

MÉTODOS DE SIMULACIÓN Y MODELADO

Trabajo Práctico – Convocatoria ordinaria del curso 2021/22

INSTRUCCIONES

- El trabajo práctico debe realizarse de manera individual. No debe realizarse en grupo. Se penalizará cualquier uso compartido de las soluciones propuestas y de los códigos programados.
- El trabajo debe entregarse a través del curso virtual de la asignatura en la plataforma Alf.
- La fecha límite de entrega es el día 10 de enero.
- El alumno debe entregar un fichero comprimido, en formato zip o tar, que contenga:
 - Una memoria en la cual explique la solución a los ejercicios, incluyendo los listados documentados de los modelos desarrollados y gráficas que muestren los resultados de las simulaciones. Este documento deberá estar en formato pdf.
 - El código Modelica (ficheros .mo) y FlexPDE (ficheros .pde) solución a los ejercicios. No entregue ficheros ejecutables (ficheros .exe).

El nombre del fichero comprimido debe ser la concatenación de los dos apellidos y el nombre del alumno. Por ejemplo, GomezMartinLuisa.zip

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Para que el trabajo pueda ser corregido, es imprescindible que el alumno entregue dentro del plazo establecido un fichero comprimido que contenga la memoria en formato pdf y el código de los modelos correspondiente a los ejercicios que haya realizado.
- Si no entrega la memoria, el trabajo será calificado con 0 puntos (suspenso).
- El trabajo se compone de 4 ejercicios, cada uno de los cuales se valorará sobre 2.5 puntos.
- No es necesario realizar todos los ejercicios, pero para aprobar el trabajo es necesario que la suma de las puntuaciones obtenidas en los ejercicios sea mayor o igual que 5.
- Se valorará positivamente la adecuada documentación del código de los modelos, así como la presentación y calidad de las explicaciones proporcionadas en la memoria.
- Al plantear los modelos puede realizar las suposiciones e hipótesis de modelado que estime oportunas, siempre que no estén en contradicción con las especificaciones sobre el sistema dadas en el enunciado.

EJERCICIO 1

Lea el artículo citado a continuación, que puede descargar de la página web de la asignatura, y conteste a las preguntas.

Åström, K.J., Elmqvist, H., Mattsson, S.E. *Evolution of continuous-time modeling and simulation*. The 12th European Simulation Multiconference, ESM'98, June 16–19, 1998, Manchester, UK.

1. ¿Qué analogías pueden establecerse entre el modelado basado en diagramas de bloques y el paradigma de la simulación analógica?
2. ¿Qué es el paradigma de modelado físico? ¿Qué tipo de modelos matemáticos se obtienen de aplicar el paradigma del modelado físico?
3. ¿Qué diferencias hay entre el paradigma de la simulación analógica y el paradigma del modelado físico?
4. Observe la Figura 1.1 y comente su contenido basándose en el artículo.

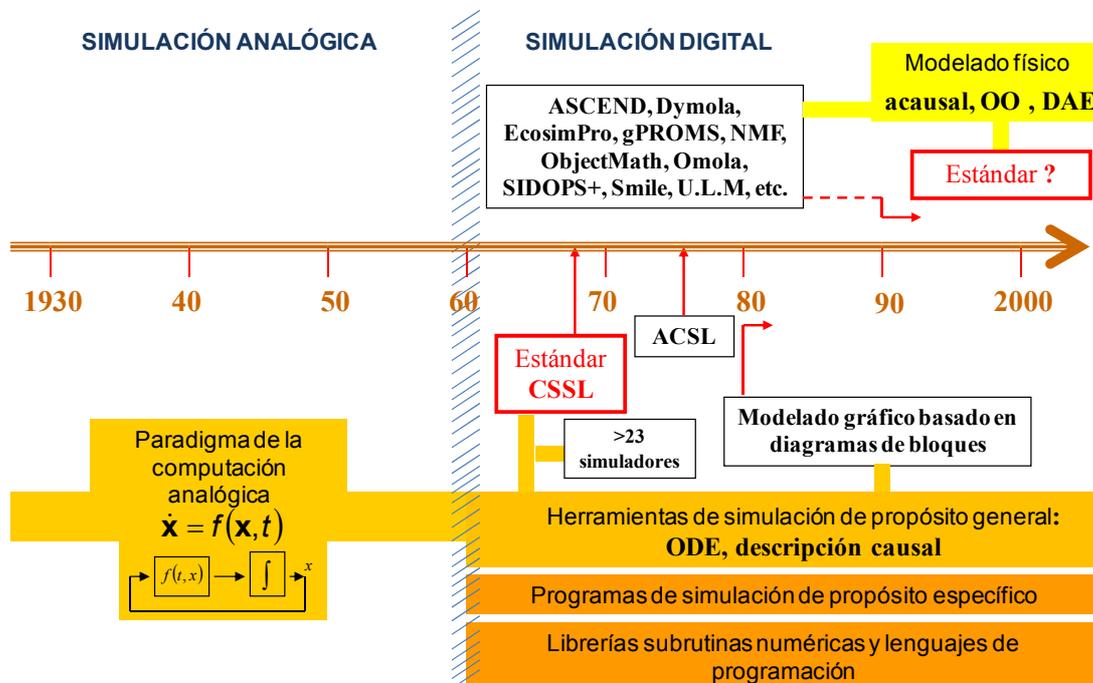
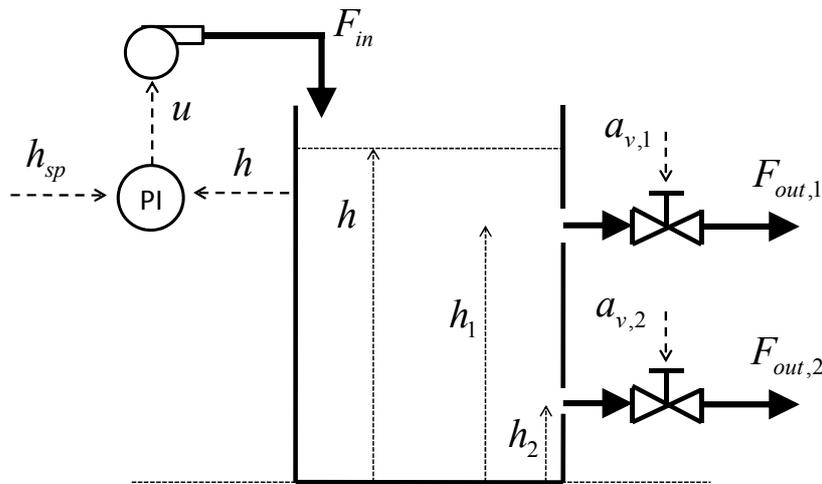


Figura 1.1: Evolución del modelado y simulación de tiempo continuo.

EJERCICIO 2

Consideremos el sistema mostrado en la figura, que está compuesto por un depósito cilíndrico, una tubería a través de la cual entra un caudal de líquido F_{in} al depósito, y dos tuberías de desagüe con sendas válvulas, a través de las cuales sale del depósito un caudal de líquido $F_{out,1}$ y $F_{out,2}$ respectivamente. El área de la base del depósito, A , es igual a 2 m^2 .



Una válvula puede encontrarse en dos fases: abierta ($a_v = 1$) y cerrada ($a_v = 0$). En el primer caso (abierta) permite el paso de líquido y en el segundo (cerrada) lo impide. La fase de la primera válvula cambia cada $T = 30$ segundos, estando inicialmente cerrada. Mientras la primera válvula está abierta, la segunda válvula está cerrada y viceversa.

La primera tubería está situada a una altura $h_1 = 4 \text{ m}$ y la segunda a una altura $h_2 = 1.5 \text{ m}$. Sólo circula líquido por una tubería si, estando su válvula abierta, la altura del líquido en el depósito (h) es mayor que la altura a la que está situada la tubería. Cuando circula líquido a través de las tuberías, el caudal se calcula de la forma siguiente:

$$F_{out,1} = K \cdot \sqrt{h - h_1}$$

$$F_{out,2} = K \cdot \sqrt{h - h_2}$$

siendo K un parámetro de valor conocido. El valor de K es 0.5 , expresado en unidades del sistema internacional.

El caudal de entrada de líquido, F_{in} , es proporcionado por una bomba que es manipulada por un controlador PI. El caudal de la bomba (F_{in}) es proporcional a la tensión de control de la bomba (u) en el rango de valores entre 0 y 20 voltios. La relación constitutiva de la bomba es la siguiente:

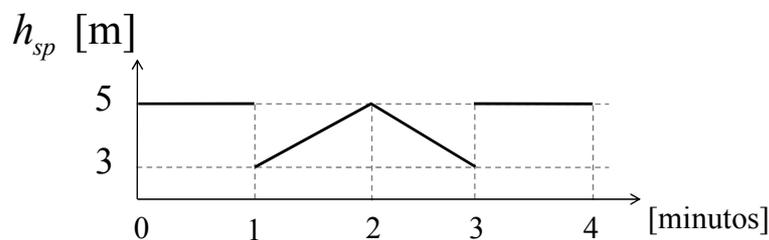
$$F_{in} = B \cdot \text{mín}(20, \text{máx}(0, u))$$

donde B es un parámetro cuyo valor es: $B = 0.3 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{V})$.

El controlador PI está descrito mediante las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} e &= h_{sp} - h \\ \frac{dI}{dt} &= e \\ u &= k_p \cdot e + \frac{1}{k_I} \cdot I \end{aligned}$$

donde los parámetros del controlador valen: $k_p = 5 \text{ V/m}$, $k_I = 10 \text{ m}\cdot\text{s/V}$. La evolución en el tiempo del valor de consigna para la altura de líquido en el depósito, h_{sp} , es conocida. Se muestra en la figura siguiente h_{sp} frente al tiempo, para el intervalo entre el instante inicial y $t = 240 \text{ s}$.



La altura inicial de líquido en el depósito es 0.5 m.

1. Escriba las ecuaciones del modelo del sistema. El modelo debe describir la evolución de la altura de líquido (h) y de su valor de consigna (h_{sp}), del caudal de entrada (F_{in}), de los caudales de salida ($F_{out,1}$, $F_{out,2}$), de las variables del controlador (e , u , I), y de las variables que describen las fases de las válvulas ($a_{v,1}$, $a_{v,2}$).
2. Asigne la causalidad computacional. Indique cuántos grados de libertad tiene el modelo.

3. Escriba el diagrama de flujo del algoritmo para la simulación de este modelo. Emplee el método de integración de Euler explícito. La condición de finalización de la simulación es que el tiempo alcance el valor 240 s.
4. Programe el algoritmo anterior en lenguaje R y ejecute la simulación. Represente gráficamente frente al tiempo las variables siguientes: la altura de líquido, su valor de consigna, los flujos de entrada y salida, y las variables que describen las fases de las válvulas. Explique qué criterio ha seguido para escoger el tamaño del paso de integración.

EJERCICIO 3

Describa en lenguaje Modelica el sistema del ejercicio anterior, de las dos maneras siguientes:

1. Como un modelo atómico, que viene descrito por las ecuaciones que usted ha planteado al contestar a la pregunta anterior.
2. Programe una librería que contenga los componentes necesarios para componer el sistema descrito en el Ejercicio 2. A continuación, defina dicho sistema como un modelo compuesto, instanciando y conectando componentes de la librería que ha creado.

Asigne a los parámetros los valores indicados en el ejercicio anterior y simule los dos modelos anteriores durante 240 s.

Represente gráficamente frente al tiempo las variables siguientes: la altura de líquido, su valor de consigna, los flujos de entrada y salida, y las variables que describen las fases de las válvulas.

EJERCICIO 4

Escriba un script en FlexPDE para obtener la temperatura y los vectores correspondientes al flujo de calor del sistema descrito a continuación.

El sistema está formado por un bloque de madera de pino. El bloque de madera de pino tiene una conducción térmica anisótropa, siendo su constante de conductividad diferente en las direcciones x e y . La conductividad térmica en la dirección del eje X es $k_x = 0.15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ y en la dirección del eje Y es $k_y = 0.36 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

En la superficie superior del bloque de madera hay un calefactor eléctrico que tiene una anchura de 0.02 m . El calefactor produce calor a una tasa constante de $500 \text{ W}/\text{m}^2$. La superficie inferior del bloque de madera se mantiene a una temperatura constante de 300 K . El resto de lados del bloque de madera están bien aislados.

El sistema se trata como un problema bidimensional. En la figura se muestra una sección transversal, en la cual el bloque tiene una forma cuadrada de lado 0.2 m . La línea negra más gruesa indica la superficie que está calefactada.

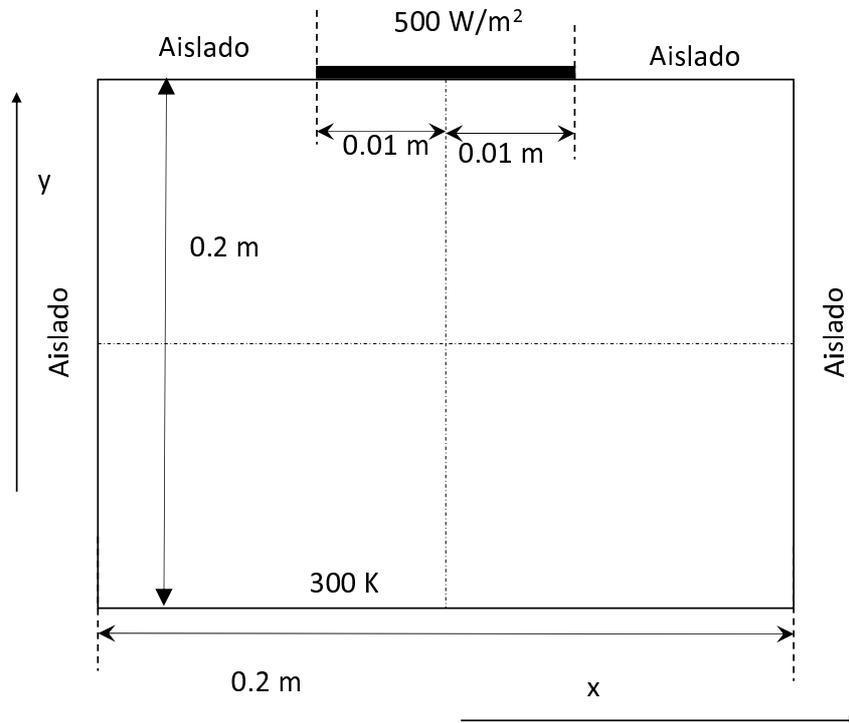


Figura 1.2: Sección del bloque de madera (dibujo no a escala).

Este fenómeno se describe mediante la ecuación diferencial siguiente:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(-k_x \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-k_y \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) = 0$$

donde T es la temperatura.

Escriba el código del *script* de FlexPDE para obtener un gráfico de las líneas de temperatura y un gráfico vectorial del flujo de calor. Las componentes x e y del flujo de calor son, respectivamente, las siguientes:

$$q_x = -k_x \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$
$$q_y = -k_y \cdot \frac{\partial T}{\partial y}$$