

Modelado Parte I

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

Mapa curricular de la materia

Simulación

Optimización



```
graph TD; A[Simulación] --> B[Optimización]
```

Mapa curricular de la materia

Simulación



Optimización

Mapa curricular de Simulación

Definiciones

Modelo de espacio de estados

Resolución de modelos

Simulación de plantas

Mapa curricular de Simulación

Definiciones

Modelo de espacio de estados

Resolución de modelos

Simulación de plantas

Mapa curricular de balance de energía

1. Estrategia de resolución
2. Utilitarios
3. Berkeley Madonna
4. MATLAB
5. GNU Octave
6. Plantilla de simulación

Enfriamiento de un recipiente

Modelo de espacio de estados

$$V \rho C_p \frac{dT}{dt} = -Q$$

$$Q = UA(T - T_a)$$

$$C_p = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}), \rho = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

$$D = 8 \text{ cm}, L = 7 \text{ cm (nivel del líquido)}$$

Base aislante



Parámetros en SI

$$V \rho C_p \frac{dT}{dt} = -Q$$

$$Q = UA(T - T_a)$$

$$C_p = 4.187 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}), \rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$D = 0.08 \text{ m}, L = 0.07 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A = 2.262 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \text{ y } V = 3.519 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$



$$U = 27.14 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Resolución del modelo

Método de Euler

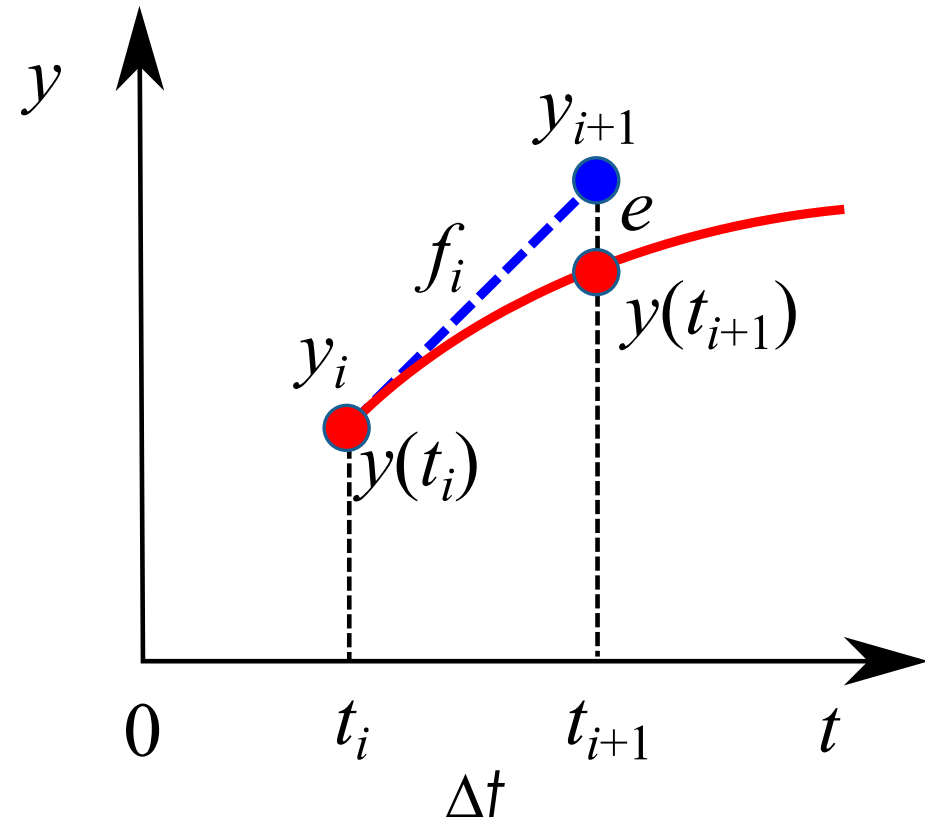
$$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} \approx f(t, y) \Rightarrow \Delta y \approx f(t, y) \Delta t$$

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$



Método de Euler

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

<i>i</i>	<i>t</i>	<i>y</i>
0	0	y_0

Método de Euler

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

i	t	y
0	0	y_0
1	Δt	$y_1 = y_0 + f(t_0, y_0) \Delta t$

Método de Euler

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

i	t	y
0	0	y_0
1	Δt	$y_1 = y_0 + f(t_0, y_0) \Delta t$
2	$2 \Delta t$	$y_2 = y_1 + f(t_1, y_1) \Delta t$

Método de Euler

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

i	t	y
0	0	y_0
1	Δt	$y_1 = y_0 + f(t_0, y_0) \Delta t$
2	$2 \Delta t$	$y_2 = y_1 + f(t_1, y_1) \Delta t$
3	$3 \Delta t$	$y_3 = y_2 + f(t_2, y_2) \Delta t$

Método de Euler

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

i	t	y
0	0	y_0
1	Δt	$y_1 = y_0 + f(t_0, y_0) \Delta t$
2	$2 \Delta t$	$y_2 = y_1 + f(t_1, y_1) \Delta t$
3	$3 \Delta t$	$y_3 = y_2 + f(t_2, y_2) \Delta t$
...
$i+1$	$(i+1) \Delta t$	$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$

Algoritmo general

Programa Simular;

Inicio

// Lectura de datos.

[U,D,P,X₀,Δt,tf] ← LeerDatos;

// Inicialización

t ← 0;

X ← X₀;

// Resuelve el sistema AEs

Y ← ResoluciónDeAEs(t,X);

MostrarResultados(t,X,Y);

// Simulación

Repetir

// Resuelve el sistema ODEs

X ← IntegrarODEs(t,X,Δt);

t ← t+Δt;

// Resuelve el sistema AEs

Y ← ResoluciónDeAEs(t,X);

MostrarResultados(t,X,Y)

Hasta t = tf

Fin.

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$$

$$t_i = i \Delta t$$

$$y_0 = y(0)$$

$$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$$

Programa Vaso;

Inicio

// Lectura de datos.

[U, Cp, ρ, V, A, Ta, T₀, Δt, tf] ← LeerDatos;

// Inicialización

t ← 0;

T ← T₀;

// Resuelve el sistema AEs

Q ← U*A*(T-Ta);

MostrarResultados(t, T, Q);

// Simulación

Repetir

// Resuelve el sistema ODEs

T ← T - Q / (V*ρ*Cp) * Δt;

t ← t + Δt;

// Resuelve el sistema AEs

Q ← U*A*(T-Ta);

MostrarResultados(t, T, Q)

Hasta t = tf

Fin.

$$V \rho C_p \frac{dT}{dt} = -Q$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{-Q}{V \rho C_p}$$

$$T_{i+1} = T_i - \frac{Q_i}{V \rho C_p} \Delta t$$

$$Q_i = U A (T_i - T_a)$$

Archivo Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda
Comentarios Compartir

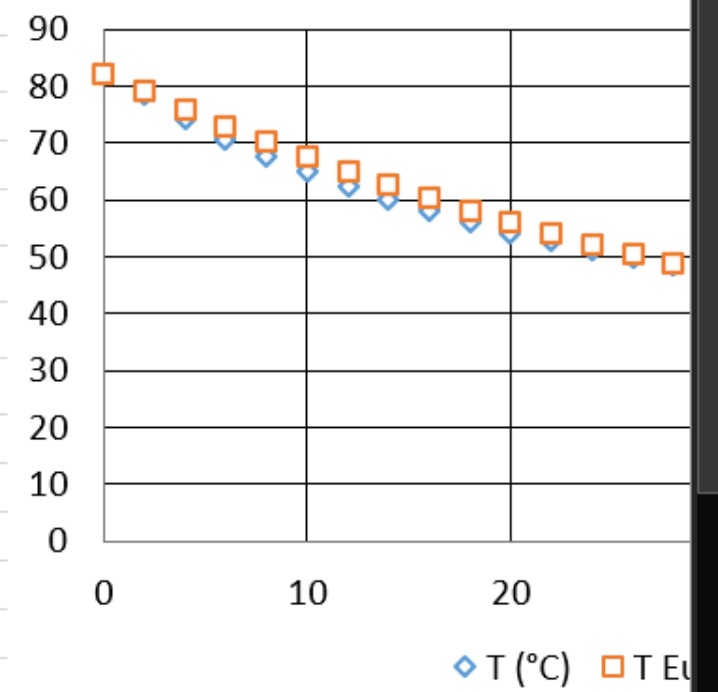
fx Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Asignar nombre Rastrear precedentes Mostrar fórmulas

Insertar función Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Utilizar en la fórmula Rastrear dependientes Comprobación de errores

Financieras Fecha y hora Más funciones Crear desde la selección Quitar flechas Evaluar fórmula Ventana Inspección Opciones para el cálculo

Biblioteca de funciones Administrador de nombres Nombres definidos Auditoría de fórmulas Cálculo

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t (min)	T (°C)	T Euler	Q Euler	Error %		Parámetros	Valores
2	0	82.30	82.30	40.09	0%		T0 (°C)	82.30
3	2	78.50	79.04	38.08	-1%		r (min ⁻¹)	0.025
4	4	74.30	75.93	36.18	-2%		Ta (°C)	17.00
5	6	70.70	72.99	34.37	-3%		Δt (s)	120
6	8	67.60	70.19	32.65	-4%		U (J/(s·m ² ·°C))	2.71E+01
7	10	65.00	67.53	31.02	-4%		A (m ²)	2.26E-02
8	12	62.50	65.00	29.47	-4%		V (m ³)	3.52E-04
9	14	60.10	62.60	28.00	-4%		rho (kg/m ³)	1000
10	16	58.10	60.32	26.60	-4%		Cp (J/(kg·°C))	4.19E+03
11	18	56.10	58.16	25.27	-4%			
12	20	54.30	56.10	24.00	-3%		$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$	
13	22	52.80	54.14	22.80	-2%		$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i) \Delta t$	
14	24	51.20	52.29	21.66	-2%			
15	26	49.90	50.52	20.58	-1%			
16	28	48.60	48.85	19.55	-1%			
17	30	47.20	47.25	18.57	0%		$\frac{dT}{dt} = \frac{Q}{V \rho C_p}$	
18	32	46.10	45.74	17.64	1%			



Archivo Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

fx Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Asignar nombre Rastrear precedentes Mostrar fórmulas
 Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Utilizar en la fórmula Rastrear dependientes Comprobación de errores
 Insertar función Financieras Fecha y hora Más funciones Crear desde la selección Quitar flechas Evaluar fórmula Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

D2 $=H\$6*H\$7*(C2-H\$4)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	t (min)	T (°C)	T Euler	Q Euler	Error %		Parámetros	Valores	
2	0	82.3	=H2	=H\$6*H\$7*(C2-H\$4)	=(B2-C2)/C2		T0 (°C)	82.3	
3	2	78.5	=C2-D2/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C3-H\$4)	=(B3-C3)/C3		r (min ⁻¹)	0.025	
4	4	74.3	=C3-D3/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C4-H\$4)	=(B4-C4)/C4		Ta (°C)	17	
5	6	70.7	=C4-D4/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C5-H\$4)	=(B5-C5)/C5		Δt (s)	120	
6	8	67.6	=C5-D5/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C6-H\$4)	=(B6-C6)/C6		U (J/(s·m ² ·°C))	27.14	
7	10	65	=C6-D6/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C7-H\$4)	=(B7-C7)/C7		A (m ²)	0.02262	
8	12	62.5	=C7-D7/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C8-H\$4)	=(B8-C8)/C8		V (m ³)	0.0003519	
9	14	60.1	=C8-D8/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C9-H\$4)	=(B9-C9)/C9		rho (kg/m ³)	1000	
10	16	58.1	=C9-D9/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C10-H\$4)	=(B10-C10)/C10		Cp (J/(kg·°C))	4187	
11	18	56.1	=C10-D10/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C11-H\$4)	=(B11-C11)/C11				
12	20	54.3	=C11-D11/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C12-H\$4)	=(B12-C12)/C12		$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$		
13	22	52.8	=C12-D12/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C13-H\$4)	=(B13-C13)/C13				
14	24	51.2	=C13-D13/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C14-H\$4)	=(B14-C14)/C14				
15	26	49.9	=C14-D14/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C15-H\$4)	=(B15-C15)/C15		$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i)\Delta t$		
16	28	48.6	=C15-D15/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C16-H\$4)	=(B16-C16)/C16				
17	30	47.2	=C16-D16/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C17-H\$4)	=(B17-C17)/C17				
18	32	46.1	=C17-D17/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C18-H\$4)	=(B18-C18)/C18		$\frac{dT}{dt} = \frac{Q}{V\rho C_p}$		

Archivo Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

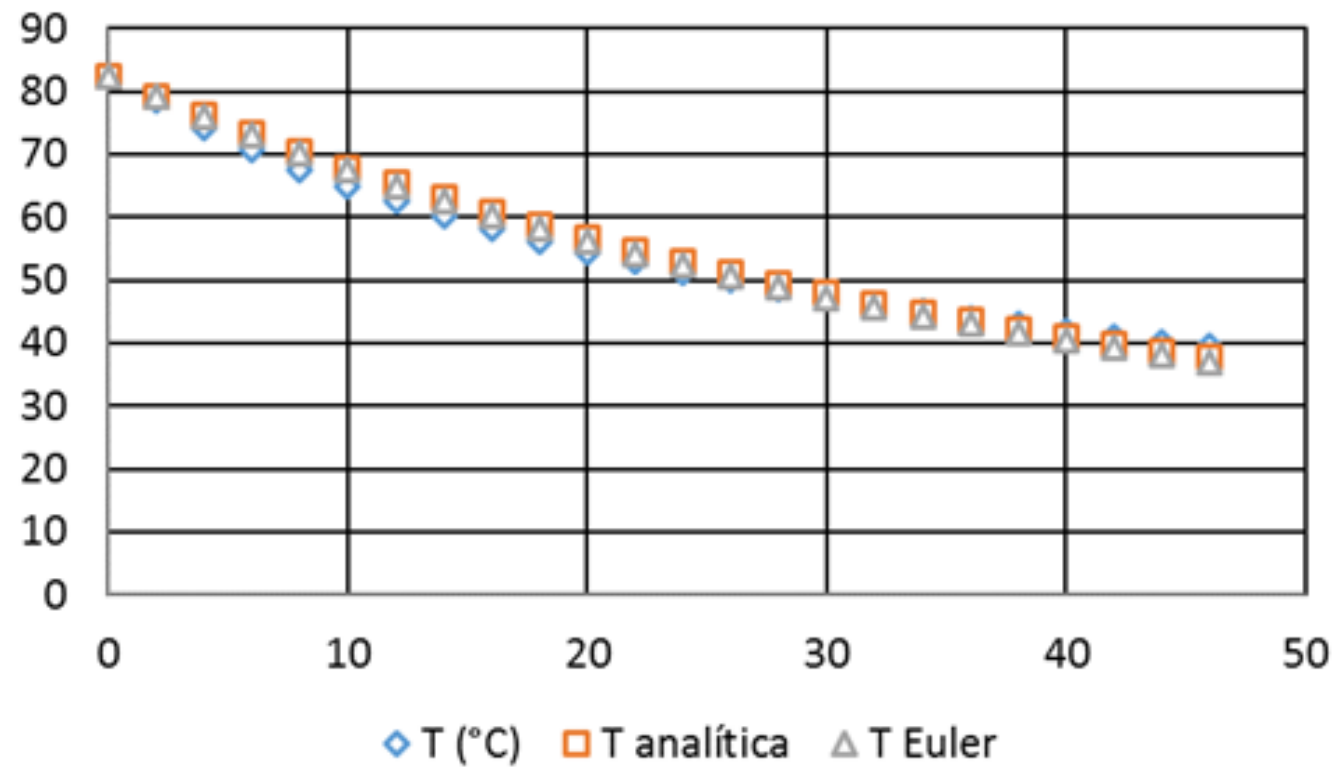
Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Asignar nombre Rastrear precedentes Mostrar fórmulas
 Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Utilizar en la fórmula Rastrear dependientes Comprobación de errores
 Financieras Fecha y hora Más funciones Crear desde la selección Quitar flechas Evaluar fórmula

Biblioteca de funciones Nombres definidos Auditoría de fórmulas Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

C3 =C2-D2/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	t (min)	T (°C)	T Euler	Q Euler	Error %		Parámetros	Valores	
2	0	82.3	=H2	=H\$6*H\$7*(C2-H\$4)	=(B2-C2)/C2		T0 (°C)	82.3	
3	2	78.5	=C2-D2/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C3-H\$4)	=(B3-C3)/C3		r (min ⁻¹)	0.025	
4	4	74.3	=C3-D3/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C4-H\$4)	=(B4-C4)/C4		Ta (°C)	17	
5	6	70.7	=C4-D4/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C5-H\$4)	=(B5-C5)/C5		Δt (s)	120	
6	8	67.6	=C5-D5/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C6-H\$4)	=(B6-C6)/C6		U (J/(s·m ² ·°C))	27.14	
7	10	65	=C6-D6/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C7-H\$4)	=(B7-C7)/C7		A (m ²)	0.02262	
8	12	62.5	=C7-D7/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C8-H\$4)	=(B8-C8)/C8		V (m ³)	0.0003519	
9	14	60.1	=C8-D8/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C9-H\$4)	=(B9-C9)/C9		rho (kg/m ³)	1000	
10	16	58.1	=C9-D9/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C10-H\$4)	=(B10-C10)/C10		Cp (J/(kg·°C))	4187	
11	18	56.1	=C10-D10/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C11-H\$4)	=(B11-C11)/C11				
12	20	54.3	=C11-D11/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C12-H\$4)	=(B12-C12)/C12		$\frac{dy}{dt} = f(t, y)$		
13	22	52.8	=C12-D12/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C13-H\$4)	=(B13-C13)/C13				
14	24	51.2	=C13-D13/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C14-H\$4)	=(B14-C14)/C14				
15	26	49.9	=C14-D14/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C15-H\$4)	=(B15-C15)/C15		$y_{i+1} = y_i + f(t_i, y_i)\Delta t$		
16	28	48.6	=C15-D15/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C16-H\$4)	=(B16-C16)/C16				
17	30	47.2	=C16-D16/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C17-H\$4)	=(B17-C17)/C17				
18	32	46.1	=C17-D17/(H\$8*H\$9*H\$10)*H\$5	=H\$6*H\$7*(C18-H\$4)	=(B18-C18)/C18		$\frac{dT}{dt} = \frac{Q}{mCp}$		

Simulaciones



Ver Ley de enfriamiento de Newton. xlsx y SMath.

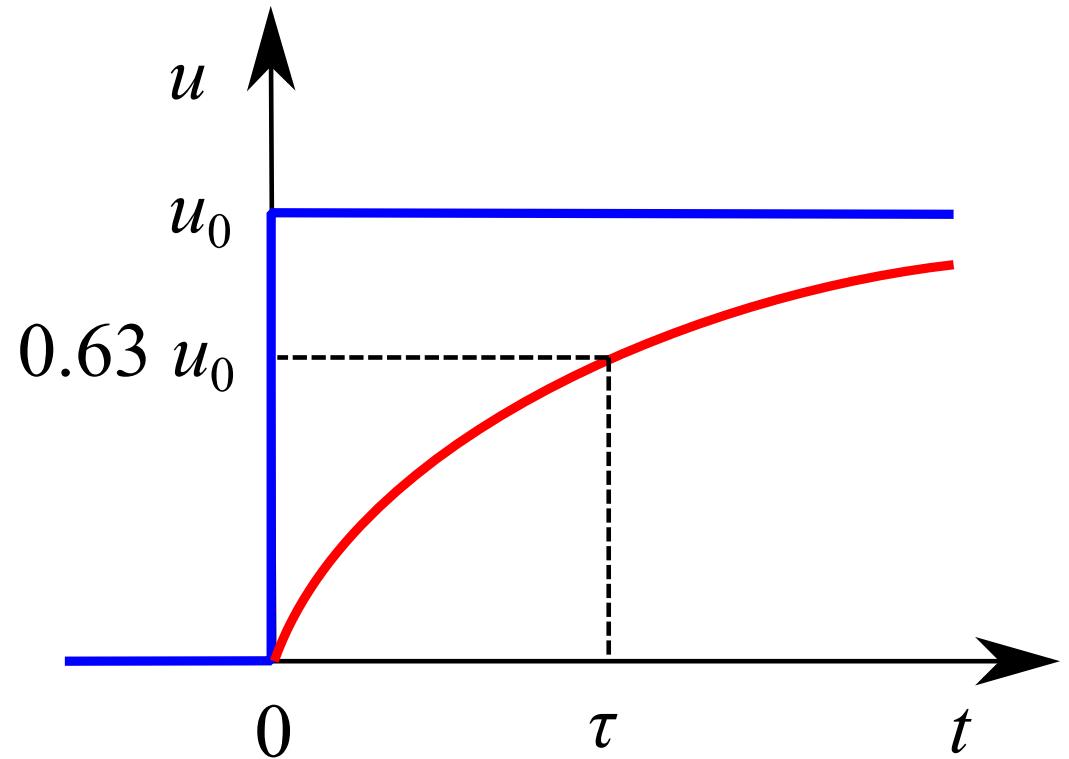
Sistema de primer orden

Sistema de primer orden

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = \frac{u-y}{\tau} \\ y(0) = 0 \end{cases}$$

$$u = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ u_0 & t \geq 0 \end{cases}$$

$$y = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ u_0 (1 - e^{-t/\tau}) & t \geq 0 \end{cases}$$



Prompt para solución analítica

Obtén la solución analítica, que exprese y en función de t , de la siguiente ecuación diferencial: $dy/dt = (u_0 - y)/\tau$. Considera que, en $t = 0$, se tiene $y = 0$.

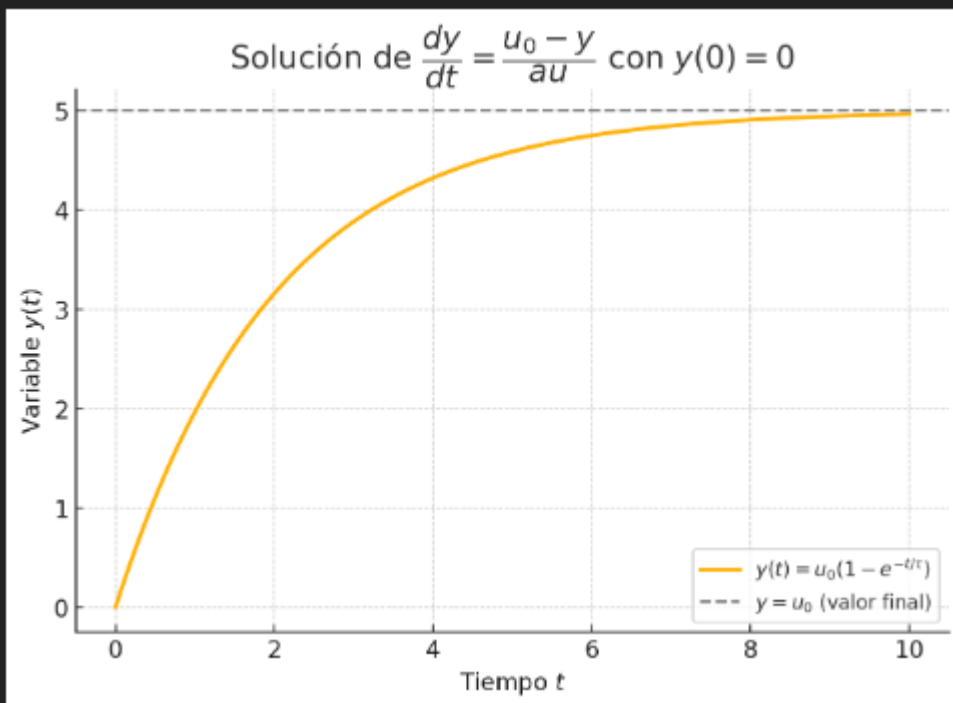
Obtén la solución analítica, que exprese y en función de t , de la siguiente ecuación diferencial: $dy/dt = (u_0 - y)/\tau$. Considera que, en $t = 0$, se tiene $y = 0$.

La ecuación es:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u_0 - y}{\tau} \quad \text{con condición inicial } y(0) = 0$$

Solución final

$$y(t) = u_0 \left(1 - e^{-t/\tau} \right)$$



Prompt para la función de transferencia

Escribe la correspondiente función de transferencia de y con respecto a u de la siguiente ecuación diferencial: $dy/dt = (u - y)/\tau$. Considera que, en $t = 0$, se tiene $y = 0$.

Escribe la correspondiente función de transferencia de y con respecto a u de la siguiente ecuación diferencial: $dy/dt = (u - y)/\tau$. Considera que, en $t = 0$, se tiene $y = 0$.

¡Vamos a hacerlo!

Partimos de la ecuación:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u - y}{\tau}$$

Queremos hallar la función de transferencia $\frac{Y(s)}{U(s)}$ usando transformada de Laplace.

La función de transferencia de la ecuación

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u - y}{\tau} \quad \text{con} \quad y(0) = 0$$

es:

$$\boxed{\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{\tau s + 1}}$$

Estado pseudoestacionario

- Estado dinámico: $\tau \frac{dy}{dt} = u - y$
- Estado estacionario: $\frac{dy}{dt} = 0 \Rightarrow u - y = 0$
- Estado pseudoestacionario: $\tau \rightarrow 0 \Rightarrow u - y \rightarrow 0$

Alternativas para la resolución

Enfoques para la resolución de modelos



Orientado a ecuaciones

- E-Z Solve
- JSim
- EMSO
- Modelica
- gPROMS
- Berkeley Madonna

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u_0 - y}{\tau}$$

[Video de Simulación con Berkeley Madonna](#)

```
{Sistema de primer orden.  
u0: valor del escalón en la entrada.  
tau: es la constante de tiempo.  
y: valor de salida}
```

```
METHOD RK4
```

```
STARTTIME = 0  
STOPTIME = 10  
DT = 0.01
```

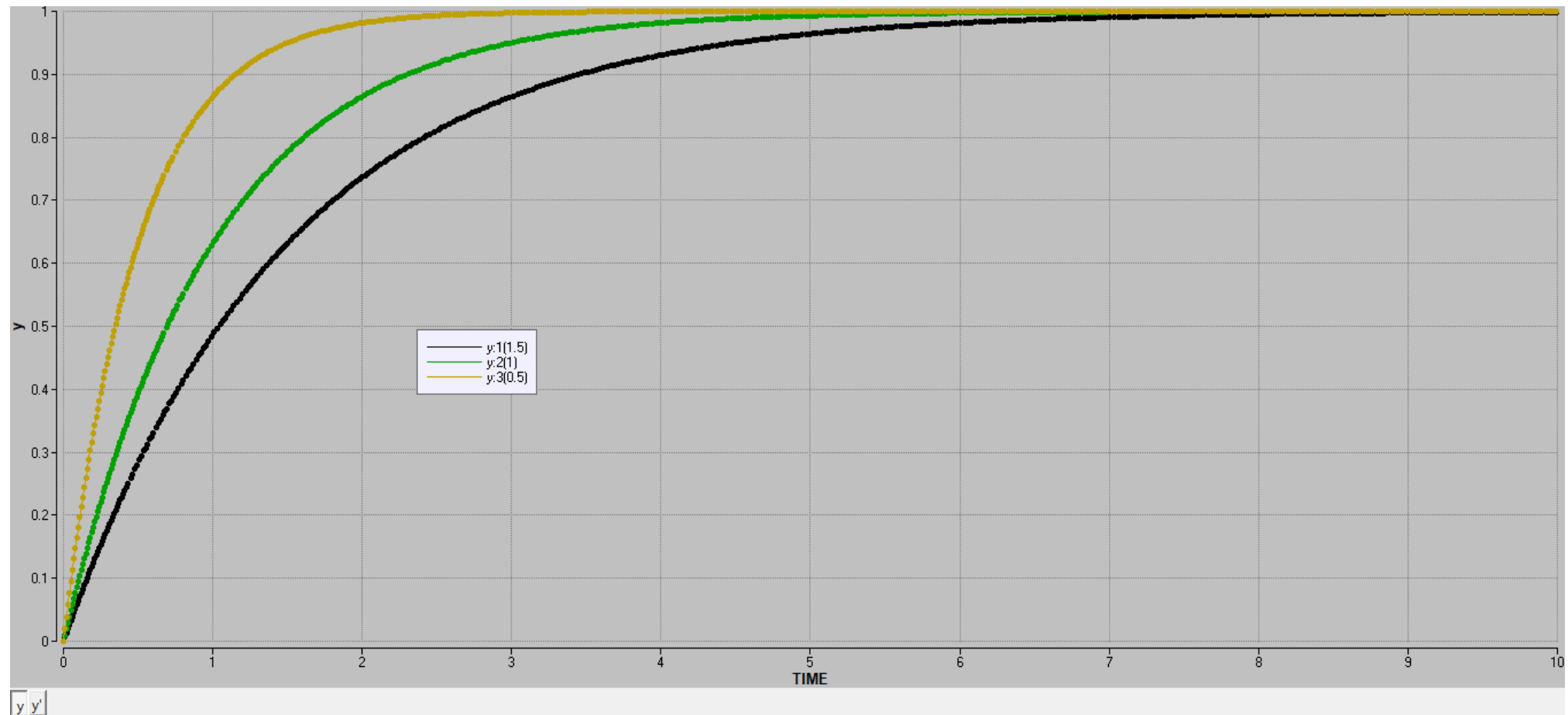
```
; Inicialización  
INIT y = 0
```

```
; Sistema ODEs  
y' = (u0-y)/tau
```

```
; Sistema AEs
```

```
; Datos  
u0 = 1  
tau = 1
```

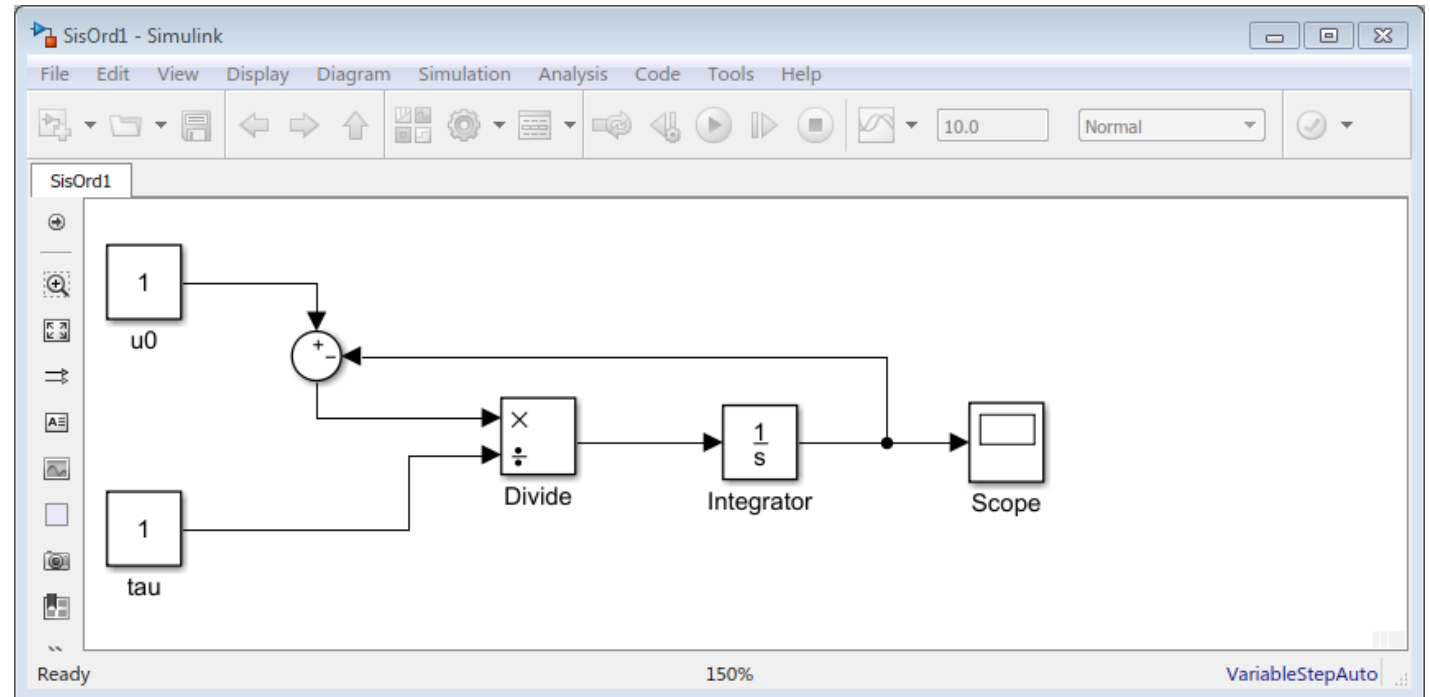
Constante de tiempo



Orientado a diagramas de bloques

- Simulink
- ViSim
- Xcos

$$\frac{dy}{dt} = \frac{U_0 - y}{\tau}$$



[Video Simulación con Simulink](#)

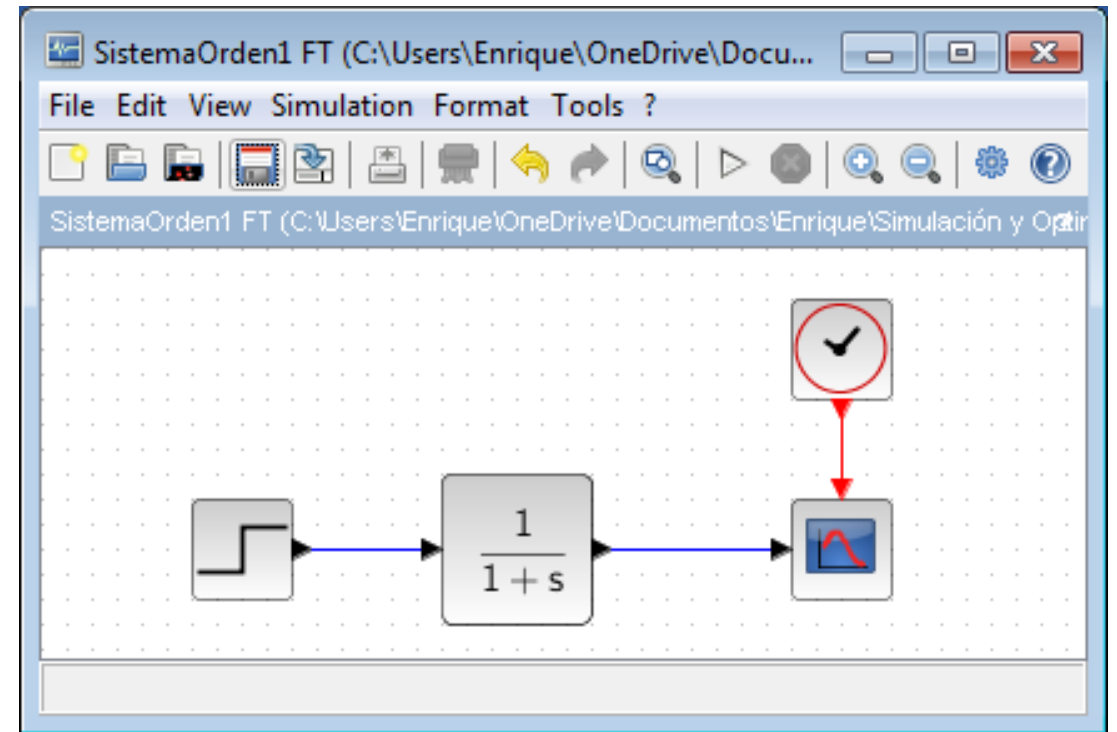
Orientado a diagramas de bloques

- Simulink
- ViSim
- Xcos

$$\frac{dy}{dt} = \frac{U_0 - y}{\tau}$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1 + \tau s}$$

Simulación con Xcos



Condiciones iniciales iguales a cero.

Orientados a programación

- Lenguajes:
 - Fortran, C, Pascal, Python, Julia
- Entornos:
 - Matlab, Octave, Scilab
 - Spyder, Visual Studio Code
 - Mathcad, SMath

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u_0 - y}{\tau}$$

[Video Simulación con Matlab](#)

[Manual de GNU Octave](#)

```
% Sistema de primer orden

% Datos
global tau u0
tau = 1;
u0 = 1;

% ODEs
function dy = ODEs(y,t)
    global tau u0
    dy = (u0-y)/tau;
endfunction

% Parámetros de simulación
tfin = 10;
nts = 20;

% Inicialización
tpts = linspace(0, tfin, nts)';
y0 = 0;

% Resolución
y = lsode('ODEs',y0,tpts);

% Gráfica
figure(1);
plot(tpts,y)
```

MATLAB

MathWorks® Productos Soluciones Aprendizaje Empresa Centro de ayuda [Obtenga MATLAB](#) [Inicie sesión](#)

MATLAB

[Visión general](#) [Introducción](#) [Funcionalidades y prestaciones](#) [Paquetes de soporte](#) [Para estudiantes](#)

Matemáticas. Gráficas. Programación.

MATLAB es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos.

[Obtenga MATLAB](#)

Inference with the trained network

Let's see how well the trained network performs on new data.

```
augTestset = augmentedImageDataset(layers(1).inputSize, testSets);
predictedLabels = classify(imgnet, augTestset);
accuracy = mean(predictedLabels == testSets.Labels);
```

Figure
confusionchart(testSets.Labels, predictedLabels, ...
"confusion", "row-normalized", "column-normalized", "column-normal",
title("Confusion Matrix, Accuracy" + accuracy*100 + "%"))

Let's take a look at a few example images.

```
idx = 5;
img = imread(imgTestset, idx);
trueLabel = img.response;
[predictedScores] = classify(imgnet, img);
idx = (predictedScores == max(predictedScores));
imgLabel(img, scores, predictedLabel, trueLabel, idx);
```

Confusion Matrix, Accuracy 95%

	True Class	False	True
True Class	0.95	0.05	0.00
False	0.00	0.00	0.00
True	0.00	0.00	0.95

True Class Subimages

Predicted Class: Subimage (81,72) 1:37

¿Qué es MATLAB?

MATLAB

MATLAB online

MathWorks® Productos Soluciones Aprendizaje ▾ Empresa ▾ Centro de ayuda [Obtenga MATLAB](#) [Inicie sesión](#) 🔍

MATLAB Online

[Visión general](#) [Versiones de MATLAB Online](#) [Conexiones](#) [Especificaciones y limitaciones](#) [Focused View](#)

MATLAB Online

Utilice MATLAB y Simulink a través de su navegador web

[Abra MATLAB Online](#)

Inicie sesión para comenzar. [Compruebe si cumple los requisitos](#)

[MATLAB online](#)

MATLAB online

The screenshot displays the MATLAB online user interface. At the top, there is a dark blue header with the MATLAB logo on the left, a search bar labeled 'Centro de búsqueda de ayuda' in the middle, and user initials 'ET' and a grid icon on the right. Below the header, the page is divided into several sections. On the left is a vertical sidebar with the heading 'Obtener ayuda' and links for 'Documentación', 'MATLAB Answers', 'File Exchange', and 'Vídeos'. Below that is another section titled 'Aprender' with links for 'Formación online', 'Cody', and 'Blogs'. The main content area starts with a message: 'Su cuenta de MathWorks no está asociada a una licencia activa. Elija más abajo una opción para empezar'. This message is followed by three cards: 'Asociar una licencia' (with an 'Asociar' button), 'Utilizar MATLAB Online (basic)' (highlighted with a red border and featuring a 'Utilizar ahora de forma gratuita' button), and 'Versión de prueba de MATLAB de 30 días' (with an 'Obtener una versión de prueba' button). Below these is a 'Formación online' section with three course cards: 'MATLAB Onramp' (unlimited access, 'Inicio' button), 'Simulink Onramp' (unlimited access, 'Inicio' button), and 'Machine Learning Onramp' (unlimited access, 'Inicio' button). At the bottom, there are links for 'Ver más' and 'Ver todos los cursos'.

MATLAB Centro de búsqueda de ayuda ET

Obtener ayuda

- Documentación
- MATLAB Answers
- File Exchange
- Vídeos

Aprender

- Formación online
- Cody
- Blogs

Su cuenta de MathWorks no está asociada a una licencia activa.
Elija más abajo una opción para empezar

- Asociar una licencia**
Asocie su cuenta a la licencia de su organización
[Asociar](#)
- Utilizar MATLAB Online (basic)**
Utilice hasta 20 horas online todos los meses
[Utilizar ahora de forma gratuita](#)
- Versión de prueba de MATLAB de 30 días**
Uso ilimitado en el escritorio y online
[Obtener una versión de prueba](#)

Formación online

- MATLAB Onramp**
Acceso ilimitado
[Inicio](#)
- Simulink Onramp**
Acceso ilimitado
[Inicio](#)
- Machine Learning Onramp**
Acceso ilimitado
[Inicio](#)

[Ver más](#) [Ver todos los cursos](#)

New Open Save Compare To Go To Find Bookmark Refactor Code Issues Debugger Section Break Run and Advance Run Step Stop

FILE NAVIGATE CODE ANALYZE SECTION RUN

MATLAB Drive

Files

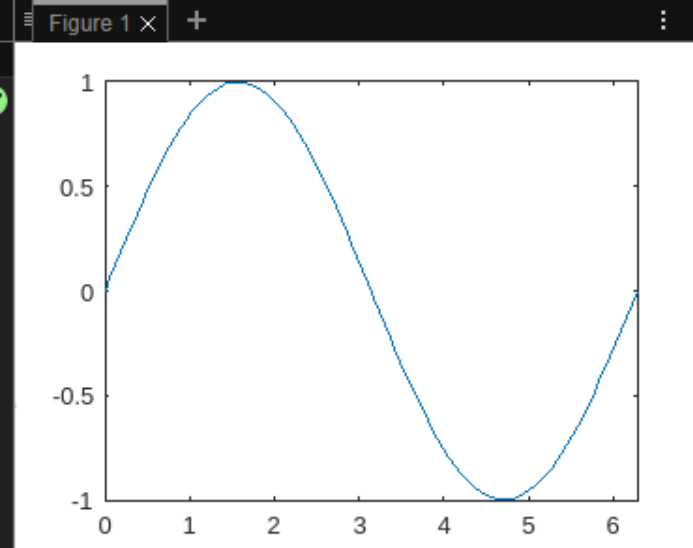
Examples

- systema_DAE.m
- testET.m

```

1 % Código principal del script
2
3 x = linspace(0, 2*pi, 100);
4 y = myFunction(x);
5 plot(x, y);
6
7 % Funciones definidas al final del script
8 function y = myFunction(x)
9     y = sin(x);
10 end
11
12

```



Code Issues

Filter

- systema_DAE.m

Workspace

Name	Value	Size	Class
x	1x100 double	1x100	double
y	1x100 double	1x100	double

Command Window

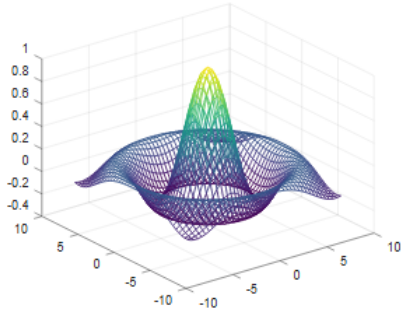
New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

```

>> testET
>>

```

GNU Octave



Scientific Programming Language

- Powerful mathematics-oriented syntax with built-in 2D/3D plotting and visualization tools
- Free software, runs on GNU/Linux, macOS, BSD, and Microsoft Windows
- Drop-in compatible with many Matlab scripts

</> Syntax Examples

The Octave syntax is largely compatible with Matlab. The Octave interpreter can be run in [GUI mode](#), as a console, or invoked as part of a shell script. More Octave examples can be found in [the Octave wiki](#).

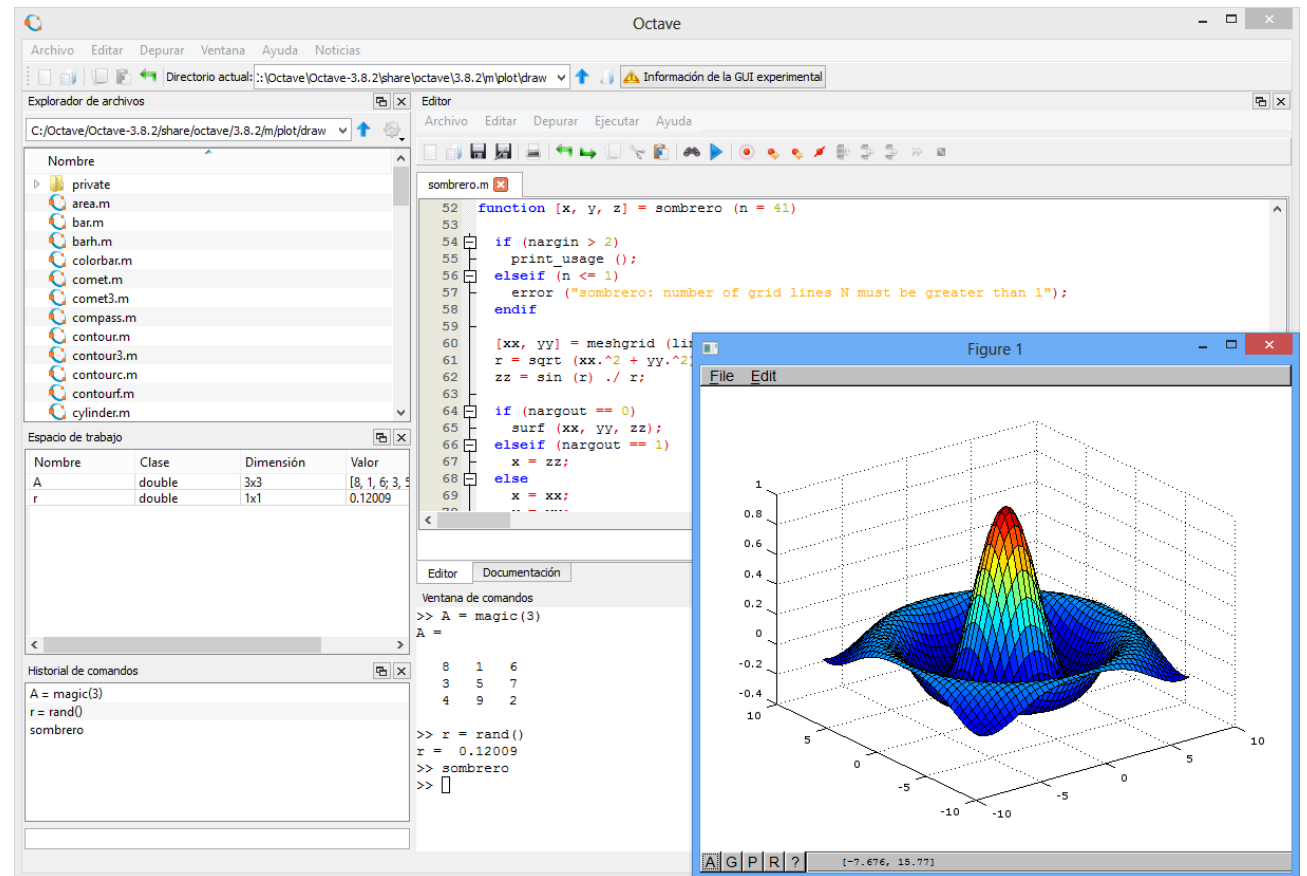
Solve systems of equations with linear algebra operations on **vectors** and **matrices**.

```
b = [4; 9; 2] # Column vector
A = [ 3 4 5;
      1 3 1;
      3 5 9 ]
x = A \ b    # Solve the system Ax = b
```

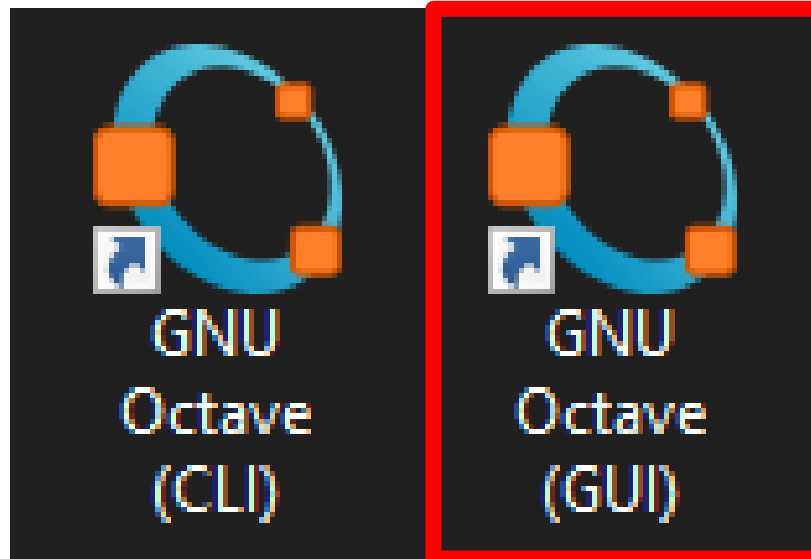
GNU Octave

GNU Octave

- Cálculo numérico
- Orientado a matrices
- Sintaxis similar a MATLAB
- Muy compatible con MATLAB
- ODEs
- AEs
- DAEs



Accesos directos



Explorador de archivos

s/ Simulación y Optimización/Ejemplos/Simulación/GNU Octave/Modelos

Nombre
reactor_propileno_CT.m
reactor_propileno.m
resolvedor - copia.m
resolvedor.m
resultados.csv
sisord1.m
tanque_calefaccionado_CL.m

Espacio de trabajo

Filtrar

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atributo
--------	-------	-----------	-------	----------

Historial de comandos

Filtrar

- tanque_calefaccionado
- tanques_no_interactivos
- tanques_no_interactivos
- tanques_no_interactivos
- sisord1
- tanque
- tanque_calefaccionado
- tanque_calefaccionado

Octave 9.2.0, Sat Jan 11 21:13:39 2025 GMT <unknown@LENOVO>

Ventana de comandos

```
GNU Octave, version 9.2.0
Copyright (C) 1993-2024 The Octave Project Developers.
This is free software; see the source code for copying conditions.
There is ABSOLUTELY NO WARRANTY; not even for MERCHANTABILITY or
FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. For details, type 'warranty'.

Octave was configured for "x86_64-w64-mingw32".

Home page:           https://octave.org
Support resources:   https://octave.org/support
Improve Octave:      https://octave.org/get-involved

For changes from previous versions, type 'news'.

>>
```

GNU Octave

Observaciones

- Los nombres de archivos no deben contener espacios.
- La extensión es “.m”.
- Distingue entre minúsculas y mayúsculas.
- $\log(x)$: Logaritmo natural de x .
- $x(1)$: Primer elemento de x .
- $x(\text{end})$: Último elemento de x .

Constantes

- $\text{pi} = 3.141592653589793$
- $e = 2.718281828459045$
- $i, j: \sqrt{-1}$
- Inf : Infinito
- NaN : Not-a-Number (indefinido)
- eps : Precisión máquina, $2.220446\text{E}-16$ (en IEEE 754).

Ventana de comandos

- `clc`: Limpia la consola.
- `close all`: Cierra todas las figuras.
- Flecha arriba y abajo: Recorre historial.
- `Ctrl+C`: Aborta el cálculo.
- `help`: Solicita ayuda.
- Punto y coma: Impide impresión.
- Corchetes: Vectores numéricos.
- Llaves: Vectores de celdas.
- Apóstrofes: Cadenas.
- Operaciones con matrices
- Tutorial

```
>> help interp1
'interp1' is a function from the file C:\Program Files\GNU
Octave\Octave-9.2.0\mingw64\share\octave\9.2.0\m\general\interp1
.m

-- YI = interp1 (X, Y, XI)
-- YI = interp1 (Y, XI)
-- YI = interp1 (... , METHOD)
-- YI = interp1 (... , EXTRAP)
-- YI = interp1 (... , "left")
-- YI = interp1 (... , "right")
-- PP = interp1 (... , "pp")
```

One-dimensional interpolation.

Interpolate input data to determine the value of YI at the points

XI. If not specified, X is taken to be the indices of Y (`1:length(Y)'`). If Y is a matrix or an N-dimensional array, the interpolation is performed on each column of Y.

```
>> x = [11 12 13 14] % vector fila
```

```
x =
```

```
    11     12     13     14
```

```
>> x(3) % tercer elemento
```

```
ans = 13
```

```
>> y = {'Temperatura' 'Presión' 'Caudal'} % vector fila de celdas
```

```
y =
```

```
{
```

```
    [1,1] = Temperatura
```

```
    [1,2] = Presión
```

```
    [1,3] = Caudal
```

```
}
```

```
>> y{3} % tercer elemento
```

```
ans = Caudal
```

Operadores lógicos

<	Menor que
<=	Menor o igual que
>	Mayor que
>=	Mayor o igual que
==	Igual a
~=	No igual a

	or
	or con cortocircuito
&	and
&&	and con cortocircuito
xor()	xor
not()	not

Nombre

- reactor_propileno_CT.m
- reactor_propileno.m
- resolvidor - copia.m
- resolvidor.m
- resultados.csv
- sisord1.m
- tanque_calefaccionado_CL.m

Espacio de trabajo

Filtrar

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atributo
ans	char	1x6	Caudal	
x	double	1x4	[1, 2, 3, 4]	
y	cell	1x3	...	

Historial de comandos

Filtrar

```
y{3} % tercer elemento
format
format()
format(compact)
clc
clc: Limpia la consola.
close all: Cierra todas las figuras.
Ctrl+C: Aborta el cálculo.
clc
```

- Deshacer Control+Z
- Copiar Control+C
- Pegar Control+V
- Seleccionar todo Control+A
- Limpiar el portapapeles
- Buscar archivos... Control+Mayúsculas+F
- Limpiar la ventana de comandos
- Limpiar el historial de comandos
- Limpiar el espacio de trabajo
- Asignar ruta de trabajo (path)...
- Preferencias...

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atributo
ans	char	1x6	Caudal	
x	double	1x4	[1, 2, 3, 4]	
y	cell	1x3	...	

Historial de comandos

```
y{3} % tercer elemento
format
format()
format(compact)
clc
clc: Limpia la consola.
close all: Cierra todas las figuras.
Ctrl+C: Aborta el cálculo.
clc
```

GNU Octave\Modelos

Ventana de comandos

```
>> |
```

Ventana de comandos Documentación Editor de variables Editor

General

Comandos

Editor

Explorador de archivos

Espacio de trabajo

Editor de variables

Atajos de teclado

Red

Interfaz

Lenguaje (requiere reinicio)Estilo Iconos de la barra de herramientas Pequeño Normal GrandeTema para los iconos (requiere reinicio) Widgets de iconos de ventana Sólo logo de Octave Iconos de texto Iconos gráficosWidget de barra de título Estilo personalizado Fondo inactivo Activo 3D Texto inactivo Activo Usar selector de archivos nativo Cursor parpadeante Mostrar barra de estado El foco en los widgets anclados en la ventana principal se activa según la posición del ratón Confirmar antes de salir

Inicio de Octave

Estas configuraciones se aplicarán después de la carga del archivo de inicio .octaverc.

Directorio de trabajo de inicio del intérprete de Octave Restaurar el directorio de trabajo de la sesión anterior Explorar

Reinicializar

Aceptar

Cancelar

Aplicar

General

Comandos

Editor

Explorador de archivos

Espacio de trabajo

Editor de variables

Atajos de teclado

Red

General

- Mostrar números de línea Tamaño del número como diferencia con la fuente del editor
- Mostrar espacios en blanco No mostrar los espacios usados para la sangría
- Mostrar caracteres de fin de línea Resaltado de la línea actual (color configurable en el editor de estilos)
- Activar plegado de código Mostrar barra de desplazamiento horizontal
- Mostrar barra de estado Mostrar barra de herramientas
- Resaltar todas las apariciones de palabra seleccionada con doble clic
- Utilizar editor de archivos personalizado línea de comandos (%f=archivo, %l=línea):

Pestañas

Posición Pestañas giradas Anchura máxima de las pestañas, en caracteres (0: ilimitada)

Comentarios (Octave)

Cadena utilizada para comentar texto seleccionado ## # % %% %!

Cadenas consideradas para descomentar texto ## # % %% %!

Líneas largas

Longitud de línea Marcador de línea larga Línea Fondo

Partir líneas largas a partir de longitud de línea Partir líneas solo en comentarios

Ajustar las líneas demasiado largas al tamaño de la ventana

Reinicializar

Aceptar

Cancelar

Aplicar

General

Comandos

Editor

Explorador de archivos

Espacio de trabajo

Editor de variables

Atajos de teclado

Red

Manejo de archivos

- Restaurar pestañas del editor de sesión anterior al inicio o cuando el editor se muestra de nuevo después del cierre
- Crear archivos no existentes sin consultar
- Recargar los archivos modificados externamente sin consultar
- Forzar nueva línea al final del fichero al guardarlo
- Eliminar espacios extra al final de las líneas del archivo al guardarlo
- Cerrar todos los archivos cuando el widget del editor esté cerrado/oculto

Carácter de fin de línea por defecto Windows (CR+LF) ▾Codificación de texto usado para cargar y guardar UTF-8 ▾

Estilos del editor

 Modo de color secundario (claro/oscuro)Recarga el estilo por defectoColor de la línea resaltada actual (por defecto, magenta (255,0,255)) ■

Selección de fuente, tamaño (como diferencia con respecto al tamaño por defecto), estilo (**negrita**, **cursiva**, **subrayado**), color y color de fondo (para el último caso, el magenta (255,0,255) es un sustituto para el color de fondo por defecto).

Octave

C++

Java

Perl

Batch

Diff

Bash

Text

Por defecto

Courier New ▾9 ▾ n c s■■

Comentario

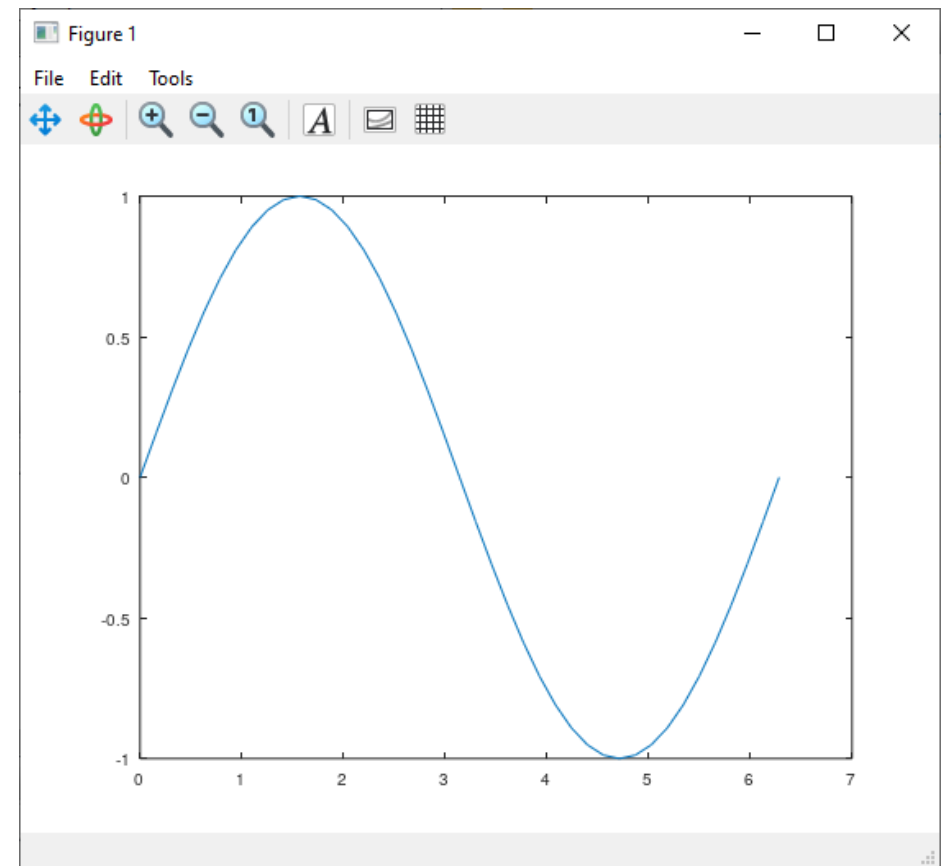
Por defecto ▾0 ▾ n c s■■

Comando

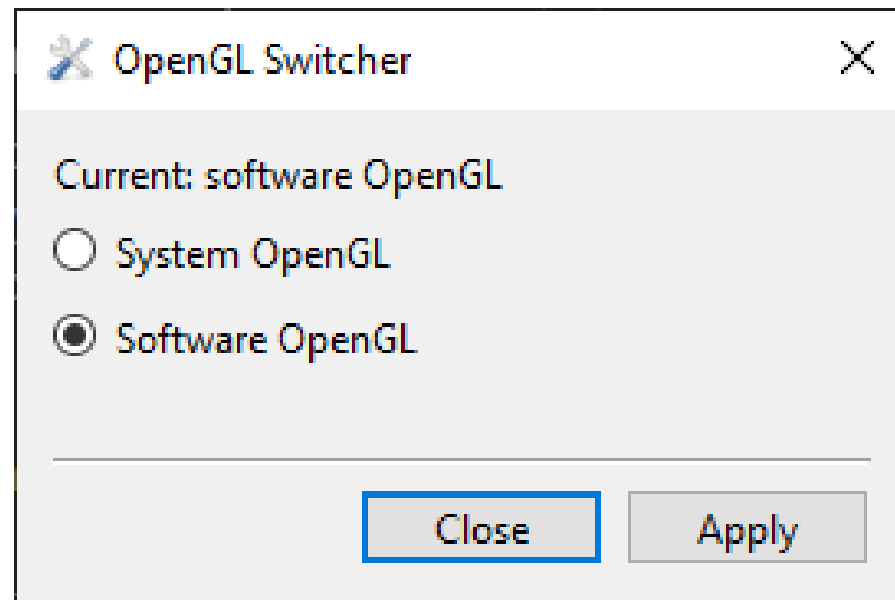
Por defecto ▾0 ▾ n c s■■ReinicializarAceptarCancelarAplicar

Prueba de gráfico

```
>> x = 0:pi/20:2*pi;  
>> plot(x, sin(x));
```



OpenGL Switcher



Resolvedor

- Elegir una carpeta de trabajo.
- Colocar el archivo “resolvedor.m” en esa carpeta.
- Usar la plantilla “sisord1.m” para escribir el modelo en el Editor.
- Correr el modelo.

Estructura del modelo

- Cabecera: Comentarios sobre el modelo.
 - Comentarios con %.
- ODEs: Ecuaciones diferenciales.
 - Derivadas despejadas. La derivada de x es dx .
- AEs: Ecuaciones algebraicas.
 - Variables despejadas y en orden.
- Inicialización: Parámetros de la simulación.
- Análisis: Procesamiento de resultados.

sisord1.m

Comentarios

Limpia todo

```
% Sistema de primer orden: un termómetro  
% En X están las variables de estado.  
% En Y deben ir las variables que se requieren en las  
ODEs o que se quieren graficar.  
  
clear all; close all; clc;  
  
%===== Modelo =====
```

Variables de estado

Variables requeridas o a graficar

Derivadas

Conviene comenzar con las derivadas y luego completar los vectores dX, X e Y.

```
% ODEs
function dX = ODEs(t,X)
    % En dX devuelve el vector columna de derivadas

    % Recupera variables X
    [y] = num2cell(X') {1, :};

    % Recupera variables Y
    Y = AEs(t,X);
    [tau u] = num2cell(Y) {1, :};

    % Ecuaciones diferenciales
    dy = (u-y)/tau;

    dX = [dy]'; % vector columna
endfunction % ODEs
```

Derivadas

Copiar y pegar el vector X desde ODEs.

Variables de estado

Parámetros

Ecuaciones

```
% AEs
function Y = AEs(t,X)
    % En Y devuelve el vector fila de variables
    % requeridas por ODEs o a graficar.

    % Recupera variables X
    [y] = num2cell(X') {1, :};

    % Parámetros
    tau = 1; % s
    u0 = 1; % °C

    % Ecuaciones algebraicas
    if t < 0
        u = 0;
    else
        u = u0;
    endif

    Y = [tau u];
endfunction % AEs
```

Copiar y pegar el vector Y desde ODEs.

Variables requeridas o a graficar

Datos de tiempo

Copiar y pegar el vector X desde ODEs.

Copiar y pegar el vector Y desde ODEs.

Agregar apóstrofes.

```
% Inicialización
function [tfin dt Xini LX LY] = inicializacion
% Inicializa la simulación

% Parámetros de simulación
tfin = 10; % tiempo final
dt = 0.01; % paso temporal

% Inicialización
yini = 0;
Xini = [yini]; % Inicializa la variable de estado

% Leyendas
LX = {'y'}; % Leyendas de las variables X
LY = {'tau' 'u'}; % Leyendas de las variables Y
endfunction % inicializar
```

Valores iniciales

Leyendas

Funciones disponibles

Exporta resultados

Grafica

```
% Análisis
function analizar(LX,LY,tpts,X,Y)
    % Análisis de resultados. Funciones disponibles:
    % exportar('resultados.csv',[{leyendas}])
    % graficar({leyendas}, 'título', 'rótulo x',
    % 'rótulo y', [limitesy])
    % vector(leyenda)
    exportar('resultados.csv');
    graficar({'y' 'u'}, 'Señales vs. tiempo', 's', '°C');
endfunction % analizar
```

Funciones disponibles en Análisis

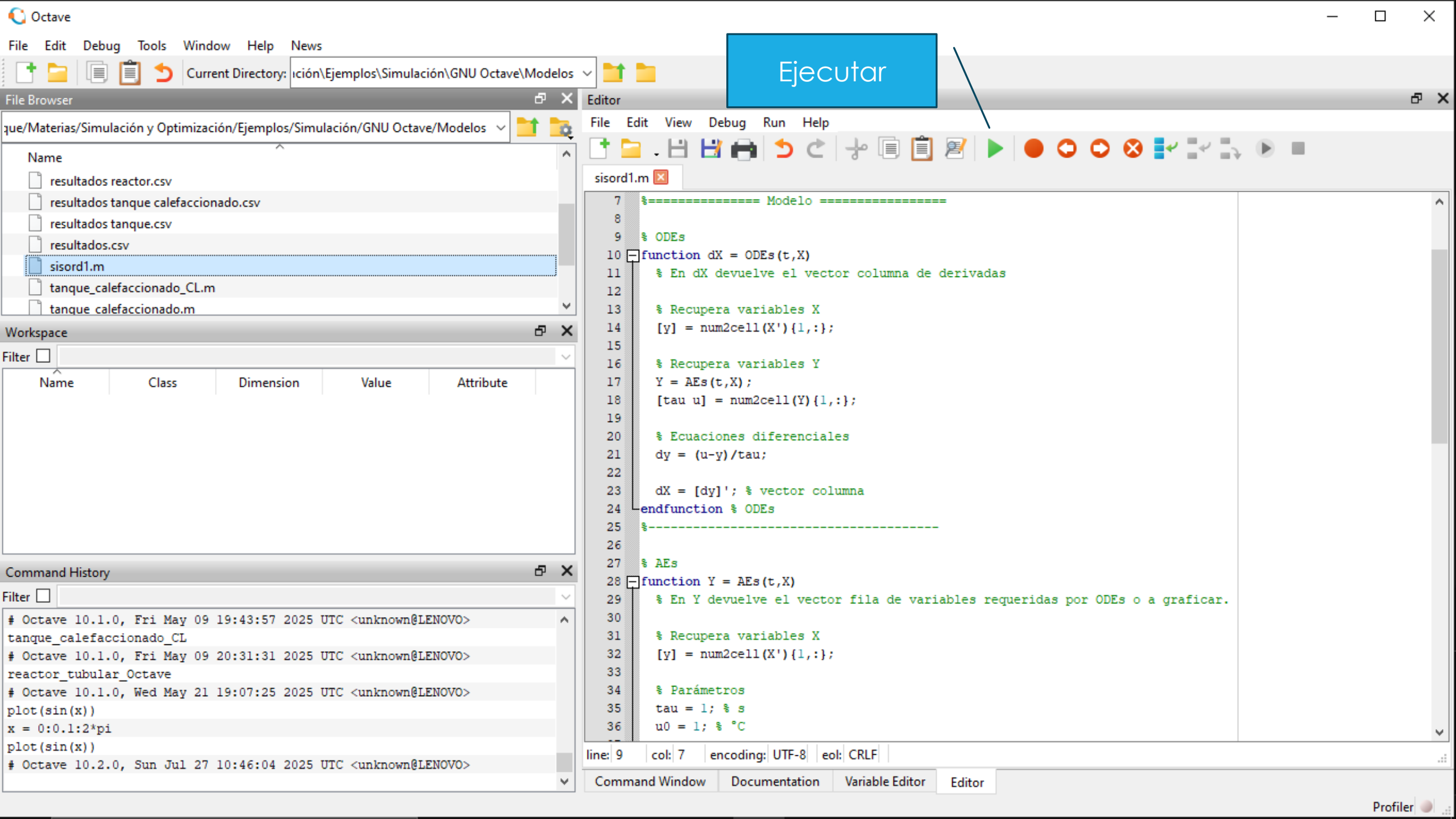
- `exportar('resultados.csv', [{leyendas}])`: Exporta resultados a un archivo CSV. Si no se agrega [...], se exportan todas las variables.
- `graficar({leyendas}, 'título', 'rótulo x', 'rótulo y', [limites y])`: Crea una figura.
 - `graficar({'y'}, 'Evolución de y', 's', '°C', [0 2]);`
- `vector(leyenda)`: Recupera el vector de la variable correspondiente a la leyenda.

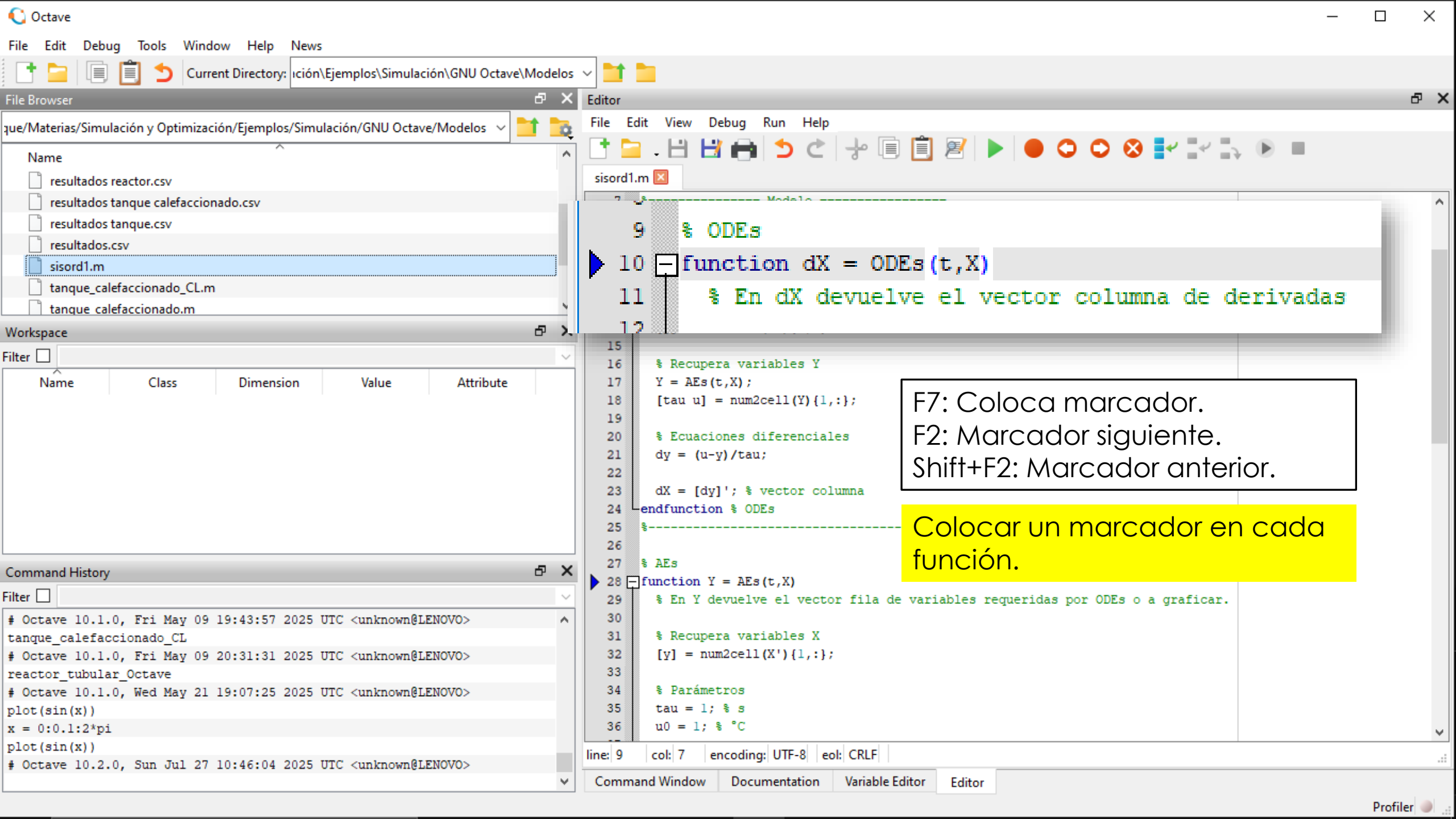
Variables reservadas

- t : Tiempo.
- x : Vector de variables de estado.
- y : Vector de variables de salida.
- \dot{x} : Vector de derivadas de las variables de estado.

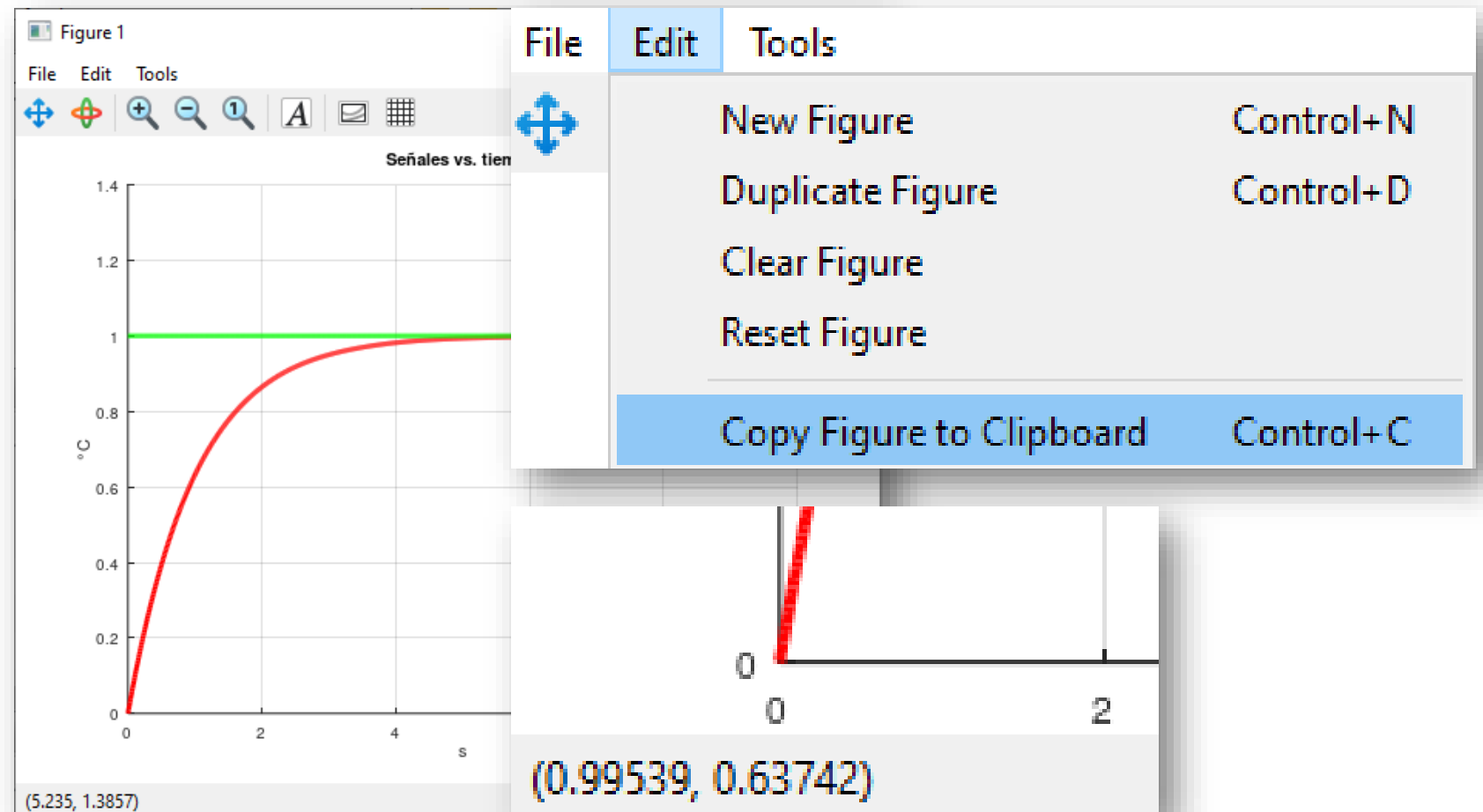
Variables reservadas

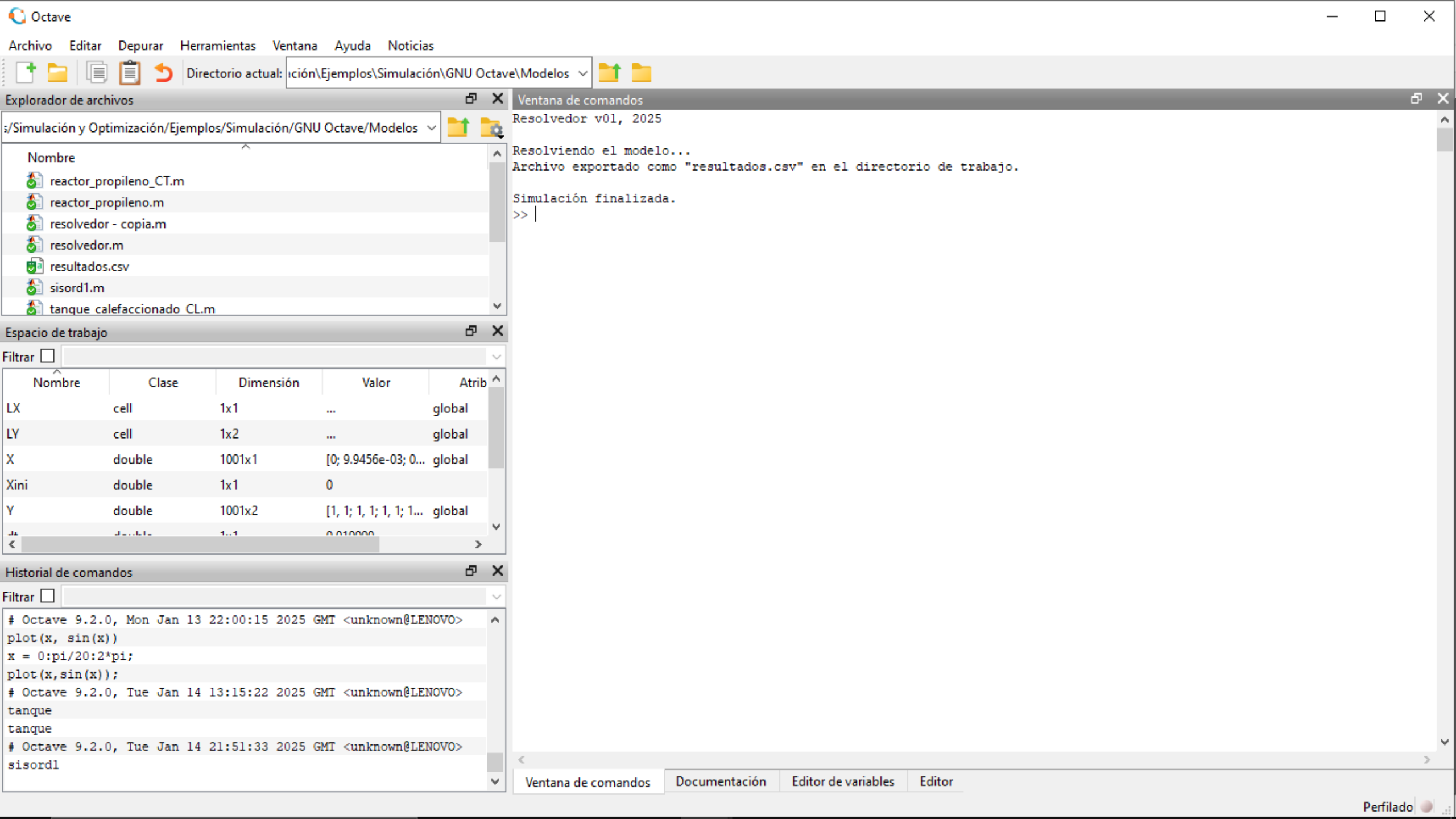
- t_{fin} : Tiempo final de simulación.
- dt : Paso temporal de simulación.
- x_{ini} : Vector de valores iniciales de las variables de estado.
- LX : Vector de leyendas de las variables de estado x .
- LY : Vector de leyendas de las variables de salida y .
- t_{pts} : Vector de puntos temporales de la simulación.





Figuras





File Explorer Content:

- Nombre
- reactor_propileno_CT.m
- reactor_propileno.m
- resovedor - copia.m
- resovedor.m
- resultados.csv
- sisord1.m
- tanque calefaccionado CL.m

```
Resolviendo el modelo...
Archivo exportado como "resultados.csv" en el directorio de trabajo.

Simulación finalizada.
>> |
```

Workspace Table:

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atrib
LX	cell	1x1	...	global
LY	cell	1x2	...	global
X	double	1001x1	[0; 9.9456e-03; 0...	global
Xini	double	1x1	0	
Y	double	1001x2	[1, 1; 1, 1; 1, 1...	global
Z	double	1x1	0.010000	

```
# Octave 9.2.0, Mon Jan 13 22:00:15 2025 GMT <unknown@LENOVO>
plot(x, sin(x))
x = 0:pi/20:2*pi;
plot(x, sin(x));
# Octave 9.2.0, Tue Jan 14 13:15:22 2025 GMT <unknown@LENOVO>
tanque
tanque
# Octave 9.2.0, Tue Jan 14 21:51:33 2025 GMT <unknown@LENOVO>
sisord1
```

Consola

```
Resolvedor v01, 2025
```

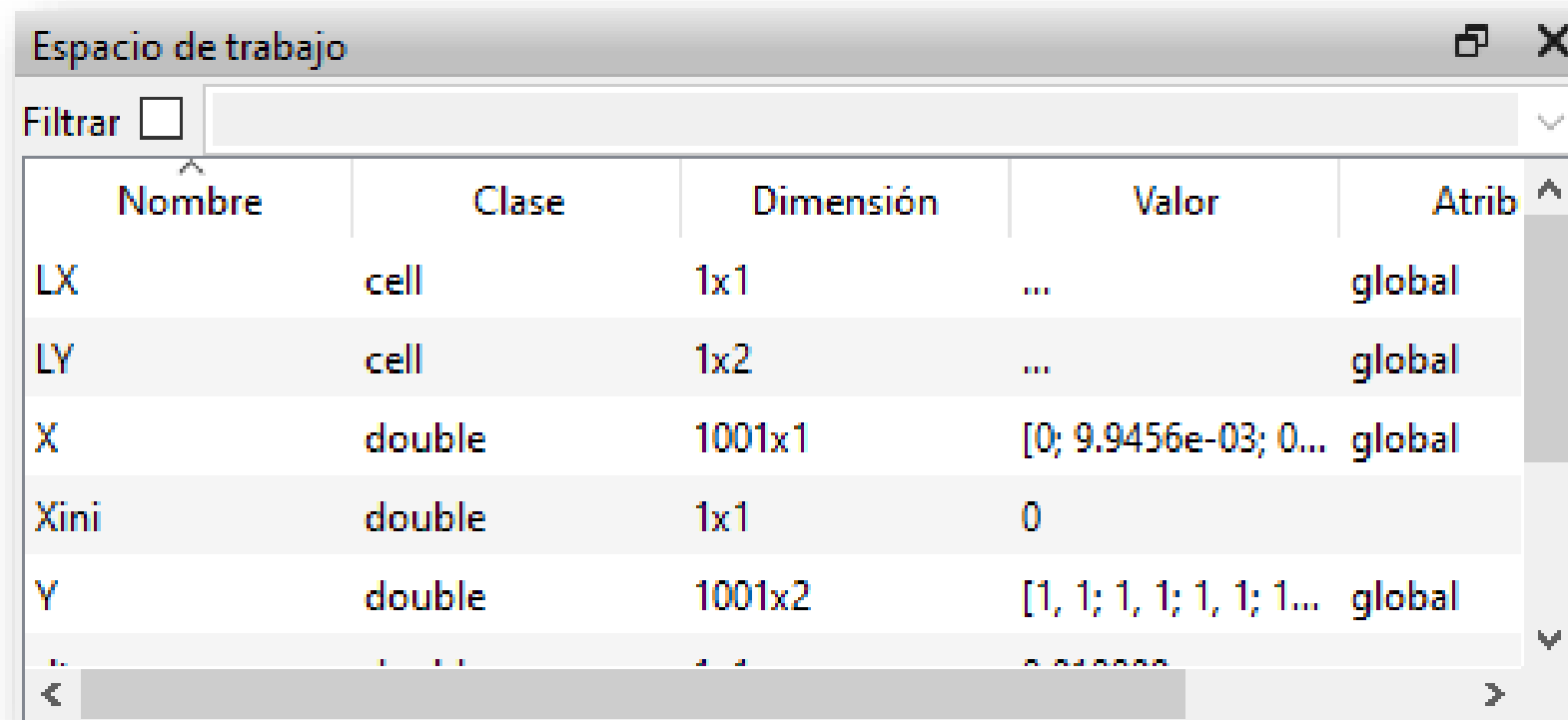
```
Resolviendo el modelo...
```

```
Archivo exportado como "resultados.csv" en el directorio de  
trabajo.
```

```
Simulación finalizada.
```

```
>>
```

Espacio de trabajo



The screenshot shows a window titled "Espacio de trabajo" with a search bar and a table of variables. The table has columns for Name, Class, Dimension, Value, and Attribute. The variables listed are LX, LY, X, Xini, Y, and a partially visible one at the bottom.

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atrib
LX	cell	1x1	...	global
LY	cell	1x2	...	global
X	double	1001x1	[0; 9.9456e-03; 0...	global
Xini	double	1x1	0	
Y	double	1001x2	[1, 1; 1, 1; 1, 1; 1...	global
...

Explorador de archivos

s/Simulación y Optimización/Ejemplos/Simulación/GNU Octave/Modelos

Nombre

- resolvedor.m
- resultados.csv
- sisord1.m
- tanque_calefaccionado_CL.m
- tanque_calefaccionado.m
- tanque.m
- tanques_no_interactivos.m

Espacio de trabajo

Filtrar

Nombre	Clase	Dimensión	Valor	Atrib
LX	cell	1x1	...	global
LY	cell	1x2	...	global
X	double	1001x1	[0; 9.9456e-03; 0...	global
Xini	double	1x1	0	
Y	double	1001x2	[1, 1; 1, 1; 1, 1...	global

Historial de comandos

Filtrar

```
format
format()
format(compact)
clc
clc: Limpia la consola.
close all: Cierra todas las figuras.
Ctrl+C: Aborta el cálculo.
clc
sisord1
```

Editor de variables

X [1001x1 double]

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0							
2	0.0099456							
3	0.019797							
4	0.02955							
5	0.039207							
6	0.048768							
7	0.058234							
8	0.067607							
9	0.076885							
10	0.086074							
11	0.095174							
12	0.10418							
13	0.1131							
14	0.12193							
15	0.13067							
16	0.13933							
17	0.1479							
18	0.15638							
19	0.16478							
20	0.1731							
21	0.18134							

Ventana de comandos Documentación Editor de variables Editor

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Comentarios Compartir

Pegar Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	tpts	y	tau	u												
2	0	0	1	1												
3	0.01	0.00994562	1	1												
4	0.02	0.0197966	1	1												
5	0.03	0.0295499	1	1												
6	0.04	0.0392067	1	1												
7	0.05	0.048768	1	1												
8	0.06	0.058234	1	1												
9	0.07	0.0676068	1	1												
10	0.08	0.0768854	1	1												
11	0.09	0.0860743	1	1												
12	0.1	0.0951735	1	1												
13	0.11	0.104182	1	1												
14	0.12	0.113101	1	1												
15	0.13	0.121929	1	1												
16	0.14	0.130674	1	1												
17	0.15	0.139332	1	1												
18	0.16	0.147902	1	1												
19	0.17	0.156384	1	1												
20	0.18	0.164783	1	1												
21	0.19	0.173102	1	1												
22	0.2	0.181337	1	1												
23	0.21	0.189488	1	1												
24	0.22	0.197555	1	1												

Archivo "resultados.csv".

Vectores exportados del simulador

tpts	X₁	X₂	...	X_m	Y₁	Y₂	...	Y_n
0	X(1,1)	X(1,2)	...	X(1,end)	Y(1,1)	Y(1,2)	...	Y(1,end)
dt	X(2,1)	X(2,2)	...	X(2,end)	Y(2,1)	Y(2,2)	...	Y(2,end)
2 dt	X(3,1)	X(3,2)	...	X(3,end)	Y(3,1)	Y(3,2)	...	Y(3,end)
3 dt	X(4,1)	X(4,2)	...	X(4,end)	Y(4,1)	Y(4,2)	...	Y(4,end)
...
tfin	X(end,1)	X(end,2)	...	X(end, end)	Y(end,1)	Y(end,2)	...	Y(end, end)

Punto decimal en Excel

En "Opciones".

Opciones de Excel

General
Fórmulas
Datos
Revisión
Guardar
Idioma
Accesibilidad
Avanzadas
Personalizar cinta de opciones
Barra de herramientas de acceso rápido
Complementos
Centro de confianza

Opciones avanzadas para trabajar con Excel.

Opciones de edición

- Después de presionar Entrar, mover selección
Dirección: Hacia abajo
- Insertar automáticamente un punto decimal
Posiciones: 2
- Permitir arrastrar y colocar el controlador de relleno y las celdas
- Mensaje de alerta antes de reemplazar celdas
- Permitir editar directamente en las celdas
- Extender formatos de rangos de datos y fórmulas
- Habilitar la inserción automática de porcentajes
- Habilitar Autocompletar para valores de celda
- Relleno rápido automático
- Hacer zoom al usar la rueda de IntelliMouse
- Avisar al usuario cuando haya una operación que requiera mucho tiempo
Cuando este número de celdas (en miles) se vean afectadas: 33,554
- Usar separadores del sistema
Separador decimal: .
Separador de miles: ,

Movimiento del cursor:

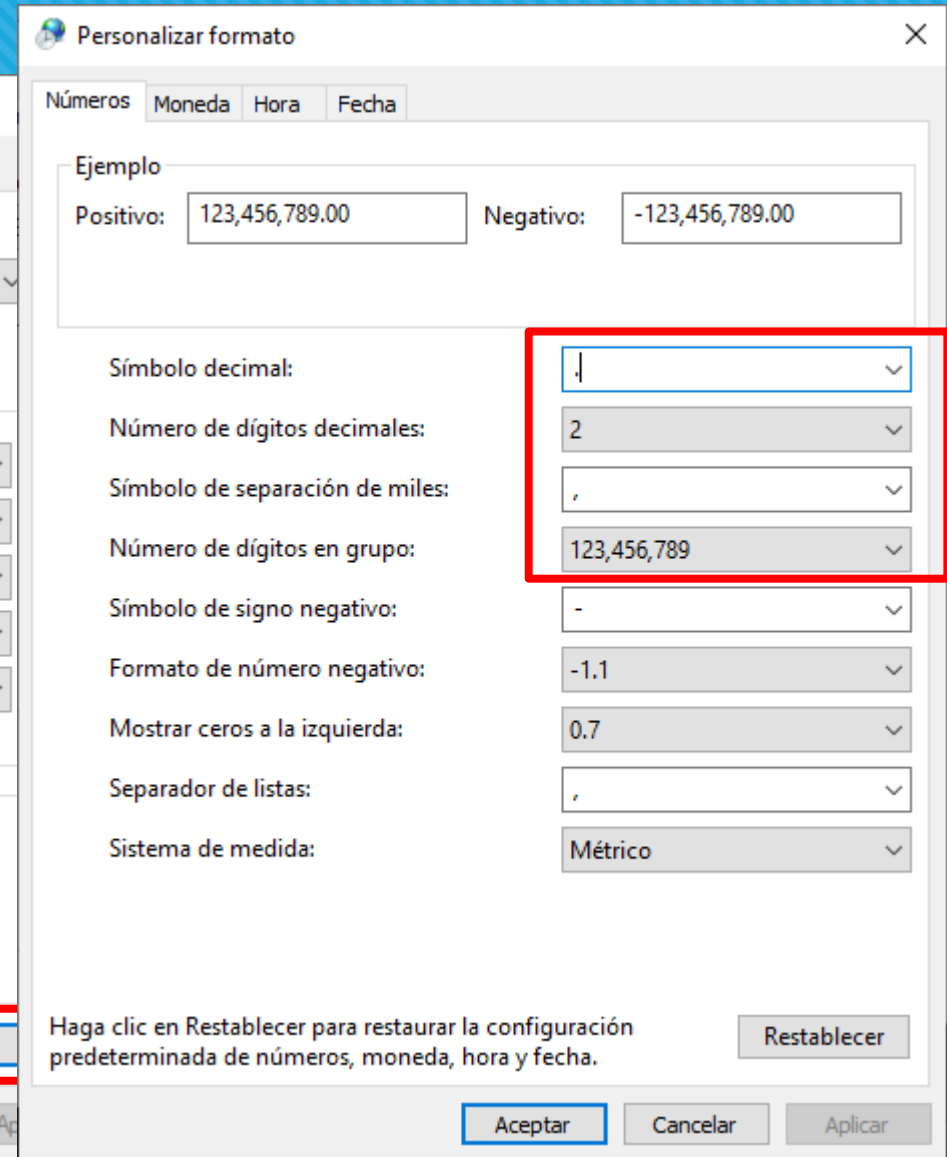
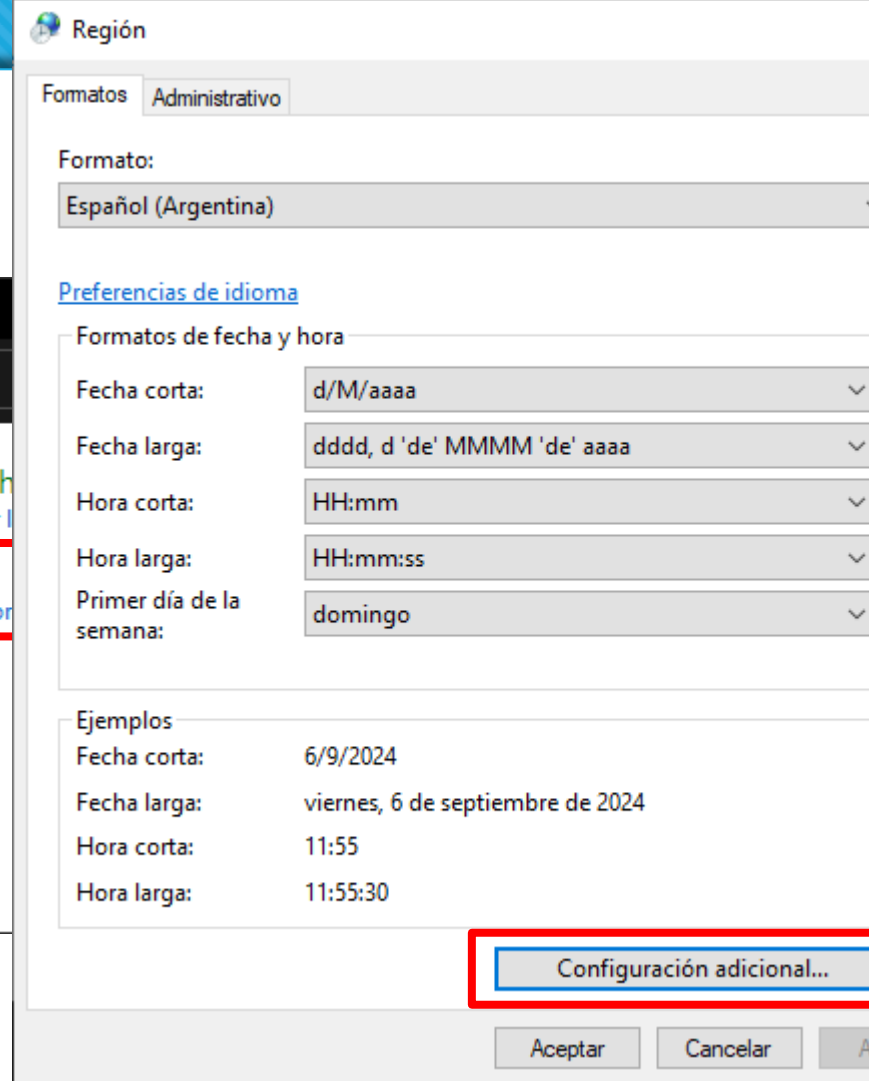
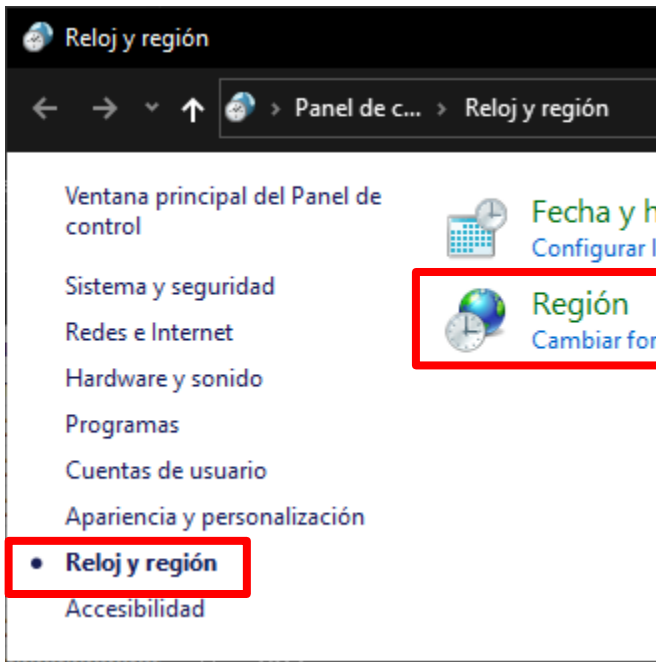
- Lógico
- Visual
- No crear automáticamente ningún hipervínculo de la captura de pantalla

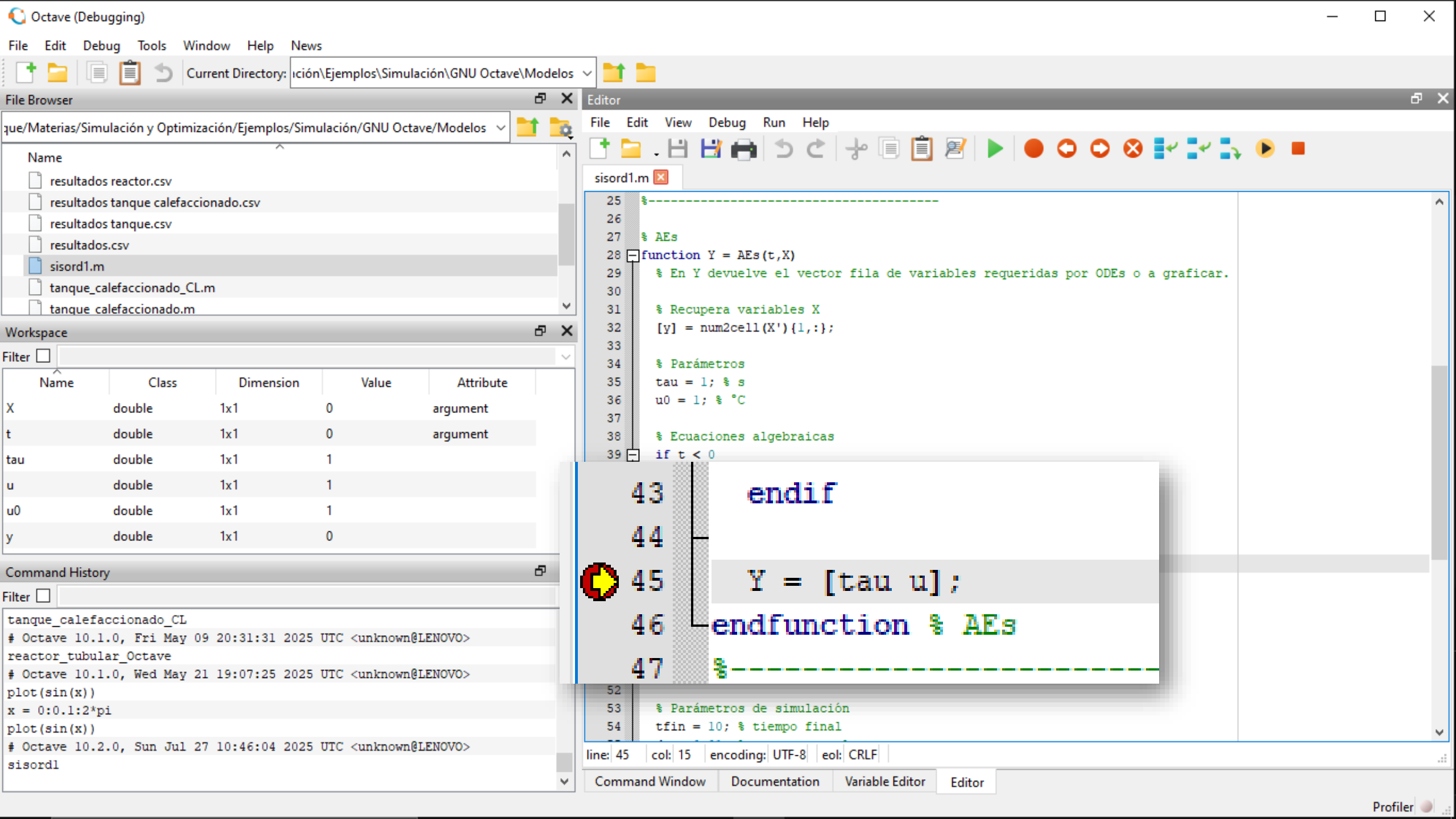
Cortar, copiar y pegar

- Mostrar botón Opciones de pegado al pegar contenido

Aceptar Cancelar

Punto decimal en Windows





Ventana de comandos

Resolvidor v01, 2025

Resolviendo el modelo...

Archivo exportado como "resultados.csv" en el directorio de trabajo.

Error: Variable "v" no encontrada.

error: Código de error: 1 - Descripción del error

error: called from

vector at line 19 column 4

graficar at line 41 column 5

analizar at line 76 column 3

resolvidor at line 128 column 1

sisord1 at line 81 column 1

>> |

Funciones del usuario:

- ODEs
- AEs
- inicialización
- analizar

```
69 % Análisis
```

```
70 function analizar(LX,LY,tpts,X,Y)
```

```
71 % Gráfica las variables requeridas
```

```
72 % exportar('resultados.csv',[{leyendas}])
```

```
73 % graficar({leyendas}, 'título', 'rótulo x', 'rótulo y', [limitesy])
```

```
74 % vector(leyenda)
```

```
75 exportar('resultados.csv');
```

```
76 graficar({'v' 'u'},'Señales vs. tiempo', 's', '°C');
```

```
77 endfunction % analizar
```

Mapa curricular de balance de energía

1. Estrategia de resolución
2. Utilitarios
3. Berkeley Madonna
4. MATLAB
5. GNU Octave
6. Plantilla de simulación