ISTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

INGENIERIA DE CONTROL CLASICO

DOCENTE:
ING. BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA

ACTIVIDAD:
PRACTICA U3 SIMULACIONES
(MATLAB - SIMULINK-SIMSCAPE).

ALUMNO:
MORALES HERNANDEZ RODOLFO JARED 191UO135
TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN 191U0153

GRADO:
802 B

SAN ANDRÉS TUXTLA VER. A 24 DE MAYO 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

LISTA DE COTEJO: ***USO DE SOFTWARE Y REPORTE DE LA SIMULACIÓN 50%***					
INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO					
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA					
DOCENTE: Blanca N. Rios Ataxca		FECHA:		GRUPO: 802	
DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN					
NOMBRE DEL ALUMNO(A TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN - MORALES HERNANDEZ ODOLFO JARED					
No. CONTROL **191U0153-191UO135**					
NOMBRE Y No. DE LA PRACTICA:					
INSTRUCCIONES					
Revisar las actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” indicaciones que puedan ayudar al alumno a saber cuáles son las condiciones no cumplidas, si fuese necesario.					
VALOR DEL REACTIVO %	**CTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)**	**CUMPLE**			**OBSERVACIONES**
		SI	**NO**	**%REAL**	
1	El trabajo contiene hoja de presentación con los datos del alumno: nombre completo, número de control, materia, nombre del tema o práctica, carrera. Letra Arial, 11.	✓			
2	Considera las características apropiadas del equipo de cómputo para la ejecución del software. (Instalación y manejo)	✓			
2	Identifica el software que va utilizar para desarrollar las actividades (diagramas, ejercicios, etc.) y los elementos de este.	✓			
5	Selecciona adecuadamente las herramientas del software para elaborar diagramas, secuencias, etc.	✓			
6	Desarrolla adecuadamente las etapas del diagrama, ejercicio, programa, etc. y presenta el resultado como un diagrama de sistemas eléctricos, electrónicos o mecánicos.	✓			
6	Registra adecuadamente las observaciones durante la realización de la práctica. En los apartados de desarrollo y conclusiones describe con sus palabras la actividad realizada.	✓			
6	Concluye la ejecución de su práctica obteniendo los resultados esperados. Estos los registra en el reporte, respondiendo las preguntas que les hacen.	✓			
4	Refuerza los resultados colocando las gráficas obtenidas y describiendo el significado de las mismas.	✓			
6	Elabora el reporte de la práctica realizada en el software sugerido En caso de no contar con software enviar imagen legible de su actividad en libreta de apuntes u hojas limpias con el desarrollo descrito ampliamente en el reporte.	✓			
6	Entrega un archivo electrónico: **No. Practica_apellido**				
2	Guarda disciplina y respeto durante el desarrollo de la práctica.	✓			
4	Puntualidad al desarrollar la actividad y en la entrega de la misma.				
50%	**CALIFICACIÓN**				43

ASIGNATURA	INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO	ING. ELECTROMECÁNICA	
DOCENTE	BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA		
UNIDAD DE APRENDIZAJE.	Modelado de sistemas dinámicos	No.	UNIDAD 2
NOMBRE DE LA PRACTICA	SIMULACIÓN DE MODELOS ELECTRICOS Y MECÁNICOS EN SIMULINK		
ALUMNOS PARTICIPANTES/No. CONTROL	MORALES HERNANDEZ ODOLFO JARED 191UO135 TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN 191U0153		
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	El alumno IDENTIFICARÁ las características de la herramienta Simulink para la representación de modelos eléctricos – mecánicos, MANEJARÁ de forma correcta el software y obtendrá RESULTADOS gráficos que se interpretarán para determinar el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo.		
ESCENARIO	Centro de computo __2__ HRS DURACIÓN		
REPORTE DE PRÁCTICAS			
MATERIALES, HERRAMIENTAS, INSTRUMENTAL, MAQUINARIA Y/O EQUIPO EMPLEADOS	-Guía de práctica -Software Matlab Simulink -Herramienta Simmechanics		
INTRODUCCIÓN	No cabe duda de que las matemáticas son la herramienta imprescindible para el estudio de cualquier sistema físico. A la hora de abordar cualquier análisis o diseño del mismo, será previamente necesario elaborar un modelo matemático que se ajuste lo más fielmente al sistema real a estudiar, utilizando para ello las leyes físicas aplicables de que dispongamos o, en su defecto, resultados experimentales debidamente tratados. Generalmente, lo que obtendremos serà un conjunto de ecuaciones diferenciales (no necesariamente lineales ni invariantes en el tiempo). Que podremos tratar mediante alguno de los métodos ya conocidos: ➢ Usando las Funciones de Transferencia (solamente si el sistema es lineal e invariante con el tiempo). ➢ Utilizando las Ecuaciones de Estado (que también pueden aplicarse a los sistemas no lineales). Con ello SIMULINK nos ayudara a entender un poco mas esto.SIMULINK es una toolbox especial de MATLAB que sirve para simular el comportamiento de los sistemas dinámicos. Puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y sistemas híbridos de todos los anteriores. Es un entorno gráfico en el cual el modelo a simular se construye clicando y arrastrando los diferentes bloques que lo constituyen. Los modelos SIMULINK se guardan en ficheros con extensión *.mdl. Los elementos básicos que se utilizan para representar sistemas mecánicos son los resortes, amortiguadores y masas. Los resortes re- presentan la rigidez del sistema; los amortiguadores, las fuerzas que se oponen al movimiento, es decir, los efectos de fricción o amortiguamiento, y las masas, la inercia o resistencia a la aceleración. En realidad el sistema mecánico no tiene que estar hecho de resortes, amortiguadores y masas, sino poseer las propiedades de rigidez, amortiguamiento e inercia. En estos elementos unitarios		

	se puede considerar que la entrada es una fuerza, y la salida un desplazamiento.A esto se realizara la practica siguente La teoría de sistemas dinámicos es la base misma de casi cualquier tipo de modelos basados en reglas de sistemas complejos. Considera que los sistemas de demostración cambian con el tiempo, no solo las propiedades estáticas de las observaciones. Un *sistema dinámico* es un sistema cuyo estado se especifica de manera única por un conjunto de variables y cuyo comportamiento se describe mediante reglas predefinidas. **Simulación de Sistemas Dinámicos** Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo. Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual (por ejemplo, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables que describen el sistema dinámico). Se utiliza software de simulación para simular el comportamiento de sistemas representados por modelos matemáticos. La evolución en el tiempo de un sistema dinámico se simula calculando los valores de los estados del sistema dinámico en cada paso de la simulación mediante la utilización de algoritmos de resolución numéricos basados en tiempo o en eventos. El software de simulación normalmente incluye herramientas de visualización para examinar la evolución de los estados del sistema dinámico durante la ejecución de la simulación. Los ingenieros y científicos emplean software de simulación por varios motivos: • A menudo es más fácil, más económico o más seguro crear y simular un modelo matemático de un sistema real que crear y probar un prototipo físico. • Si el sistema físico aún no está disponible, es posible modelizarlo con mayor o menor fidelidad como un sistema dinámico, que se podrá simular para explorar diferentes opciones de diseño. • Si se diseña software de control para dispositivos físicos, y una vez esté disponible el sistema real, es posible reducir el esfuerzo dedicado a pruebas con dichos dispositivos gracias al trabajo previo realizado con los modelos matemáticos.
DESARROLLO	a) Identifique el modelo a reproducir en el software con ayuda de la guía para el script y verifique la Función de Transferencia del sistema y sus elementos: $m\frac{d^2y}{dt}+f\frac{dy}{dt}+ky-x(t)=0$ Ec. (1) $G(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}=\frac{1}{ms^2+bs+k}$ b) De acuerdo con los resultados obtenidos, en el reporte coloque las gráficas obtenidas e interprete las características de la señal de salida. Indique si el sistema es estable, inestable o críticamente estable. Este es un sistema de segundo orden,

por lo cual se presentan 3 casos para analizar, dependiendo de los valores que tomen m, b y k; estos valores puede asignarlos de forma arbitraria. Recuerde que el polinomio del denominador es también la ecuación característica, por lo tanto, se puede expresar como la ecuación 2 y calcular las raíces para determinar de forma directa los polos:

$$s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - mk}}{2m} \ldots\ldots (2)$$

La siguiente expresión relaciona el comportamiento de un sistema de segundo orden de acuerdo con el valor de las raíces obtenidas, se relaciona con el factor de amortiguamiento y la frecuencia natural:

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad \ldots\ldots(3)$$

$$\omega_n = frecuencia\ natural$$
$$\zeta = coeficiente\ o\ factor\ de\ amortiguamiento$$

Entonces, el comportamiento del sistema con base en la posición de los polos:

$\zeta < 0$ *Sistema inestable*
$\zeta = 0$ *Sistema marginalmente estable*
$\zeta = 1$ *Sistema críticamente amortiguado*
$\zeta > 1$ *Sistema sobreamortiguado*
$0 < \zeta < 1$ *Sistema con oscilaciones amortigadas*

c) Se proponen 3 casos de análisis para los cuales deberá asignar los valores siguientes, utilice Matlab o el software de su consideración para obtener los polos, grafique en el plano complejo y aplique funciones de entrada, por ejemplo, escalón unitario e impulso en cada caso:

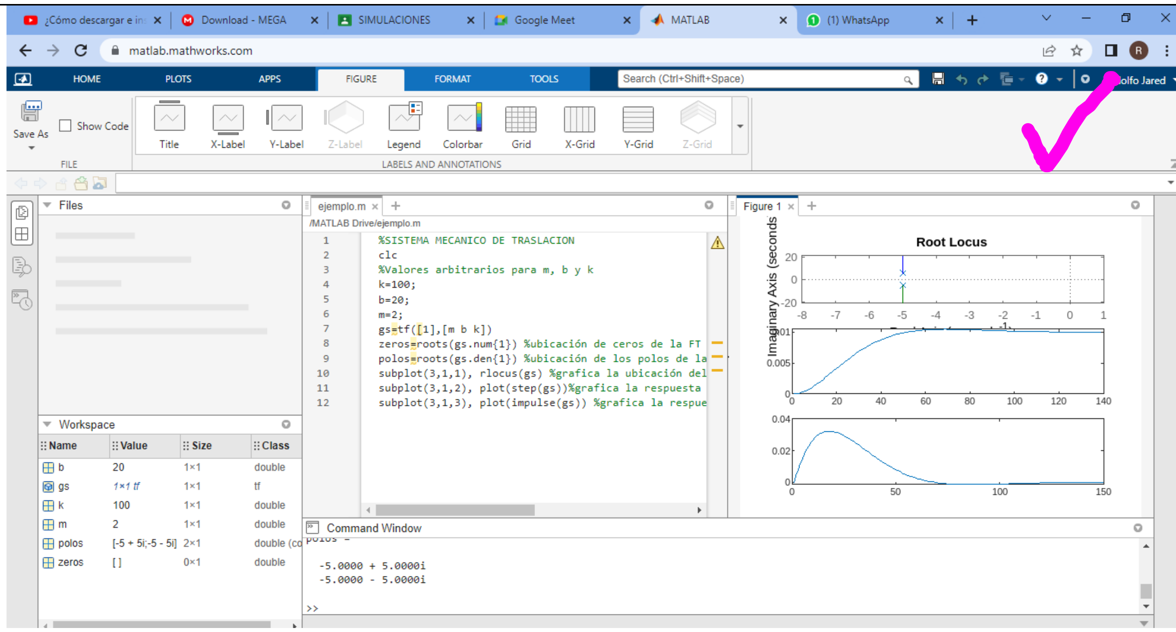
1. Las constantes m= 0.25; b= 0.5 y k=1.
2. Las constantes m= 2.5; b= 0.5 y k=1.
3. Las constantes m= 0.25; b= 0.05 y k=1.
4. Las constantes m= 0.25; b= 0.05 y k=1.

d) En cada caso, deberá reportar las gráficas de los polos y ceros (si los hay), así como indicar el tipo de estabilidad del sistema, acompañando con las gráficas de la respuesta ante la función de entrada escalón e impulso.

RESULTADOS

Valores: k=100,b=20 y m=2

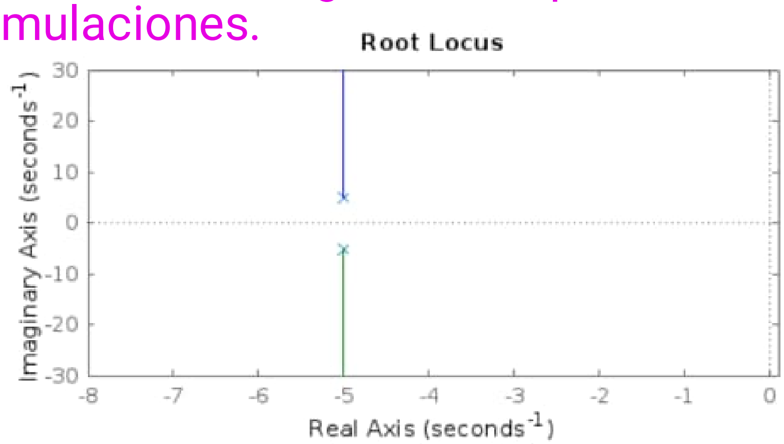
```
%SISTEMA MECANICO DE TRASLACION
clc
%Valores arbitrarios para m, b y k
k=100;
b=20;
m=2;
gs=tf([1],[m b k])
zeros=roots(gs.num{1}) %ubicación de ceros de la FT
polos=roots(gs.den{1}) %ubicación de los polos de la FT
subplot(3,1,1), rlocus(gs) %grafica la ubicación del lugar  de las raíces
subplot(3,1,2), plot(step(gs))%grafica la respuesta del  sistema ante una
función escalón unitario (step)
subplot(3,1,3), plot(impulse(gs)) %grafica la respuesta  del sistema ante una
función impulso
```

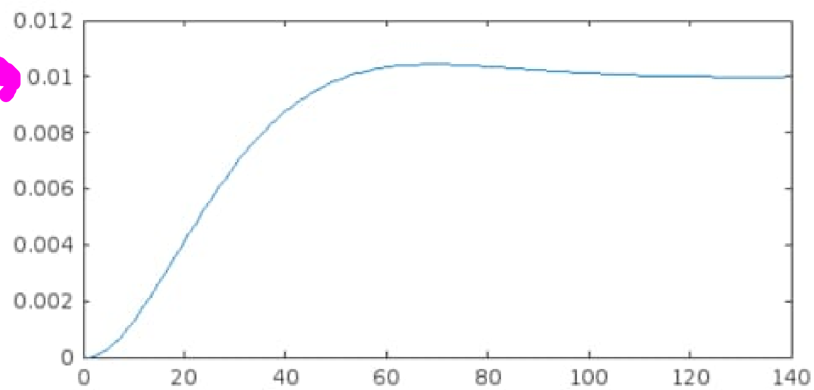


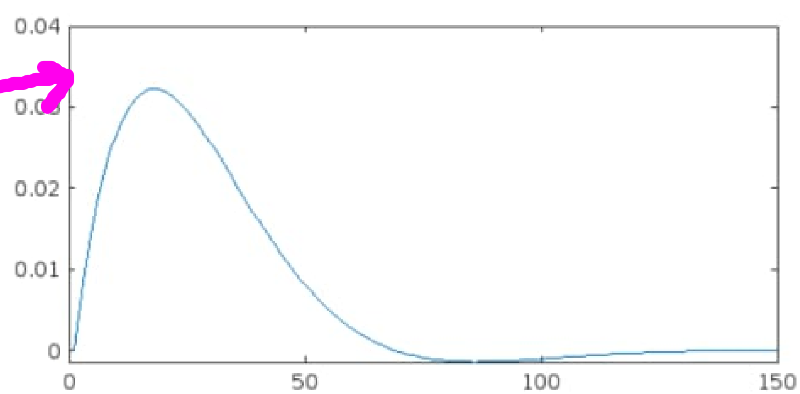

```
gs =

           1
  ------------------
  2 s^2 + 20 s + 100

Continuous-time transfer function.
Model Properties

zeros =

  0×1 empty double column vector


polos =

  -5.0000 + 5.0000i
  -5.0000 - 5.0000i
```

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

Describa las gráficas que obtuvieron en las simulaciones.





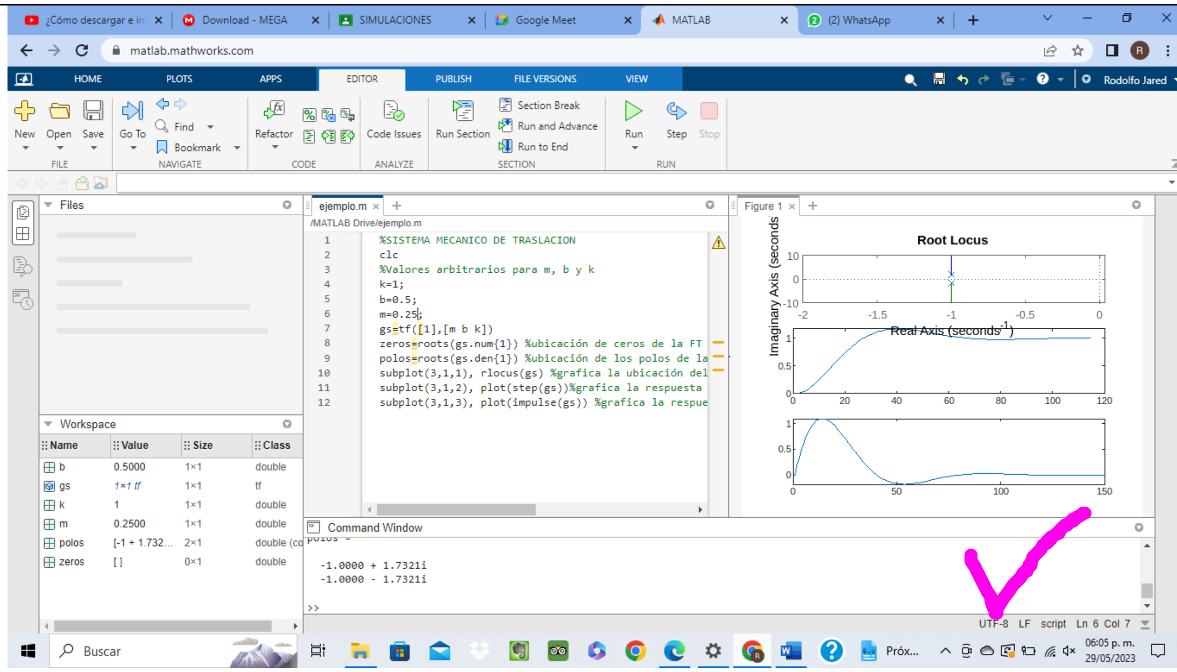


Espacio de trabajo

Nombre	Valor	Tamaño
b	20	1×1
gs	1×1 tf	1×1
k	100	1×1
m	2	1×1
polos	[-5 + 5i;-5 - 5i]	2×1
zeros	[ ]	0×1

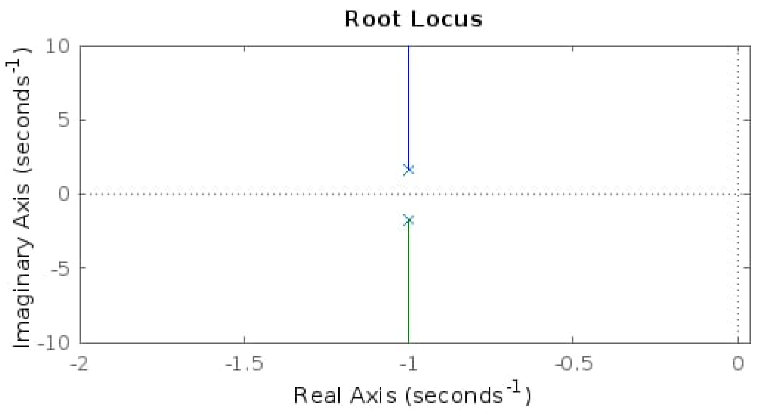
Las constantes m= 0.25; b= 0.5 y k=1.

```
%SISTEMA MECANICO DE TRASLACION
clc
%Valores arbitrarios para m, b y k
k=1;
b=0.05;
m=0.25;
gs=tf([1],[m b k])
zeros=roots(gs.num{1}) %ubicación de ceros de la FT
polos=roots(gs.den{1}) %ubicación de los polos de la FT
subplot(3,1,1), rlocus(gs) %grafica la ubicación del lugar  de las raíces
subplot(3,1,2), plot(step(gs))%grafica la respuesta del  sistema ante una
función escalón unitario (step)
subplot(3,1,3), plot(impulse(gs)) %grafica la respuesta  del sistema ante una
función impulso
```

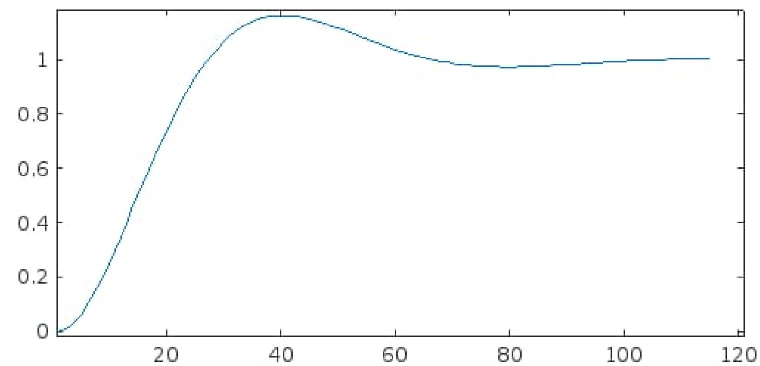


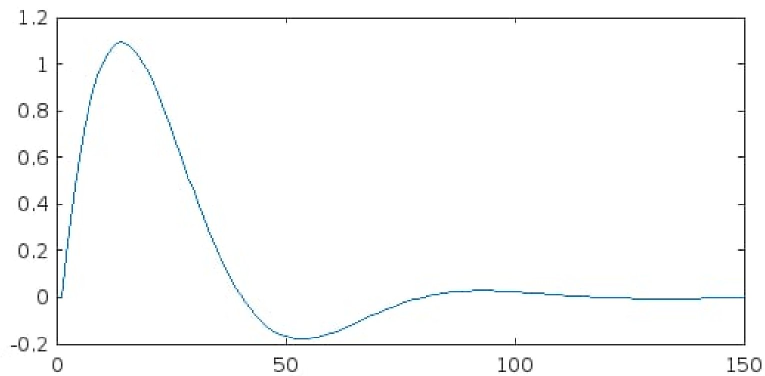

```
gs =

            1
  --------------------
  0.25 s^2 + 0.5 s + 1

Continuous-time transfer function.
Model Properties

zeros =

  0×1 empty double column vector


polos =

  -1.0000 + 1.7321i
  -1.0000 - 1.7321i
```

Nombre	Valor	Tamaño
b	0.5000	1×1
gs	1×1 tf	1×1
k	1	1×1
m	0.2500	1×1
polos	[-1 + 1.7321...	2×1
zeros	[ ]	0×1



?

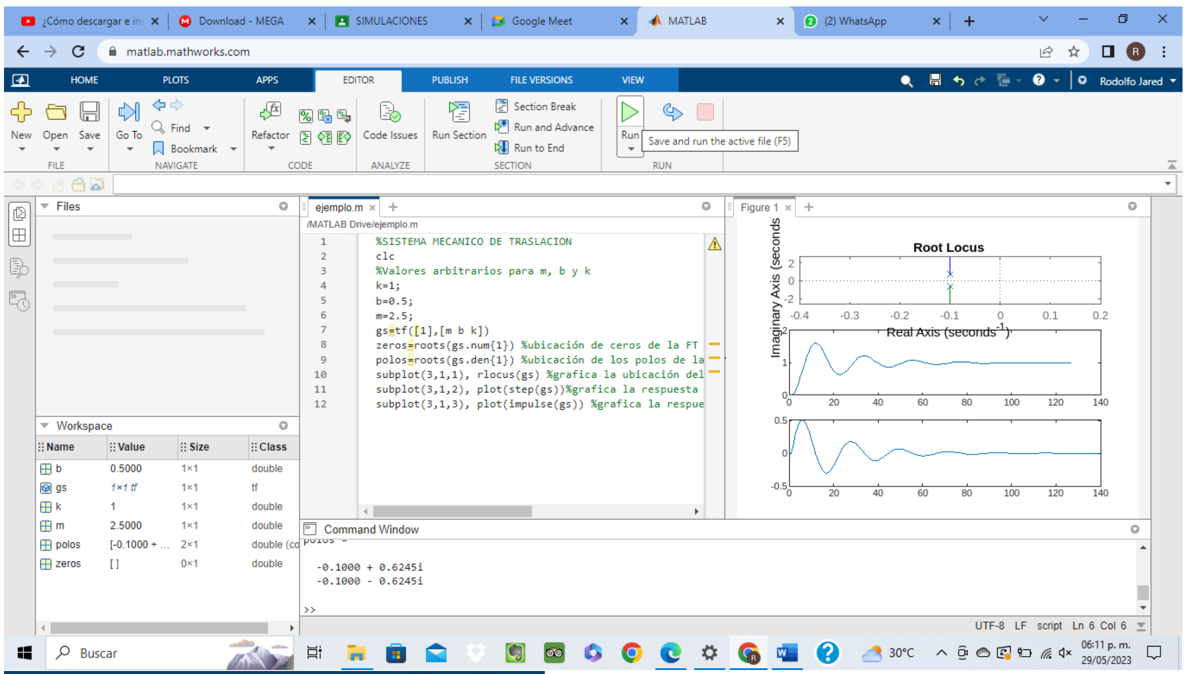


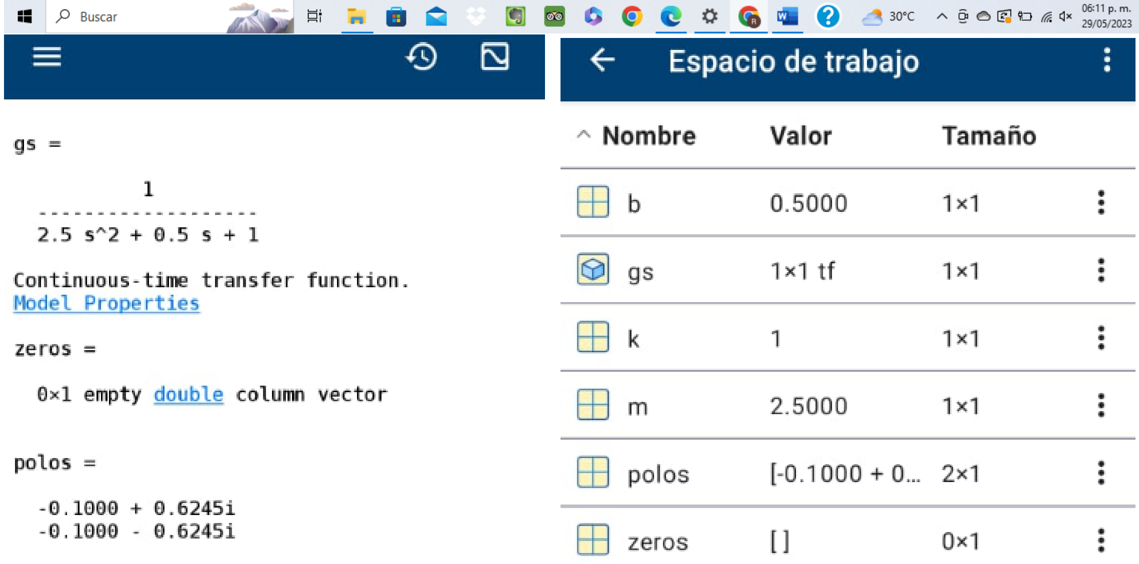


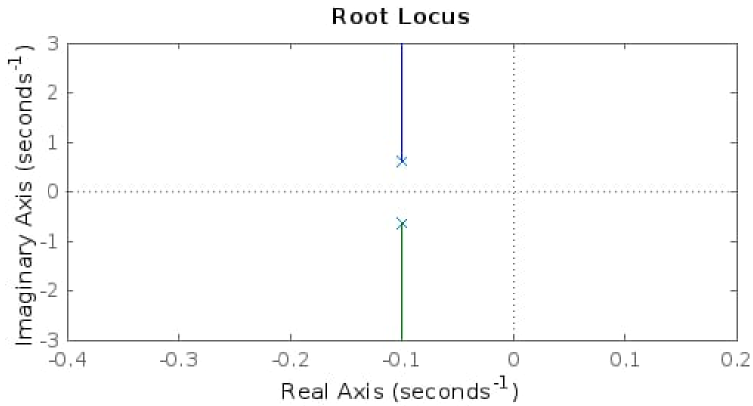
Las constantes m= 2.5; b= 0.5 y k=1.

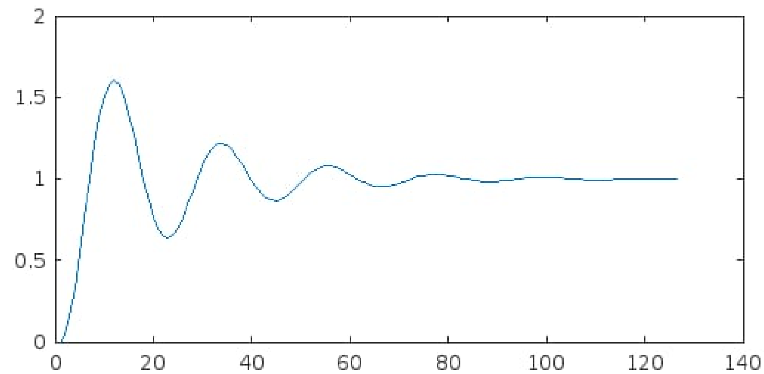
```
%SISTEMA MECANICO DE TRASLACION
clc
%Valores arbitrarios para m, b y k
k=1;
b=0.5;
```

```
m=2.5;
gs=tf([1],[m b k])
zeros=roots(gs.num{1}) %ubicación de ceros de la FT
polos=roots(gs.den{1}) %ubicación de los polos de la FT
subplot(3,1,1), rlocus(gs) %grafica la ubicación del lugar  de las raíces
subplot(3,1,2), plot(step(gs))%grafica la respuesta del  sistema ante una función escalón unitario (step)
subplot(3,1,3), plot(impulse(gs)) %grafica la respuesta  del sistema ante una función impulso
```

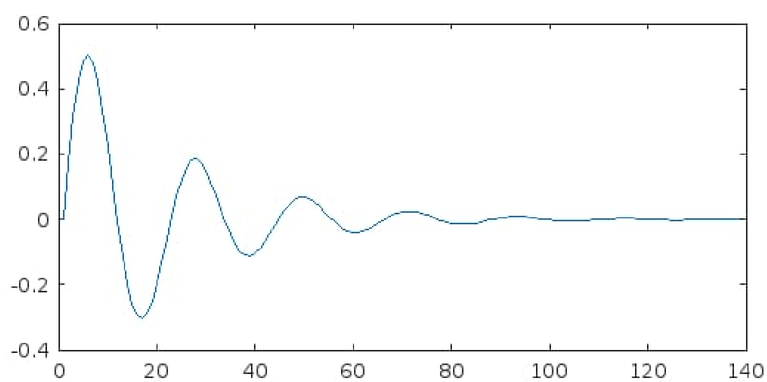








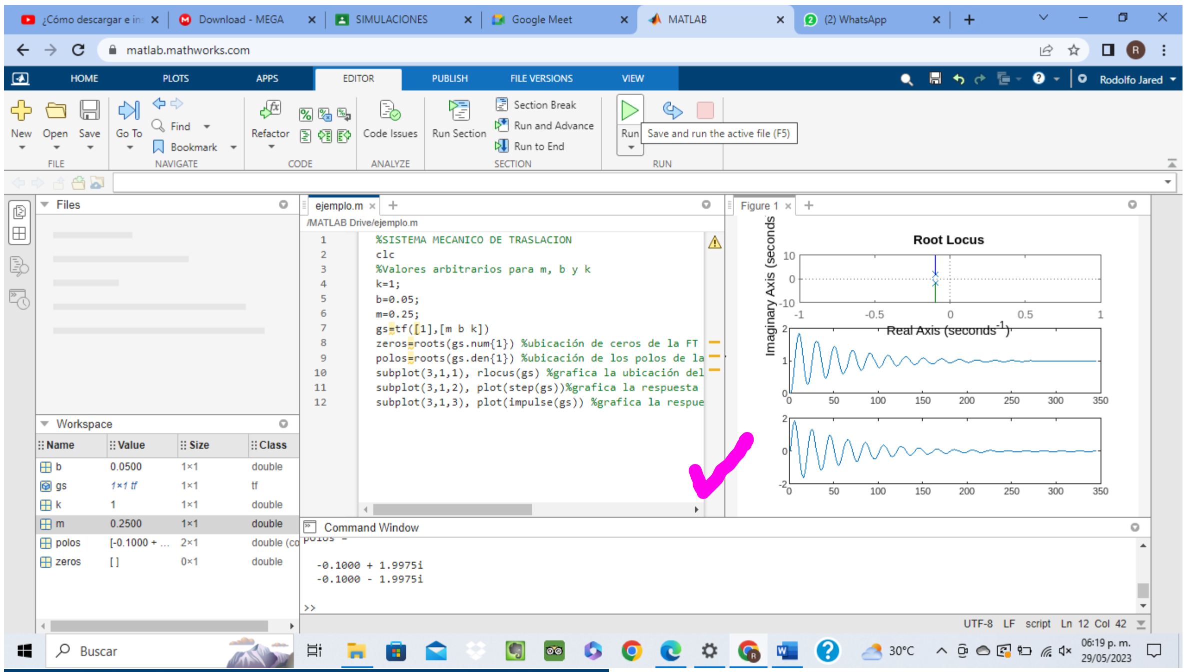
¿?

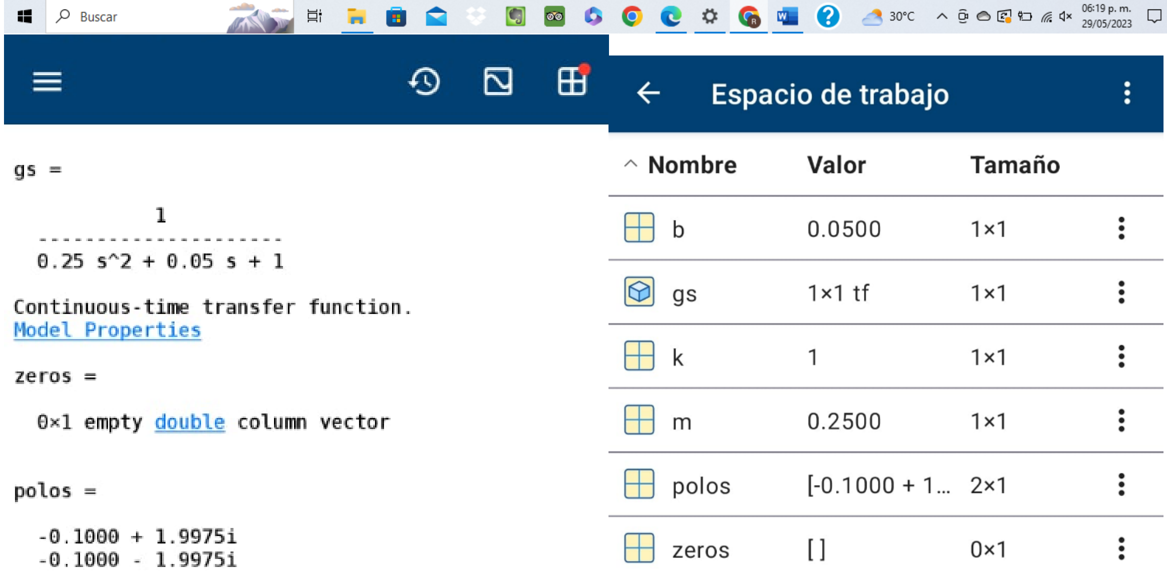


Las constantes m= 0.25; b= 0.05 y k=1.

```
%SISTEMA MECANICO DE TRASLACION
clc
%Valores arbitrarios para m, b y k
k=1;
b=0.05;
```

```
m=0.25;
gs=tf([1],[m b k])
zeros=roots(gs.num{1}) %ubicación de ceros de la FT
polos=roots(gs.den{1}) %ubicación de los polos de la FT
subplot(3,1,1), rlocus(gs) %grafica la ubicación del lugar  de las raíces
subplot(3,1,2), plot(step(gs))%grafica la respuesta del  sistema ante una
función escalón unitario (step)
subplot(3,1,3), plot(impulse(gs)) %grafica la respuesta  del sistema ante una
función impulso
```





OBSERVACIONES	Se tuvo problemas a la hora de simular en el Matlab 2023b ya que no aceptaba el código , el error marcaba que se tenia que declarar la función de tranferencia y que hacia falta un tolbox para poder solucionarlo se tuvo que buscar otra versión de MATLAB en el caso la versión 2020b
PREGUNTAS Y RESPUESTAS **CONCLUSIONES**	La función normalizada de este tipo de sistemas es: $G(s)=\frac{\omega_n^{\,2}}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^{\,2}}$ **Frecuencia natural**, ω_n :es la frecuencia de oscilación del sistema sin amortiguamiento, en rad/seg. **Factor de amortiguamiento,** ζ : es la cantidad que surge de la comparación de la frecuencia a la cual disminuye la envolvente de la exponencial con respecto de la frecuencia natural. el comportamiento del sistema con base en la posición de los polos: $\zeta < 0$ *Sistema inestable* $\zeta = 0$ *Sistema marginalmente estable* $\zeta = 1$ *Sistema críticamente amortiguado* $\zeta > 1$ *Sistema sobreamortiguado* $0 < \zeta < 1$ *Sistema con oscilaciones amortigadas* Comprendiendo esa teoría podeos verifica elcomportamiento delsistema dado

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

ASIGNATURA	**INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO**	ING. ELECTROMECÁNICA	
DOCENTE	BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA		
UNIDAD DE APRENDIZAJE.	3. RESPUESTA DINÁMICA	**No.**	**UNIDAD 3**
NOMBRE DE LA PRACTICA	**SIMULACIÓN DE MODELOS ELECTRICOS Y MECÁNICOS EN SIMULINK**		
ALUMNOS PARTICIPANTES/No. CONTROL	**MORALES HERNANDEZ ODOLFO JARED 191UO135** **TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN 191U0153**		
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	**El alumno IDENTIFICARÁ las características de la herramienta Simulink para la representación de modelos eléctricos – mecánicos, MANEJARÁ de forma correcta el software y obtendrá RESULTADOS gráficos que se interpretarán para determinar el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo.**		
ESCENARIO	LABORATORIO DE ELECTRÓNICA __2__ HRS DURACIÓN		
REPORTE DE PRÁCTICAS			
MATERIALES, HERRAMIENTAS, INSTRUMENTAL, MAQUINARIA Y/O EQUIPO EMPLEADOS	-Guía de práctica -Software Matlab Simulink -Herramienta Simmechanics		

INTRODUCCIÓN

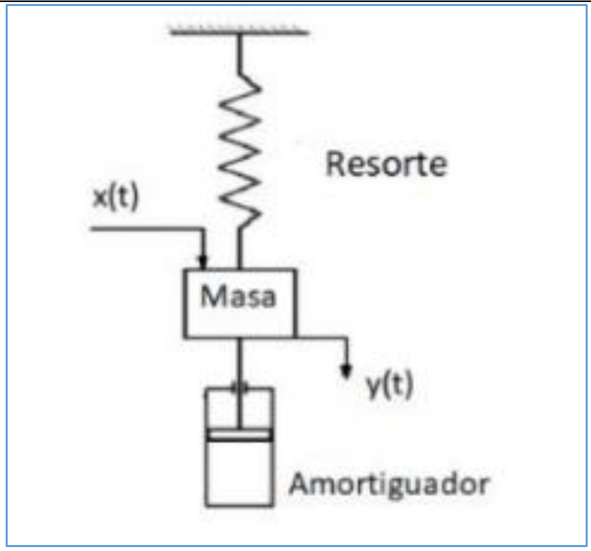
No cabe duda de que las matemáticas son la herramienta imprescindible para el estudio de cualquier sistema físico. A la hora de abordar cualquier análisis o diseño del mismo, será previamente necesario elaborar un modelo matemático que se ajuste lo más fielmente al sistema real a estudiar, utilizando para ello las leyes físicas aplicables de que dispongamos o, en su defecto, resultados experimentales debidamente tratados. Generalmente, lo que obtendremos serà un conjunto de ecuaciones diferenciales (no necesariamente lineales ni invariantes en el tiempo). Que podremos tratar mediante alguno de los métodos ya conocidos:

- Usando las Funciones de Transferencia (solamente si el sistema es lineal e invariante con el tiempo).
- Utilizando las Ecuaciones de Estado (que también pueden aplicarse a los sistemas no lineales).

Con ello SIMULINK nos ayudara a entender un poco mas esto.SIMULINK es una toolbox especial de MATLAB que sirve para simular el comportamiento de los sistemas dinámicos. Puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y sistemas híbridos de todos los anteriores. Es un entorno gráfico en el cual el modelo a simular se construye clicando y arrastrando los diferentes bloques que lo constituyen. Los modelos SIMULINK se guardan en ficheros con extensión *.mdl.

Los elementos básicos que se utilizan para representar sistemas mecánicos son los resortes, amortiguadores y masas. Los resortes re- presentan la rigidez del sistema; los amortiguadores, las fuerzas que se oponen al movimiento, es decir, los efectos de fricción o amortiguamiento, y las masas, la inercia o resistencia a la aceleración. En realidad el sistema mecánico no tiene que estar hecho de resortes, amortiguadores y masas, sino poseer las propiedades de rigidez, amortiguamiento e inercia. En estos elementos unitarios

	se puede considerar que la entrada es una fuerza, y la salida un desplazamiento.A esto se realizara la practica siguente La teoría de sistemas dinámicos es la base misma de casi cualquier tipo de modelos basados en reglas de sistemas complejos. Considera que los sistemas de demostración cambian con el tiempo, no solo las propiedades estáticas de las observaciones. Un *sistema dinámico* es un sistema cuyo estado se especifica de manera única por un conjunto de variables y cuyo comportamiento se describe mediante reglas predefinidas. **Simulación de Sistemas Dinámicos** Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo. Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual (por ejemplo, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables que describen el sistema dinámico). Se utiliza software de simulación para simular el comportamiento de sistemas representados por modelos matemáticos. La evolución en el tiempo de un sistema dinámico se simula calculando los valores de los estados del sistema dinámico en cada paso de la simulación mediante la utilización de algoritmos de resolución numéricos basados en tiempo o en eventos. El software de simulación normalmente incluye herramientas de visualización para examinar la evolución de los estados del sistema dinámico durante la ejecución de la simulación. Los ingenieros y científicos emplean software de simulación por varios motivos: • A menudo es más fácil, más económico o más seguro crear y simular un modelo matemático de un sistema real que crear y probar un prototipo físico. • Si el sistema físico aún no está disponible, es posible modelizarlo con mayor o menor fidelidad como un sistema dinámico, que se podrá simular para explorar diferentes opciones de diseño. • Si se diseña software de control para dispositivos físicos, y una vez esté disponible el sistema real, es posible reducir el esfuerzo dedicado a pruebas con dichos dispositivos gracias al trabajo previo realizado con los modelos matemáticos.
DESARROLLO	II. SISTEMA MASA RESORTE AMORTIGUADOR EMPLEANDO SIMULINK Es un sistema de segundo orden, cuya expresión matemática es ec. (1) donde se expresa la relación de Fuerza manifiesta en el sistema a partir de la masa y aceleración. Hay deformación en el sistema indicada por:



RESULTADOS

SISTEMA MASA RESORTE AMORTIGUADOR

a) CREE UN NUEVO ARCHIVO AL ABRIR LA VENTANA DE SIMULINK AL SELECCIONAR LA PESTAÑA HOME, VER FIGURA 2.

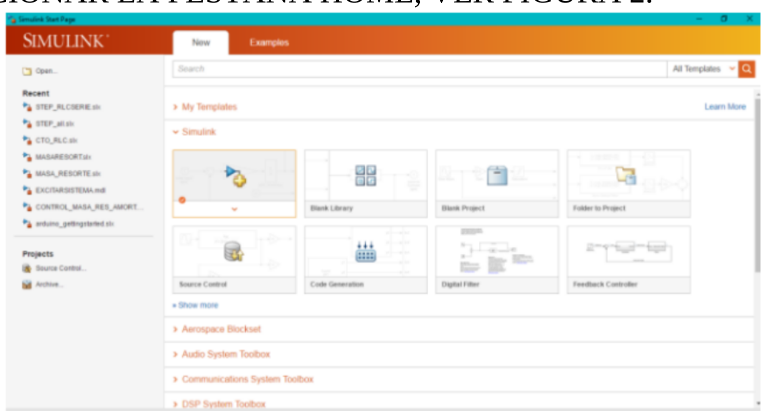
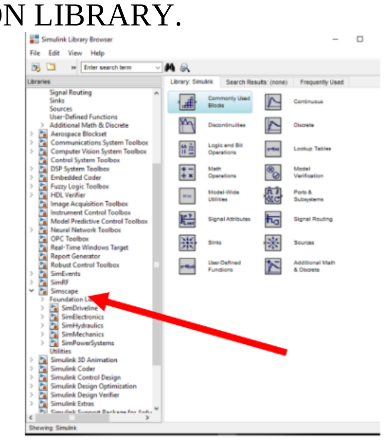
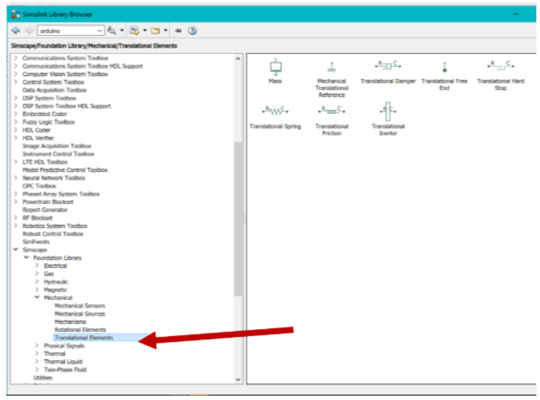


Ilustración 1 Ventana de Simulink que se puede abrir desde la ventana principal de Matlab.

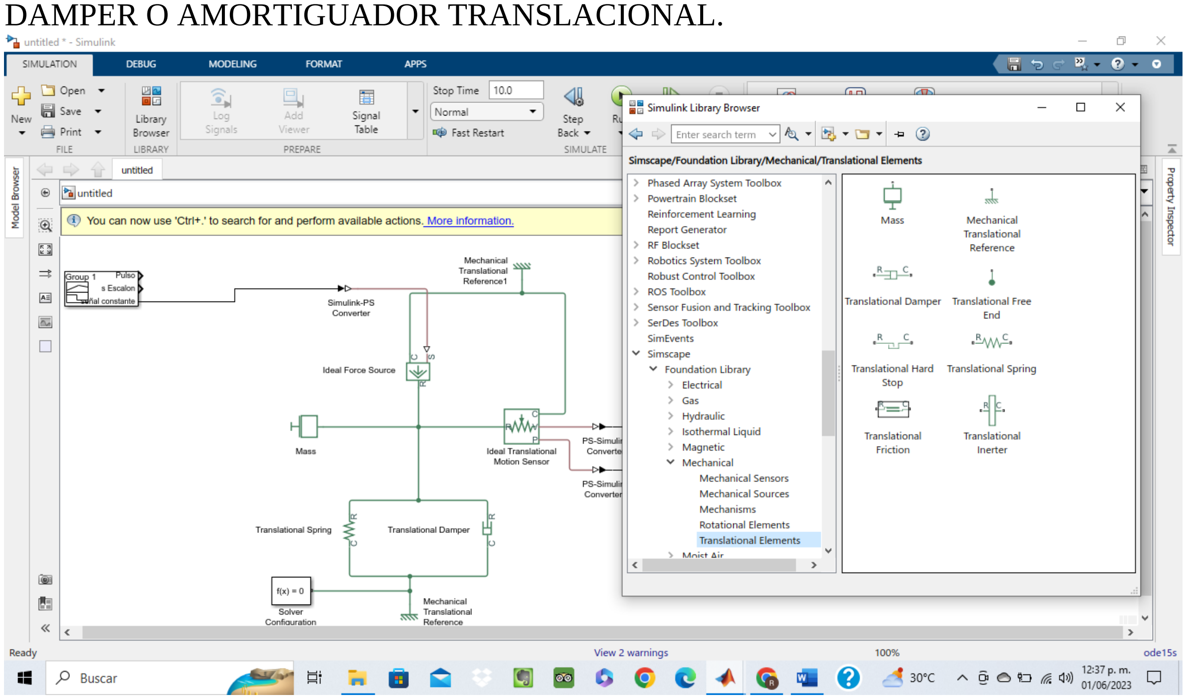
b) TOME COMO REFERENCIA LA FIGURA 3, UBIQUE EMPLEANDO SIMULINK >> SIMSCAPE>> FOUNDATION LIBRARY.



c) SELECCIONE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA DESARROLLAR EL CIRCUITO
MECÁNICO DE MASA – RESORTE – AMORTIGUADOR CONSIDERANDO LA FIGURA 4;
VERIFIQUE EL ORDEN EN EL CUAL SE ELIGE EL MENÚ DE BÚSQUEDA:
Simulink→Simscape→Foundation Library→Mechanical→Translational Elements



d) LA FIGURA 5 MUESTRA LOS ELEMENTOS QUE VA A SELECCIONAR DESDE LA
BIBLIOTECA >>MECHANICAL→TRANSLATIONAL ELEMENTS. ESTOS SON: MASA, REFERENCIA MECÁNICA TRASLACIONAL, RESORTE TRANSLACIONAL, DAMPER O AMORTIGUADOR TRANSLACIONAL.



d) CONECTE LOS ELEMENTOS COMO SE OBSERVA EN LA FIGURA 6 Y 7.

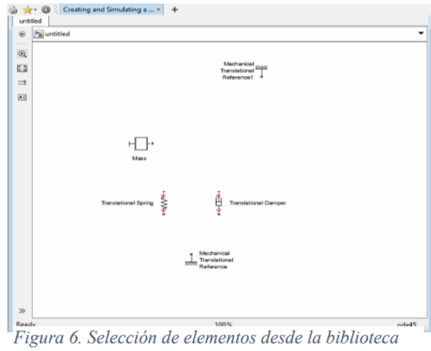
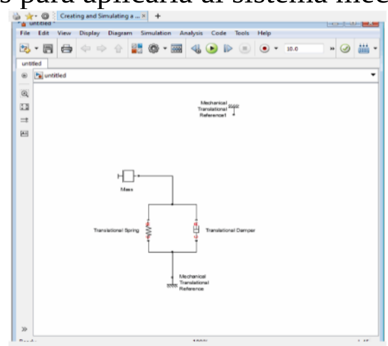
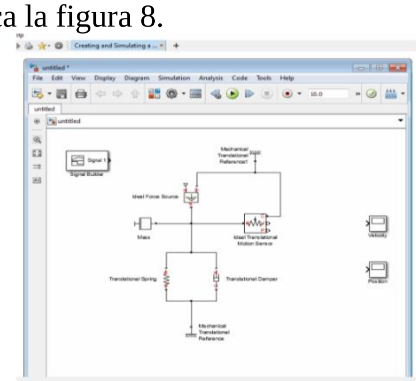


Figura 6. Selección de elementos desde la biblioteca

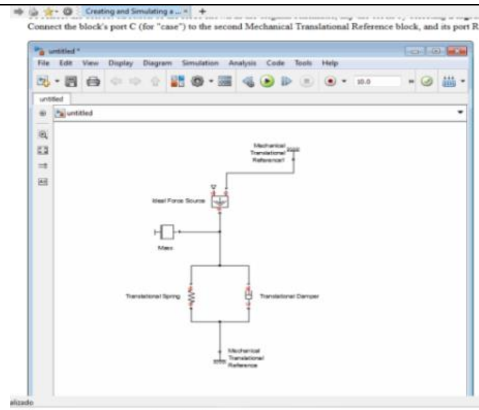
Se colocan también los elementos como Signal Builder, que permite construir una señal con las características deseadas para aplicarla al sistema mecánico. Ver figura 7.



Se añade un bloque IDEAL FORCE SOURCE que seleccionamos de la misma librería, este bloque corresponde a la representación de la fuerza que actúa en la masa del sistema. >> SIMSCAPE>> FOUNDATION LIBRARY >> MECHANICAL>>Mechanical Sources Library, se coloca como indica la figura 8.



También se observa un bloque nuevo, que corresponde a Signal Builder, es el bloque encargado de generar una señal con las características y valor de la fuerza que se desea aplicar. Además, seleccione un bloque nombrado Ideal Translational Motion Sensor, que es el encargado de detectar la fuerza ejercida en el sistema masa-resorte-amortiguador. Coloque los osciloscopios, Scope, para observar el comportamiento del sistema en forma gráfica. En el sistema de Simscape, es necesario hacer adaptaciones de funciones o señales en el dominio del tiempo para sistemas mecánicos, hidráulicos, etc. Para lograr la adaptación, se eligen bloques convertidores de señal, SIMULINK –PS CONVERTER y PS-SIMULINK CONVERTER. Figura 9.



En el sistema de Simscape, es necesario hacer adaptaciones de funciones para sistemas mecánicos, hidráulicos, etc. Para lograr la adaptación, se eligen bloques convertidores de señal, SIMULINK –PS CONVERTER. Observe la figura 10. Los valores que debe asignar para resorte (k), masa (m) y amortiguador en este ejemplo son:

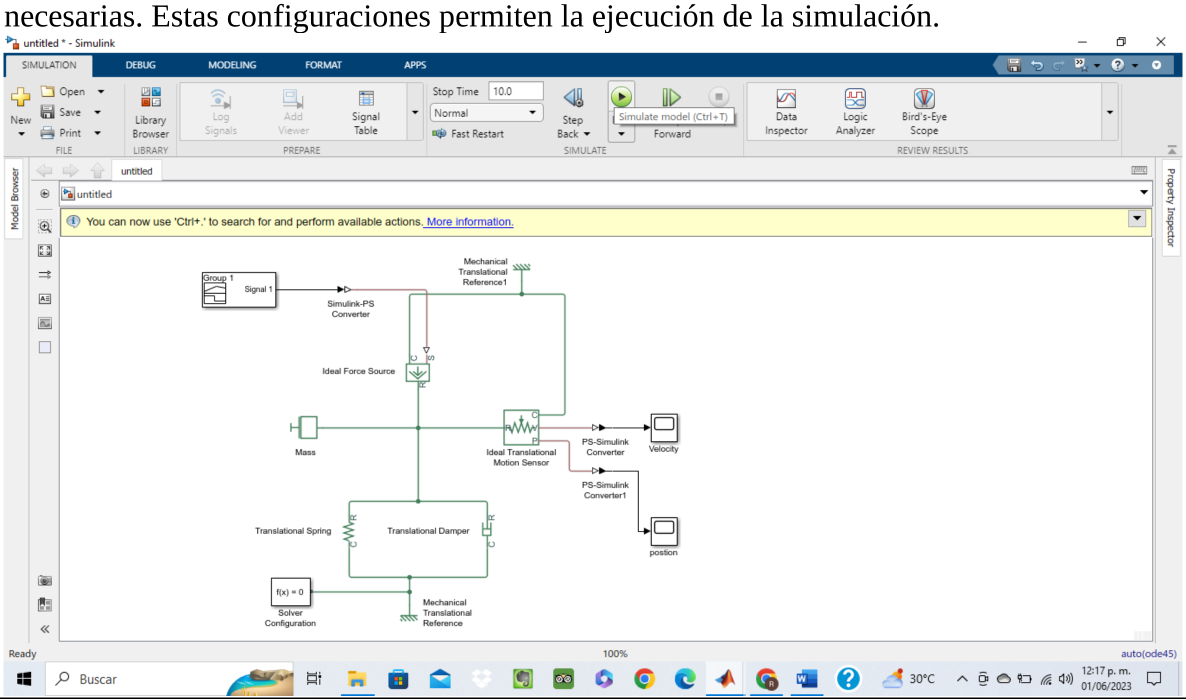
k=10

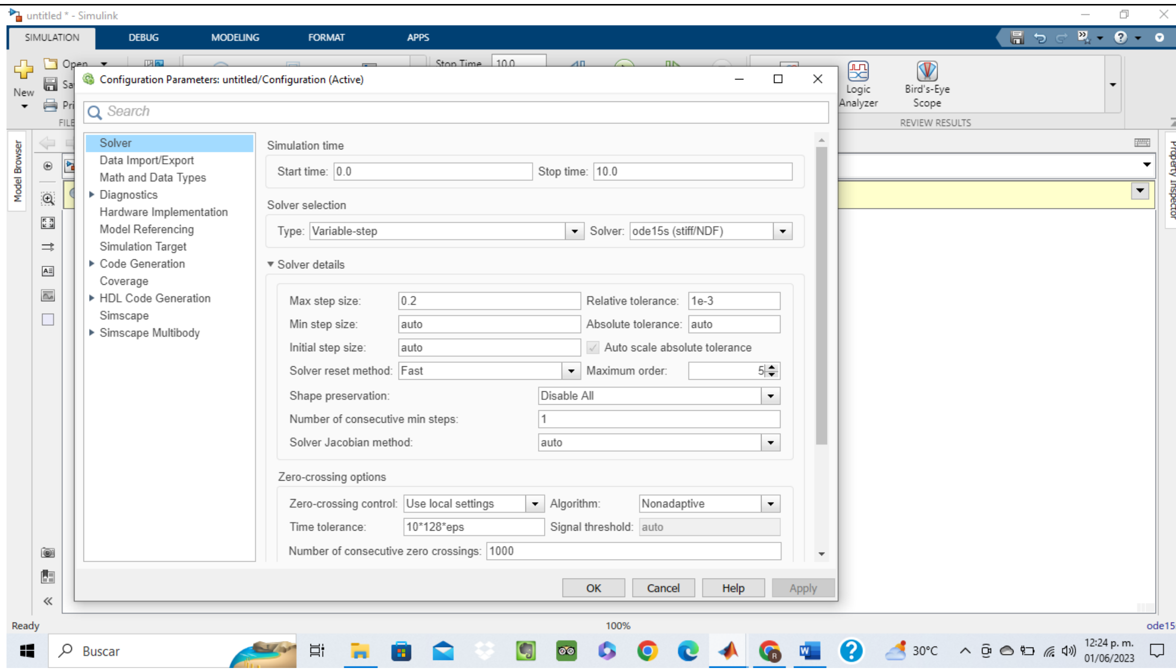
m= 2

b=20

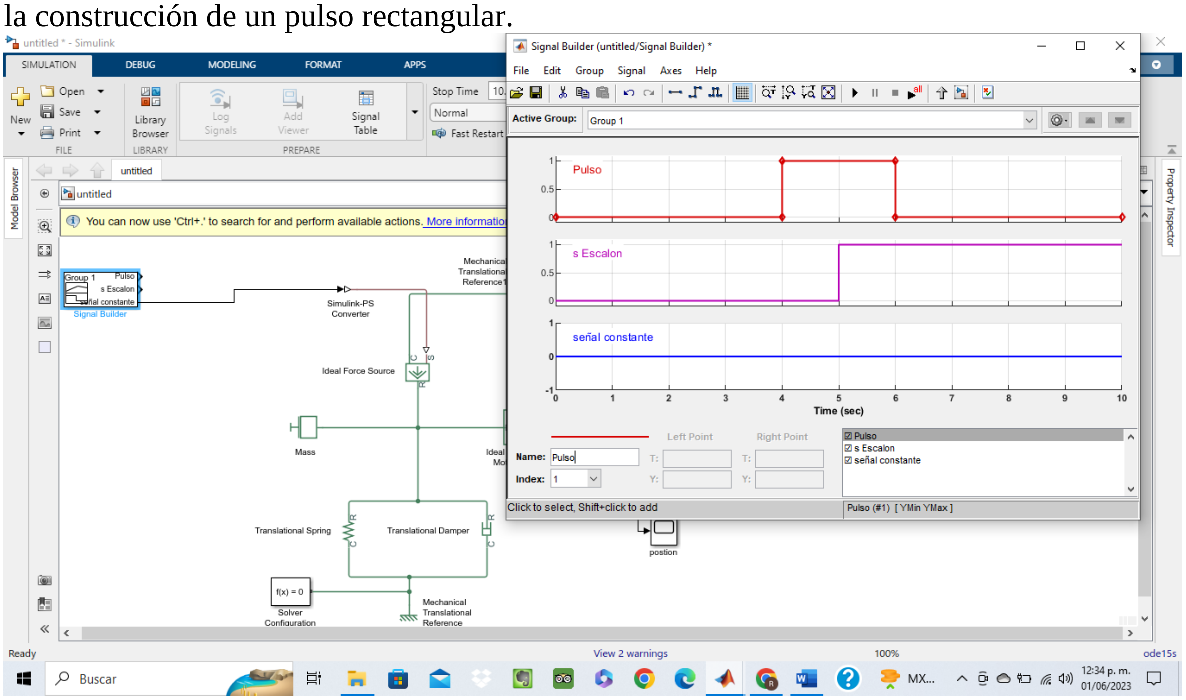
Configure cada bloque correspondiente en el diagrama mecánico.

El siguiente paso es configurar las condiciones iniciales para la simulación general, vea la figura 11. Elija SIMULATION>>CONFIGURATION PARAMETERS y se abre una caja de diálogo. Seleccione SOLVER OPTION> SOLVER ode15s (stiff/NDF) y MAX STEP SIZE de 0.2. El tiempo para simulación defina de 0 a 10 s, puede ajustar las veces que sean necesarias. Estas configuraciones permiten la ejecución de la simulación.





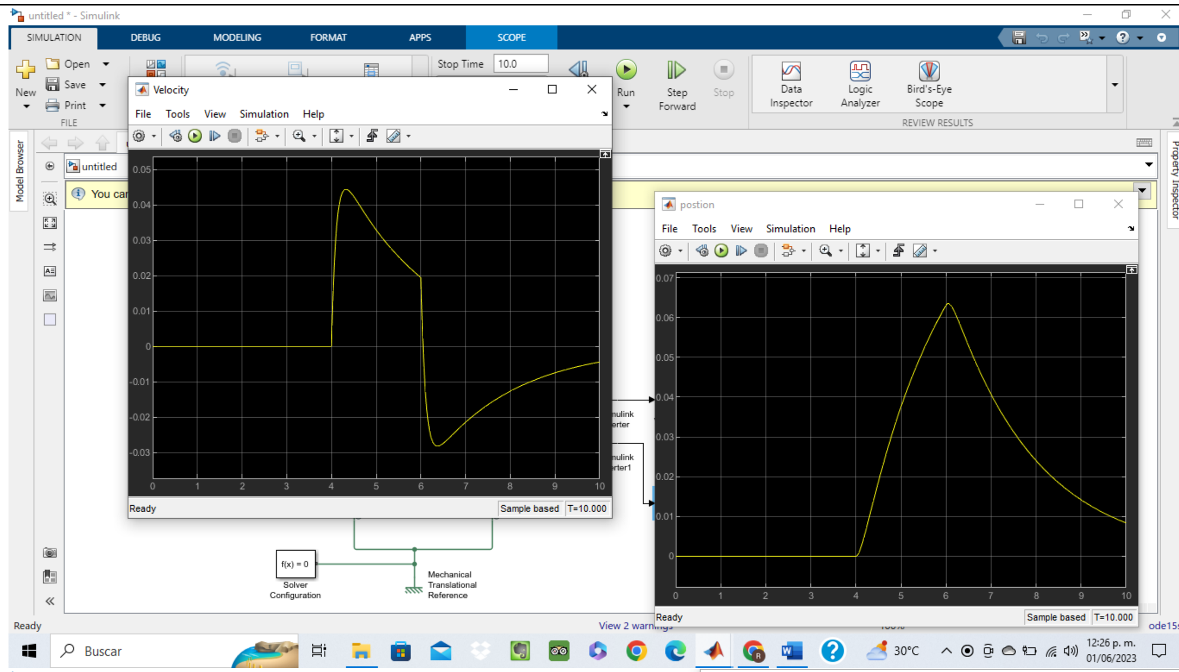
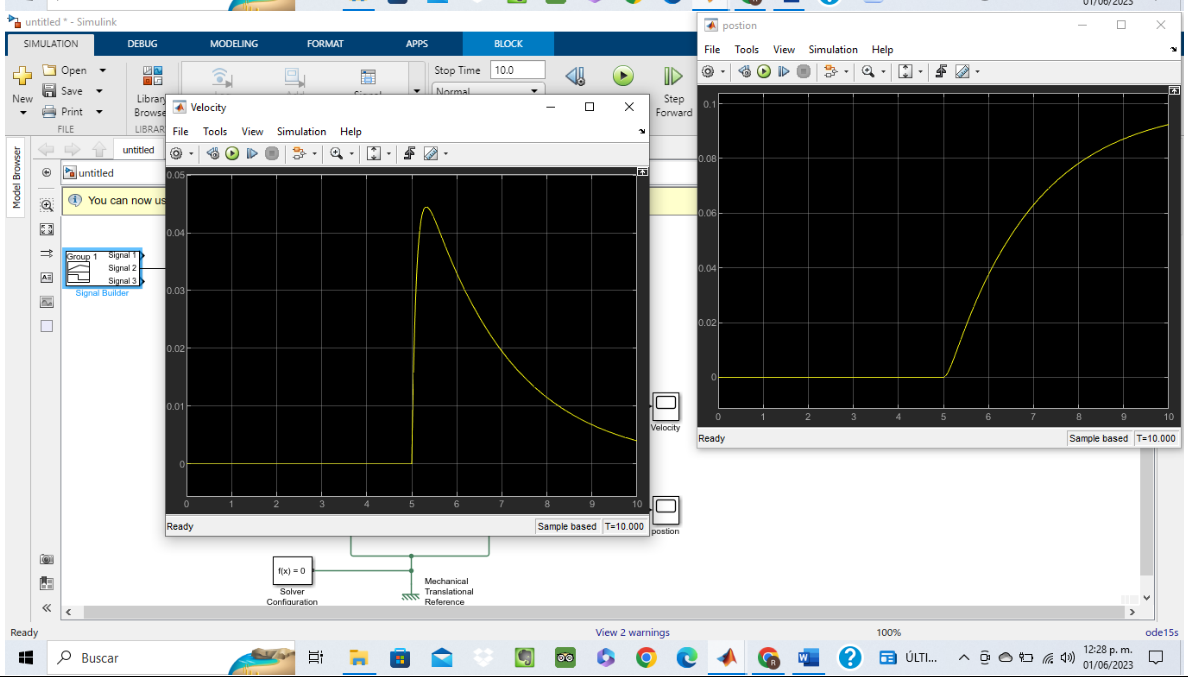
Recuerde guardar el archivo, nombrarlo y dejarlo en una carpeta independiente a la carpeta de instalación. En la ventana de comandos, indique la carpeta donde quedan guardados estos archivos de trabajo para que, al ejecutar, no se repita la pregunta Cambiar dirección de archivo o agregar trayectoria. Como dato importante, el bloque Signal Builder puede ser configurado para crear una señal con características específicas. En la figura 12 se observa la construcción de un pulso rectangular.

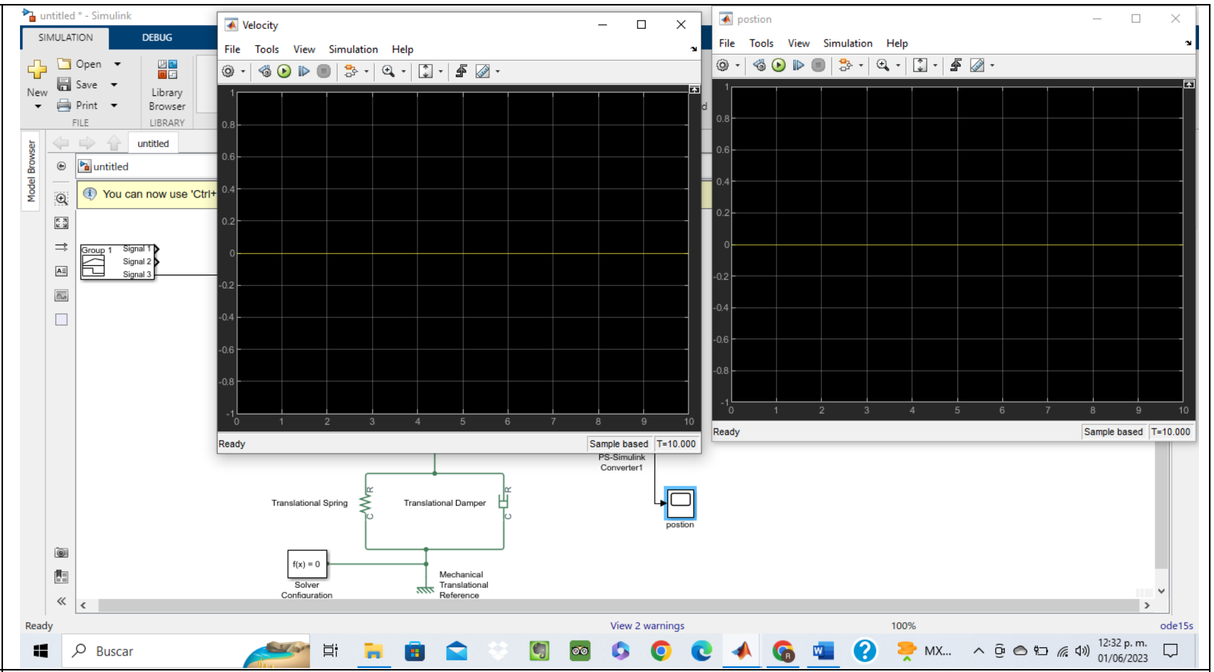


Se pueden asignar características para una señal triangular, senoidal entre otras como puntos aleatorios.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

OBSERVACIONES	 

	
PREGUNTAS Y RESPUESTAS **CONCLUSIONES**	Se tuvo problemas a la hora de simular en el Matlab 2023b ya que no aceptaba el código , el error marcaba que se tenia que declarar la función de tranferencia y que hacia falta un tolbox para poder solucionarlo se tuvo que buscar otra versión de MATLAB en el caso la versión 2020b En esta simulación también tuvimos problemas a la falta de cosas en la biblioteca

Es correcto, se debe configurar la versión, al inicio del ciclo escolar les comenté ese defecto de Matlab, actualiza y modifica algunos comandos en cada nueva versión.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ASIGNATURA	INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO	ING. ELECTROMECÁNICA	
DOCENTE	BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA		
UNIDAD DE APRENDIZAJE.	Modelado de sistemas dinámicos	No.	UNIDAD 2
NOMBRE DE LA PRACTICA	**2. Simulación de circuito RLC conexión serie y paralelo, empleando Simulink>>Simscape**		
ALUMNOS PARTICIPANTES/No. CONTROL	**MORALES HERNANDEZ ODOLFO JARED 191UO135** **TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN 191U0153**		
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	**El alumno IDENTIFICARÁ las características de la herramienta Simulink para la representación de modelos eléctricos – mecánicos, MANEJARÁ de forma correcta el software y obtendrá RESULTADOS gráficos que se interpretarán para determinar el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo.**		
ESCENARIO	Centro de computo __2__ HRS DURACIÓN		
REPORTE DE PRÁCTICAS			
MATERIALES, HERRAMIENTAS, INSTRUMENTAL, MAQUINARIA Y/O EQUIPO EMPLEADOS	-Guía de práctica -Software Matlab Simulink -Herramienta Simmechanics		

INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que las matemáticas son la herramienta imprescindible para el estudio de cualquier sistema físico. A la hora de abordar cualquier análisis o diseño del mismo, será previamente necesario elaborar un modelo matemático que se ajuste lo más fielmente al sistema real a estudiar, utilizando para ello las leyes físicas aplicables de que dispongamos o, en su defecto, resultados experimentales debidamente tratados. Generalmente, lo que obtendremos serà un conjunto de ecuaciones diferenciales (no necesariamente lineales ni invariantes en el tiempo). Que podremos tratar mediante alguno de los métodos ya conocidos:

- Usando las Funciones de Transferencia (solamente si el sistema es lineal e invariante con el tiempo).
- Utilizando las Ecuaciones de Estado (que también pueden aplicarse a los sistemas no lineales).

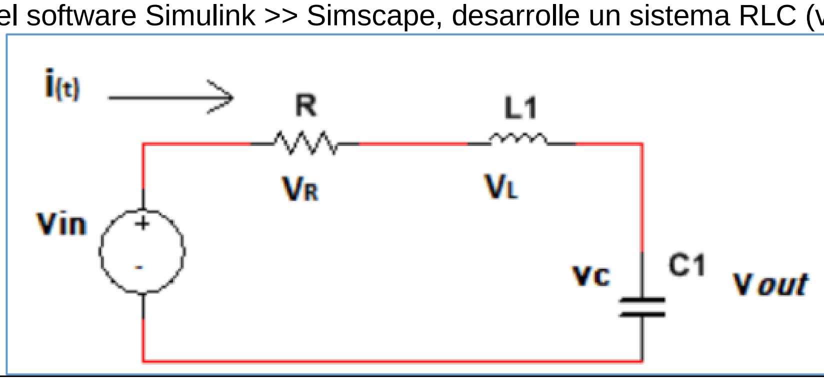
Con ello SIMULINK nos ayudara a entender un poco mas esto.SIMULINK es una toolbox especial de MATLAB que sirve para simular el comportamiento de los sistemas dinámicos. Puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y sistemas híbridos de todos los anteriores. Es un entorno gráfico en el cual el modelo a simular se construye clicando y arrastrando los diferentes bloques que lo constituyen. Los modelos SIMULINK se guardan en ficheros con extensión *.mdl.

Los elementos básicos que se utilizan para representar sistemas mecánicos son los resortes, amortiguadores y masas. Los resortes re- presentan la rigidez del sistema; los amortiguadores, las fuerzas que se oponen al movimiento, es decir, los efectos de fricción o amortiguamiento, y las masas, la inercia o resistencia a la aceleración. En realidad el sistema mecánico no tiene que estar hecho de resortes, amortiguadores y masas, sino poseer las propiedades de rigidez, amortiguamiento e inercia. En estos elementos unitarios

<table>
<tr>
<td></td>
<td>se puede considerar que la entrada es una fuerza, y la salida un desplazamiento.A esto se realizara la practica siguente
La teoría de sistemas dinámicos es la base misma de casi cualquier tipo de modelos basados en reglas de sistemas complejos. Considera que los sistemas de demostración cambian con el tiempo, no solo las propiedades estáticas de las observaciones.

Un sistema dinámico es un sistema cuyo estado se especifica de manera única por un conjunto de variables y cuyo comportamiento se describe mediante reglas predefinidas.
Simulación de Sistemas Dinámicos

Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo. Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual (por ejemplo, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables que describen el sistema dinámico). Se utiliza software de simulación para simular el comportamiento de sistemas representados por modelos matemáticos. La evolución en el tiempo de un sistema dinámico se simula calculando los valores de los estados del sistema dinámico en cada paso de la simulación mediante la utilización de algoritmos de resolución numéricos basados en tiempo o en eventos. El software de simulación normalmente incluye herramientas de visualización para examinar la evolución de los estados del sistema dinámico durante la ejecución de la simulación.

Los ingenieros y científicos emplean software de simulación por varios motivos:
A menudo es más fácil, más económico o más seguro crear y simular un modelo matemático de un sistema real que crear y probar un prototipo físico.
Si el sistema físico aún no está disponible, es posible modelizarlo con mayor o menor fidelidad como un sistema dinámico, que se podrá simular para explorar diferentes opciones de diseño.
Si se diseña software de control para dispositivos físicos, y una vez esté disponible el sistema real, es posible reducir el esfuerzo dedicado a pruebas con dichos dispositivos gracias al trabajo previo realizado con los modelos matemáticos.</td>
</tr>
<tr>
<td>DESARROLLO</td>
<td>Con apoyo del software Simulink >> Simscape, desarrolle un sistema RLC (ver figura 13).

</td>
</tr>
</table>

Ecuaciones representadas por los elementos del sistema de acuerdo con sus características de voltaje (1) y corriente (2).

LVK.- $v(t) = v_R + v_L + v_C$ ....(1)

LCK.- $i(t) = i_R = i_C = i_L$ ....(2)

A partir de la ecuación 1, se obtiene la ecuación 3, como se observa, la señal de entrada se define como vin(t) y la señal de salida es el voltaje vc (t), dicho voltaje se identifica como vout(t)=1/C ∫ icdt

$$v_{in}(t) = L\frac{di_L}{dt} + Ri_L + \frac{1}{C}\int i_c dt \;\ldots\ldots(3)$$

A la ecuación (3) se aplica la Transformada de Laplace directamente:

$$V_{in}(s) = LsI(s)RI(s) + \frac{1}{Cs}I(s) \;\ldots\ldots(4)$$

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{\frac{1}{C}I(s)}{\left(Ls + R + \frac{1}{C}\right)I(s)}$$

Se obtiene una Función de Transferencia (5) en el dominio de la frecuencia:

$$F.T. = \frac{V_c(s)}{V(s)} = \frac{1}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}} \;\ldots\ldots(5)$$

Se analizará el polinomio del denominador para obtener las raíces y con ello los polos de la Función de trasferencia, ec. (6)

$$Ls^2 + Rs + \frac{1}{c} = 0 \quad (polinomio\ del\ denominador) \;\ldots\ldots(6)$$

Al polinomio del denominador se le llama Ecuación Característica de la FT:

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0 \quad ecuac.\ característica \;\ldots\ldots(7)$$

Deseamos calcular el o los valores de s, por lo que se despeja s y se obtienen los valores de las raíces (7).

$$s_{1,2} = \frac{-\left(R/L\right)}{2} \pm \frac{\sqrt{\left(R/L\right)^2 - 4\left(1/LC\right)}}{2} \;\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

Otra forma de representar la ecuación (7) en teoría de circuitos, es como la ecuación (8), empleando el concepto de factor de amortiguamiento, ecuación (9) y frecuencia resonante (10)

	$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0$ ....(9) $\left(\zeta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\right)$ ....(10) $\left(\varpi_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right)$ ....(11) En donde R, L y C pueden tomar diferentes valores que al aplicarlos en la ecuación (8) acentuará el comportamiento hacia alguno de los 3 casos: 1.Caso Sobreamortiguado. Las raíces son números reales y son distintas. NO hay oscilación en el sistema. Si empleamos el factor de amortiguamiento donde ξ >1 la respuesta del sistema es sobreamortiguada. Valores empleados R=1 Ohm, L=1 Henrio y C=10 faradios para un primer caso. 2.Caso Críticamente amortiguado. Las raíces son números reales e iguales. Valor de R=100 Ohms, L=0.9 Henrios, C=0.04 faradios. 3.Caso Subamortiguado. Las raíces son complejas y conjugadas. Observamos que ξ <1. Valor de R=2 ohms, L=0.1 Henrios y C=0.00009 faradios, variando el valor del capacitor en los tres casos.

RESULTADOS

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0$$

Integrantes
* Beisain
* Rodolfo
* Imanol

$$\zeta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Datos: Caso Sobreamortiguado:

R = 1 Ohm
L = 1 Henrio
C = 10 Faradios

▸ Sustitucion

$$\zeta = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{10}{1}} = 1.58113883$$

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{1(10)}} = 0.316227766$$

$$s^2 + 2(1.58113883)(0.316227766)s + 0.316227766^2$$

$$s^2 + 0.99988\,s + 0.01$$

Datos: Caso Criticamente amortiguado:

R = 100 Ohms
L = 0.9 Henrios
C = 0.04 faradios

Integrantes
* Bersain
* Rodolfo
* Imanol

Sustitución

$\xi = \frac{100}{2}\sqrt{\frac{0.04}{0.9}}$ $\qquad w = \frac{1}{\sqrt{(0.9)(0.04)}}$

$\xi = 50\sqrt{0.04444}$ $\qquad w = \frac{1}{0.036}$

$\xi = 10.5409$ $\qquad w = 27.7777$

$S^2 + 2(10.5409)(27.7777)S + (27.7777)^2$

$S^2 + 585.6039S + 771.6606$ //

Datos: Caso Subamortiguado

R = 2 Ohms
L = 0.1 Henrios
C = 0.00009 faradios

Sustitución

$\mathcal{E} = \frac{20}{2}\sqrt{\frac{0.00009}{0.1}}$ $\qquad w = \frac{1}{\sqrt{(0.1)(0.00009)}}$

$\mathcal{E} = 10\sqrt{9\times10^{-4}}$ $\qquad w = \frac{1}{\sqrt{9\times10^{-6}}}$

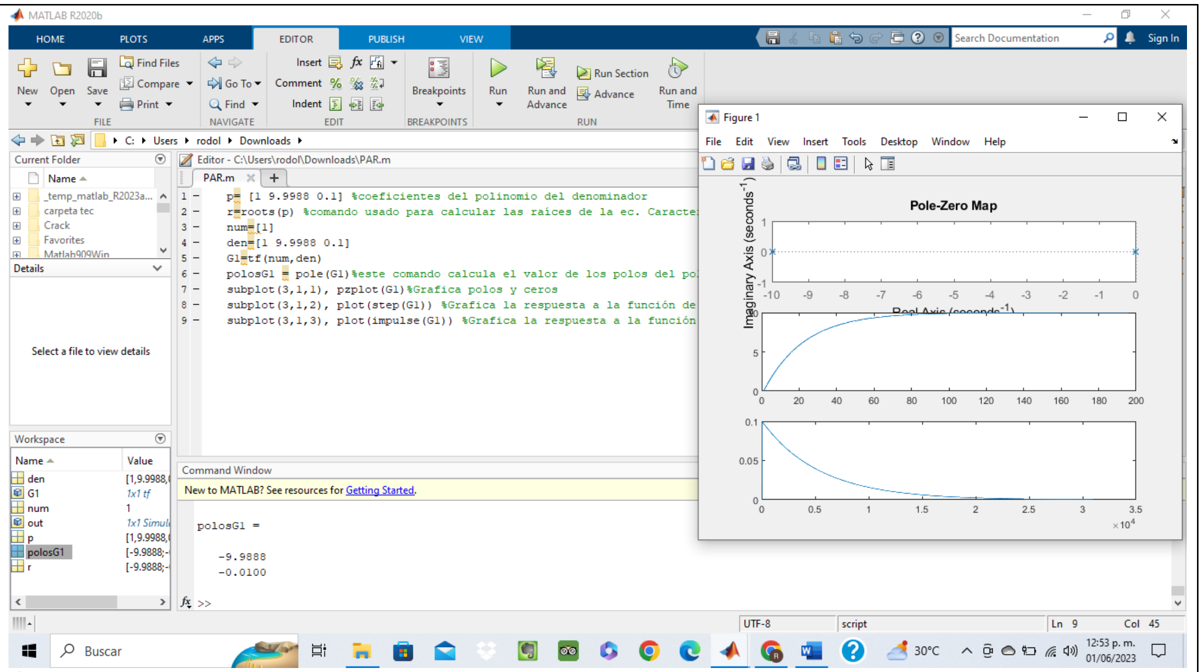
$\mathcal{E} = 0.3$

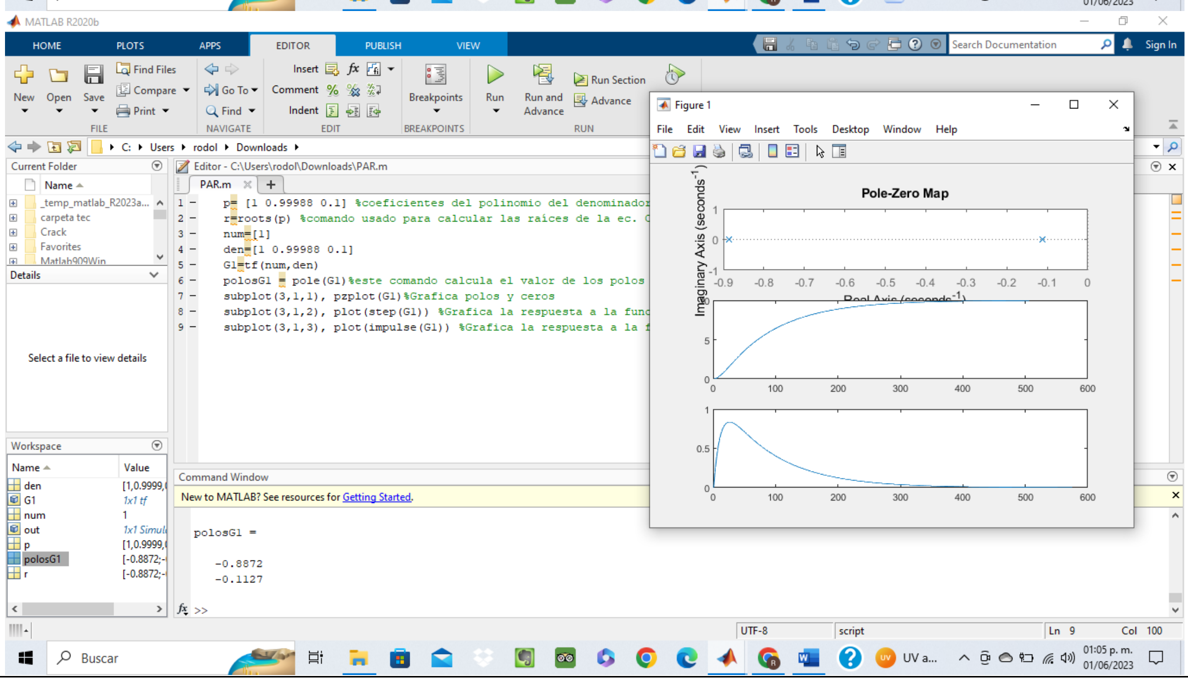
$w = \frac{1}{3\times10^{-3}} = 0.0547$

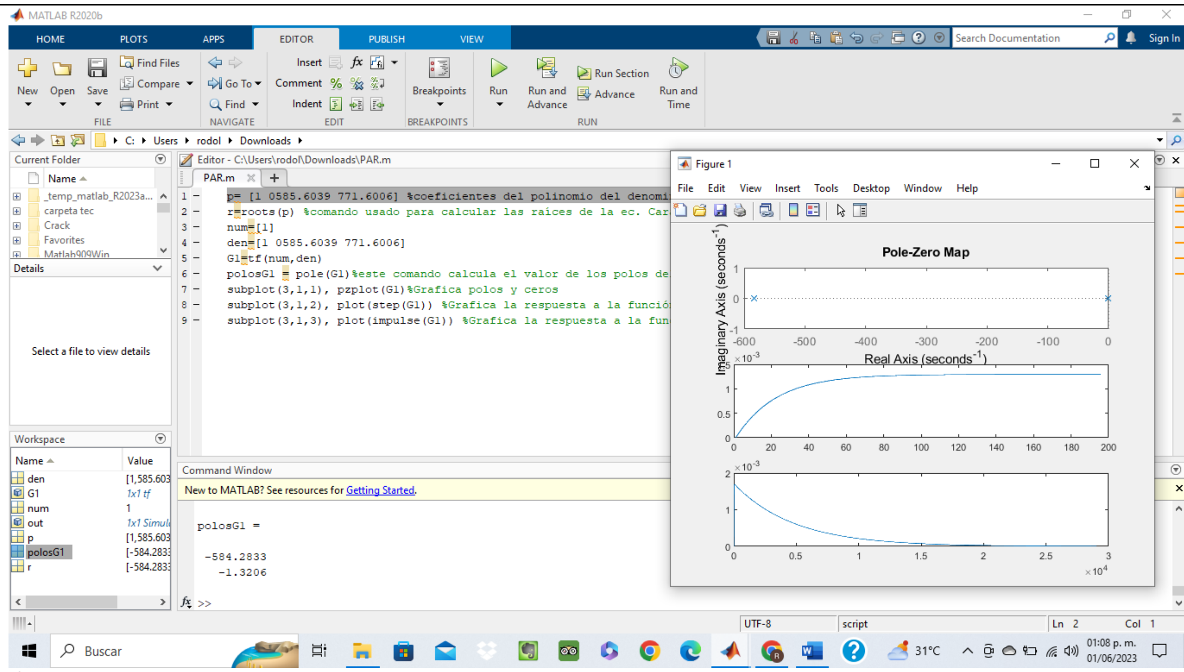
$S^2 + 2(0.3)(0.0547)S + (0.0547)^2$

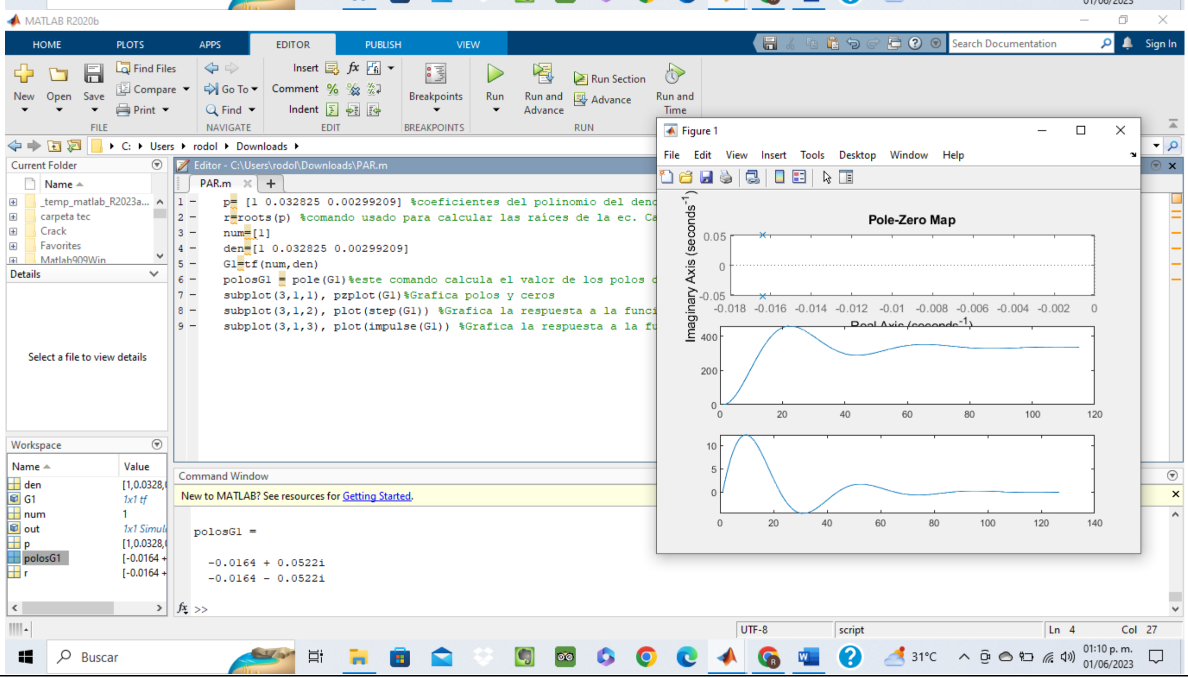
$S^2 + 0.03282S + 0.00299209$ //

OBSERVACIONES







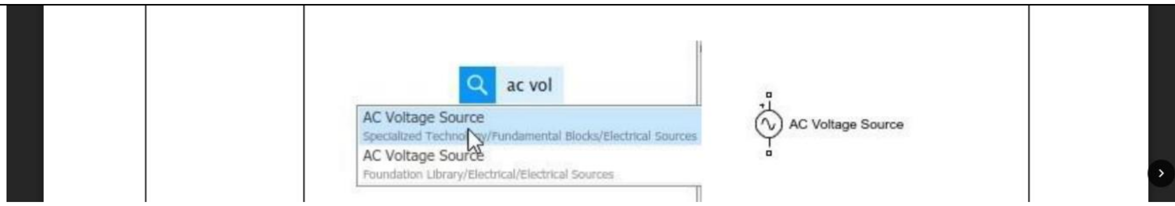


PREGUNTAS Y RESPUESTAS

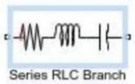
CONCLUSIONES

ASIGNATURA	INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO	ING. ELECTROMECÁNICA	
DOCENTE	BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA		
UNIDAD DE APRENDIZAJE.	Modelado de sistemas dinámicos	No.	UNIDAD 2
NOMBRE DE LA PRACTICA	**2. Simulación de circuito RLC conexión serie y paralelo, empleando Simulink>>Simscape**		
ALUMNOS PARTICIPANTES/No. CONTROL	**MORALES HERNANDEZ ODOLFO JARED 191UO135** **TAXILAGA MARTINEZ BERSAIN ADRIAN 191U0153**		
OBJETIVO DE LA PRÁCTICA	**El alumno IDENTIFICARÁ las características de la herramienta Simulink para la representación de modelos eléctricos – mecánicos, MANEJARÁ de forma correcta el software y obtendrá RESULTADOS gráficos que se interpretarán para determinar el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo.**		
ESCENARIO	Centro de computo __2__ HRS DURACIÓN		
REPORTE DE PRÁCTICAS			
MATERIALES, HERRAMIENTAS, INSTRUMENTAL, MAQUINARIA Y/O EQUIPO EMPLEADOS	-Guía de práctica -Software Matlab Simulink -Herramienta Simmechanics		
INTRODUCCIÓN	No cabe duda de que las matemáticas son la herramienta imprescindible para el estudio de cualquier sistema físico. A la hora de abordar cualquier análisis o diseño del mismo, será previamente necesario elaborar un modelo matemático que se ajuste lo más fielmente al sistema real a estudiar, utilizando para ello las leyes físicas aplicables de que dispongamos o, en su defecto, resultados experimentales debidamente tratados. Generalmente, lo que obtendremos serà un conjunto de ecuaciones diferenciales (no necesariamente lineales ni invariantes en el tiempo). Que podremos tratar mediante alguno de los métodos ya conocidos: ➢ Usando las Funciones de Transferencia (solamente si el sistema es lineal e invariante con el tiempo). ➢ Utilizando las Ecuaciones de Estado (que también pueden aplicarse a los sistemas no lineales). Con ello SIMULINK nos ayudara a entender un poco mas esto.SIMULINK es una toolbox especial de MATLAB que sirve para simular el comportamiento de los sistemas dinámicos. Puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y sistemas híbridos de todos los anteriores. Es un entorno gráfico en el cual el modelo a simular se construye clicando y arrastrando los diferentes bloques que lo constituyen. Los modelos SIMULINK se guardan en ficheros con extensión *.mdl. Los elementos básicos que se utilizan para representar sistemas mecánicos son los resortes, amortiguadores y masas. Los resortes re- presentan la rigidez del sistema; los amortiguadores, las fuerzas que se oponen al movimiento, es decir, los efectos de fricción o amortiguamiento, y las masas, la inercia o resistencia a la aceleración. En realidad el sistema mecánico no tiene que estar hecho de resortes, amortiguadores y masas, sino poseer las propiedades de rigidez, amortiguamiento e inercia. En estos elementos unitarios		

	se puede considerar que la entrada es una fuerza, y la salida un desplazamiento.A esto se realizara la practica siguente La teoría de sistemas dinámicos es la base misma de casi cualquier tipo de modelos basados en reglas de sistemas complejos. Considera que los sistemas de demostración cambian con el tiempo, no solo las propiedades estáticas de las observaciones. Un *sistema dinámico* es un sistema cuyo estado se especifica de manera única por un conjunto de variables y cuyo comportamiento se describe mediante reglas predefinidas. **Simulación de Sistemas Dinámicos** Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo. Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual (por ejemplo, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables que describen el sistema dinámico). Se utiliza software de simulación para simular el comportamiento de sistemas representados por modelos matemáticos. La evolución en el tiempo de un sistema dinámico se simula calculando los valores de los estados del sistema dinámico en cada paso de la simulación mediante la utilización de algoritmos de resolución numéricos basados en tiempo o en eventos. El software de simulación normalmente incluye herramientas de visualización para examinar la evolución de los estados del sistema dinámico durante la ejecución de la simulación. Los ingenieros y científicos emplean software de simulación por varios motivos: • A menudo es más fácil, más económico o más seguro crear y simular un modelo matemático de un sistema real que crear y probar un prototipo físico. • Si el sistema físico aún no está disponible, es posible modelizarlo con mayor o menor fidelidad como un sistema dinámico, que se podrá simular para explorar diferentes opciones de diseño. • Si se diseña software de control para dispositivos físicos, y una vez esté disponible el sistema real, es posible reducir el esfuerzo dedicado a pruebas con dichos dispositivos gracias al trabajo previo realizado con los modelos matemáticos.
DESARROLLO	III. Ahora, desarrollará un circuito para obtener la gráfica de los casos 1, 2 y 3, empleando los bloques de Simulink→Simscape el sistema con bloques (ver figura 14) y sustituya los valores de R, L y C elaborando un diagrama para cada uno de los tres casos. La función empleada como señal de entrada es Step unitario. Para graficar Simulink >>Simscape >>SimPowerSystems para localizar los elementos que formarán su circuito. También puede hacer la búsqueda desde la barra de comandos de Simulink. a) Localice en el buscador: AC Voltage Source y lleve a la hoja de trabajo

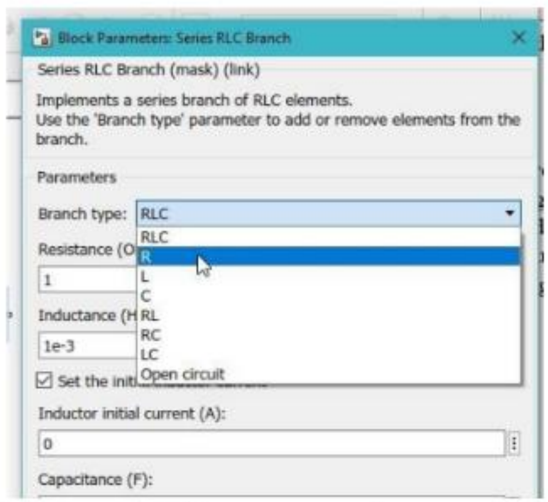


b) El siguiente elemento a buscar es Series RLC Branch

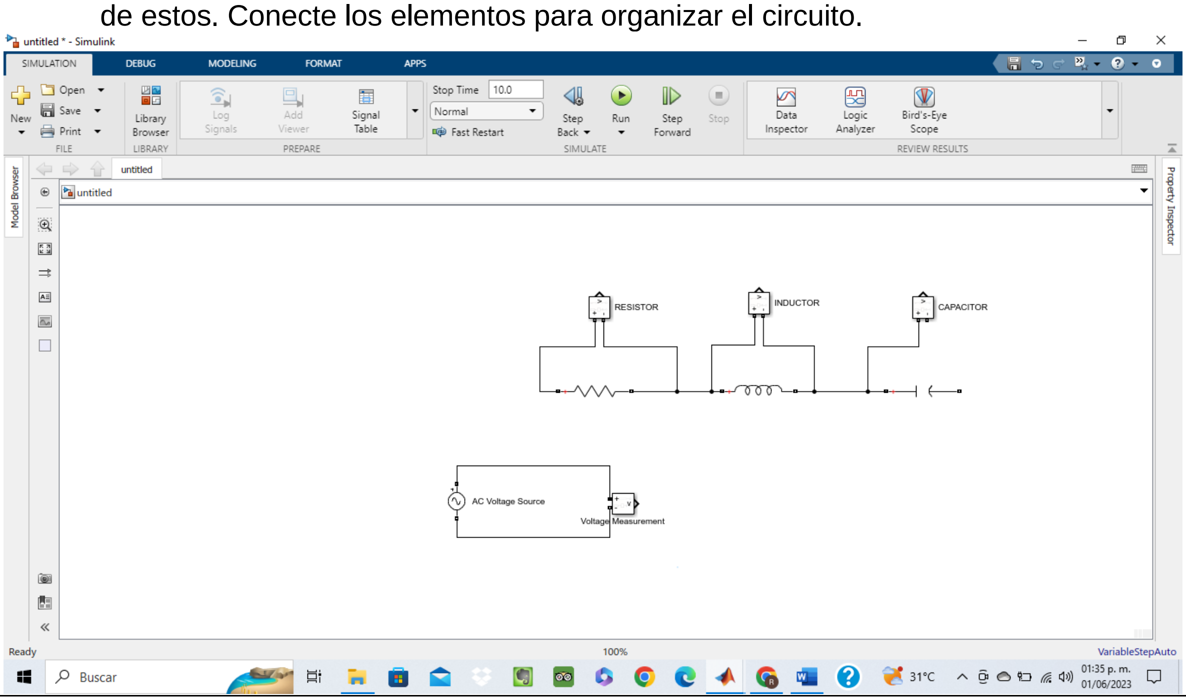


Series RLC Branch

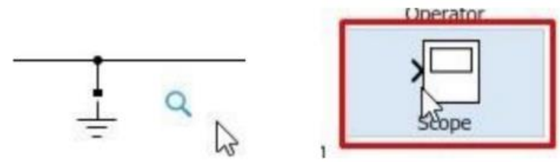
c) Necesitará 3 bloques Series RLC Branch, y va a configurar cada uno de los bloques, seleccionando el elemento que requiere utilizar: R, L y C, colocando el valor de estos.



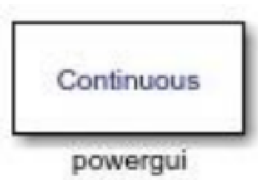
d) Siguiente bloque a utilizar, es Voltage Measurement, coloque de una vez 4 bloques de estos. Conecte los elementos para organizar el circuito.



e) Coloque el elemento Ground y Scopes, a este último debe configurarlo para tener 4 entradas que le permitan visualizar la gráfica de los elementos R, L y C.

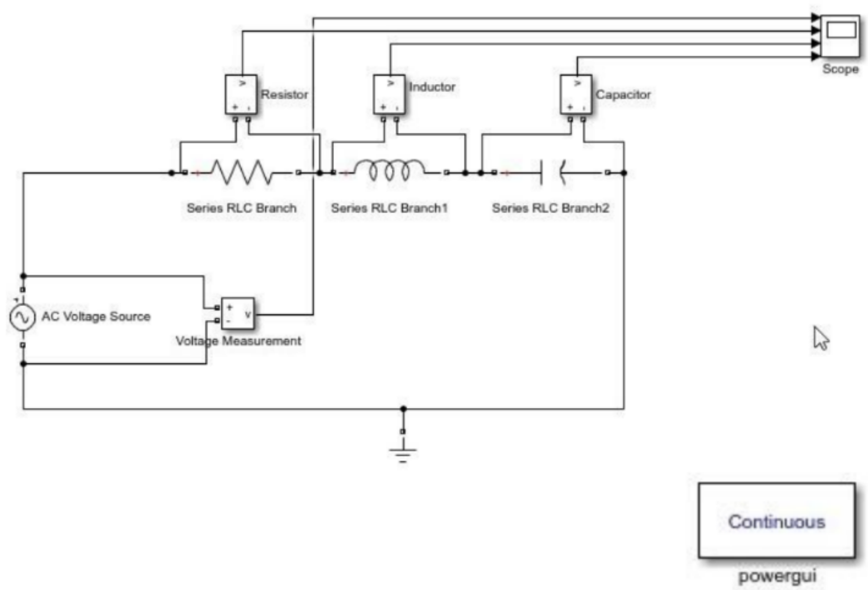


f) Busque el bloque PowerGui, este bloque es necesario siempre que trabaje con SimPowerSystem; debe colocarlo en la hoja de trabajo en el lugar que guste. No se conecta al cirtuito.

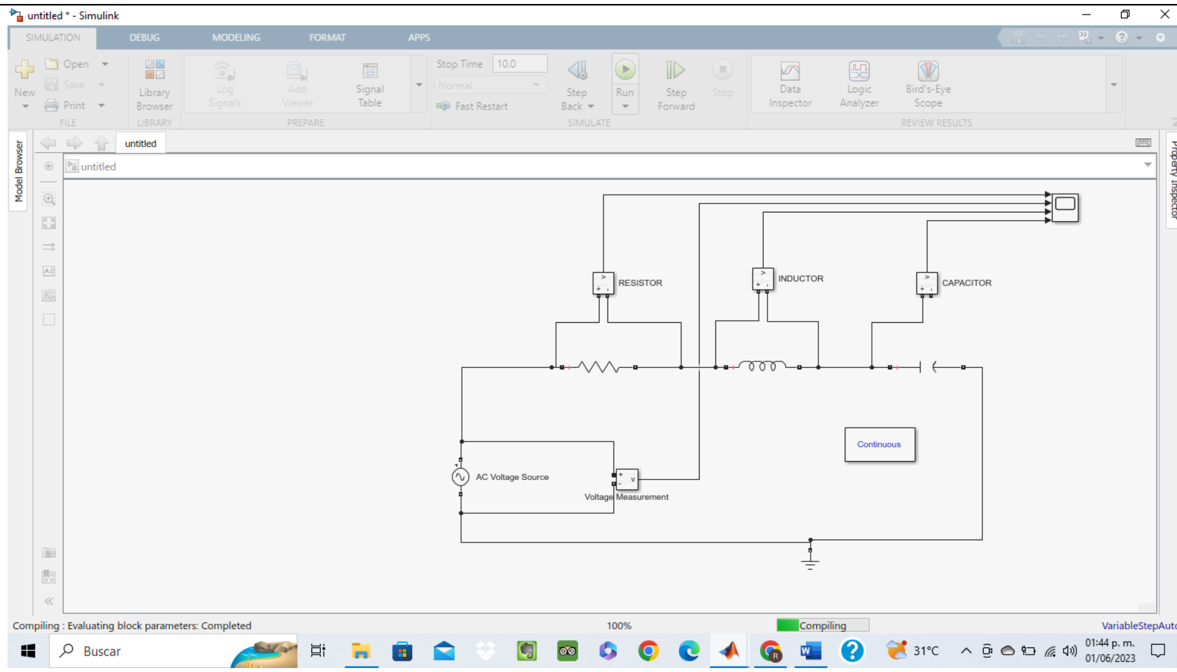


g) Ha terminado de armar el circuito, guarde su trabajo nombrando el archivo. Configure la hoja de trabajo en Simulation; si tiene todos los valores de cada elemento agregado, ejecute el cirtuito. Observe el comportamiento de este. Varíe los datos de RLC según sea el caso Sobreamortiguado,Subamortiguado o Críticamente amortiguado.

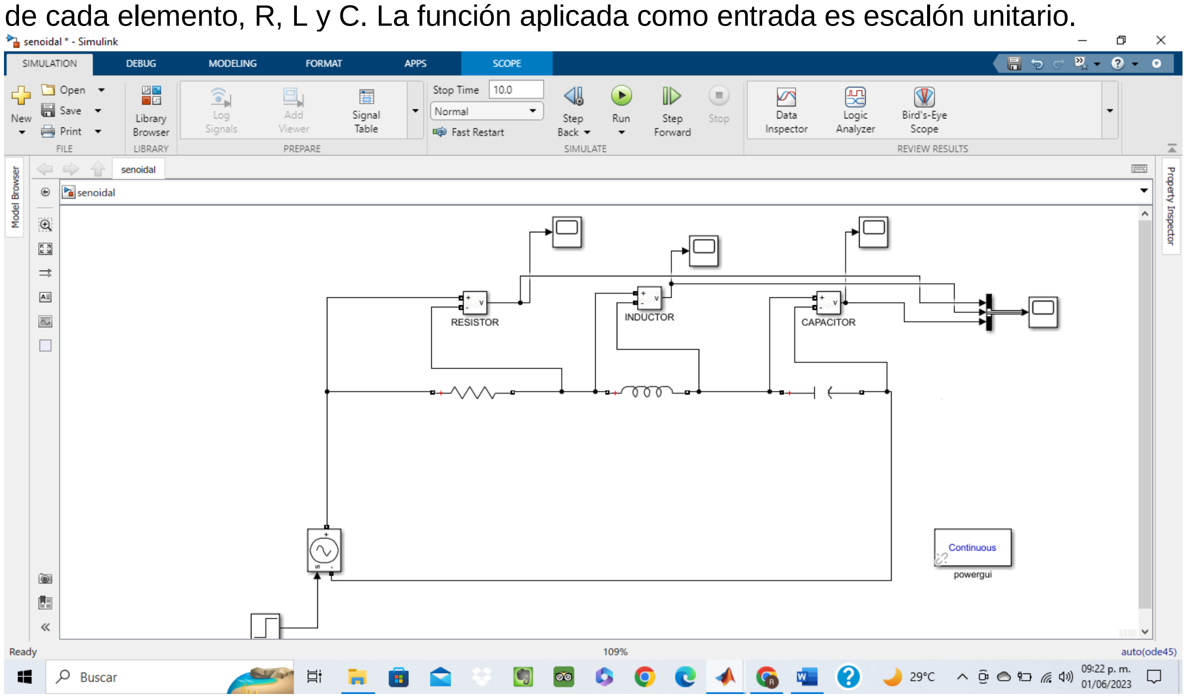
El arreglo de conexiones puede quedar de la siguiente forma:



h) A continuación, se muestra otra forma de aplicar una entrada no sinusoidal, use los bloques Controlled Voltage Source y una función Step.



El siguiente diagrama corresponde al ejemplo del caso Sobre amortiguado; se agregaron más elementos scope para observar el comportamiento independiente de cada elemento, R, L y C. La función aplicada como entrada es escalón unitario.



En la figura 13 se observa el comportamiento de cada elemento al aplicar una función escalón unitario. Al nombrar los bloques de medición, esta etiqueta se conserva en el scope identificando la curva de la resistencia, el inductor y el capacitor.

ok!

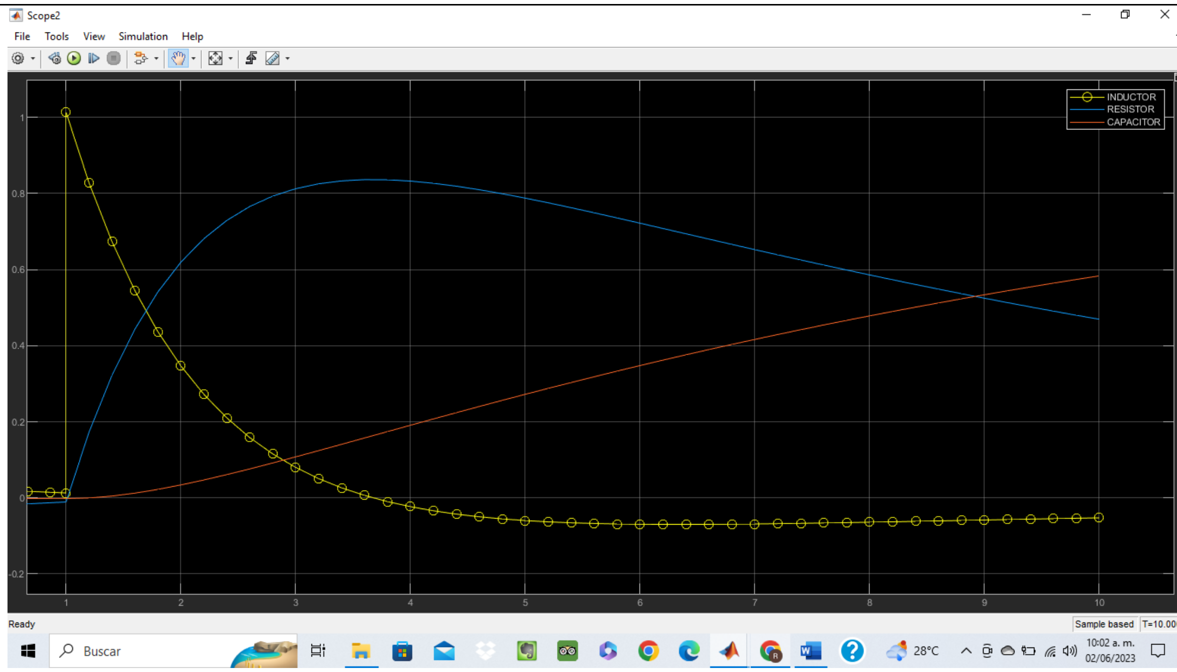
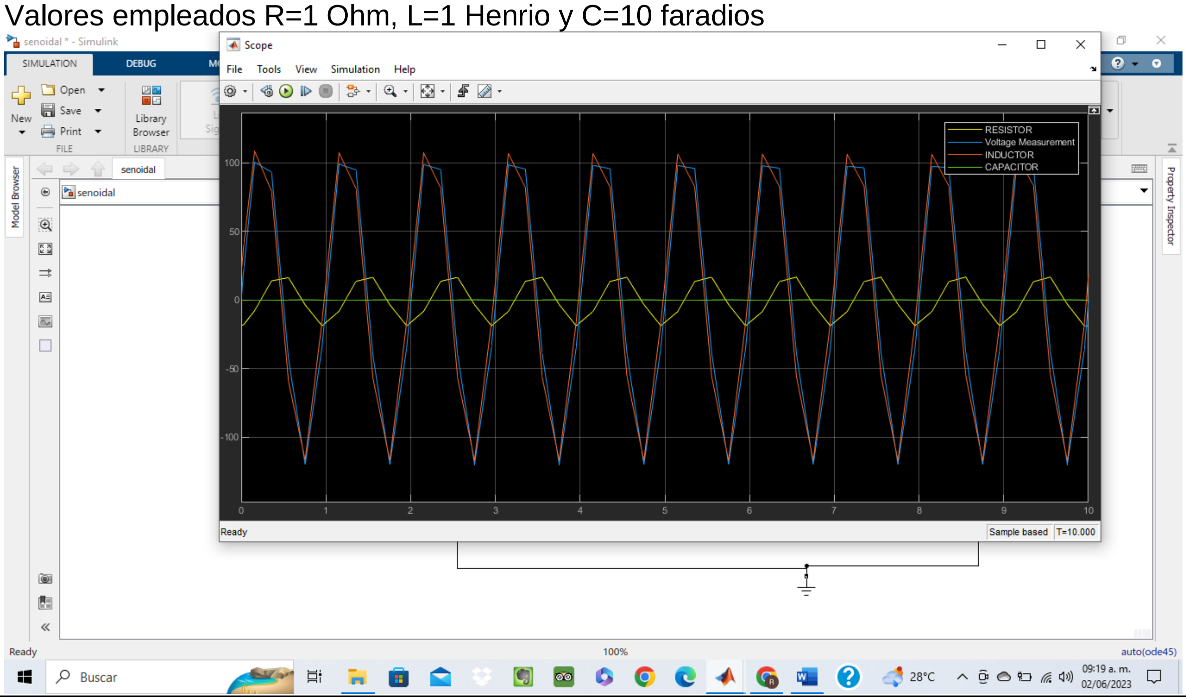


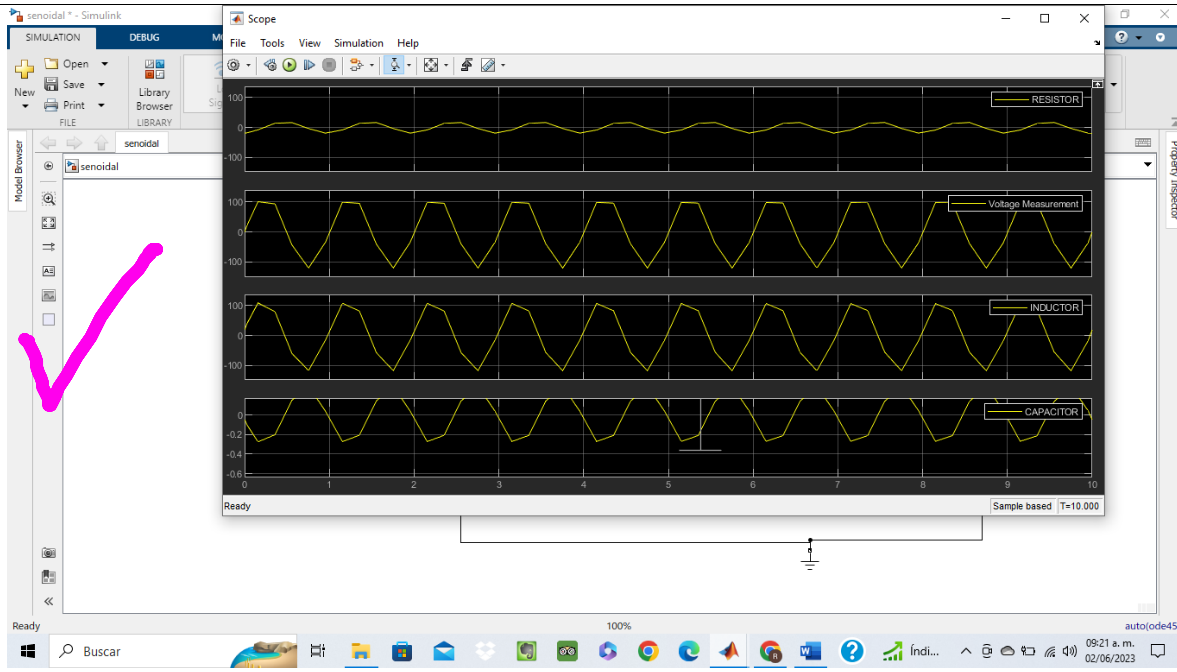
Ilustración 2 Gráfica que muestra el comportamiento del voltaje en los elementos R, L y C ante una entrada

RESULTADOS

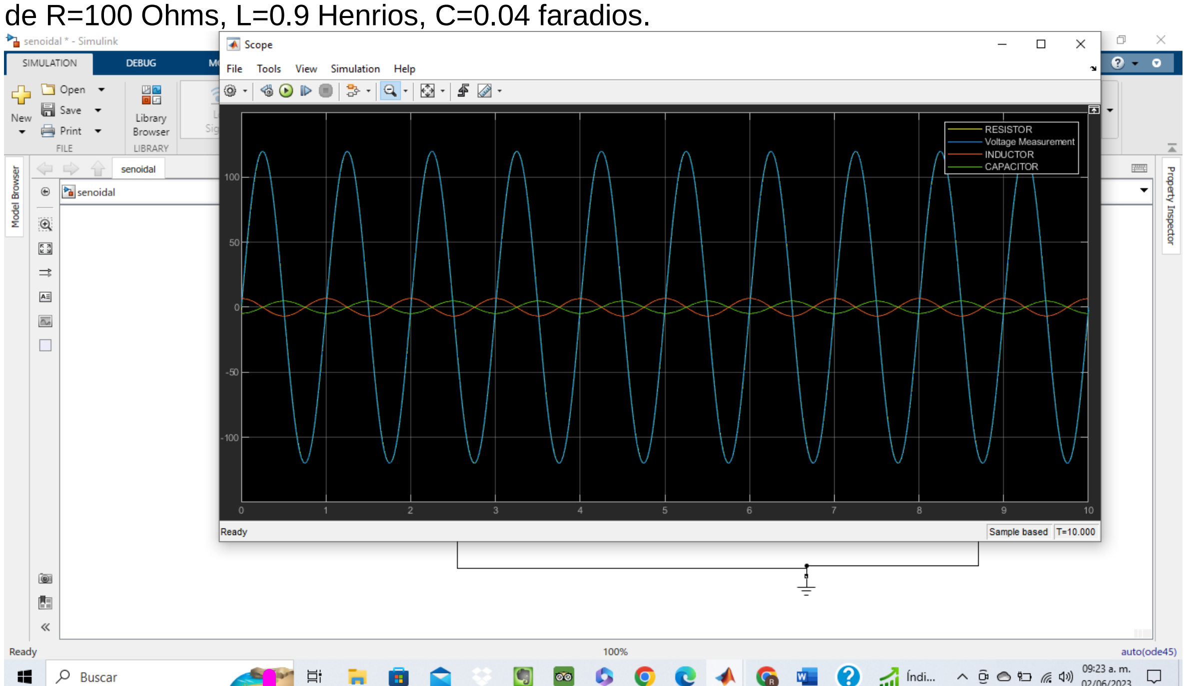
Valores empleados R=1 Ohm, L=1 Henrio y C=10 faradios



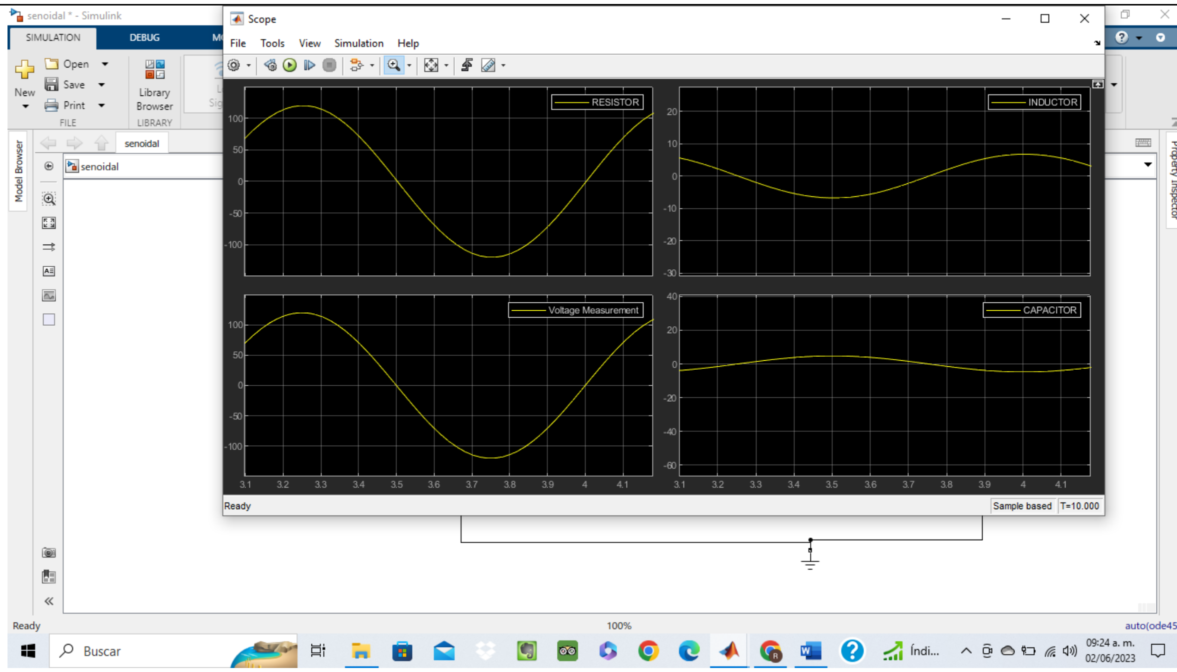
Realicen una descripción más concreta y completa de las gráficas.



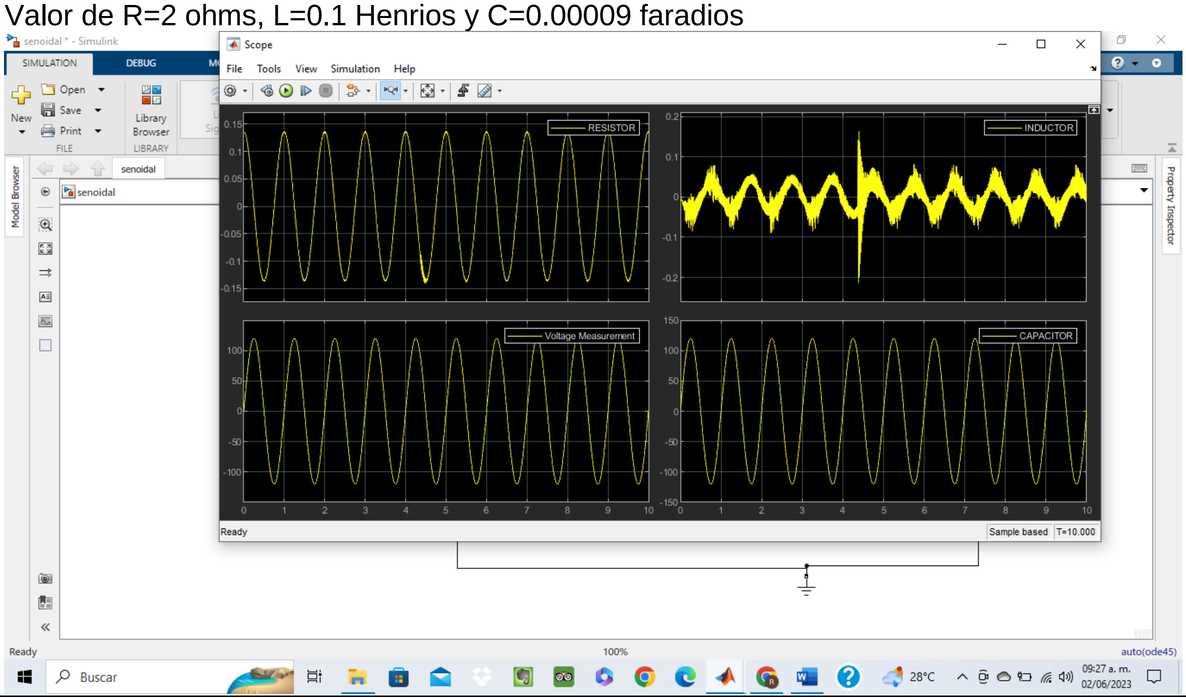
de R=100 Ohms, L=0.9 Henrios, C=0.04 faradios.

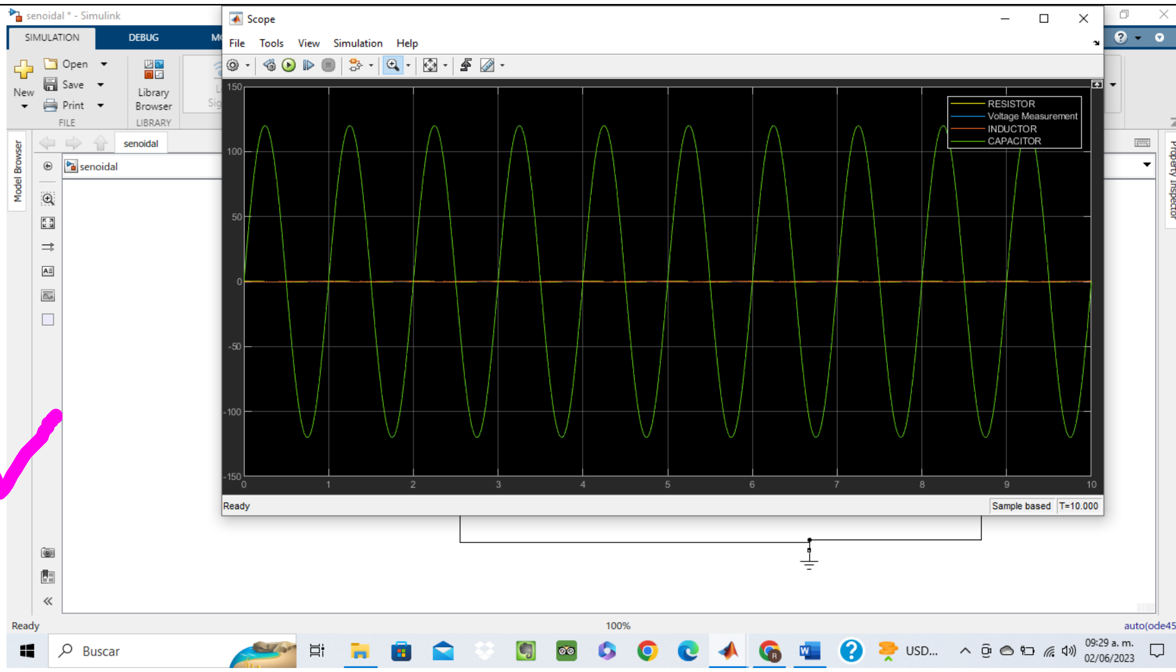


Bien!



Valor de R=2 ohms, L=0.1 Henrios y C=0.00009 faradios





En la figura 13 se observa el comportamiento de cada elemento al aplicar una función escalón unitario. Al nombrar los bloques de medición, esta etiqueta se conserva en el scope identificando la curva de la resistencia, el inductor y el capacitor.

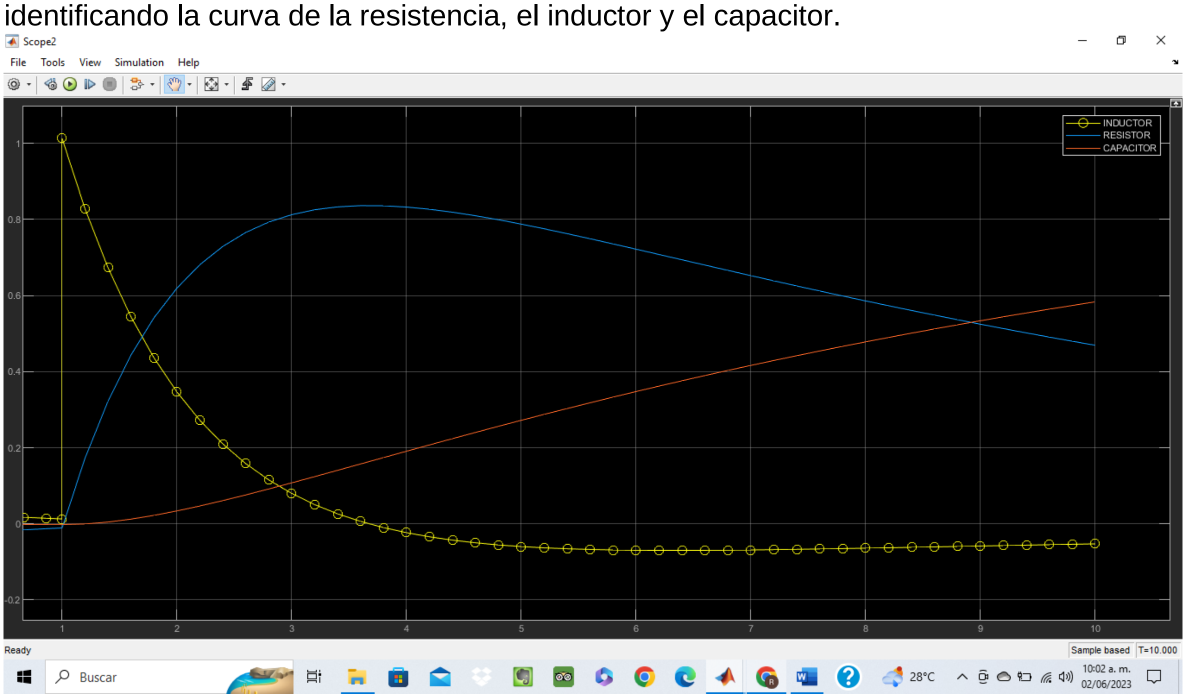


Ilustración 3 Gráfica que muestra el comportamiento del voltaje en los elementos R, L y C ante una entrada

V. Realice los pasos anteriores pero el sistema RLC lo va a conectar en paralelo.Observe el comportamiento del sistema. Escriba sus conclusiones en un reporte de prácticas. Emplee bibliografía especializada (libros) para sustentar su explicación.

Para este caso, el sistema RLC al conectarse en paralelo en Simscape, requiere una resistencia muy pequeña entre la fuente de alimentación y los elementos, por lo que inmediatamente se coloca un R= 0.001 Ohms. Esto es porque al hacer la simulación, sin la resistencia marca error, para la versión 2017b de Matlab.

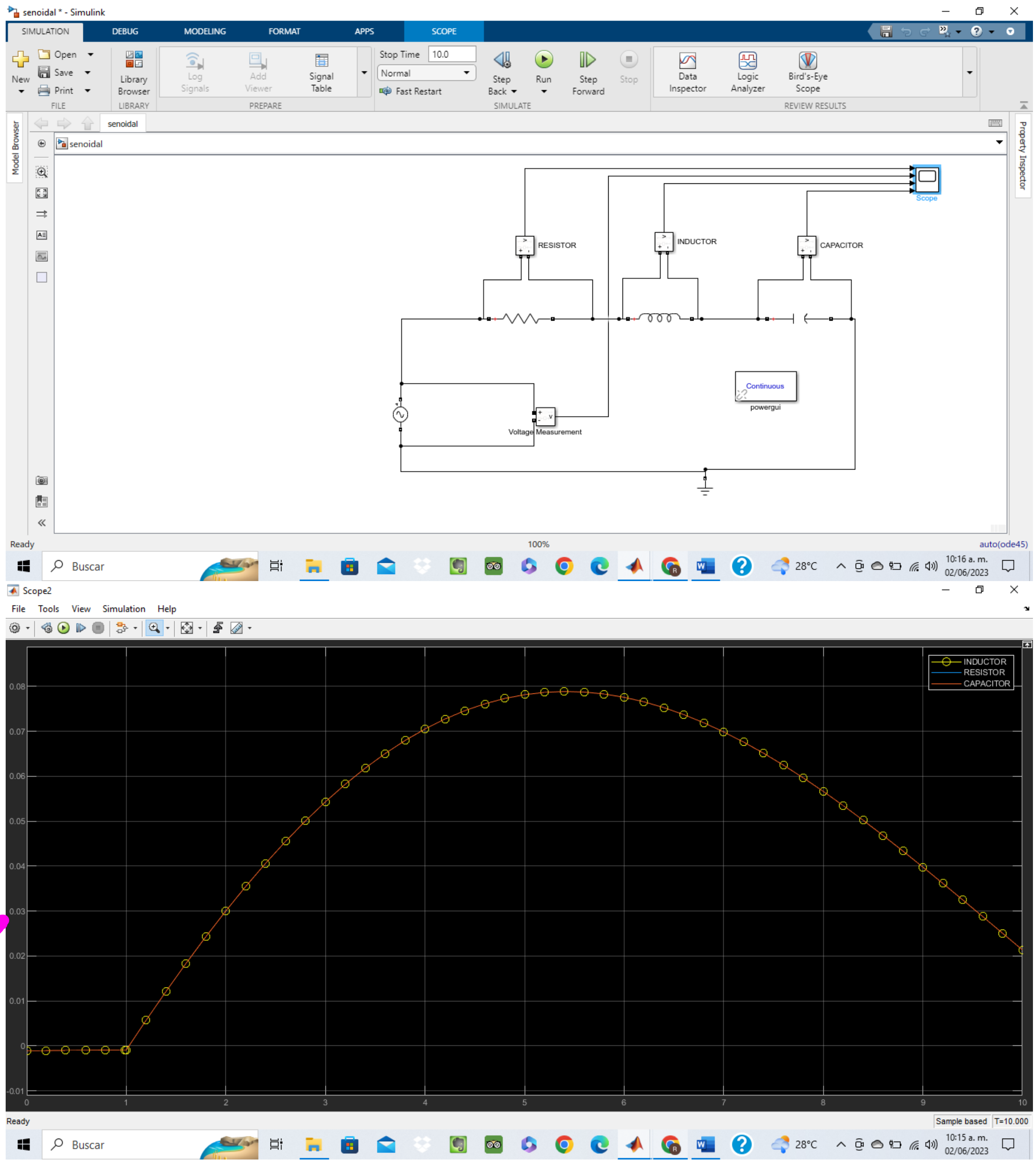


Ilustración 4Figura 17. Gráfica de la respuesta del circuito RLC conexión en paralelo.

OBSERVACIONES

PREGUNTAS Y RESPUESTAS	La respuesta natural de un circuito con un resistor, un inductor y un capacitor (RLC) puede tomar tres formas diferentes, dependiendo de los valores específicos de sus componentes. Existen dos tipos de circuitos RLC, en serie o en paralelo, según la interconexión de los tres tipos de componentes. El comportamiento de un circuito RLC se describe generalmente por una ecuación diferencial de segundo orden (en donde los circuitos RC o RL se comportan como circuitos de primer orden).
CONCLUSIONES Bien!	Con ayuda de un generador de señales, es posible inyectar en el circuito oscilaciones y observar en algunos casos el fenómeno de resonancia, caracterizado por un aumento de la corriente (ya que la señal de entrada elegida corresponde a la pulsación propia del circuito, calculable a partir de la ecuación diferencial que lo rige). Los circuitos RLC son generalmente utilizados para realizar filtros de frecuencias, o de transformadores de impedancia. Estos circuitos pueden entonces comportar múltiples inductores y condensadores: se habla entonces de «red LC». Un circuito LC simple es denominado de segundo orden porque su función de transferencia comporta un polinomio de segundo grado en el denominador.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

INGENIERÍA DE CONTROL CLÁSICO

UNIDAD 3
RESPUESTA DINÁMICA
(CASOS DE ESTUDIO – EJERCICIOS PROPUESTOS)

PROFESORA: MII. BLANCA NICANDRIA RIOS ATAXCA
ALUMNOS:
RODOLFO JARED MORALES HERNANDEZ-191U0135
BERSAIN ADRIAN TAXILAGA MARTINEZ-191U0153
GRUPO: 802-B

SAN ANDRÉS TUXTLA, VER. A 24 DE MAYO DE 2023

ING. CONTROL CLÁSICO

U3. RESPOESTA DINÁMICA EJERCICIOS.

* ¿Cuál es la salida de un sistema cuya FT es la ecuación 1 y que se somete a una entrada tipo escalón unitario en el instante $t=0$?

$$G(s) = \frac{s}{(s+3)^2} \quad \text{ecuación 1.}$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{s}{(s+3)^2} \; ; \; X(s) = \frac{1}{s} \quad \text{escalón unitario}$$

$$\therefore Y(s) = \frac{s}{(s+3)^2} \cdot X(s) = \frac{s}{(s+3)^2} \cdot \frac{1}{s}$$

$$Y(s) = \frac{s}{s(s+3)^2} = \frac{1}{(s+3)^2}$$

$$Y(s) = \frac{1}{(s+3)^2} \; ; \; \frac{1}{(s+3)^2} = \frac{1}{(s+a)^2} \; ; \; a=3$$

$$Y(s) = \frac{1}{(s+3)^2} \qquad \frac{1}{(s+a)^2} \underset{\mathcal{L}}{\overset{\mathcal{L}^{-1}}{\rightleftarrows}} te^{-at}$$

$y(t) = te^{-3t}$; dominio de t de la salida

$$y(0) = 0e^{-3(0)} = 0$$

ING. CONTROL CLÁSICO

U3. RESPUESTA DINÁMICA EJERCICIOS.

* ¿Cuál es la señal de salida de un sistema cuya FT (ecuación 2) se somete a un impulso unitario?

$$G(s) = \frac{2}{(s+3)+(s+4)} \quad \text{ecuación 2.}$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{2}{(s+3)+(s+4)} \; ; \; X(s) = 1 \text{ impulso unitario}$$

$$\therefore Y(s) = \frac{2}{(s+3)+(s+4)} \cdot X(s) = \frac{2}{(s+3)+(s+4)} \cdot 1$$

$$\therefore Y(s) = \frac{2}{(s+3)+(s+4)}$$

$$Y(s) = \frac{2}{s+3+s+4} = \frac{2}{2s+7}$$

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

$$\therefore Y(s) = \frac{1}{s+3.5} \; ; \; \frac{1}{s+3.5} \equiv \frac{1}{s+a} \quad a=3.5$$

$$y(t) = e^{-3.5t}$$

$$\frac{1}{s+a} \underset{\mathcal{L}}{\overset{\mathcal{L}^{-1}}{\rightleftarrows}} e^{-at}$$

SALIDA.

ING. CONTROL CLÁSICO.

03. RESPOESTA DINÁMICA. EJERCICIOS.

* ¿Cuáles son las funciones de transferencia totales de los siguientes sistemas de realimentación negativa?

Sistema con realimentación negativa.

BLOQUES EN SERIE SE MULTIPLICAN

$$\therefore T(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

a) Ruta en sentido directo $G(s) = \frac{4}{s(s+1)}$ y la ruta de realimentación $H(s) = \frac{1}{s}$

$$\therefore T(s) = \frac{\frac{4}{s(s+1)}}{1 + \left(\frac{4}{s(s+1)}\right)\left(\frac{1}{s}\right)} \cdots \frac{\frac{4}{s(s+1)}}{1 + \frac{4}{s^2(s+1)}} =$$

$$= \frac{\frac{4}{s(s+1)}}{\frac{s^2(s+1) + 4}{s^2(s+1)}} = \frac{4 s^2 (s+1)}{s(s+1)\left[s^2(s+1) + 4\right]} =$$

$$\therefore = \frac{4s^3 + 4s^2}{(s^2+s)[s^3+s^2+4]}$$

$$= \frac{4s^3 + 4s^2}{s^5 + s^4 + 4s^2 + s^4 + s^3 + 4s}$$

$$= \frac{4s^3 + 4s^2}{s^5 + 2s^4 + s^3 + 4s^2 + 4s} = \frac{4s^2\cancel{(s+1)}}{s\cancel{(s+1)}[s^2(s+1)+4]}$$

$$= \frac{4s}{s^2(s+1)+4} = \frac{4s}{s^3+s^2+4}$$

$$\therefore G(s) \text{ ó } T(s) = \frac{4s}{s^3+s^2+4}$$ a) ✓

b) Ruta en sentido directo con dos elementos en serie $G_1(s) = \frac{2}{s+2}$ y $G_2(s) = \frac{1}{s}$;

con ruta de realimentación $H(s) = 10$.

$$G_s = G_1(s) \times G_2(s) = \left(\frac{2}{s+2}\right)\left(\frac{1}{s}\right) = \frac{2}{s^2+2s}$$

$$\therefore G(s) = \frac{2}{s(s+2)} \text{ y } H(s) = 10.$$

$$\therefore T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

$$= \frac{\frac{2}{s(s+2)}}{1 + \frac{2}{s(s+2)} \cdot 10} = \frac{\frac{2}{s(s+2)}}{1 + \frac{20}{s(s+2)}}$$

$$= \frac{\frac{2}{s(s+2)}}{\frac{s(s+2)+20}{s(s+2)}} = \frac{2\cancel{[s(s+2)]}}{\cancel{s(s+2)}[s(s+2)+20]}$$

$$= \frac{2}{s(s+2)+20} = \frac{2}{s^2+2s+20}$$

$$\therefore T(s) \text{ ó } G(s) = \frac{2}{s^2+2s+20}$$

b) ✓

ING. CONTROL CLÁSICO

U3. RESPUESTA DINÁMICA. CASOS DE ESTUDIO.

1. Para el siguiente sistema determine qué comportamiento corresponde a la señal de respuesta: sobreamortiguados, críticamente amortiguados, subamartiguados o marginalmente estables (con raíces imaginarias y parte real igual a cero).

$$s^2 + 2\lambda\omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad (i)$$

Sistema:

$$G(s) = \frac{81}{s^2+2s+81}$$

1) Cuantifique los parámetros T_r, T_p, MP y T_s, para ello determine los valores del polinomio característico original. Determine los valores de λ, ω_n, ω, para ello se iguala coeficiente a coeficiente de la ecuación característica (i) con el polinomio a evaluar.

2) Elabore la gráfica de la respuesta del sistema G(s) al aplicar una función escalón unitario, identifique y señale los parámetros calculados T_r, T_p, MP y T_s en ella.

Raíces del polinomio característico (denominador) del sistema G(s).

$$\begin{matrix} s^2 + 2s + 81 \\ As^2 + Bs + C \end{matrix} \Big\rangle \; s_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$

$$s_{1,2} = \frac{-(2) \pm \sqrt{(2)^2 - 4(1)(81)}}{2(1)} = \frac{-2 \pm \sqrt{4-324}}{2}$$

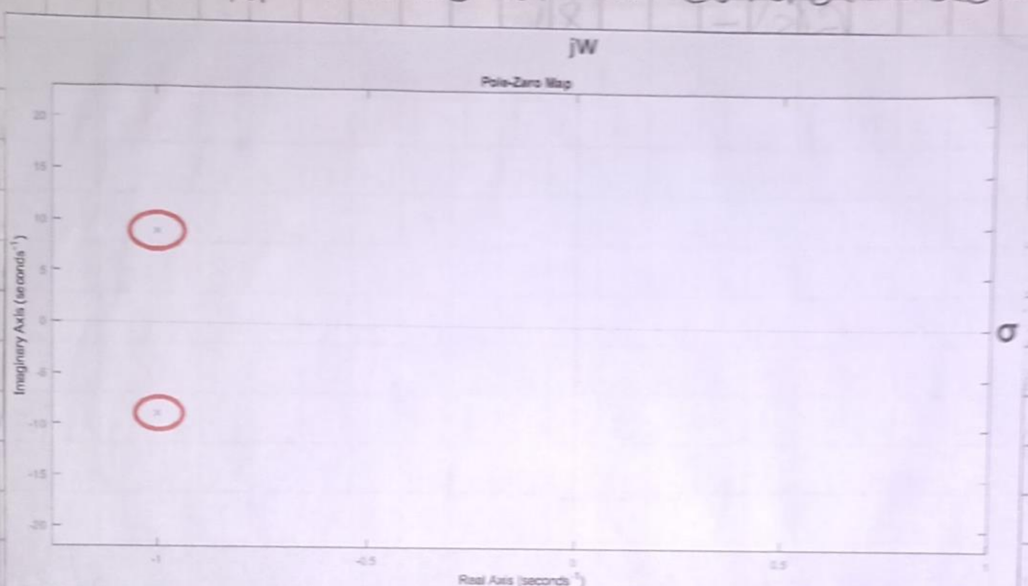
$$= \frac{-2 \pm \sqrt{-320}}{2} = \frac{-2 \pm \sqrt{320}\sqrt{-1}}{2}$$

$$= \frac{-2 \pm 17.8885i}{2} = -1 \pm 8.94425i$$

$\therefore S_1 = -1 + 8.94425i$
$S_2 = -1 - 8.94425i$

CASO SUBAMORTIGUADO
Las raíces son complejas y conjugadas.
fact de amortiguamiento < 1.

*La parte real de los polos se ubica en el lado izquierdo del eje σ (del plano S), por lo que de forma intuitiva se supone que el sistema tiende a la estabilidad.



Plano complejo **S** y ubicación de los polos.

1) Término independiente $\omega_n^2 = 81 \therefore \omega_n = \underline{9}$

Término en S corresponde a $2\lambda\omega_n \rightarrow 2(9)\lambda = 2$

$\therefore \lambda = 2/18 = 1/9$; que es el amortiguamiento del sistema.

fact amortiguamiento $\lambda = 1/9$
$\lambda < 1$; caso subamortiguado

$\omega = \omega_n\sqrt{1-\lambda^2} \longrightarrow$

$\longrightarrow \omega = (9)\sqrt{1-(1/9)^2} = (9)\sqrt{1-0.012345}$
$= (9)\sqrt{0.987655}$
$= (9)(0.9938)$
$\therefore \omega = 8.94427$

Tiempo elevación $T_r = \dfrac{2.5\lambda + 0.8}{\omega}$

$T_r = \dfrac{2.5(1/9)+0.8}{8.94427} = 0.1205$ seg

Tiempo pico $T_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\lambda^2}} = \dfrac{\pi}{\omega}$

$T_p = \dfrac{\pi}{8.94427} = 0.35124$ seg
es el tiempo en que se presenta la máxima amplitud.

Tiempo de asentamiento $T_s = \dfrac{4}{\lambda\omega_n}$ } criterio del 2%

$T_s = \dfrac{4}{(1/9)(9)} = \dfrac{4}{1} = 4$ seg

Máximo pico de sobre impulso MP:

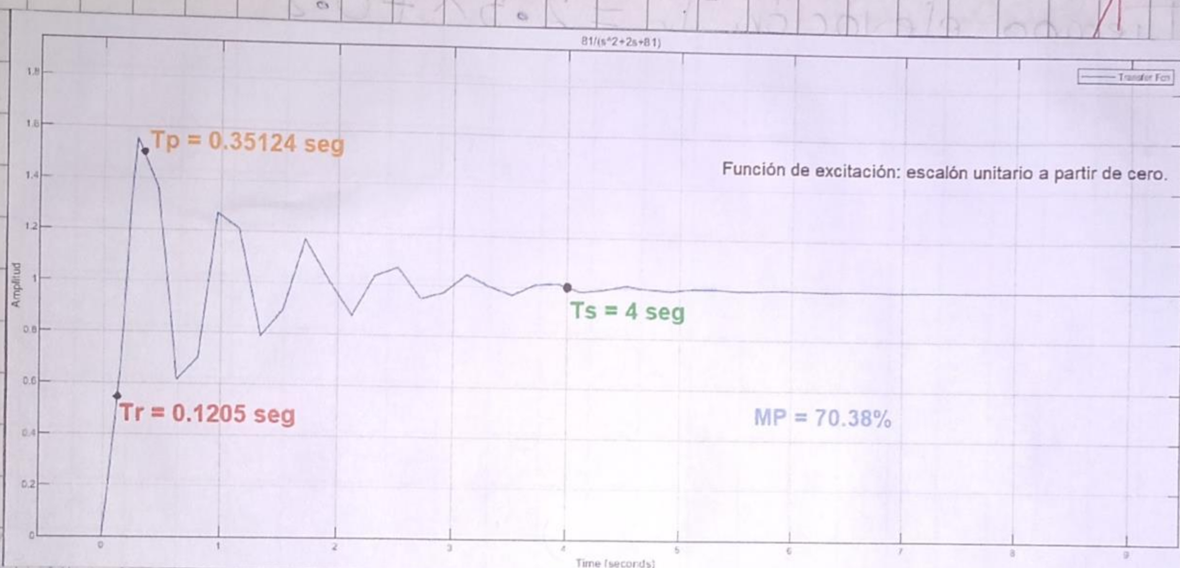
$MP = \dfrac{y_{máx}(t) - y(\infty)}{y(\infty)} = e^{-\lambda\pi/\sqrt{1-\lambda^2}}$

$MP = e^{-1/9\pi/\sqrt{1-(1/9)^2}} \longrightarrow MP = e^{\frac{-0.349065}{\sqrt{1-0.012345}}}$

$$MP = e^{\frac{-0.349065}{\sqrt{0.987655}}} = e^{\frac{-0.349065}{0.99380833}}$$

$$MP = e^{-0.35123976} = 0.703815$$

$$\therefore MP = 0.7038 \rightarrow 70.38\%$$



Comportamiento del sistema G(s) subamortiguado.

En este sistema, la respuesta si llega al valor de referencia que es uno (escalón unitario); pero antes de alcanzar la referencia en su mayor estabilidad se dan varios picos que sobrepasan la referencia (>1) y tienden a oscilaciones variadas (no estabilidad), hasta que alrededor de los 4 seg se da un asentamiento (Ts) y el sistema alcanza y mantiene la total estabilidad (referencia de 1). En el cálculo de los parámetros se tiene algo de coincidencia con la gráfica obtenida (casi en su totalidad). Aun así se requiere un controlador para minimizar oscilasc.

ING. CONTROL CLÁSICO

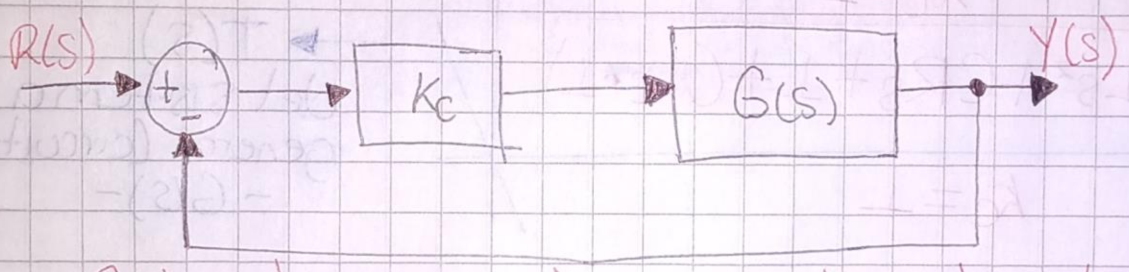
U3. RESPUESTA DINÁMICA. CASOS DE ESTUDIO.

11. Para el sistema eléctrico -circuito RLC serie- calcular los siguientes parámetros; en lazo cerrado con ganancia unitaria:

- Tiempo de elevación T_r
- Tiempo de pico máximo T_p
- Máximo sobreimpulso MP
- Tiempo de asentamiento T_s

Se deben analizar los tres casos que se presentan: sobreamortiguada, subamortiguado y críticamente amortiguado.

Circuito RLC serie $\rightarrow G(s) = \dfrac{1}{CLs^2 + CRs + 1}$



G(s) en lazo cerrado con realimentación unitaria y ganancia del sistema $K_C = 1$.

$$\text{Lazo cerrado} = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G}{1+GH} \text{ ; donde } H = 1$$

(realimentación unitaria).

$$G = \frac{K_C \cdot 1}{CLs^2 + CRs + 1} \quad y \quad H = 1$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = T(s) = \frac{\dfrac{K_C \cdot 1}{CLs^2 + CRs + 1}}{1 + \left(\dfrac{K_C \cdot 1}{CLs^2 + CRs + 1}\right)(1)} = \ldots$$

$$\frac{\dfrac{K_C \cdot 1}{CLs^2+CRs+1}}{1+\dfrac{K_C \cdot 1}{CLs^2+CRs+1}} = \frac{\dfrac{K_C \cdot 1}{CLs^2+CRs+1}}{\dfrac{CLs^2+CRs+1+(K_C \cdot 1)}{CLs^2+CRs+1}}$$

$$= \frac{(K_C \cdot 1)\cancel{(CLs^2+CRs+1)}}{\cancel{(CLs^2+CRs+1)}\left[CLs^2+CRs+1+(K_C \cdot 1)\right]}$$

$$= \frac{K_C \cdot 1}{CLs^2+CRs+1+(K_C \cdot 1)}$$

$T(s)$ del sistema general (circuito RLC) $-G(s)-$

$K_C = 1$

$$\frac{1 \cdot 1}{CLs^2+CRs+1+(1 \cdot 1)} = \frac{1}{CLs^2+CRs+1+1}$$

$$\therefore T(s) = \frac{1}{CLs^2+CRs+2}$$

Función Transf. del sistema RLC con $K_C = 1$ y realimentaci.

1er caso: CASO SOBREAMORTIGUADO ($\lambda > 1$)

$R = 1\,\Omega$, $L = 1\,H$ y $C = 10\,F$

Las raíces son números reales y distintos.
No hay oscilación en el sistema.

$$T(s) = \frac{1}{(10)(1)s^2 + (10)(1)s + 2} = \frac{1}{10s^2 + 10s + 2}$$

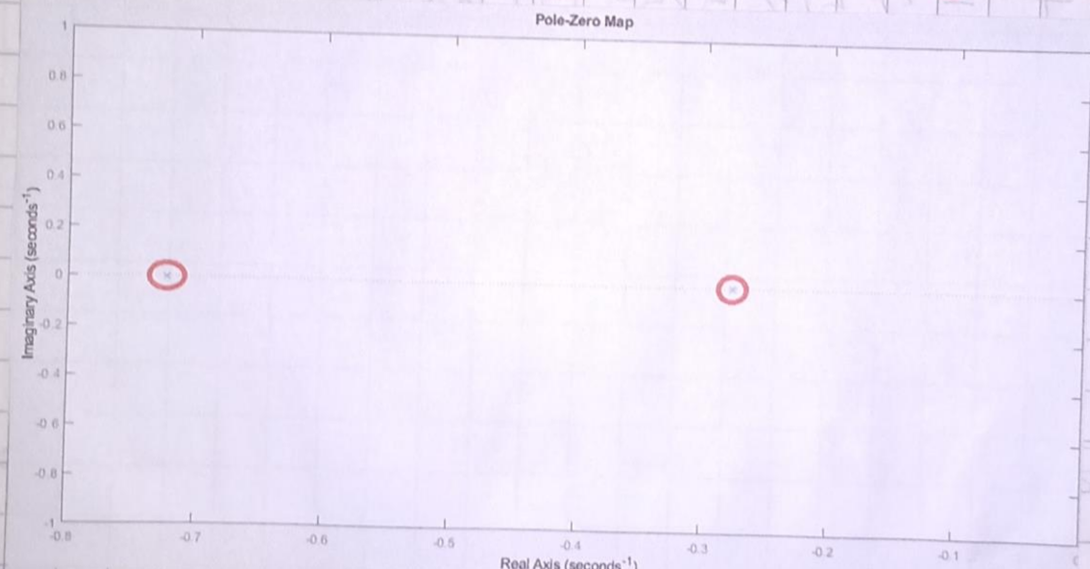
$$*10s^2 + 10s + 2*$$
$$As^2 + Bs + C$$

$$S_{1,2} = \frac{-(10) \pm \sqrt{(10)^2 - 4(10)(2)}}{2(10)} = \frac{-10 \pm \sqrt{100-80}}{20}$$

$$= \frac{-10 \pm \sqrt{20}}{20} = \frac{-10 \pm 4.4721359}{20}$$

$S_1 = -0.276393$ y $S_2 = -0.72360$

Las raíces son reales y distintas $(\lambda > 1)$



Plano complejo S y ubicación de los polos.

Término independiente $\omega_n^2 = 2 \therefore \omega_n = 1.4142$

Término en S corresponde a $2\lambda\omega_n \rightarrow 2\lambda(1.4142) = 10$

$\lambda 2.8284 = 10 \therefore \lambda = 10/2.8284$

$\therefore \lambda = 3.5355$ (factor de amortiguamiento)

$\omega = \omega_n \sqrt{1-\lambda^2} \longrightarrow$

$$\omega = 1.4142\sqrt{1-(3.5355)^2}$$
$$= 1.4142\sqrt{1-12.499}$$
$$= 1.4142\sqrt{-11.499}$$
$$= 1.4142\sqrt{11.499}\sqrt{-1}$$
$$= (1.4142)(3.3910)i$$
$$\omega = 4.7955i$$

Tiempo elevación $T_r = \dfrac{2.5\lambda + 0.8}{\omega}$

$$T_r = \frac{2.5(3.5355)+0.8}{4.7955i} = 2.0099i \text{ s}$$

Tiempo pico $T_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\lambda^2}} = \dfrac{\pi}{\omega}$

$$T_p = \frac{\pi}{4.7955i} = 0.655i \text{ s}$$

Tiempo de asentamiento $T_s = \dfrac{4}{\lambda\omega_n}$ } criterio del 2%

$$T_s = \frac{4}{(3.5355)(1.4142)} = \frac{4}{4.999} = 0.800 \text{ s}$$

Máximo pico de sobre impulso MP:

$$MP = e^{-\lambda\pi/\sqrt{1-\lambda^2}} = e^{-3.5355\pi/\sqrt{1-(3.5355)^2}}$$

$$MP = e^{-11.1071/\sqrt{1-12.499}}$$
$$= e^{-11.1071/\sqrt{-11.499}}$$
$$= e^{-11.1071/\sqrt{11.499}\sqrt{-1}}$$
$$= e^{-11.1071/3.3910i}$$
$$MP = e^{-3.27546i}$$

CASO SOBREAMORTIGUADO ANTE UNA FUNCIÓN DE EXCITACIÓN ESCALÓN UNITARIO.

2do Caso: CASO SUBAMORTIGUADO. $(\lambda < 1)$

$R = 10\ \Omega$, $L = 1\ H$ y $C = 0.04\ F$

Las raíces son números complejos y conjugados.

$$T(s) = \frac{1}{(0.04)(1)s^2 + (0.04)(10)s + 2} = \frac{1}{0.04s^2 + 0.4s + 2}$$

$$*0.04s^2 + 0.4s + 2*$$

$$As^2 + Bs + C$$

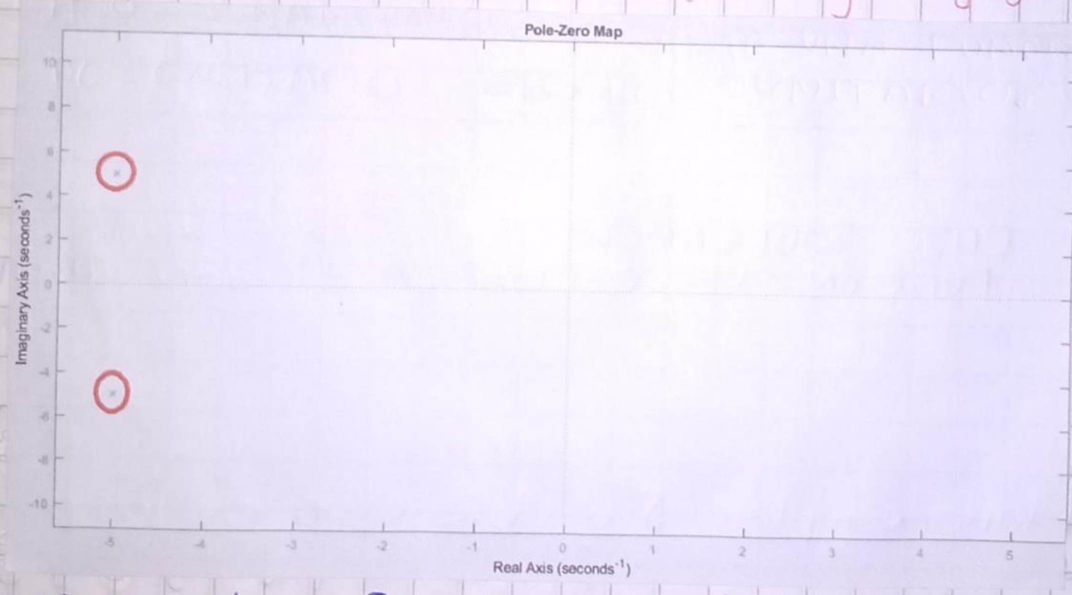
$$S_{1,2} = \frac{-(0.4) \pm \sqrt{(0.4)^2 - 4(0.04)(2)}}{2(0.04)}$$

$$S_{1,2} = \frac{-0.4 \pm \sqrt{0.16 - 0.32}}{0.08} = \frac{-0.4 \pm \sqrt{-0.16}}{0.08}$$

$$S_{1,2} = \frac{-0.4 \pm \sqrt{0.16}\sqrt{-1}}{0.08} = \frac{-0.4 \pm 0.4i}{0.08}$$

$S_1 = -5 + 5i$ y $S_2 = -5 - 5i \longrightarrow (\lambda < 1)$

Las raíces son números complejos y conjugados.



Plano complejo S y ubicación de los polos.

Término independiente $\omega_n^2 = 2 \therefore \omega_n = 1.4142$

Término en S corresponde a $2\lambda\omega_n \longrightarrow$

$\longrightarrow 2\lambda(1.4142) = 0.4$

$2.8284\lambda = 0.4$

$\lambda = 0.4/2.8284$

$\lambda = 0.1414227$

$\omega = \omega_n\sqrt{1-\lambda^2} \longrightarrow \omega = 1.4142\sqrt{1-(0.1414227)^2}$

$\longrightarrow \omega = 1.4142\sqrt{1-0.0200}$

$\omega = 1.4142\sqrt{0.98} = 1.4142(0.98995)$

$\omega = 1.3999$

$$T_r = \frac{2.5\lambda + 0.8}{\omega} = \frac{2.5(0.1414227) + 0.8}{1.3999}$$

$\therefore T_r = 0.8240$ seg

$$T_p = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi}{1.3999} \quad \therefore T_p = 2.24415 \text{ seg}$$

$$T_S = \frac{4}{\lambda\omega_n} \Big\} \text{criterio del } 2\%$$

$$T_S = \frac{4}{(0.1414227)(1.4142)} = \frac{4}{0.19999}$$

$\therefore T_S = 20.0010$ seg

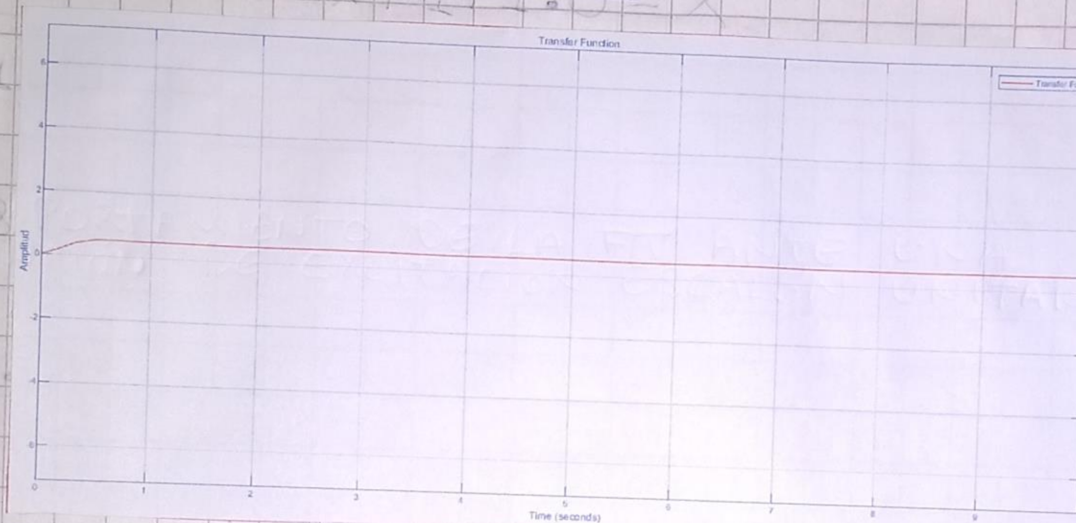
Máximo pico de sobre impulso MP:

$$MP = e^{-\lambda\pi/\sqrt{1-\lambda^2}} = e^{-0.1414227\pi/0.98995}$$

$$MP = e^{-0.4442925/0.98995}$$

$$MP = e^{-0.44880} = 0.63839$$

$$\therefore MP = 63.839\%$$



CASO SUBAMORTIGUADO ANTE UNA FUNCIÓN DE EXCITACIÓN ESCALÓN UNITARIO.

3er caso: CASO CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO. $\lambda = 1$

$R = 2\,\Omega$, $L = 0.1$ H y $C = 0.00009$ F

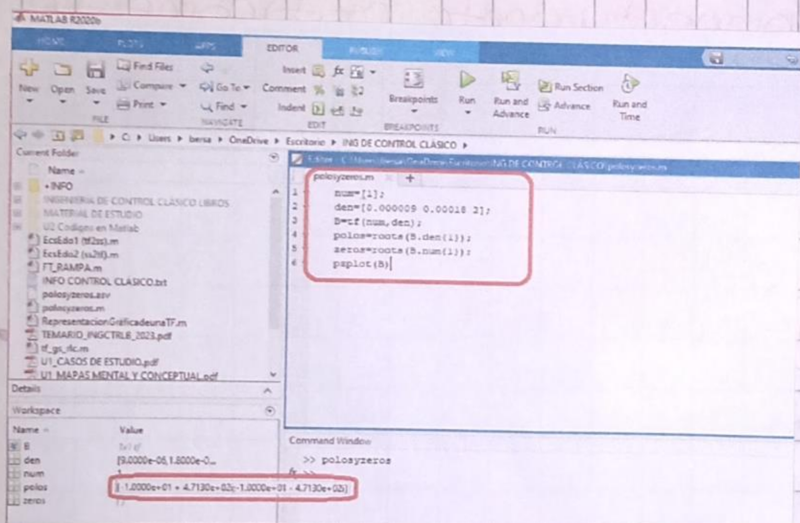
Las raíces son números reales e iguales.

$$T(S) = \frac{1}{CLs^2 + CRs + 2} = \frac{1}{(0.00009)(0.1)s^2 + (0.00009)(2)s + 2}$$

$$T(S) = \frac{1}{0.000009s^2 + 0.00018s + 2}$$

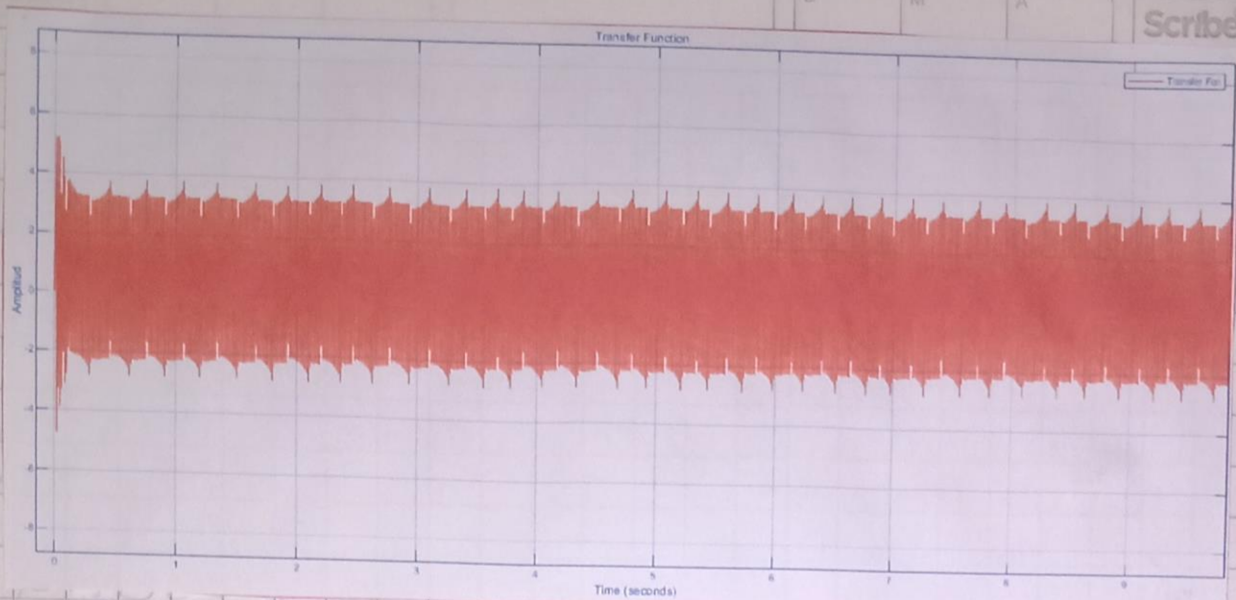
Al emplear estos valores de R, L y C proporcionados por la maestra no se obtiene una FT resultante que nos de las raíces reales e iguales

*Lo anterior se comprobó en el script de Matlab; introduciendo los valores del numerador y denominador de la FT para calcular las raíces de las misma y así se comprobó que no se cumple el caso críticamente amortiguado.
Por ello no se prosigue con la obtención de los parámetros Tr, Tp, Ts y MP dado que al igual un polinomio característico de la forma Ax^2+Bx+C no presenta raíces iguales en su solución. Se anexan evidencias:



Script de Matlab.

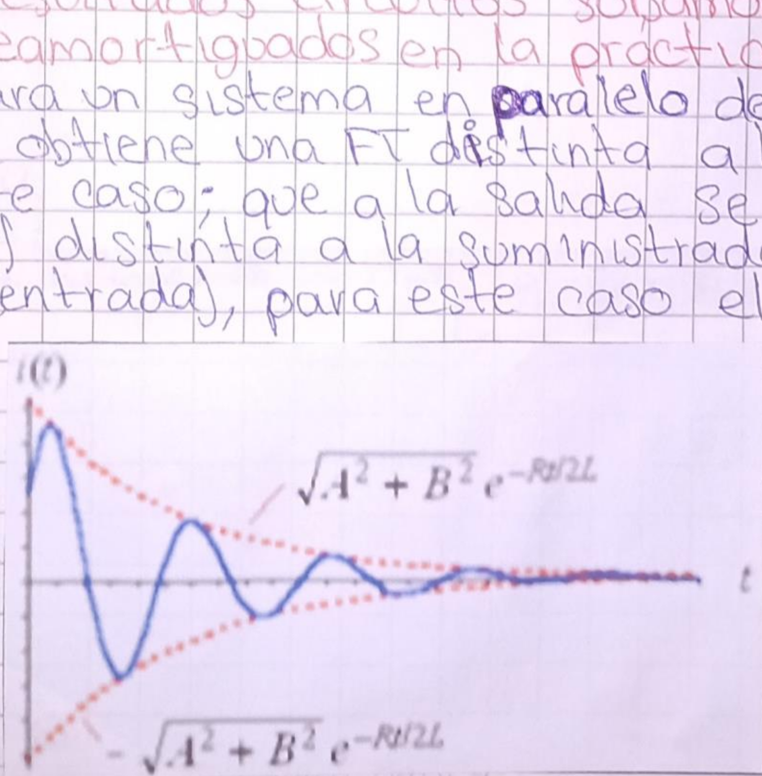
Plano complejo S y ubicación de los polos.



COMPORTAMIENTO DE LA FT ANTE UNA FUNCIÓN DE EXCITACIÓN ESCALÓN UNITARIO.

En la práctica, el comportamiento críticamente amortiguado no es posible, debido a que no se pueden conseguir valores para la constante de amortiguamiento (λ) y la frecuencia de resonancia iguales, por lo tanto, siempre se tendrán como resultados circuitos subamortiguados y sobreamortiguados en la práctica.

Por otro lado, para un sistema en paralelo del circuito RLC, se obtiene una FT distinta a la estudiada en este caso; que a la salida se tendría una $i(t)$ distinta a la suministrada por la fuente (entrada), para este caso el comportamiento general de la $i(t)$ de un circuito críticamente amortiguado, se representaría así:



ING. CONTROL CLÁSICO

U3. RESPUESTA DINÁMICA. CASOS DE ESTUDIO.

III. Concluir el análisis del caso de estudio del sistema de orden superior visto en clase. (SISTEMA DE ORDEN 5).

$$G(s) = \frac{(s+4)(s^2+1.5s+54.2)}{(s+1)(s+2)(s+0.1)(s^2+15.2s+54)} \stackrel{?}{=}$$

$$\frac{s^3+5.5s^2+60.2s+216.8}{s^5+18.3s^4+103.42s^3+202.56s^2+127.24s+10.8}$$

Calculamos las raíces (polos y ceros) de la FT llamada G(S), empleando el script de Matlab:

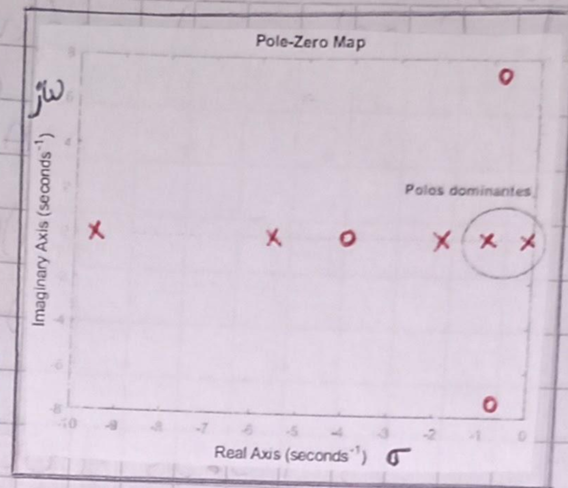
```
num=[1 5.5 60.2 216.8];
den=[1 18.3 103.42 202.56 127.24 10.8];
B = tf(num,den);
polos=roots(B.den{1});
zeros=roots(B.num{1});
pzplot(B)
```

Los polos y ceros de la FT llamada G(s) obtenidos son:

polos:	ceros:
$S_1=-9.5391$ $(s^2+15.2s+54)$	$-0.7500+7.3238i$
$S_2=-5.6609$ $(s^2+15.2s+54)$	$-0.7500-7.3238i$
$S_3=-2.0000$ $(s+2)$	$-4.0000+0.0000i$
$S_4=-1.0000$ $(s+1)$	
$S_5=-0.1000$ $(s+0.1)$	

Los polos dominantes son raíces reales negativas (S_4 y S_5) se encuentran más próximas al eje imaginario ($j\omega$). $\longrightarrow$ CASO SOBREAMORTIGUADO.

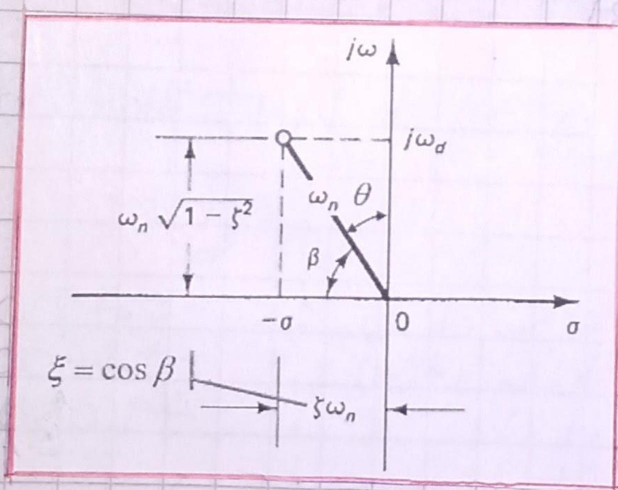
Gráfica de la ubicación de polos y ceros de la FT llamada G(S) de orden 5., en el plano complejo $S\ (\sigma + j\omega)$. →



* En el caso sobreamortiguado, las raíces son números reales y son distintas; no hay oscilación en el sistema. $\lambda > 1$ *

A partir del polinomio generado por los términos $(s+1)(s+0.1) = s^2 + 1.1s + 0.1$, que son los polos dominantes; calcular los parámetros:

- Tiempo de elevación T_r
- Tiempo de pico máximo T_p $= n$
- Máximo sobreimpulso MP
- Tiempo de asentamiento T_s



Ubicación de los parámetros: factor de amortiguamiento λ; frecuencia natural ω_n y frecuencia natural amortiguada ω_d, en el plano complejo $S\ (\sigma + j\omega)$.

Polinomio característico: $s^2 + 1.1s + 0.1$

-Término independiente $\omega_n^2 = 0.1 \therefore \omega_n = 0.316$

Término en s corresponde a $2\lambda\omega_n \rightarrow 2\lambda(0.316) = 1.1$

$\therefore \lambda(0.632) = 1.1 \rightarrow \lambda = 1.1/0.632$

$\lambda = 1.7405$; amortiguamiento del sistema

$\lambda > 1$; caso sobreamortiguado.

$$\omega = \omega_n\sqrt{1-\lambda^2} = (0.316)(\sqrt{1-(1.7405)^2})$$
$$= 0.316(\sqrt{1-3.02934})$$
$$= 0.316(\sqrt{-2.02934})$$
$$= 0.316(\sqrt{2.02934}\sqrt{-1})$$
$$= 0.316(1.424549i)$$
$$\therefore \omega = 0.450157i$$

Tiempo de elevación $T_r = \dfrac{2.5\lambda + 0.8}{\omega}$

$$T_r = \frac{2.5(1.7405) + 0.8}{0.450157i} = 11.4432298i \text{ s}$$

Tiempo pico $T_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\lambda^2}} = \dfrac{\pi}{\omega}$

$$T_p = \frac{\pi}{0.450157i} = 6.978882i \text{ s}$$

Tiempo de asentamiento $T_s = \dfrac{4}{\lambda\omega_n}$ } criterio del 2%

$$T_S = \frac{4}{(1.7405)(0.316)} = \frac{1}{0.549998}$$

$$T_S = 7.27275372 \text{ s al } 2\%$$

Máximo pico de sobreimpulso MP:

$$MP = \frac{y_{máx}(t) - y(\infty)}{y(\infty)} = e^{-\lambda\pi/\sqrt{1-\lambda^2}}$$

$$MP = e^{-1.7405\pi/\sqrt{1-(1.7405)^2}}$$

$$MP = e^{-5.467942/\sqrt{1-3.02934}}$$

$$MP = e^{-5.467942/\sqrt{-2.02934}} = e^{-\frac{5.467942}{\sqrt{2.02934}\,i}}$$

$$MP = e^{-5.467942/1.424549i} = e^{-3.838367i}$$

Gráfica que corresponde a la respuesta del sistema de orden superior (orden 5); al aplicar una Función de excitación (entrada) escalón unitario.

<table>
<tr><td colspan="7">INGENIERIA DE CONTROL CLÁSICO</td></tr>
<tr><td colspan="7">LISTA DE COTEJO PARA CASOS DE ESTUDIO Y EJERCICIOS 50 %</td></tr>
<tr><td colspan="7">INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA</td></tr>
<tr><td colspan="7">U3 RESPUESTA DINÁMICA</td></tr>
<tr><td colspan="2">NOMBRE DEL DOCENTE: Blanca N. Rios Ataxca</td><td colspan="5">FECHA: 24 Mayo de 2023</td></tr>
<tr><td colspan="7">NOMBRE DE (LOS) ALUMNO (S): Bersain Adrian Taxilaga Martinez – 191U0153 y Rodolfo Jared Morales Hernandez - 191U0135</td></tr>
<tr><td colspan="7">TEMA DE ESTUDIO: SISTEMAS DE PRIMER ORDEN</td></tr>
<tr><td colspan="7">INSTRUCCIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="7">Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">VALOR DEL REACTIVO %</td><td rowspan="2">CARATERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)</td><td colspan="2">CUMPLE</td><td></td><td rowspan="2">OBSERVACIONES</td></tr>
<tr><td>SI</td><td>NO</td><td>%REAL</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Tema a desarrollar, lugar y fecha de entrega.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1</td><td>Redacción: Tipo de letra arial. Título en mayúsculas No. 12, Subtítulos en mayúsculas No. 11, Nombres de tablas y figuras No.10, contenido en minúsculas No.12, interlineado de 1.15).</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2
2
2</td><td>✓ El trabajo contiene los ejercicios propuestos para su resolución.
✓ Aplica los conocimientos relacionados con la identificación de una función de transferencia expresada como función directa o con realimentación.
✓ Aplica una función de entrada (ESCALÓN, RAMPA, IMPULSO) a la G(s) y desarrolla el ejercicio matemático hasta obtener la respuesta de salida del sistema.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2
2</td><td>- Comprende el concepto de función de transferencia conexión directa y en realimentación.
- Identifica la realimentación en una FT y expresa el término correctamente al relacionar la señal de salida con la señal de entrada.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>✓ El desarrollo lo realiza mostrando el procedimiento matemático necesario paso a paso.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Puntualidad y Limpieza y. Uso de su creatividad para reunir y organizar la información, manejo de imágenes. Evite copiar y pegar el trabajo de otro compañero o compañera.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Medios de presentación: Utiliza software u otras herramientas como libreta de apuntes, hojas blancas y fotografía digital del trabajo, para presentar la actividad.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

EJERCICIOS PROPUESTOS					
VALOR DEL REACTIVO %	CARATERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO)	CUMPLE			OBSERVACIONES
		SI	NO	%REAL	
4 4 4	✓ El trabajo contiene los ejercicios propuestos para su resolución. ✓ Aplica los conocimientos relacionados con la identificación de una función de transferencia de segundo orden. ✓ Identifica los parámetros que se observan en la gráfica de la respuesta obtenida al aplicar una función escalón unitario como señal de entrada.				
4 4 4	- Identifica los parámetros λ (ξ), ω_n, ω (ω_d) **en la FT.** - Identifica la FT y cuantifica los parámetros Tr, Tp, MP y Ts. - Realiza la gráfica de la respuesta de la FT del sistema y nombra los parámetros Tr, Tp, MP y Ts en ella.				
2	✓ El desarrollo lo realiza de forma manual o empleando software (Matlab) y otras herramientas digitales para simulación, por lo que el trabajo presenta el procedimiento matemático necesario.				
2	**Puntualidad y Limpieza** y. Uso de su creatividad para reunir y organizar la información, manejo de imágenes. Evite copiar y pegar el trabajo de otro compañero o compañera.				
2	**Medios de presentación:** Utiliza software u otras herramientas como libreta de apuntes, hojas blancas y fotografía digital del trabajo, para presentar la actividad.				
30	**CALIFICACIÓN**				