

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

Laboratorio: Modelado de Sistemas Físicos

1. Actividad 1

El desarrollo de esta actividad es sobre diagramas de Bond Graph, los cuáles para desarrollarse de manera ordenada deben seguir los siguientes pasos:

1. Determinar dominios físicos.
2. Indicar una variable de esfuerzo de referencia.
3. Identificar todos los demás esfuerzos del sistema.
4. Dibujar esfuerzos y velocidades mediante nodos 0 y 1 respectivamente.
5. Identificar diferencias de esfuerzos.
6. Construir las diferencias de esfuerzo utilizando nodos de unión.
7. Conectar todos los puertos de los elementos.
8. Simplificar el grafo.
9. Aplicar causalidades.
10. Extraer ecuaciones.
11. Simplificar ecuaciones.

Pasos ordenados a seguir para técnicas de Bond Graph. [1].

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

1.1. Descripción de los elementos y su dominio físico.

En el diagrama representado por la Figura 1 muestra un diagrama de un dominio físico no mecánico en el trayecto de la exclusiva hacia el girador, y un sistema mecánico rotacional luego del girador. Representado por varias secciones de diferente color, contienen lo siguiente:

1. La sección representada en color rojo muestra la exclusiva como una fuente de flujo regulable ($y[m^3/s]$) que tiene en serie una resistencia, la cuál considera imperfecciones en el canal en el que existe pérdida por fricción ($0,1[Kgm^{-4}s^{-1}]$).
2. El Circulo de color violeta en la parte superior de la imagen representa un girador, que transforma la energía potencial generada por la represa en energía cinética, convirtiendo así el desplazamiento del agua en velocidad angular ($5[Kg.s^{-1}.m^{-1}]$).
3. La sección representada en color azul contiene inercia de rotación de las aspas ($20[Kg.m^2]$) puerta de rigidez ($C = 2[Kg.m^2.s^{-1}]$) y una puerta de inercia ($I = (4[Kg.m^2.s^{-2}])$) que representan todas las pérdidas o acumulaciones de energía existentes en el sistema hasta el eje del motor. El movimiento angular del motor es representado a través del rectángulo azul sobrepuesto en el mismo eje con inercia de $10[Kg.m^2]$.
4. El círculo de color violeta en la parte inferior de la imagen, representa un transformador, que transfiere el movimiento mecánico ($n = 0,8$) a través de una rueda dentada conica hacia otro eje manteniendo una misma inercia. ($20[Kg.m^2]$)
5. La sección de color verde representa el último eje del sistema con un movimiento angular e inercia ($20[Kg.m^2]$), el cual está libre, motivo por el cual no contiene otro par de puerta de rigidez (C) y puerta de inercia (I).

Representacion gráfica. [1]. Conceptos de puerta de rigidez y puerta de inercia. [2]

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

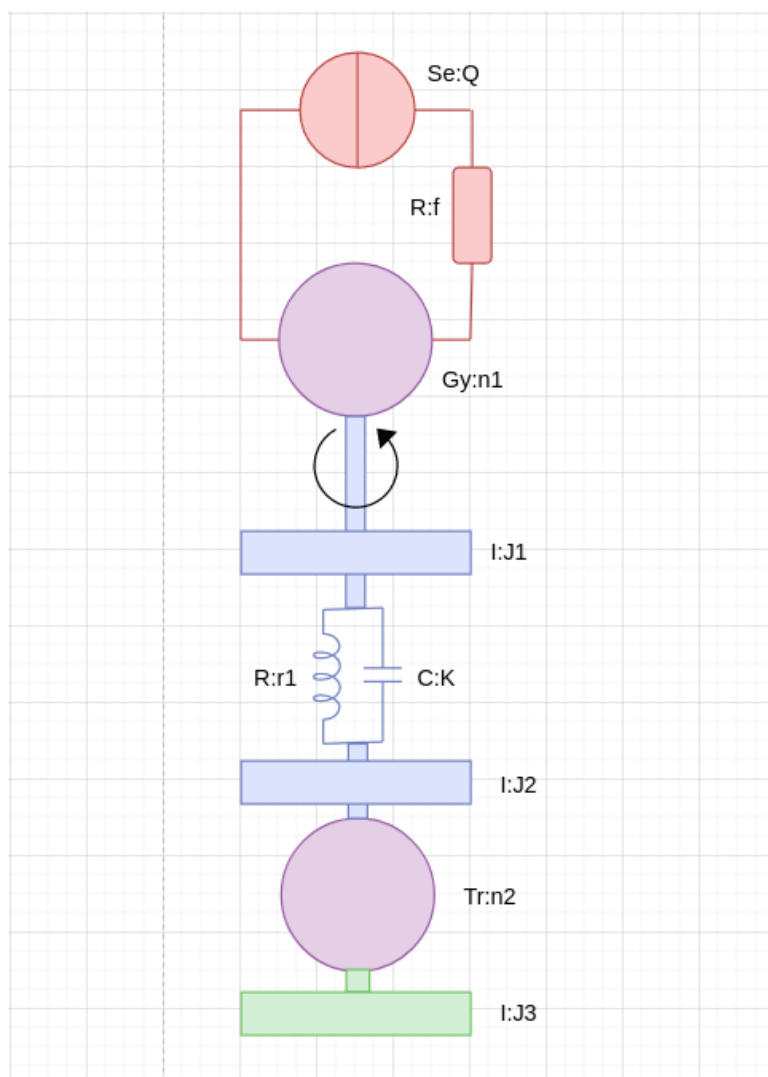


Figura 1: Etapas diferenciadas de molino de agua

1.2. Diagrama de enlaces con todos los elementos.

En la primera etapa del diagrama teniendo en cuenta que no es dominio mecánico, consideraremos que, el caudal de la exclusiva es infinito, por lo cual el flujo tiende a cero tomando éste como referencia. Si lo descrito anteriormente es cierto, se puede crear un circuito cerrado para simular el caudal infinito. De esta manera, el resultado de este diagrama se puede apreciar en la Figura 2.

En la segunda etapa del molino, obtenemos las velocidades w_1 y w_2 mediante nodos 1, las cuales hacen referencia a la rueda y a la velocidad del eje. Estas contienen pérdidas por fricción o almace-

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

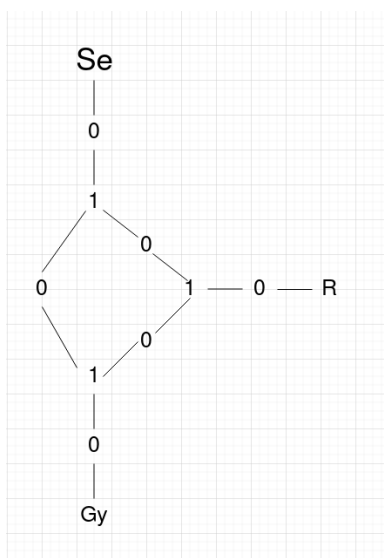


Figura 2: Etapa 1 de molino.

namientos de energía parásitos que se obtienen mediante un almacenador de energía y un dissipador de energía como se muestra en la Figura 3.

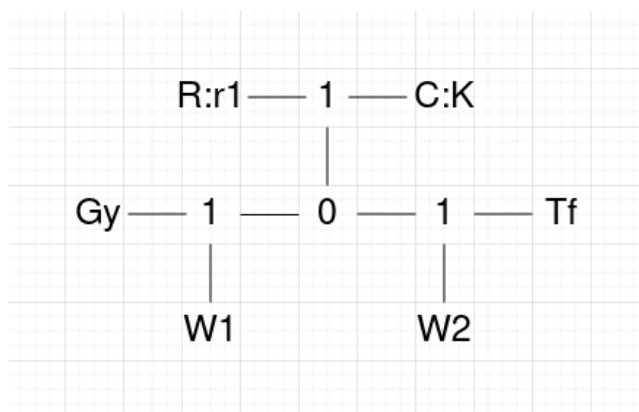


Figura 3: Etapa 2 de molino.

La tercera etapa del molino hace referencia únicamente al eje que esta libre luego del transformador, los cuales están unidos como muestra la figura 4.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

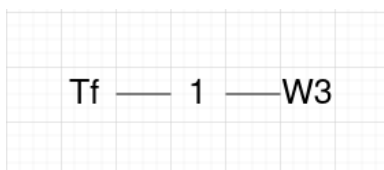


Figura 4: Etapa 3 de molino.

1.3. Simplificación del diagrama.

La simplificación de la etapa 1, al tomar un flujo inicial de cero antes de la exclusiva, en dónde existe mucha energía potencial almacenada en el caudal, podemos eliminar la V_0 y eliminar todos los nodos que tengan una sola entrada y una sola salida, llegando al resultado de la Figura 5.

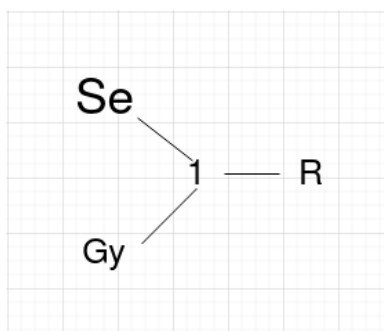


Figura 5: Etapa 1 de molino simplificada.

La segunda etapa no puede simplificarse, ya que todos los nodos contienen mas de una entrada o más de una salida. De la misma manera, la tercera etapa ya está simplificada en su máxima expresión. El diagrama con todas sus etapas unidas, simplificado se observa en la figura 6, ya que los giradores y los transformadores son una guía para determinar los límites de simplificación en los diagramas.

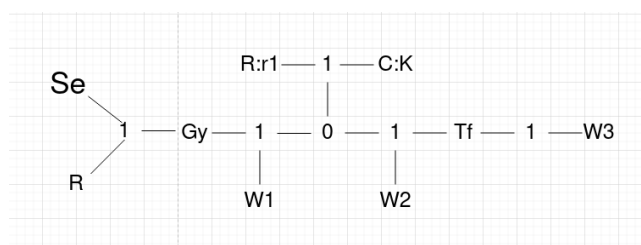


Figura 6: Diagrama de molino simplificado.

Luego de simplificar el diagrama, determinamos la dirección de la potencia. La potencia viene

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

completamente de la exclusiva que ha sido determinada como una fuente de corriente, la cual distribuye la potencia en todos sus componentes. Ver Figura 7.

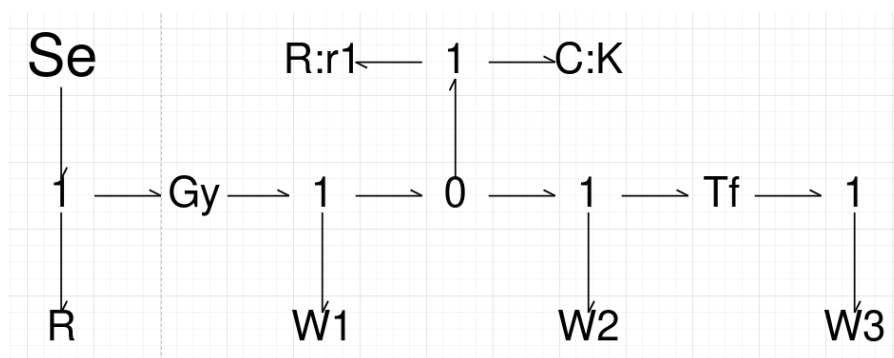


Figura 7: Diagrama de molino simplificado con direcciones de potencia.

1.4. Propagación de la causalidad.

Finalmente, luego de todos los pasos anteriores llegamos al diagrama de Bond Graph con todos sus componentes, en el cuál se muestra la dirección de la potencia y la propagación de la causalidad. Con estos datos podemos obtener la dirección del esfuerzo y dirección del flujo, así que no es necesario colocarlos, solo se asigna un f_x y un e_x a cada componente. Ver Figura 8

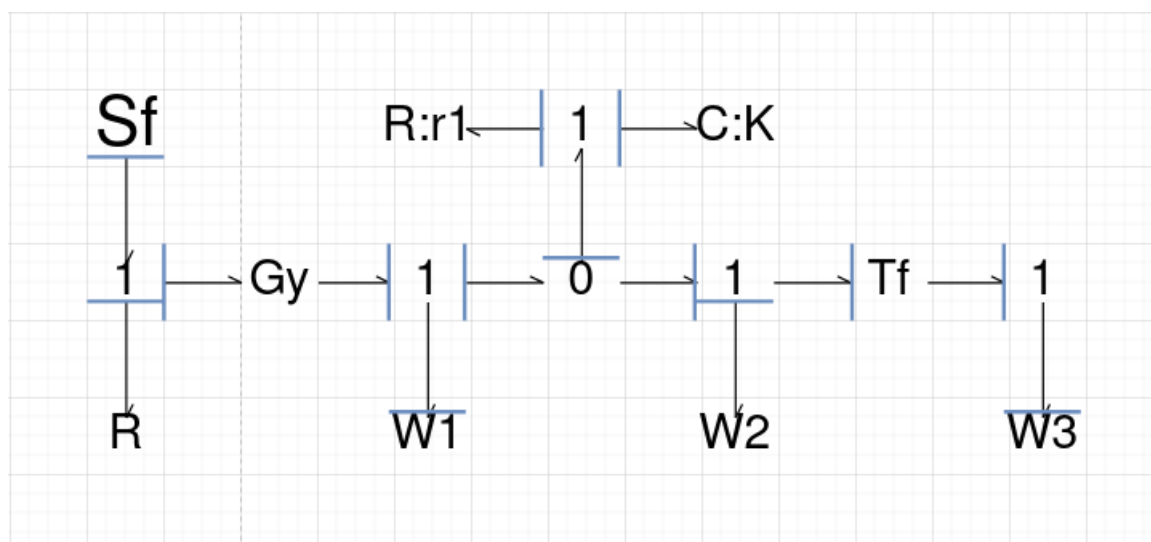


Figura 8: Diagrama de molino simplificado con propagación de causalidad y direcciones de potencia.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

1.5. Extracción de ecuaciones.

<i>Elemento</i>	<i>Ecuación</i>
$S_f : \gamma \rightarrow$	$f_1 = \gamma$
$U,1$	$f_1 = f_2 = f_3$
$\rightarrow R : 0.$	$e_2 = 0,1 f_2$
$\rightarrow GY : 5 \rightarrow$	$e_4 = 5 f_3; e_3 = 5 f_4$
$U,2$	$f_4 = f_5 = f_6; e_4 = e_5 + e_6$
$\rightarrow W : 2$	$f_5 = (1/20) \int_a^b e_5 dt$
$U,0$	$f_6 = f_7 + f_{10}; e_6 = e_7 = e_{10}$
$U,1$	$f_7 = f_8 = f_9; e_7 = e_8 + e_9$
$\rightarrow R : 2$	$e_8 = 2 f_8$
$\rightarrow C : 4$	$e_9 = 4 \int_a^b f_9 dt$
$U,1$	$f_{10} = f_{11} = f_{12}; e_{10} = e_{11} + e_{12}$
$\rightarrow W : 1$	$e_{10} = 10(\partial/\partial t) f_{11}$
$\rightarrow Tf : 0. \rightarrow$	$f_{12} = (1/0,8) f_{13}$
$U,1$	$f_{13} = f_{14}; e_{13} = e_{14}$
$\rightarrow W : 20$	$f_{14} = (1/20) \int_a^b e_{14} dt$

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Modelado y Simulación Numérica.	Apellidos: Balsells Orellana	14/12/2020
	Nombre: Jorge Augusto	

1.6. Simplificación de ecuaciones.

Esfuerzos y flujos:

1. $e_{13} = e_{14}$
2. $e_6 = e_7 = e_{10}$
3. $f_1 = f_2 = f_3$
4. $f_4 = f_5 = f_6$
5. $f_7 = f_8 = f_9$
6. $f_{10} = f_{11} = f_{12}$
7. $f_{13} = f_{14}$

Sustituyendo:

1. $f_1 = \gamma$
2. $e_2 = 0,1f_1$
3. $e_3 = 5f_4$
4. $e_4 = 5f_3$
5. $f_4 = (1/20) \int_a^b e_5 dt$
6. $e_8 = 2f_7$
7. $f_{13} = f_{14}$
8. $e_9 = 4 \int_a^b f_7 dt$
9. $e_{11} = 10(\partial/\partial t)f_{10}$
10. $f_{10} = (1/0,8)f_{13}$
11. $f_{13} = (1/20) \int_a^b e_{13} dt$

Referencias

[1] D. Pérez-Palau. Apuntes de clase de modelado, 2020.

[2] Prof. Dr. José A. Lozano Ruiz. Introducción a la técnica de bond graph.