Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería
I.E. Araiza Medrano Lizette.

Carrera	**Clave de la Asignatura**	**Nombre de la Asignatura**	**Curso**
Ingeniería en Computación	36284	Sistemas de Control	2022-1
Práctica #4: Sistemas de Segundo orden			

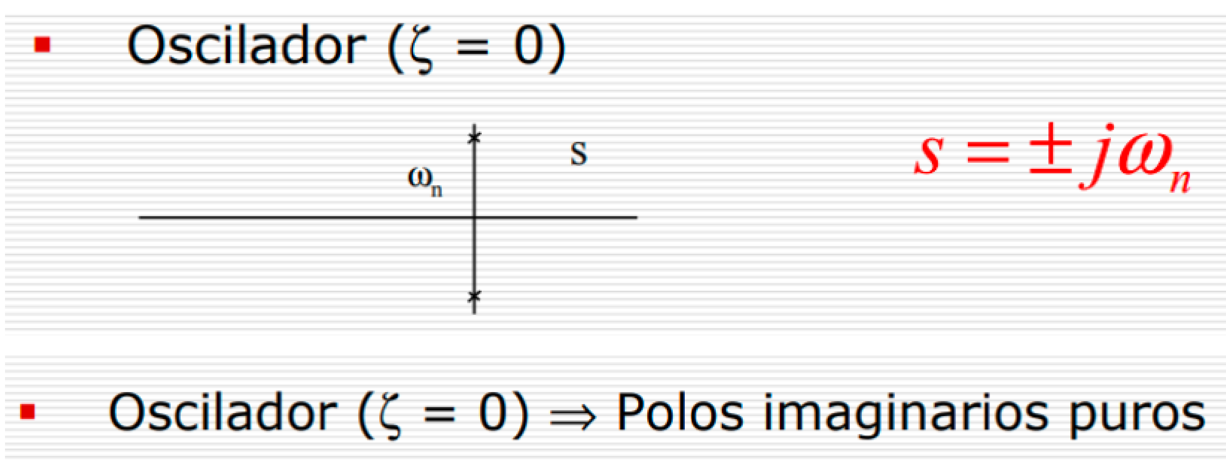
Objetivo:

El alumno conocerá y aplicará bloques básicos para la construcción de modelos en Simulink, además de distinguir distintos tipos de sistemas de segundo orden. Identificar conceptos de respuesta Sobre-amortiguada, sub-amortiguada, Oscilatoria y Críticamente amortiguada, así como el concepto de tiempo muerto.

Introducción:

Sistema oscilatorio:

Un oscilador es un sistema capaz de crear perturbaciones o cambios periódicos o cuasi periódicos en un medio, ya sea un medio material (sonido) o un campo electromagnético (ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, rayos X, rayos gamma, rayos cósmicos).



Sistema subamortiguado:

Un sistema subamortiguado es aquel que posee un par de polos complejos conjugados dentro de un sistema de segundo orden. Analizando el sistema ante una entrada escalón, Cuando 0<ζ<1:

$$s_{1,2} = -\zeta\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

Dónde, podemos llamar el segundo miembro de la ecuación anterior como:

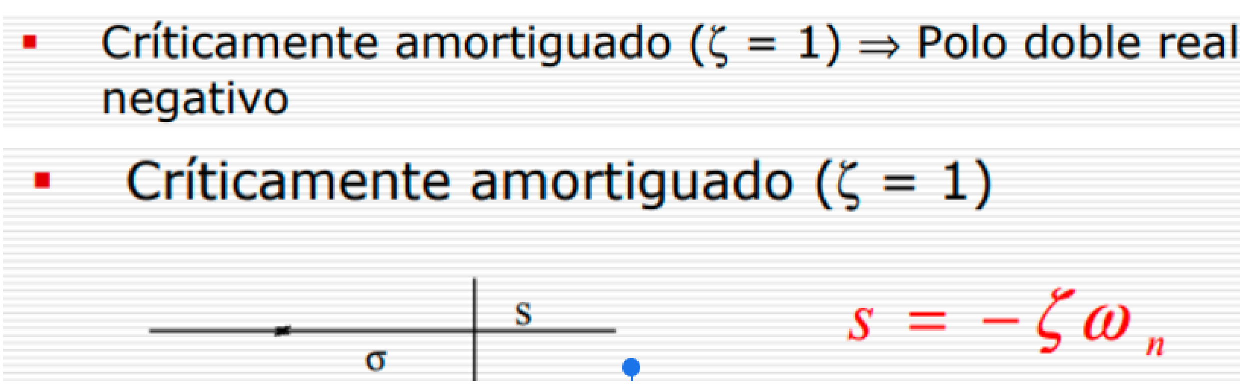
$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

ωd es conocida como la frecuencia natural amortiguada del sistema de segundo orden. Así, podemos resumir los polos del sistema de segundo orden subamortiguado como:

$$s_{1,2} = -\zeta\omega_n \pm j\omega_d$$

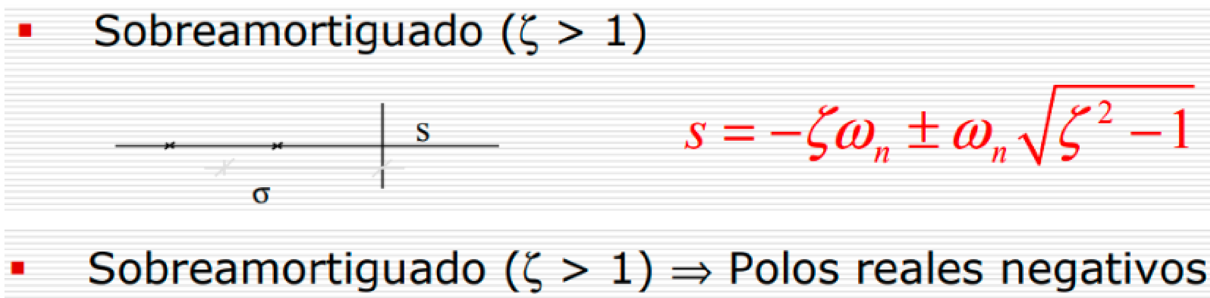
Sistema críticamente amortiguado:

Un sistema críticamente amortiguado es aquel que posee dos polos iguales (polos con multiplicidad) ubicados en el mismo punto del plano complejo para un sistema de segundo grado. Analizando el sistema ante una entrada escalón, Cuando ζ=1:



Sistema sobre amortiguado:

Un sistema sobreamortiguado es aquel que posee dos polos reales dentro de un sistema de segundo orden, donde ya no existen oscilaciones. Analizando el sistema ante una entrada escalón, Cuando ζ>1



Material:

- Lápiz y papel para cálculos
- Equipo utilizado Equipo de cómputo con software Matlab/Simulink para simulación

Desarrollo de la Práctica:

1. Construya un diagrama de bloques en Simulink para la implementación de un lazo de control; formado por un proceso y controlador, dados por Gp(s), Gd(s) y Gc(s), como se muestra en la figura 3.1.

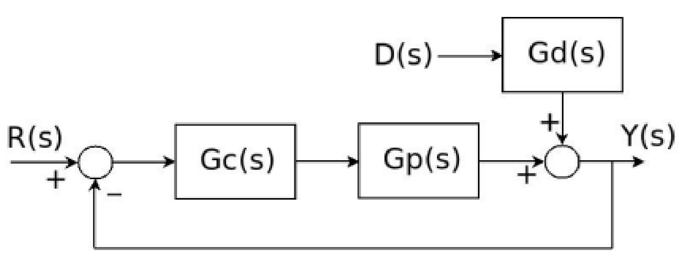


Figura 3.1 Diagrama de Bloques de lazo realimentado

En donde:

$$Gd(s) = \frac{2}{7s+1}$$

$$Gc(s) = \frac{-0.5}{10s+1}$$

$$Gp(s) = \frac{1.75s+1.75}{s}$$

La figura 3.2 muestra la implementación en Simulink del sistema de control mostrado previamente:

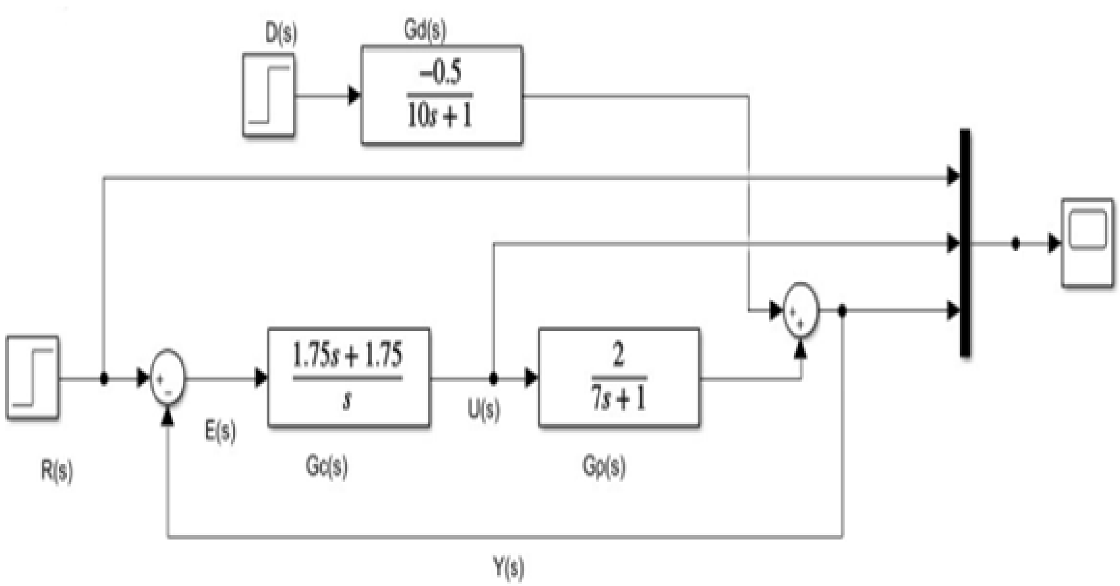
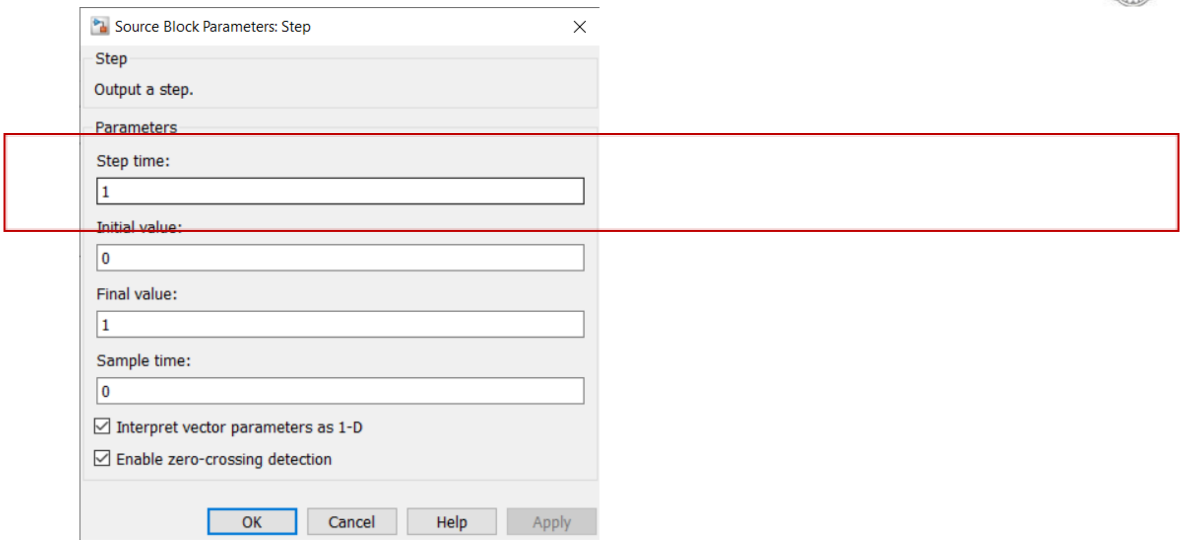
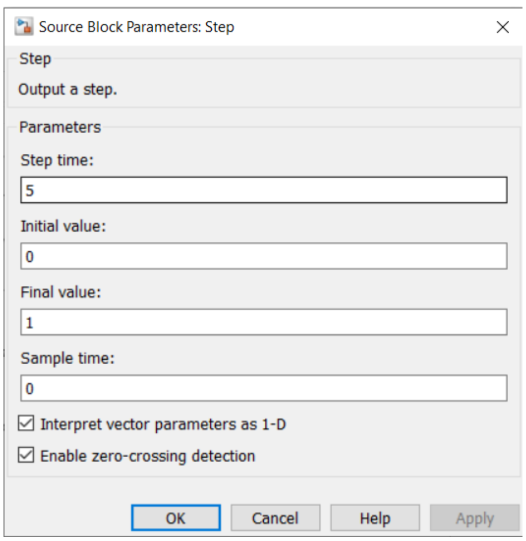


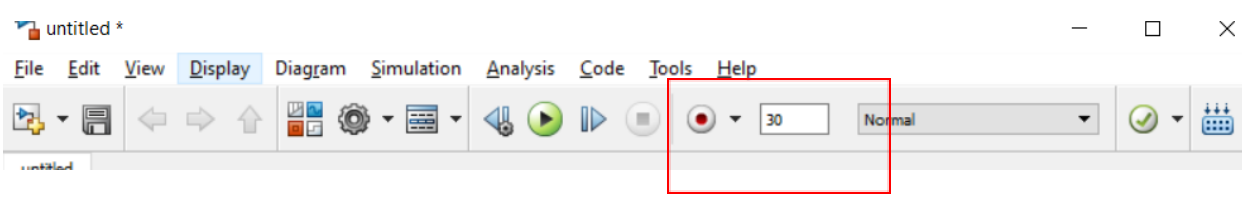
Figura 3.2 Implementación del diagrama en Simulink, haciendo uso de señal "Escalón Unitario"

2. Simule un cambio de referencia R(s) de 0 a 1 iniciando en t=1, además de la presencia de una perturbación D(s) de 0 a 1 en t=5. Esto se hace cambiando las propiedades del bloque de ***STEP*** , como se muestra a continuación:

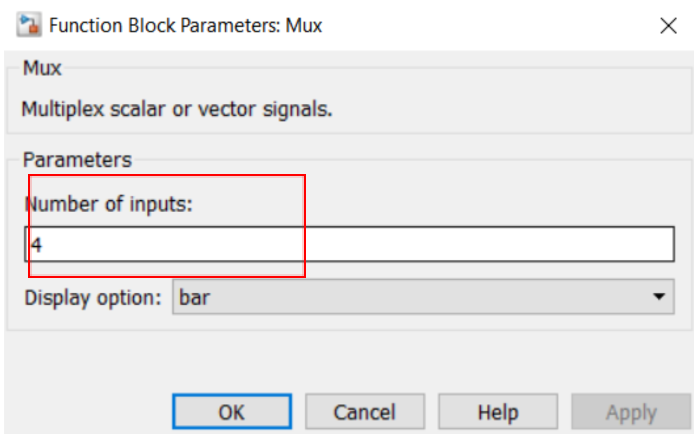


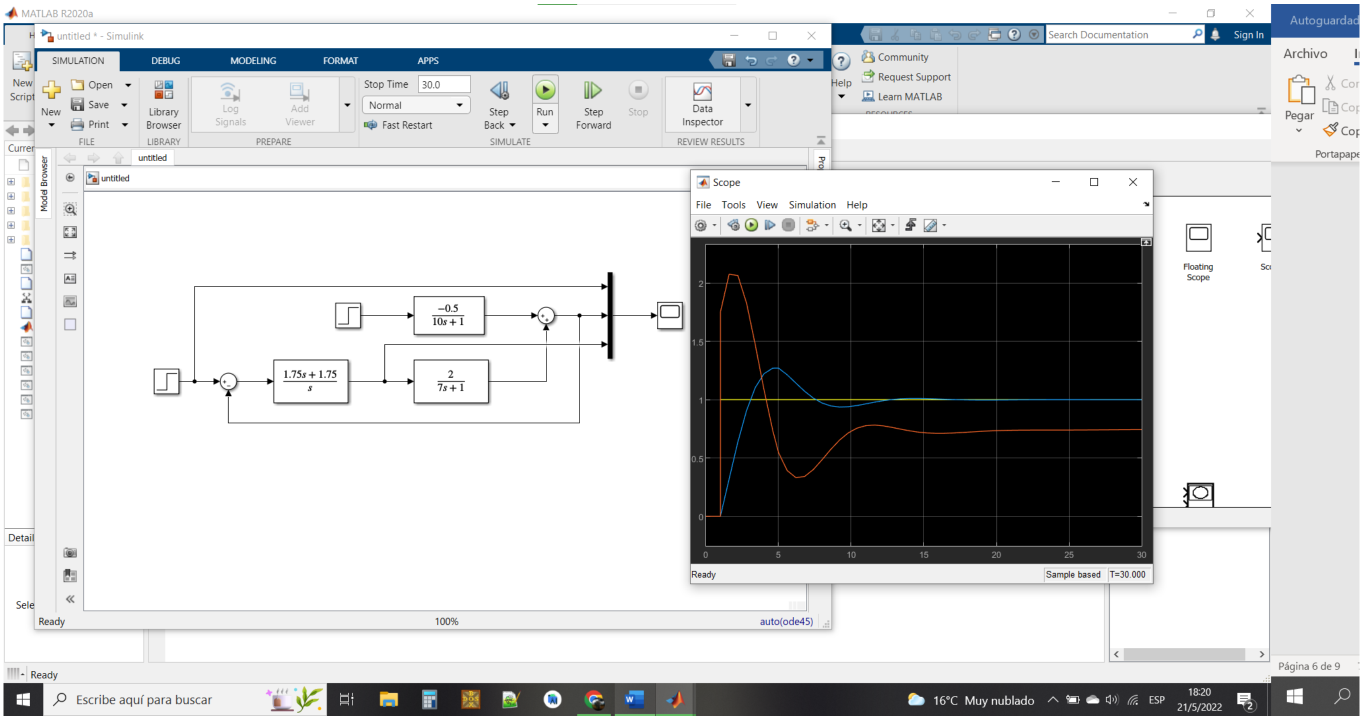


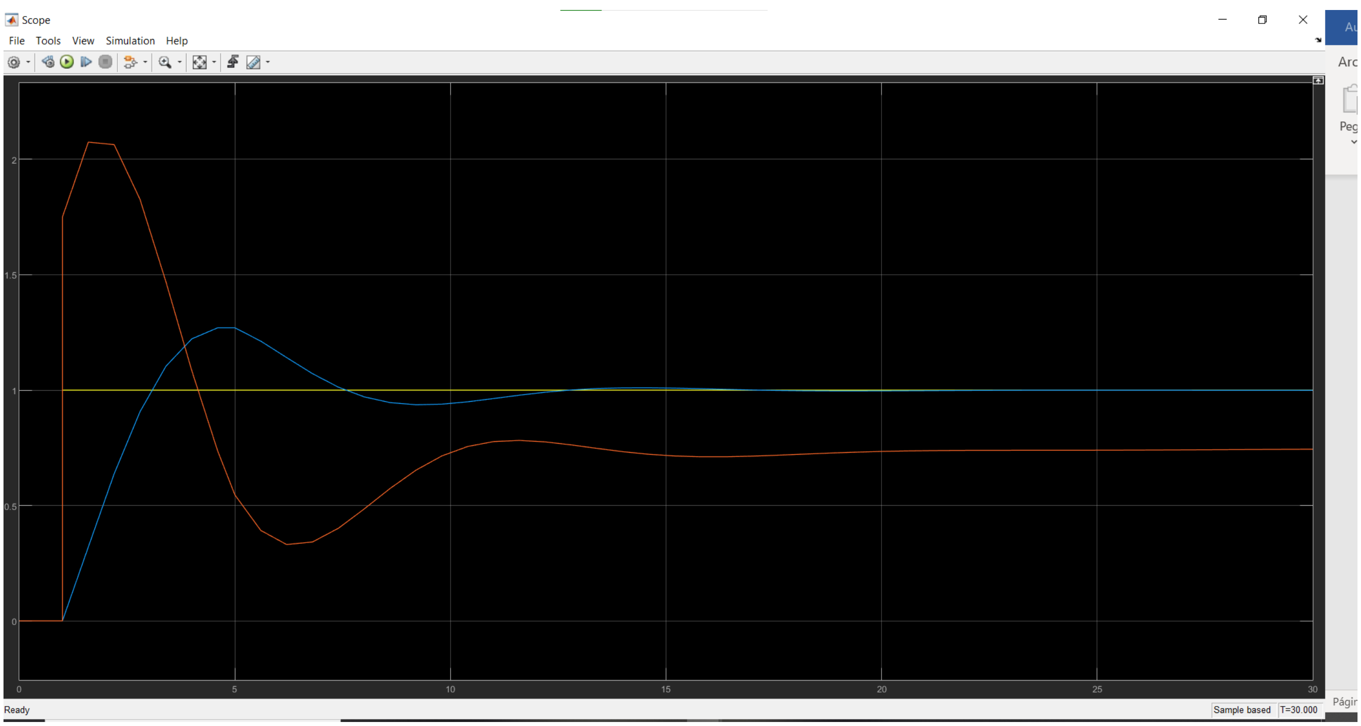
3. El tiempo total de simulación del sistema de control deberá ser de 30 segundos. Grafique los resultados de simulación en Matlab.



4. NOTA: la cantidad de entradas del ***MUX*** se puede modificar dando doble click al icono


Function Block Parameters: Mux
Mux
Multiplex scalar or vector signals.
Parameters
Number of inputs:
4
Display option:
bar
OK
Cancel
Help
Apply


MATLAB R2020a
untitled * - Simulink
SIMULATION
DEBUG
MODELING
FORMAT
APPS
Stop Time 30.0
Normal
Fast Restart
Run
Step Back
Step Forward
Stop
Data Inspector
$\frac{-0.5}{10s+1}$
$\frac{1.75s+1.75}{s}$
$\frac{2}{7s+1}$
Scope
File Tools View Simulation Help
Ready
Sample based T=30.000
100%
auto(ode45)
Floating Scope
Escribe aquí para buscar
16°C Muy nublado
ESP
18:20
21/5/2022


Scope
File Tools View Simulation Help
Ready
Sample based T=30.000

5. Construya el modelo descrito en la figura 3.3, en Simulink, alimentado por un Escalón Unitario que parte del Origen (step time=0). Puede dejar el tiempo de simulación en 30 segundos, no olvide modificar las propiedades del MUX, dándole doble click para obtener 4 entradas.

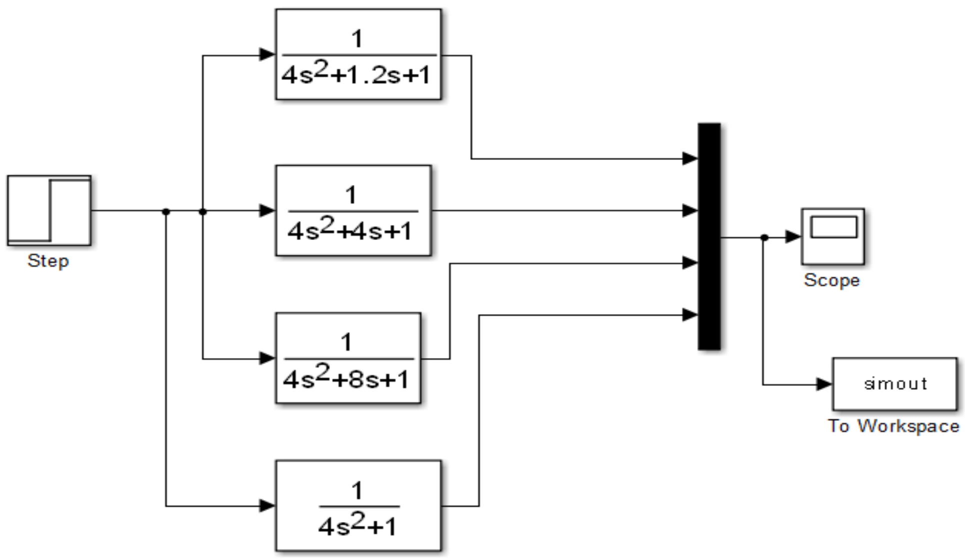
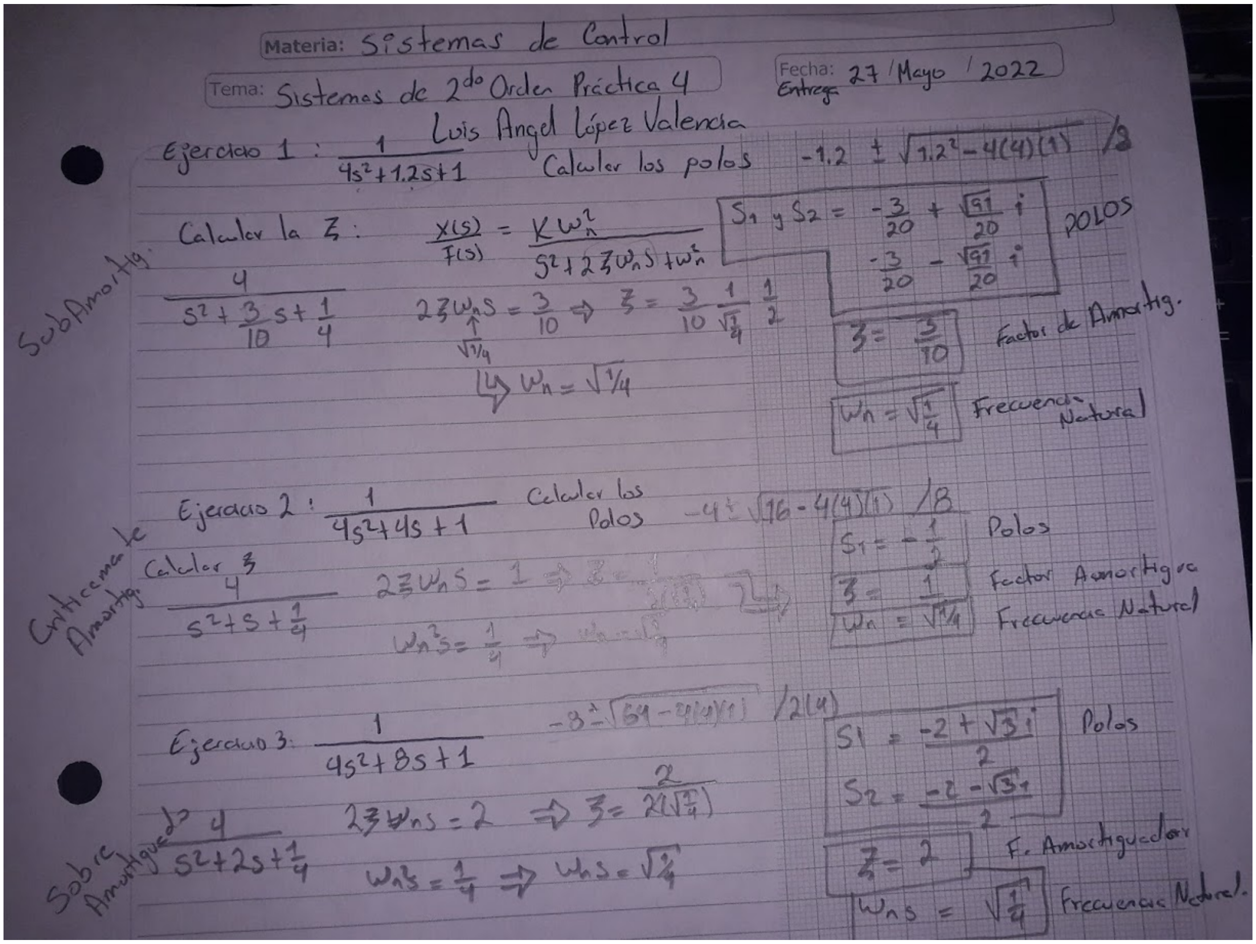


Figura 3.3 Diagramas de Simulink para comparar sistemas de segundo orden

6. Utilice el diagrama de Simulink descrito en el punto anterior para comparar la respuesta de los tres tipos de sistemas de segundo orden ante una entrada escalón unitario , Calcula los ***POLOS***, Calcule el ***"Z"*** el factor de amortiguamiento y la frecuencia natural **Wn,** e identifique si es que corresponde a una respuesta:

   Sub-amortiguada, Sobre-amortiguada, Oscilatoria o Críticamente amortiguada, identificando cada sistema del inciso anterior en la gráfica del SCOPE de Simulink.

   *Anexe cálculos con resultados de los discriminantes



Materia: Sistemas de Control

Tema: Sistemas de 2do Orden Práctica 4

Fecha: Entrega 27 / Mayo / 2022

Luis Angel López Valencia

Ejercicio 1 : $\frac{1}{4s^2+1.2s+1}$ Calcular los polos $-1.2 \pm \sqrt{1.2^2-4(4)(1)}\ /8$

$\boxed{S_1 \text{ y } S_2 = -\frac{3}{20} + \frac{\sqrt{91}}{20}i,\ -\frac{3}{20} - \frac{\sqrt{91}}{20}i}$ POLOS

SubAmortig.

Calcular la ζ : $\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$

$\frac{4}{s^2+\frac{3}{10}s+\frac{1}{4}}$ $2\zeta\omega_n s = \frac{3}{10} \Rightarrow \zeta = \frac{3}{10}\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4}}}\ \frac{1}{2}$

$\omega_n \uparrow \sqrt{1/4}$

$\Rightarrow \omega_n = \sqrt{1/4}$

$\boxed{\zeta = \frac{3}{10}}$ Factor de Amortig.

$\boxed{\omega_n = \sqrt{\frac{1}{4}}}$ Frecuencia Natural

Ejercicio 2 : $\frac{1}{4s^2+4s+1}$ Calcular los Polos $-4 \pm \sqrt{16-4(4)(1)}\ /8$

Criticamente Amortig.

Calcular ζ

$\frac{4}{s^2+s+\frac{1}{4}}$ $2\zeta\omega_n s = 1 \Rightarrow \zeta = \frac{1}{2(\sqrt{\frac{1}{4}})} \Rightarrow$

$\omega_n^2 s = \frac{1}{4} \Rightarrow \omega_n = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{S_1 = -\frac{1}{2}}$ Polos

$\boxed{\zeta = 1}$ Factor Amortigua

$\boxed{\omega_n = \sqrt{1/4}}$ Frecuencia Natural

Ejercicio 3: $\frac{1}{4s^2+8s+1}$ $-8 \pm \sqrt{64-4(4)(1)}\ /2(4)$

$\boxed{S_1 = \frac{-2+\sqrt{3}i}{2},\ S_2 = \frac{-2-\sqrt{3}i}{2}}$ Polos

Sobre Amortiguado

$\frac{4}{s^2+2s+\frac{1}{4}}$ $2\zeta\omega_n s = 2 \Rightarrow \zeta = \frac{2}{2(\sqrt{\frac{1}{4}})}$

$\omega_n^2 s = \frac{1}{4} \Rightarrow \omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{\zeta = 2}$ F. Amortiguador

$\boxed{\omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}}$ Frecuencia Natural.

$\Rightarrow \omega_n = \sqrt{1/4}$

$\boxed{\omega_n = \sqrt{\frac{1}{4}}}$ Frecuencia Natural

Ejercicio 2: $\frac{1}{4s^2+4s+1}$ Calcular los Polos $-4 \pm \sqrt{16-4(4)(1)}\ /8$

Criticamente Amortiguado

Calcular ζ $\frac{4}{s^2+s+\frac{1}{4}}$

$2\zeta\omega_n s = 1 \Rightarrow \zeta = \frac{1}{2(\sqrt{\frac{1}{4}})} \Rightarrow$

$\omega_n^2 s = \frac{1}{4} \Rightarrow \omega_n = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{S_1 = -\frac{1}{2}}$ Polos

$\boxed{\zeta = 1}$ Factor Amortiguador

$\boxed{\omega_n = \sqrt{1/4}}$ Frecuencia Natural

Ejercicio 3: $\frac{1}{4s^2+8s+1}$ $-8 \pm \sqrt{64-4(4)(1)}\ /2(4)$

Sobre Amortiguado

$\frac{4}{s^2+2s+\frac{1}{4}}$

$2\zeta\omega_n s = 2 \Rightarrow \zeta = \frac{2}{2(\sqrt{\frac{1}{4}})}$

$\omega_n^2 s = \frac{1}{4} \Rightarrow \omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{S1 = \frac{-2+\sqrt{3}i}{2} \quad S2 = \frac{-2-\sqrt{3}i}{2}}$ Polos

$\boxed{\zeta = 2}$ F. Amortiguador

$\boxed{\omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}}$ Frecuencia Natural

Ejercicio 4: $\frac{1}{4s^2+1}$

$\boxed{\text{Polos } S_1 = \frac{1}{2}i \quad S_2 = -\frac{1}{2}i}$ Polos

Oscilatorio

$\frac{4}{s^2+\frac{1}{4}}$

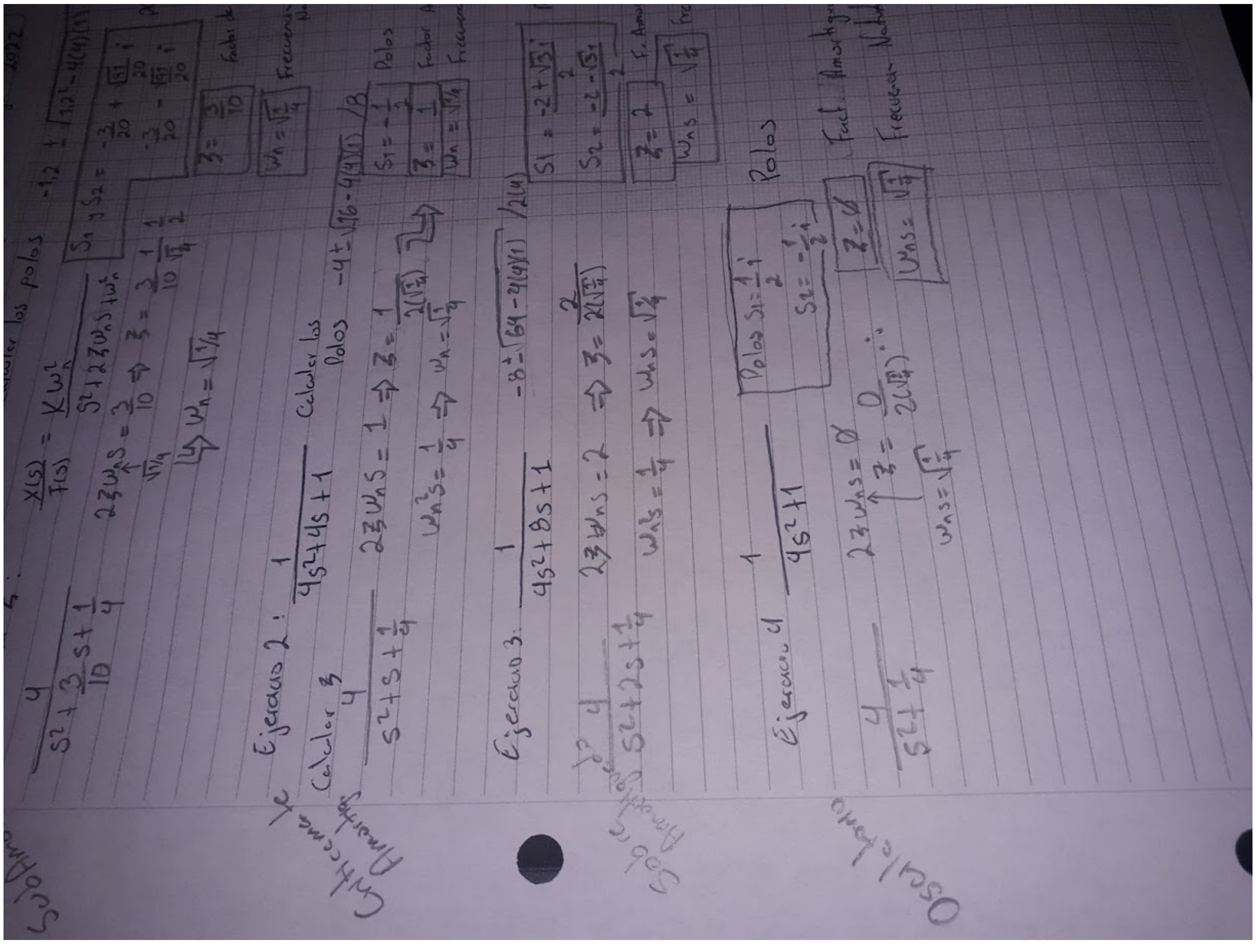
$2\zeta\omega_n s = 0$

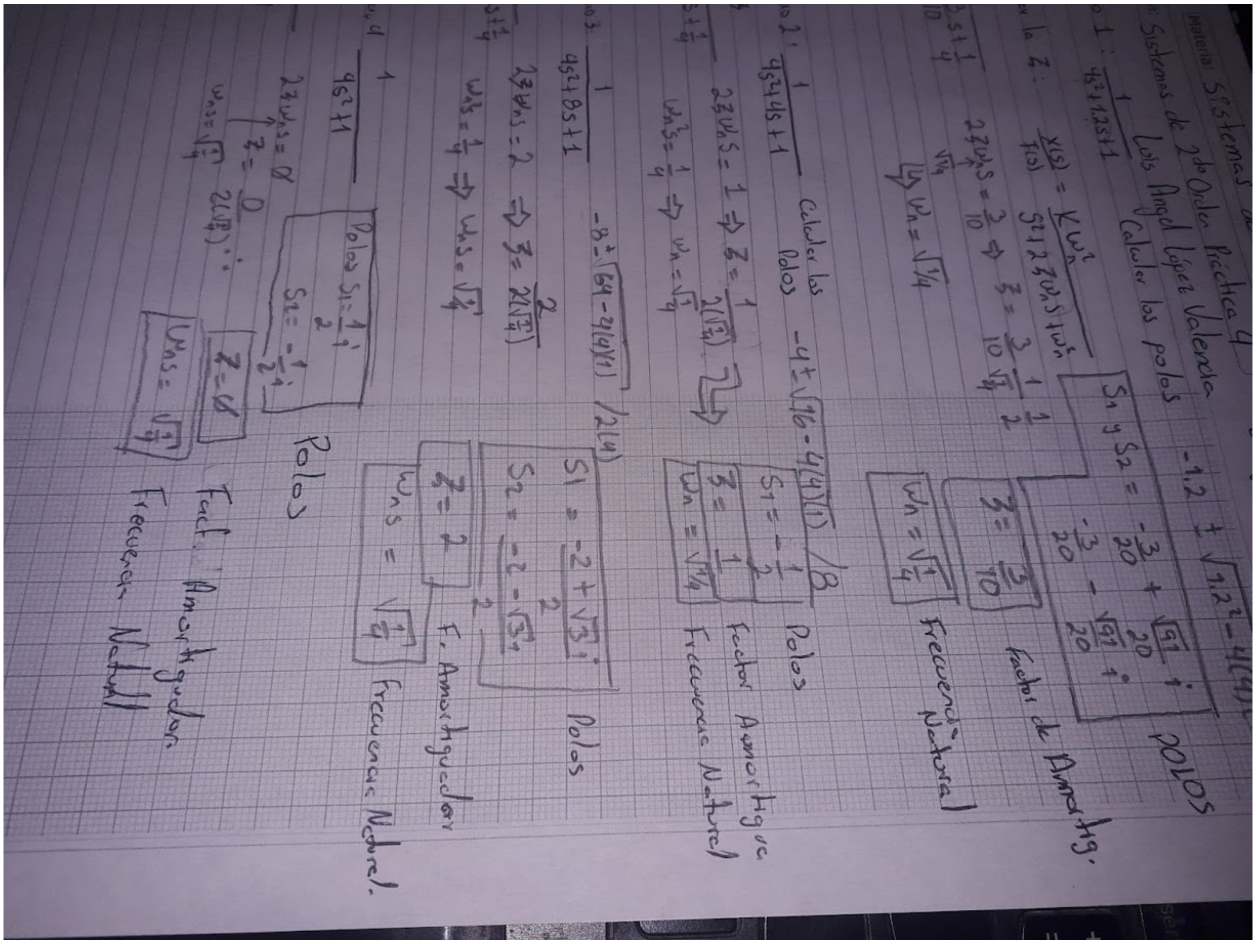
$\zeta = \frac{0}{2(\sqrt{\frac{1}{4}})} \therefore$

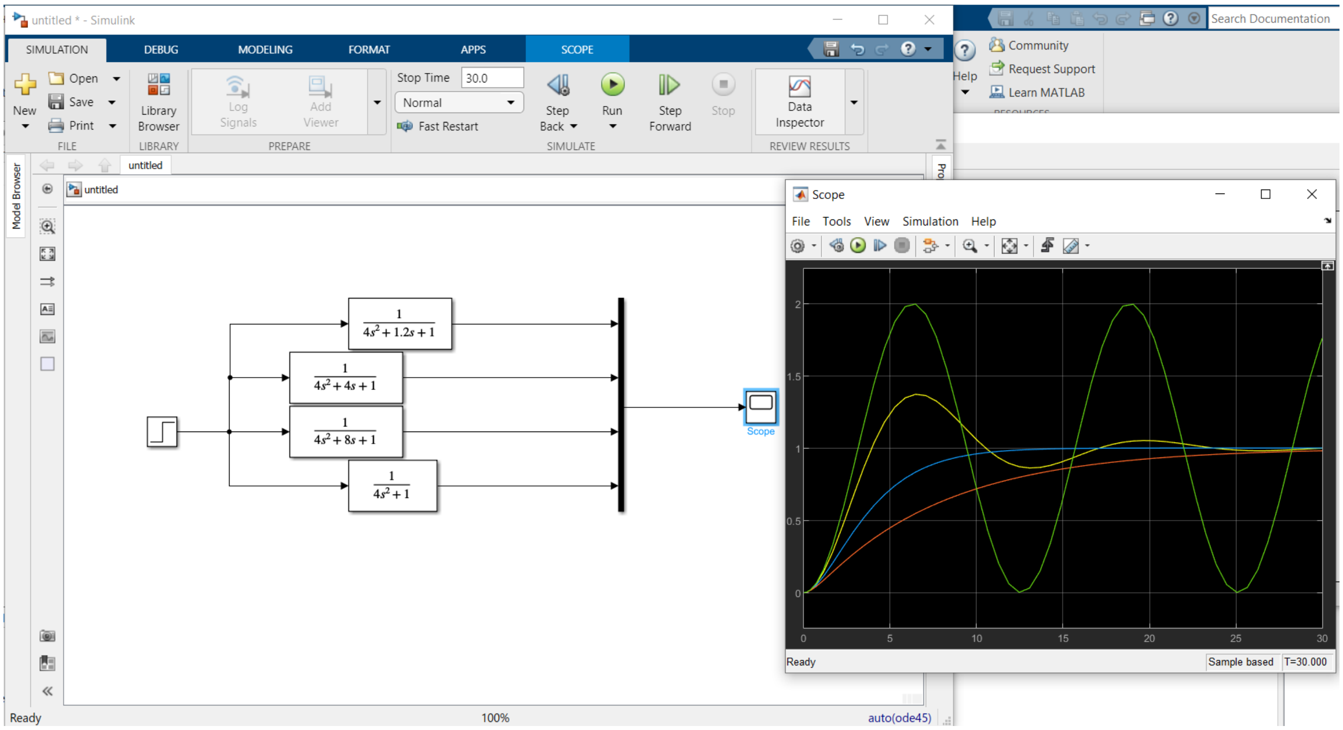
$\omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{\zeta = 0}$ Fact. Amortiguador

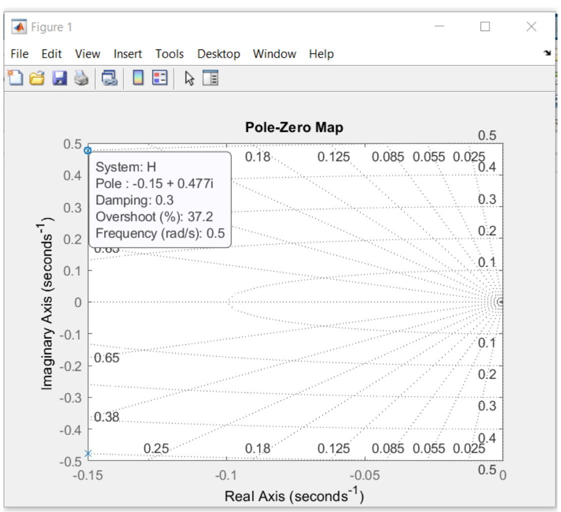
$\boxed{\omega_n s = \sqrt{\frac{1}{4}}}$ Frecuencia Natural

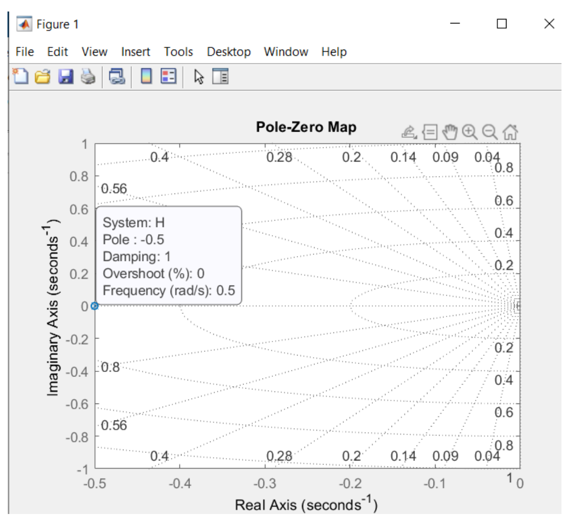

Ejercicio 2:
Calcular los Polos
Ejercicio 3:
Ejercicio 4
Polos
Fact. Amortiguamiento
Frecuencia Natural
Subamortiguado
Críticamente Amortiguado
Sobre Amortiguado
Oscilatorio

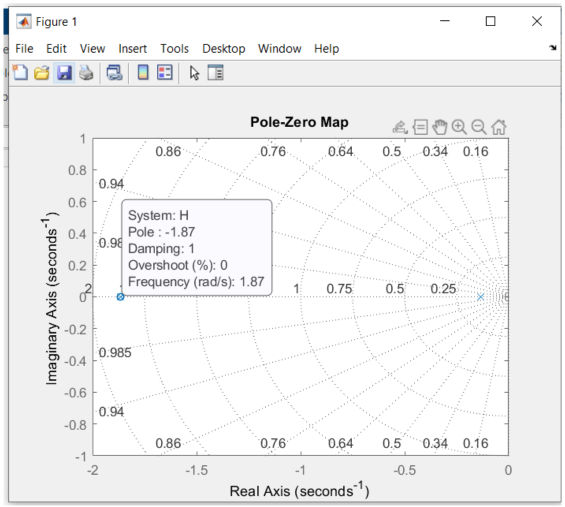

Materia: Sistemas de
Sistemas de 2do Orden Práctica 4
Luis Ángel López Valencia
Calcular los polos
S1 y S2 = -3/20 + √91/20 i
-3/20 - √91/20 i
POLOS
Factor de Amortig.
Frecuencia Natural
Calcular los Polos
Polos
Factor Amortiguador
Frecuencias Natural
Polos
F. Amortiguador
Frecuencias Natural.
Polos
Fact. Amortiguador
Frecuencia Natural

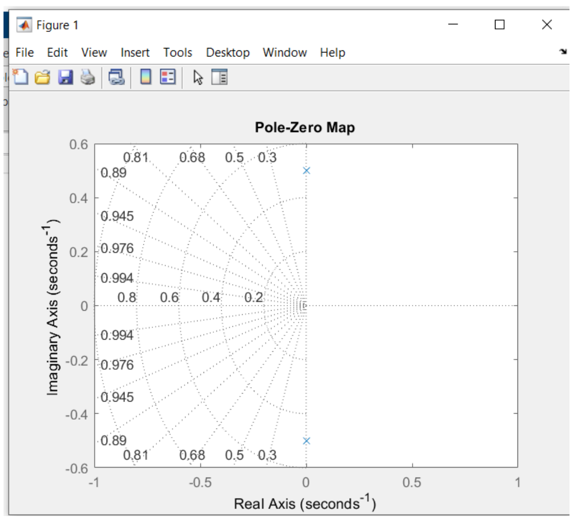


7. Anexe las gráficas utilizando la función ***pzmap()*** de Matalb y compare con sus resultados encontrados. **¿Coinciden los resultados calculados con los simulados? s**

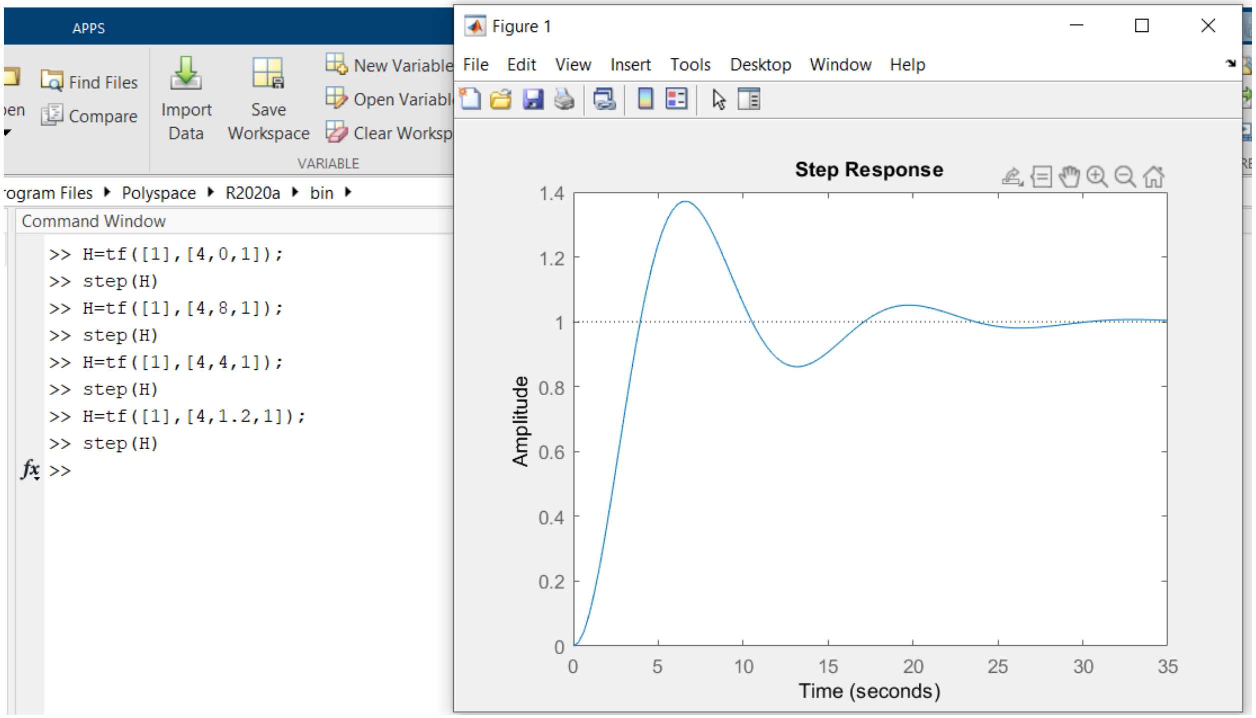


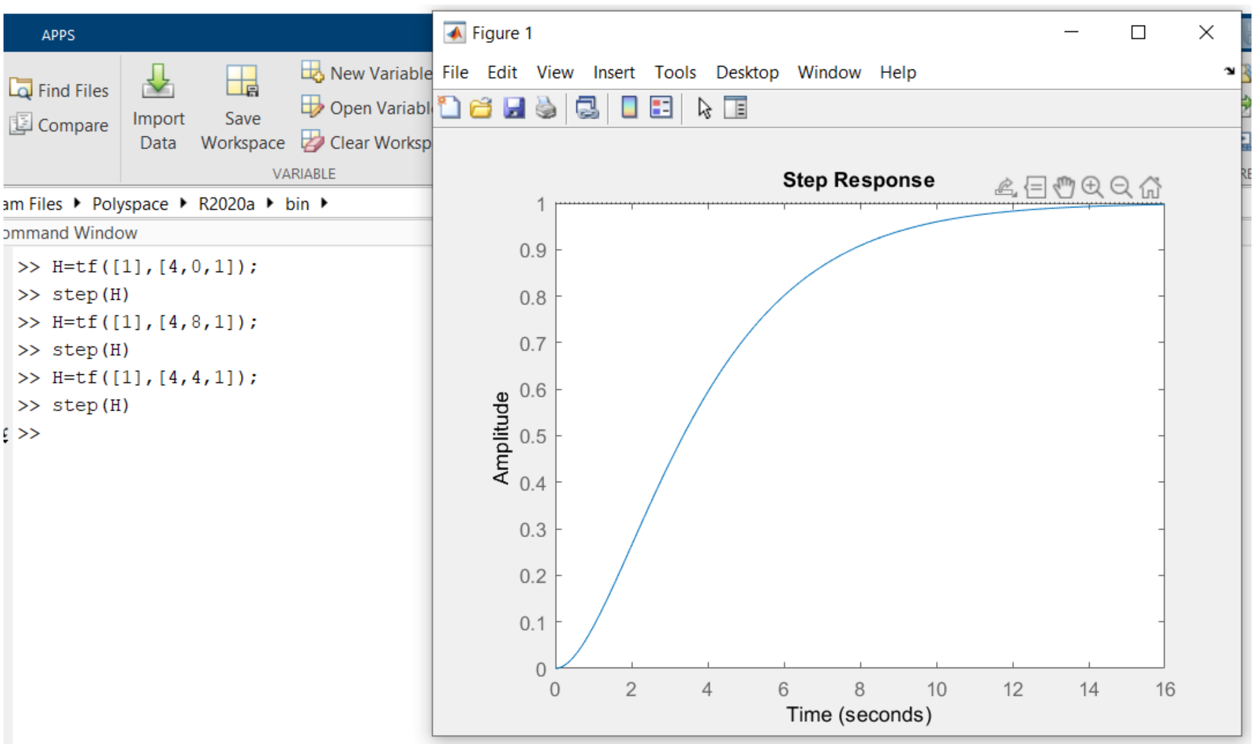


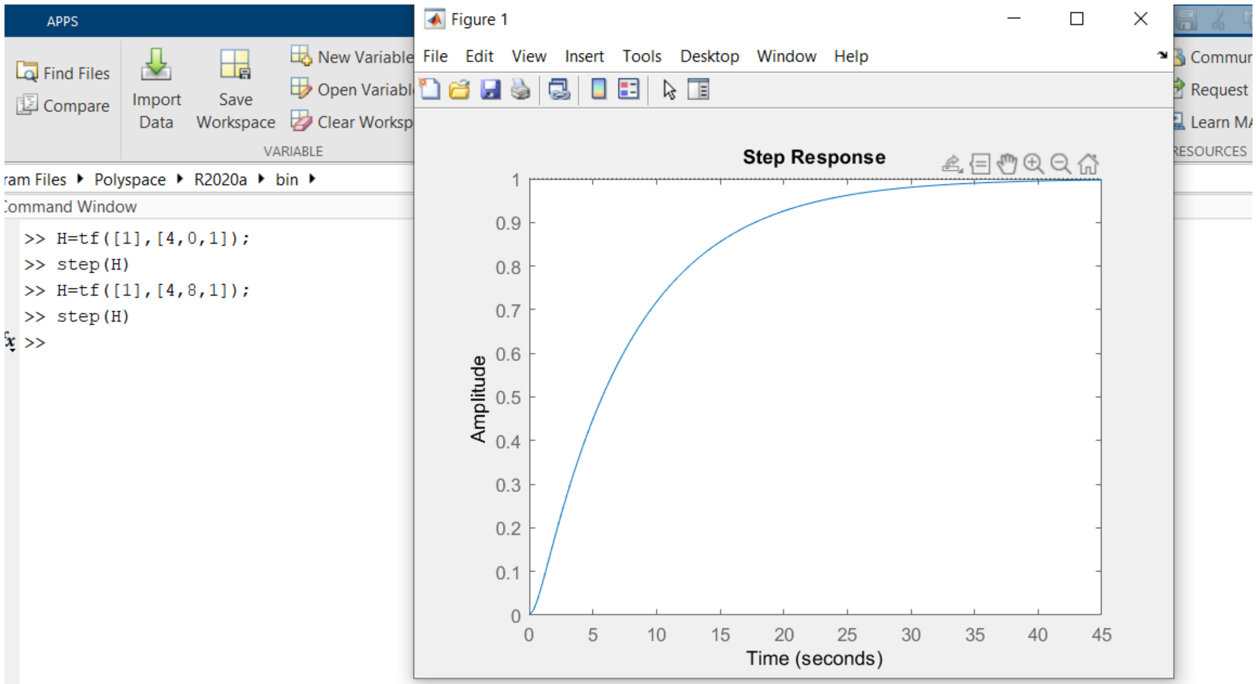


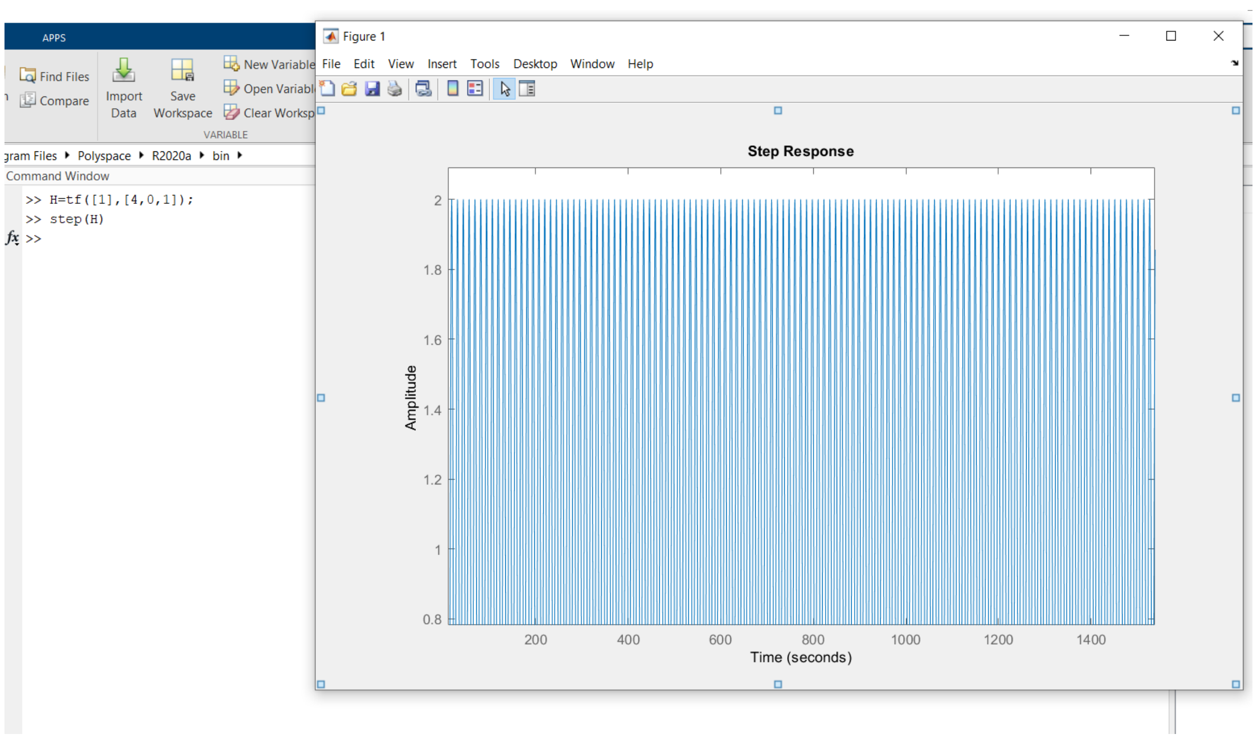


8. Utilizando la función ***step(),*** encuentre la gráfica de Salida con respecto al tiempo para cada uno de los sistemas de la ***figura 3.3***


APPS
Find Files
Compare
Import Data
Save Workspace
New Variable
Open Variabl
Clear Worksp
VARIABLE
ogram Files ▸ Polyspace ▸ R2020a ▸ bin ▸
Command Window
>> H=tf([1],[4,0,1]);
>> step(H)
>> H=tf([1],[4,8,1]);
>> step(H)
>> H=tf([1],[4,4,1]);
>> step(H)
>> H=tf([1],[4,1.2,1]);
>> step(H)
>>
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Step Response
Amplitude
Time (seconds)
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
0 5 10 15 20 25 30 35


APPS
Find Files
Compare
Import Data
Save Workspace
New Variable
Open Variabl
Clear Worksp
VARIABLE
am Files ▸ Polyspace ▸ R2020a ▸ bin ▸
ommand Window
>> H=tf([1],[4,0,1]);
>> step(H)
>> H=tf([1],[4,8,1]);
>> step(H)
>> H=tf([1],[4,4,1]);
>> step(H)
>>
Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
Step Response
Amplitude
Time (seconds)
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
0 2 4 6 8 10 12 14 16





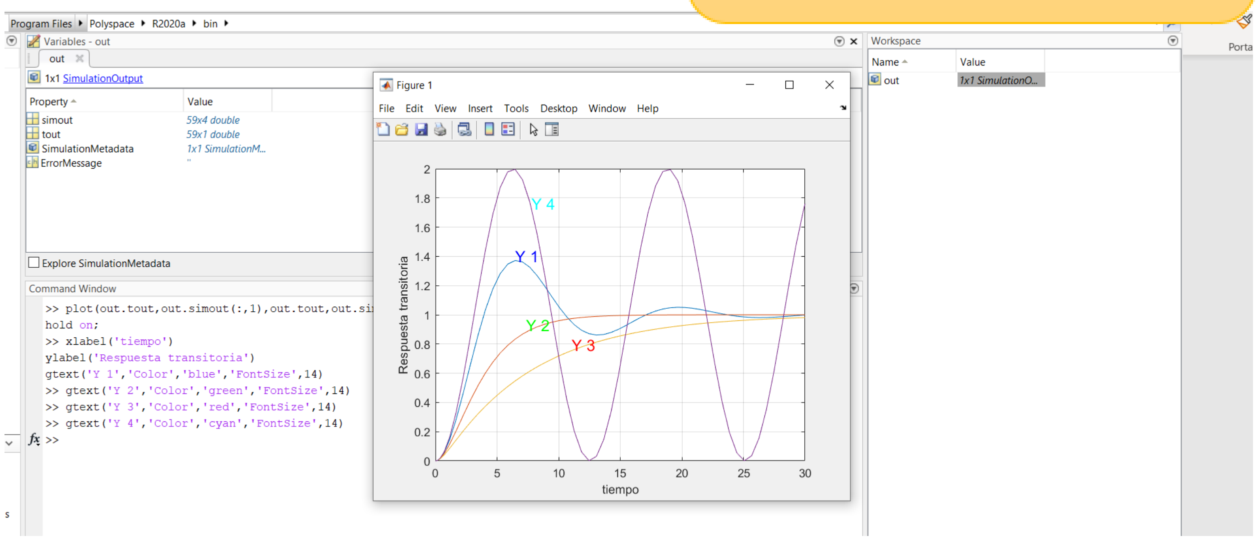
9. Grafique los resultados de la simulación en Matlab, utilizando el siguiente código, pude copiarlo y pegarlo directamente en la pantalla de ***Command Windows*** :

   Explique o Indique que es lo que realiza, si es necesario realice los ajustes pertinentes

Asegúrese de cambiar la configuración del bloque de "SIMOUT" a grabar en modo ARRAY

```
>> plot(tout,simout(:,1),tout,simout(:,2),tout,simout(:,3),tout,simout(:,4));
>> grid on;
>> hold on;
>> xlabel('tiempo')
>> ylabel('Respuesta transitoria')
>> gtext('Y 1','Color','blue','FontSize',14)
>> gtext('Y 2','Color','green','FontSize',14)
>> gtext('Y 3','Color','red','FontSize',14)
>> gtext('Y 4','Color','cyan','FontSize',14)
```

Al usar gtext, Aparecerán unas líneas negras sobre la gráfica, darle click en la posición que quieras que aparezca el texto, de preferencia sobre la gráfica a identificar



10. El diagrama de Simulink de la figura 3.4, muestra la manera de incluir un tiempo muerto a la respuesta del sistema. Compare a respuesta de los sistemas con tiempo muerto de 5 segundos y aumente el tiempo de simulación a 35 o 40 segundos.

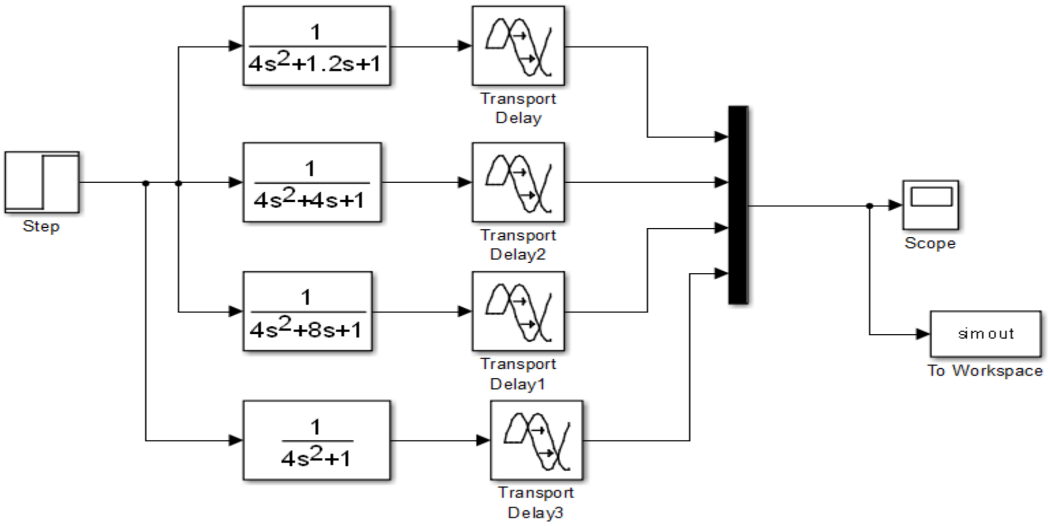
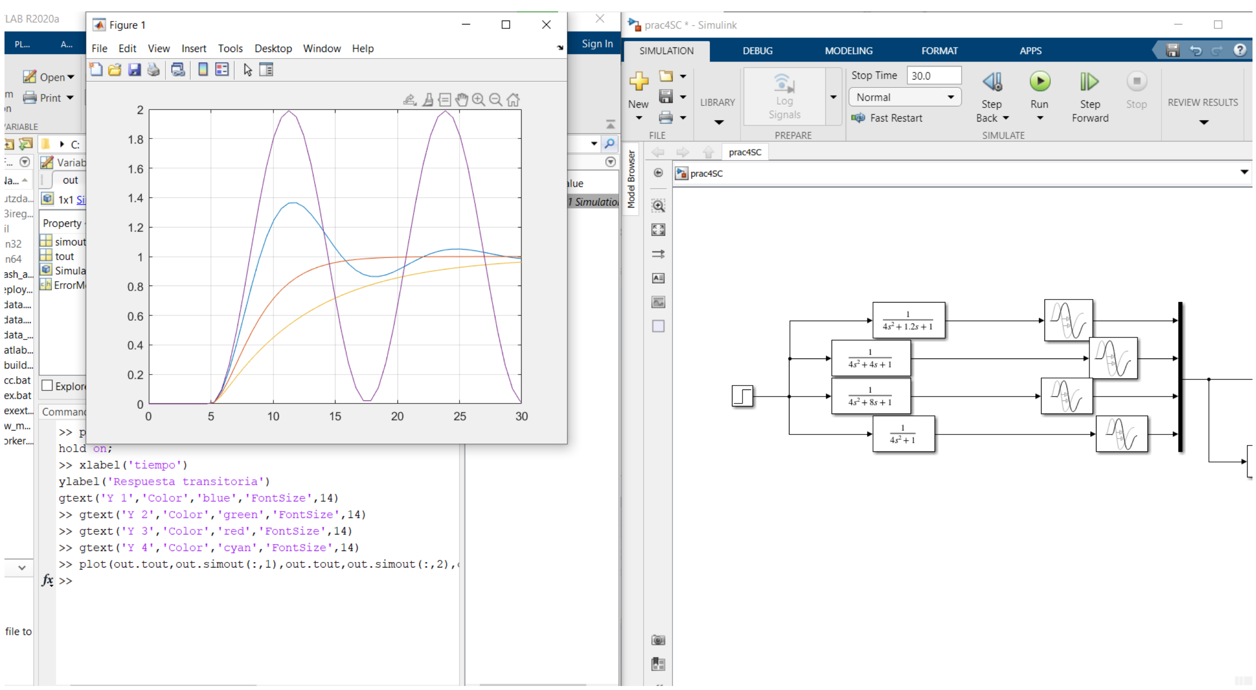
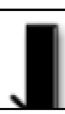
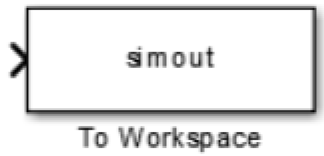
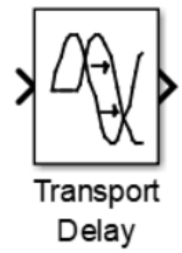


Figura 3.4 Sistema con tiempo murto



NOTAS:

 **MUX multiplexor**	**SIMOUT**	**TRANSPORT DELAY**

Dentro del menú de los **“USADOS COMÚNMENTE”** (tu puedes modificar la cantidad de entradas al accesar a las propiedades del MUX, dando doble click al icono) Multiplexa las señales de entrada en una señal de salida, donde se puede configurar el número de señales de entrada	 Dentro del menú “**SINKS**” Permite transferir los resultados de la simulación al espacio de trabajo de Matlab. Puede configurarse el nombre de la variable y su tipo. Recuerda cambiar el modo de grabado a “ARREGLO” para que puedas manipular los datos en el WORKSPACE	 Dentro del menú de los elementos “CONTINUOS” Aplica un retardo especifico a una señal de entrada

Conclusiones:

Utilizando lo aprendido en clase pude analizar de forma práctica y simulada cómo se comportan las señales de segundo orden, cuales son los elementos que las caracterizan y cómo identificarlas de una forma sencilla a partir de la Función de transferencia que tenga, también es posible calcular sus valores por medio de un diagrama de polos y ceros. Solo se deben de despejar las formulas para obtener los factores de amortiguación, frecuencia natural y los valores de la frecuencia natural amortiguada.

Bibliografía:

https://www.mathworks.com/help/simulink/slref/sim.html

https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/480272-simout-does-not-produce-the-timeseries-data?s_tid=ta_ans_results

https://www.mathworks.com/help/control/ref/lti.step.html