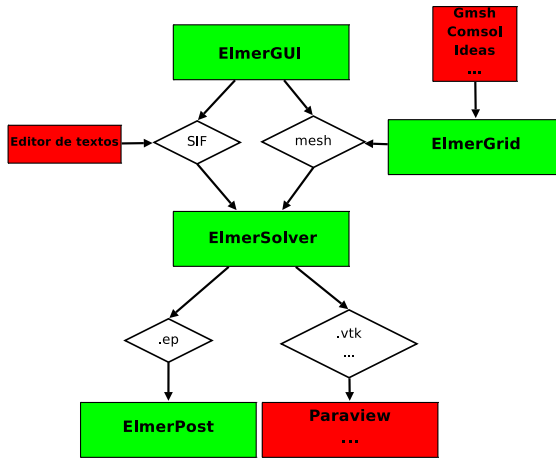
- Creación de mallas estructuradas 2D y 3D
  - Topología básica rectangular
  - Rotación, extrusión
- Importación de mallas
  - Diferentes formatos: Gmsh, Comsol, Fidap, Ideas
- Manipulación de mallas
  - Incremento/disminución de orden
  - Escalado, rotación, translación
- Particionado de mallas
  - Particionado básico geométrico
  - Algoritmo Metis

- 1 **Introducción a Elmer**
  - Perspectiva general
  - Ejecutables y herramientas de Elmer
  - **Flujo de trabajo**
  
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - Perspectiva general
  - Ejemplo

# Diagrama del flujo de trabajo



# Diagrama del flujo de trabajo con otros códigos



- 1 **Introducción a Elmer**
  - Perspectiva general
  - Ejecutables y herramientas de Elmer
  - Flujo de trabajo
  
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - **Perspectiva general**
  - Ejemplo

# Visión general

## Características

- Interfaz de usuario gráfica de Elmer
  - Basa en biblioteca gráfica Qt (GPL)
  - Desarrollado desde el 2008
- Generación de mallas
  - Generación de mallas 3D Delaunay mediante tetgen y netgen
  - Generación de mallas simples e importación de mallas mediante ElmerGrid
- Entorno muy intuitivo
- Nuevos (entornos de) resolvers soportados a través del GUI
  - Definición de menús basado en XML

# Origen

## ¿ Por qué se programa ?

- Intento de reemplazo de ElmerFront
  - Mejora de herramientas de generación y manipulación de mallas
  - Mejora de las rutinas de visualización
  - Mejor compatibilidad con el último resolovedor
  - GUI personalizable
  - Menos dependencias con librerías externas

# Generadores de malla

## Algoritmos de mallado

- Posibilidad de usar los siguientes malladores
  - Tetgen (biblioteca compartida)
  - Netgen (biblioteca compartida)
  - ElmerGrid (herramienta interna)

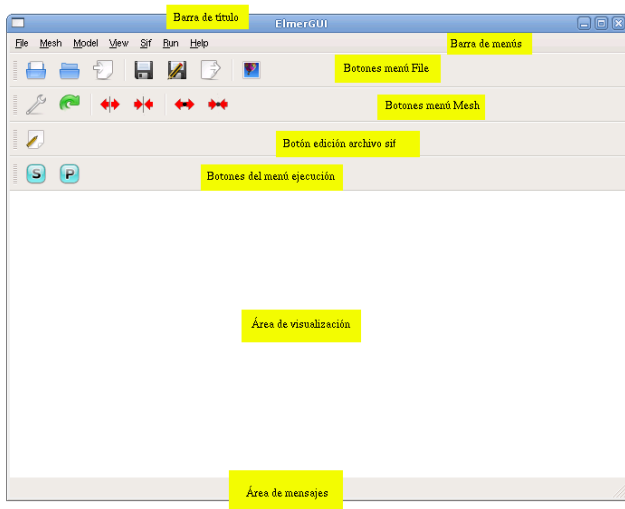


# Importación

## Formatos de malla de entrada

- El generador de mallas es elegido automáticamente por el formato de archivo de entrada
  - STL — Tetgen o Netgen
  - SMESH — Tetgen
  - POLY — Tetgen
  - OFF — Tetgen
  - PLY — Tetgen
  - MESH (formato Medit de superficie) — Tetgen
  - GRD (formato nativo de ElmerGrid) — ElmerGrid
  - FDNET (formato FIDAP) — ElmerGrid
  - MSH (formato GMSH) — ElmerGrid
  - MPHTXT (formato Comsol) — ElmerGrid
  - UNV (formato Ideas) — ElmerGrid
  - Formato nativo de Elmer

# Áreas del entorno gráfico

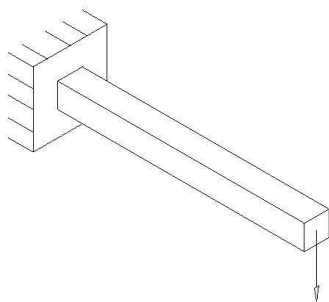


- 1 **Introducción a Elmer**
  - Perspectiva general
  - Ejecutables y herramientas de Elmer
  - Flujo de trabajo
- 2 **ElmerGUI y ejemplo elemental**
  - Perspectiva general
  - **Ejemplo**

# Definición física

## Definición del problema

Encontrar el campo de desplazamientos  $\mathbf{u}$  de una viga elástica cargada



# Datos del problema

## Datos

- Viga elástica de  $0.1 \times 0.1 \times 1 \text{ m}$
- Material
  - Módulo de Young =  $116 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$
  - Coef. de Poisson = 0.32
- Empotrada en un extremo
- Cargada con una carga constante  $1 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$   $q$

# Modelo matemático

## Modelo matemático

$$\begin{aligned} -\operatorname{div} \sigma &= 0 && \text{in } \Omega \\ \epsilon(\mathbf{u}) &= \frac{1+\nu}{E} \cdot \sigma - \frac{\nu}{E} \operatorname{tr}(\sigma) \mathbf{I} \\ \mathbf{u} &= 0 && \text{en cara empotrada} \\ \sigma \mathbf{n} &= 0 && \text{en caras libres} \\ \sigma \mathbf{n} &= -q \mathbf{e}_z && \text{en cara cargada} \end{aligned}$$

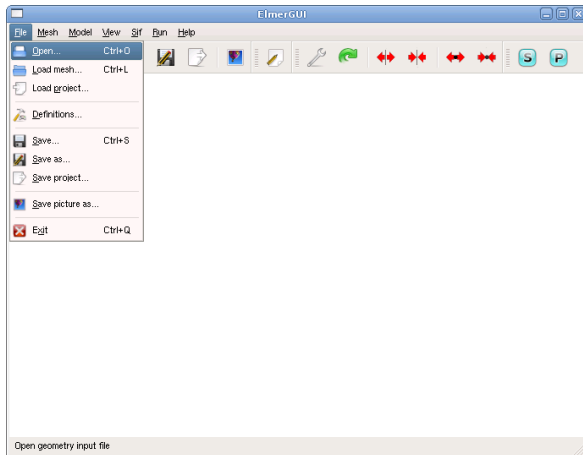
# Flujo de trabajo

## Etapas resolución

- Generación del modelo → ElmerGUI
- Resolución → ElmerSolver
- Visualización → ElmerPost

# Ejemplo ElmerGUI

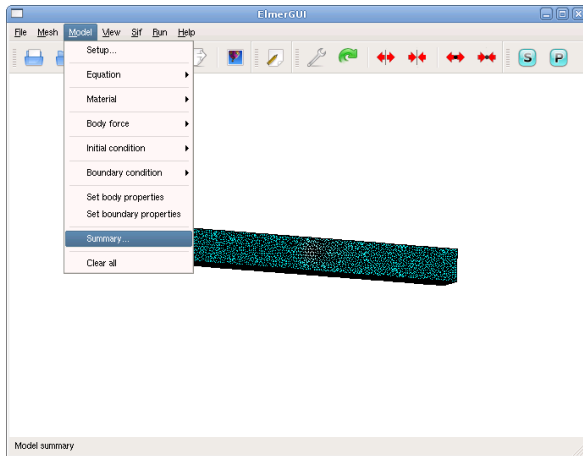
Abrimos el archivo de entrada, en este caso una malla





# Ejemplo ElmerGUI

Vemos información de la malla importada

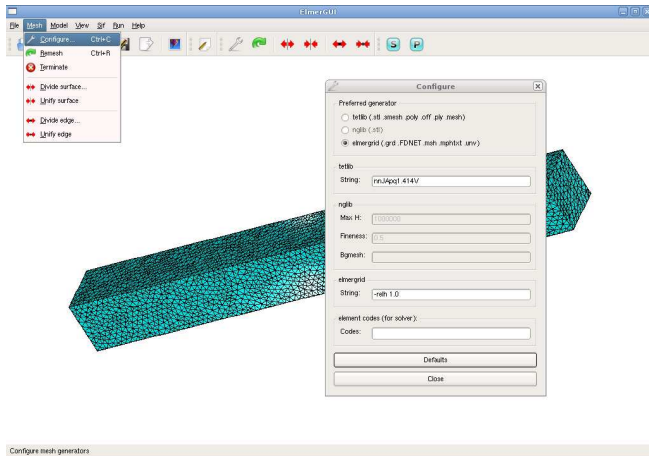


## Movimientos del ratón

- Botón izquierdo: Rotación
- Botón central: zoom in/out
- Botón derecho: Translación

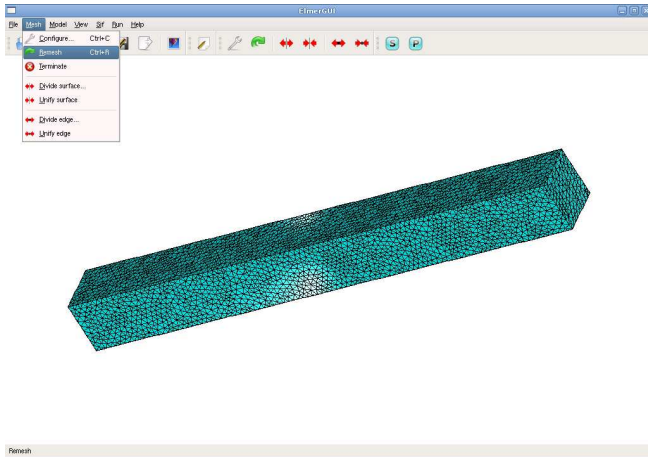
# Ejemplo ElmerGUI

Es posible configurar un generador de mallas y remallar



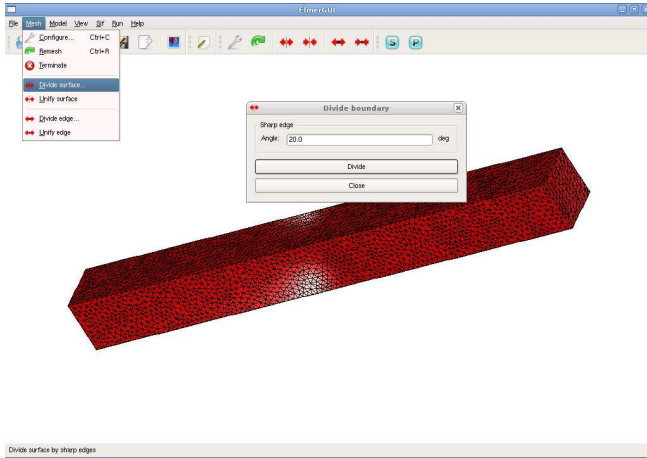
# Ejemplo ElmerGUI

El remallado se realiza en un ítem diferente



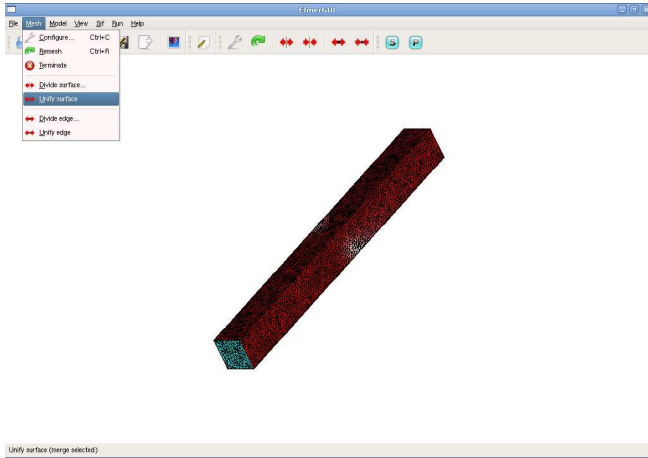
# Ejemplo ElmerGUI

Manipulación de fronteras: seleccionar las fronteras mediante doble clic y elegir *divide surface*



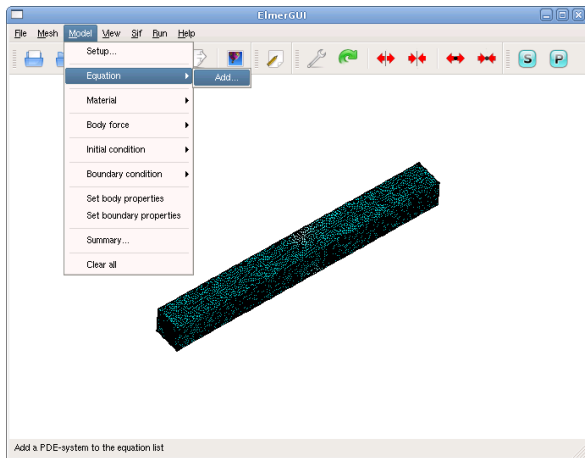
# Ejemplo ElmerGUI

Manipulación de fronteras: seleccionar las fronteras mediante doble clic manteniendo pulsada la tecla CTRL y elegir *unify surface* para unir las



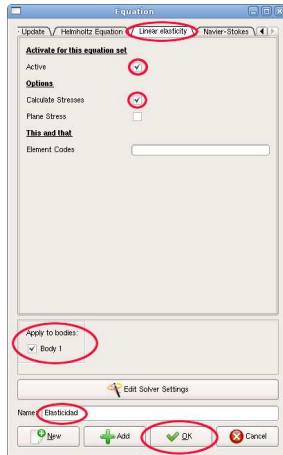
# Ejemplo ElmerGUI

## Definir la ecuación a resolver



# Ejemplo ElmerGUI

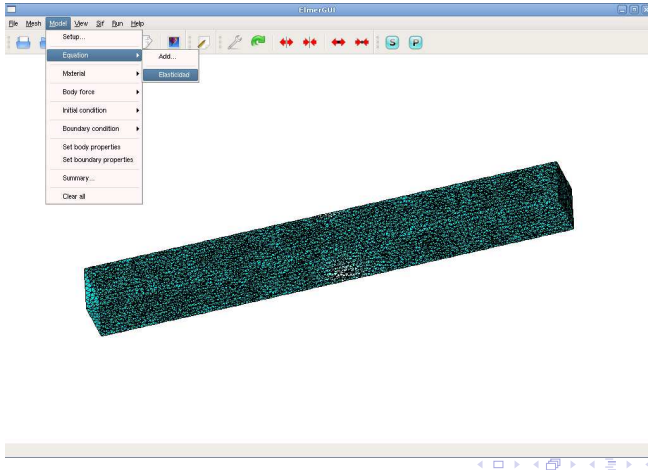
En este caso elasticidad lineal (tab *Linear elasticity*)





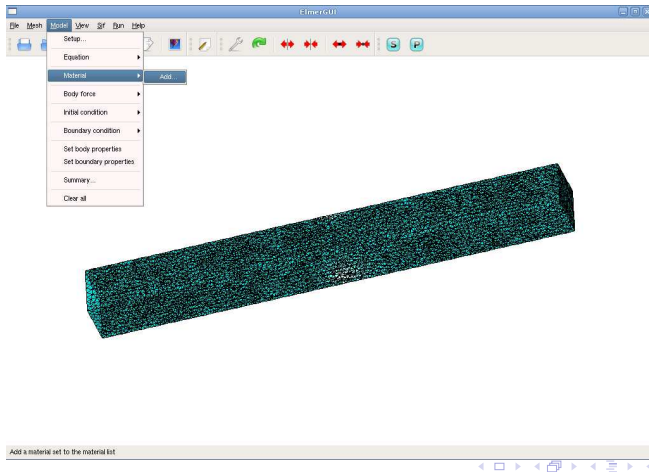
# Ejemplo ElmerGUI

La ecuación puede ser activada para modificarla desde el menú



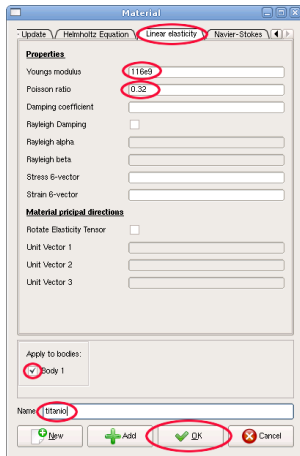
# Ejemplo ElmerGUI

De manera similar, se define los parámetros y propiedades del material



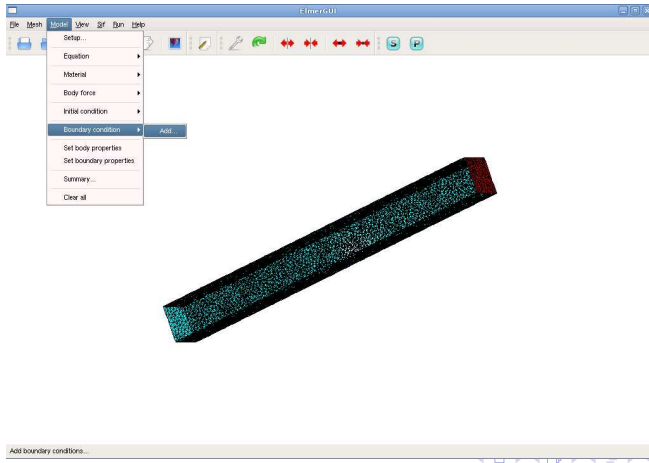
# Ejemplo ElmerGUI

Los datos son introducidos en la pestaña *Linear elasticity*



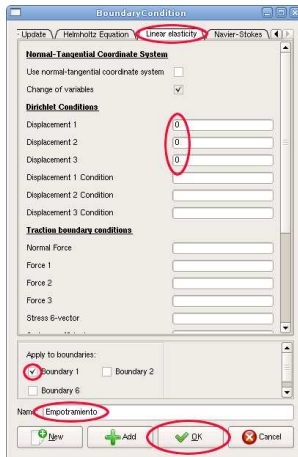
# Ejemplo ElmerGUI

Añadimos las condiciones de contorno. Primero el empotramiento



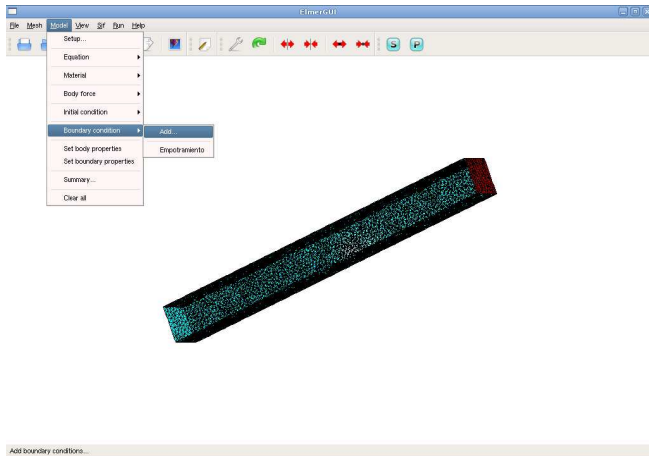
# Ejemplo ElmerGUI

Introducimos los datos de la condición de contorno



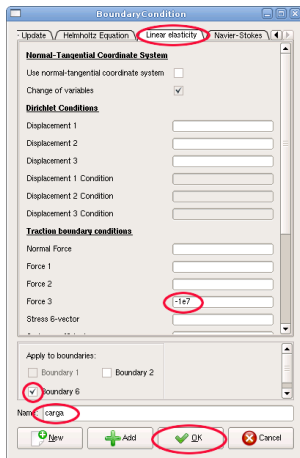
# Ejemplo ElmerGUI

Añadimos la carga



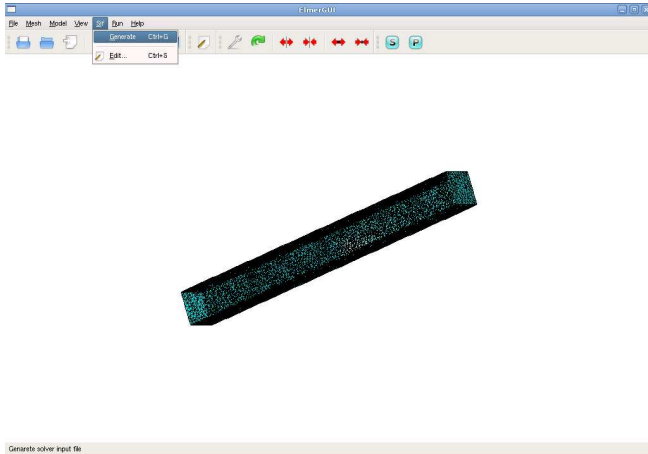
# Ejemplo ElmerGUI

Introducimos los datos de la condición de contorno



# Ejemplo ElmerGUI

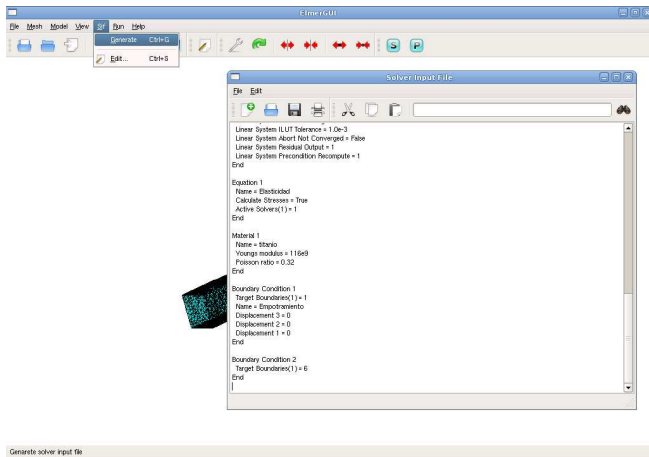
Generamos el archivo de entrada del solver (.sif)





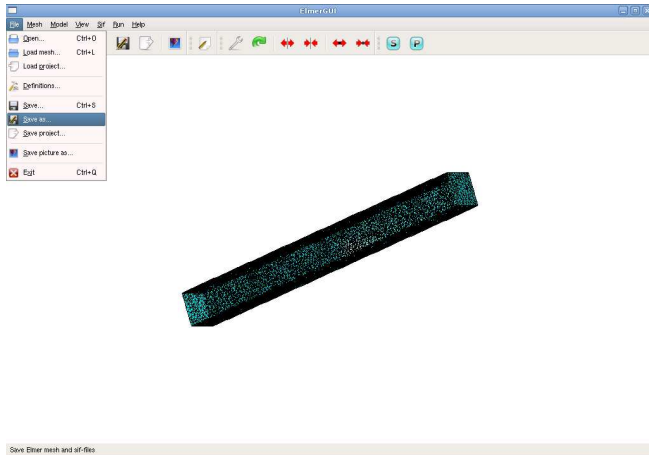
# Ejemplo ElmerGUI

Editamos el archivo de entrada del solver (si es necesario)



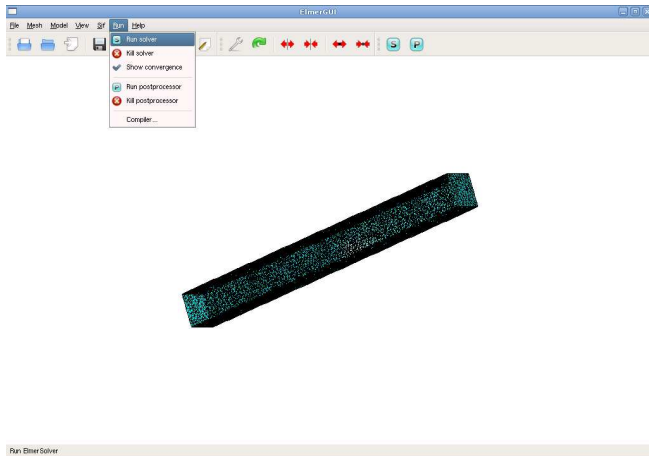
# Ejemplo ElmerGUI

Guardamos el modelo (directorio)



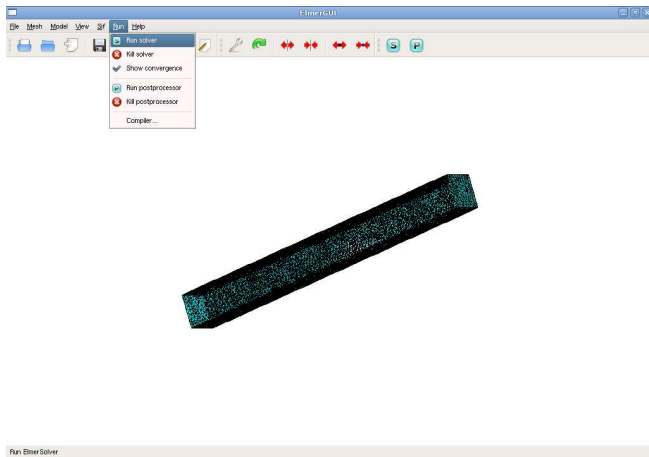
# Ejemplo ElmerGUI

Ejecutamos el resolvidor (*Run solver*)



# Ejemplo ElmerGUI

Llamamos al postprocesador (*Run postprocessor*)



# Ejemplo ElmerGUI

Visualizamos los resultados con ElmerPost

