

# RESUMEN INGENIERIA DE SISTEMAS

## 1. VISION SISTEMICA DE LOS SISTEMAS

- SISTEMA  $\rightarrow$  unidad de elementos que interaccionan hacia una meta común en continuo cambio bajo condiciones externas  $\rightarrow$  COMPORTAMIENTO DINÁMICO  
 $\downarrow$   
interacción de subsistemas en un conjunto global  $\rightarrow$  VISION SISTEMICA
- DIAGRAMA DE INFLUENCIAS  $\rightarrow$  representa relaciones de dependencia de las variables que conforman el sistema  
 $\downarrow$   
BUCLE REALIMENTACION: cadena de influencias  
 $\oplus$   $\ominus$   $\rightarrow$  cambia sentido
- DIAGRAMA DE FORRESTER  $\rightarrow$  reelaboración más precisa del sistema y cercana al modelo matemático  
 $\downarrow$  5 variables
- DE NIVEL: guardan información (de estado)
- FLUJO: determinan variación de variable de nivel
- AUXILIARES: pasos intermedios para determinar variables de flujo
- EXÓGENAS: afectan al sistema; pero no los afecta el sistema
- PARÁMETROS: características inherentes del sistema

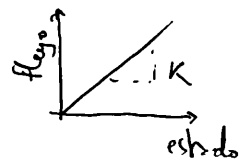
## 2. ESTRUCTURAS ELEMENTALES DE REALIMENTACIÓN

- REALIMENTACIÓN  $\rightarrow$  corrige desviación entre observado y objetivo
  - $\hookrightarrow$  negativa: efecto estabilizador  $\rightarrow$  BUCLE REGULADOR  $\rightarrow$  mantiene nuevas valores variables y tiende a restituir
  - $\hookrightarrow$  positiva: efecto desestabilizador  $\rightarrow$  BUCLE REFORZADOR  $\rightarrow$  crece sin límites
- $\Downarrow$   
comportamiento autorregulador

- BERP → relación proporcional positiva entre flujo entrada y estado

$$F(t) = Kx(t) ; \frac{dx(t)}{dt} = Kx(t) \rightarrow x(t) = x(0)e^{Kt}$$

↑  
tasa crecimiento



$$-x(0) \neq 0 ; K > 0$$

$$- \text{tiempo duplicación } t_d \approx \frac{0.7}{K}$$

↑(K) → t<sub>d</sub> ↓ (duplica en menos tiempo)

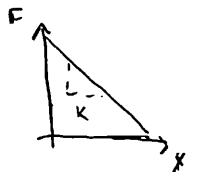
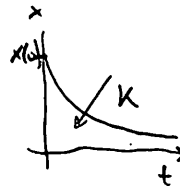
$$K = \frac{\ln(x_2) - \ln(x_1)}{t_2 - t_1}$$

$$x(0) = e^{\frac{t_2 \ln(x_1) - t_1 \ln(x_2)}{t_2 - t_1}}$$

- BERU → relación proporcional negativa entre flujo y estado

$$F(t) = -Kx(t) ; \frac{dx(t)}{dt} = -Kx(t) \rightarrow x(t) = x(0)e^{-Kt}$$

↑  
tasa decrecimiento



$$-x(0) \neq 0, K > 0, x(t \rightarrow \infty) = 0$$

$$- \text{vida media } VM \approx \frac{0.7}{K}$$

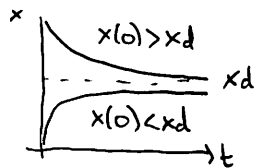
↑(K) → VM ↓ (tiempo en que se reduce a la mitad)

$$K = \frac{\ln(x_1) - \ln(x_2)}{t_2 - t_1}$$

$$x(0) = e^{\frac{t_2 \ln(x_1) - t_1 \ln(x_2)}{t_2 - t_1}}$$

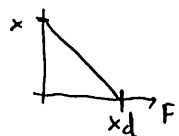
- BECR → relación proporcional entre flujo y discrepancia entre valor deseado e instantáneo del estado

$$F(t) = K(x_d - x(t)) ; \frac{dx(t)}{dt} = K(x_d - x(t)) \rightarrow x(t) = x_d - (x_d - x(0))e^{-Kt}$$



$$-x(0) \neq x_d, K > 0, x(t \rightarrow \infty) = x_d$$

$$-t_{50} \approx \frac{0.7}{K}, t_{63} = T = \frac{1}{K} \quad (\% \text{ error absoluto respecto al nivel } x(0) \text{ que es } 100\%)$$



↑K → ↓t<sub>50</sub>, ↓t<sub>63</sub>, ↓VM (dobla valor en menos tiempo)

$$BERU = BECR \text{ con } x_d = 0$$

$$K = \frac{\ln(x_d - x_1) - \ln(x_d - x_2)}{t_2 - t_1}$$

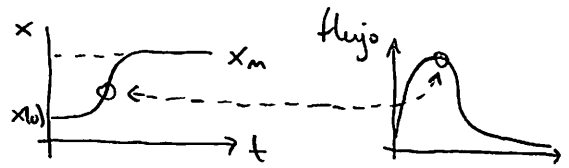
$$x(0) = x_d - e^{\frac{t_2 \ln(x_d - x_1) - t_1 \ln(x_d - x_2)}{t_2 - t_1}}$$

### 3. MODELOS DE PROPAGACIÓN Y CRECIMIENTO

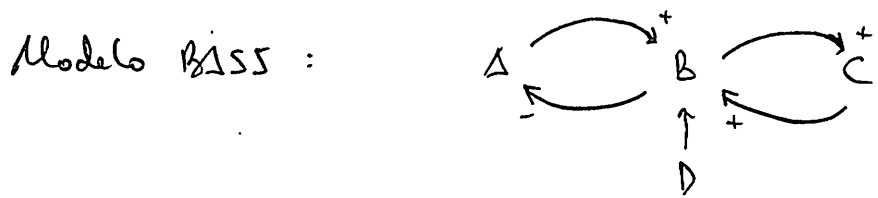
- CRECIMIENTO LIMITADO → el crecimiento se mantiene al inicio y con el tiempo se frena o desaparece → K(x) depende del estado

K(x) introduce en un BERP un ⊖ que lleva a un nuevo ESTADO ESTACIONARIO

$$\frac{dx(t)}{dt} = k(t) x(t) ; K(t) = K_m - \frac{K_m}{x_m} x(t)$$



- $0 < x(0) < x_m$ ,  $x(t \rightarrow \infty) = x_m$
- tiene una influencia positiva al inicio y negativa después
- función logística:  $x(t) = \frac{x_0 x_m}{x_0 + (x_m - x_0)e^{-K_m t}}$
- punto de inflexión:  $t_{50} = \frac{1}{K_m} \ln \left( \frac{x_m - x_0}{x_0} \right) \rightarrow \uparrow K_m \rightarrow \downarrow t_{50}$  : el crecimiento sigmoidal es más rápido
- $x_m, K_m$  CTE:  $\uparrow x_0$ , crece a más tiempo
- $x_0, K_m$  CTE:  $\uparrow x_m$ , crecimiento más amplio



#### 4. ARQUETIPOS SISTÉMICOS

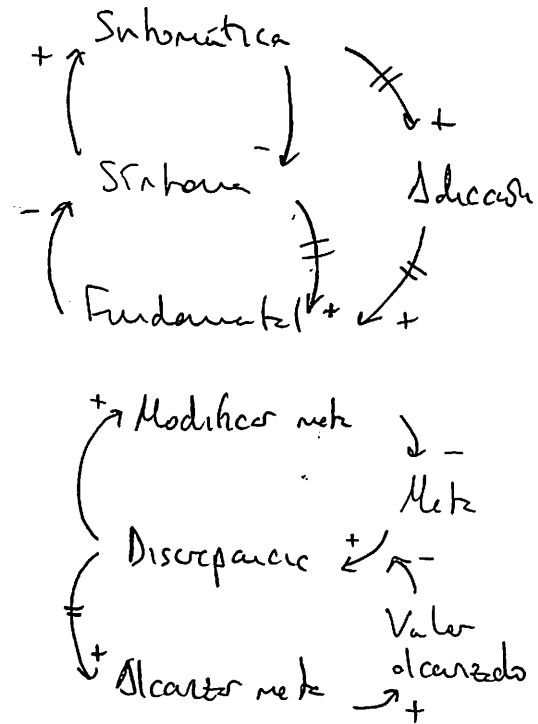
- **ARQUETIPO** → estructura con varios bucles para ilustrar fenómenos sociales con decisiones y no tienen efecto inmediato (retraso)
- **RETRASO** → entre las acciones y sus consecuencias hay un tiempo concreto  
 La señal retrasada tiene la misma forma que la original, solo que desplazada un tiempo → **RETRASO PURO**
  - **RTM**: retraso en transmisión de material
  - **RTI**: retraso en transmisión de información
  - **RTMF**: retraso fijo
  - **RTM3**: aproximaciones de orden 3
  - **RTMR**: dentro de un rango
- **OSCILACIONES** → un BECR con cambios en  $x_d$  hace que el estado pase de un estado estacionario a otro → **COMPORTAMIENTO TRANSITORIO**  
 $\uparrow K \rightarrow$  mayores medidas correctoras y antes se alcanza  $x_d$  nuevo
- **BECR con retraso**:  $\frac{dx(t)}{dt} = -F(t)$ ;  $F(t) = -K e(t - T_d)$ ;  $e(t) = x_d(t) - x(t)$   
 $\hookrightarrow$  **BECRRTD**
  - $T_d$  CTE:  $\uparrow K \rightarrow$  mayor amplitud y tiempo por alcanzar  $x_d$
  - $K$  CTE:  $\uparrow T_d \rightarrow$  "

- ADICCIÓN → bucles de realimentación con situaciones ~ resolver con 2 soluciones

↓  
2x ⊖  
1x ⊕

- fundamental : resuelve problema
  - subóptima : alina ; no resuelve
- ↓  
crea situaciones de dependencia  
o adicción → EFECTO COLATERAL  
con uso continuo

↓  
EROSIÓN DE MEDIOS : no hay efecto  
colateral y la sol. subóptima favorece  
la fundamental  
↳ 2x ⊖



- CRECIMIENTO CON INVERSIÓN INSUFICIENTE → no hay comportamiento sostenido sino altibajos por retraso en decisión o insuficiencia en inversión, degenera ↑
- ↳ ⊕ : crec. sostenido      ↳ ⊖ : deterioro sistema      ↳ ⊕ : acciones correctoras (retras. des.)
- ← recoger                      ← corregir

## 5. MODELO MEDIANTE DINÁMICA DE SISTEMAS

- Tipos de modelo → metáfora : representación informal (punto de partida)
- variables :
- físicos : imitan sistema con maquetas
- matemáticos : relaciones de carácter matemático (valores simbólicos por números)

DETERMINISTA  
↓  
nuevo estado  
a partir del anterior  
y valores reales  
cálculo

vs ESTOCÁSTICO  
↓  
evolución en  
términos  
probabilísticos

DINÁMICO vs ESTÁTICO  
↓  
evolución  
con el  
tiempo

↓  
sistema en un instante  
particular

TIEMPO CONTINUO vs DISCRETO vs HIBRIDO

↳ cambios infinitos  
de valores en  
variables

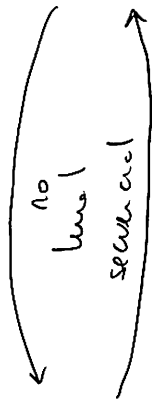
↳ cambios solo  
en instantes concretos

VARIABLES CONTINUAS vs DISCRETAS vs MIXTAS

↓  
cualquier valor  
en un rango

↓  
solo ciertos  
valores de un  
conjunto

- Fases de modelado → conceptualización: esbozo del problema, de sus elementos y sus relaciones → diagrama de influencias



→ formalización: profundización características y modelo matemático → diagrama de forrester

→ evaluación: modelo a ensayos y comprobación hipótesis  
→ análisis sensibilidad

→ explotación: se usa el modelo para analizar situaciones y resolver el problema

• ANALISIS DE SENSIBILIDAD → estudio de cómo afectan variaciones de parámetros y relaciones de un modelo a sus salidas

↳ modelo insensible: altas variaciones afectan mínimamente

• ACCIONES DE CONTROL → si en un BCCR aparecen perturbaciones, el sistema no es capaz de compensarlas

↳ proporcional:  $P(t) = K_p e(t)$  (proporcional error)

↳ integral:  $\frac{dI(t)}{dt} = K_i e(t)$  (proporcional error acumulado)

↳ derivativo:  $D(t) = K_d \frac{e(t) - e(t - \Delta t)}{\Delta t}$  (proporcional variación error)