

# CI5103 Análisis de Sistemas Ambientales

## Conceptos básicos

### I. Representación de sistemas dinámicos

#### a. Definición de SISTEMA

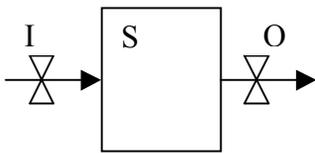
- i. Conjunto de componentes que forman una unidad compleja cuyo comportamiento en el tiempo (dinámico) o en respuesta a cambios en las entradas/supuestos (régimen permanente) no puede predecirse a partir del comportamiento aislado de los componentes
- ii. Ejemplos. Podríamos querer proyectar el comportamiento de los siguientes sistemas, para efectos de toma de decisiones
  1. Universidad (¿partes? ¿Dinámica? ¿Entradas?)
  2. Ecosistema
  3. Mercado de permisos de emisión de SO<sub>2</sub>.  
Comportamiento contra-intuitivo (las normas de calidad del aire empeoran las cosas; artículo JEEM)
  4. Sistema geomorfológico (ej: Cuenca hidrográfica)

#### b. Modelos de sistemas

- i. Definición de MODELO: Una representación abstracta y simplificada de la realidad (formas más complejas, procesos físicos o ideas).
- ii. Propósito: ¿Por qué modelar?
  1. Para facilitar el entendimiento (¿por qué sucede tal o cual cosa? [ej. Artículo JEEM], implicancias de supuestos, etc
  2. Para mejorar predictibilidad (¿qué pasa si ...?) ...
  3. Como una ayuda para resolver un problema (Mejorar una situación poco satisfactoria o lograr objetivos alterando variables de control/decisión)

#### c. Proceso de Modelación: 5 pasos (Edwards and Hanson)

- i. Definir el problema
- ii. Formular modelos (notación VENSIM)
  1. Identificar Estados ( $S$ ), Entradas ( $I$ ) (exógenas  $I_e$  or controles (endógenos)  $I_c$ ), Salidas ( $O$ ) (qué quieres saber/simular), interrelaciones (links) y variables intermedias. Empiece simple y luego elabore a medida que sea necesario
  2. Definir estructura/especificar modelo. Esta es la forma general (qué variables, qué formas funcionales— traducir a matemáticas)
  3. Estimar los parámetros  $P$  del modelo, entradas exógenas
- iii. Resuelva el modelo (Cellier), ya sea en forma analítica, numérica, o con experimentos o modelos físicos:



1.  $I_c, I_e, S^0, P \rightarrow S, O$  a través del tiempo: simulación (predicción, descripción), incluyendo:
  - a. Transiente
  - b. Régimen permanente
  - c. Efecto de la estructura sobre el comportamiento (“explicatorio”)
2.  $I, O, \rightarrow S/P$ : Identificación del sistema
3.  $P, I_o, O$  deseado (o un objetivo)  $\rightarrow I_c, S$ : Optimización (prescriptivo, normativo)

- iv. Realice experimentos e interprete
  1. Análisis de sensibilidad (robustez, confianza)
  2. Insight:
    - a. Entender
    - b. Predecir
- v. Recuerde: Los modelos entregan una mejor comprensión (insights), no números. “El modelo lo dice” no es una respuesta aceptable (“*All models are wrong, but some are useful*” George Box)

*Itere!*

vi. Valide y evalúe el modelo:

1. Validez predictiva
2. Validez constructiva
3. ¿Sirve el propósito?
4. ¿Puede mejorarse? ¿Se necesita más precisión?
  - a. Note el compromiso entre Nivel de detalle, Costo y Flexibilidad

d. Modelos dinámicos

i. Enfocado a EDO's de primer orden (incluyendo sistemas acoplados)

$$dS_1/dt = S_1' = f_1(t, S_1, \dots, S_m; I_1, \dots, I_n; O_1, \dots, O_p) = f_1(t, \underline{S}, \underline{I}, \underline{O})$$

.

.

.

.

$$dS_m/dt = S_m' = f_m(t, S_1, \dots, S_m; I_1, \dots, I_n; O_1, \dots, O_p)$$