

Problema 1. Sistema de tracción de un automóvil¹.

La figura esquematiza el sistema de tracción de un automóvil, pensado compuesto por cuatro subsistemas: el motor, el embrague, la caja de cambios y el resto del sistema hasta llegar a las ruedas del automóvil.

Motor: fuente de torque motriz t_m , con momento de inercia J_m , y fricción viscosa de coeficiente f_m , todo a la velocidad angular w_m .

Embrague: acopla / desacopla el motor del resto del sistema. Puede asumir cada uno de los tres estados siguientes:

- totalmente desacoplado,
- acoplado con deslizamiento, y
- completamente acoplado.

Embrague en estado totalmente desacoplado: el motor no posee interacción con el resto del sistema, de modo que las velocidades w_m y w_2 resultan independientes.

Embrague completamente acoplado: el motor y el resto del sistema giran solidariamente, de modo que resulta $w_m = w_2$.

Embrague acoplado con deslizamiento: la interacción que existe entre el motor y el resto del sistema es debida a rozamiento viscoso entre los discos del embrague. La magnitud de este rozamiento viscoso depende no sólo de la diferencia entre las velocidades w_m y w_2 , sino también de la posición del pedal de embrague, como se modela a continuación:

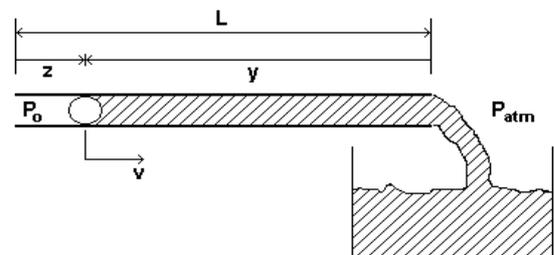
$t_f = b(x) \cdot (w_m - w_2)$, donde t_f representa el torque de fricción y x la posición del pedal de embrague.

- a) Realice tres DBs del sistema, uno para cada estado del embrague.
- b) Clasifique cada uno de los DBs de acuerdo a la forma del sistema de EE asociado (no es necesario que escriba las EE): forma *estándar*, forma *diferencial-algebraica*, forma *diferencial implícita*, forma *diferencial-algebraica implícita* (de acuerdo a la terminología usada en clase).
- c) Elimine derivadores y/o lazos algebraicos *donde los haya* en los DBs originalmente obtenidos.
- d) Para c/u de los tres estados del embrague, indique el orden tanto del $\Sigma\Phi I$ como del DB. Discuta la diferencias/coincidencias.

Problema 2. Limpiando Oleoductos².

Para limpiar un oleoducto suele enviarse a lo largo del mismo una pelota de cuero impulsada por la presión P_0 de un gas inerte. La figura ilustra un esquema idealizado del sistema resultante. Asuma válidas las siguientes hipótesis:

- P_0 (presión manométrica) variable independiente.
- pelota ideal (sin masa ni fricción).



¹ Basado en J. Laffite et al., "Modeling in Order to Size an Automotive Powertrain", 13th European Simulation Symposium, pp. 806-812.

² Basado en W. L. Luyben, "Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers", 2nd Edition, Ed. McGraw-Hill.

- caño horizontal, descargando a la atmósfera un líquido incompresible de densidad ρ , que fluye como un bloque sólido.
- hay una fuerza de fricción que se opone al movimiento, es proporcional a la longitud de caño ocupada por el fluido y al cuadrado de la velocidad del mismo.
- sección transversal del caño: A .

SFI → DB. **Salida: V , velocidad de la pelota.** Indique el *grado relativo* de la relación $E-S P_0-m(t)$.

Ayudas:

- Plantee el diagrama de cuerpo aislado de la porción de fluido contenida en el caño. Tenga en cuenta todas las fuerzas que actúan sobre la misma y
- ¡Tenga muy en cuenta que la masa acelerada dentro del caño es variable! Recuerde la formulación original de la segunda ley de Newton: *la variación de la cantidad de movimiento es igual a la fuerza neta de aceleración*.
- Recuerde que los bloques “ganancia” sólo se utilizan para una relación lineal. Si usa un bloque divisor (cociente de dos variables!) entonces indique claramente con N y D las variables Numerador y Denominador, respectivamente. Para elevar una variable al cuadrado puede usar un multiplicador o “inventar” un bloque “cuadrador”.

Problema 3. Biela – Manivela.

Según muestra la Figura 1, un motor M transmite una *cupla motriz* t a un volante de momento de inercia J y radio R . El movimiento se transmite al pistón de masa m del otro extremo (conversión de movimiento rotacional a traslacional) a través una biela elástica, que oficia de subsistema de acople.

La Figura 2 detalla el DB del subsistema de acople entre los dos movimientos (la Figura 4 muestra la máscara con sólo las entradas y salidas). El problema consiste en completar este DB modelando el resto del sistema mostrado en la Figura 1. Como ayuda, en el esquema geométrico de la Figura 3 se muestran las fuerzas y velocidades en juego en el acople.

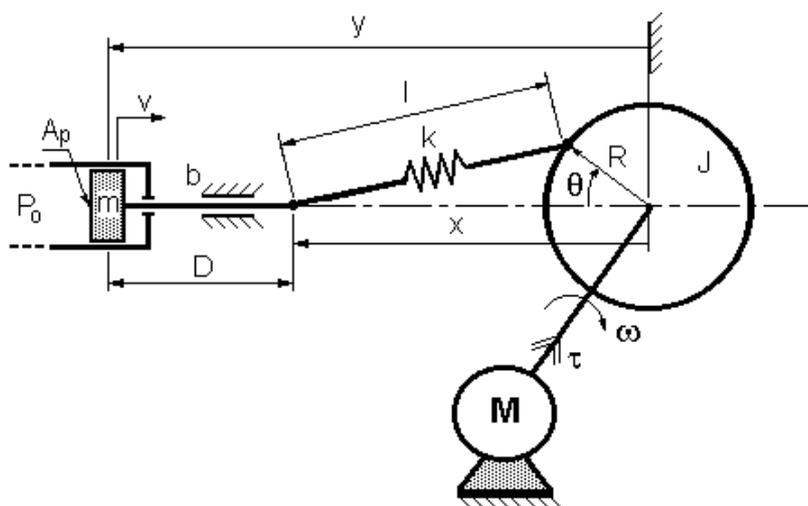


Figura 1: Sistema Biela-Manivela.

Se observan además el ángulo θ del volante y la posición x del extremo de la varilla del pistón como variables modulantes del subsistema de acople. Estas son variables dependientes del sistema y también deben ser modeladas.

El pistón se mueve en una cámara donde hay una presión P_0 que aquí se considera una variable de entrada. La longitud total de la biela es $l = l_{nd} + D l$, donde l_{nd} es su longitud no deformada y $D l$ es su deformación. En el triángulo de la Figura 3 puede leerse una restricción geométrica (teorema del coseno) clave del problema (es la base para la deducción del DB de acople):

$$l^2 = R^2 + x^2 - 2 R x \cos(\theta)$$

- Complete el DB según lo indicado más arriba.
- DB → EE de todo el sistema.
- Indique cual es el orden del sistema de EE. Tenga en cuenta la restricción geométrica mencionada.

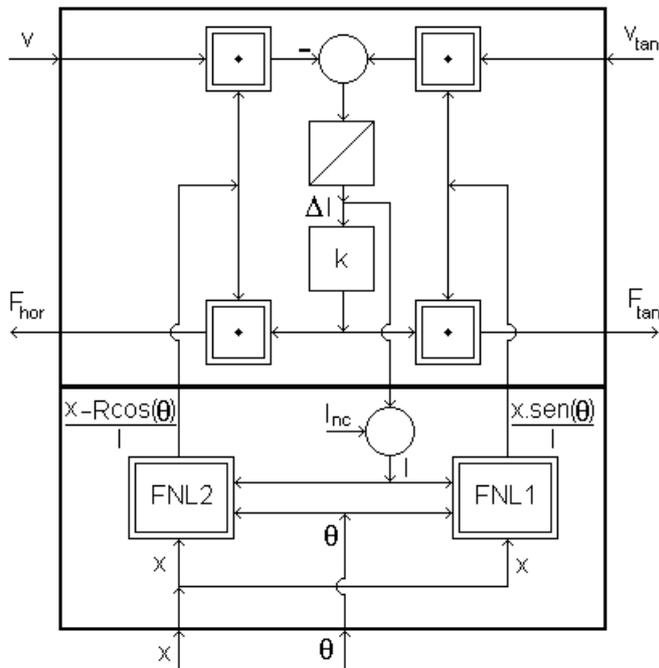


Figura 2: DB del subsistema de acople.

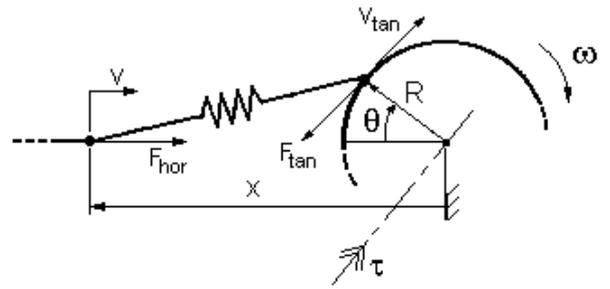


Figura 3: Geometría de acople.

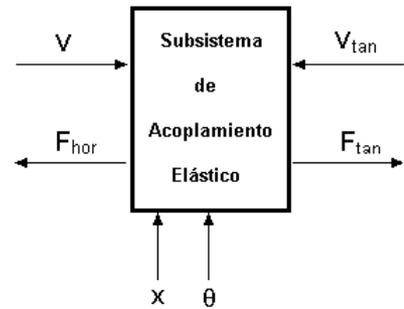
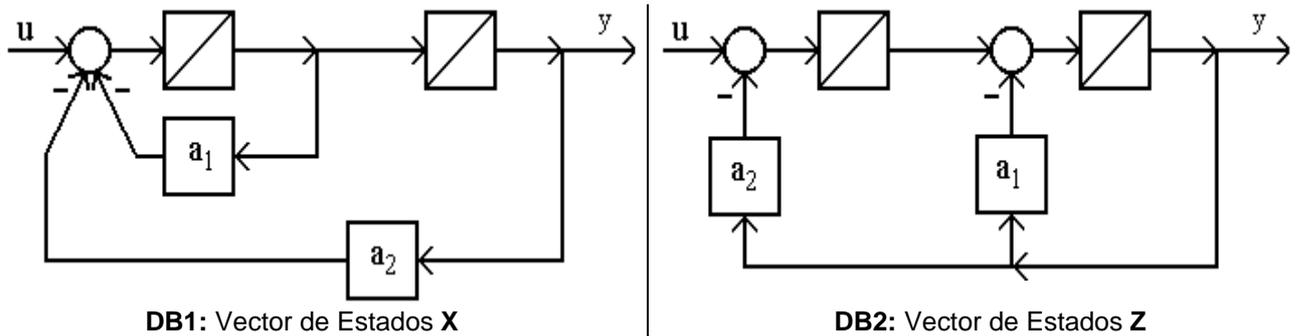


Figura 4: Máscara del acople.

Problema 4. Realizaciones equivalentes.



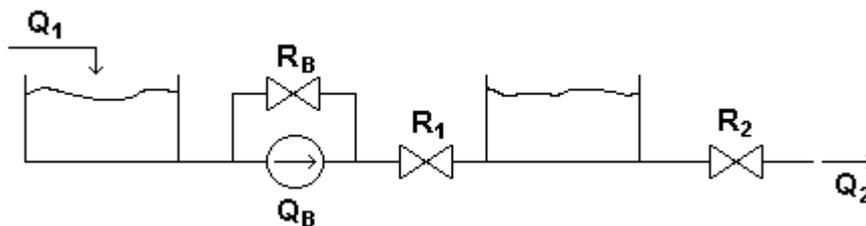
DB1: Vector de Estados X

DB2: Vector de Estados Z

Los DBs 1 y 2 son dos realizaciones (modelos internos) distintas de una misma EDO (modelo externo).

- Verifíquelo.
- Halle FT y pseudo-FTs para cada DB.
- Compare los resultados, analice y explique las coincidencias y las diferencias.

Problema 5. Dos tanques.



Tomando al caudal Q_2 como *salida*, obtenga un DB sin derivadores ni lazos algebraicos. Las entradas Q_B y Q_1 son caudales de sendas bombas ideales. Todas las resistencias hidráulicas son lineales. Indique el orden del $\Sigma\Phi I$ y del DB. Indique el grado relativo de las relaciones $E-S$ Q_1-Q_2 y Q_B-Q_2 .