



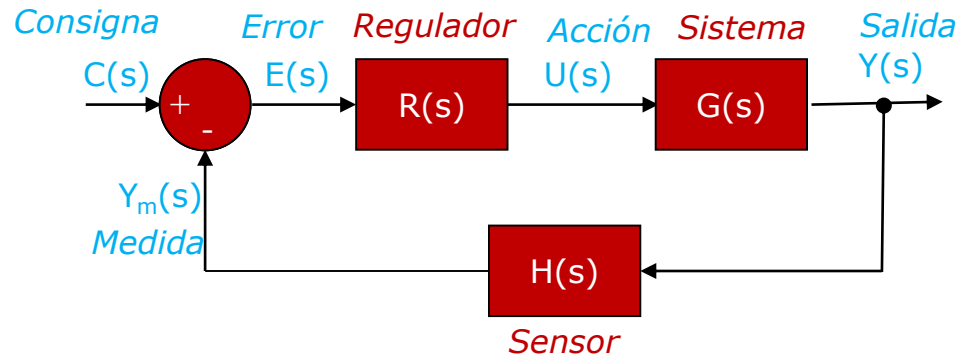
Universidad de Oviedo



CONTROL DISCRETO – CONCEPTOS

Ignacio Alvarez – Septiembre 2022

Tenemos un modelo matemático en forma de Transformadas de Laplace pero, ¿qué significa?



En azul claro:

Señales continuas → cambian su valor a lo largo del tiempo

En rojo intenso:

Sistemas continuos → generan una señal continua a su salida en función de la(s) señal(es) continua(s) a su entrada

Descripción matemática de señales y sistemas continuos:

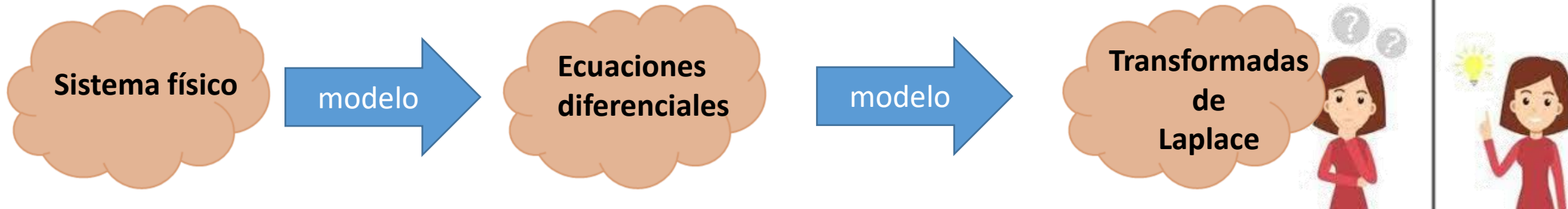
- Señales y sistemas se relacionan en la “realidad” mediante ecuaciones diferenciales
- El uso directo de las ecuaciones diferenciales es “incómodo” para los seres humanos
- Gracias a la transformada de Laplace, usamos modelos en forma de transformadas tanto para señales como para sistemas
- Con el modelo en forma de transformada de Laplace es más fácil razonar, comprender, diseñar
- Pero la realidad siguen siendo las señales y sistemas
- Objetivo: diseñar (validar, optimizar) en el modelo, implementar en la realidad

CONTROL DE SISTEMAS CONTINUOS

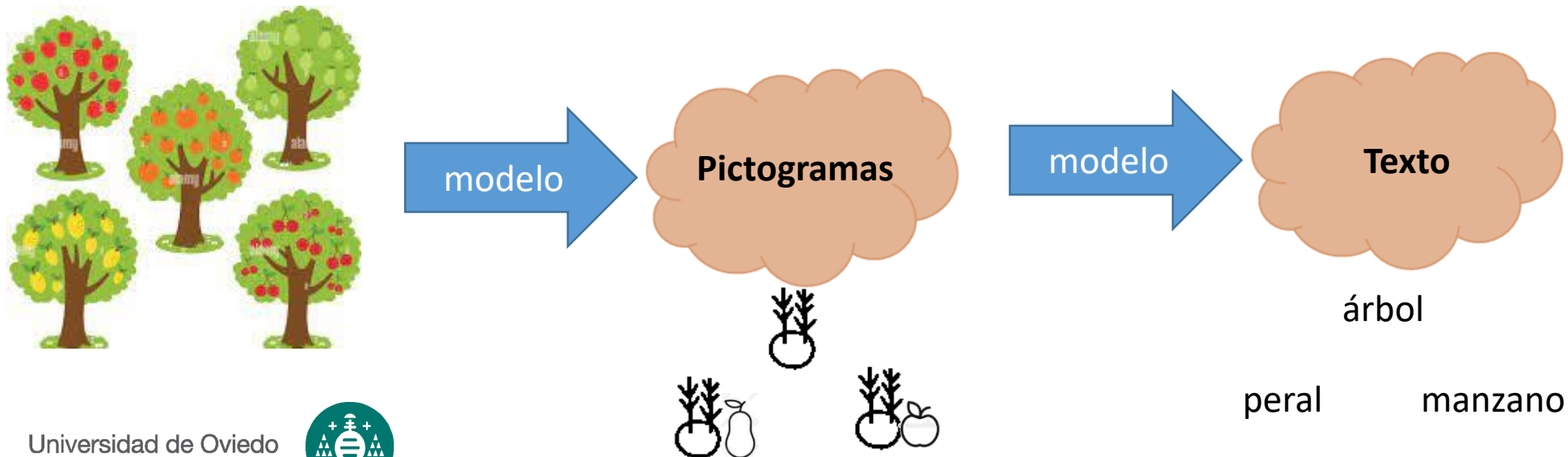
Tenemos un modelo matemático en forma de Transformadas de Laplace pero, ¿qué significa?

Un modelo nos ayuda a abstraer un concepto para trabajar sobre él

La abstracción nos aleja de la realidad pero nos facilita nuestro desarrollo mental



Una analogía (<https://sway.office.com/s/drHch3ggQRIUaMOB/embed>)



El modelo nos ayuda a clasificar, expresar, deducir, diseñar, ...

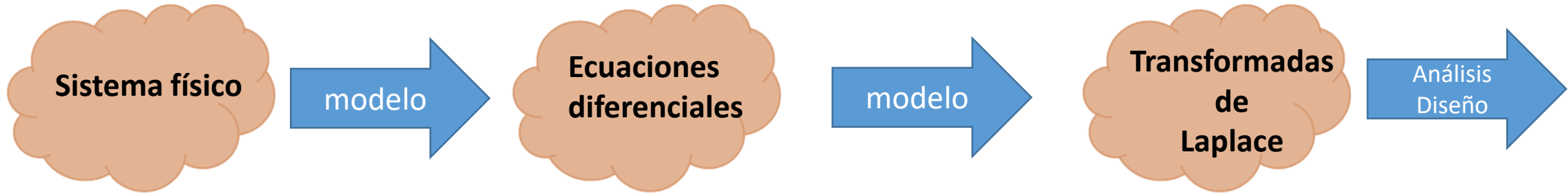
Diseñamos un método para coger la manzana (escalera, palo, ...)

Pero si quiero comer una manzana, **¡¡¡ necesito el sistema físico !!!**

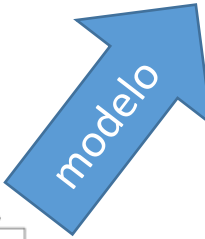
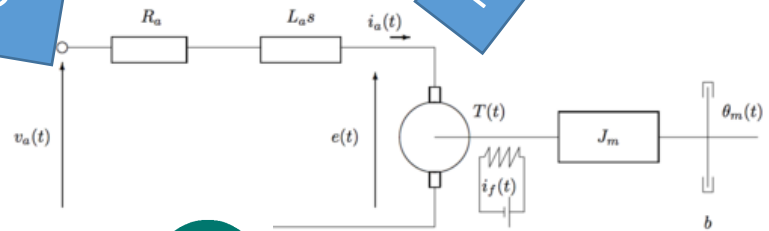
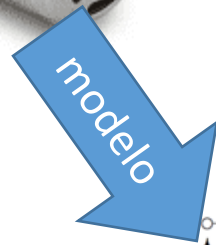
Tenemos un modelo matemático en forma de Transformadas de Laplace pero, ¿qué significa?

Un modelo nos ayuda a abstraer un concepto para trabajar sobre él

La abstracción nos aleja de la realidad pero nos facilita nuestro desarrollo mental

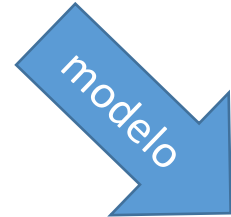


http://isa.uniovi.es/wiki/isa/index.php/Modelado_de_un_motor_CC

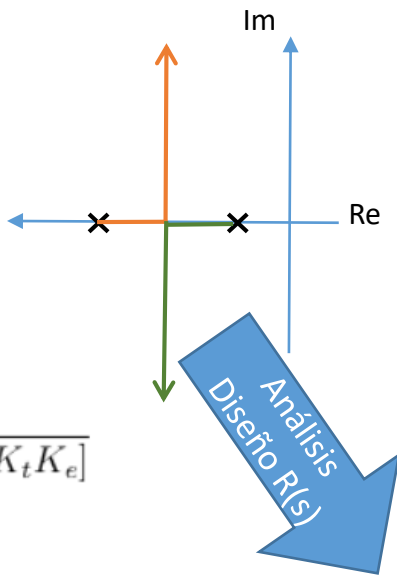
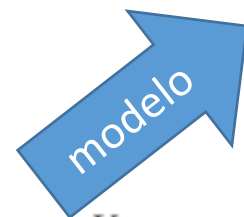


$$v_a(t) = R_a \cdot i_a(t) + L_a \cdot \frac{di_a(t)}{dt} + K_e \cdot \dot{\theta}_m(t)$$

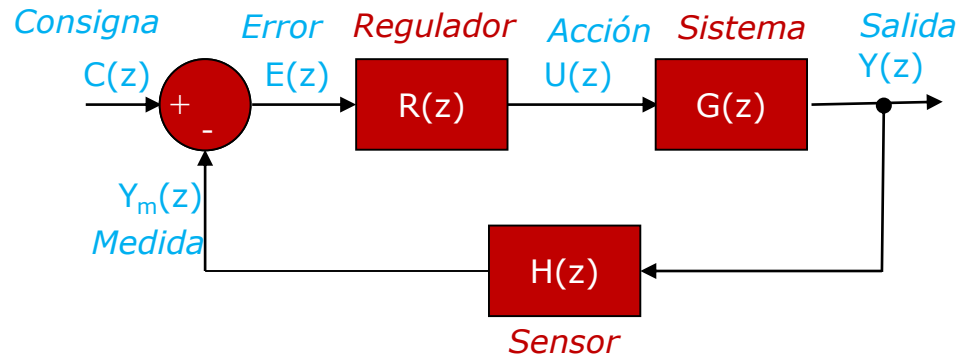
$$T(t) = J_m \cdot \ddot{\theta}_m(t) + b \cdot \dot{\theta}_m(t)$$



$$\frac{\Theta_m(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{s[(J_m s + b)(L_a s + R_a) + K_t K_e]}$$



Tenemos un modelo matemático en forma de Transformadas en Z



En azul claro:

Señales discretas \rightarrow cambian su valor a lo largo del tiempo

En rojo intenso:

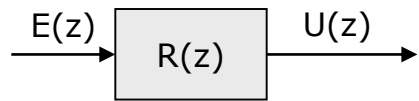
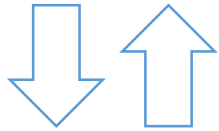
Sistemas discretos \rightarrow generan una señal discreta a su salida en función de la(s) señal(es) discreta(s) a su entrada

Descripción matemática de señales y sistemas discretos:

- Señales y sistemas se relacionan en el computador mediante ecuaciones en diferencias
- Las señales discretas son tablas de números reales en un programa de ordenador.
- Las ecuaciones en diferencias son cálculos en un computador

Tenemos un modelo matemático en forma de Transformadas en Z

La implementación se debe hacer en forma de cálculos con las señales discretas

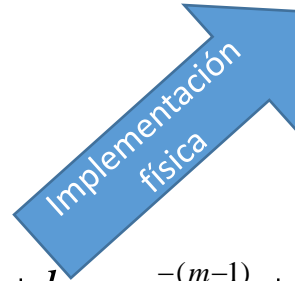


Ecuación en diferencias

$$u_k = b_0 \cdot e_k + b_1 \cdot e_{k-1} + \dots + b_{m-1} \cdot e_{k-(m-1)} + b_m \cdot e_{k-m} - (a_1 \cdot u_{k-1} + \dots + a_{n-1} \cdot u_{k-(n-1)} + a_n \cdot u_{k-n})$$

Transformada en Z

$$R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + \dots + b_{m-1} \cdot z^{-(m-1)} + b_m \cdot z^{-m}}{1 + a_1 \cdot z^{-1} + \dots + a_{n-1} \cdot z^{-(n-1)} + a_n \cdot z^{-n}}$$

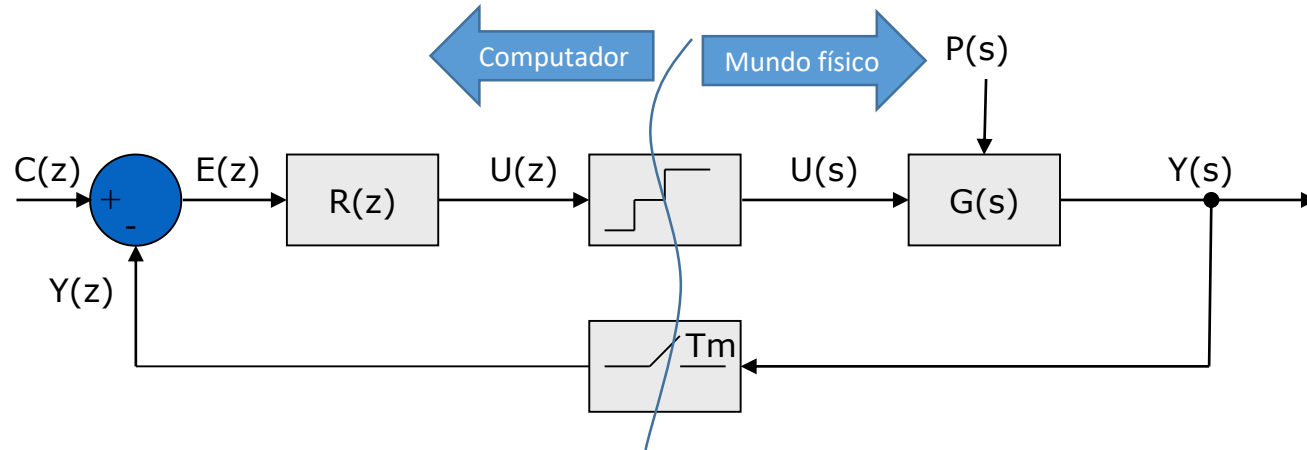


CONTROL DE SISTEMAS DISCRETO

El sistema híbrido:

En el mundo real hay señales y sistemas continuos

En el control por computador hay señales y sistemas discretos



Lo más sencillo es diseñar sobre un modelo específico (continuo o discreto)

(Op 1) Calcular un regulador $R(s)$ continuo, y posteriormente calcular un $R(z)$ equivalente

o bien

(Op 2) Obtener un sistema $BG(z)$, equivalente discreto a $G(s)$, y calcular un $R(z)$ adecuado

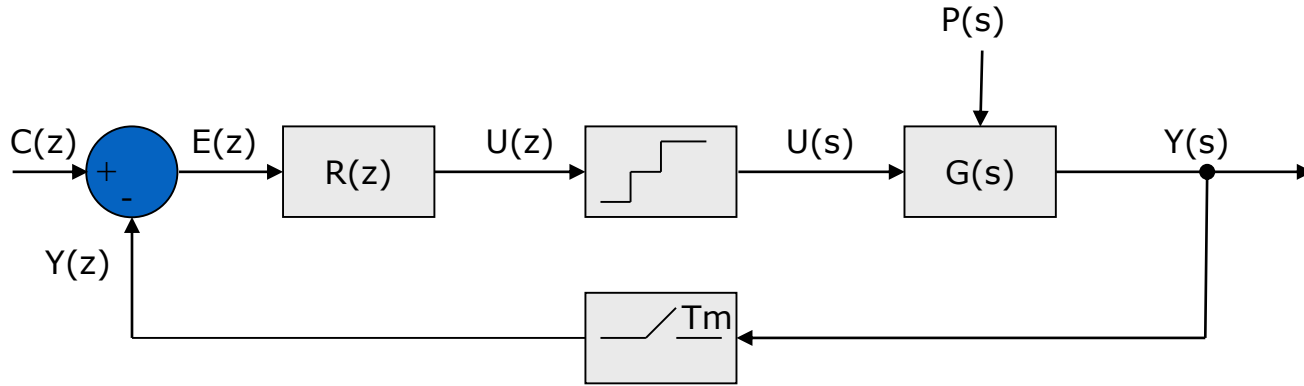
En ambos casos : Se implementa la ecuación en diferencias de $R(z)$ como cálculos en nuestro programa

CONTROL DE SISTEMAS DISCRETO

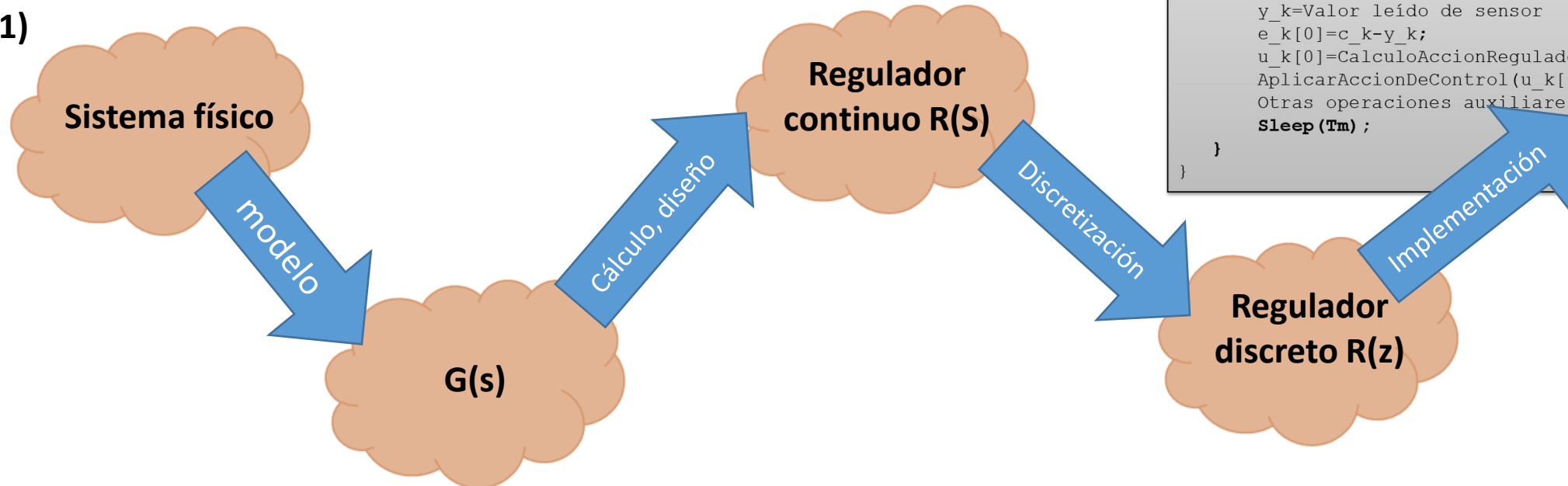
El sistema híbrido:

En el mundo real hay señales y sistemas continuos

En el control por computador hay señales y sistemas discretos



(Op 1)



```
...
main()
{
    float c_k,y_k,u_k[N_MAX+1],e_k[M_MAX+1];
    otras variables necesarias (ej: m,n, tablas b[i],a[i])

    inicializaciones: m,n,b[i],a[i],e_k[i]=0,u_k[i]=0, etc.

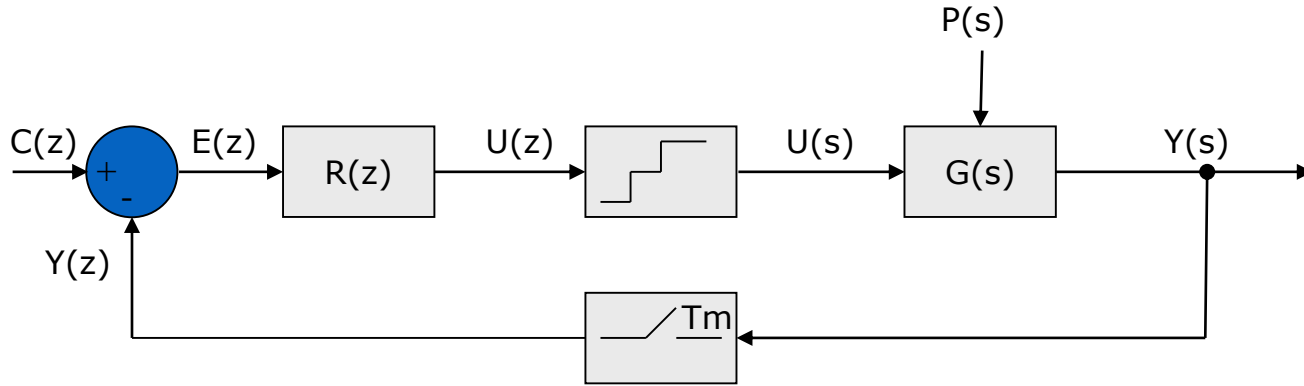
    while (1)
    {
        Desplazar Tablas de variables temporales (al menos u_
        c_k=Nuevo valor consigna
        y_k=Valor leído de sensor
        e_k[0]=c_k-y_k;
        u_k[0]=CalculoAccionRegulador(e_k,u_k,...);
        AplicarAccionDeControl(u_k[0]);
        Otras operaciones auxiliares (comu operador, bb.dd.,
        Sleep (Tm) ;
    }
}
```


CONTROL DE SISTEMAS DISCRETO

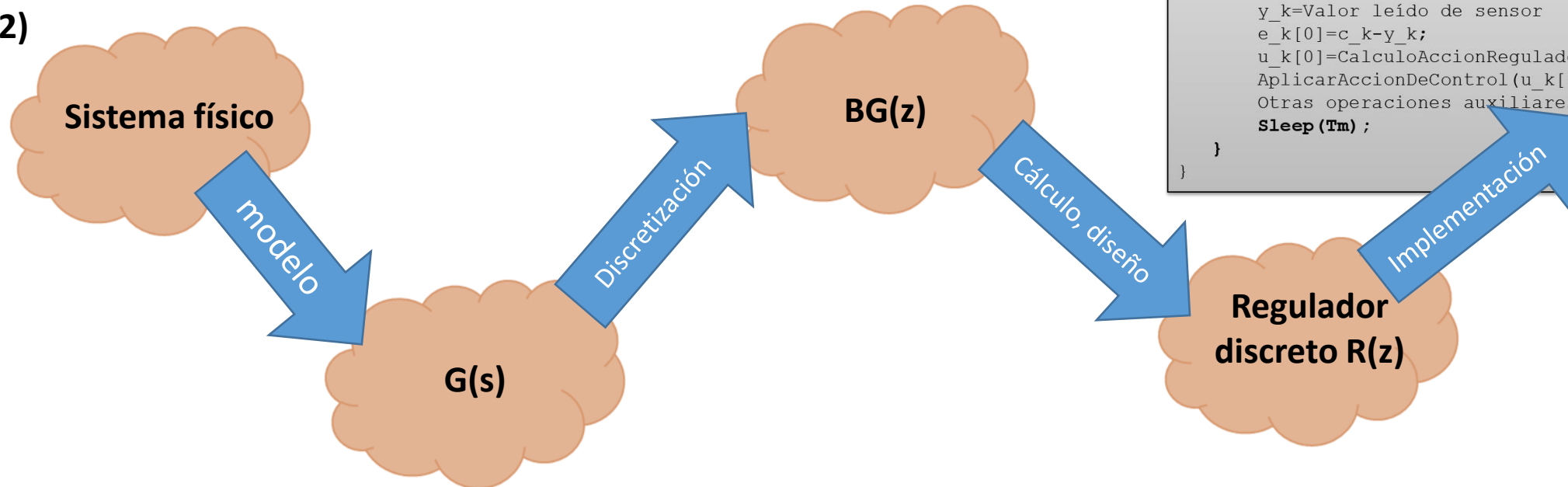
El sistema híbrido:

En el mundo real hay señales y sistemas continuos

En el control por computador hay señales y sistemas discretos



(Op 2)



```
...
main()
{
  float c_k,y_k,u_k[N_MAX+1],e_k[M_MAX+1];
  otras variables necesarias (ej: m,n, tablas b[i],a[i])

  inicializaciones: m,n,b[i],a[i],e_k[i]=0,u_k[i]=0, etc.

  while (1)
  {
    Desplazar Tablas de variables temporales (al menos u_
    c_k=Nuevo valor consigna
    y_k=Valor leído de sensor
    e_k[0]=c_k-y_k;
    u_k[0]=CalculoAccionRegulador(e_k,u_k,...);
    AplicarAccionDeControl(u_k[0]);
    Otras operaciones auxiliares (comu operador, bb.dd.,
    Sleep (Tm) ;
  }
}
```