

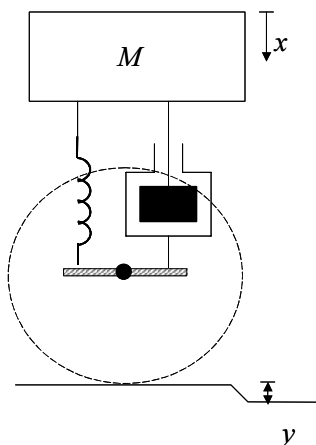
Primer ejercicio

Figura 2 Modelo simplificado

En la figura derecha se muestra un modelo de suspensión de vehículos de tracción. Haciendo suposiciones de simplificación y de reparto del peso del coche sobre las cuatro ruedas, se ha obtenido un segundo modelo. Se pide:

1. Conjunto de ecuaciones algebro-diferenciales que describe la dinámica del modelo simplificado.
2. Función de transferencia entre el desnivel del pavimento (causa), $Y(s)$, con el desplazamiento del chasis (efecto), $X(s)$.
3. Obtener el equivalente reducido.
4. Empleando el modelo del apartado anterior, determinar la dinámica del chasis ante una variación del asfalto de 10 cm.
5. Deducir si la respuesta del equivalente reducido es más lenta o rápida que la del propio modelo.



Figura 1 Modelo de suspensión de un vehículo

Datos

El peso del vehículo es de una tonelada y las características del amortiguador están dadas por $B = 500 \text{ Ns/m}$ y $K = 1000 \text{ N/m}$.

(35 minutos)

Segundo ejercicio

La figura representa un sistema de control realimentado:

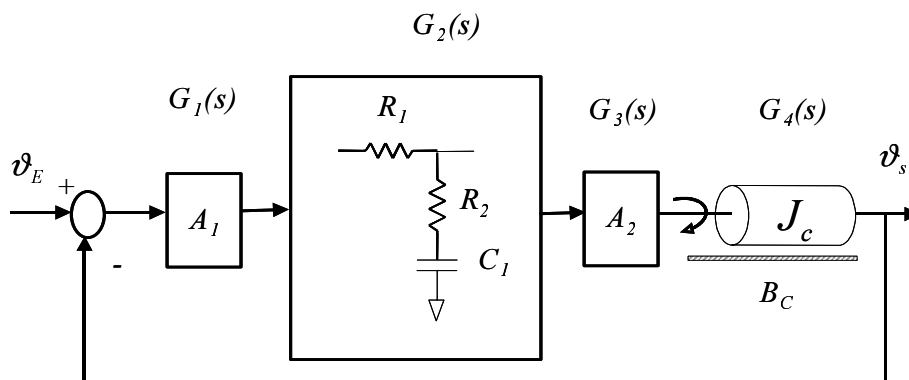


Figura 3. Modelo del sistema de control

1. Obténgase la función de transferencia de $G_2(s)$ y $G_4(s)$, así como la FDT en cadena abierta, $G(s) = G_1(s)G_2(s)G_3(s)G_4(s)$ del sistema. Háganse en $G(s)$ las siguientes sustituciones:
 $A_1 A_2 / B_C = k$
 $R_2 C_1 = 0.25 \text{ s}$
 $J_C / B_C = 1$
 $(R_1 + R_2) C_1 = 0.50 \text{ s}$
2. Hállese la función de transferencia total o transmitancia en bucle cerrado del sistema.
3. Dibújese el LDR (lugar de raíces).
4. Calcúlese el valor de k y las raíces para que el sistema oscile.
5. Para las raíces obtenidas en el apartado d), determínese la respuesta del sistema para una entrada en escalón unitario.

(40 minutos)



Tercer ejercicio

El seguidor de tensión de la figura está constituido por un amplificador operacional real. El AO tiene una ganancia de tensión diferencial en cadena abierta en continua, $A_{do}(0)$ de 100dB y dos polos a frecuencia de 10 Hz y 100kHz. Debajo del seguidor de tensión se ha representado el diagrama a bloques. En este primer caso, la red de realimentación del operacional es la unidad, $\beta = 1$. Se pide:

1. Margen de fase del seguidor de tensión.
2. Para mejorar la estabilidad se ha añadido la red de compensación R1-C1-R2. Ésta funciona como red de retraso de fase. Calcular el valor de R1 y R2 de la red de compensación, si se desea tener un margen de fase de 50°. El valor de la red es:

$$\beta = \frac{1 + j\omega R1 \cdot C1}{1 + j\omega(R1 + R2) \cdot C1}$$

Datos

C1 = 10 nF.

(35 minutos)

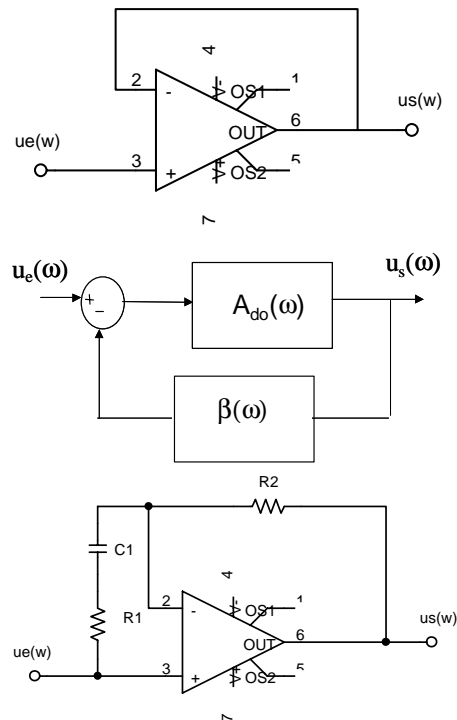


Figura 4 a) Seguidor de tensión, b) diagrama de bloques
c) Seguidor con red de compensación

Cuarto ejercicio

Una instalación de mezclado se compone de dos silos, los cuales contienen dos productos, A y B, que efectúan un vuelco sobre la tolva dosificadora y luego es mezclado. El ciclo empieza cuando el usuario pulsa inicio de ciclo. En la tolva y en el mezclador no hay ningún producto en condiciones de reposo. Seguidamente, el producto A se vuelca en la tolva hasta un nivel PA y posteriormente se pasa a la mezcladora. A continuación se hace lo mismo con el producto B, dosificando con umbral PB. Cuando ambos componentes se encuentran en la mezcladora entra en acción una paleta, ésta se encuentra conectada solidariamente con un tren de engranajes, montada sobre el motor. Esta acción se realiza durante 30 segundos. El producto final es evacuado y unas galgas extensométricas generarán una señal de activo, GE, mientras haya producto en el mezclador. Todas estas operaciones se realizan 10 veces consecutivas, dosificación y mezcla. Terminando el ciclo con la tolva y el mezclador sin producto.

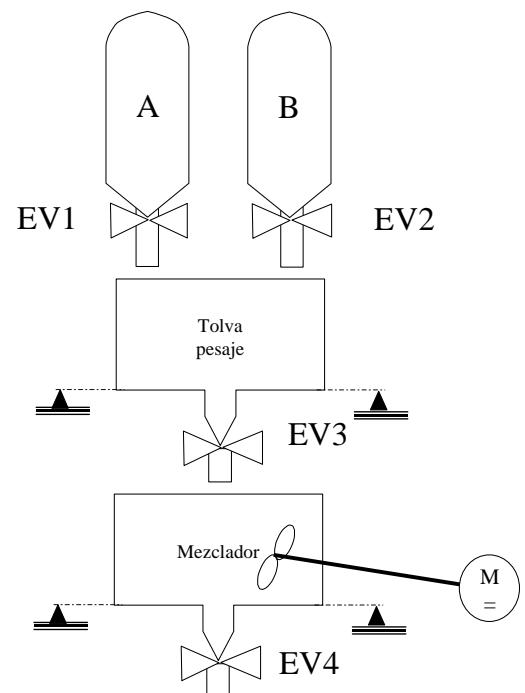
Datos:

- EV1, EV2, EV3 y EV4 son electroválvulas de PASO, de tipo monoestable. Sin tensión, la sección de paso está cortada.
- Para realizar el pesaje hay que mandar previamente un flanco ascendente, RP, al transductor. Después activará, dependiendo de la carga, tres señales independientes: PA y/o PB o VACÍA, correspondiente a tara del producto A, tara del B o tolva vacía respectivamente.

Se pide:

1. GRACET de nivel 1 y 2.
2. Implementación en AWL.
3. ¿Es posible realizar actividades paralelas?. Diseño paralelo con GRAFCET nivel 1 y 2.

(45 minutos)

**Resolución****Primer ejercicio**

1. El modelo simplificado de suspensión del coche es:

$$f_r(t) = K(y(t) - x(t)) + B(\dot{y}(t) - \dot{x}(t))$$

$$f_r(t) = Mg + M\ddot{x}(t)$$

2. El conjunto de ecuaciones requiere variaciones alrededor del punto de reposo. Su FDT es:

$$\frac{\Delta x(s)}{\Delta y(s)} = \frac{K + Bs}{Ms^2 + Bs + K} = \frac{1 + 0.5s}{1 + 0.5s + 0.25s^2}$$

3. El equivalente reducido será eliminado el cero de la cadena cerrada:

$$\Delta M_{eq}(s) = \frac{1}{1 + 0.5s + 0.25s^2}$$

4. Determinado la frecuencia natural del equivalente y el coeficiente de amortiguamiento se determinará los valores característicos de la respuesta al escalón:

$$t_s = 3.14s \quad t_p = 1.81s \quad M_p = 16.67\% \quad t_r = 1.21s$$

5. La respuesta del modelo será más rápida que la del equivalente reducido por añadir un cero en la cadena cerrada.

Segundo problema

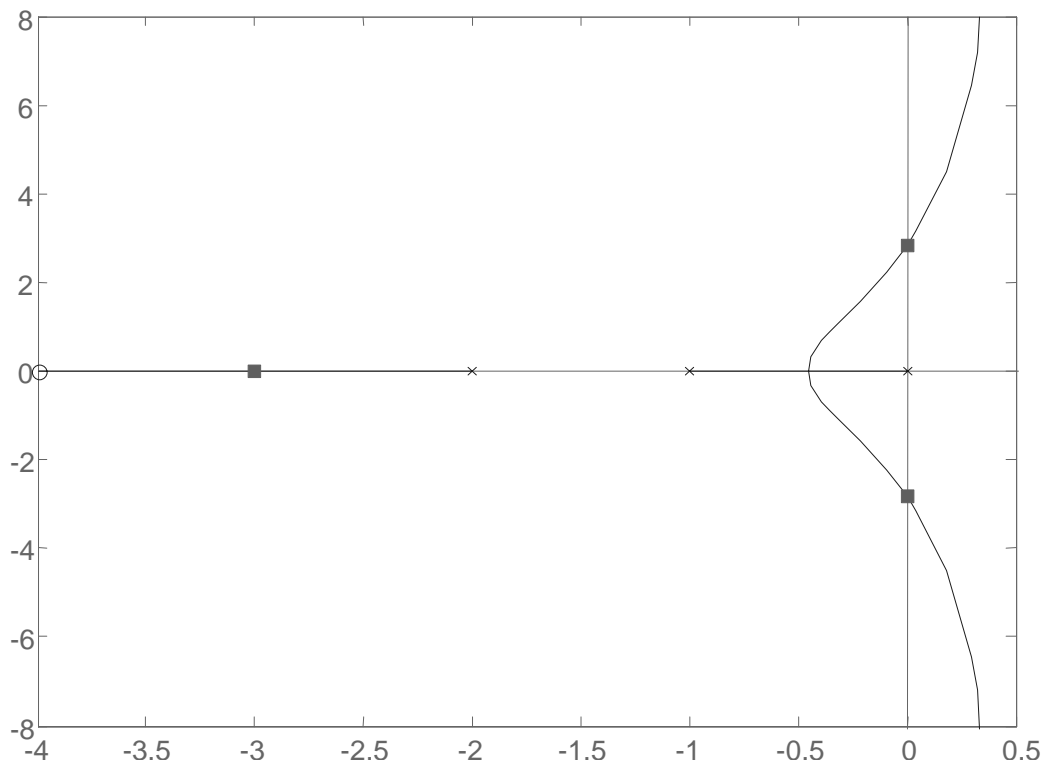
1. La FDT de la cadena abierta es:

$$G(s) = \frac{A_1 A_2}{B_c} \frac{(1 + s \cdot 0.25)}{(1 + s \cdot 0.5)} \frac{1}{s(s+1)}$$

2. FDT de la cadena cerrada:

$$M(s) = \frac{k(1 + s \cdot 0.25)}{(1 + s \cdot 0.5)(1 + s) \cdot s + k(1 + s \cdot 0.25)}$$

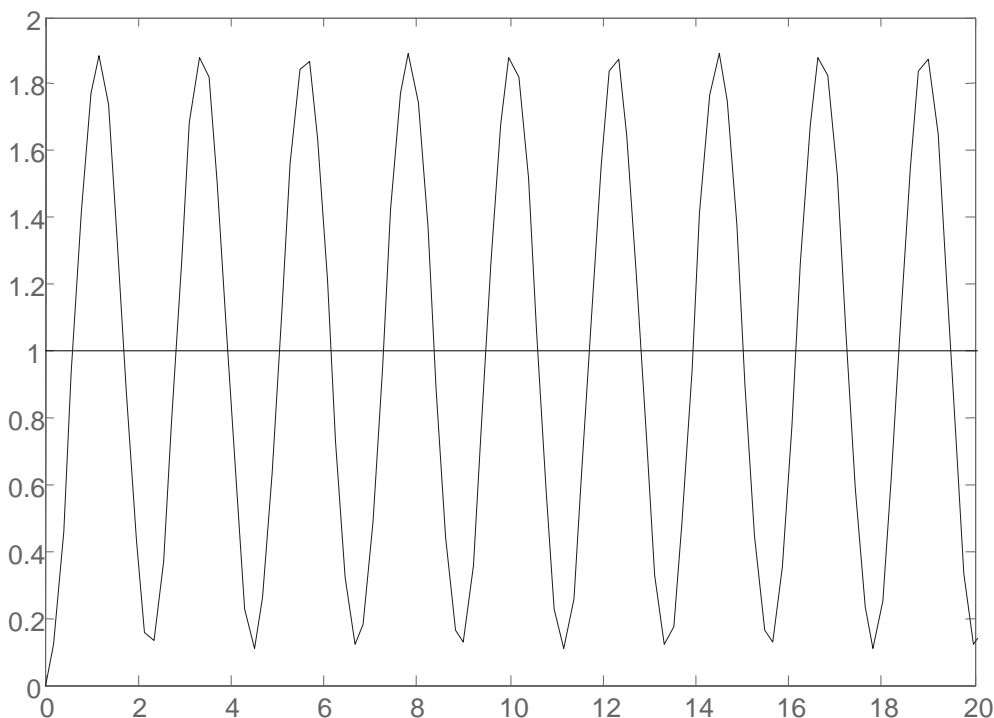
- 3.



4. $k_{cr} = 12$



5. $\omega_d = 2.85[\text{rad/s}] \rightarrow T = 2.2\text{s}$



Tercer problema

1. El margen de fase del seguidor de tensión valdrá:

$$|A_{do}(f)\beta(f)| = \frac{10^5}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_g}{10}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{f_g}{10^5}\right)^2}} = 1 \rightarrow f_g = 308.76\text{kHz}$$

$$\gamma = 180 - \left(\arctg\left(\frac{f_g}{10}\right) + \arctg\left(\frac{f_g}{10^5}\right) \right) = 18^\circ$$

2. Considerando que la RRF no introduce casi ningún desfase, aunque se tomará un margen de seguridad, la nueva frecuencia de cruce se determinará como:

$$\arg(A_{do}(f'_g)) = \gamma - 180 - MS = -120 \quad \left(\arctg\left(\frac{f'_g}{10}\right) + \arctg\left(\frac{f'_g}{10^5}\right) \right) = 120^\circ \rightarrow f'_g = 5.85\text{kHz}$$

El diseño de la RRF será:

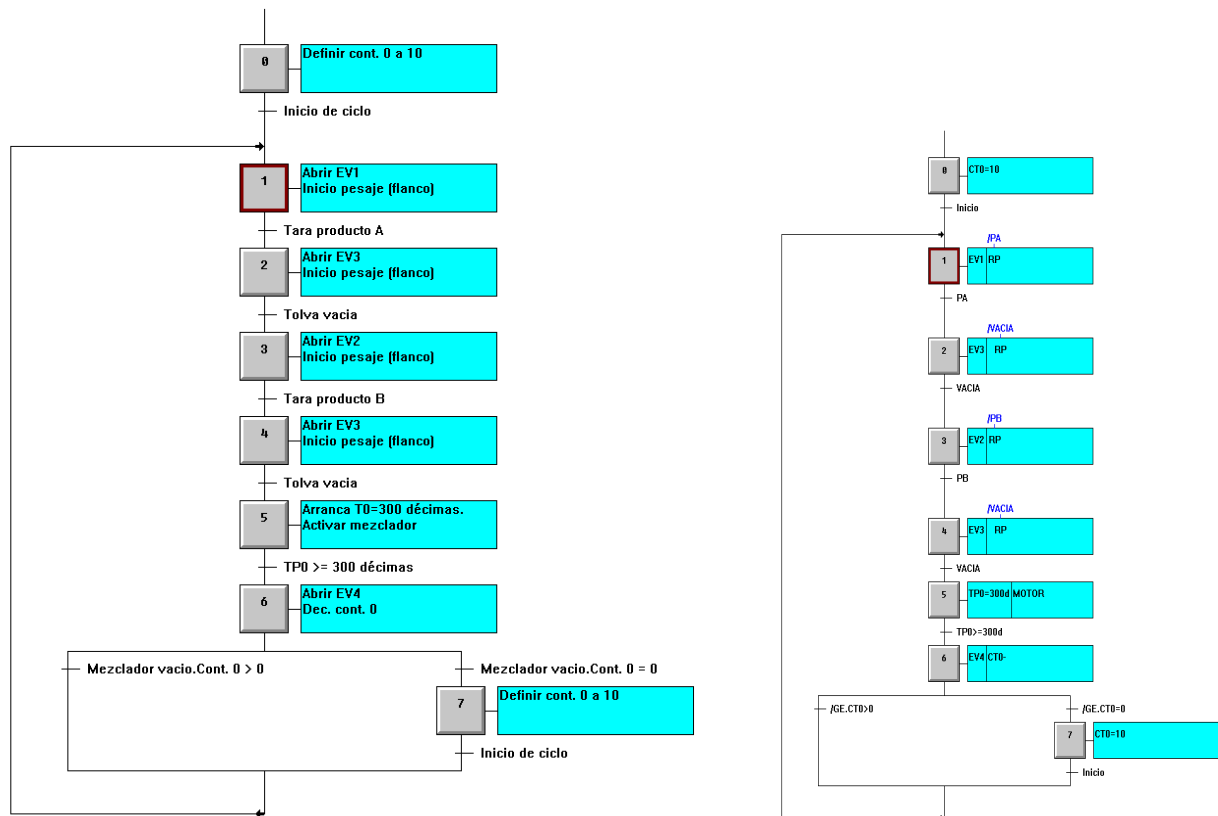
$$f_{z,RRF} = \frac{f'_g}{10} \rightarrow |A_{do}(f'_g)| = 14.62 = \beta \rightarrow f_{p,RRF} = \frac{f_{p,RRF}}{\beta} = 400\text{Hz}$$

$$R_1 \cong 2.7\text{k}\Omega \quad R_2 \cong 39\text{k}\Omega$$

Cuarto ejercicio

1. GRAFCET nivel 1 y 2.





2. AWL

Nivel 1- Entradas	AWL
Tara producto A	E32.0
Tara producto B	E32.1
Mezclador vacío	E32.2
Inicio de ciclo	E32.3
Tolva vacía	E32.4

Nivel 1-Salidas	AWL
Abrir EV1	A32.0
Abrir EV2	A32.1
Abrir EV3	A32.2
Abrir EV4	A32.3
Activar mezclador	A32.4
Inicio pesaje (flanco)	A32.5

OB1

SPA PB1; Llamada al modulo de activacion de etapas
SPA PB2; Llamada al modulo de acciones

BE

OB21

; Inicializacion del grafcet

UN M128.0 ; Condicion cierta, marca no remanente

S M128.0

S -X0; Activar Etapa Inicial

R -X1

R -X2

R -X3

R -X4

R -X5

R -X6

R -X7

; Fin inicializacion del grafcet

BE

PB1

;*** Flanco Asc

U -M101.0 ;

UN -M101.1

= -M101.2 ; Marca de flanco

U -M101.0

S -M101.1

UN -M101.0

R -M101.1

;*** Flanco Asc

U -M101.3 ;

UN -M101.4



```

= -M101.5 ; Marca de flanco
U -M101.3
S -M101.4
UN -M101.3
R -M101.4

;Activacion de etapas del grafcet

U( ;
U -X6 ; Etapa 6 Activa
UN -GE ; y No Mezclador vacio
U( ; y
L Z 0
L KF 0
>F ; Cont. 0 < 0
)
)
O( ; o
U -X7 ; Etapa 7 Activa
U -Inicio ; y Inicio de ciclo
)
S - M100.0

U M100.0
R - X6 ; ... Desactivar etapa 6

U M100.0
R - X7 ; ... Desactivar etapa 7

U -X0 ; Etapa 0 Activa
R - X6 ; ... Desactivar etapa 6

U -X0 ; Etapa 0 Activa
R - X7 ; ... Desactivar etapa 7

U -X6 ; Etapa 6 Activa
UN -GE ; y No Mezclador vacio
U( ; y
L Z 0
L KF 0
!=F ; Cont. 0 = 0
)
S - X7 ; ... Activar etapa 7

U -X7 ; Etapa 7 Activa
R - X6 ; ... Desactivar etapa 6

U -X5 ; Etapa 5 Activa
U( ; y
L T 0
L KF 300
>=F ; Temp. 0 >= 300 dec
)
S - X6 ; ... Activar etapa 6

U -X6 ; Etapa 6 Activa
R - X5 ; ... Desactivar etapa 5

U -X4 ; Etapa 4 Activa
U -VACIA ; y Tolva vacia
S - X5 ; ... Activar etapa 5

U -X5 ; Etapa 5 Activa

R - X4 ; ... Desactivar etapa 4

U -X3 ; Etapa 3 Activa
U -PB ; y Tara producto B
S - X4 ; ... Activar etapa 4

U -X4 ; Etapa 4 Activa
R - X3 ; ... Desactivar etapa 3

U -X2 ; Etapa 2 Activa
U -VACIA ; y Tolva vacia
S - X3 ; ... Activar etapa 3

U -X3 ; Etapa 3 Activa
R - X2 ; ... Desactivar etapa 2

U -X1 ; Etapa 1 Activa
U -PA ; y Tara producto A
S - X2 ; ... Activar etapa 2

U -X2 ; Etapa 2 Activa
R - X1 ; ... Desactivar etapa 1

U M100.0
O ; o
U -X0 ; y Etapa 0 Activa
U -Inicio ; y Inicio de ciclo
S - X1 ; ... Activar etapa 1

U -X1 ; Etapa 1 Activa
R - X0 ; ... Desactivar etapa 0

U -X1 ; Etapa 1 Activa
R - M100.0

BE

PB2

U -X1 ; Etapa 1 Activa
= -EV1 ; ... Abrir EV1

U -X3 ; Etapa 3 Activa
= -EV2 ; ... Abrir EV2

U -X2 ; Etapa 2 Activa
O ; o
U -X4 ; y Etapa 4 Activa
= -EV3 ; ... Abrir EV3

U -X6 ; Etapa 6 Activa
= -EV4 ; ... Abrir EV4

U -X5 ; Etapa 5 Activa
= -MOTOR ; ... Activar mezclador

U -X1 ; Etapa 1 Activa
UN -PA ; y No Tara producto A
O ; o
U -X2 ; y Etapa 2 Activa
UN -VACIA ; y No Tolva vacia
O ; o

```



```

U -X3 ; y Etapa 3 Activa
UN -PB ; y No Tara producto B
O ; o
U -X4 ; y Etapa 4 Activa
UN -VACIA ; y No Tolva vacia
= -RP ; ... Inicio pesaje (flanco)

```

```

U -X0 ; Etapa 0 Activa
= M101.0

```

```

U M101.2 ; flanco asc.
L KH 10
T Z 0 ; ... Fijar cont. 0 a 10

```

```

U -X5 ; Etapa 5 Activa
L KT 300.1

```

```

SV T 0 ; ... Arrancar temp. 0 con 300
dec.

```

```

U -X6 ; Etapa 6 Activa
ZR Z 0
; ... Decrementar cont. 0

```

```

U -X7 ; Etapa 7 Activa
= M101.3

```

```

U M101.5 ; flanco asc.
L KH 10
T Z 0 ; ... Fijar cont. 0 a 10

```

BE

3. Si es posible realizar tareas en paralelo

