



Sistemas de automatización

TP. Integrador

Grupo 3



Función de transferencia y de retroalimentación

$$G3 = \frac{5 * e^{-1s}}{((2s + 1) * (4s + 1) * (0.1s + 1))}$$

$$H3 = \frac{1}{0,5s + 1}$$

Ejercicio 1: Para la función de transferencia $G(s)$ que le corresponde a cada grupo:

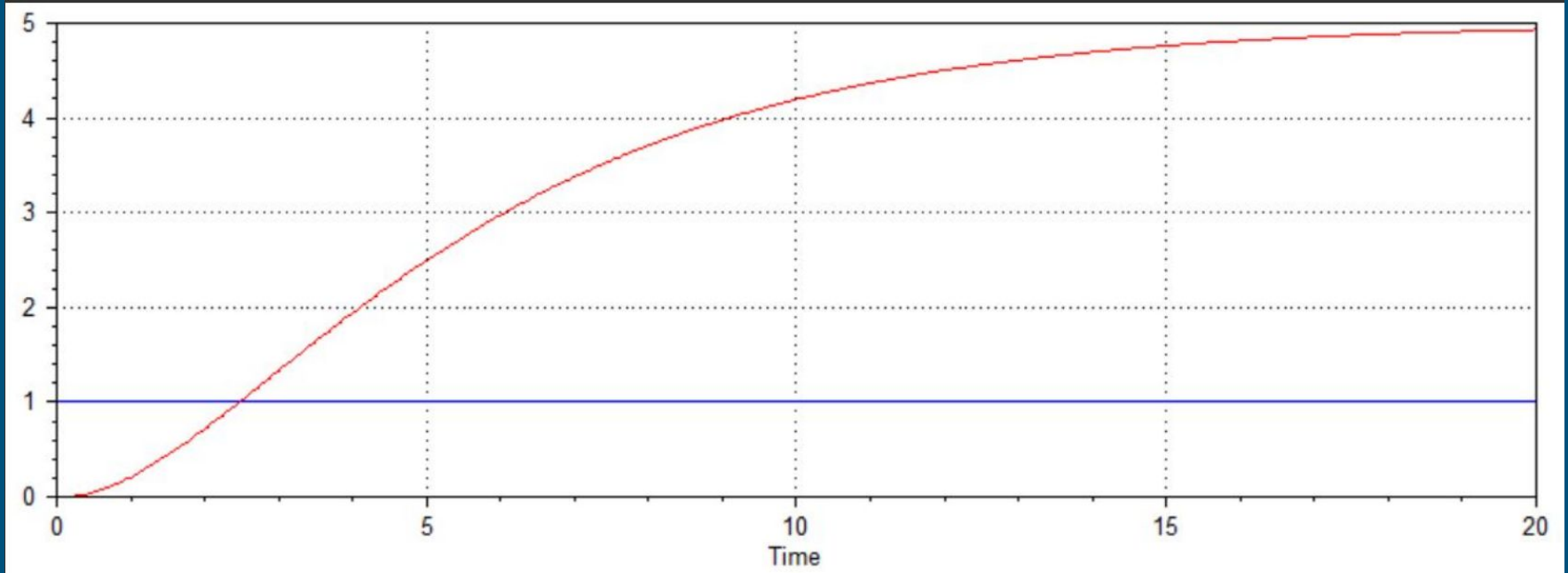
Graficar las respuestas a lazo abierto, correspondientes a las siguientes entradas:

- escalón unitario
- rampa unitaria
- impulso unitario
- seno ($w t$) (para $w=0.1, 0.5, 1$ y 2)

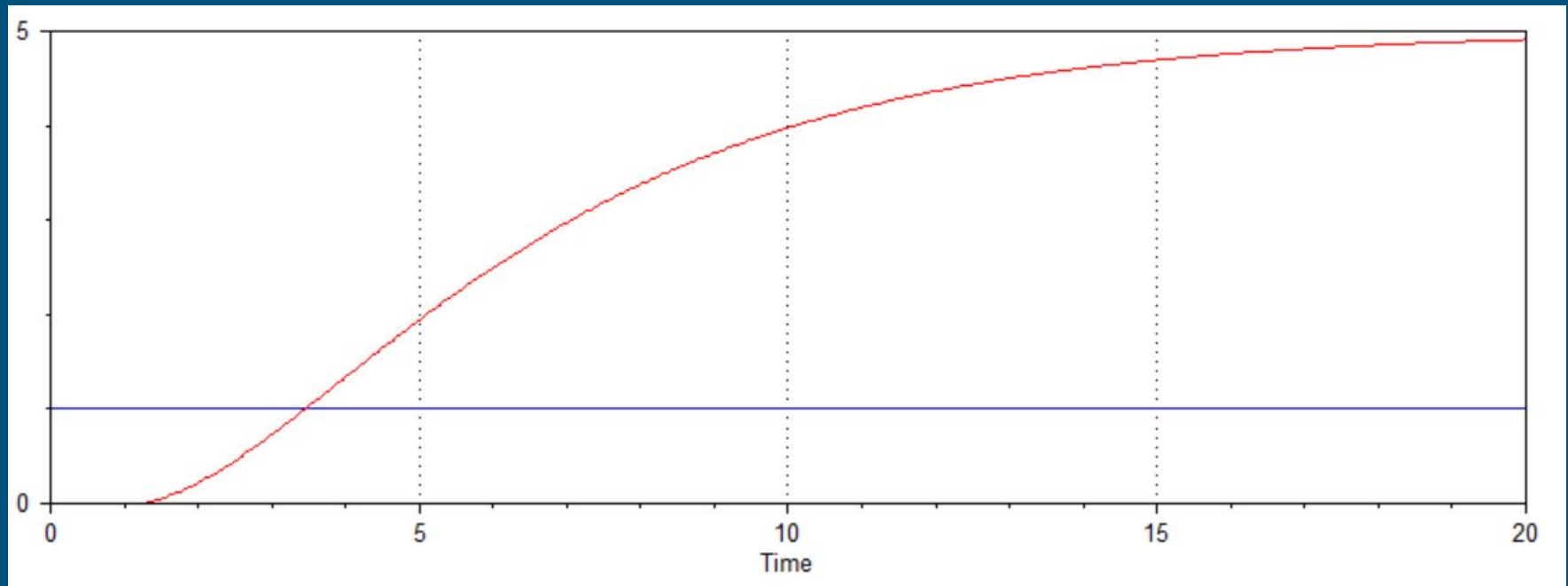
Graficar en cada caso la función de transferencia con y sin tiempo muerto.

Ejercicio N 1

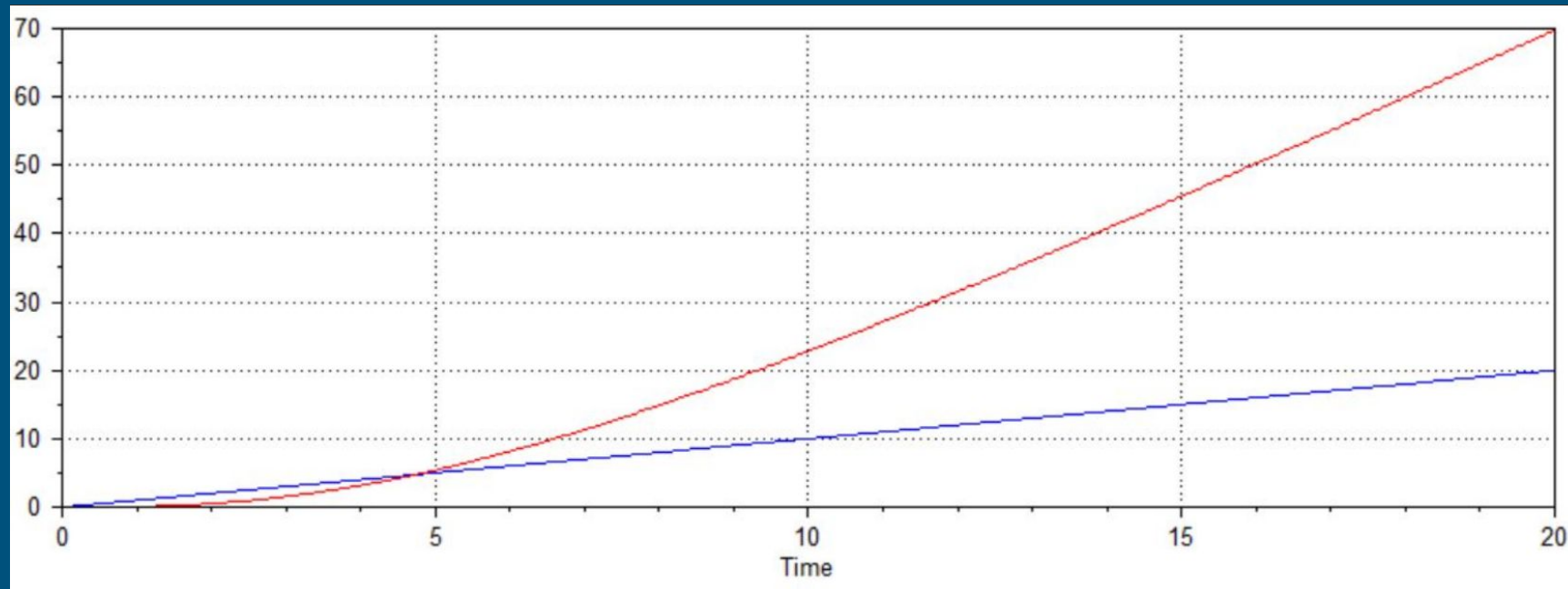
Escalón unitario sin tiempo muerto



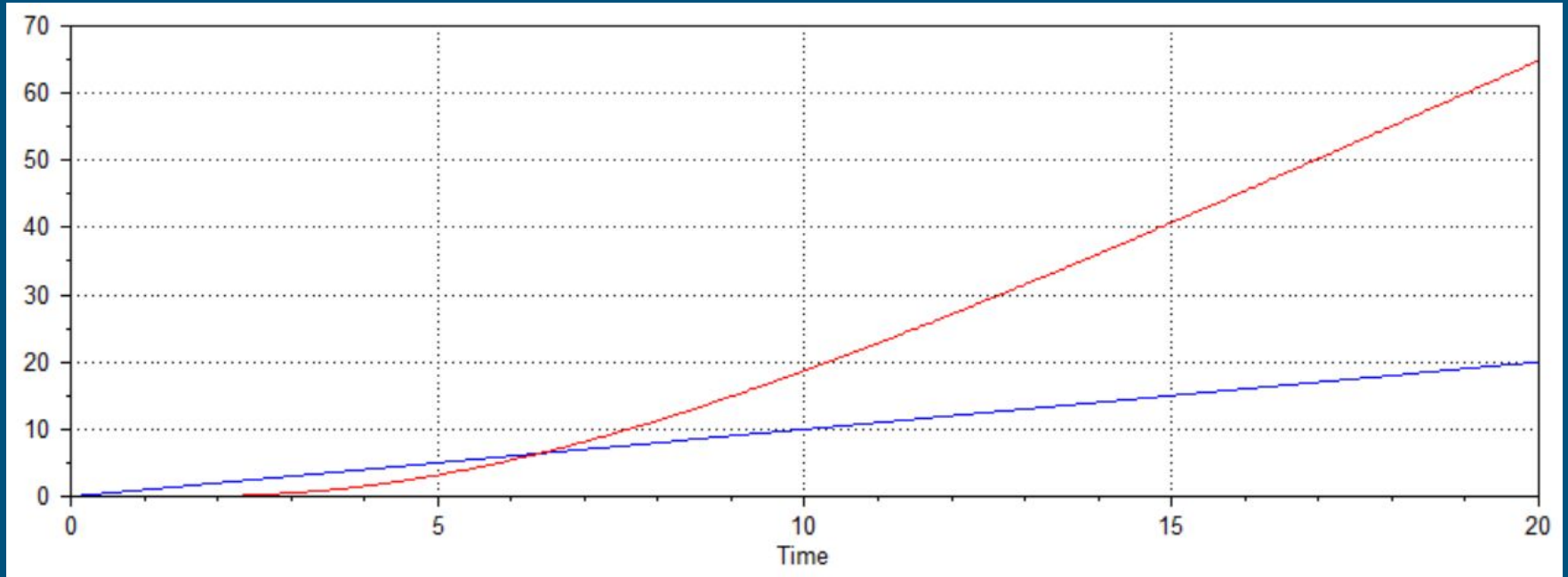
Escalón unitario con tiempo muerto



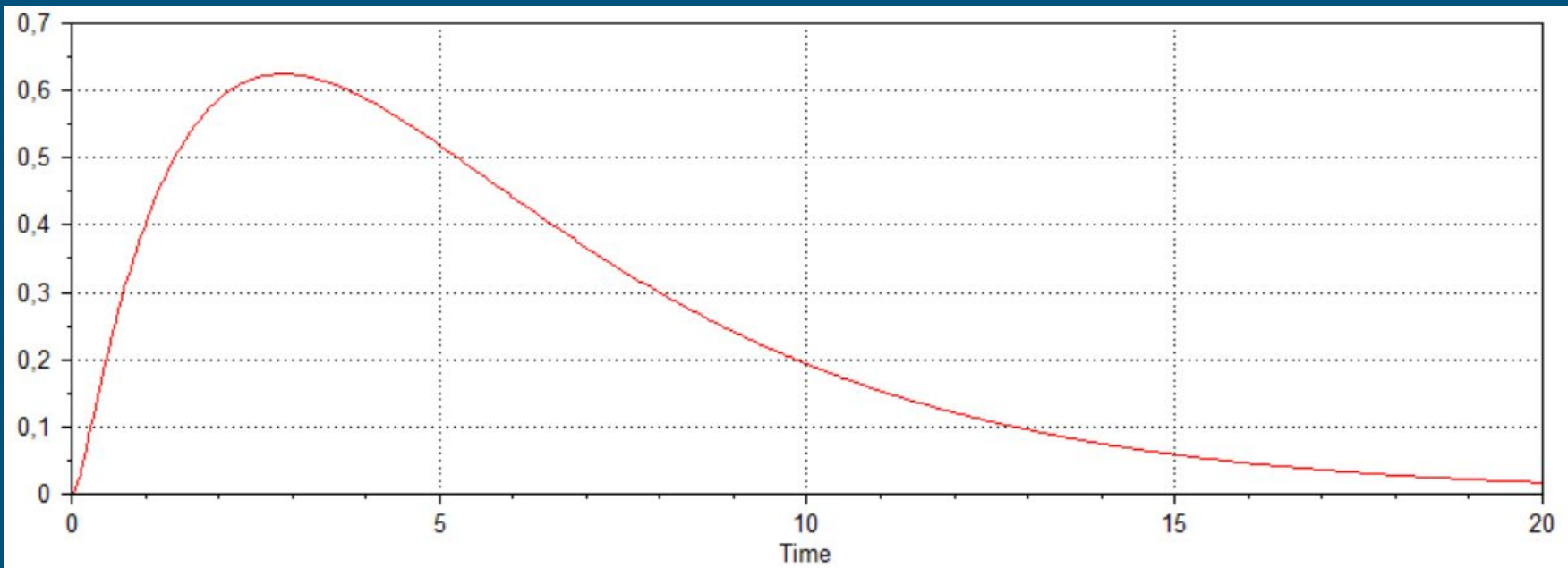
Rampa unitaria sin tiempo muerto



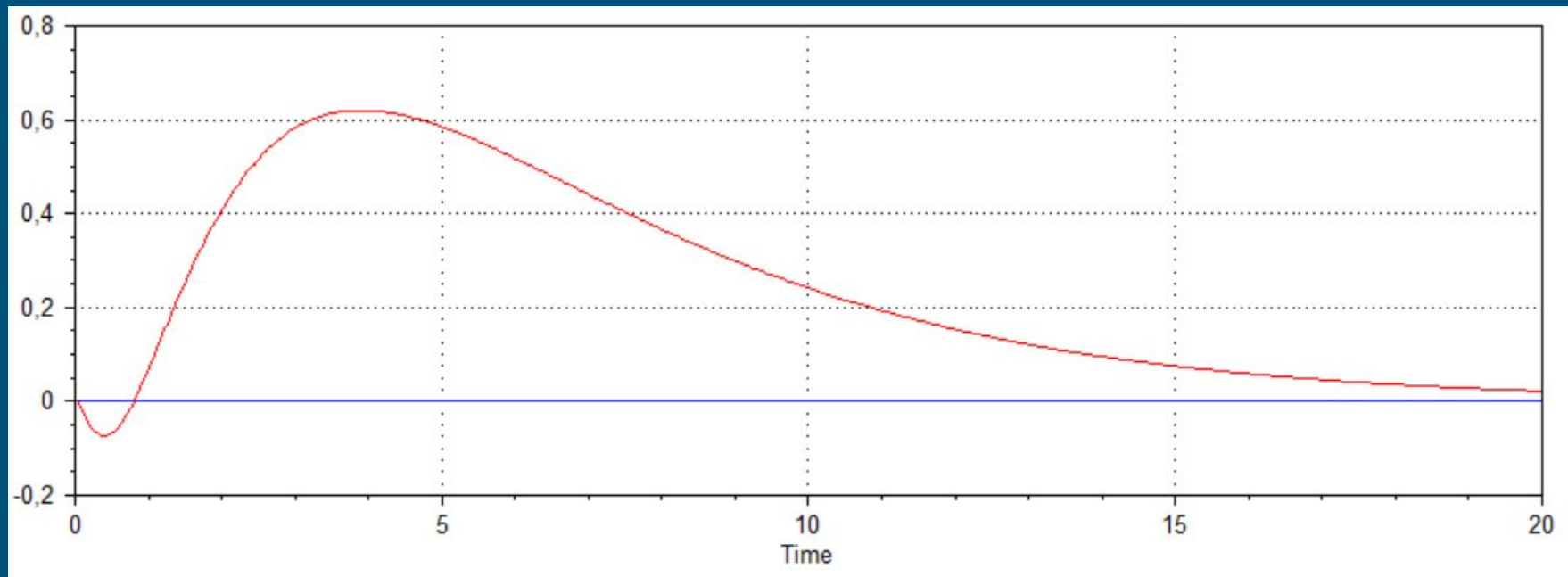
Rampa unitaria con tiempo muerto



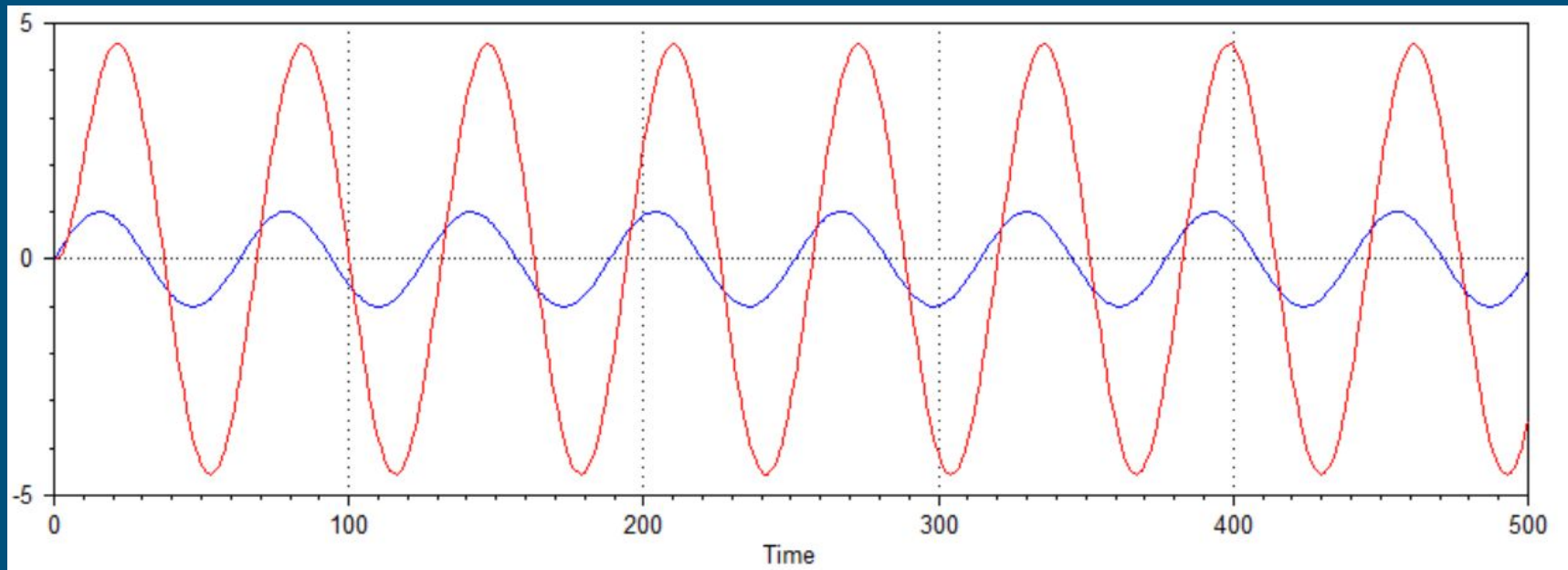
Impulso unitario sin tiempo muerto



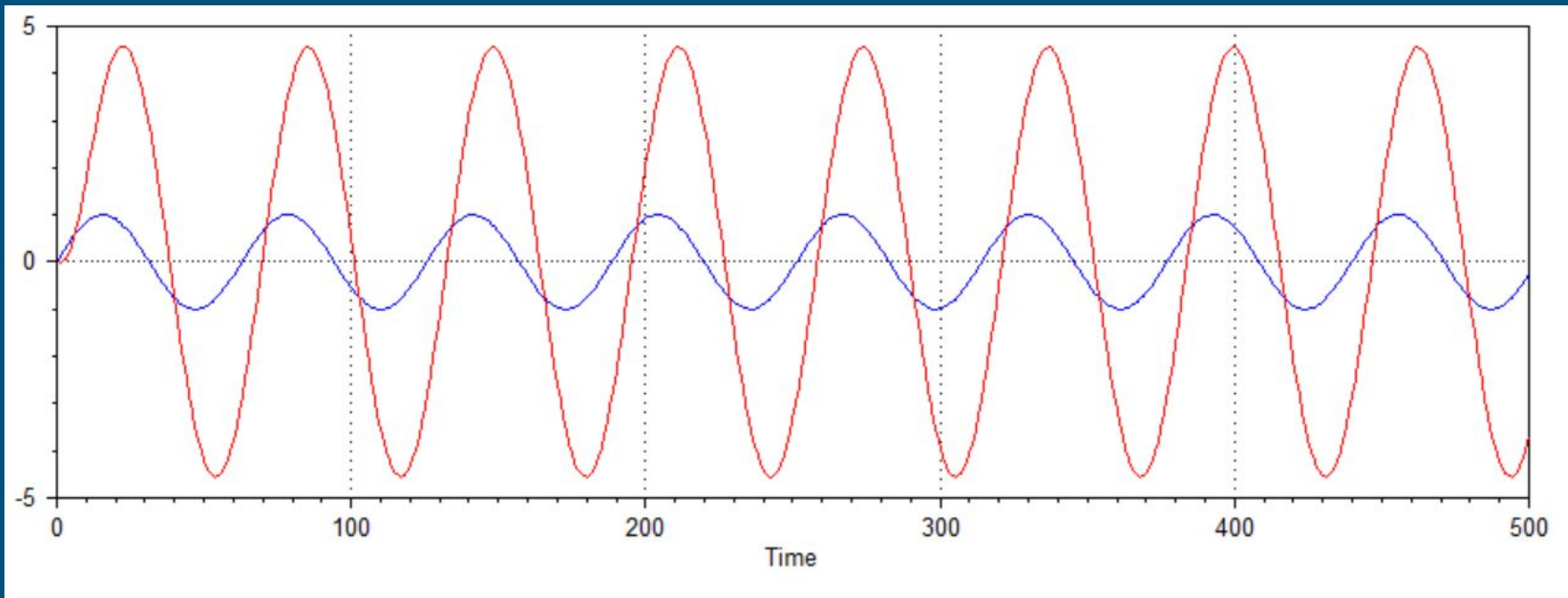
Impulso unitario con tiempo muerto



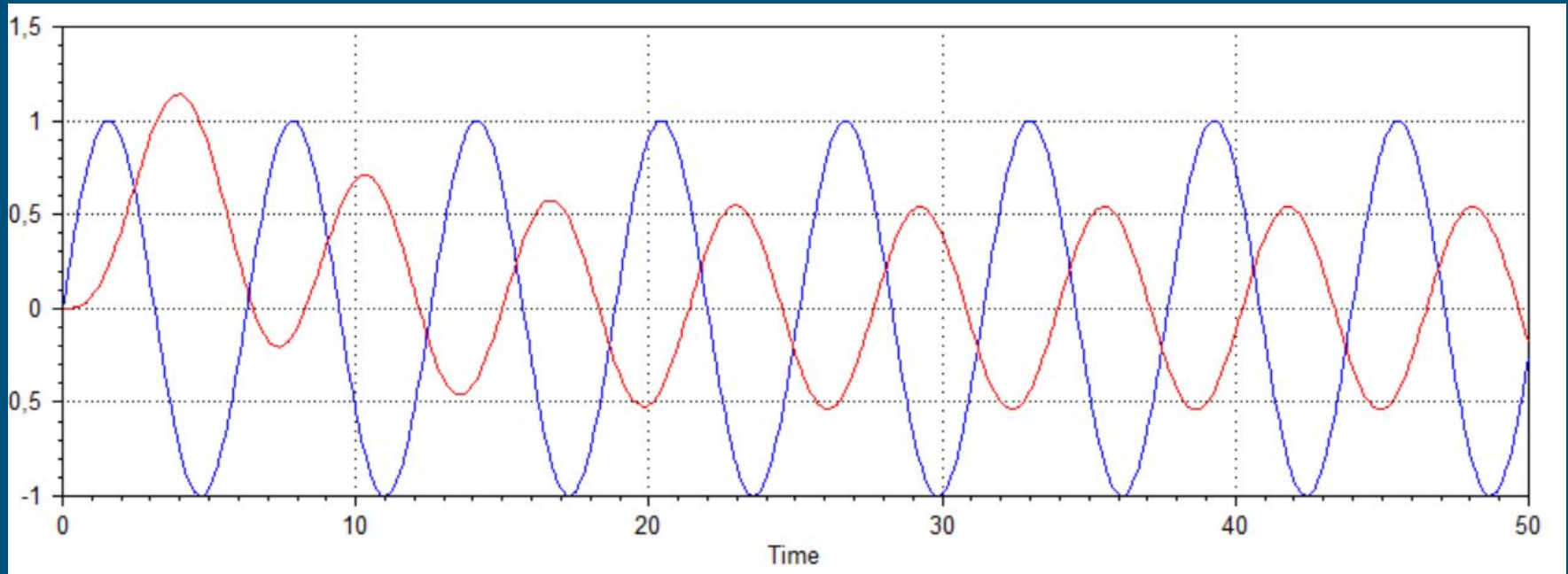
sen(0,1*t) sin tiempo muerto



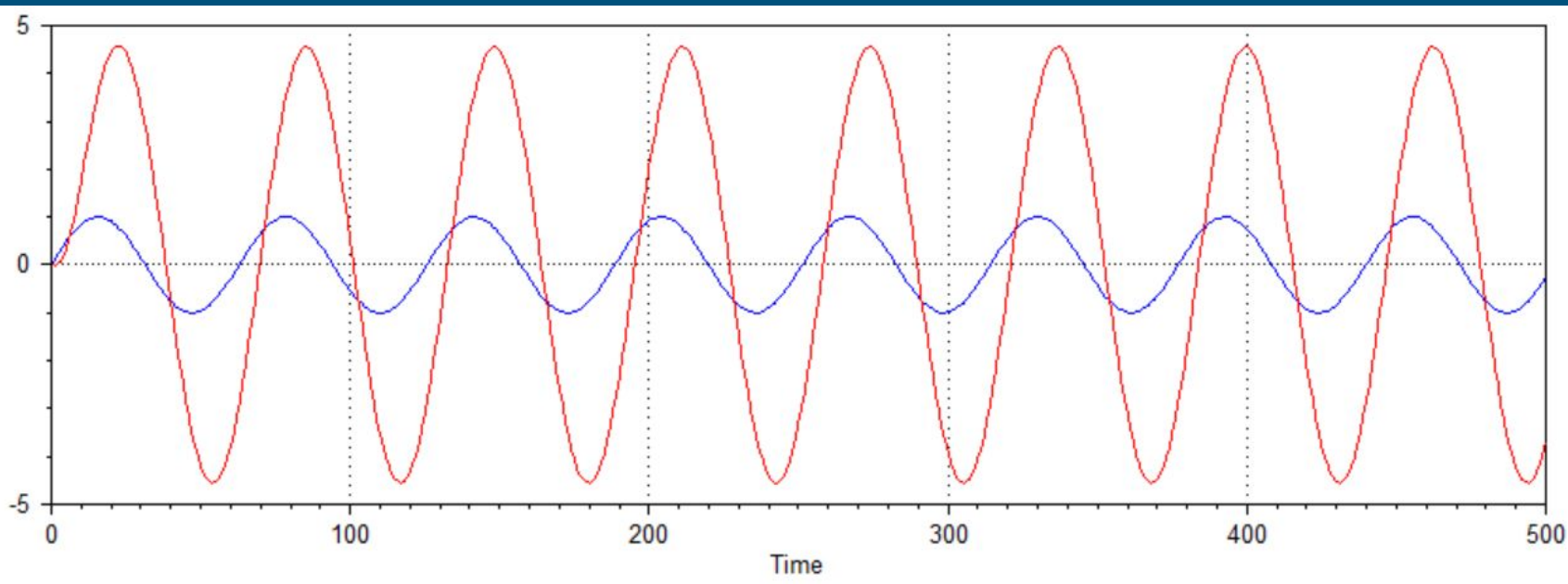
sen(0,1*t) con tiempo muerto



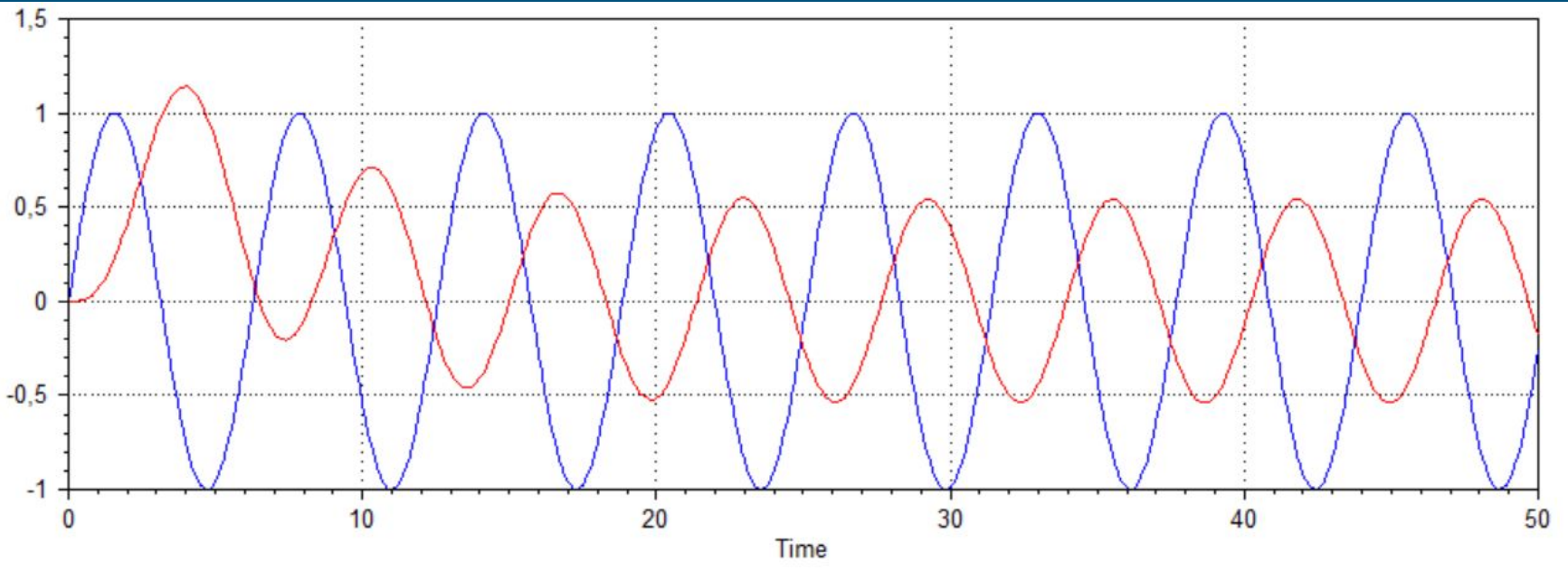
sen(0,5*t) sin tiempo muerto



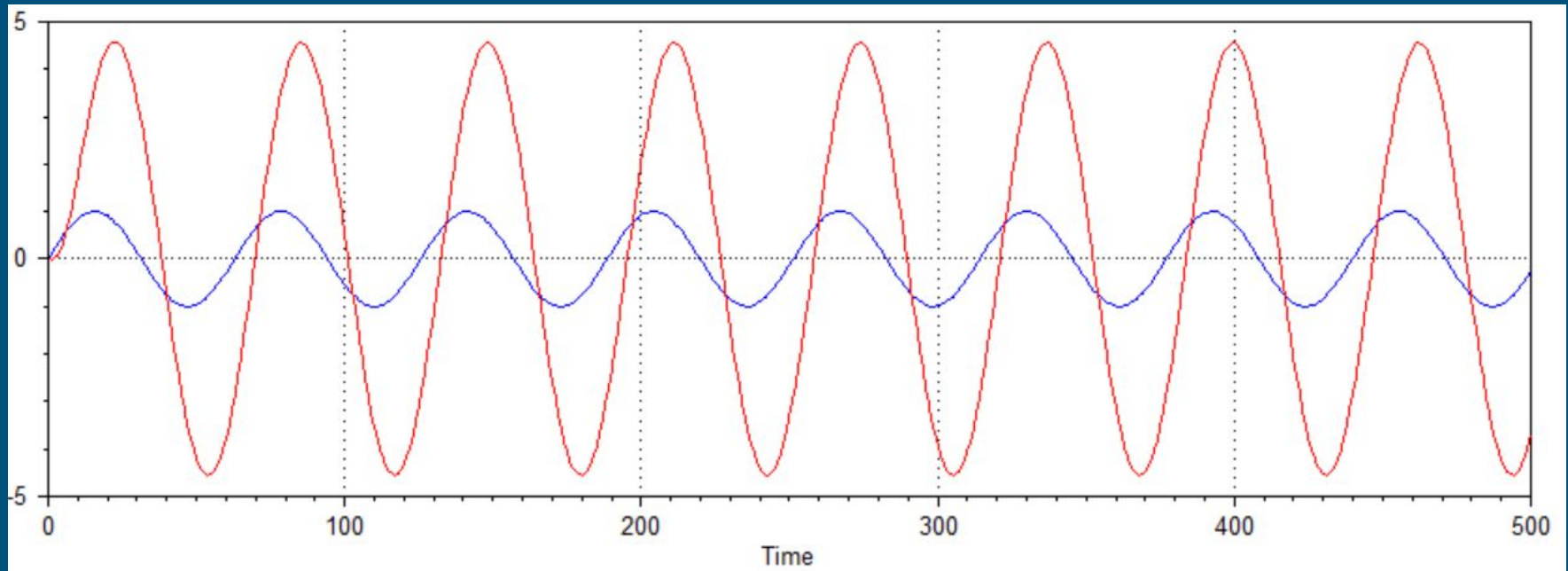
sen(0,5*t) con tiempo muerto



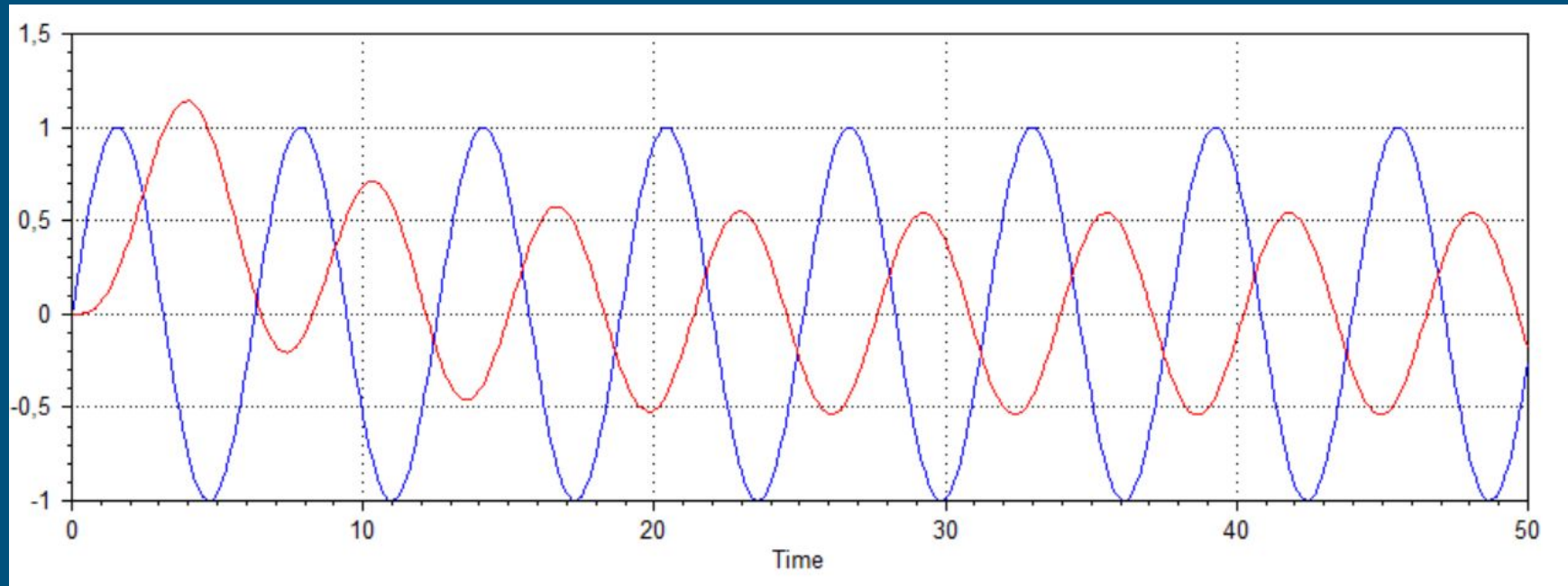
sen(1*t) sin tiempo muerto



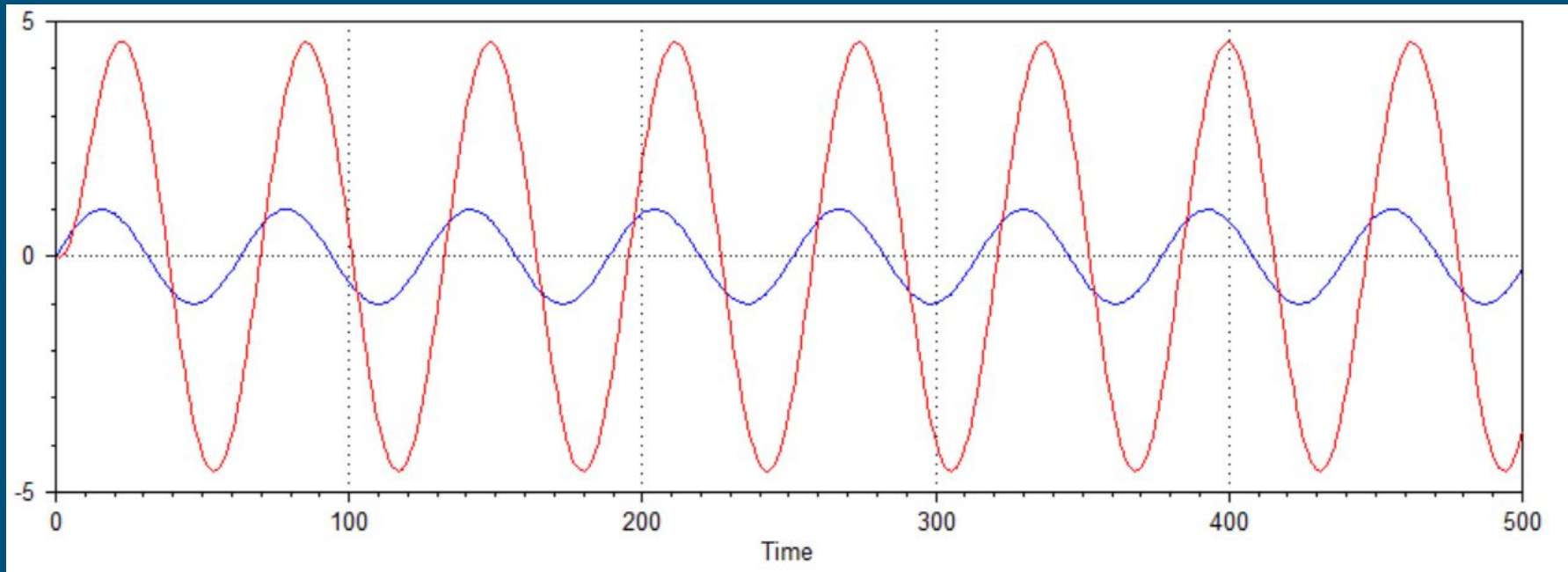
sen(1*t) con tiempo muerto



sen(2*t) sin tiempo muerto



sen(2*t) con tiempo muerto



Ejercicio 2:

2.1 - Graficar el lugar de raíces de $G_o(s) = G(s) \cdot H(s)$ y determinar K_{cu} y T_u .

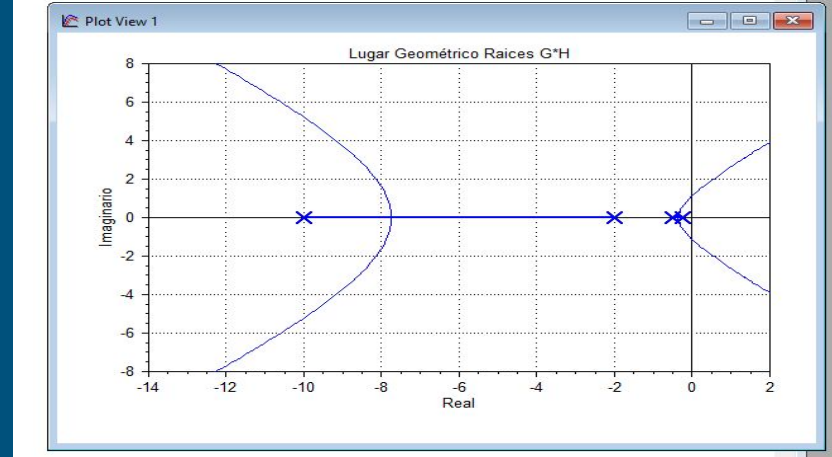
(considerar el sistema $G_o(s)$ SIN TIEMPO MUERTO y $H(s)$ según grupo)

2.2- Determinar K_{cu} y T_u , aplicando Método de Routh y Método de Sustitución Directa

2.3- Calcular los ajustes óptimos aplicando Ajustes de Ziegler-Nichols

Ejercicio 2.1

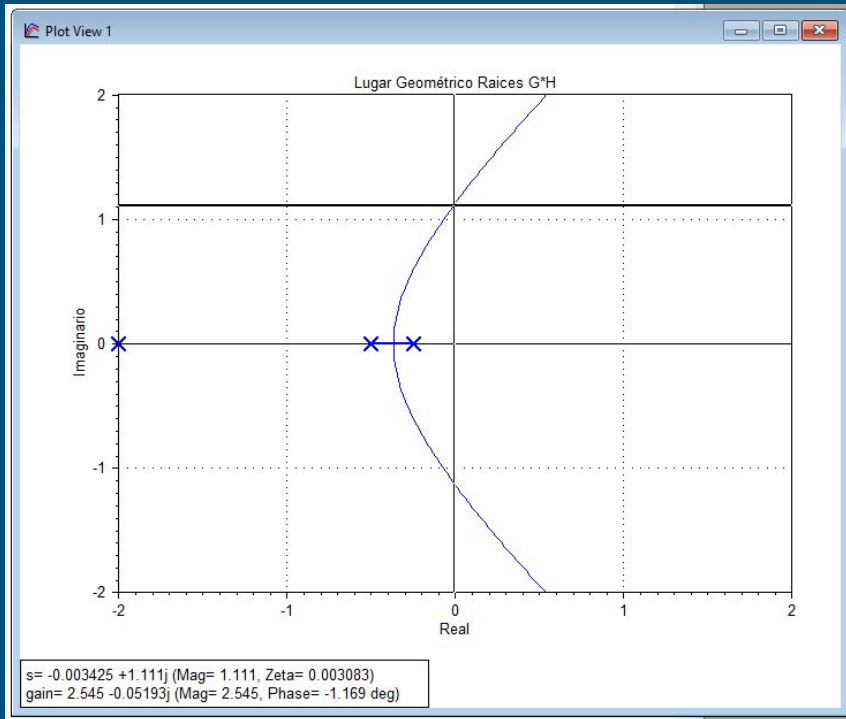
```
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))  
CC>h=1/(0.5*s+1)  
CC>z1(g*h)  
CC>
```



Kcu aproximado resulta 2.54

A su vez,

$T_u = 2\pi / 1.111 = 5.66$



Ejercicio 2.2

Utilizando el criterio de Routh y el método de Sustitución directa

Routh	V		
s^4	0,4	11,65	$5K+1$
s^3	5,1	6,6	0
s^2	11,13235294	$5K+1$	0
s^1	$6,142 - 2,291K$	0	
s^0	$5K+1$		

$$5K+1 > 0 \Rightarrow K > -(1/5) \Rightarrow K > 0$$

$$6,142 - 2,291K > 0 \Rightarrow K > (6,142/2,291) \Rightarrow K > \sim 2,68$$

$$K_{cu} = 2,68$$

$$0,4s^4 + 5,1s^3 + 11,65s^2 + 6,6s + 1 + 5K = 0$$

• igualando s a $i\omega$:

$$0,4(i\omega)^4 + 5,1(i\omega)^3 + 11,65(i\omega)^2 + 6,6(i\omega) + 1 + 5K = 0$$

$$\omega^4 \cdot 0,4 + 5,1(-i\omega^3) - 11,65\omega^2 + 6,6i\omega + 1 + 5K = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega^4 \cdot 0,4 - 11,65\omega^2 + 1 + 5K = 0 \\ -5,1\omega^3 + 6,6\omega = 0 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow -5,1\omega^3 + 6,6\omega = 0 \rightarrow 5,1\omega^2 = 6,6 \rightarrow \omega = 1,138$$

$$K = \frac{-1 + 11,65\omega^2 - \omega^4 \cdot 0,4}{5} = 2,68 = K_{cu}$$

Ejercicio 2.3

Ajustes óptimos para el controlador según Ziegler-Nichols:

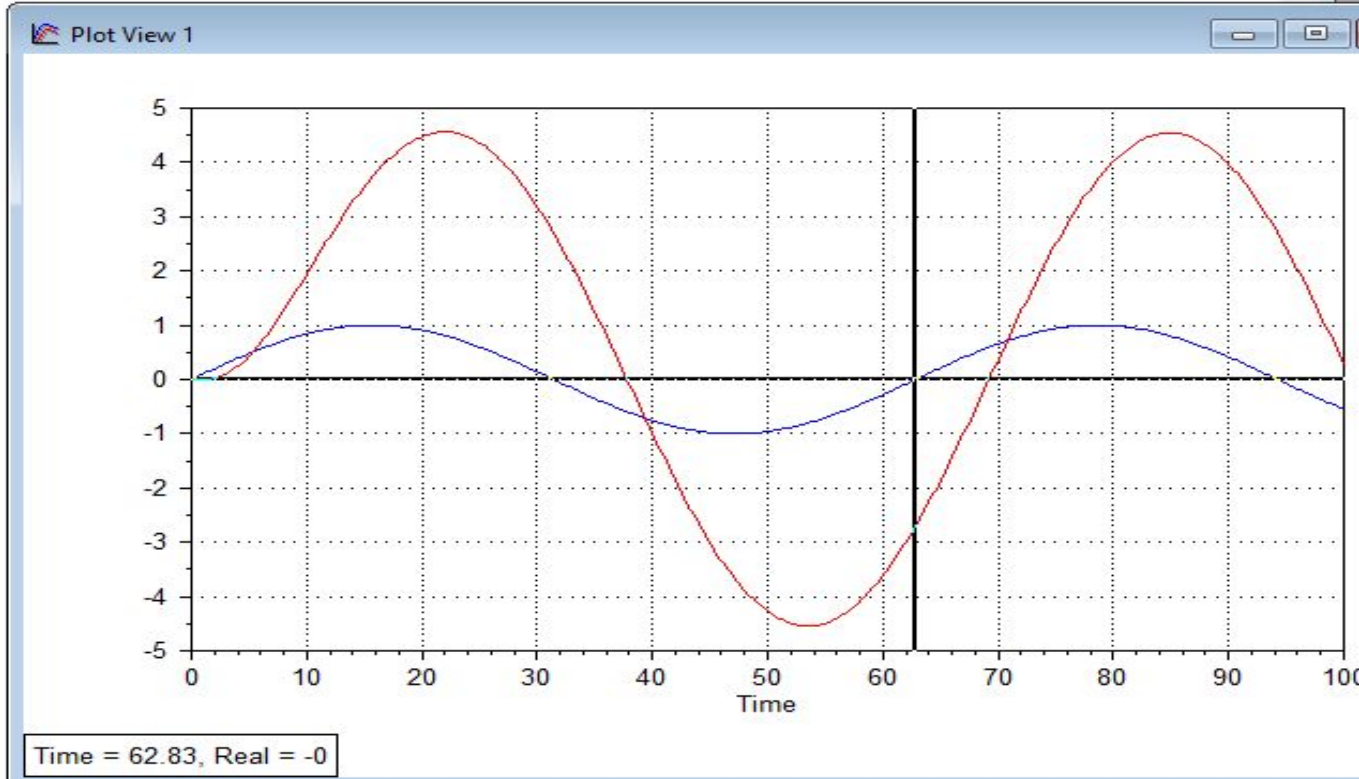
controlador	K_c	T_i	T_D
P	1,34	—	—
PI	1,218	4,6	—
PID	1,576	2,762	0,92

Ejercicio 3

3.1-Graficar la respuesta del sistema representado por la función de transferencia $G_o(s)$ SIN TIEMPO MUERTO para la entrada $\sin wt$ (para $w=0.1, 0.5, 1$ y 2).

3.2- Determinar a partir de los gráficos obtenidos en el punto 2.1 la amplitud y el desfase entre la salida y la entrada a cada frecuencia w .

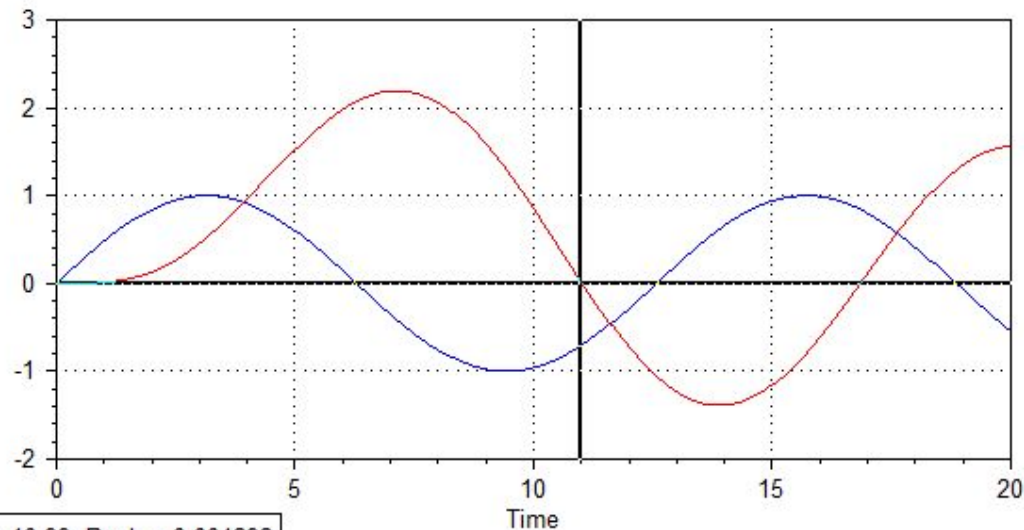
```
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>w=0.1
CC>a=s*w/(s^2+w^2)
CC>time(a,g*h*a)
CC>
```



Frecuencia: 0.1
Amplitud: 4.537
Defasaje: 69.33-62.83=6.5

```
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>w=0.1
CC>a=s*w/(s^2+w^2)
CC>time(a,g*h*a)
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>w=0.5
CC>a=s*w/(s^2+w^2)
CC>time(a,g*h*a)
```

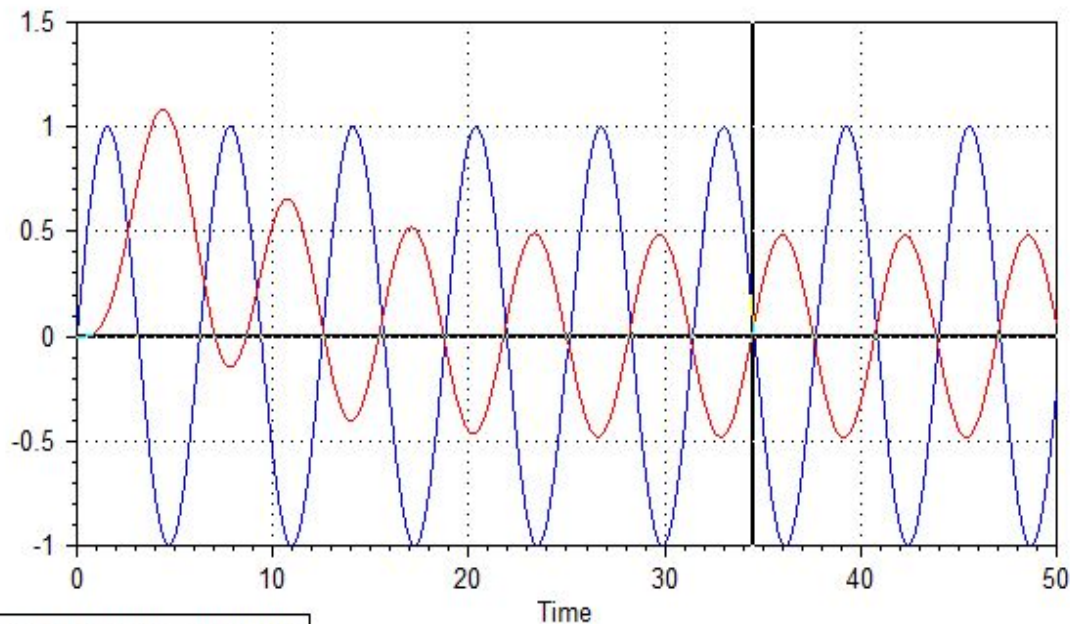
Plot View 1



Frecuencia: 0.5
Amplitud: 2.185
Defasaje: 16.92-12.57=4.35


```
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>w=1
CC>a=s*w/(s^2+w^2)
CC>time(a,g*h*a)
CC>
```

Plot View 1

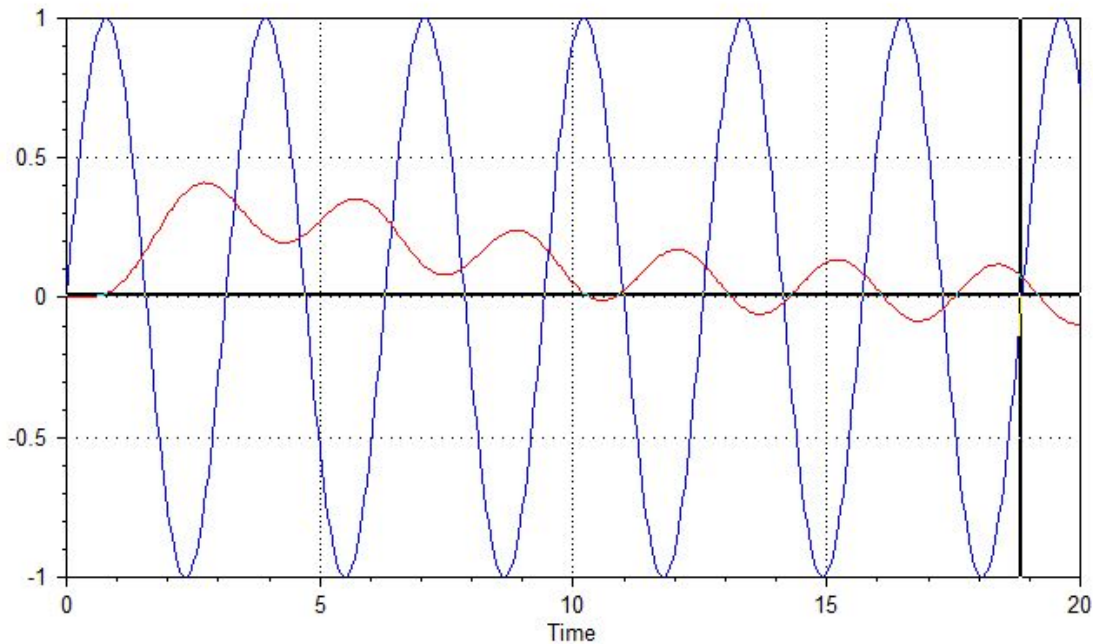


Time = 34.53, Real = -0.003984

Frecuencia: 1
Amplitud: 0.4841
Defasaje: $34.53 - 31.34 = 3.19$

```
CC>g=5/((2*s+1)*(4*s+1)*(0.1*s+1))
CC>h=1/(0.5*s+1)
CC>w=2
CC>a=s*w/(s^2+w^2)
CC>time(a,g*h*a)
CC>
```

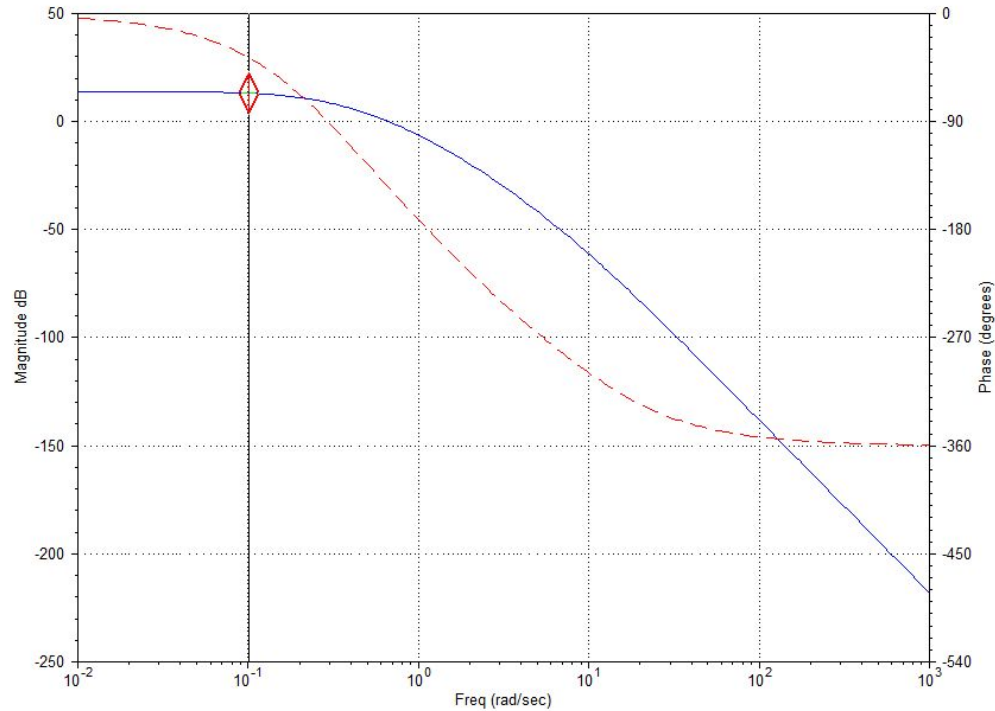
Plot View 1



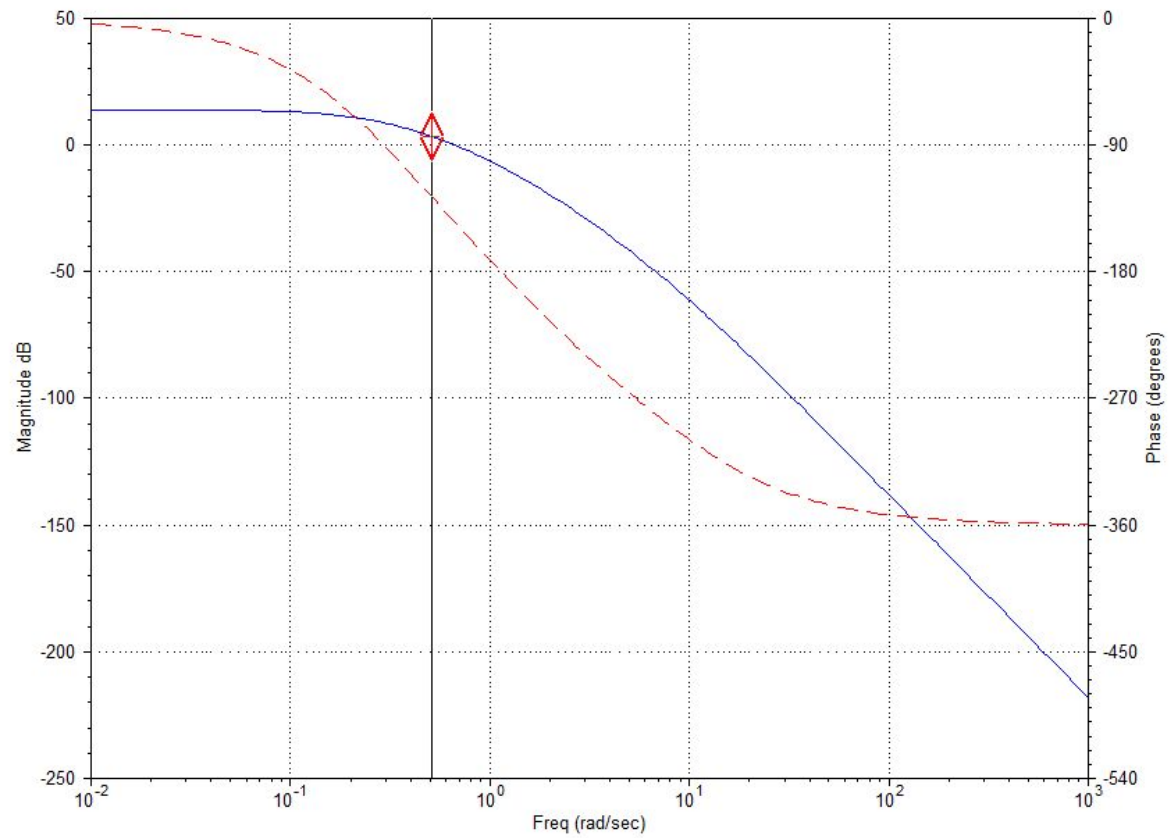
Time = 18.83, Real = 0.009346

Frecuencia: 2
Amplitud: 0.1215
Defasaje: 22.32-20.42=1.9

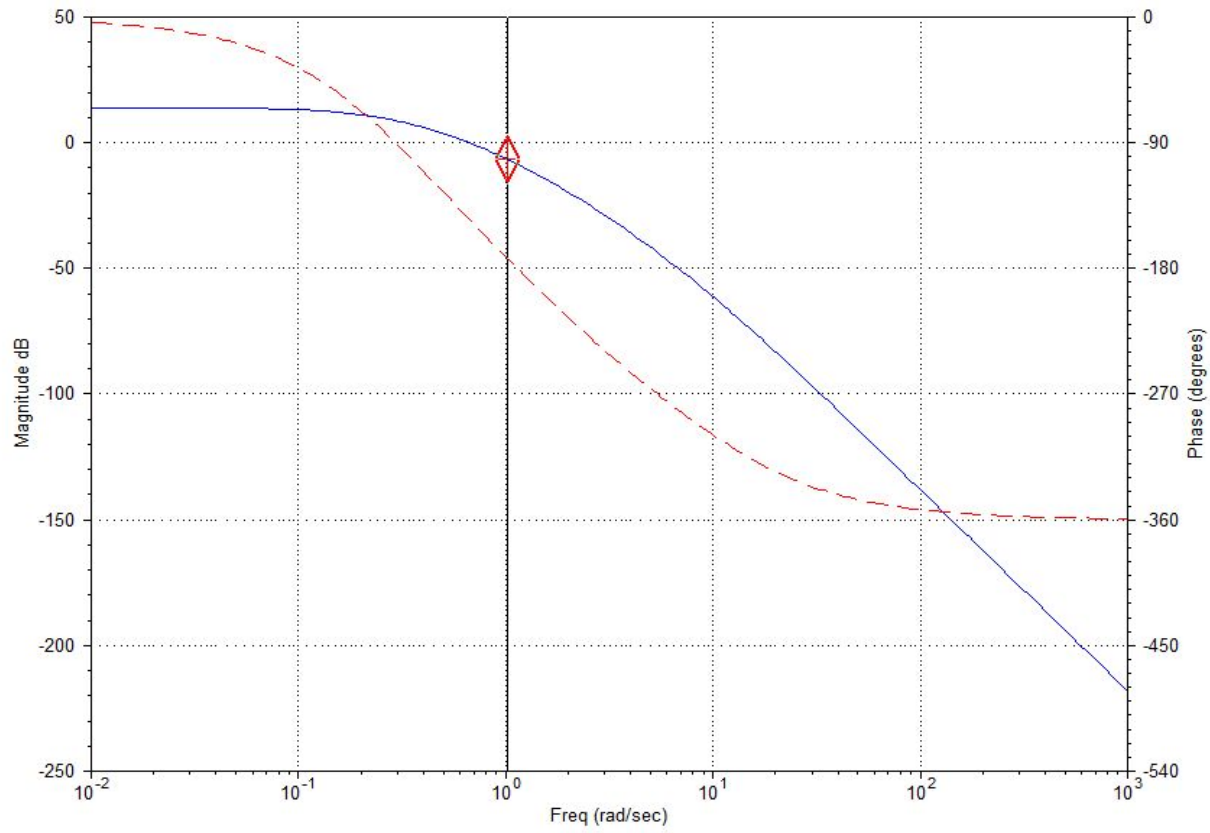
3.3- Verificar en el Diagrama de Bode correspondiente a $G_0(s)$, los valores calculados a partir de los gráficos.



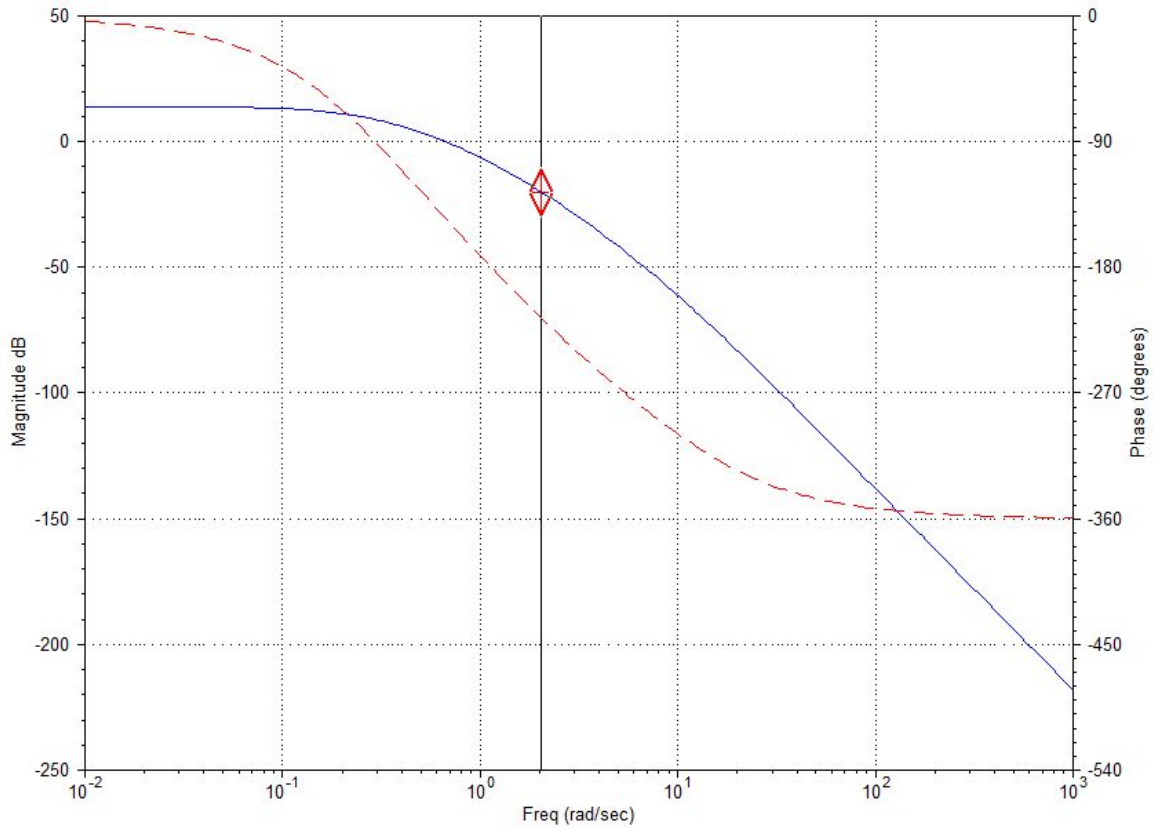
freq = 0.1009 r/s, *Mag = 4.539 (13.14 dB), Phase = -36.86 deg



Freq = 0.5091 r/s, *Mag = 1.495 (3.49 dB), Phase = -126.6 deg



Freq = 1.019 r/s, *Mag = 0.4655 (-6.642 dB), Phase = -172.9 deg



Freq = 2.038 r/s, *Mag = 0.09954 (-20.04 dB), Phase = -216.3 deg

Resumen 3.2

Bode			Graficos entrada y salida			Defasaje	
Frecuencia	Defasaje (grados)	Amplitud de salida	Amplitud	Defasaje (tiempo)	$T_u=(2\pi/w)$	Conversion tiempo a grados	
0.1	-36.86	4.539	4.537	6.5s	62.831	$(6.5s*360)/62.831=37.24$	
0.5	-126.6	1.495	2.185	4.35s	12.566	$(4.35s*360)/12.566=124.62$	
1	-172.9	0.4655	0.4841	3.19s	6.283	$(3.19s*360)/6.283=182.87$	
2	-216.3	0.09954	0.1215	1.27s	3.142	$(1.9s*360)/3.142=217.72$	

Ejercicio 4

Para la función de transferencia de lazo abierto $G_o(s) = G(s) \cdot H(s)$ SIN TIEMPO MUERTO, graficar los Diagramas de Bode, Nyquist y Lugar de Raíces para los siguientes casos:

4.1- A partir de la función $G_o(s)$ determinar: asíntotas, G_{ss} , constantes de tiempo, margen de ganancia y de fase, W_u y T_u , K_{cu} (gráficamente)

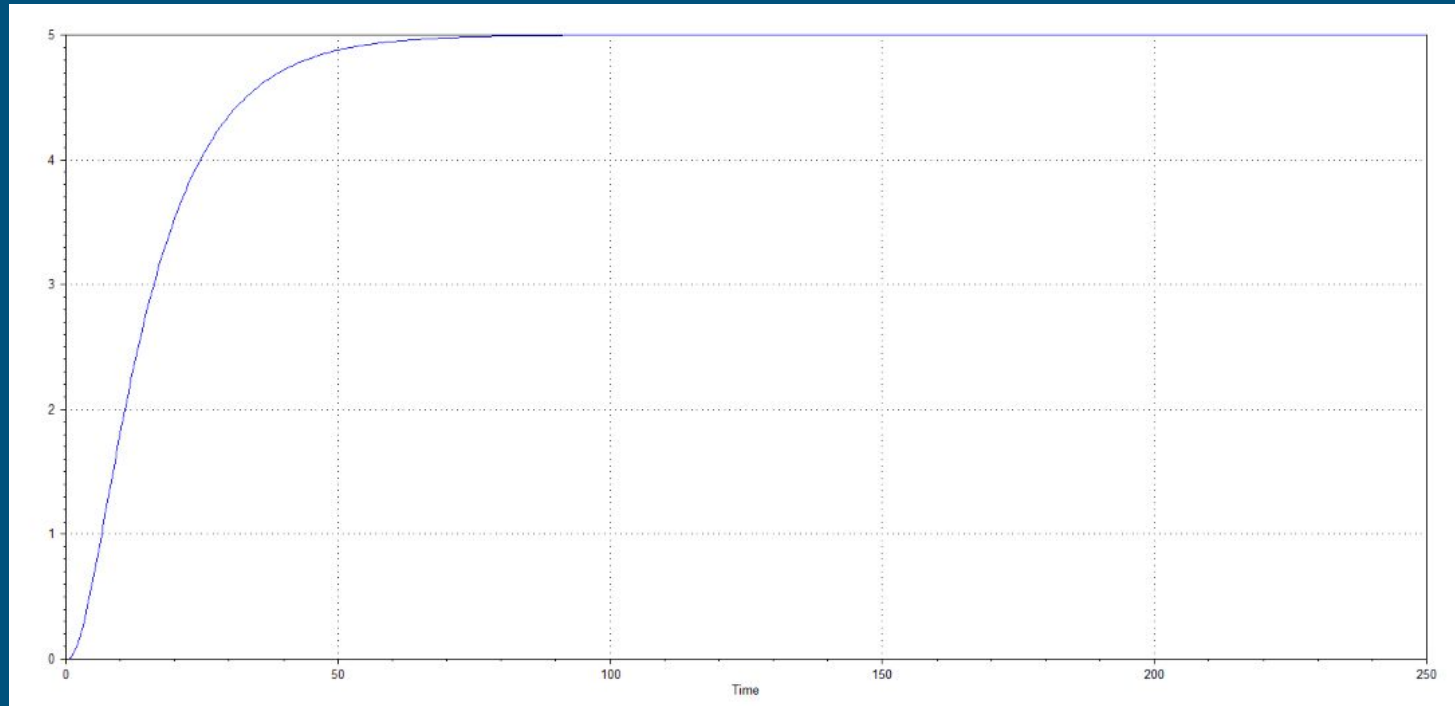
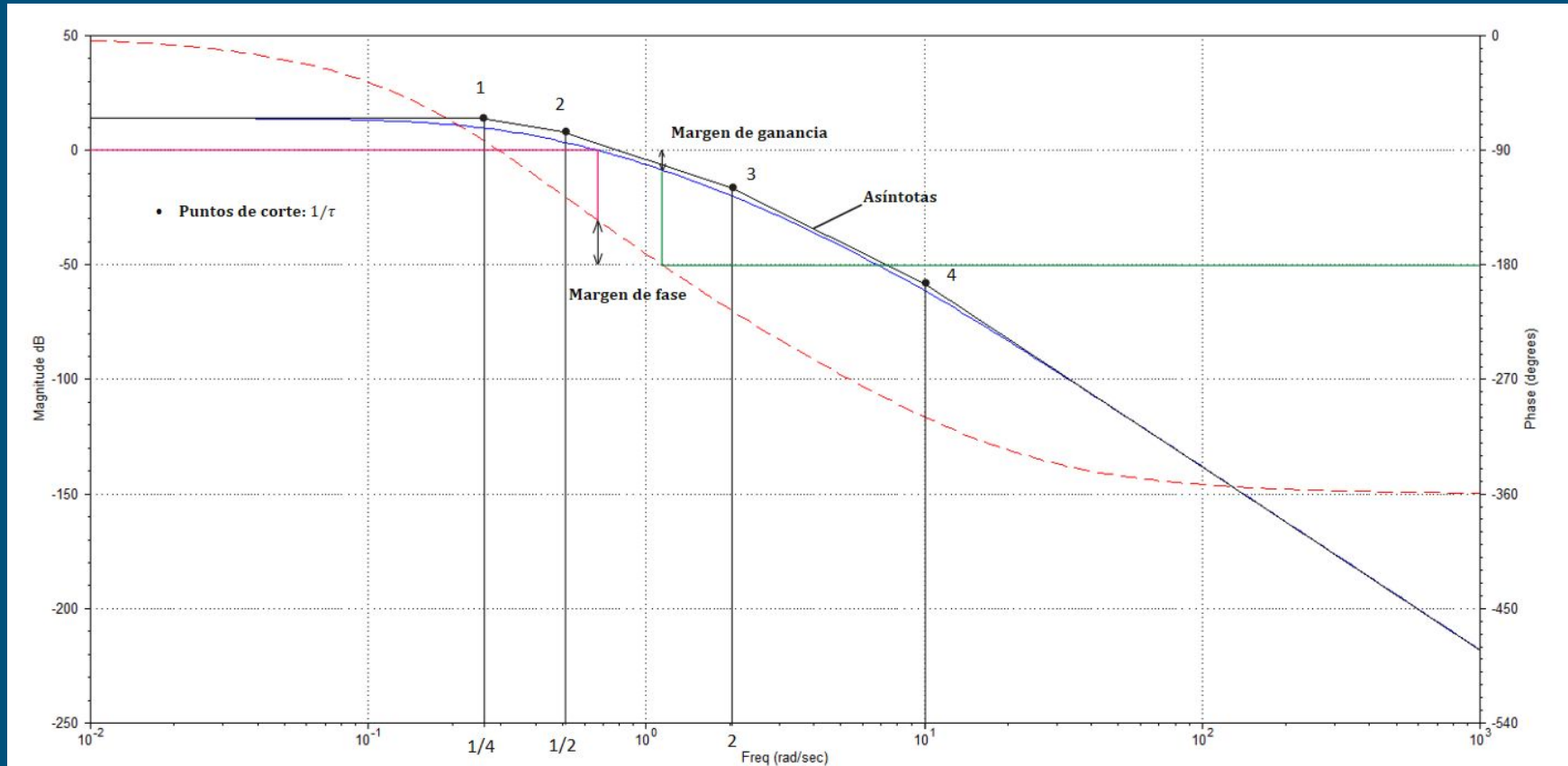


Diagrama de Bode



Cálculo de constantes de tiempo

$$G_0(s) = \frac{5}{(2s + 1)(4s + 1)(0,1s + 1)(0,5s + 1)}$$

$$\frac{1}{\tau_1} = \frac{1}{2} \rightarrow \tau_1 = 2$$

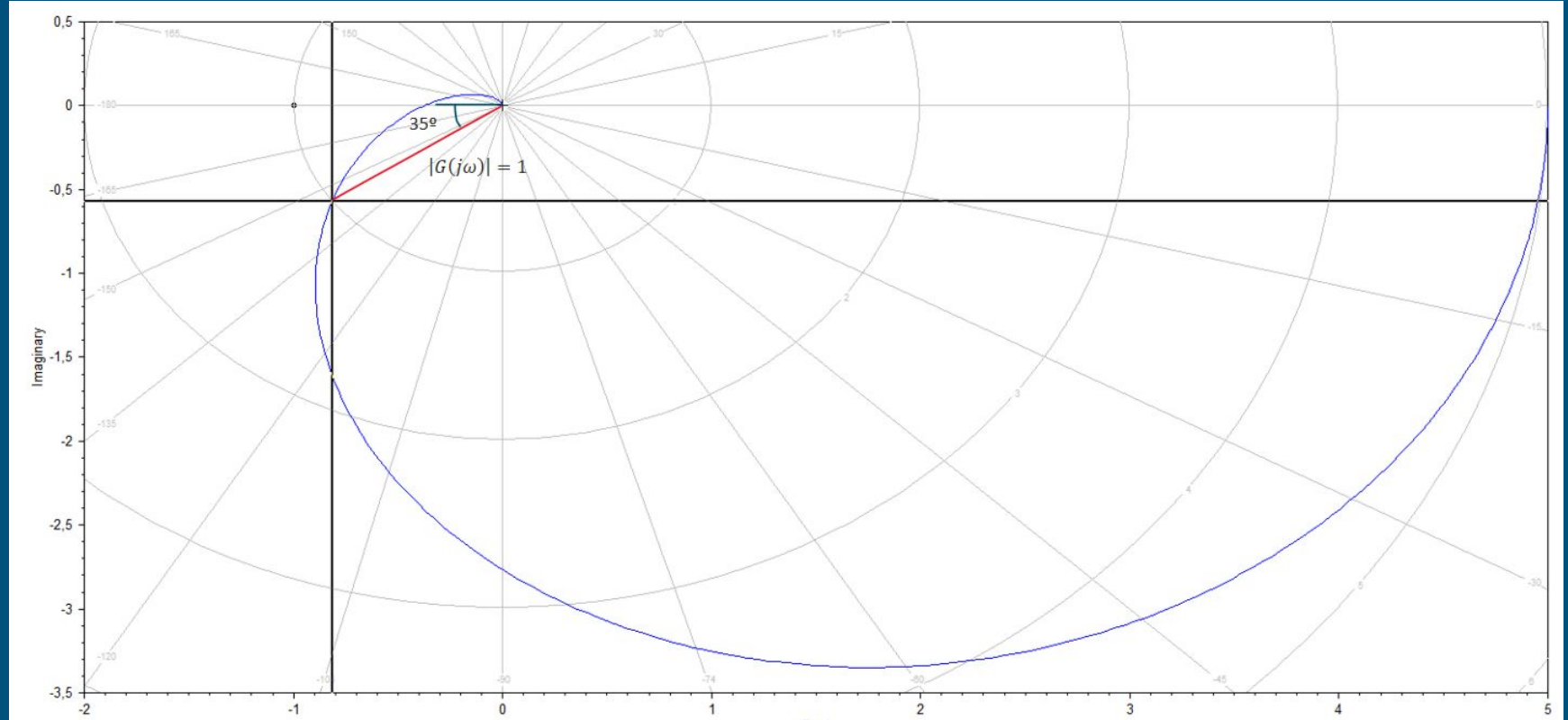
$$\frac{1}{\tau_2} = \frac{1}{4} \rightarrow \tau_2 = 4$$

$$G_0(s) = \frac{K}{(\tau_1s + 1)(\tau_2s + 1)(\tau_3s + 1)(\tau_4s + 1)}$$

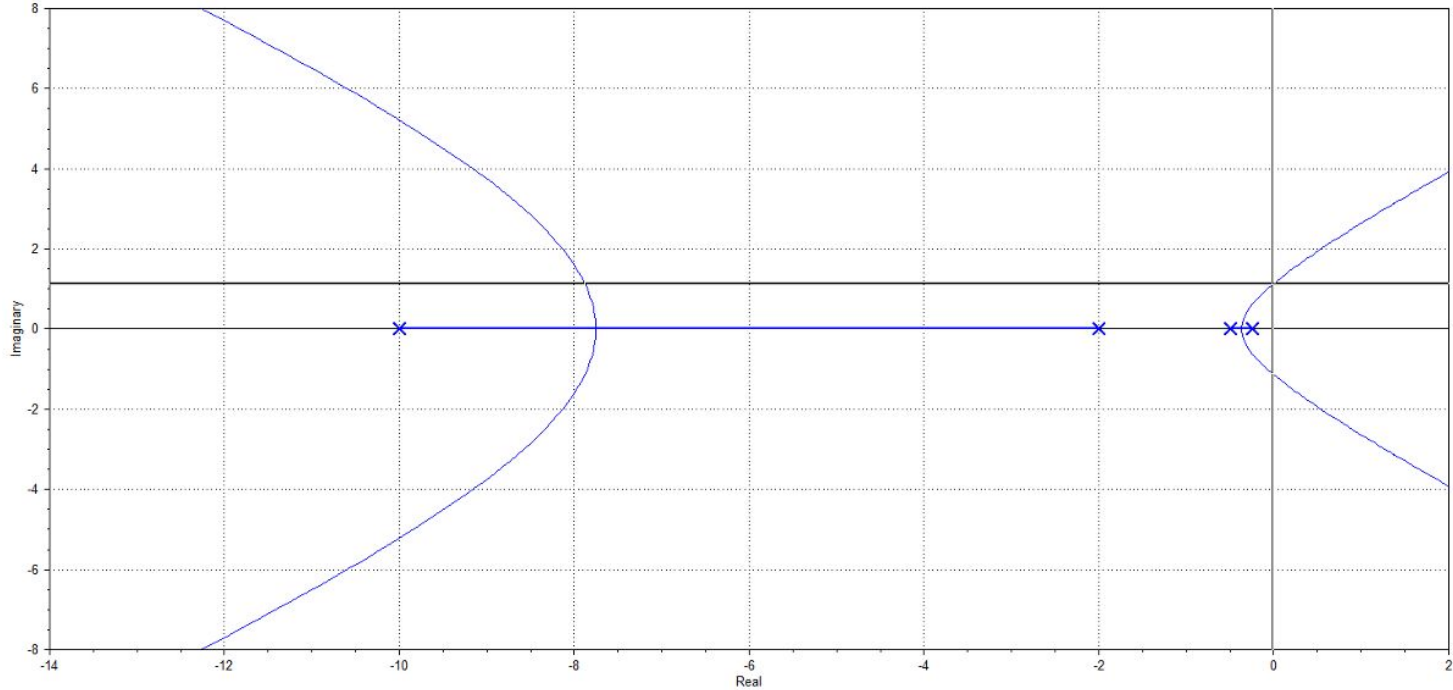
$$\frac{1}{\tau_3} = 10 \rightarrow \tau_3 = \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{\tau_4} = 2 \rightarrow \tau_4 = \frac{1}{2}$$

Diagrama de Nyquist



Lugar geométrico de raíces



K_{cu} ω_u

$s = -0.005698 \pm j1.132$ (Mag= 1,132, Zeta= 0,005033)
gain= 2,64 $\angle 0,01315$ (Mag= 2,64, Phase= 0,2853 deg)

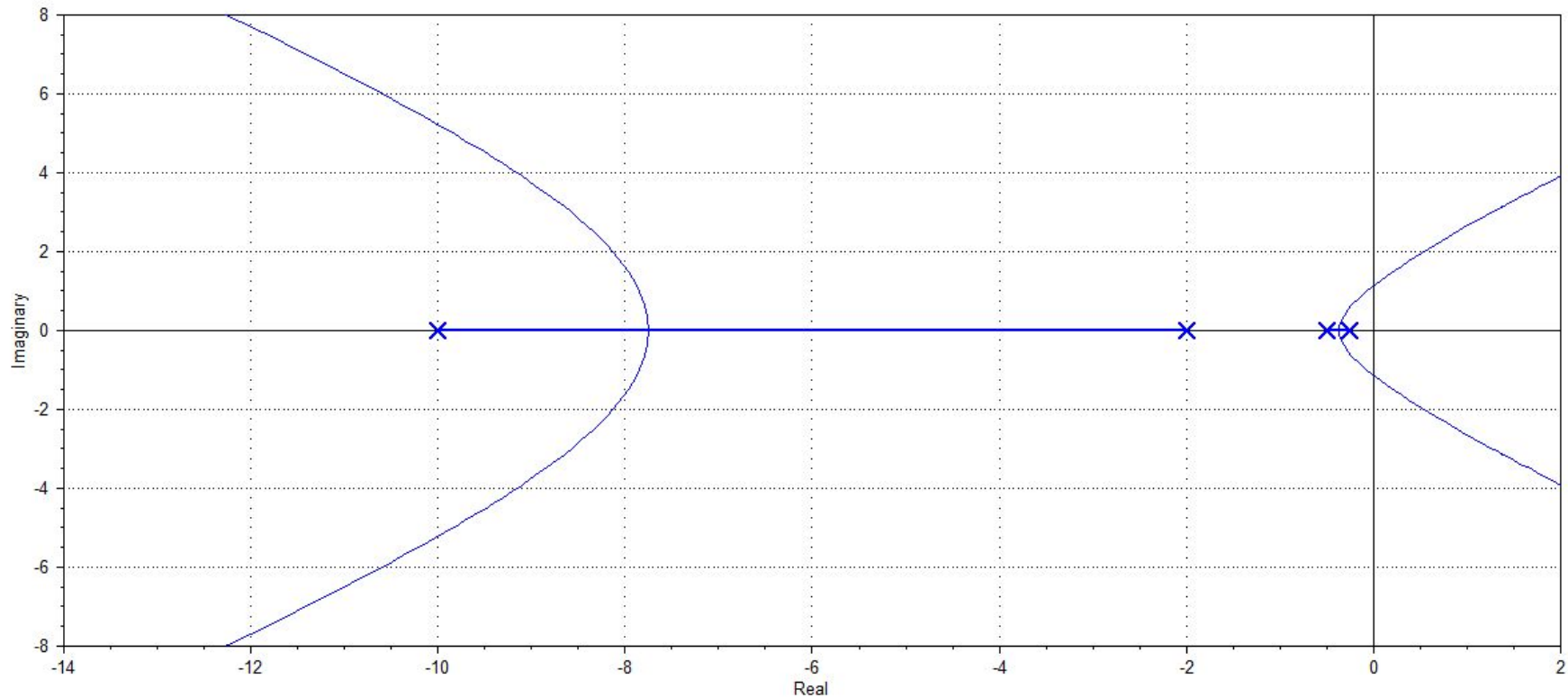
Cálculo de T_u

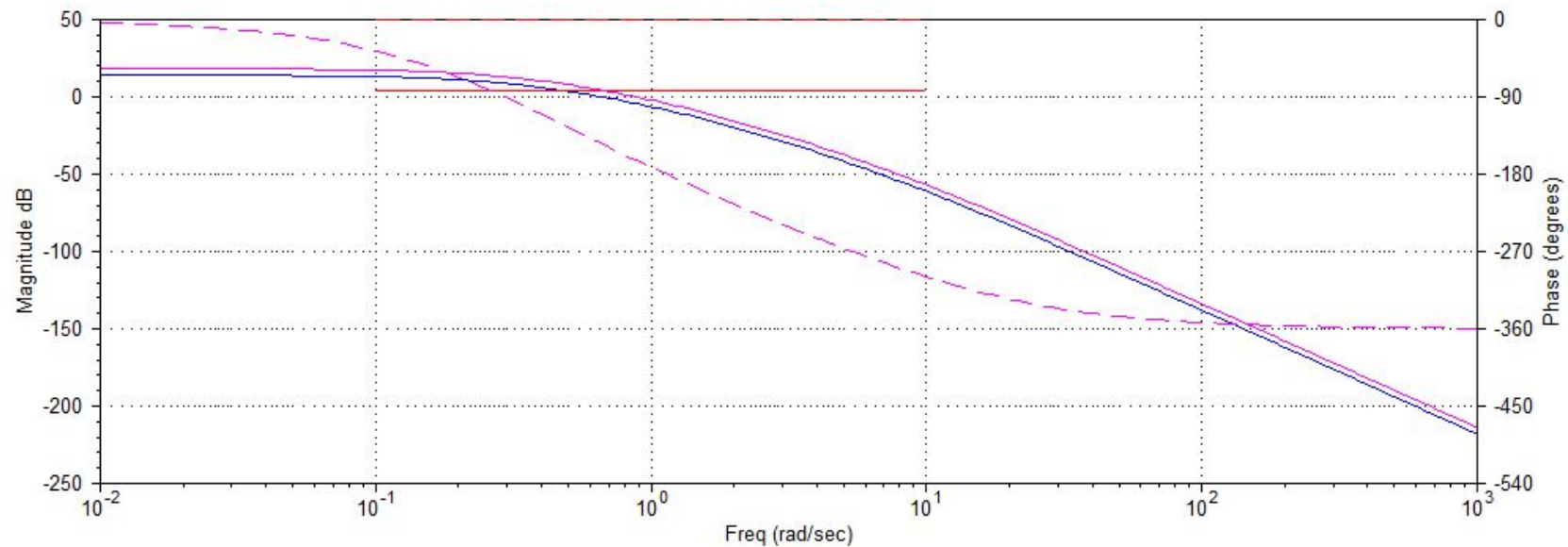
$$K_{cu} = 2,64$$

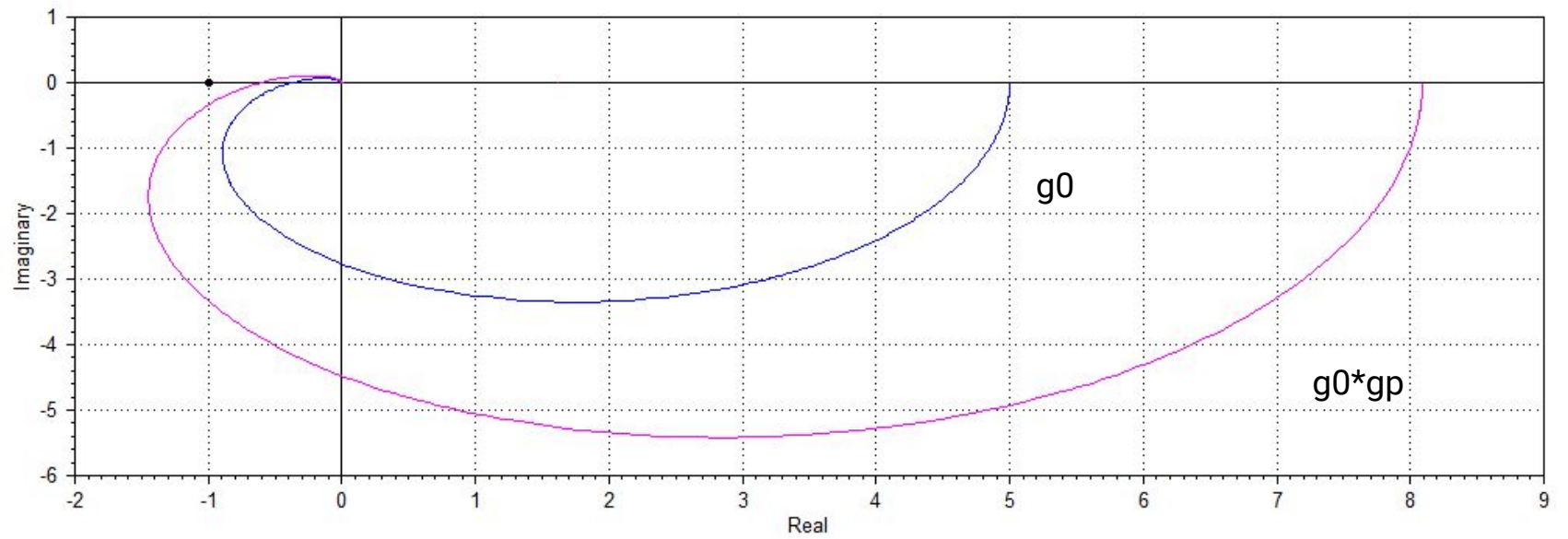
$$T_u = \frac{2\pi}{\omega_u} \rightarrow T_u = 5,55 \text{ s}$$

$$\omega_u = 1,132 \text{ rad/s}$$

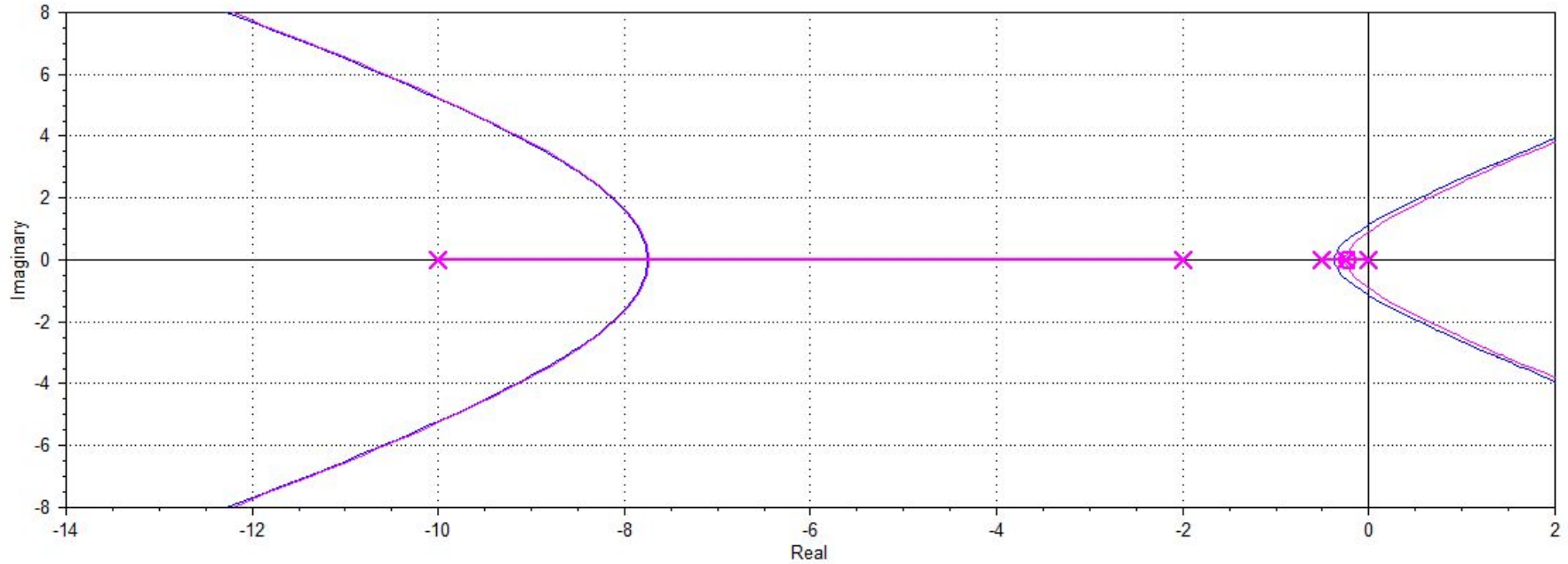
Ejercicio 4.2

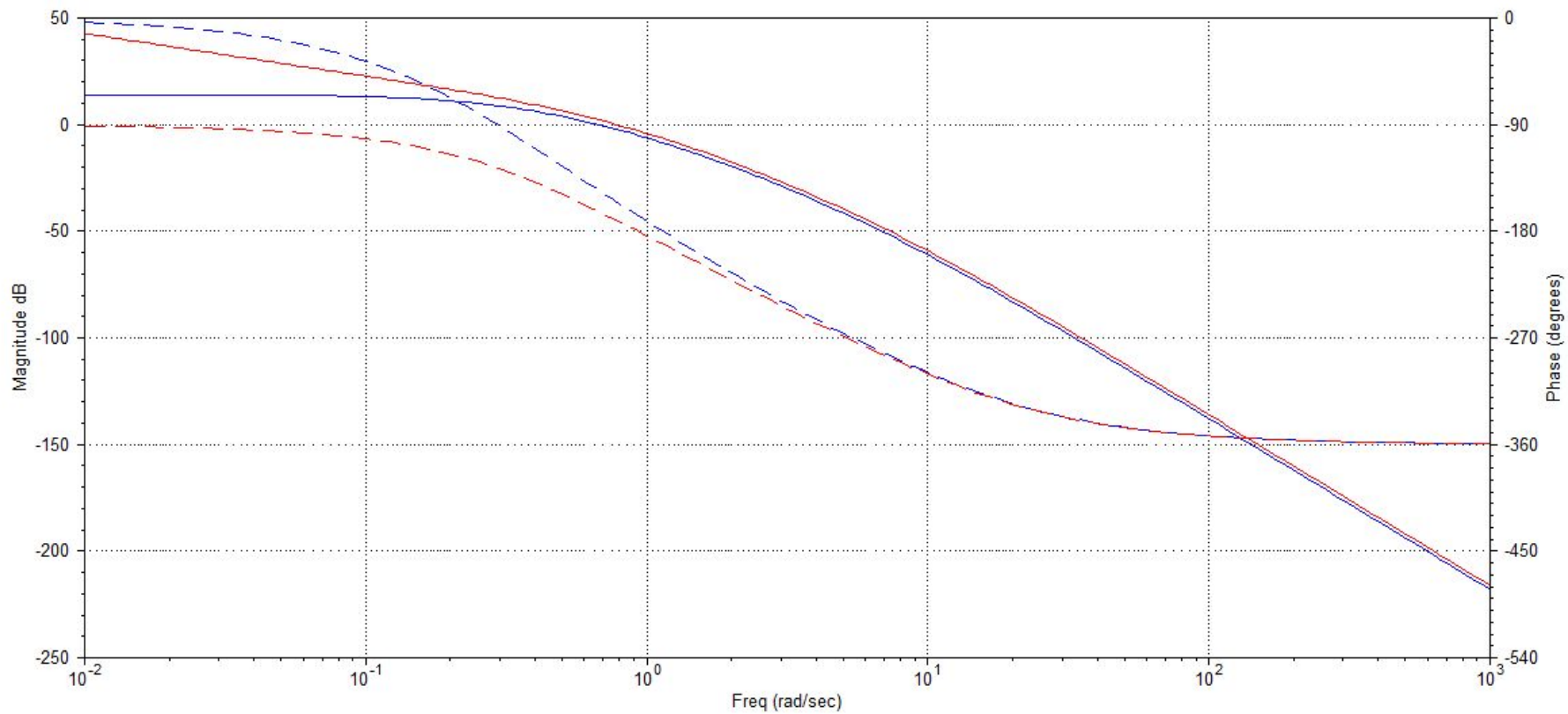


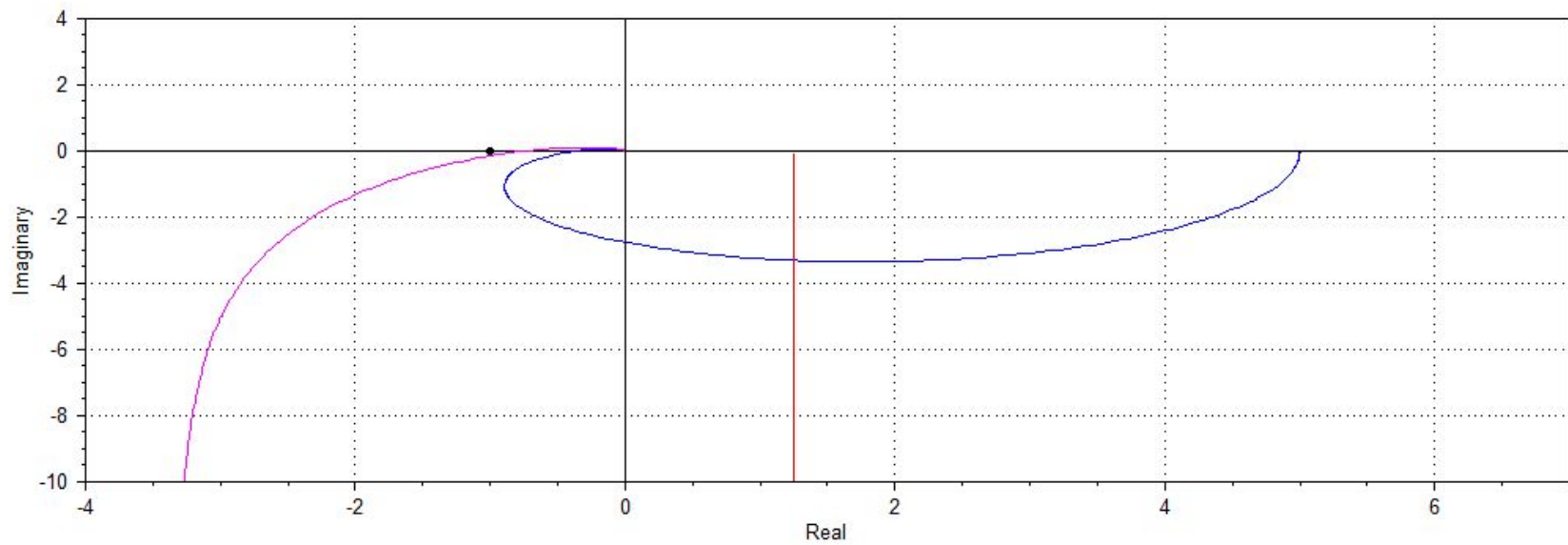




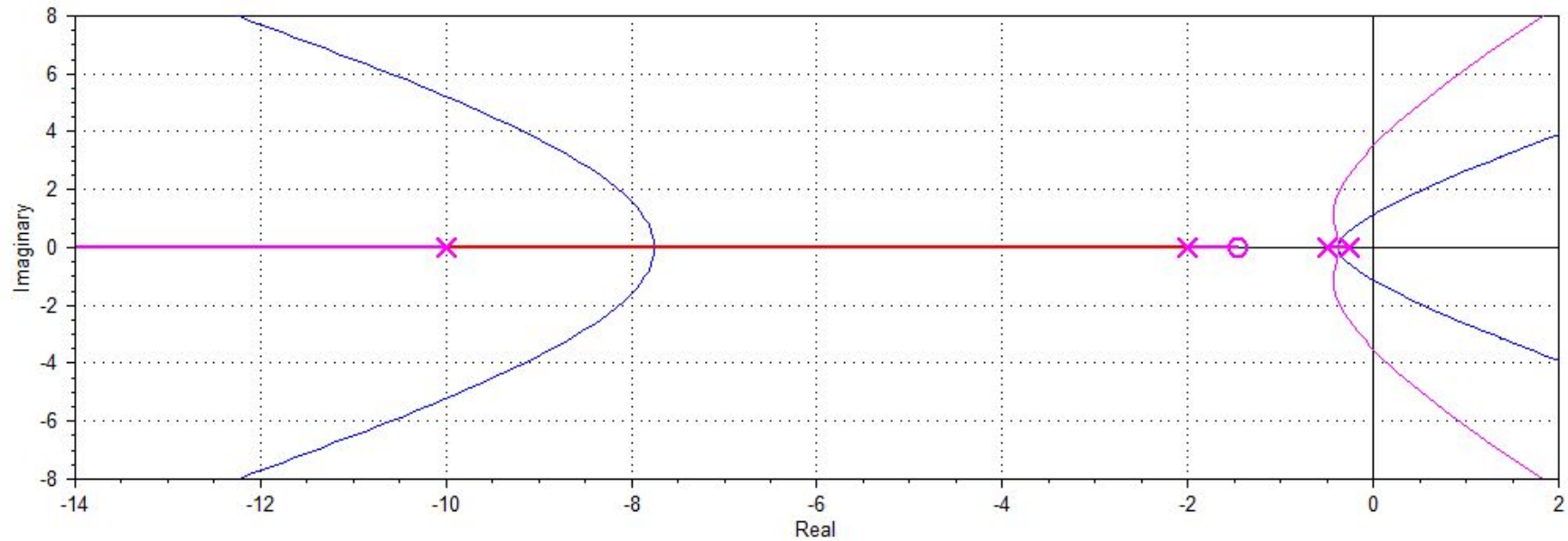
Ejercicio 4.3

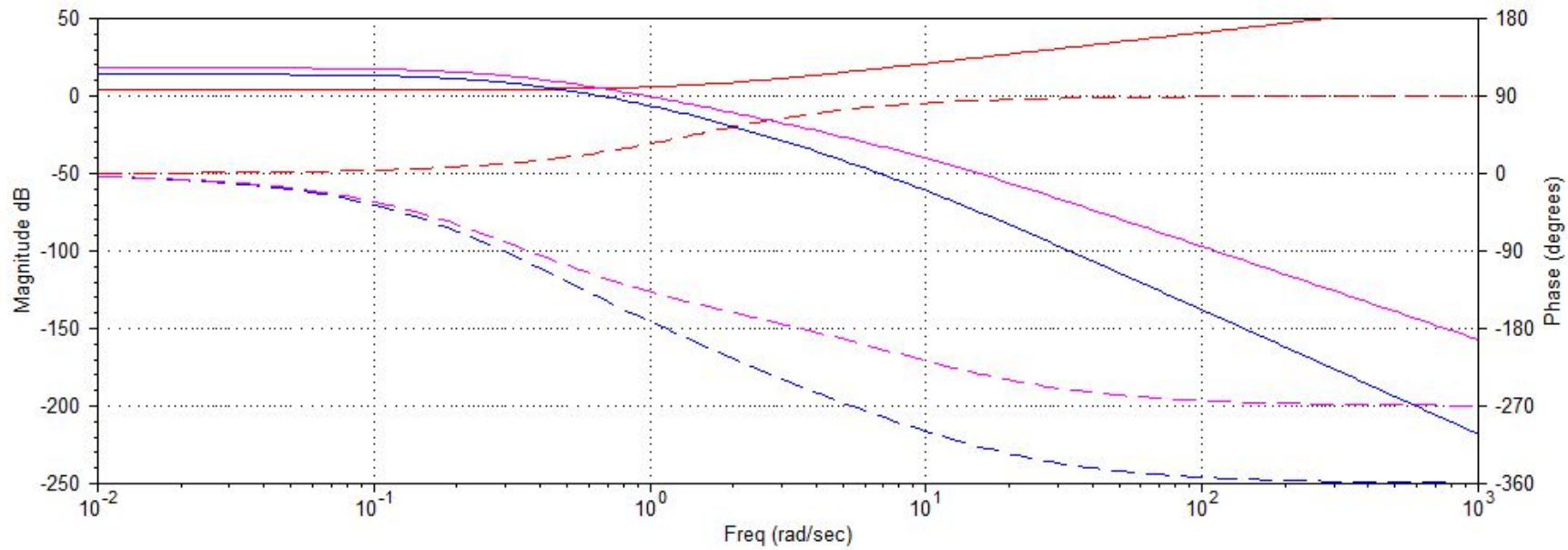


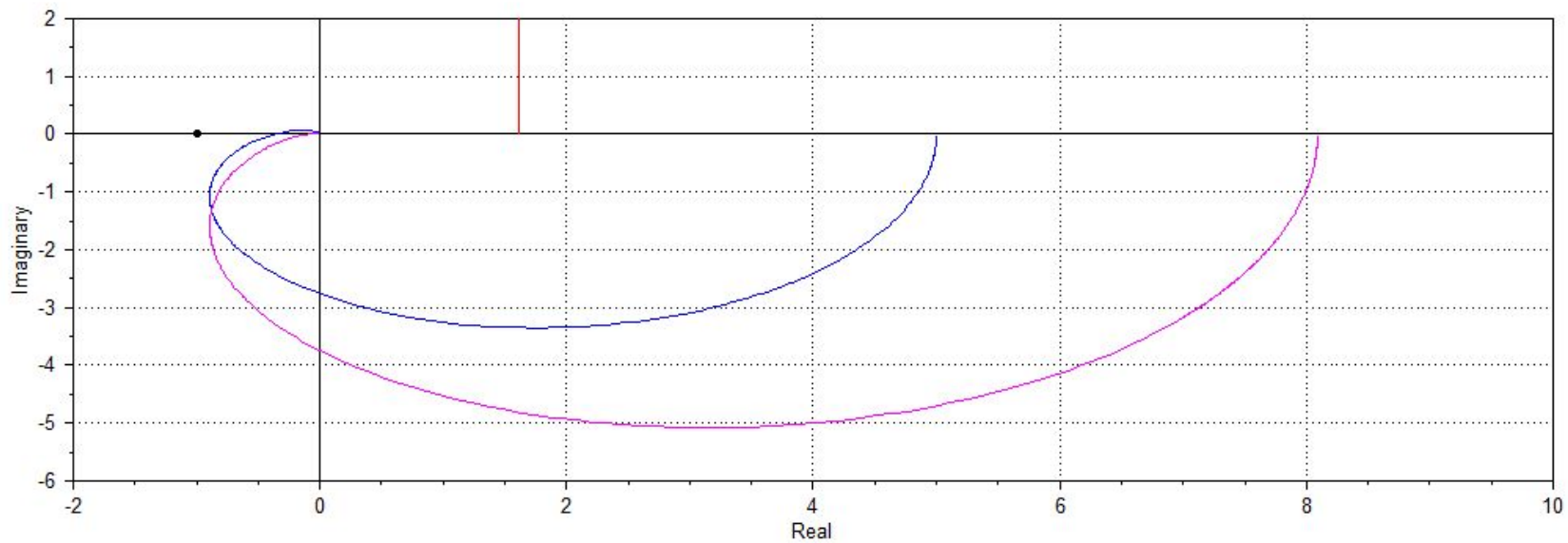




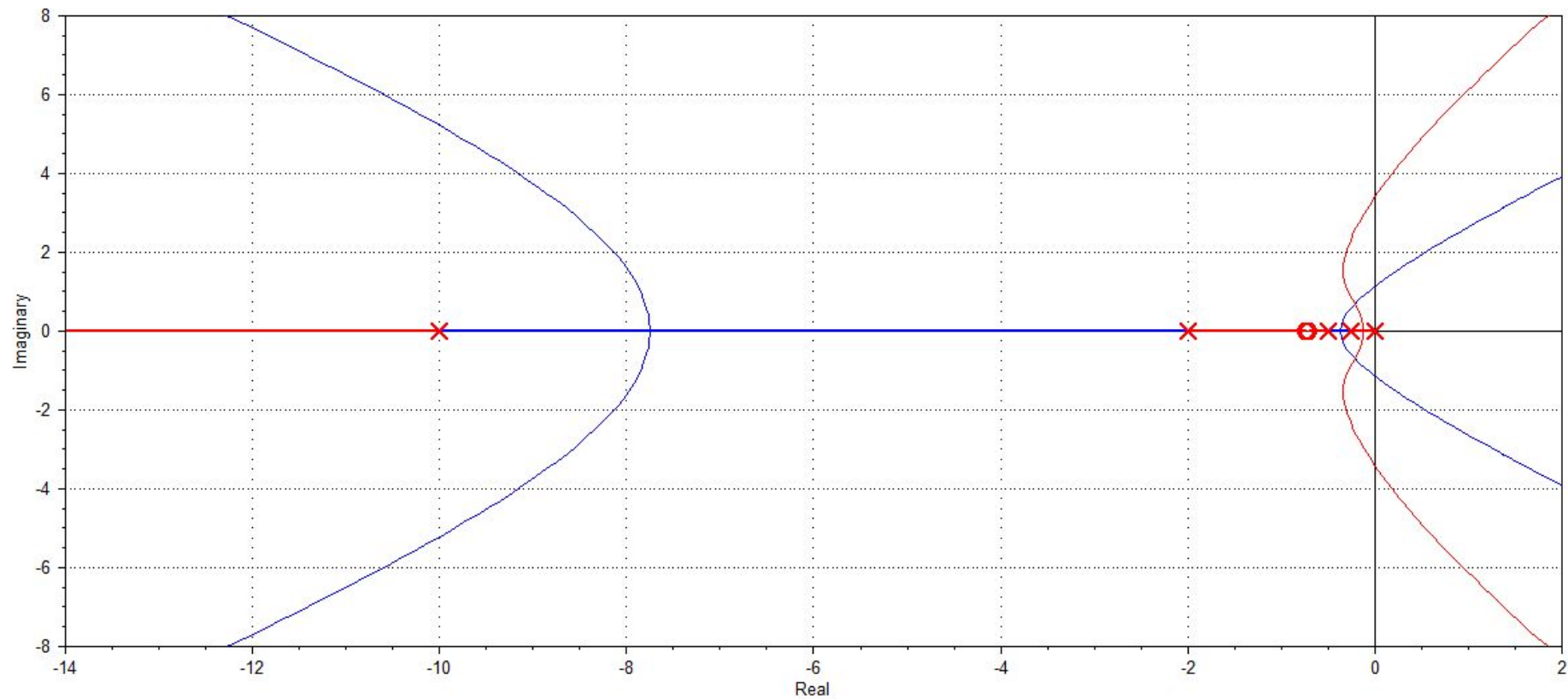
Ejercicio 4.4

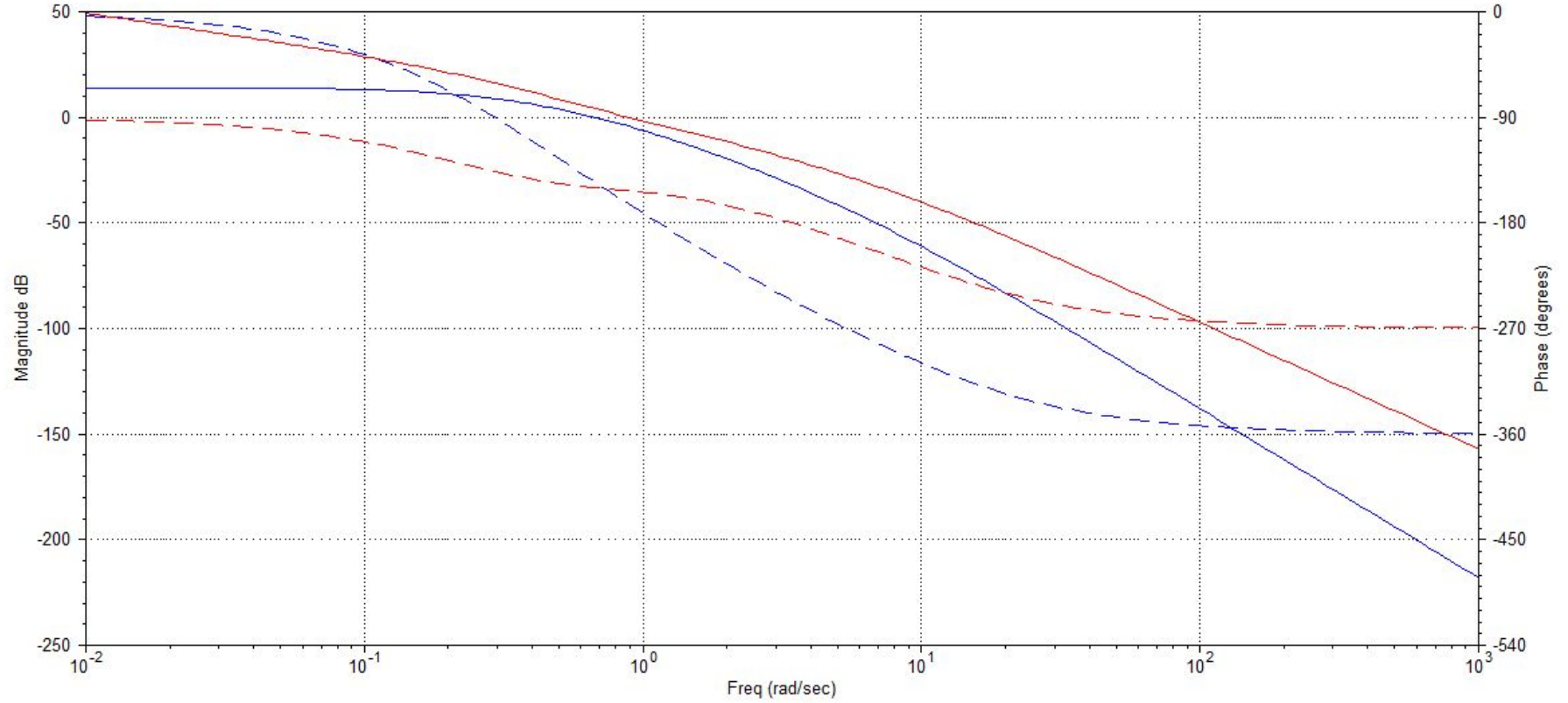




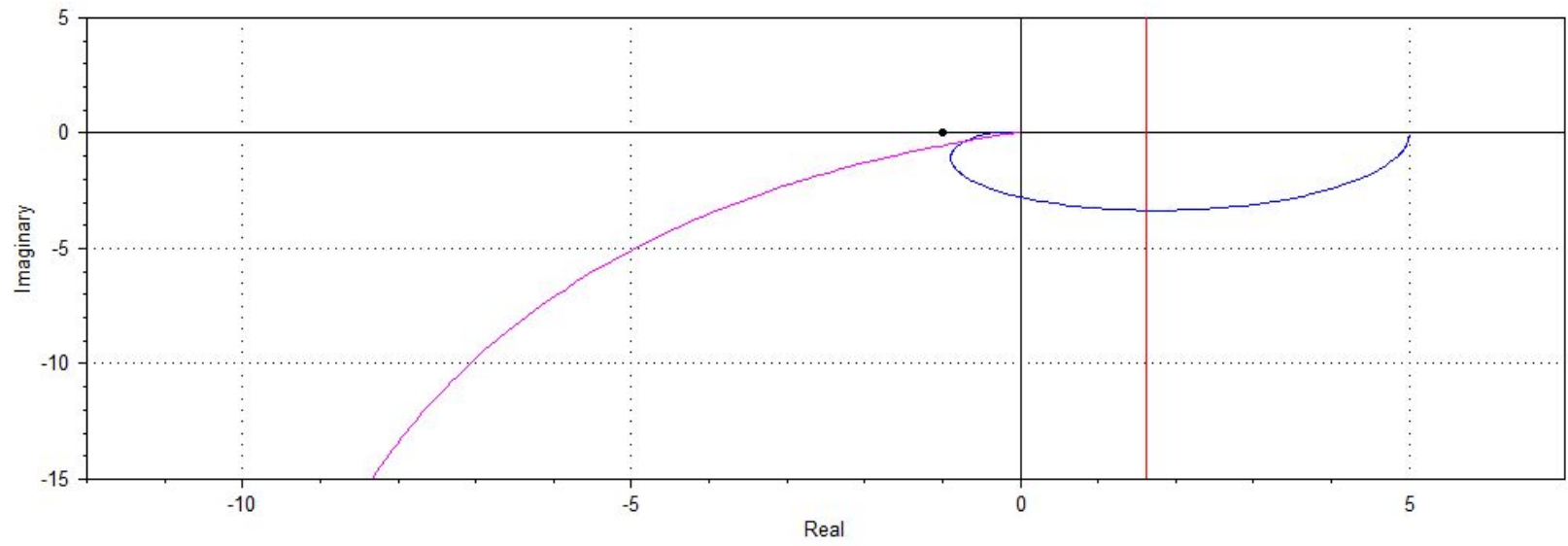
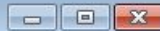


Ejercicio 4.5





Plot View 1



Análisis de estabilidad

- ❑ Podemos apreciar que en los cuatro casos (GP, GPD, GPI Y GPID) nuestros sistemas son estables. Todos alcanzan un SS

Mas o menos oscilatorios

- ❑ Vemos que GP y GPI, tardan un poco más en llegar a la estabilidad.
- ❑ Mientras que GPD y GPID, alcanzan una estabilidad más rápidamente.

Siendo GPI el que más tarda en alcanzar el estado estacionario, y GPD el que menos tarda en este caso

Error de estado estacionario

- ❑ Podemos notar que GPI y GPID, no tienen error de estado estacionario
- ❑ Mientras que GP y GPD, presentan prácticamente el mismo error de estado estacionario.

Finalmente vemos que GPD alcanza en menor tiempo el SS, pero GPID, también lo hace en un tiempo más reducido que GPD y GP, pero a diferencia de GPD este no presenta un error de SS.

Ejercicio 5

