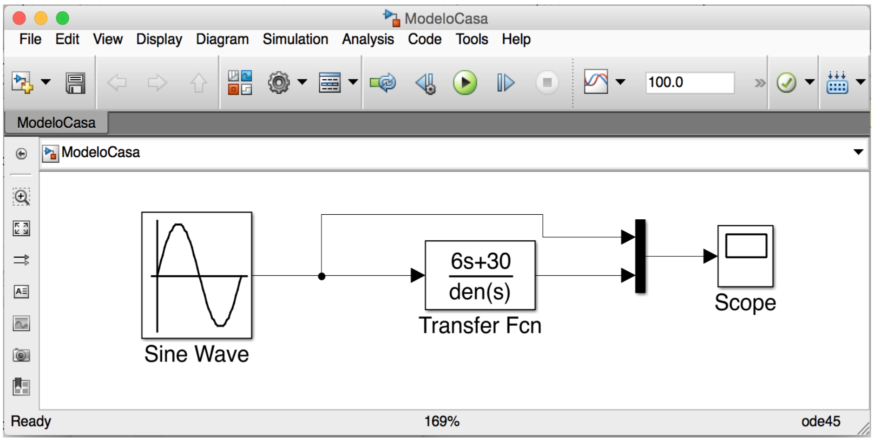
Práctica nº 7

Preparación de la práctica

IMPORTANTE: El diagrama de Bode que vamos a realizar no se correponde con el de la práctica. Sin embargo, la metodologia seguida para obtenerlo es la misma que la que tenemos que seguir con nuestra planta.

1. Construir un proyecto Simulink como el de la siguiente figura, que se adjunta con el guion:



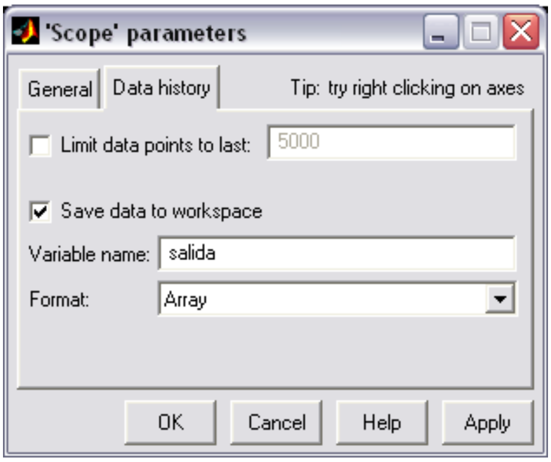
2. Como se dijo en el apartado de la realización, tendremos que ejecutar el modelo para distintas frecuencias de la señal de entrada desde 0.1 rad/s hasta 10 rad/s. Para ello, podemos utilizar el siguiente procedimiento:

   Elegir en el Scope la opción de almacenar los valores en una variable del espacio de trabajo, y mediante un pequeño programa de Matlab obtener automáticamente

   i. la amplitud de la entrada.
   ii. la amplitud de la salida.
   iii. el desfase entre la señal de entrada y la señal de salida.

   Para almacenar en una matriz los valores de las amplitudes de las señales de entrada y salida así como el tiempo en el que tienen lugar, hacemos doble click sobre el bloque *Scope* del proyecto Simulink y abrimos la ventana Parameters en el botón correspondiente.

   En la pestaña *Data History* de la ventana que se nos ha abierto marcamos la casilla *Save data to workspace* y seleccionamos una nombre para la matriz con los datos en *Variable name*, por ejemplo, salida.



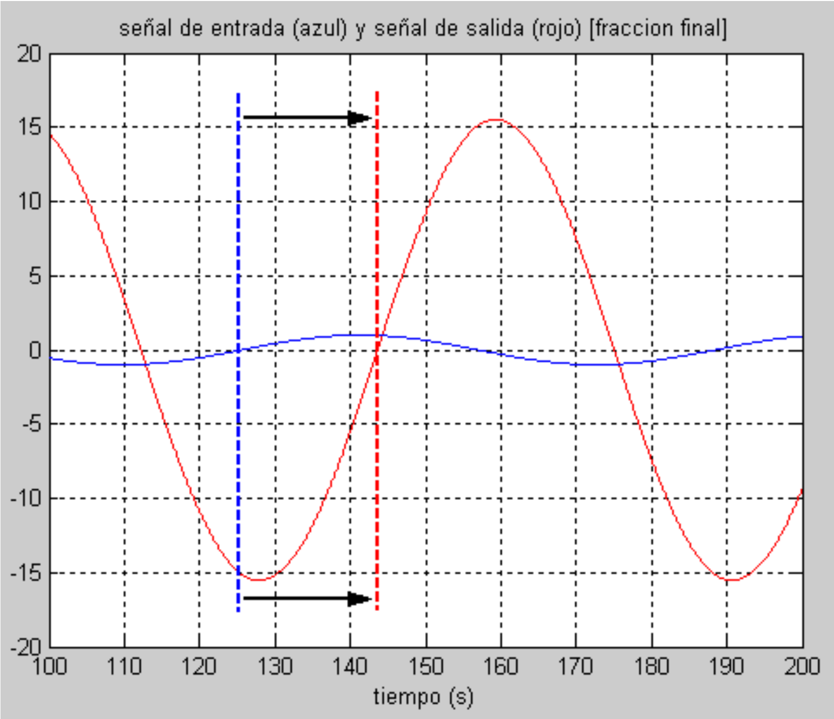
Ya podemos trabajar en Matlab con una variable con este nombre que corresponde a una matriz que posee bastantes filas y tres columnas. La primera de estas columnas es el vector de tiempos, los valores de la segunda son las amplitudes de la señal de entrada y en la tercera se encuentran los de la señal de salida.

Ahora solo nos queda desarrollar un pequeño programa con Matlab para poder tratar estos datos y así obtener automáticamente lo que vamos buscando para cada una de las frecuencias. Podemos utilizar el comando ***ginput*** para elegir el valor de los puntos en la grafica.

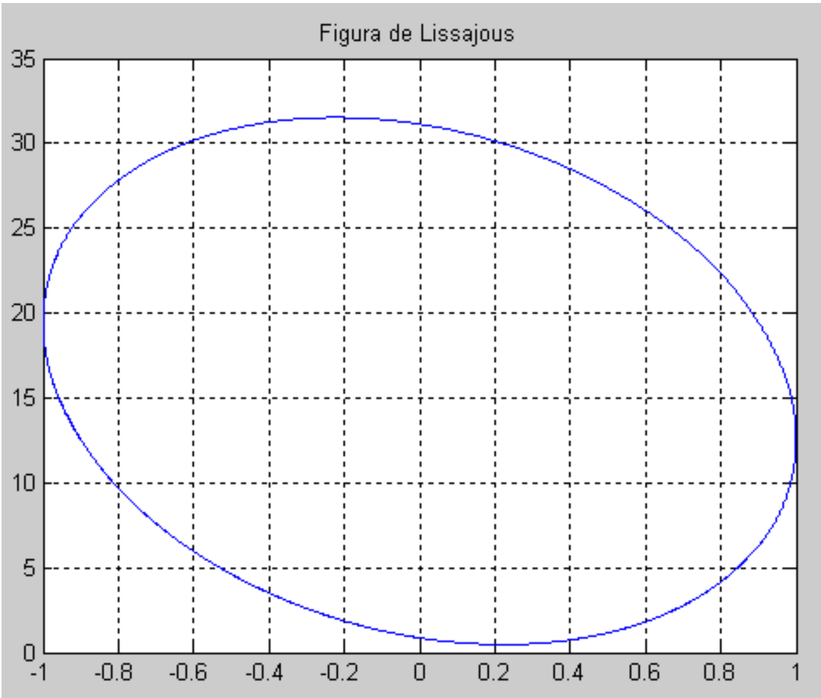
```
plot(salida(:,1),salida(:,2)) %Dibuja la
entrada
plot(salida(:,1),salida(:,3)) %Dibuja la salida
plot(salida(:,2),salida(:,3)) %Dibuja Lissajous
v=ginput(2) %Usuario coge dos puntos de la
grafica
```

Un aspecto importante a tener en cuenta es que el desfase solo da valores en el intervalo [0º,90º] (no da el signo ni cubre el rango [0º,360º]). Por lo tanto, a la hora de calcular el desfase final para el diagrama de Bode hay que comparar si la señal de entrada adelanta o retrasa a la de salida, y hacer las correcciones necesarias.

Para 0.1 rad/s:



De la representación conjunta de la entrada y la salida, y fijándonos en los cortes de ambas señales con el eje horizontal cuando van subiendo, se observa que es desfase está entre -90º y -180º. Además la figura de Lissajous nos indica que el desfase se encuentra en el cuadrante 2º o en el 3º:



El programa nos da un desfase en grados de 77.05º. Por tanto, el desfase real es igual a -180 + 77.05 = -102.95º.

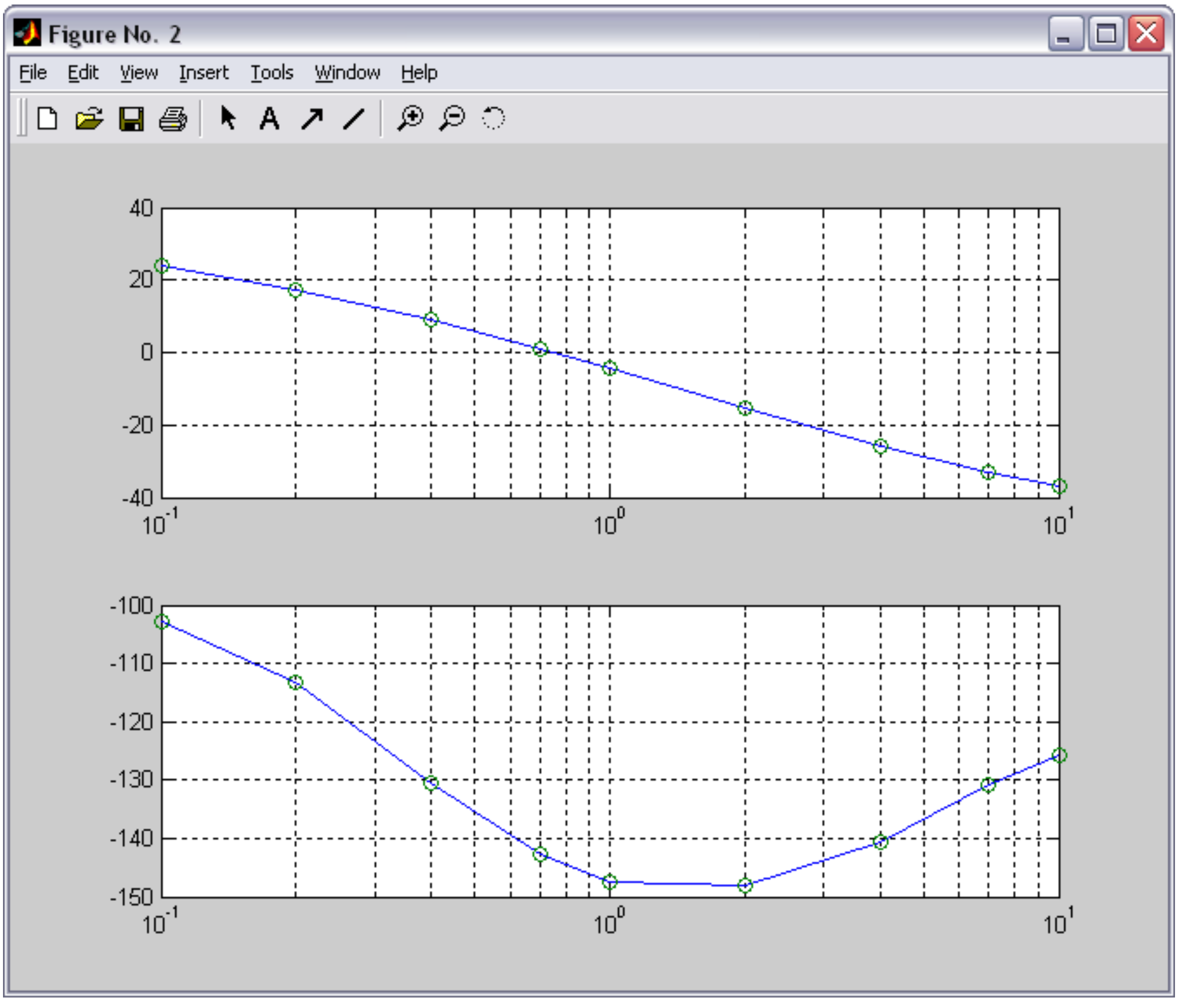
La siguiente tabla muestra los resultados para distintas frecuencias utilizando la anterior función.

Frecuencias (rad/s)	Módulo de G(jw)	Argumento de G(jw)

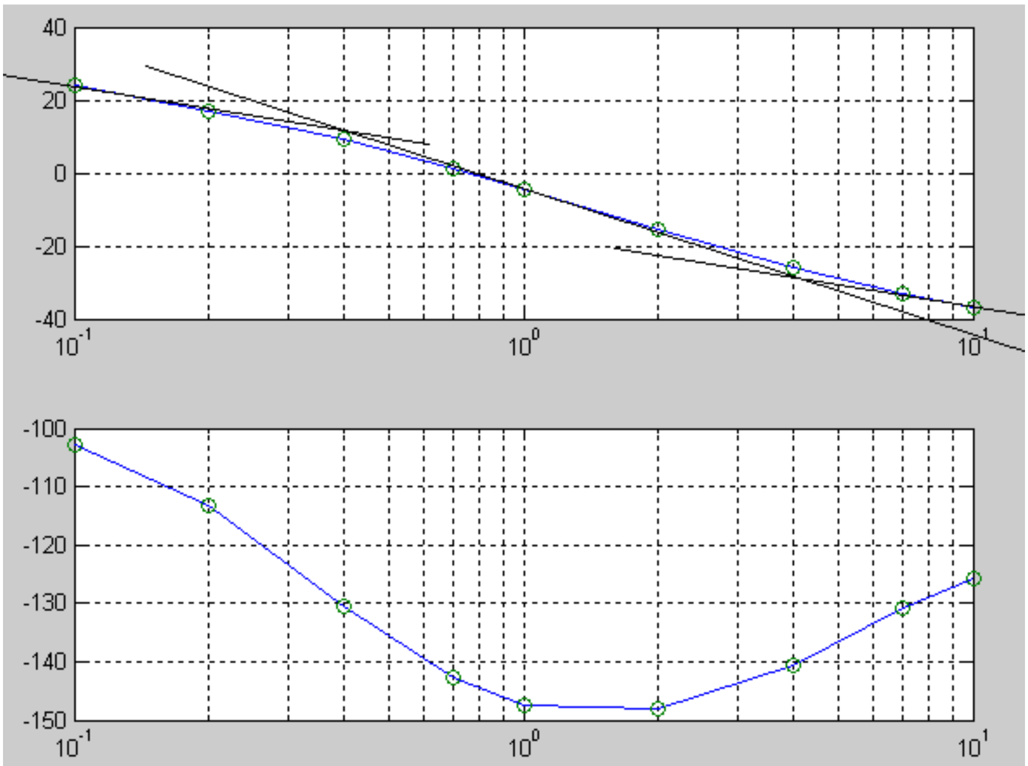
0.1	15.5254	- 102.95º
0.2	7.1612	- 113.38º
0.4	2.8375	- 130.65º
0.7	1.1452	- 142.68º
1.0	0.6061	- 147.42º
2.0	0.1691	- 148.05º
4.0	0.0510	- 140.68º
7.0	0.0225	- 130.66º
10.0	0.0143	- 125.82º

3. Con la tabla de valores obtenidos, representar el diagrama de Bode del sistema y utilizar dicho diagrama para identificar la función de transferencia del sistema. Superponer gráficamente el diagrama de Bode obtenido experimentalmente con el diagrama de Bode teórico del sistema identificado con el fin de poder compararlos y ver si coinciden. De no ser así, modificar la ganancia y los ceros y/o polos del sistema hasta que el diagrama teórico se ajuste al experimental:

```
w=[0.1 0.2 0.4 0.7 1 2 4 7 10]';
mag=[15.5254 7.1612 2.8375 1.1452 0.6061 0.1691
0.0510 0.0225 0.0143]';
fase=[-102.95 -113.38 -130.65 -142.68 -147.42
-148.05 -140.68 -130.66 -125.82]';
figure
subplot(2,1,1)
semilogx(w,20*log10(mag),w,20*log10(mag),'o')
grid on
subplot(2,1,2)
semilogx(w,fase,w,fase,'o')
grid on
```



Trazamos sobre el diagrama de Bode las rectas de pendientes -20 dB/dec, -40 dB/dec ... que creamos necesarias. En este caso es suficiente con dos rectas de -20 dB/dec y otra de -40 dB/dec. Las situamos sobre la gráfica de las magnitudes:



De las representaciones podemos deducir que:

- La caída de la gráfica de magnitudes a bajas frecuencias es de -20 dB/dec y la fase parece que parte de -90º. Por tanto, se trata de un sistema de **tipo 1** (tiene **un polo en el origen**).
- Hay **un polo** con parte real negativa: la magnitud desciende la pendiente en 20 dB/dec situándose en -40 dB/dec y la fase tiende a descender en 90º hasta -180º.
- Hay **un cero** con parte real negativa: la magnitud sube la pendiente en 20 dB/dec para volver a -20 dB/dec y la fase vuelve a ascender.

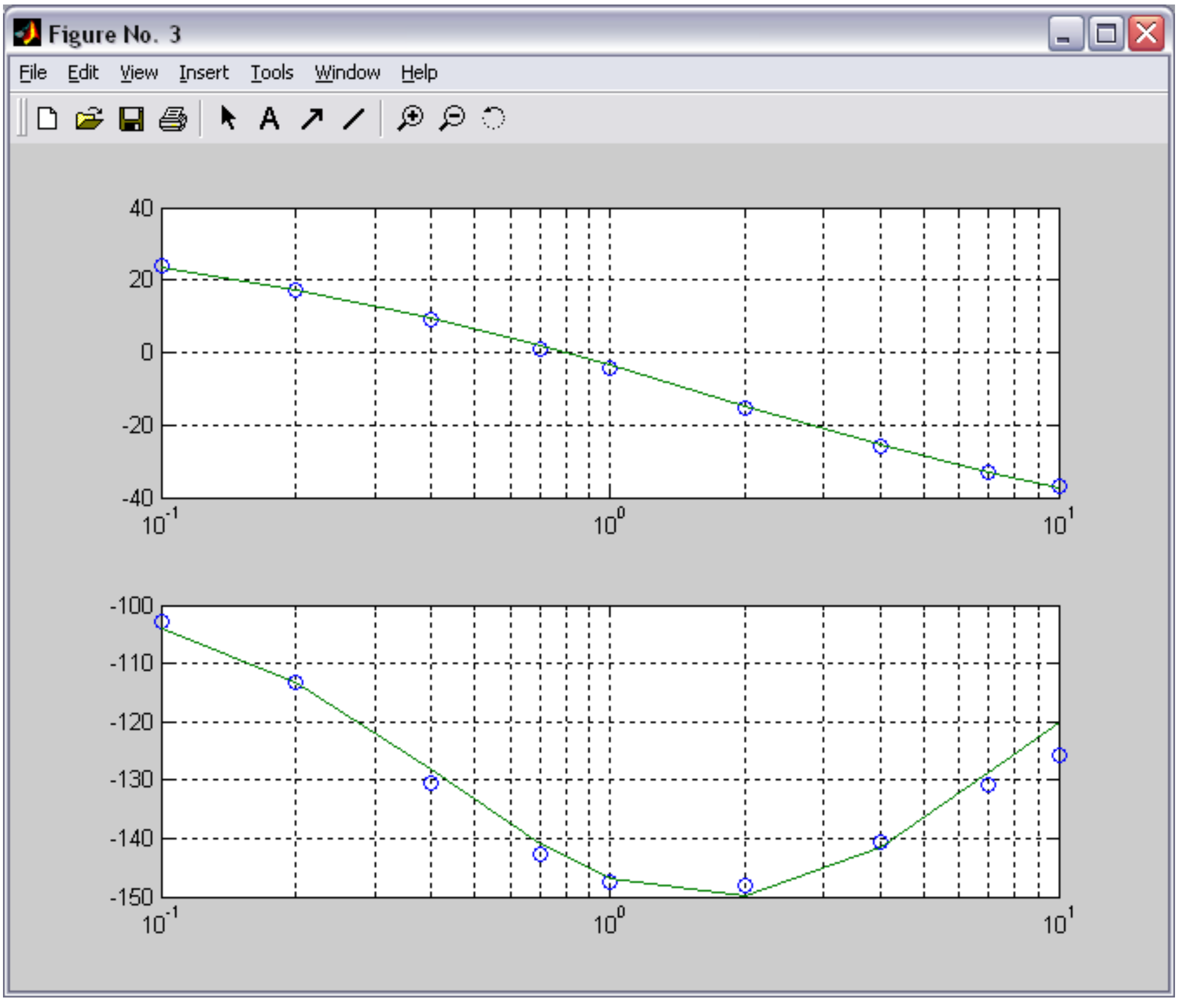
Según esto, podemos concluir que tenemos un sistema con **un cero** y **dos polos**.

Obtenemos la función de transferencia teórica por medio del siguiente programa:

```
ordNum=1;
ordDen=2;
cmp=mag.*exp(j*fase*pi/180);
[numajus,denajus]=invfreqs(cmp,w,ordNum,ordDen);
sys=tf(numajus,denajus);
```

Superponemos el diagrama de Bode obtenido experimentalmente (el de las figuras anteriores) con el teórico (a partir de la función de transferencia *sys*):

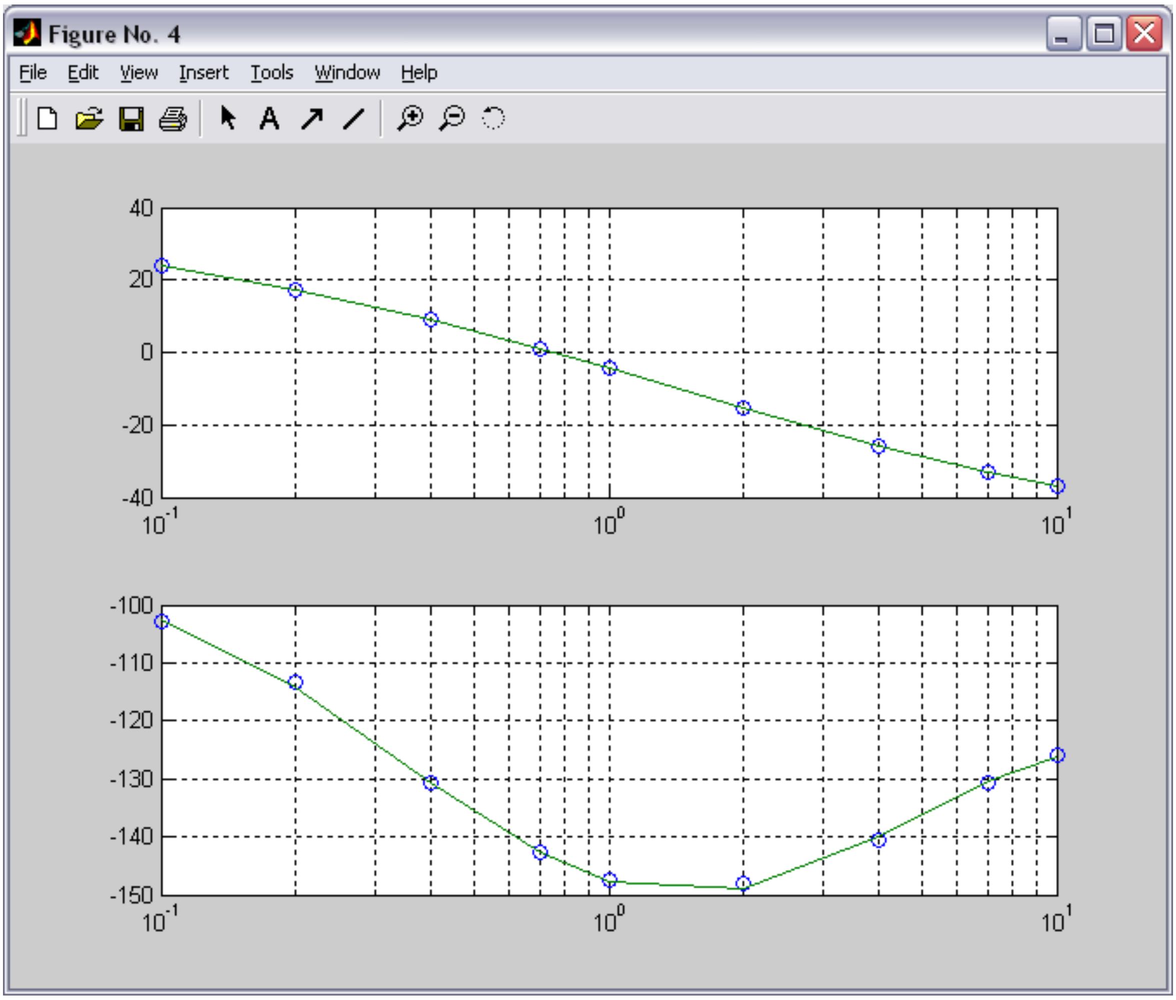
```
[mm,ff]=bode(sys,w);
mm=squeeze(mm);
ff=squeeze(ff);
figure
subplot(2,1,1)
semilogx(w,20*log10(mag),'o',w,20*log10(mm))
grid on
subplot(2,1,2)
semilogx(w,fase,'o',w,ff)
grid on
```



Parece que nuestras estimaciones no han sido del todo acertadas, ya que ambos diagramas de Bode no coinciden exactamente. Esto puede deberse a que nuestro diagrama de Bode experimental lo hemos obtenido en un rango de frecuencias acotado, debido en parte, a las limitaciones a la hora de tomar los datos en tiempo real. Por ello, tendremos que realizar un ajuste fino posterior.

En la representación anterior se observa que la representación de la fase teórica tiende a irse por encima de los puntos experimentales a frecuencias altas. Podemos pensar entonces que falta un polo con parte real negativa que baje la curva. Probamos con un sistema con **un cero** y **tres polos**, en lugar de los dos anteriores.

```
ordNum=1;
ordDen=3;
```



El ajuste entre los Bodes experimental y teórico parece ahora adecuado. La función de transferencia del sistema sería entonces:

```
sys

Transfer function:
            6.016 s + 29.41
-----------------------------------
s^3 + 46.27 s^2 + 18.49 s + 0.01179
```