# Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

M. Meis<sup>1,2</sup> y F. Varas<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Vigo, <sup>2</sup>Vicus Desarrollos Tecnológicos, S.A., <sup>3</sup>Universidad Politécnica de Madrid

### Introducción a la Simulación Numérica Multifísica con ELMER 28–29 de enero de 2015





ヘロト ヘアト ヘビト ヘビト

æ

# Proyecto CloudPYME

El proyecto CloudPYME (ID 0682\_CLOUDPYME2\_1\_E) está cofinanciado por la Comisión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), dentro de la tercera convocatoria de proyectos del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España–Portugal 2007–2013 (POCTEP).





Unión Europea FFDFR

ヘロト 人間 ト ヘヨト ヘヨト



Invertimos en su futuro





### 2 Un segundo ejemplo con ElmerGUI

M. Meis y F. Varas Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

ヘロト 人間 ト ヘヨト ヘヨト

3





### 2 Un segundo ejemplo con ElmerGUI

ヘロン ヘアン ヘビン ヘビン

3

# Definición de problema acoplado

### Definición de Solver

Solver = módulo que describe/resuelve una (única) física

### Definición de Equation

Equation = conjunto de Solvers acoplados



M. Meis y F. Varas

#### Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

# Definición del dominio donde se resuelve cada física

### En opciones de Solver

Seleccionar sólidos en Apply to bodies:

	Heat Equation	SaveScalars	Linear elasticity	Þ
A	ctivate for this	equation set		A
A	ctive			
<u>c</u>	ive Execution p	riority		
P	riority			
<u>c</u>	ptions			
P	hase Change Mo	del	None ‡	3
<u>c</u>	onvection			
C	onvection		None ‡	
F	ree text input			
				Υ
1				J
				ĥ
	Apply to bodies:			
	🗹 Body 1			Ļ

M. Meis y F. Varas Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

# Control de resolución segregada

### Número máximo de iteraciones

En Model > Setup > Steady State max. iter

#### Tolerancia en cada Solver

#### En Edit Solver Settings > Steady state

Setup			8	1 (	Solver control for H	Heat Equal	tion		
Header	warp				Solver specific options	General	Steady state	Nonlinear system	Linear syster
MeshDB .					General Convergence tol. 1.0	0e-5			
Include path					Measure No	orm 🗘			
Results directory									
Free text									
Simulation									
Max. output level	4 ‡	Steady state max. iter	1						
Coordinate system	Cartesian 💲	Timestepping method	BDF ‡						
Coordinate mapping	123	BDF order	1 \$						
Simulation type	Steady state 💲	Timestep intervals							
Output intervals	1	Timestep sizes							
Solver input file	case.sif	Post file	case.ep						
							< 🕫 >		= . · · ·

M. Meis y F. Varas Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

# Control del acoplamiento entre Solvers

### Resolución de un Solver dentro/fuera de bucle

Edit Solver Settings > Steady state > General

### Orden de ejecución de Solvers en bucle

Parámetro Execution priority

Solver control for Heat Equation	Equation
Solver specific options General Steady state Nonline	1esh Update Electrostatics Free Surface Heat Equation
Execute solver	Activate for this equation set
Always     Before simulation	Give Execution priority Priority
After simulation	Options Phase Change Model None :
<ul> <li>Before timestep</li> <li>After timestep</li> </ul>	Convection Convection Free text input
Never	
Multer Cat techniques	Sesión 2 Multifísica en Elmer (III)

# Control de convergencia dentro de un Solver

Bucle de resolución de problema no lineal

Edit Solver Settings > Nonlinear system

### Resolución iterativa de sistema de ec. lineales

Edit Solver Settings > Linear system

Solver control for Heat Equation	Solver control for Heat Equation
Solver specific options General Steady state Nonlinear system Linear system	Solver specific options General Steady state Nonlinear system Linear system P/ 4
General         1.0e-8           Max. Iterations         20           Relaxation factor         1	Method     Oirect     Banded     2       Image: Stand Stand Stands     Stands     2       Image: Multigrid     Jacobi     2
Newton After Iterations 3 After tolerance 1.0e-3	Control         Max. iterations         500           Convergence tol.         1.0=.8
M Meis y F Varas	Residual output 1 Prec. recompute 1 Prec. recomp





### 2 Un segundo ejemplo con ElmerGUI

ヘロア 人間 アメヨア 人口 ア

ъ

# Definición del problema

### Problema termoeléctrico estacionario 2D

- Dos caras con tensión y temperatura impuestas
- Otras dos caras con aislamiento térmico y eléctrico



# Definición del problema (cont.)

### Problema electrostático

$div(k_e \vec{\nabla} V) = 0$	en Ω
<i>V</i> = 0	en Γ <sub>0</sub>
$V = 20  imes 10^{-3}$	en $\Gamma_+$
$k_e \vec{\nabla} V \cdot \vec{n} = 0$	en resto

### Problema térmico estacionario

$-div(k_t\vec{\nabla}T) = k_e  \vec{\nabla}V  ^2$	en $\Omega$
<i>T</i> = 25	en $\Gamma_0$ y $\Gamma_+$
$-k_t \vec{\nabla} T \cdot \vec{n} = 0$	en resto

イロト イポト イヨト イヨト

3

# Resolución con ElmerGUI

### Pasos a seguir (a partir de archivo de ElmerGrid)

- cargar archivo de geometría e instrucciones de mallado
- generar mallado
- seleccionar ecuaciones a resolver
- activar término de efecto Joule
- fijar propiedades material
- fijar condiciones de contorno
- resolver

★ E ► ★ E ►

1

# Lectura de geometría y generación de malla

- 1. Lectura de geometría e instrucciones de mallado
  - Abrir archivo de ElmerGrid: plate.grd

### 2. Generación de mallado

- Genera malla a partir de directrices en archivo
- Refinamiento de malla con parámetro -relh

📓 😥 📓 = 🖉 = 🖄 🧖 🔶 💏 🔶 🔶	Configure
	Preferred generator
	glib (.in2d .stl .brep .stp .iges .igs)
	<ul> <li>elmergrid (.grd .FDNET .msh .mphtxt .unv)</li> </ul>
	tetlib
	String: nnJApq1.414V
	nglib
	Max H: 1000000
	Fineness: 0.5
and the second	Bgmesh:
	elmergrid
	String: -relh 0.2

M. Meis y F. Varas

Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

= 900

# Definición del problema termoeléctrico

#### Problema térmico

Elmer Models Manual Model 1. Heat Equation

#### Problema eléctrico

Elmer Models Manual Model 13. Static Current Conduction

< < >> < </>

ъ

# Definición del problema termoeléctrico

### 3. Selección de ecuaciones a resolver

- En menú principal: Model > Equation > Add...
- Elegir: Static Current Conduction y Heat Equation
- En cada una: activar y vincular a sólido (Body 1)
- Configurar opciones en Edit Solver Settings

Equation     -      -      e     e	Equation
K-Epsilon       SaveLine       Static Current Conduction         Activate for this equation set         Active       Image: Constraint of the second se	Activate for this equation set       Active       Give Execution priority
	Options       Phase Change Model       None       Convection       Convection       Free text input
M. Meis y F. Varas	Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

# Acoplamiento a través de efecto Joule

### 4. Activación de efecto Joule

En menú: Model > Body force > Add..

En Solver Heat Equation:

- activar Joule Heat
- vincular a sólido (Body 1)

Bod	yForce		e				
Jpdate	Electrostatics	Free Surface	Heat Equation				
Volum	e sources			A			
Heat S	Heat Source						
Frictio	n Heat						
Joule I	Heat	$\checkmark$					
Bodyv	vise Dirichlet Co	onditions					
Tempe	rature						
Tempe	rature Condition	n 🦳					
	M Meisv F \	aras Sesión	2 Multifísica en Elme	er (111)			

# Asignación de propiedades

5. Determinación de propiedades materiales

Alternativas:

- Asignar valores (ecuaciones correspondientes)
- Elegir material en biblioteca (Material library)

Vincular a sólido (Body 1)

Si se usa biblioteca, revisar que contiene todos los valores

Properties     Properties       Electric Conductivity 59.59e6     Heat Conductivity 401.0       Heat Conductivity Model     None	Material
Turbulent Prandtl Number Enthalpy Pressure Coefficient Free text Input	Static Current Conduction Elastic Plates

# Condiciones de contorno

### 6. Fijar condiciones de contorno

Sobre arista con tensión:

• fijar Potential: 20e-3 y Temperature: 25

Sobre arista a tierra:

• fijar Potential: 0 y Temperature: 25

BoundaryCondition	BoundaryCondition
K-Epsilon SaveLine Static Current Conduction	te Electrostatics Free Surface Heat Equation
Dirichlet conditions	Dirichlet Conditions
Potential 20e-3	Temperature 25
Potential Condition	Temperature Condition
Neumann conditions	Heat Flux conditions
Current Density	Heat Flux
	Heat Transfer Coeff.
	External Temperature
	Latent heat of phase change
	Phase Change
	Heat Gap
	Heat Can
M. Meis y F. Varas	Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)

# Resolución del problema acoplado

### 7. Resolver

Se puede aprovechar acoplamiento en un único sentido:

- una sola iteración del problema acoplado (con prioridades adecuadas)
- problema térmico se resuelve a posteriori

Equation	Solver control for Heat Equation					
Surface Heat Equation SaveS	Solver specific options	General	Steady state	Nonlinear system	Linear sy	
Activate for this equation se	Execute solver					
Active	<ul> <li>Always</li> </ul>					
Give Execution priority	O Before simulation					
Priority	After simulation					
Options	Before timestep					
Phase Change Model						
Convection	O After timestep					
Convection	○ Never					
Free text input	Numerical techniques					
	M Meis v F Varas	Sesión 2	Multifísica en F	Imer (III)		

# Acoplamiento en doble sentido

### Un problema más general: $k_e(T)$



<ロ> (四) (四) (三) (三) (三)

# Resolución del problema modificado

### Pasos a seguir (diferencias con ejemplo anterior)

- modificar propiedades materiales:
  - para especificar  $k_e(T)$
- 2 cambiar opciones de resolución:
  - para resolver un problema térmico no lineal
  - para resolver el acoplamiento en doble sentido

ヘロト 人間 ト ヘヨト ヘヨト

# **Propiedades variables**

### 1. Modificar propiedades materiales

Alternativas:

- mediante tabla
- mediante MATC (lenguaje propio)

mediante UDF (en Fortran)

ヘロト 人間 ト ヘヨト ヘヨト

ъ

# Propiedades variables (cont.)

### Especificación mediante tabla

Pulsar retorno sobre casilla correspondiente a propiedad Especificar Variable Temperature

Material	/Static Current Conduction/Material/Elect — 08		
z Equation K-Epsilon Static Current Properties Electric Conductivity	/Static Current Conduction/Material/Electric Conductivity/0 Variable Temperature Real 10 6.1994e+07 20 5.9600e+07 30 5.7384e+07 40 5.5327e+07 50 5.3412e+07 60 5.1625e+07 70 4.9954e+07 80 4.8388e+07 90 4.6917e+07 100  4.5532e+07 End		
	Close		
M Meis v	E Varas Sesión 2 Multifísica en Elmer (III)		

# Problema no lineal

2. Cambiar opciones de resolución

Para resolver un problema térmico no lineal:

• revisar en Heat Equation

Edit Solver Settings > Nonlinear system

_				
	Solver control for	or Heat Equat	ion	
	ic options General	Steady state	Nonlinear system	
		Steedy Store	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	General			_
	Convergence tol.	1.0e-8		
	Max. iterations	20		
				51
	Relaxation factor	1		
	Measure	Norm ‡		
	M Meis v	F Varas Sesi	ón 2 Multifísica en Elmer	(111)

# Acoplamiento en doble sentido

### 2. Cambiar opciones de resolución (cont.)

Para resolver acoplamiento en doble sentido:

• modificar en Heat Equation (Edit Solver Settings):

General > Execute solver

• modificar opciones en menú: Model > Setup

<ul> <li>Solver control for Heat Equation</li> </ul>	Setup	8			
Solver specific options General Steady state Nonl	Header				
Execute solver	MeshDB .				
Always     Alw	Include path				
<ul> <li>Before simulation</li> </ul>	Results directory				
<ul> <li>After simulation</li> </ul>					
<ul> <li>Before timestep</li> </ul>	Free text				
O After timestep	Simulation				
○ Never	Max. output level 4 🗘 Steady state max. iter 2				
Numerical techniques	Coordinate system Cartesian 2 Timestepping method BDF	\$			
🗹 Stabilize	Coordinate mapping 123 BDF order 1	\$			
Bubbles	Simulation type Steady state   Timestep intervals				
Lumped mass	Output intervals 1 Timestep sizes				
🧭 Optimize bandwidth	Solver input file case.sif Post file case.ep				

M. Meis y F. Varas

Sesión 2. Multifísica en Elmer (III)