Trabajo Práctico N°5

Alumno: Matías Patricio Arévalo

Docente: Dr. Ing. Julián Pucheta

Cátedra: Control Óptimo

Institución: Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca

Año: 2025

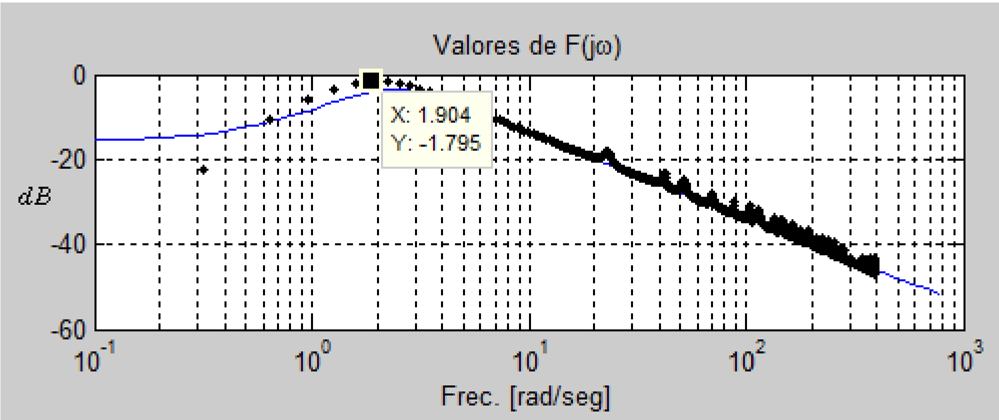
Mínimos cuadrados para la identificación de sistemas lineales

Se pide:

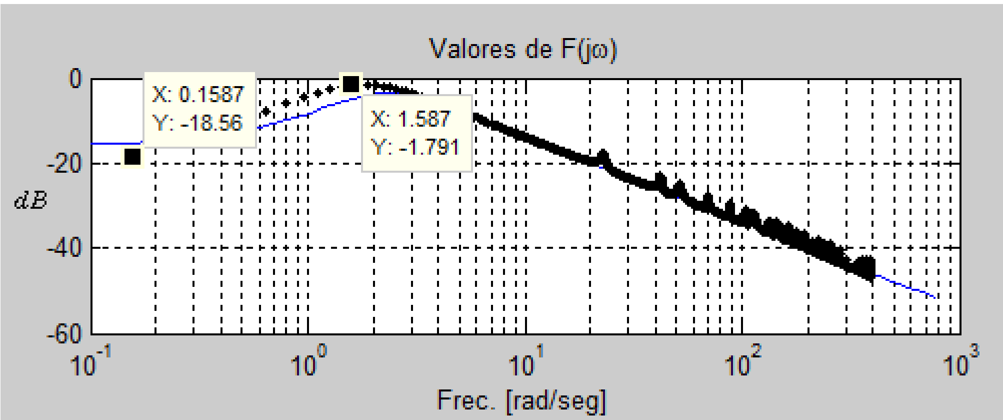
- Emplear como entrada una señal PRBS 7.
- Generar la respuesta al escalón de cada función de transferencia y su correspondiente versión identificada.
- Generar la respuesta en frecuencia Bode para cada caso.

a) Función de Transferencia original

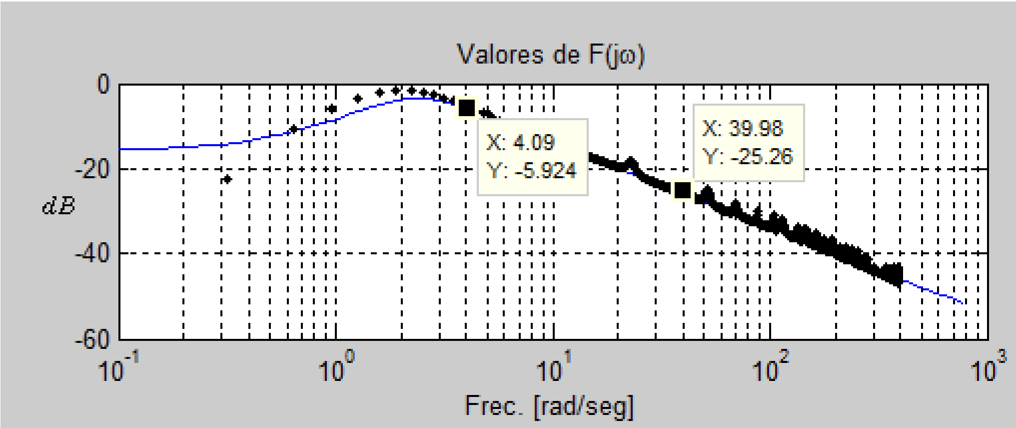
$$F_1(s) = \frac{2s - 1}{s^2 + 3s + 6}$$



Tiene una cresta f=1.9[rad/seg], se puede observar que cuando la F(jω) aumenta hasta su punto máximo y luego decrece. Lo que se puede deducir que la Función de Transferencia tiene polos y ceros.



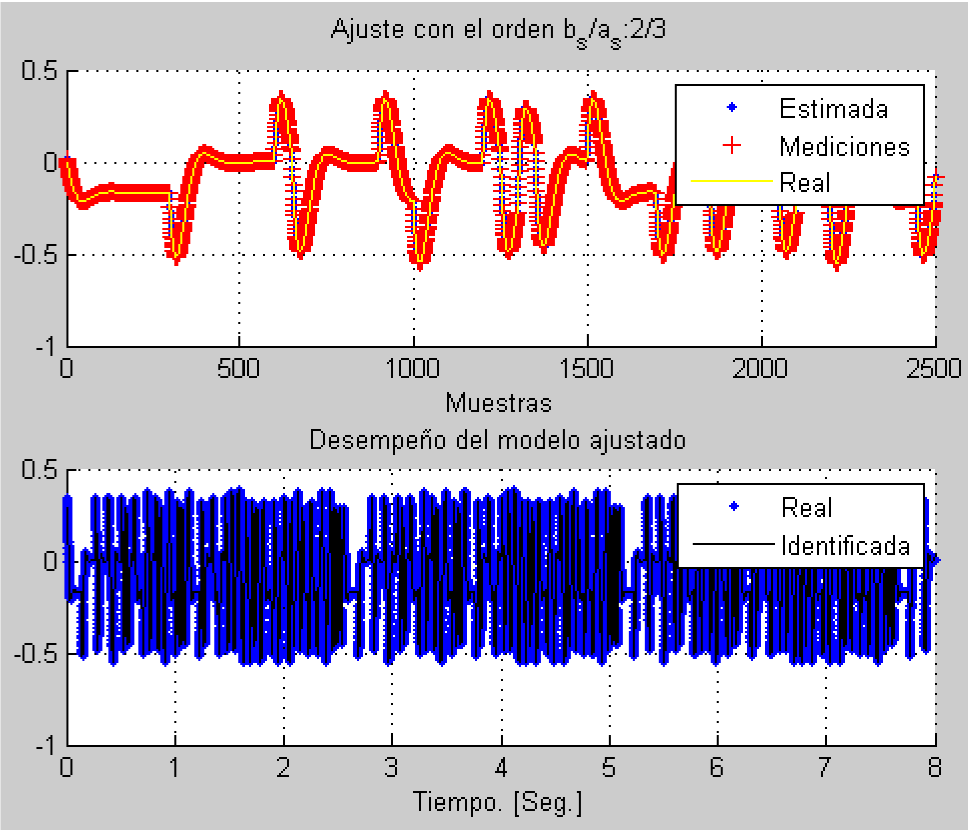
El crecimiento es de 20dB por década lo que indica al menos existe un cero en la FT por lo tanto se tendría como mínimo un parámetro b.



Luego la FT decrece 40dB por década, por lo que al menos tiene 2 polos la FT entonces como mínimo tiene tres parámetros a.

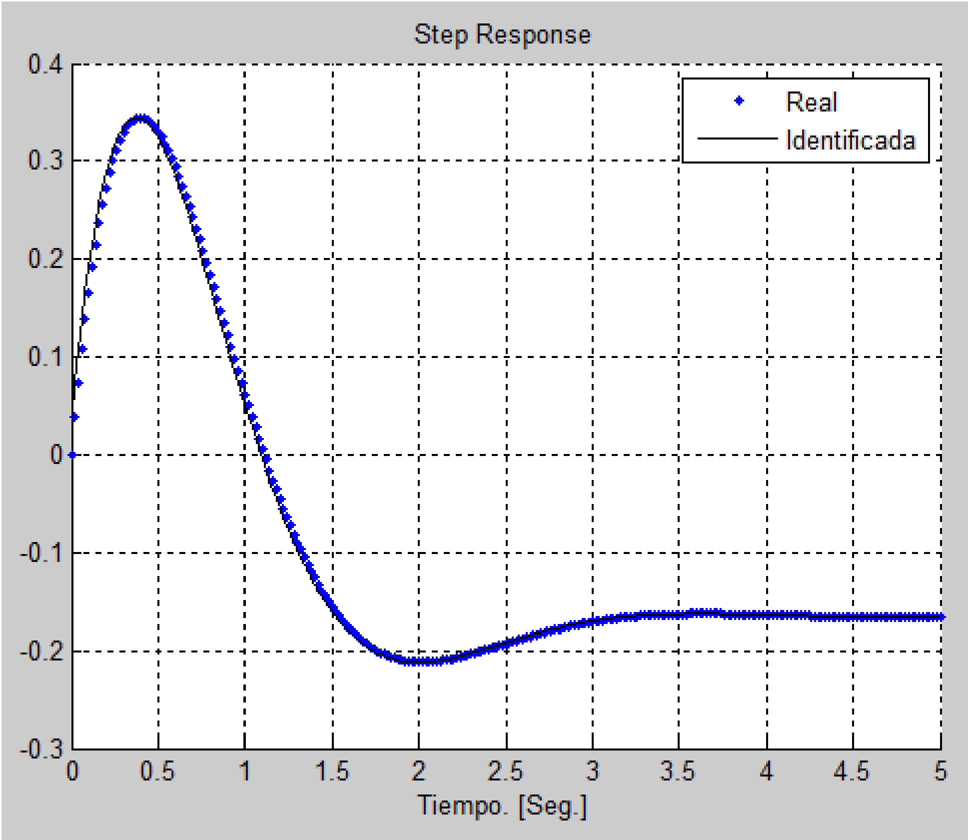
Entonces el vector de parámetros será $\theta = [a_1\ a_2\ \ b_1]$, en primera instancia se utilizó es vector, pero se lo tuvo que modificar a $\theta = [a_1\ a_2\ a_3\ b_1\ b_2]$, hasta obtener un buen ajuste.

Se emplea el ajuste con mínimos cuadrados.

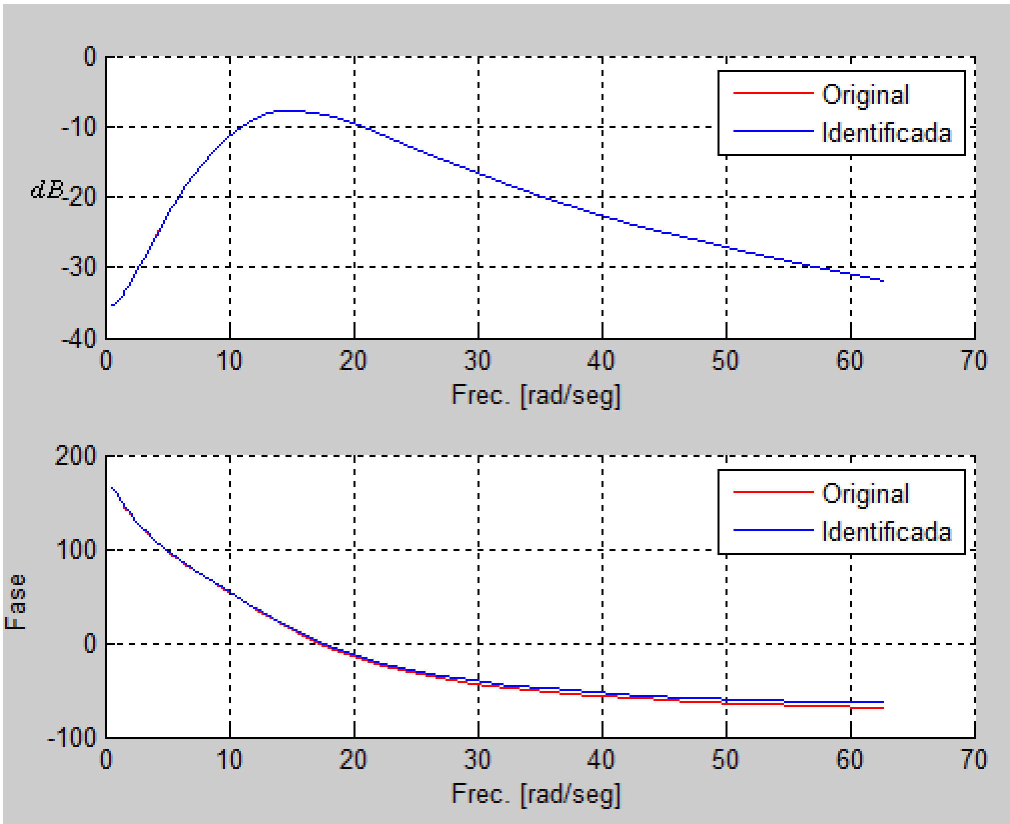


Se puede observar que las señales de salida del sistema y del sistema estimado son similares.

En la siguiente imagen se observa la respuesta al escalón unitario de los sistemas, original e identificado.



El comportamiento en frecuencia, en el diagrama de Bode.



Comparación de las funciones de transferencia

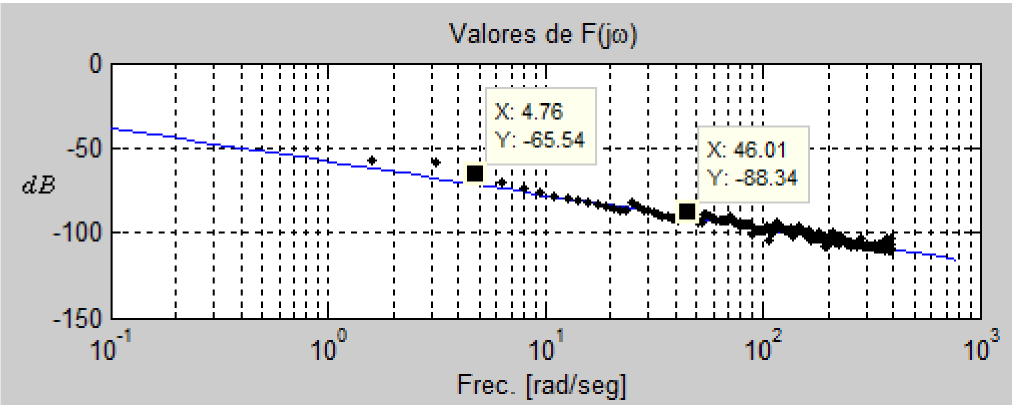
```
El sistema continuo original normalizado es:

sys_Norm =

    0.3333 s - 0.1667
  ----------------------
  0.1667 s^2 + 0.5 s + 1
```

```
El sistema continuo identificado es:

sysc_Norm =

  3.333e-05 s^3 + 0.006648 s^2 + 0.3299 s - 0.1667
  ------------------------------------------------
      0.001667 s^3 + 0.1717 s^2 + 0.5101 s + 1
```

b) Función de Transferencia original

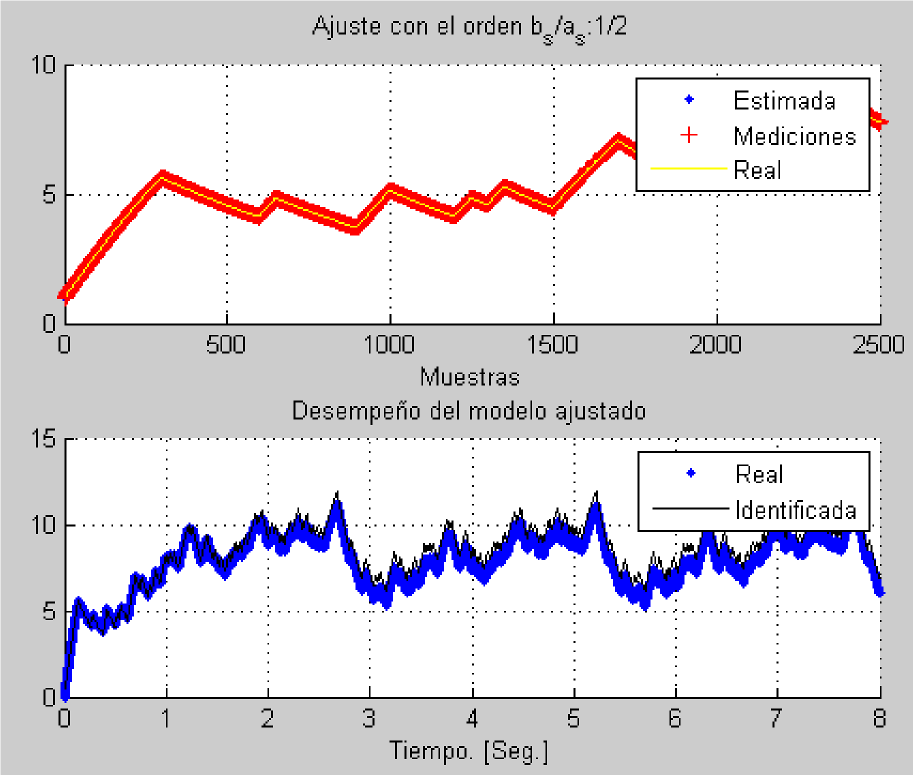
$$F_2(s) = 16\frac{45s+1}{(25s+1)(30s+1)}$$

Observando los valores de F(jω), cae 20dB por década, por lo que al menos la FT tiene un polo. Por lo que a=2 y por defecto b=1



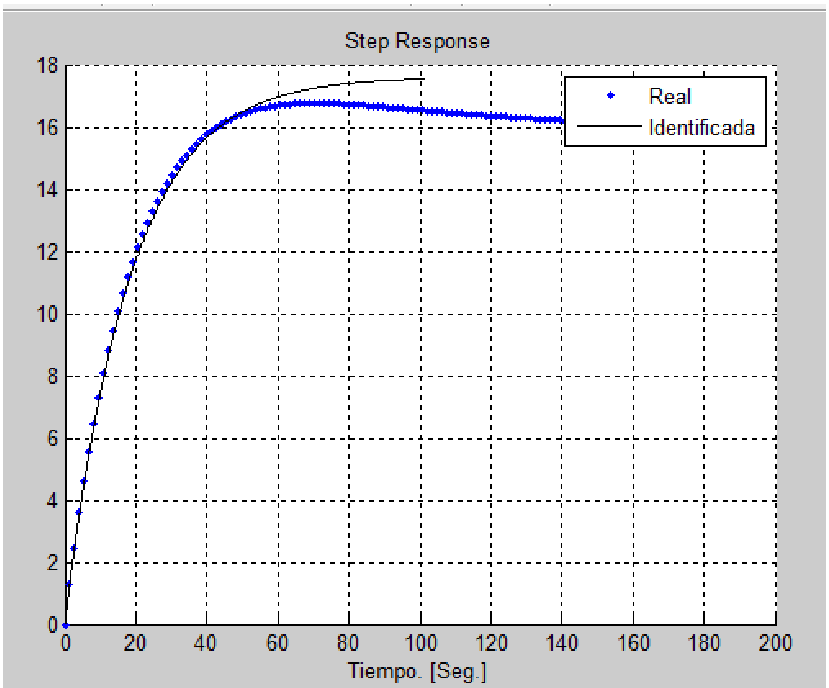
Entonces el vector de parámetros será $\theta = [a_1\ a_2\ b_1]$.

Se emplea el ajuste con mínimos cuadrados.

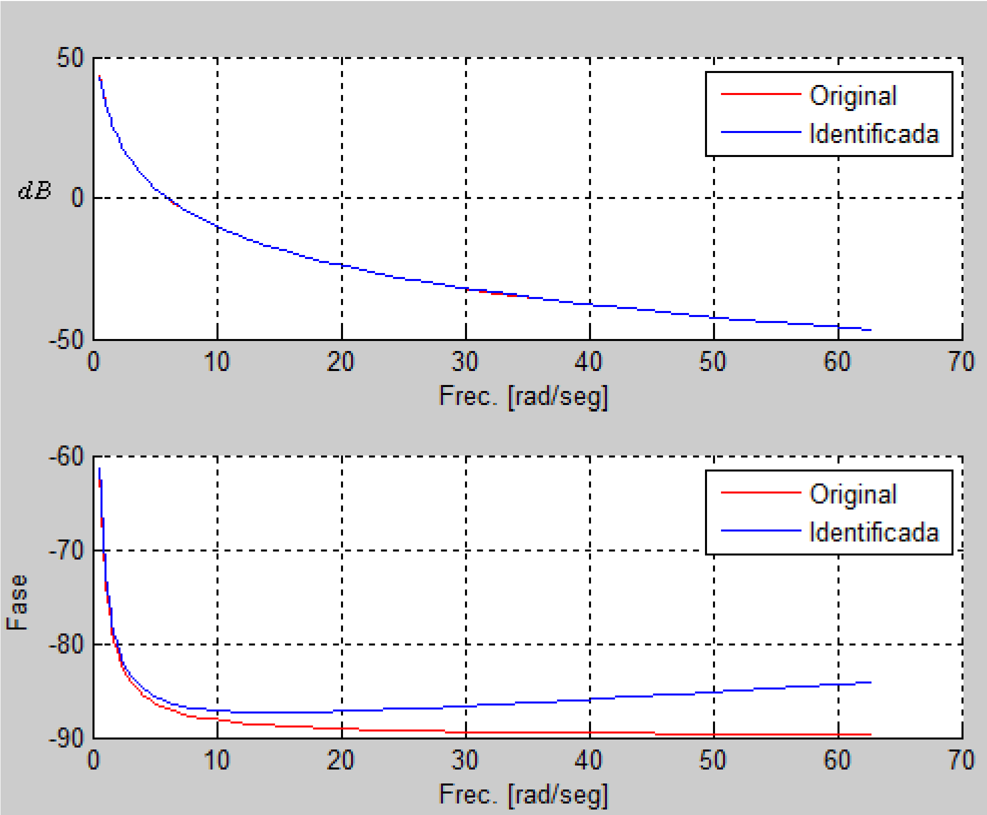


En este caso se puede observar una leve diferencia entre la real y la que se identificó.

En la respuesta el escalón, el sistema real posee un sobrepaso al valor de 16 y luego converge a él. Sin embargo, al sistema identificado tiene a converger a 18, sin sobrepaso.



En el diagrama de Bode, la respuesta en magnitud es casi idénticas, pero en fase, al aumentar la frecuencia el sistema identificado diverge de -90° positivamente.



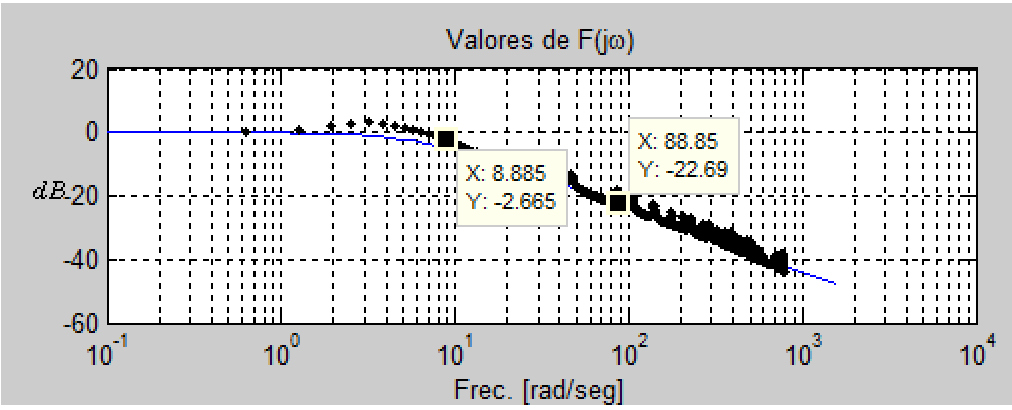

```
El sistema continuo original normalizado es:

sys_Norm =

      720 s + 16
  ------------------
  750 s^2 + 55 s + 1


El sistema continuo identificado es:

sysc_Norm =

  0.001762 s^2 + 0.3525 s + 17.62
  -------------------------------
     0.1863 s^2 + 18.34 s + 1
```

Si bien en los órdenes de los polinomios de los numeradores y de los denominadores son similares, sin embargo, hay una gran diferencia en los órdenes de magnitud de los coeficientes, excepto en los términos independientes.

c) Función de Transferencia original

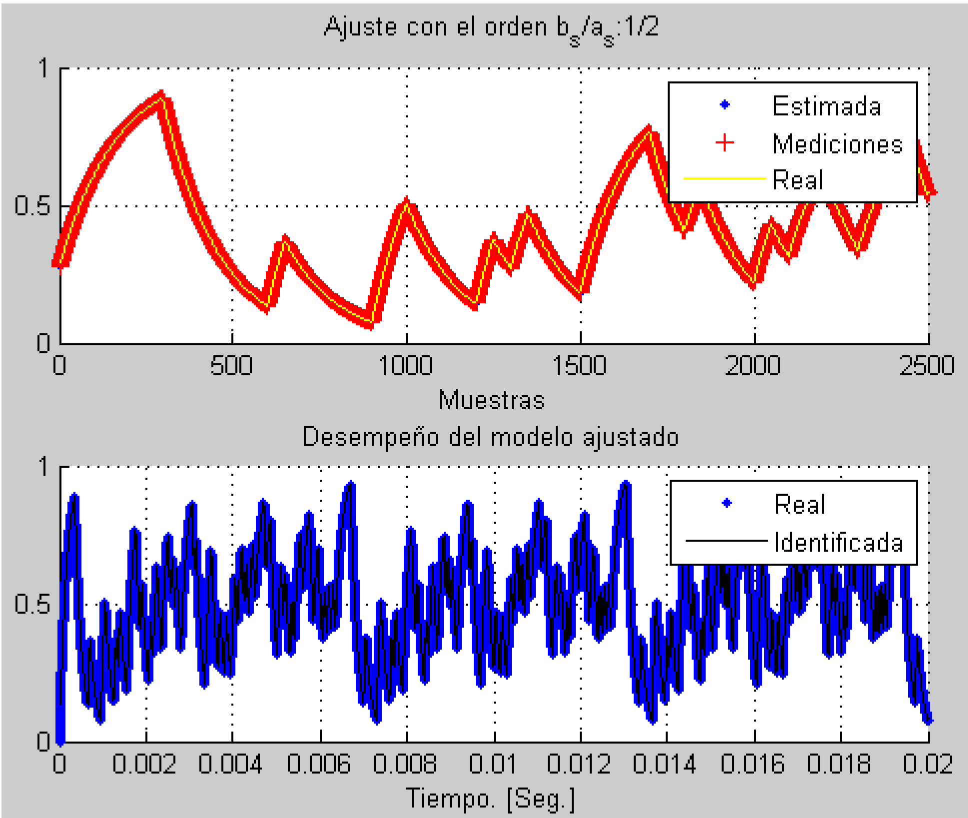
$$F_3(s)=\frac{1}{(0{,}16s+1)}$$ 7

Sin ceros por inspección con un solo polo



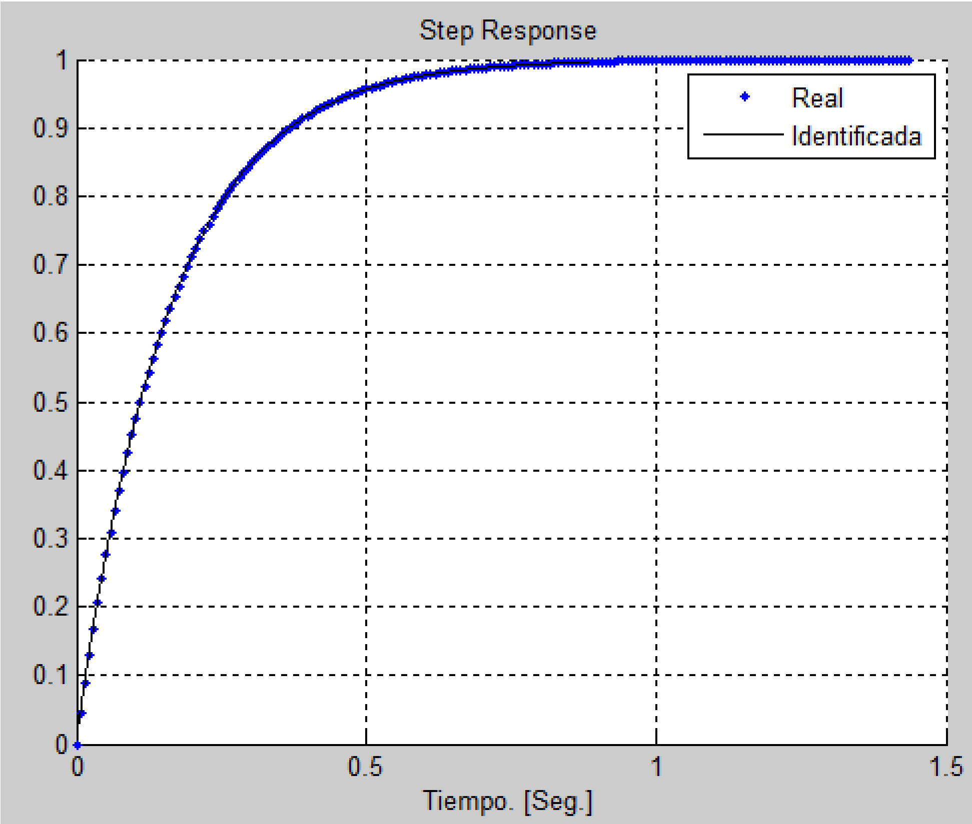
Un sistema de primer orden, θ= [a_1 a_2 b_1].

Se emplea el ajuste con mínimos cuadrados.

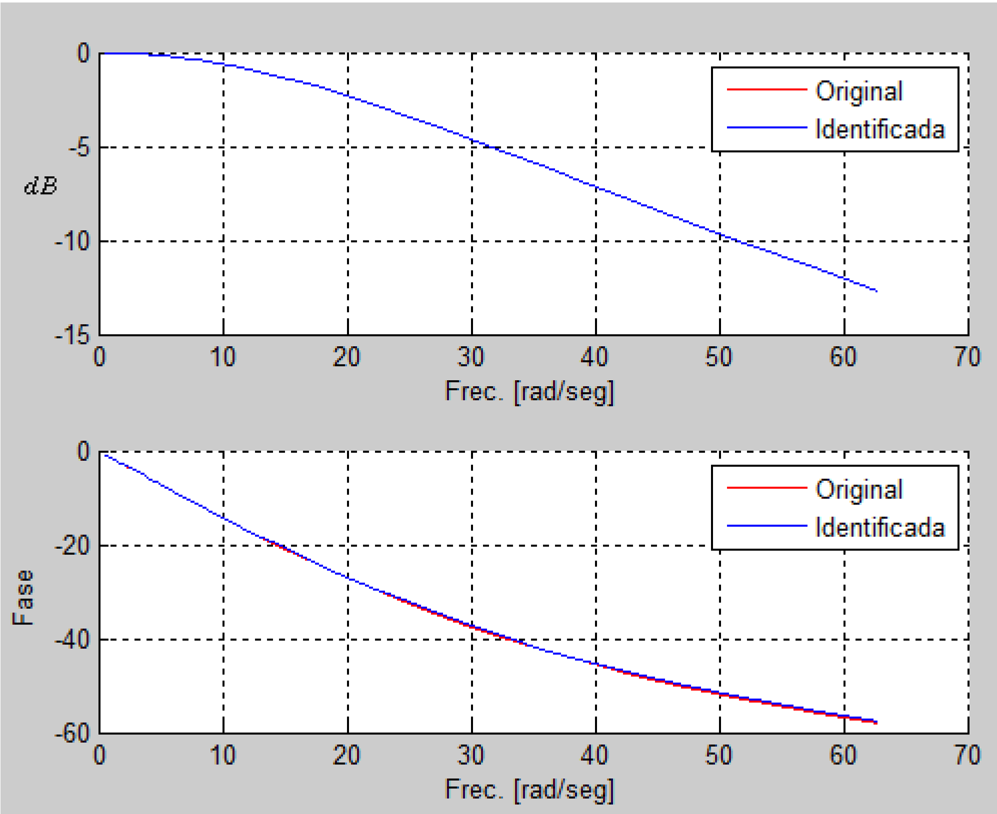


Por inspección ocular son muy parecidas.

La respuesta al escalón básicamente es iguales.



La repuesta en frecuencia son prácticamente iguales.

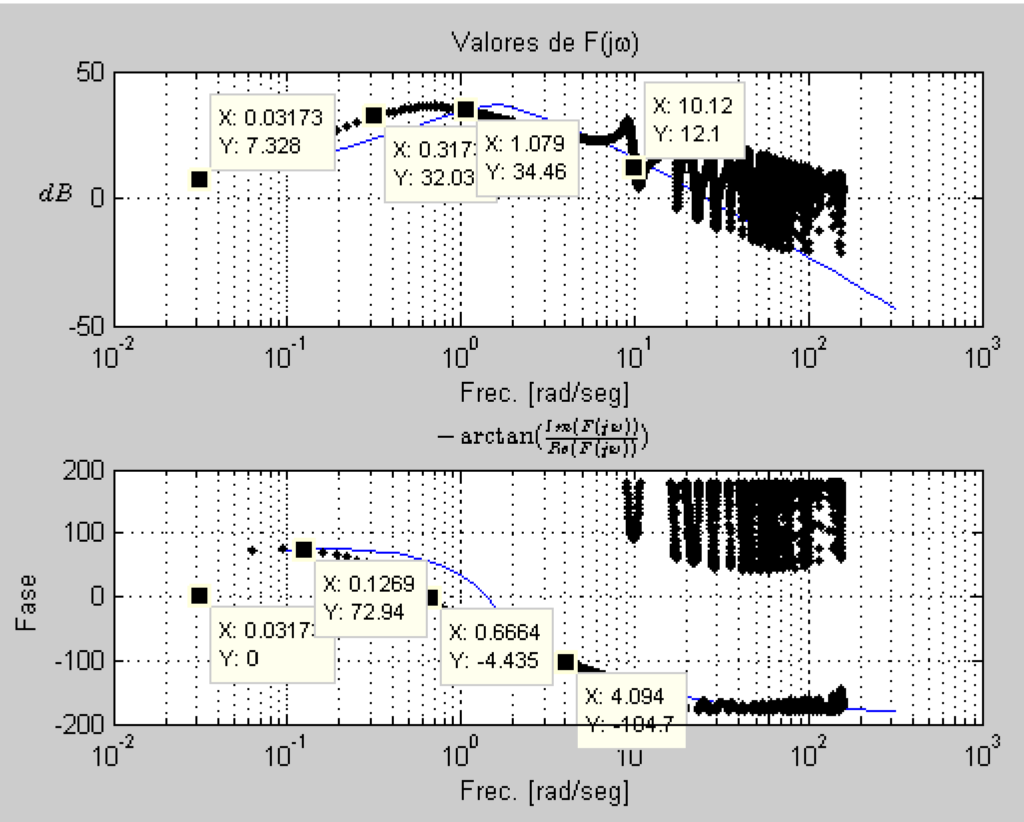


```
El sistema continuo original normalizado es:

sys_Norm =

      1
  ----------
  0.16 s + 1
El sistema continuo identificado es:

sysc_Norm =

  2.5e-07 s^2 + 0.001 s + 1
  -------------------------
  8e-05 s^2 + 0.1605 s + 1
```

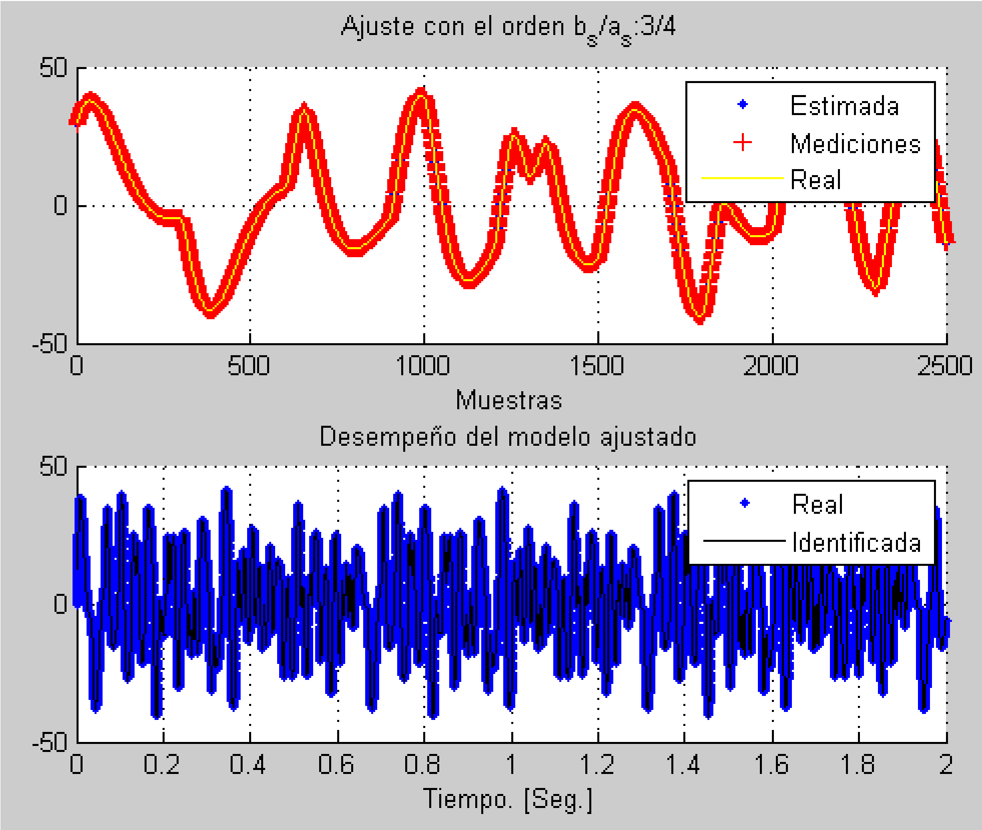
d) Función de Transferencia original

$$F_4(s) = \frac{45s+1}{(0{,}16s+1)(0{,}4s^2+0{,}64s+1)}$$

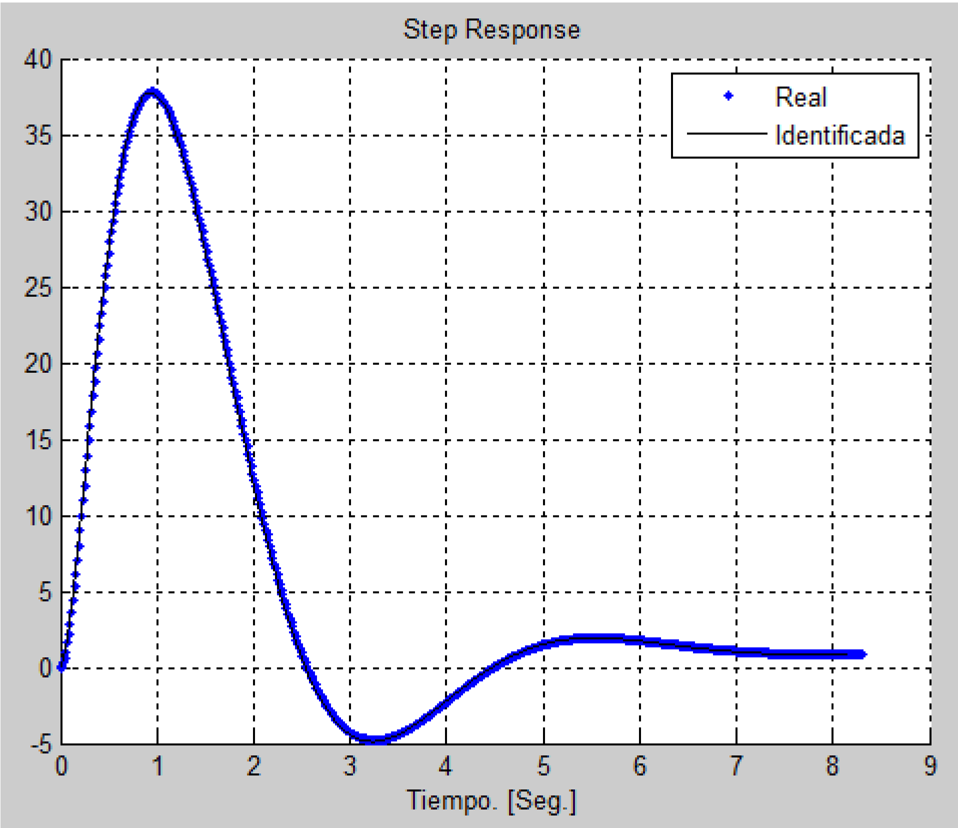
Tiene un cero
Y por lo menos un polo y por el cambio de fase a +90° y luego se retrasa a hasta -180°, por lo que confirma un cero y tres polos como mínimo.



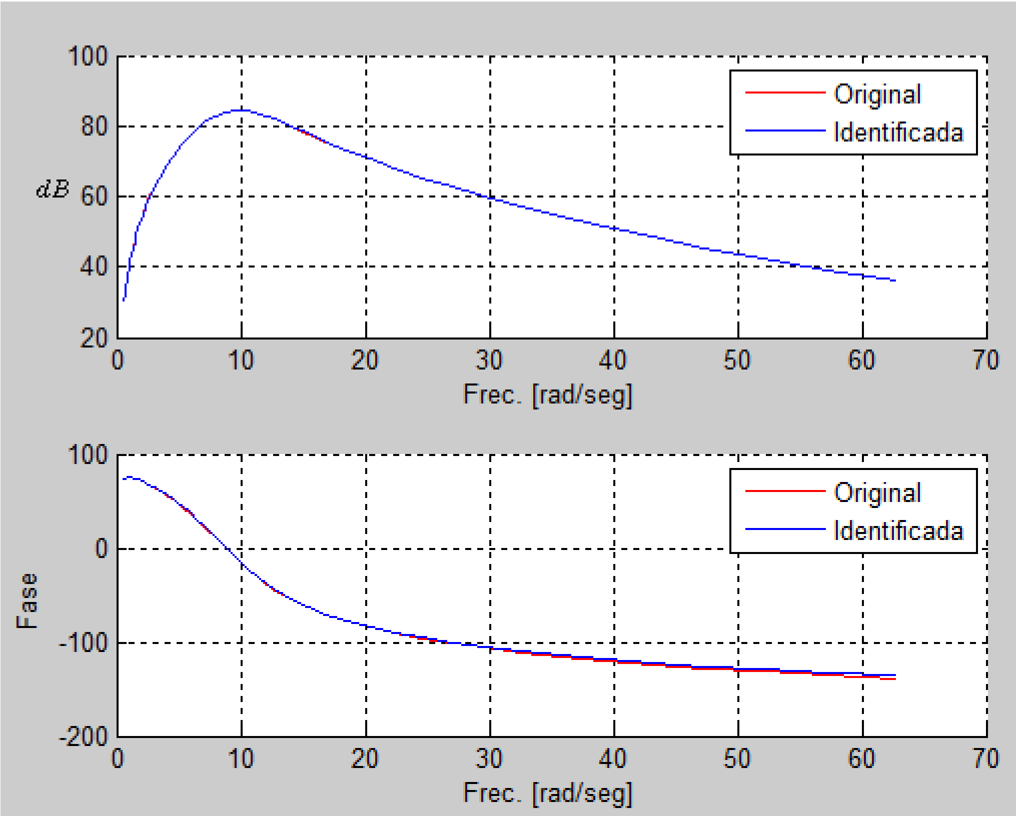
Se emplea el ajuste con mínimos cuadrados.



Respuesta al escalón



El Diagrama de Bode



Las funciones de transferencias obtenidas

```
El sistema continuo original normalizado es:

sys_Norm =

                45 s + 1
  ----------------------------------
  0.064 s^3 + 0.5024 s^2 + 0.8 s + 1

El sistema continuo identificado es:

sysc_Norm =

  7.301e-08 s^4 + 0.001149 s^3 + 0.4507 s^2 + 44.78 s + 0.995
  -----------------------------------------------------------
     0.0003185 s^4 + 0.0662 s^3 + 0.5039 s^2 + 0.801 s + 1
```

Conclusiones

- Para un mejor ajuste se debe modificar la frecuencia de muestreo.
- Si o sí se debe tener un conocimiento a priori del sistema, lo que se pudo obtener con el espectro de frecuencias de la densidad de potencia del interespectro.
- En algunos casos se tuvo que modificar el vector de parámetros para obtener un resultado aceptable.