



Realization of a virtual environment for soft-real-time simulator with human interaction.

Autor:

Raquel Graña Lamas

Tutor:

Miguel Ángel Naya Villaverde
Daniel Dopico Dopico
Marco Gubitosa



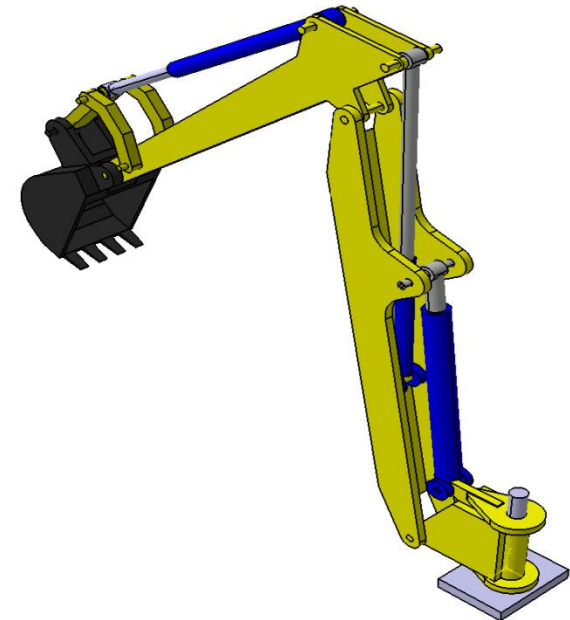
A Siemens Business

1. Introducción

2. Definición del modelo

3. Resolución del problema

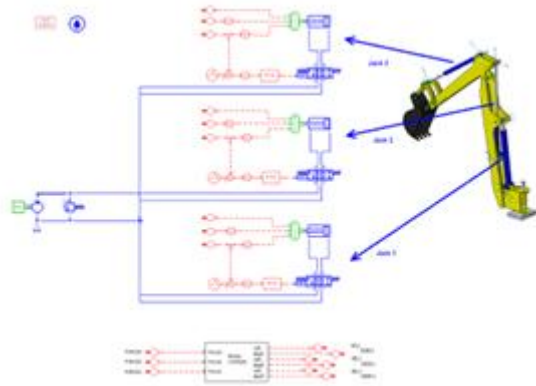
4. Conclusiones y trabajo futuro



1. Introducción

❑ Motivación del Proyecto

Virtual.Lab & AMESim



Matlab Code

❑ Conceptos Básicos

- Soft-Real-Time Simulation.
- Sistema Multidisciplinar.
- Resolución monolítica. Co-Simulación.

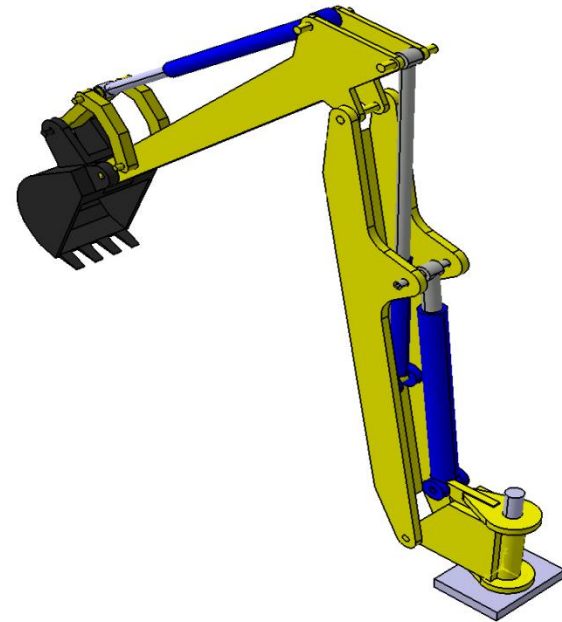
-
- Resolución monolítica LENTA
 - Co-Simulación INESTABLE

1. Introducción

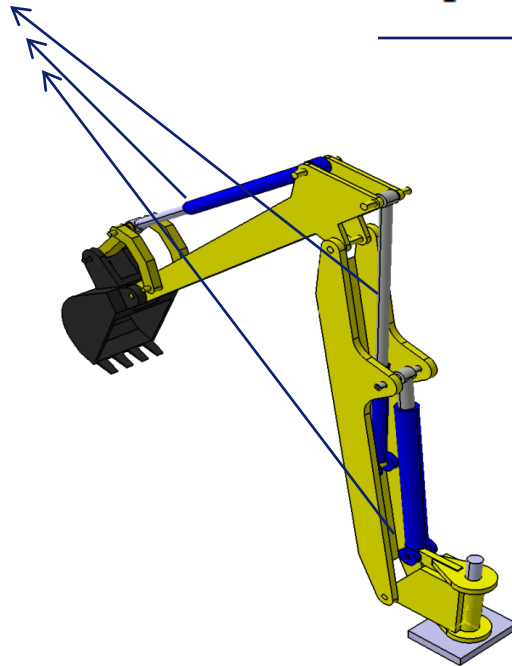
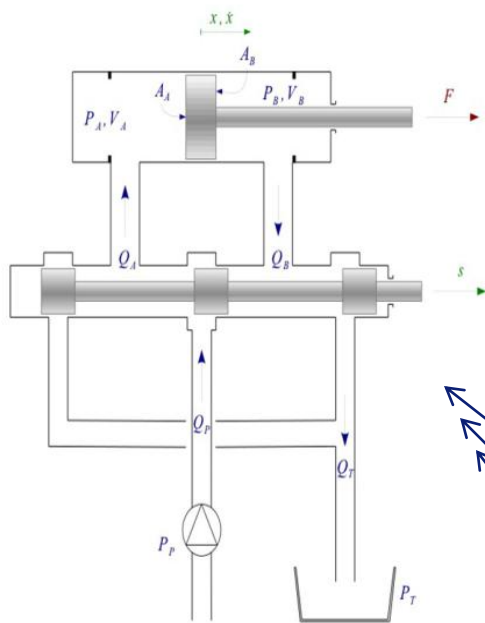
2. Definición del modelo

3. Resolución del problema

4. Conclusiones y trabajo futuro



2. Descripción del modelo



Maple 16
The Essential Tool for Mathematics and Modeling

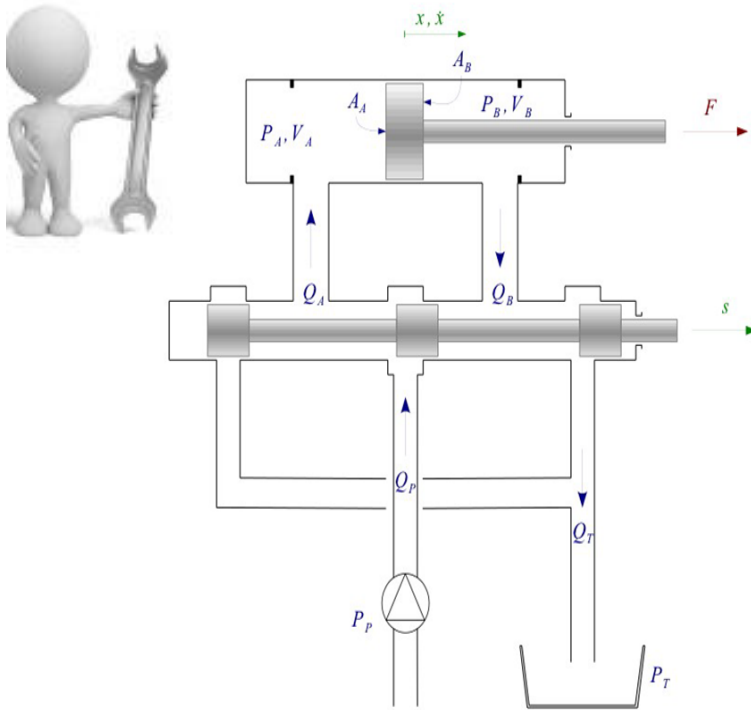


MATLAB



2.1. Sistema Hidráulico

Simulación Hidráulica



$$\frac{dP_A}{dt} = \frac{\beta_{eff}}{(A_A(x) + V_{dead_A})} (Q_A - Q_{leak} - \dot{x} A_A \frac{\rho_A}{\rho_0})$$

$$\frac{dP_B}{dt} = \frac{\beta_{eff}}{A_B(l-x) + V_{dead_B}} (Q_B + Q_{leak} + \dot{x} A_B \frac{\rho_B}{\rho_0})$$

$$F = P_A A_A - P_B A_B - \dot{x} visc$$

Actuador con pistón simple de doble cámara unido a servo-válvula de 4 vías y 3 posiciones.

2.2. Sistema Mecánico

Ec. Lagrange en coordenadas dependientes.
DAE

$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

$$\phi = 0$$



Baumgarte

$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

$$\ddot{\phi} + 2\xi\omega\dot{\phi} + \omega^2\phi = 0$$

$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

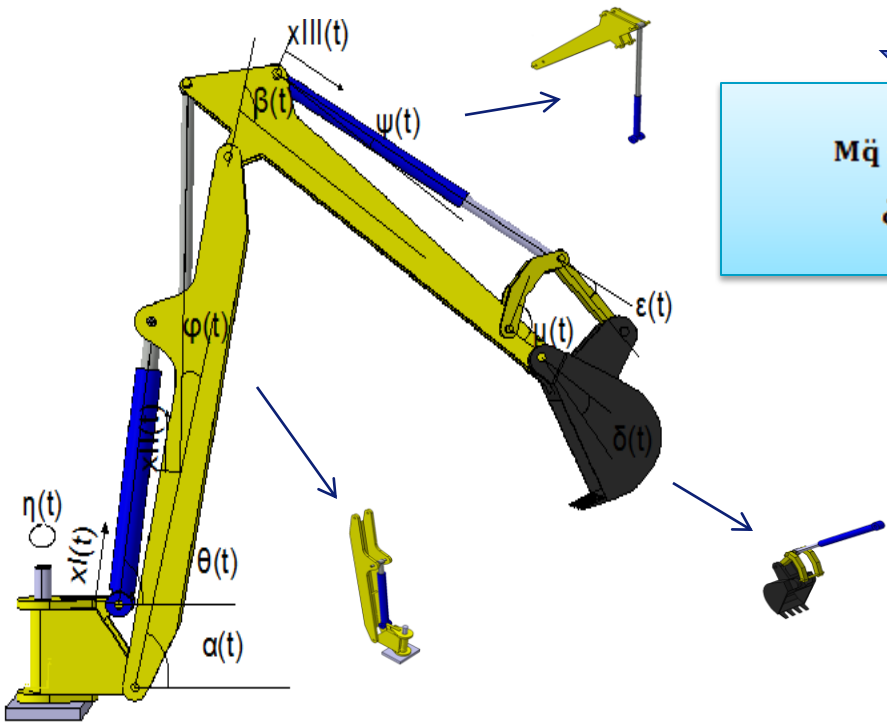
$$\ddot{\phi} = 0$$

Penalizadores

$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

$$\lambda = \alpha(\ddot{\phi} + 2\xi\omega\dot{\phi} + \omega^2\phi)$$

$$\dot{y} = \begin{pmatrix} \dot{q} \\ \ddot{q} \end{pmatrix} \rightarrow y = \begin{pmatrix} q \\ \dot{q} \end{pmatrix}$$



2. Descripción del modelo

ECUACIONES HIDRÁULICA



$$\frac{dP_A}{dt} = \frac{\beta_{eff}}{(A_B(l-x) + V_{dead_B})} (Q_A - Q_{leak} - \dot{x} A_A \frac{\rho_A}{\rho_0})$$

$$\frac{dP_B}{dt} = \frac{\beta_{eff}}{A_B(l-x) + V_{dead_B}} (Q_B + Q_{leak} + \dot{x} A_B \frac{\rho_B}{\rho_0})$$

ECUACIONES MECÁNICA



$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

$$\ddot{\phi} + 2\xi\omega\dot{\phi} + \omega^2\phi = 0$$

$$M\ddot{q} + \phi_q^T \lambda = Q$$

$$\lambda = \alpha(\ddot{\phi} + 2\xi\omega\dot{\phi} + \omega^2\phi)$$

Forward Euler
Runge Kutta II
Runge Kutta IV



$$y_{n+1} = y_n + hf(x_n, y_n)$$

$$y_{n+1} = y_n + h(k_2)$$

$$y_{n+1} = y_n + h \frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

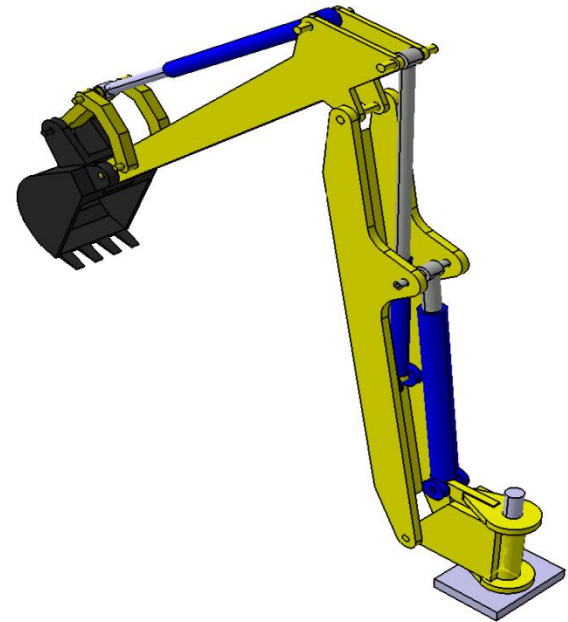
$$k_1 = f(x_i, y_i)$$

$$k_2 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1h\right)$$

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2h\right)$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3h)$$

1. Introducción
2. Definición del modelo
3. Resolución del problema
4. Conclusiones y trabajo futuro



3. Resolución del problema



$$C \dot{x} = f(x)$$

Resolución Monolítica



$$C_1 \dot{x}_1 = f_1(x_1)$$

$$y_1 = g_1(x_1, u_1)$$



$$C_2 \dot{x}_2 = f_2(x_2)$$

$$y_2 = g_2(x_2, u_2)$$

Co-Simulación

Paralelo (Jacobi)

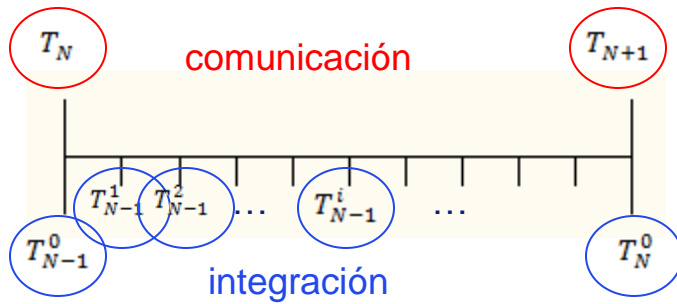
Serie (Gauss-Seidel)



$$u_1 = y_2$$

$$u_2 = y_1$$

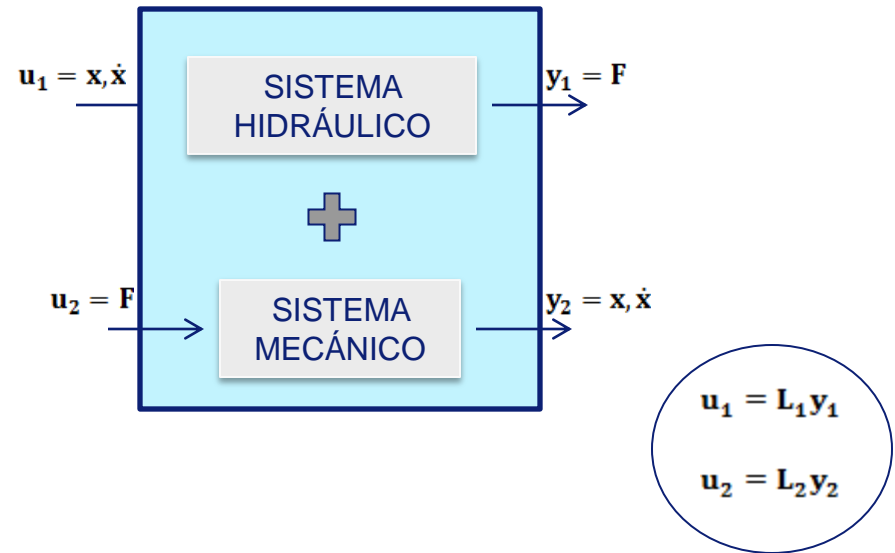
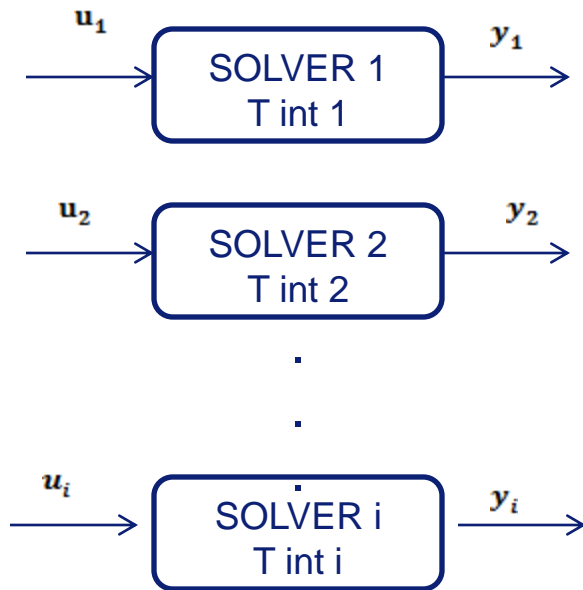
3.1. Co-simulación



$$\dot{x}_i = f_i(x_i) \quad x_i = \text{vector de estados}$$

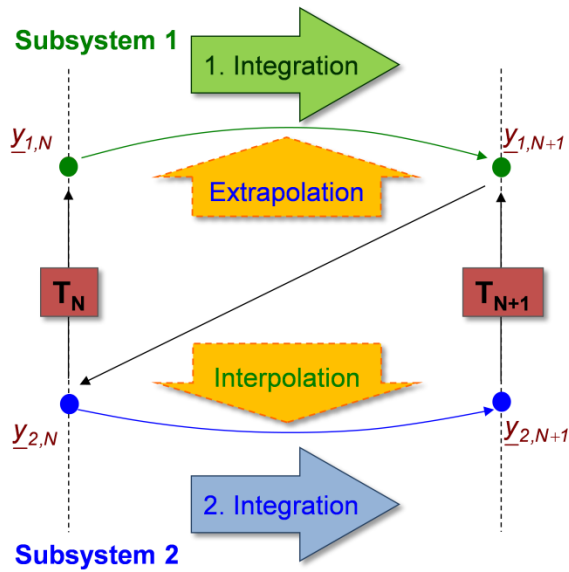
$$y_i = g_i(x_i, u_i) \quad u_i = \text{vector de entrada}$$

$$y_i = g_i(x_i, u_i) \quad y_i = \text{vector de salida}$$

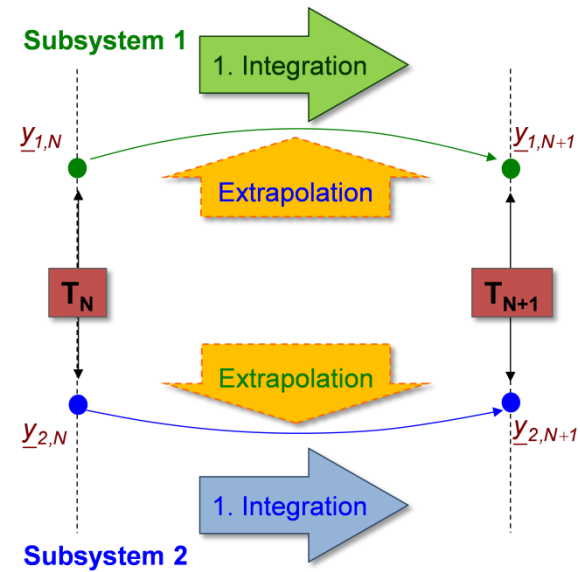


3.1. Co-simulación

Gauss-Seidel scheme



Jacobi scheme



3.2. Resumen de resoluciones

SIMULACION

- Resolución monolítica
- Co-simulación

FORMULACIÓN MECÁNICA

- Baumgarte
- Penalties

COORDENADAS

- Cartesianas
- Relativas

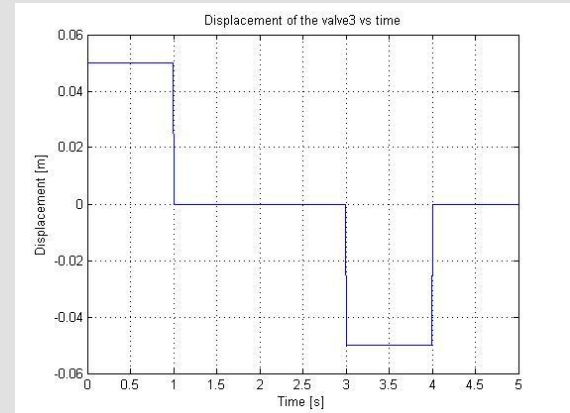
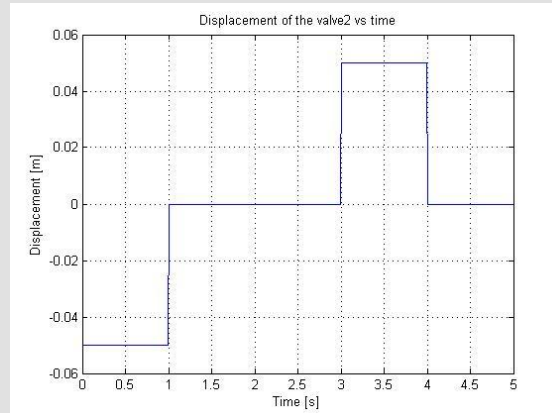
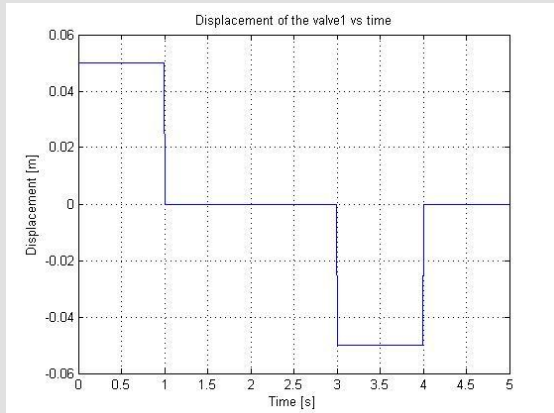
INTEGRADOR

- Forward Euler
- Runge Kutta II
- Runge Kutta IV



3.3. Maniobras realizadas

DESPLAZAMIENTOS DADOS PARA COMPARAR RESULTADOS



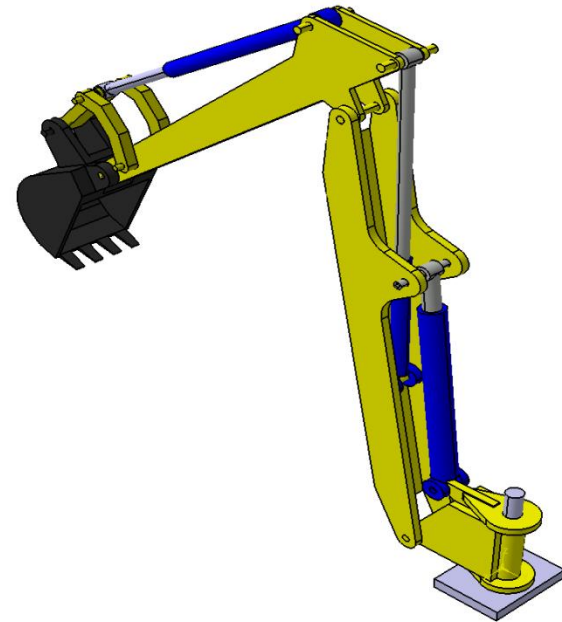
VÍDEOS SIMULACIONES

- Funciones de desplazamientos de la válvula dadas: [clip0005.avi](#)
- Mediante joysticks: [Video13.mov](#)

3.4. Resultados distintas simulaciones

SIMULACIÓN	Formulación	INTEGRADOR	T. INTEGRACIÓN	PASO DE INTEGRACIÓN	TIEMPO CPU
Monolítico I	Baumgarte	Runge Kutta IV	5 s	0,002 s	5.4600 s
		Runge Kutta II	5 s	0.0008 s	8.2525 s
	Penalties	Runge Kutta IV	5 s	0,002 s	5.1636 s
		Runge Kutta II	5 s	0.0008 s	7.6908 s
Co-Simulación serie	Baumgarte	Runge Kutta IV	5 s	0,001 s	13.2425 s
		Runge Kutta II	5 s	0,001 s	8.0809 s
		Forward Euler	5 s	0,001 s	5.4756 s
	Penalties	Runge Kutta IV	5 s	0,001 s	12.5113 s
		Runge Kutta II	5 s	0,001 s	7.5348 s
		Forward Euler	5 s	0,001 s	5.1792 s
Co-Simulación sin interpolación/extrapolación	Baumgarte	Runge Kutta IV	5 s	0,001 s	12.9169 s
		Runge Kutta II	5 s	0,001 s	7.7376 s
		Forward Euler	5 s	0,001 s	5.1324 s
	Penalties	Runge Kutta IV	5 s	0,001 s	12.6361 s
		Runge Kutta II	5 s	0,001 s	7.3632 s
		Forward Euler	5 s	0,001 s	4.6956 s
Co-Simulación paralelo	Penalties	Runge Kutta IV	5 s	T_Step_I=0,0001 s T_Step_II=0.0002s	130.4201s
		Runge Kutta IV	5 s	T_Step_I=0,00001 s T_Step_II=0,0001s	248.2131s

1. Introducción
2. Definición del modelo
3. Resolución del problema
4. Conclusiones y trabajo futuro



4. Conclusiones y trabajo futuro

EFICIENCIA			ESTABILIDAD		
Monolítico -	Co-simulación +		Monolítico +	Co-simulación -	
	Paralelo -	Serie +		Paralelo -	Serie +
	↑ Orden del polinomio -			↑ Orden del Polinomio -	
Baumgarte -	Penalties +		Baumgarte =	Penalties =	
Cartesianas -	Relativas +		Cartesianas =	Relativas =	
F.E +	R.K II	R.K IV -	F.E -	R.K II	R.K IV +

■ TRABAJO FUTURO:

- Definición problema mecánico íntegramente en Matlab.
- Simulación de contactos en el cazo y maniobras de excavación.



PROYECTO FIN DE CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL



Gracias por su atención
¿Preguntas?

Autor:

Raquel Graña Lamas

Tutor:

Miguel Ángel Naya Villaverde
Daniel Dopico Dopico
Marco Gubitosa



A Siemens Business