

Manual de Usuario

Sistema Educativo

Teoría de Control

Grupo de investigación UTN FRRo

2012

Índice.

Respuesta Transiente	3
Modo de Uso	4
Pantalla Principal.....	4
Respuesta Transiente	5
Controladores.....	29
Ventana Principal	31
Ecuación del Controlador	32
Ingreso de Datos	33
Botones	34
Lista de gráficas.....	34
Gráficas.....	35
Lugar Geométrico de las Raíces	37
Introducción	38
Supuestos y restricciones.....	38
Ventana principal: [Root Locus]	39
Ventana Secundaria: [Ingreso de datos]	40
Ventana Secundaria: [Comparación]	42
Diagramas de Bode	43
Ventana principal: [Diagramas de Bode]	44
Ventana Secundaria: [Ingresar fórmula]	46
Ventana Secundaria: [Ejemplos]	47

Respuesta Transiente

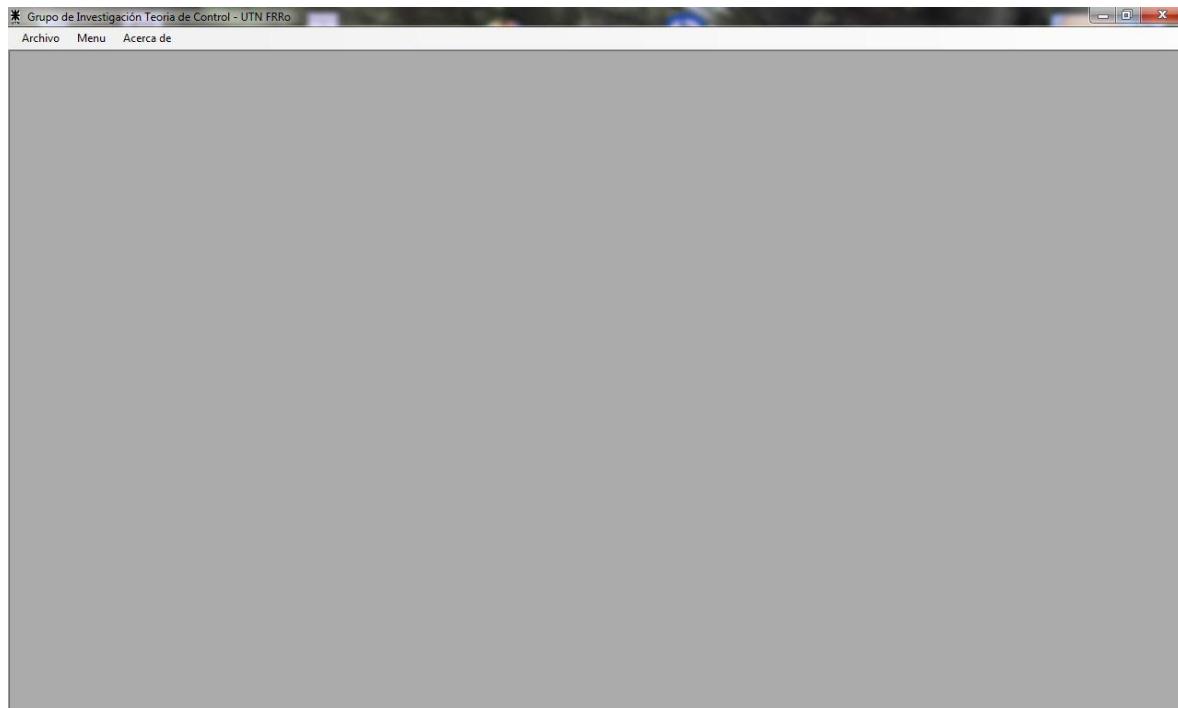
Modo de Uso

Pantalla Principal.

La pantalla principal es la ventana que aparece al ejecutar el sistema.

Ella contiene tres menúes: “Archivo”, “Menú” y “Acerca de”.

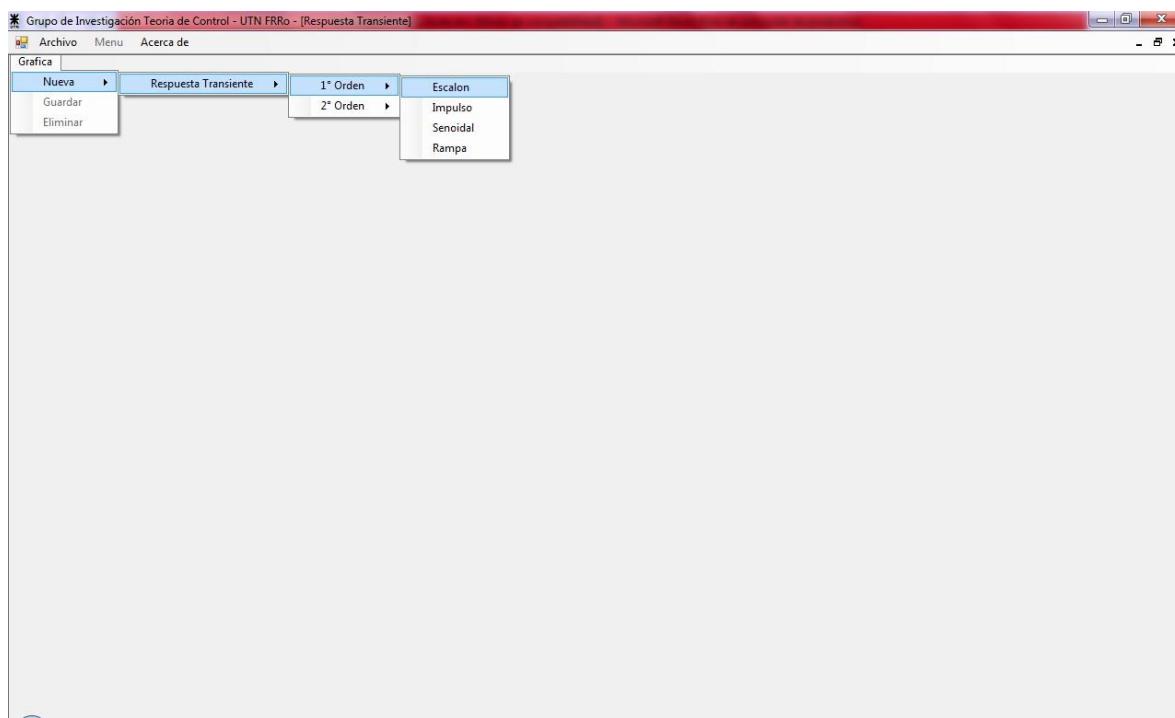
Archivo: Al hacer clic me permite la opción de salir del sistema.



Menú: permite acceder a los cuatro módulos del sistema (Respuesta Transiente, Controladores, Root Locus, Diagramas de Bode).

Como se verá a continuación la “Respuesta Transiente” se divide en dos: Las de Primer Orden y Las de Segundo Orden.

Seleccionando cualquiera de las dos mencionadas se accede a la pantalla correspondiente a la gráfica seleccionada.

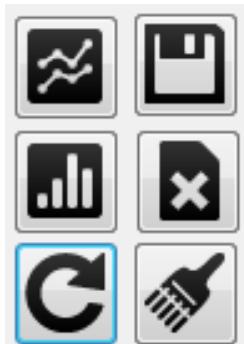


Respuesta Transiente

Aquí solo se mostrarán los atributos que se necesiten dependiendo del orden de la respuesta y de la entrada escogida.

Botones.

Siempre son los mismos, independientemente del orden de la respuesta transiente que se seleccione y del tipo de entrada, cumpliendo, para todos los casos, las mismas funciones en cualquier gráfica.





Botón Graficar : Al hacer click sobre él se realizará la gráfica del sistema seleccionado. Es requisito para su utilización que se completen todos y cada uno de los parámetros que especifique la entrada.



Botón Medidas de Desempeño : Éste abrirá una nueva pantalla con los valores de las medidas de desempeño que califica a la respuesta. Si no se ha realizado ninguna gráfica todavía y se lo solicita, la misma se abrirá con los campos vacíos.

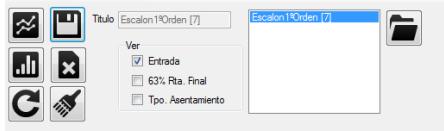


Botón Repetir última fila : Su función es completar los restantes campos de las variables con los mismos valores de la última fila que se ingresó. No importa que se haya completado la fila entera, si esto no ocurrió se repetirán en las demás gráficas solo los valores de los campos ingresados.



Botón Guardar : Brinda la opción de guardar las gráficas que se desean, con la posibilidad de abrirlas o consultarlas luego.

A continuación se mostrará un ejemplo, de la entrada escalón de primer orden, que ilustra cómo queda guardada la gráfica. Al hacer click sobre ella se abrirá nuevamente la gráfica contenida.



Botón Eliminar : Elimina o borra las gráficas que se deseen pero que hayan sido previamente guardadas . Primero se deberá abrir la gráfica haciendo doble click sobre ella y luego eliminarla.

Aquí vemos como al seleccionar la gráfica que no deseamos más y apretando el botón “Eliminar”, la gráfica anteriormente guardada desaparece.



Botón Limpiar : borra los datos de los campos de los parámetros de entrada.

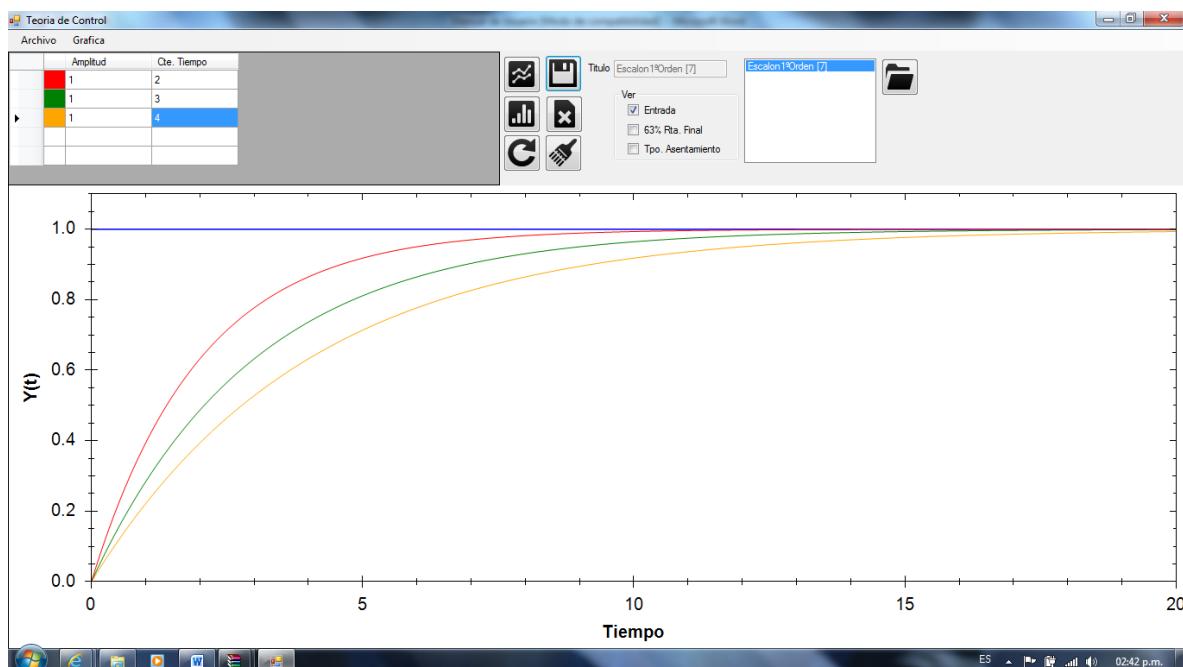


Botón Cargar : Al seleccionar una de las gráficas almacenadas, este botón, permite cargar nuevamente la misma.

Además de estos botones, en el panel de la derecha se puede apreciar el título de la gráfica que viene por defecto compuesto por la entrada y el sistema (con ese mismo nombre se va a almacenar).

Cantidad de gráficas por tipo de entrada.

Por cada tipo de entrada se podrán hacer como máximo cinco gráficas, cada una de las cuales, se diferenciarán de las demás por sus colores de referencia, que se indicará al costado izquierdo de los parámetros de entrada.



La única excepción a esta normativa es la entrada de tipo senoidal, ya que la inclusión de más de una gráfica dificultaría mucho la visión.

También, en cada gráfica aparecerá dibujada, por defecto, la entrada (siempre en color azul), con la opción de deshabilitarla.

Curvas adicionales.

En todas las gráficas se tendrá la opción de adicionar curvas, propias de cada tipo, y que sirven para dar mayor detalle de cómo reacciona el sistema ante diferentes valores en sus parámetros. Ellas se activan y desactivan según se tilden o destilden sus opciones.

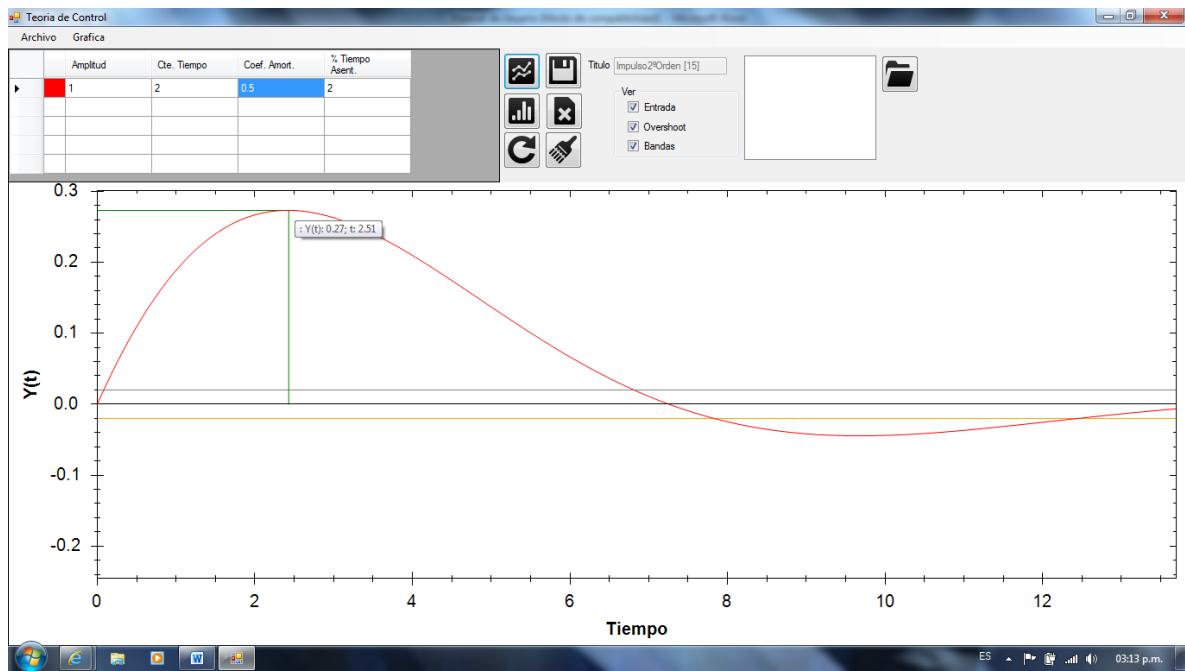
Valores de los Atributos.

Los valores designados a los parámetros pueden ser enteros o decimales. Se recomienda que sean valores racionales y no desmedidos.

Es indistinto para el sistema, en el caso que se quiera ingresar un número real, que se haga con puntos “.” o comas “,”.

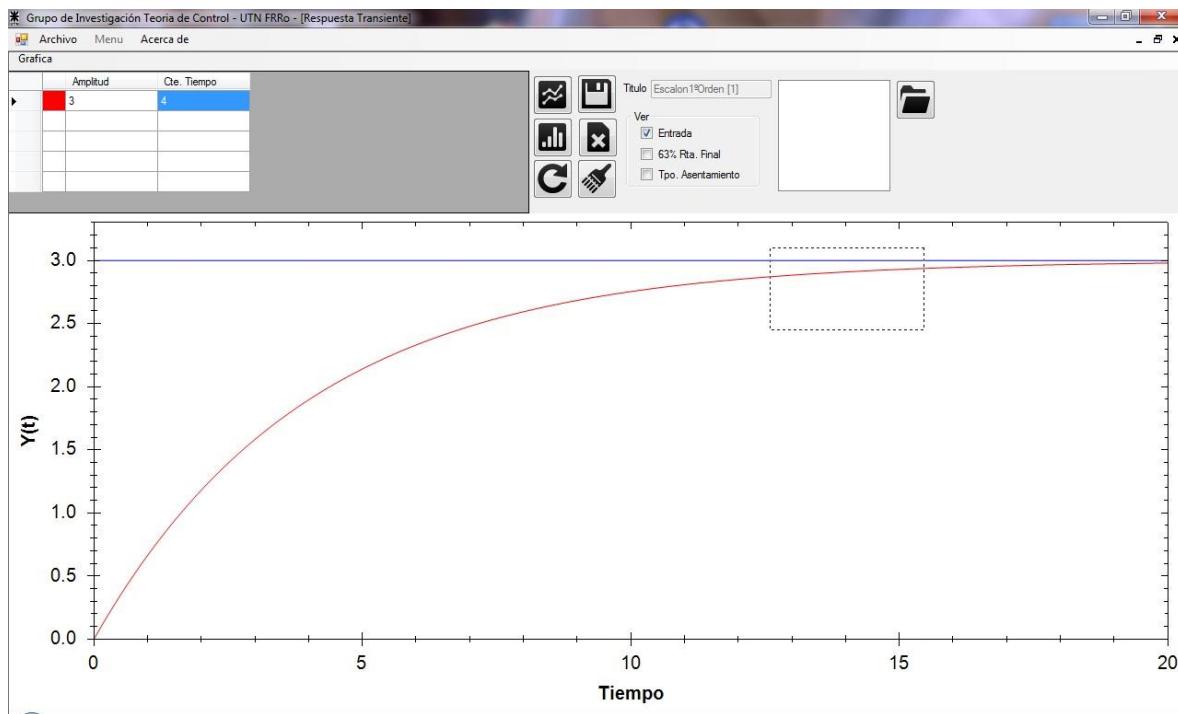
Coordenadas sobre la gráfica.

Al deslizar el cursor sobre las trazas, se podrá observar los valores de X e Y correspondientes.



Zoom sobre la gráfica.

Existe la posibilidad de acercarse o alejarse a la gráfica según se lo requiera; esto se realiza haciendo click con el cursor sobre la gráfica, en el punto que se quiere aproximar, como se muestra en la siguiente imagen.

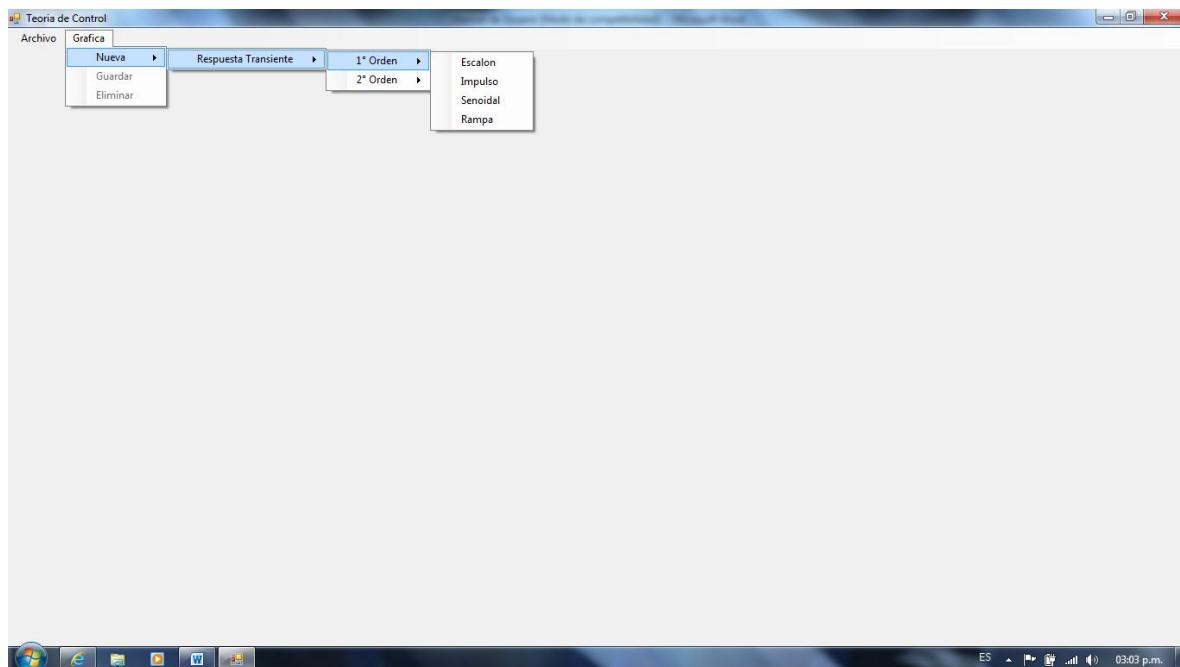


Desplazamiento sobre la gráfica.

Para acceder visualmente a aquellos lugares donde no se ve, se deberá hacerlo mediante el corrimiento de la gráfica para cualquier dirección que se indique.

1er Orden.

En esta sección se presentan cuatro tipos de entradas (escalón, impulso, rampa, senoidal).



Escalón.

Tiene la particularidad de ejercer, a partir de un determinado instante de tiempo que llamaremos 0, un cierto estímulo constante (que no varía) sobre un sistema.

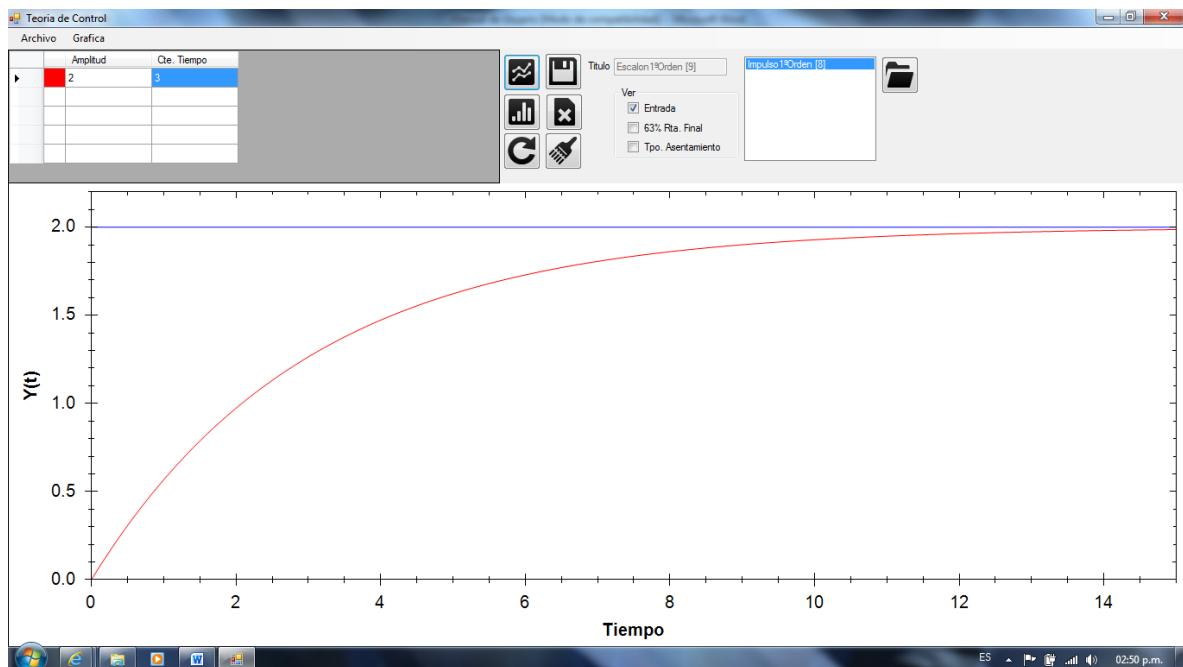
Este tipo de entrada solo requiere, para visualizar su reacción o salida del sistema en cuestión, de dos atributos, siendo ellos la Amplitud y la Cte de Tiempo.

Para proceder a graficar, se requerirá el ingreso por teclado de los valores



deseados a ambos parámetros y luego seleccionar el botón de graficar .

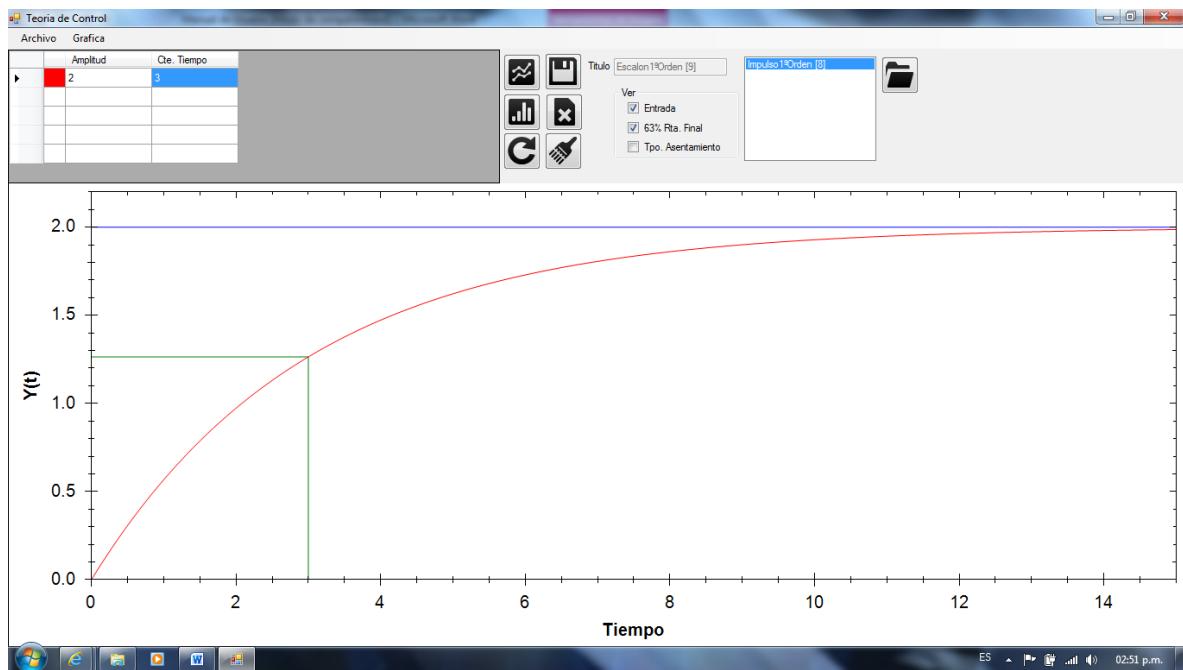
Así por ejemplo para unos valores, 2 para la Amplitud y 3 para la Cte de Tiempo, obtenemos la siguiente gráfica:



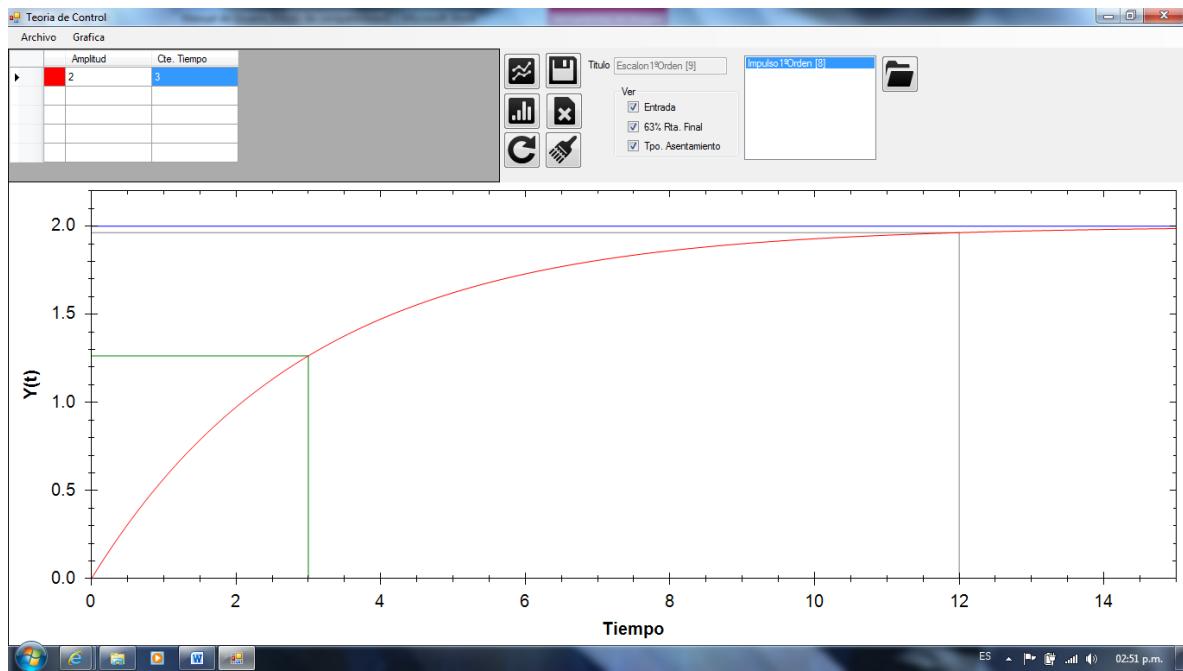
Se puede apreciar claramente la entrada (color azul) y la salida (color roja) correspondiente.

A la derecha de los botones, se observan tres opciones, que al seleccionarlas, agrega a la gráfica curvas de importante información.

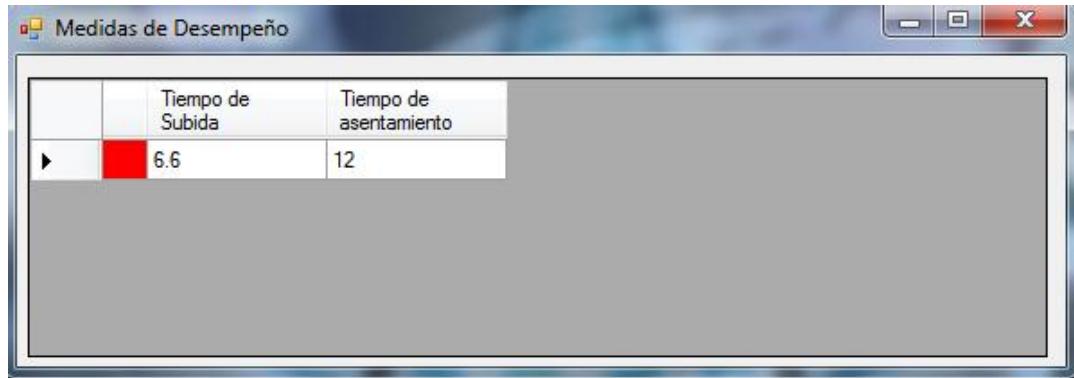
En este caso se tratan del 63 % de la respuesta final,



y tiempo de asentamiento.



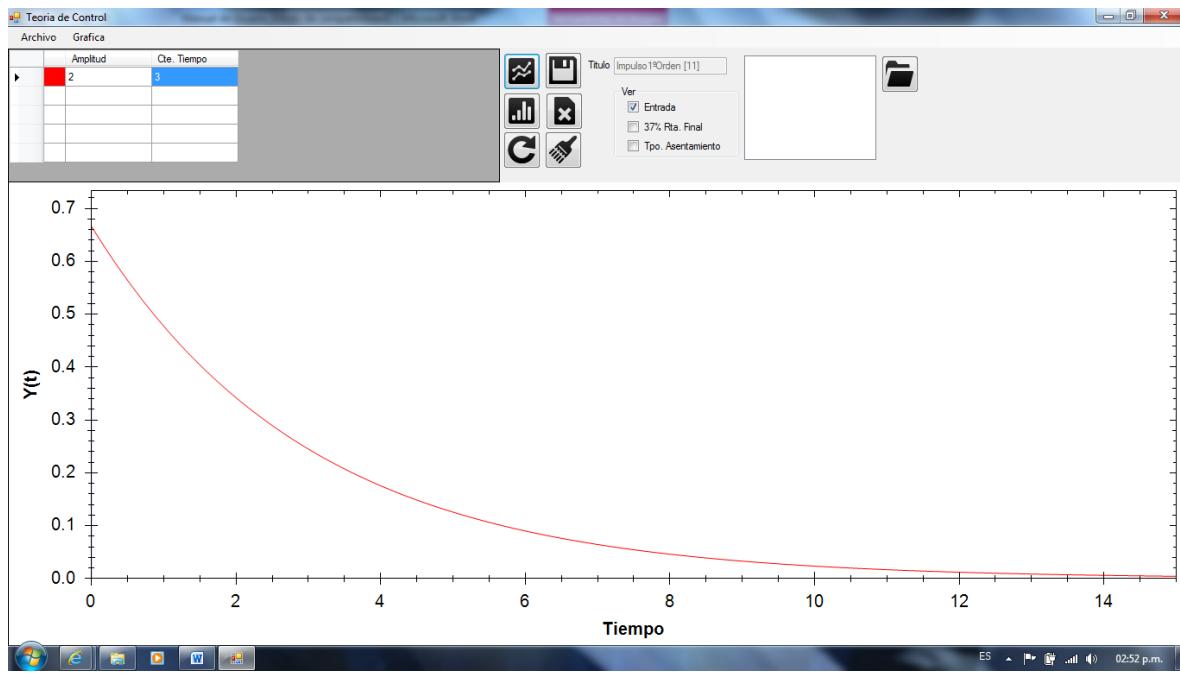
Al seleccionar el botón de medidas de rendimiento, se abrirá la siguiente ventana:



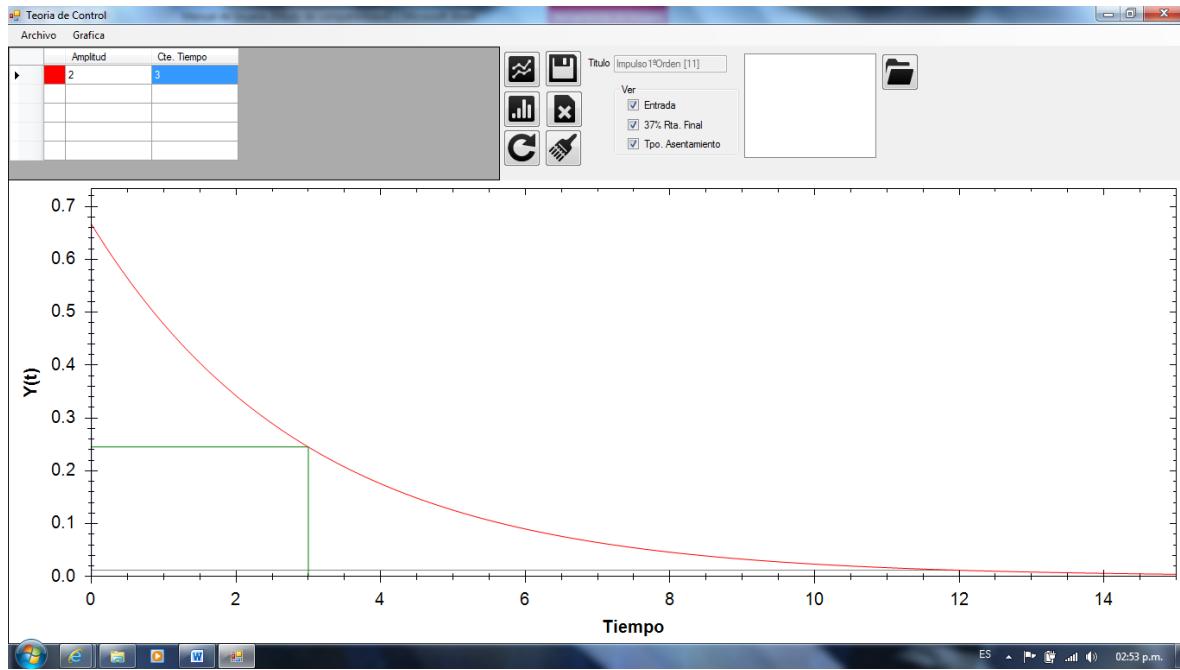
Impulso

Al igual que la entrada escalón, lo que se necesita obligatoriamente para poder graficar la respuesta es completar los campos: Amplitud, y Cte de Tiempo.

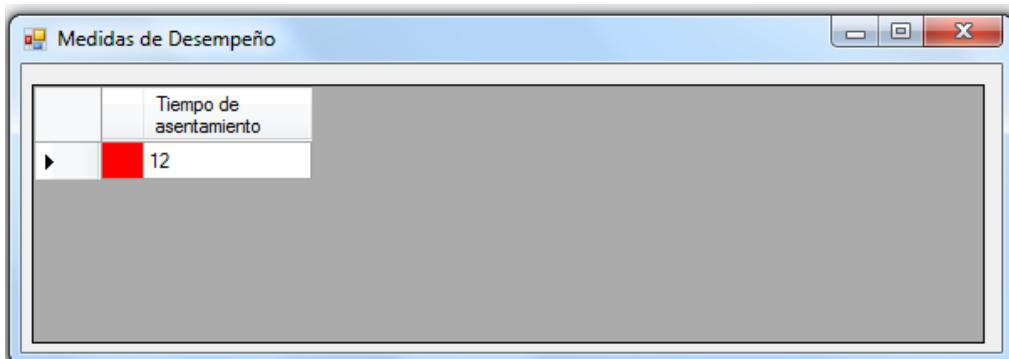
Así, para una entrada con los siguientes datos: 2 de amplitud y 3 Cte de tiempo, obtenemos la siguiente gráfica:



La demás referencias, que se pueden optar por visualizar, se tratan del 37% de la respuesta final y tiempo de asentamiento.



Las medidas que cuantifican la salida en este tipo de entrada serán las siguientes:

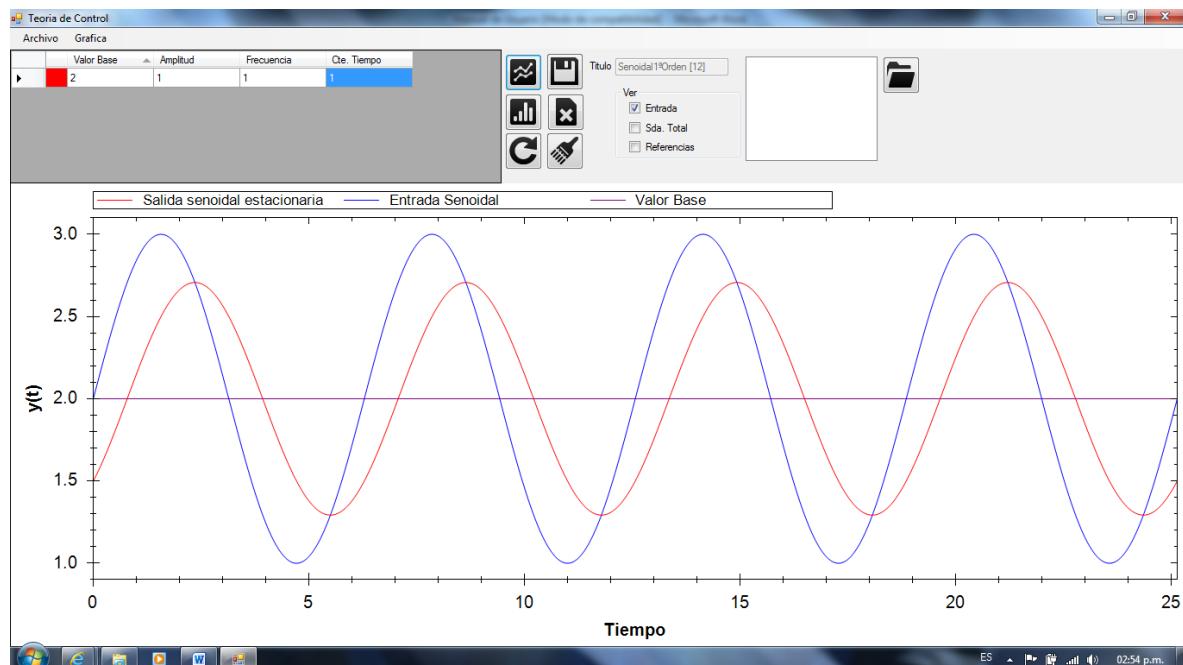


Senoidal

La entrada senoidal, es una entrada cíclica, que posee una amplitud, frecuencia y período.

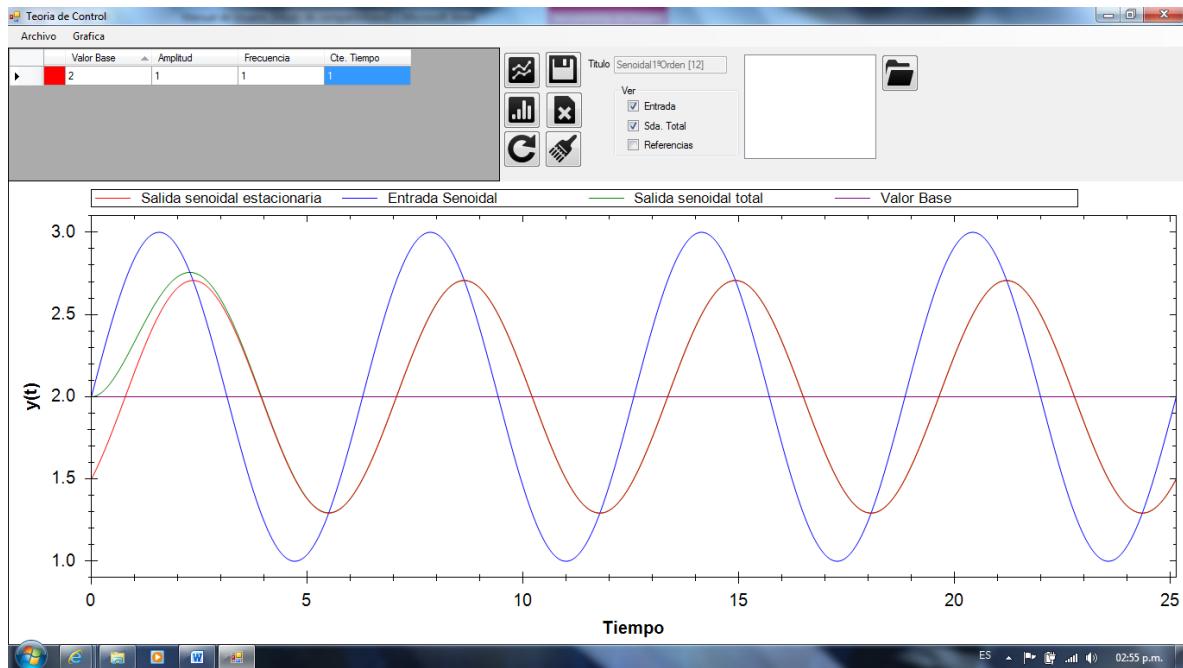
Nuevamente, para poder graficar este tipo de respuesta será estrictamente necesario ingresar los parámetros de entrada: Valor Base, Amplitud, Frecuencia y Cte de Tiempo.

Así, por ejemplo, para un Valor Base de 2, Amplitud 1, Frecuencia 1 y Cte de Tiempo 1, tenemos una salida del sistema:

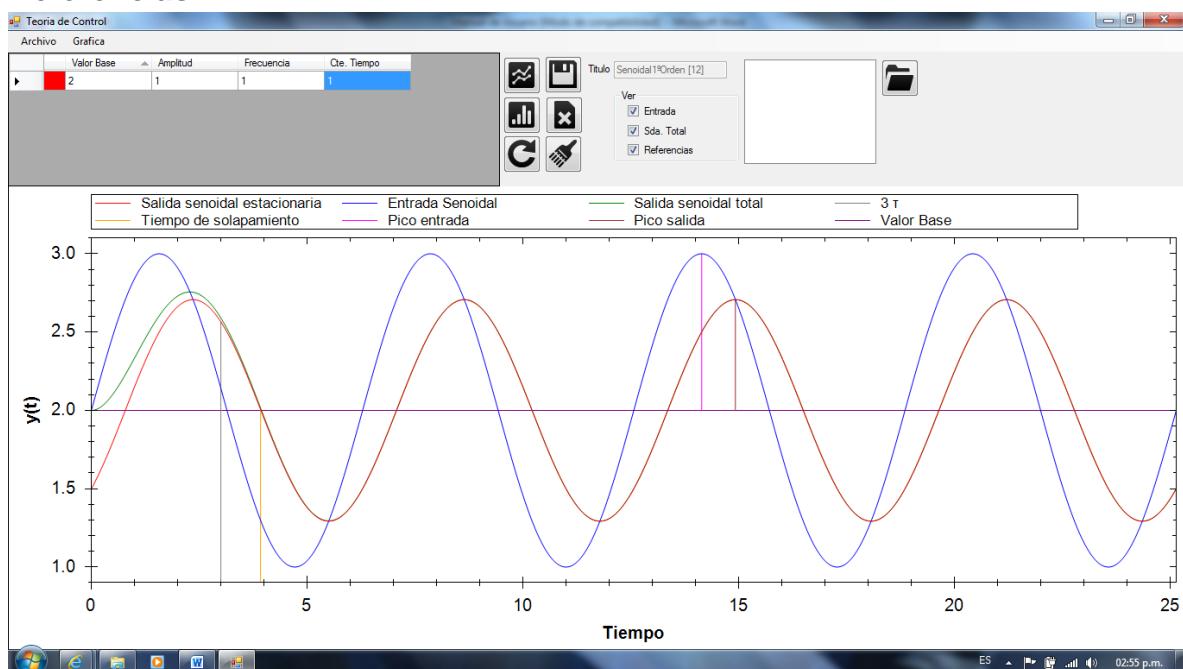


Aquí, las demás gráficas que se puede dibujar son:

- Salida Total



- Referencias.



Con destildarlas nuevamente desaparecerán de la gráfica.

Medidas de desempeño:

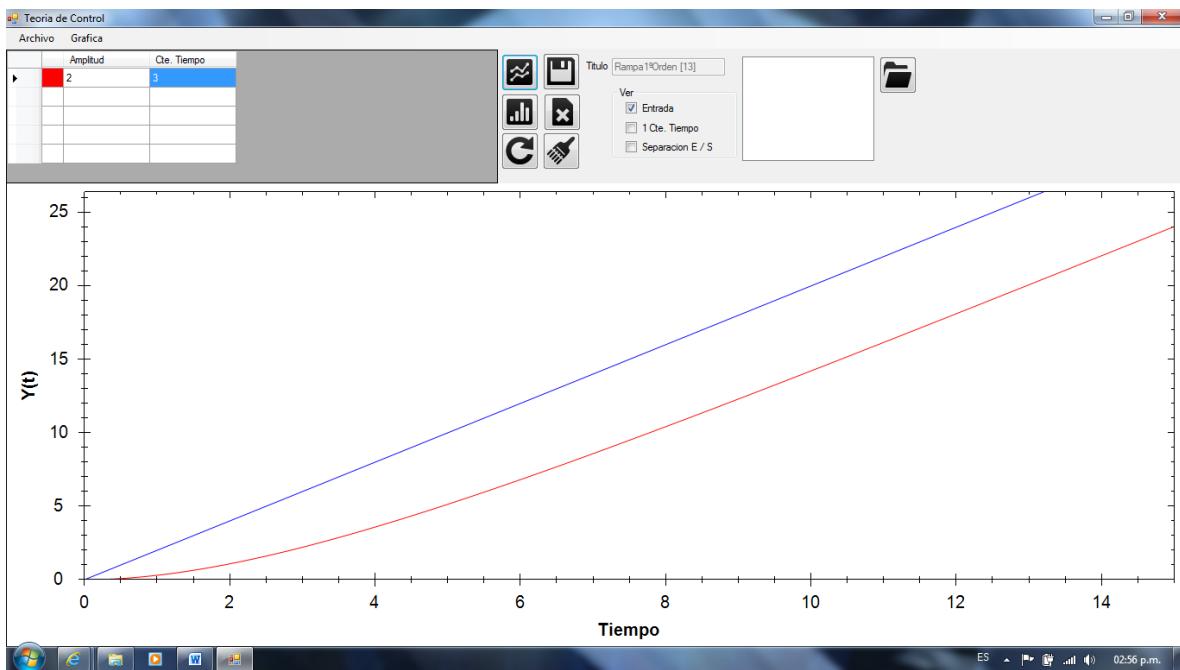
Medidas de Desempeño							
	Periodo de Oscilación	Retardo de fase (tiempo)	Retardo de fase (radianes)	Retardo de fase (grados)	Relación de Amplitud (AR)		
▶	6.28	0.79	-0.79	-45	0.902		
	0	1	2	10	100	1000	Inf
▶	0	-45	-63.43	-84.29	-89.43	-89.94	-90

En la imagen se muestran algunas de las medidas, pero desplazando el scroll se podrán visualizar las demás. Las mismas son: Período de Oscilación, Retardo de fase (en unidades de tiempo, radianes, grados), Relación de Amplitud, Máximo Valor de la Entrada, Mínimo Valor de la Entrada, Máximo Valor de la Salida, Mínimo Valor de la Salida, Tiempo de Solapamiento.

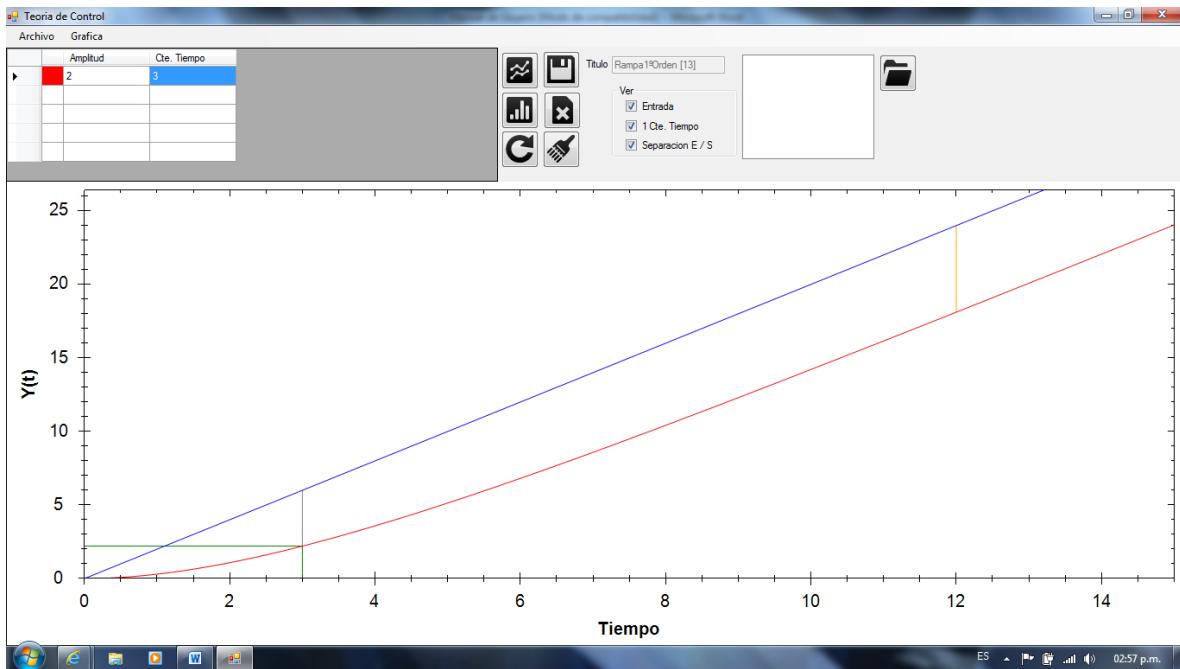
Rampa

Para visualizar el sistema bajo representación gráfica habrá que introducir en los parámetros de entrada: Amplitud y la Cte de Tiempo.

Para un sistema cuyos valores iniciales son 2 y 3 para Amplitud y Cte de tiempo respectivamente, la respuesta es:



La visualización de 1 (una) Cte de Tiempo y la Separación de E/S (entrada/salida):



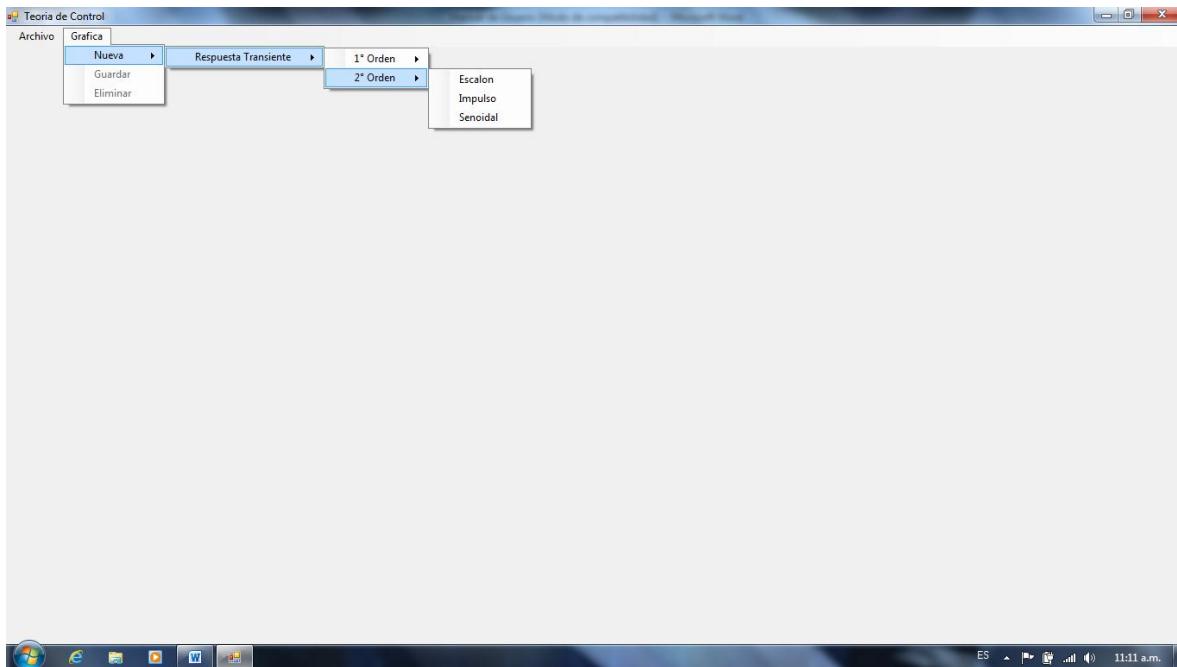
Medidas de rendimiento:

	Separacion Entrada Salida	1 Cte. Tiempo	2 Cte. Tiempo	3 Cte. Tiempo	4 Cte. Tiempo
▶	-	3.79	5.19	5.7	5.89

2do Orden

Son sistemas cuyas funciones de transferencias están elevadas al cuadrado.

En este tipo de sistemas solo se graficarán las Respuestas Transientes de las entradas Escalón, Impulso, y Senoidal.



Escalón

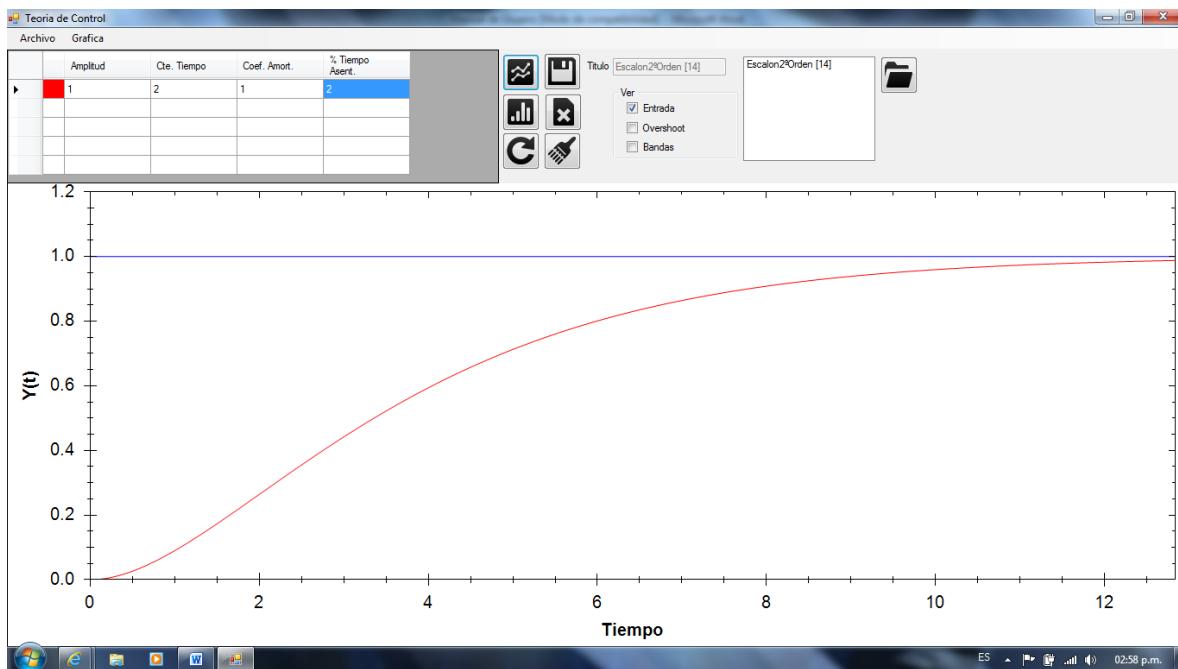
La entrada es idéntica a la entrada de los sistemas de 1er orden.

Para graficar un sistema de este tipo será necesario introducir los siguientes valores: Amplitud, Cte de Tiempo, Coeficiente de Amortiguación y % (porcentaje) de Tiempo de Asentamiento.

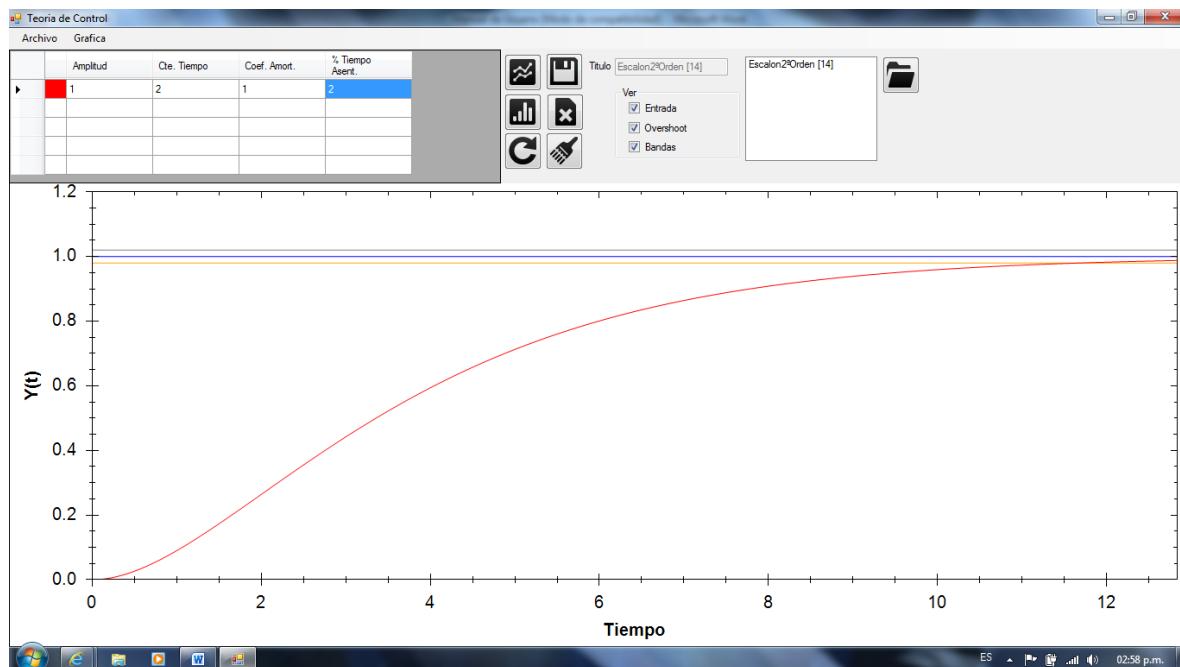
Si algún campo quedó vacío, impedirá la realización de la gráfica.

Para Coeficientes de Amortiguamiento iguales a 1

Para valores tales como: 1 para la amplitud, 2 para Cte de Tiempo, 1 para Coef. Amortiguamiento, y 2 para % Tiempo Asentamiento:



La demás referencias, que se pueden optar por visualizar, se tratan del Overshoot y Bandas (+- 5% de la respuesta final).



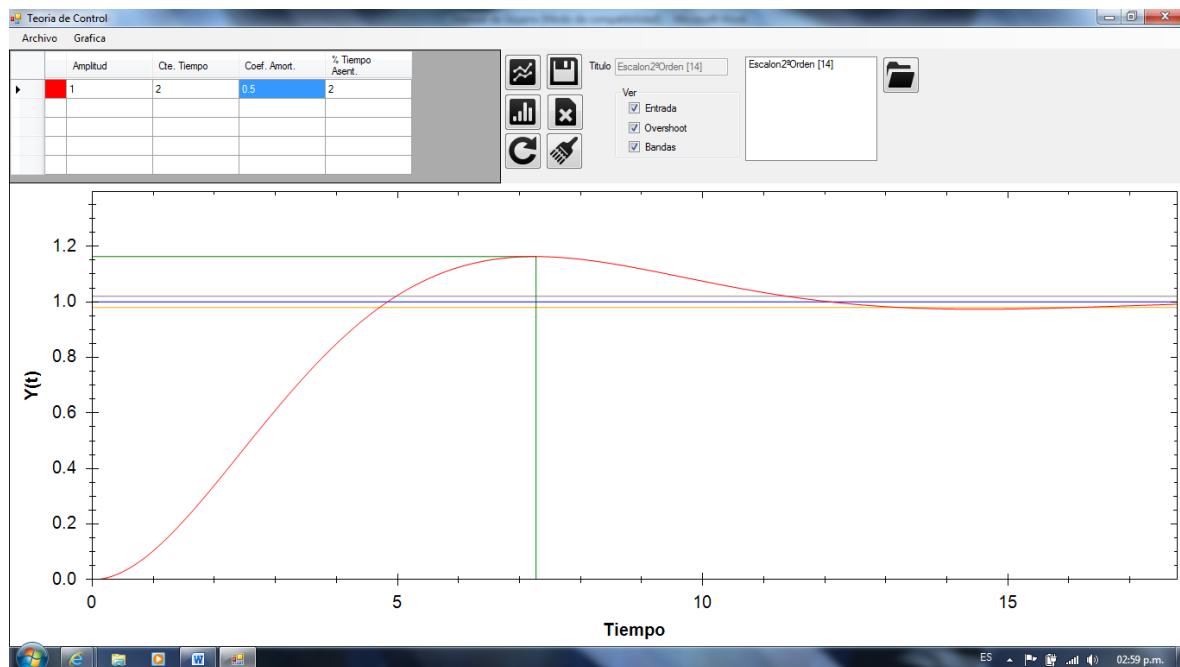
En este caso al seleccionar Overshoot no se producirá ningún efecto ya que la salida nunca sobrepasa la entrada.

Medidas de rendimiento: Overshoot, Tiempo de Subida, Tiempo de Asentamiento, Razón de Caída, Período de Oscilación, Tiempo de Primer Pico.

	Overshoot (%)	Tiempo de Subida	Tiempo de asentamiento	Razon de caida	Periodo de Oscilacion
▶	-	6.71	11.67	-	-

Para Coeficientes de Amortiguamiento menores a 1

En cambio para valores 1 (Amplitud), 2 (Cte de Tiempo), 0,5 (Coef de Amortiguamiento), 2 (% Tiempo de Asentamiento):



En este caso se puede ver claramente el Overshoot existente.

Medidas de rendimiento: Overshoot, Tiempo de Subida, Tiempo de Asentamiento, Razón de Caída, Período de Oscilación, Tiempo de Primer Pico.

Medidas de Desempeño					
	Overshoot (%)	Tiempo de Subida	Tiempo de asentamiento	Razon de caida	Periodo de Oscilacion
▶	16.3	4.84	16.16	0.03	14.51

Para Coeficientes de Amortiguamiento mayores a 1.

La gráfica para valores 1 (Amplitud), 2 (Cte de Tiempo), 3 (Coef de Amortiguamiento), 2 (% Tiempo de Asentamieto):

En esta nuevo sistema, al igual que para valores de una unidad en el Coeficiente de Amortiguamiento no existe Overshoot.

Medidas de rendimiento: Overshoot, Tiempo de Subida, Tiempo de Asentamiento, Razón de Caída, Período de Oscilación, Tiempo de Primer Pico.

	Overshoot (%)	Tiempo de Subida	Tiempo de asentamiento	Razon de caida	Periodo de Oscilacion
▶	-	25.61	45.96	-	-

Impulso

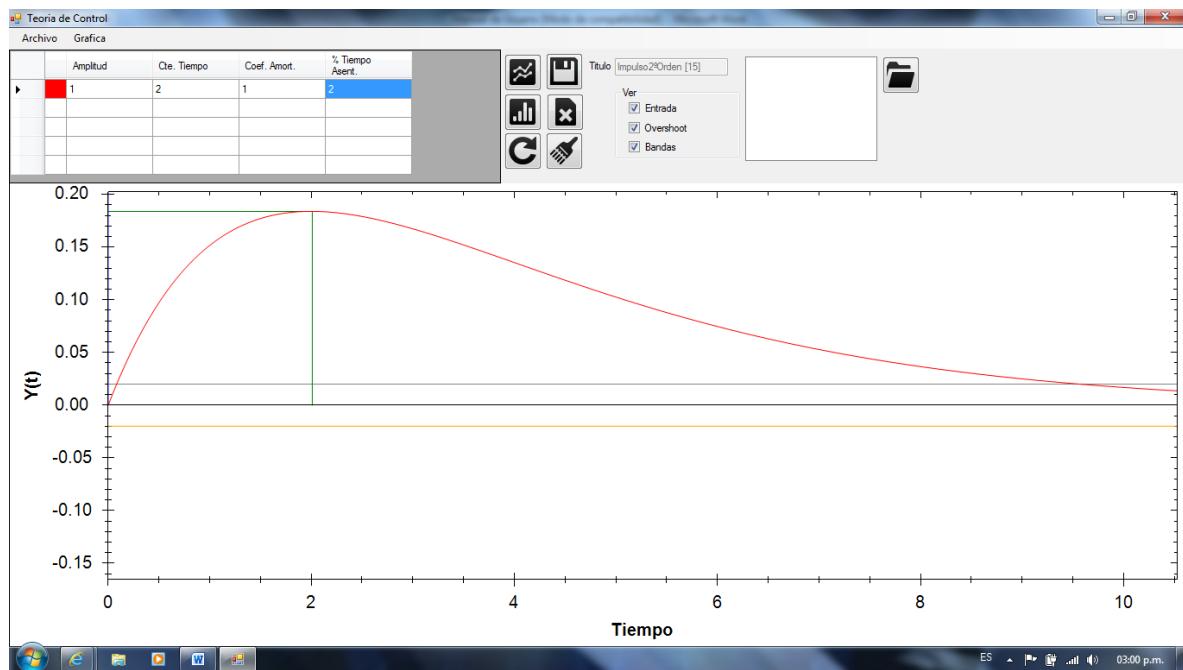
Esta entrada es del mismo tipo que para los sistemas de 1er orden, se trata de una fuerza de una intensidad muy fuerte pero de duración instantánea.

Los parámetros de entrada son: Amplitud, Constante de Tiempo, Coeficiente de Amortiguamiento, y % Tiempo Asentamiento.

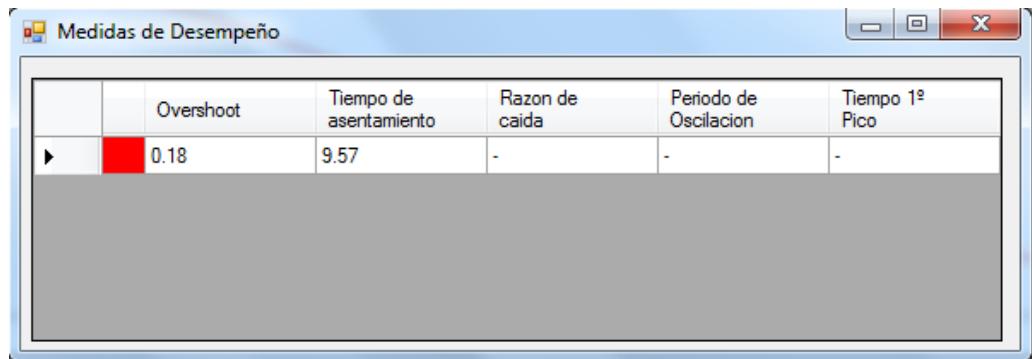
Para Coeficientes de Amortiguamiento iguales a 1.

La salida del sistema a valores de entrada 1 para la Amplitud, 2 Cte de Tiempo, 1 Coef. Amort y 2 % Tiempo Asentamiento.

Al tildar las opciones del Overshoot y las Bandas, la nueva gráfica queda:

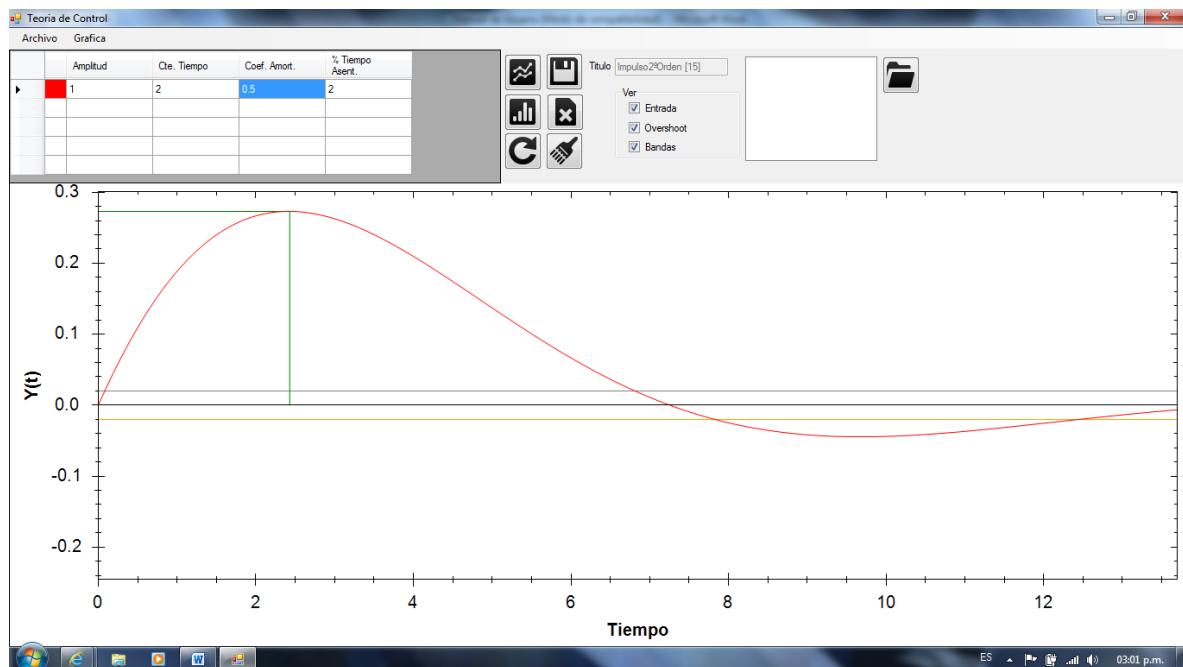


La medidas de desempeño que describen el sistema son: Overshoot, Tiempo de Asentamiento, Razón de Caída, Período de Oscilación y Tiempo de 1er Pico.



Para Coeficientes de Amortiguamiento menores a 1.

El sistema representado por valores 1 para la Amplitud, 2 Cte de Tiempo, 0.5 Coef. Amort y 2 % Tiempo Asentamiento.

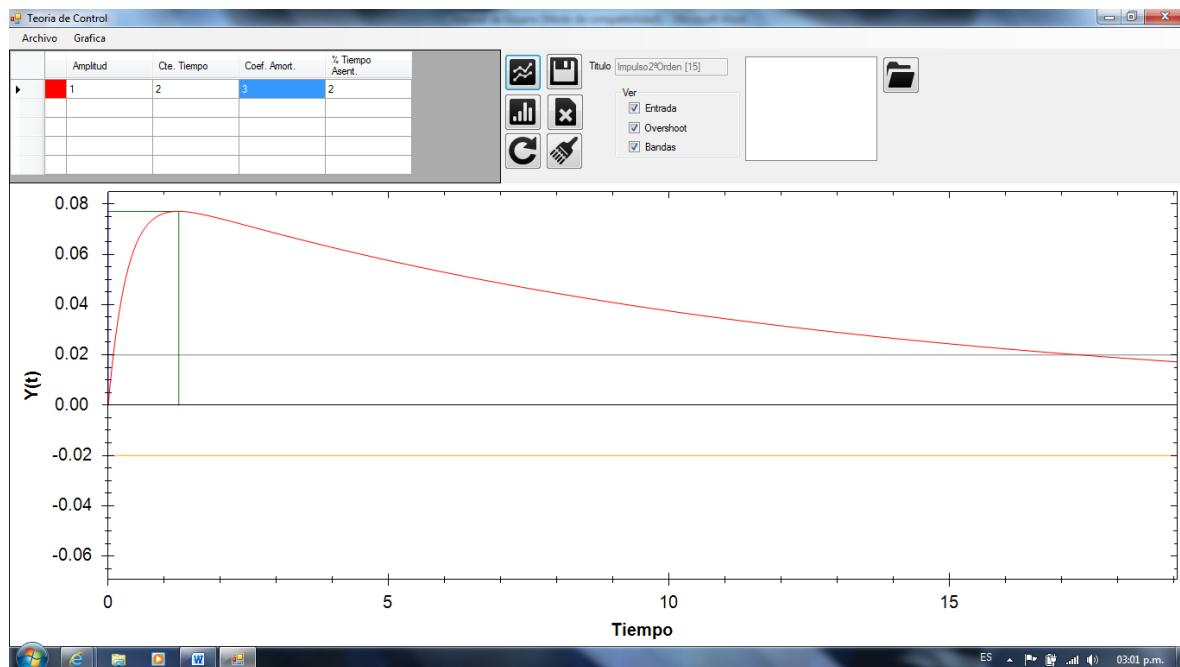


Las medidas de desempeño serán diferentes a las anteriores:

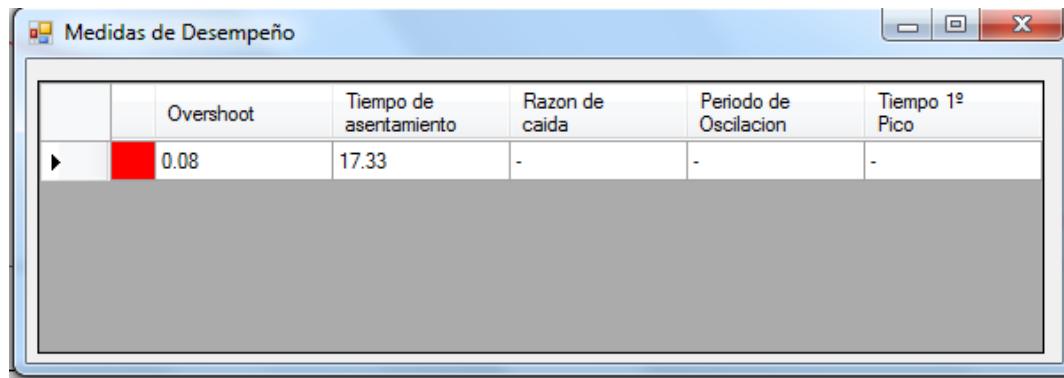
	Overshoot	Tiempo de asentamiento	Razon de caida	Periodo de Oscilacion	Tiempo 1º Pico
►	0.27	12.45	0.03	14.51	2.43

Para Coeficientes de Amortiguamiento mayores a 1.

El sistema representado por valores 1 para la Amplitud, 2 Cte de Tiempo, 3 Coef. Amort y 2 % Tiempo Asentamiento.



Aquí las medidas de desempeño solo serán cuantificadas en los mismos campos que para los sistemas con Coeficientes de Amortiguamiento iguales a 1.



Senoidal

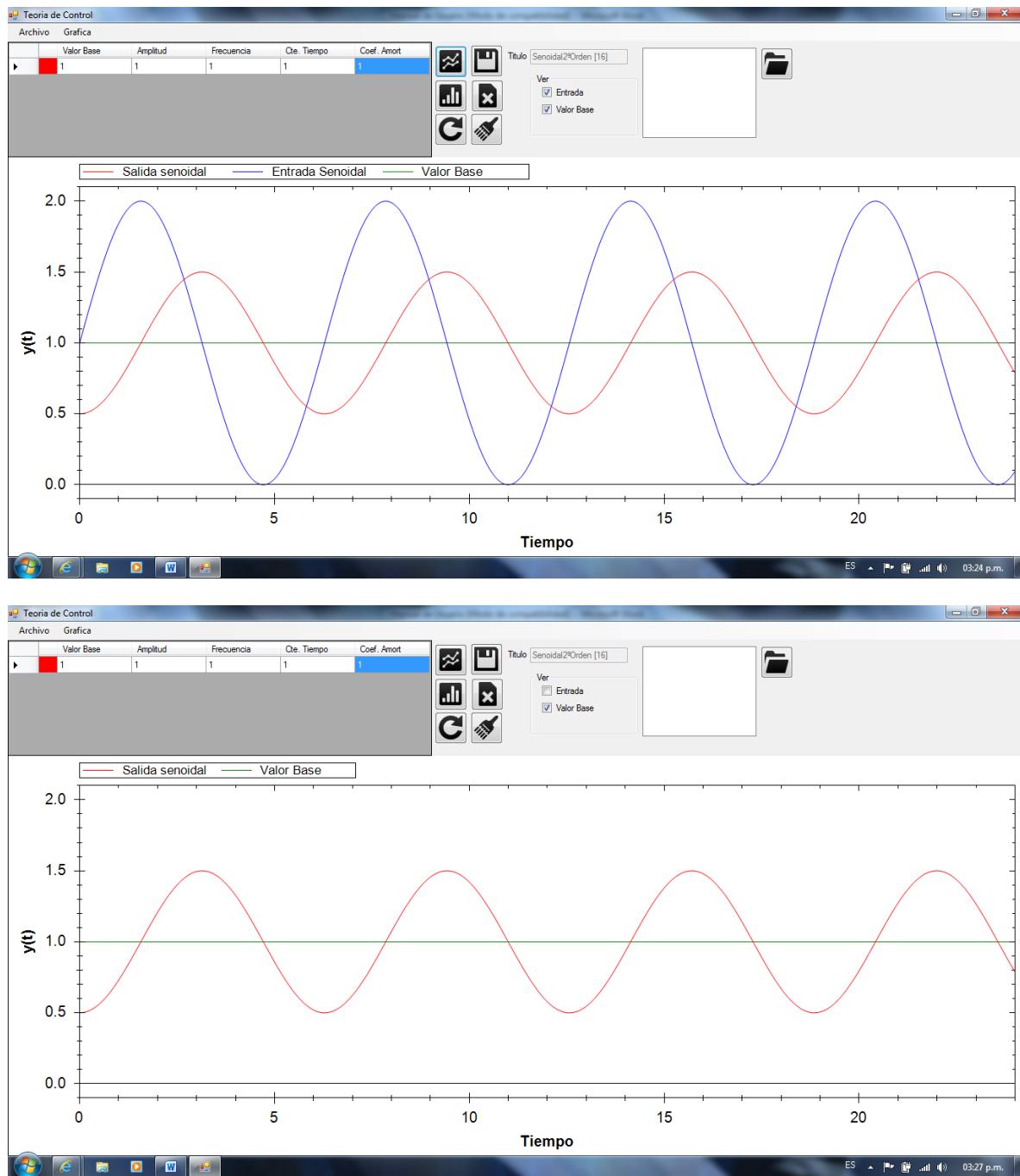
La entrada será igual que la senoidal en sistemas de 1er orden. Pero los parámetros de entrada serán: Valor Base, Amplitud, Frecuencia, Constante de Tiempo, y Coeficiente de Amortiguamiento.

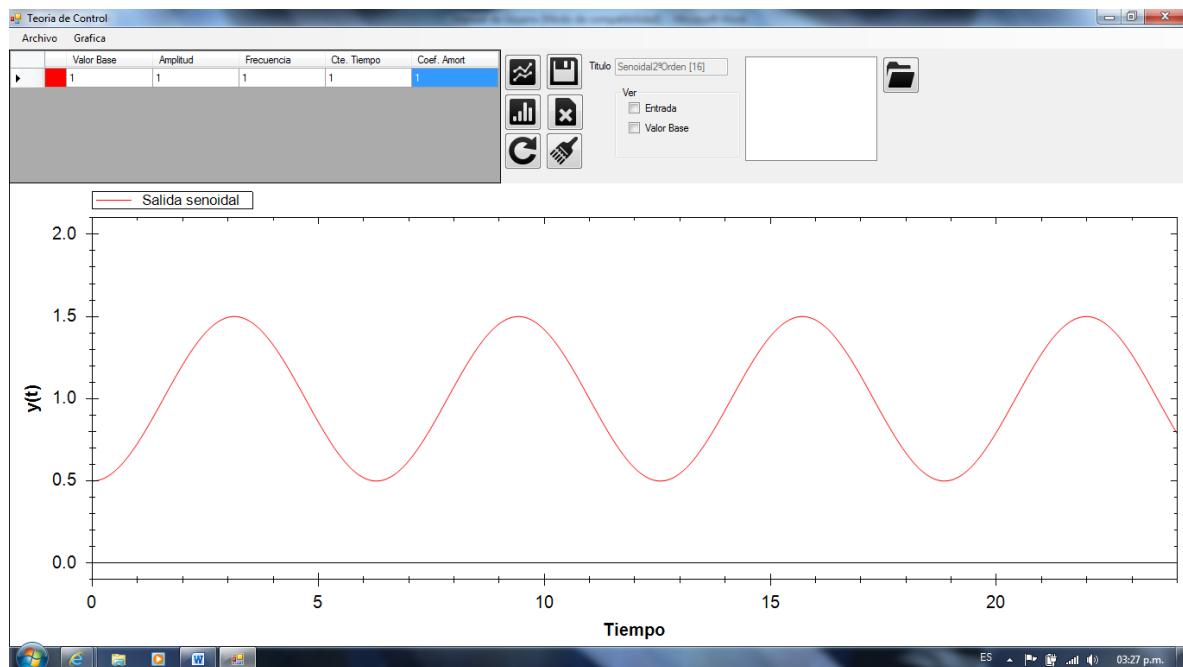
Los campos obligatorios a llenar son: Valor Base, Amplitud, Frecuencia, Constante de Tiempo y Coeficiente de Amortiguamiento.

En esta gráfica aparecerá por defecto la curva del valor base y la entrada.

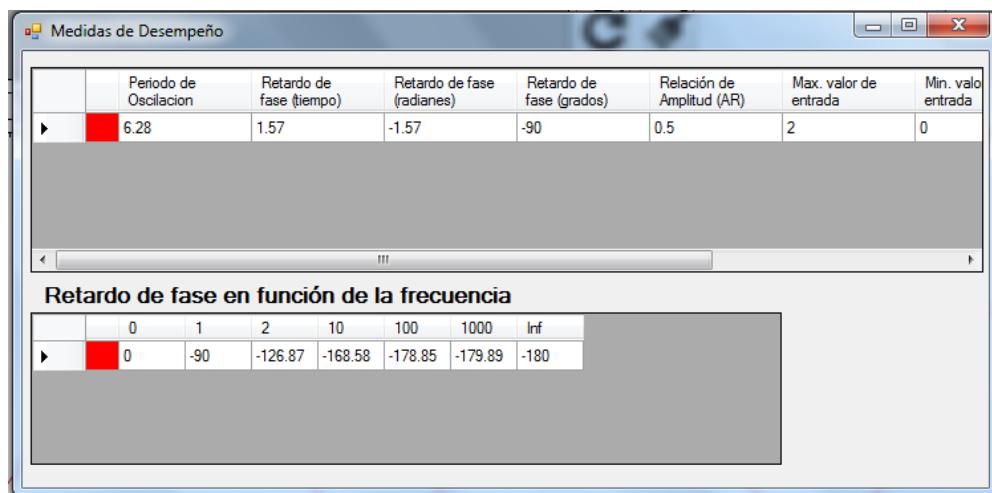
Ambas se podrán desactivar.

Para valores de una unidad para todas esos atributos, obtenemos la siguiente gráfica.





Medidas de rendimiento.

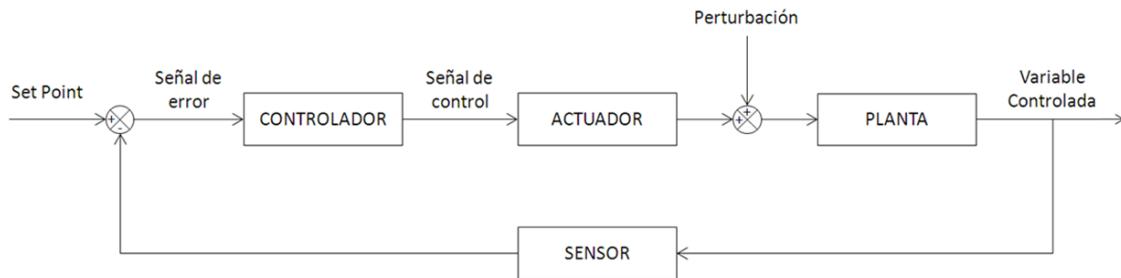


Desplazando la barra hacia la derecha veremos las restantes medidas de desempeño.

Controladores

Introducción

Supongamos que tenemos un sistema de control a lazo cerrado, en el que la variable controlada se retroalimenta a la entrada del lazo de control.



Allí tenemos un elemento llamado comparador, en el que se calcula la diferencia entre el set point (o valor deseado de la variable controlada) y el valor de la variable controlada medido a la salida.

Si la diferencia es mayor a cero, se genera una señal de error que ingresa al controlador.

Entonces, podemos definir a un controlador como un dispositivo que, en base a una señal de error, emite una señal de control que se utiliza para reducir dicha desviación a cero o a un valor pequeño.

La señal de control emitida por el controlador dependerá del tipo de controlador con el que se esté trabajando.

Existen diferentes acciones de control como:

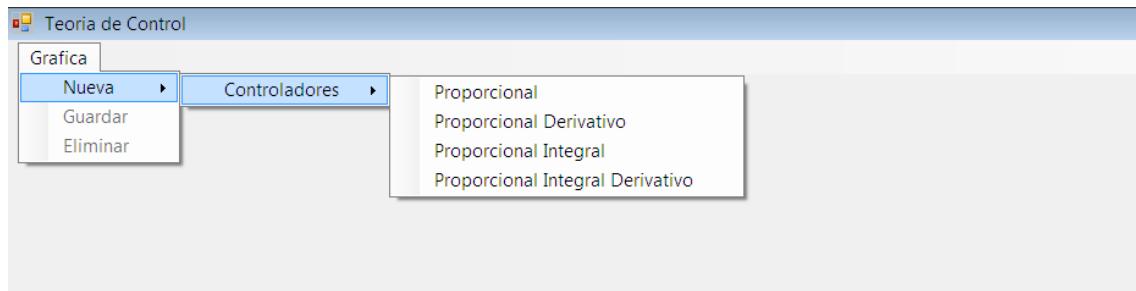
- Control proporcional
- Control derivativo
- Control integral

Estas acciones se combinan en la práctica para lograr mejores resultados, dependiendo del sistema en estudio.

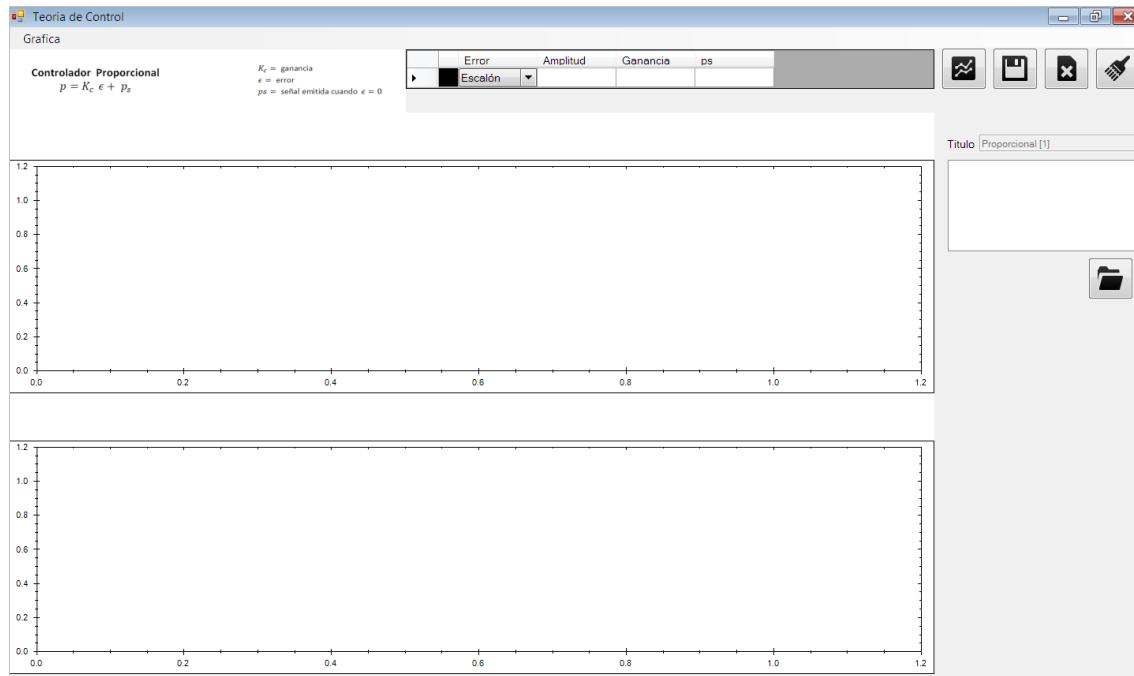
Ventana Principal

Una vez seleccionada la opción Controladores en la pantalla inicial del sistema, se podrá visualizar la ventana principal de éste módulo.

Para realizar una nueva gráfica, debemos hacer click en Gráfica en el menú superior y luego seleccionar la opción Nueva. Una vez realizado esto, se desplegará otro menú del cual podremos seleccionar el tipo de controlador que deseamos graficar.



Una vez seleccionado el tipo de controlador, podremos observar los diferentes controles que se hacen visibles en la ventana principal:



A continuación, explicaremos cada uno de los diferentes controles y su utilización al momento de realizar una nueva gráfica.

Ecuación del Controlador

En la parte superior izquierda de la ventana podemos observar la ecuación del controlador seleccionado en el paso anterior, junto con referencias del significado de cada uno de los parámetros que aparecen en la fórmula.

Controlador Proporcional

$$p = K_c \epsilon + p_s$$

K_c = ganancia

ϵ = error

p_s = señal emitida cuando $\epsilon = 0$

Controlador Proporcional Derivativo

$$p = K_c \epsilon + K_c \tau_d \frac{d\epsilon}{dt} + p_s$$

K_c = ganancia

ϵ = error

τ_d = tiempo derivativo

p_s = señal emitida cuando $\epsilon = 0$

Controlador Proporcional Integral

$$p = K_c \epsilon + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t \epsilon dt + p_s$$

 K_c = ganancia ϵ = error τ_i = tiempo integral p_s = señal emitida cuando $\epsilon = 0$ **Controlador Proporcional Integral Derivativo**

$$p = K_c \epsilon + K_c \tau_d \frac{d\epsilon}{dt} + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t \epsilon dt + p_s$$

 K_c = ganancia ϵ = error τ_i = tiempo integral τ_d = tiempo derivativo p_s = señal emitida cuando $\epsilon = 0$

Esto permite que, al momento de ingresar los datos, el usuario pueda tener presente cómo contribuye cada uno de los parámetros en la formación de la gráfica de salida que observa.

En consecuencia, puede variar estos parámetros para obtener información relevante y representativa a partir de las gráficas.

Ingreso de Datos

A la derecha de la ecuación del controlador encontramos los campos para el ingreso de datos. Estos se actualizarán en base a los parámetros que deban ser ingresados para el tipo de controlador seleccionado.

Los campos **Error** y **Amplitud** permiten seleccionar el tipo de señal de error que ingresa al controlador, con su correspondiente amplitud.

Los tipos de error trabajados en el sistema son:

Error Escalón

$$\epsilon = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ A & t \geq 0 \end{cases}$$

Error Rampa

$$\epsilon = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ A t & t \geq 0 \end{cases}$$

Error Cuadrático

$$\epsilon = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ A t^2 & t \geq 0 \end{cases}$$

Estos tipos de error fueron seleccionados por su conveniencia para reflejar el efecto de las acciones proporcional, integral y derivativa.

Botones

A continuación explicamos el funcionamiento de cada uno de ellos:



Graficar: dibuja la gráfica en base a los datos ingresados



Guardar: almacena una gráfica creada



Eliminar: borra una gráfica seleccionada y previamente guardada



Limpiar: reinicia el ingreso de datos y los paneles de las gráficas

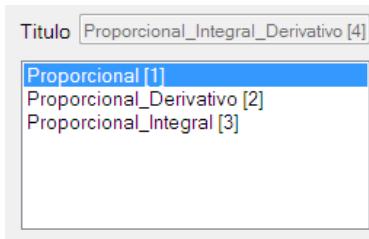


Cargar: recupera una gráfica previamente guardada

Lista de gráficas

Una vez guardada una gráfica la misma puede visualizarse en la lista ubicada debajo de los botones. Cada gráfica se identifica por el nombre del tipo de controlador graficado y por un número secuencial asignado automáticamente por el sistema.

El sistema permite identificar la gráfica con la que se está trabajando mediante el campo **Título**.



Gráficas

El módulo Controladores trabaja con dos paneles gráficos.

En el panel inferior, se grafica la señal de error que ingresa al controlador.

En el panel superior, se grafica la señal de control emitida por el controlador.

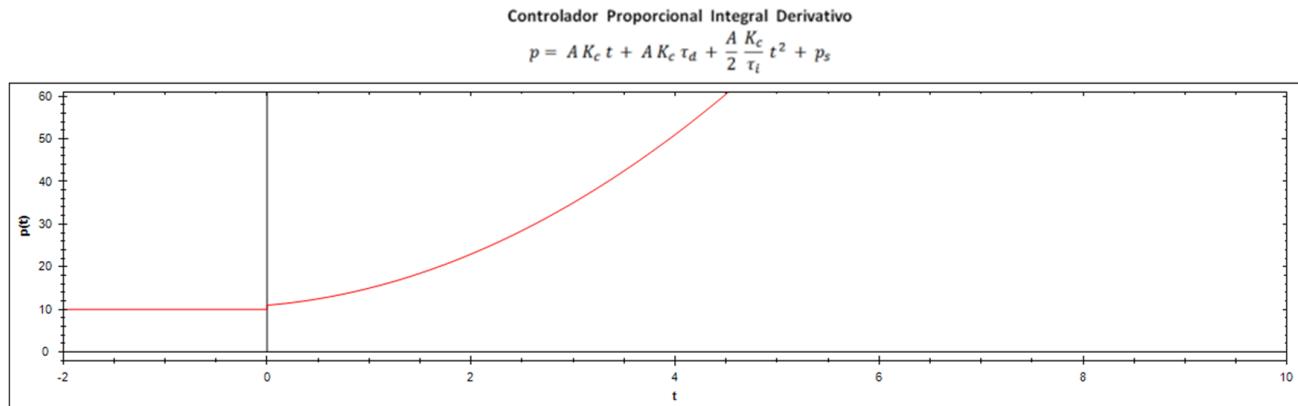
Adicionalmente también se muestran, en el encabezado de cada panel, ecuaciones que mejoran la comprensión y clarifican ciertos aspectos sobre las gráficas.

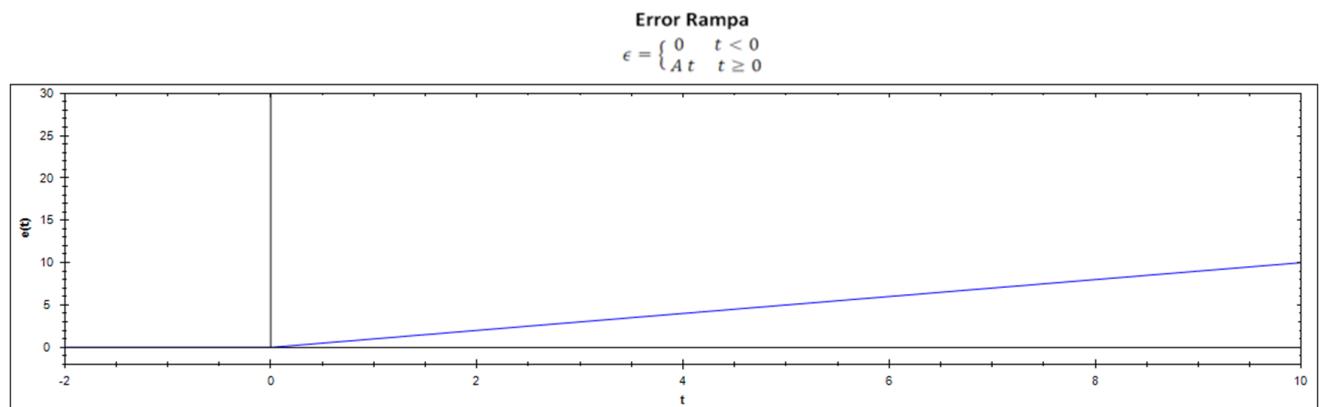
En el caso del error, se mostrará su ecuación general.

En el caso del controlador, la ecuación incluirá el error seleccionado junto con sus derivadas y/o integrales según sea el caso. Es decir, en la ecuación se mostrará el error “trabajado”.

De esta manera el usuario puede ver, además de la ecuación general del controlador, las ecuaciones efectivamente graficadas en cada uno de los paneles.

A continuación vemos un ejemplo para un controlador proporcional integral derivativo y un error rampa:





Lugar Geométrico de las Raíces

Introducción

EL LGR es un método gráfico que se utiliza para determinar las raíces de la ecuación característica, a partir de las cuales se analiza la estabilidad de los sistemas de control lineales. El método permite visualizar como se mueven los polos de lazo cerrado cuando varía la ganancia K.

Supuestos y restricciones

Este programa ha sido desarrollado por alumnos de la carrera con fines educativos. El objetivo del mismo es poder desarrollar, lo más simple posible, el método para analizar la estabilidad de los sistema de control. No intente buscar extrema precisión en las gráficas finales.

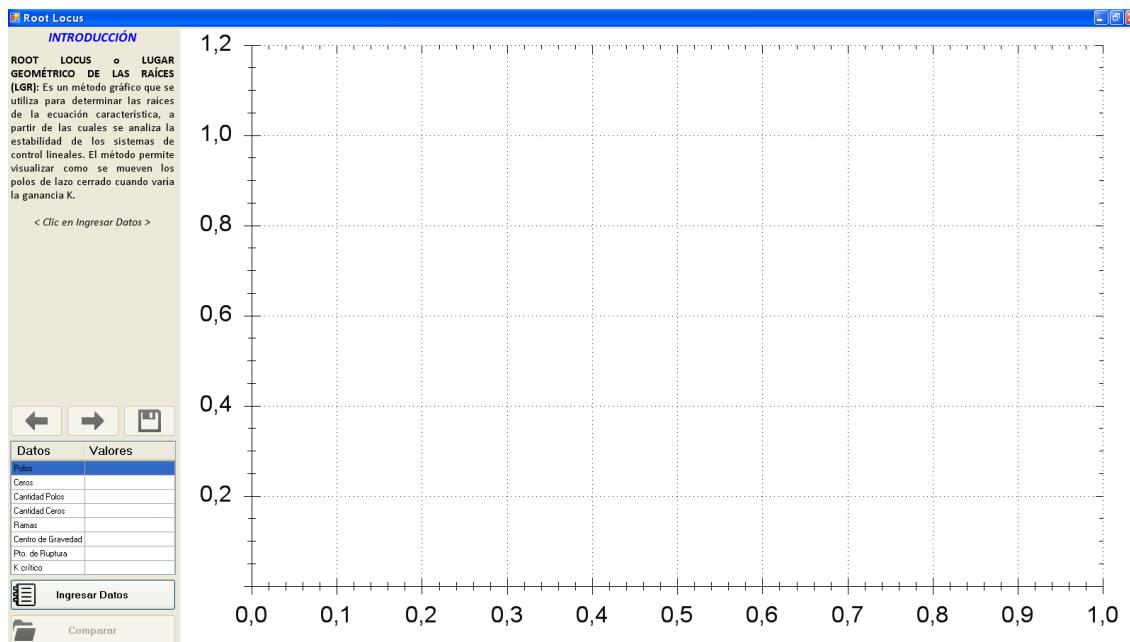
Cabe recalcar que el programa está diseñado para trabajar con polos y ceros reales. También permite el ingreso de un par de ceros imaginarios conjugados.

Se tiene que tener en cuenta en el ingreso de los datos, que los mismos no puede ser muy dispares entre si. Por lo que se aconseja que no ingrese datos que sean cinco veces superiores entre si.

El método LGR utilizado en el programa trabaja con retroalimentación negativa, por lo que es condición necesaria y suficiente para el ingreso de datos que la cantidad de polos ingresada sea mayor o igual que 2 y superior a la cantidad de ceros ingresados. Por una cuestión de límites gráficos solo se permiten el ingreso de 4 polos reales y 2 ceros (2 ceros reales o 1 cero doble imaginario)

Se puede realizar zoom a las gráficas tanto con el scroll del mouse como seleccionando el área que se desea acercar en todas las ventanas. La máxima precisión de acercamiento está determinada y es fija para todos los dibujos.

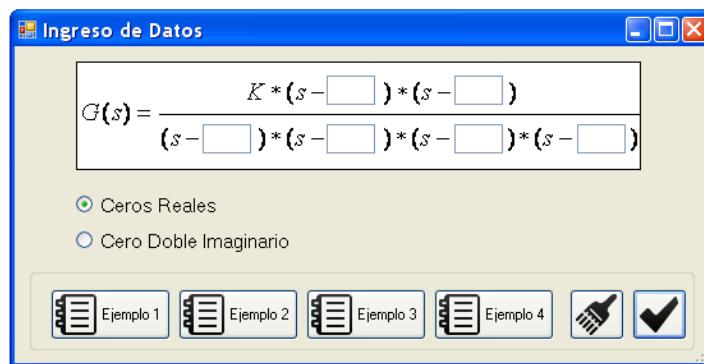
Ventana principal: [Root Locus]



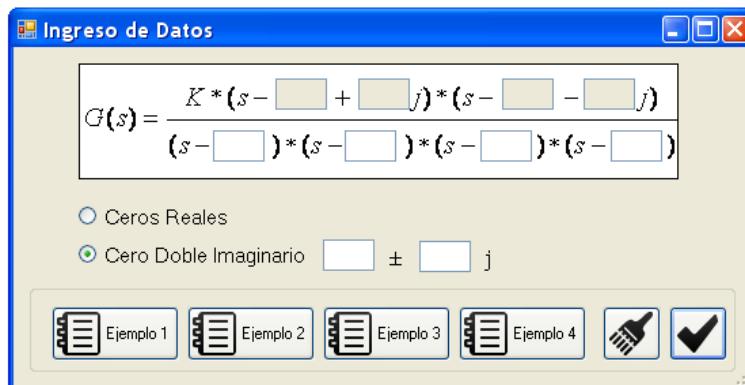
- Al hacer click en se abre la ventana [Ingreso de datos]. En esta ventana se realiza el ingreso de la función de transferencia a lazo abierto. Este botón solo va a estar habilitado al comienzo del dibujo o al final. No se va poder realizar el ingreso de datos en el transcurso del dibujo del LGR.
- Los botones se utilizan para avanzar y retroceder el dibujo del LGR regla por regla. Solo van a estar habilitados cuando se haya ingresado la función de trasferencia a lazo abierto.
- El botón sirve para guardar los dibujos finales del LGR para luego compararlos. Solo se habilita cuando se ha llegado al dibujo final.
- El botón abre la ventana [Comparación]. En esta ventana se puede comparar a lo sumo los últimos 4 dibujos finales del LGR. Solo se habilita cuando se haya guardado algún dibujo final del LGR.

- El zoom para las gráficas se realiza como fue descripto en el apartado ‘Supuestos y restricciones’.
- Cuando el dibujo final del LGR contenga asíntotas y desea ocultarlas para mejorar la visualización, solo debe seleccionar el casillero con la leyenda “Ocultar asíntotas” que aparece debajo de los botones. Si desea que aparezcan nuevamente, deseccione el casillero.

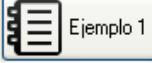
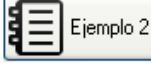
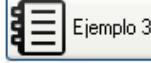
Ventana Secundaria: [Ingreso de datos]



- En los campos en blanco de la ventana se pueden ingresar los polos y ceros pertenecientes a la función de trasferencia que se desea evaluar su estabilidad.
- La ventana trae por defecto el ingreso de una función de transferencia con ceros reales. Si desea ingresar una función con un cero doble imaginario, solo debe seleccionar dicha opción.
- Al seleccionar la opción “Cero Doble imaginario” la ventana **[Ingreso de datos]** tomará el siguiente aspecto:

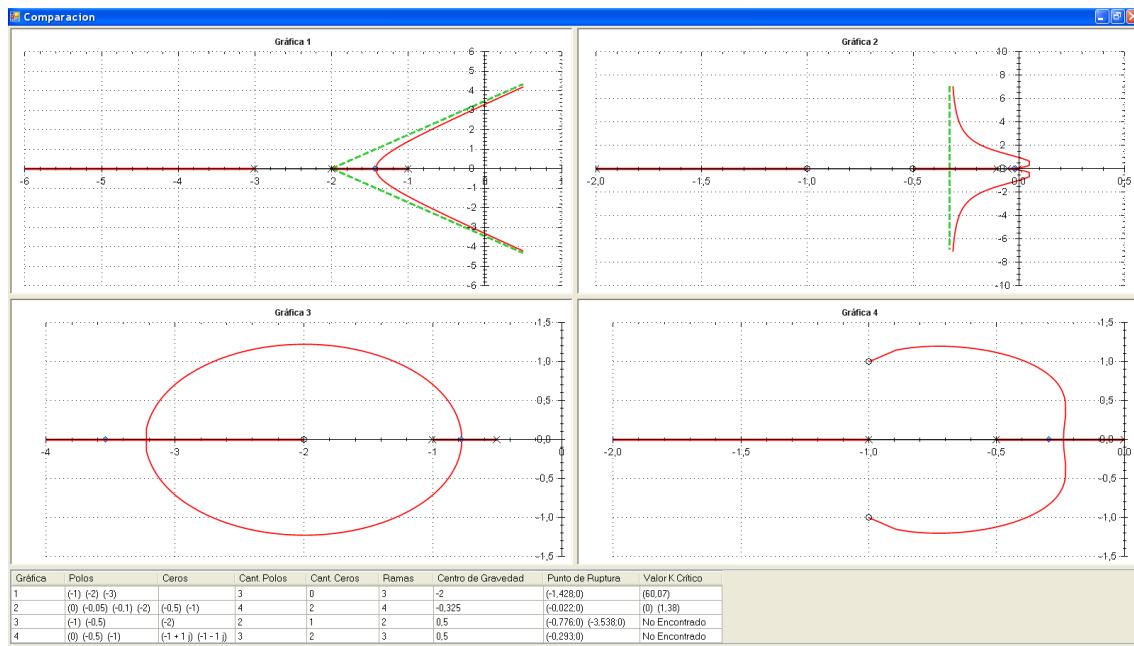


- Para realizar el ingreso del cero doble imaginario solo debe completar los dos campos que aparecen al lado de la opción seleccionada. El primer campo le corresponde a la parte real de cero, y el campo restante a la parte imaginaria. Al completar dichos campos. el polinomio superior de la función de trasferencia se autocompletará.
- Una vez finalizado el ingreso de polos y ceros (reales o imaginarios) en la función de transferencia, se hace click en  para empezar a dibujar su LGR.

• La ventana contiene 4  Ejemplo 1  Ejemplo 2  Ejemplo 3  Ejemplo 4 botones que corresponden a ejemplos fijos (no se pueden modificar). Al hacer click sobre alguno, se carga automáticamente la función de de trasferencia. Luego, solo debemos presionar el botón  para empezar a dibujar.

• El botón  borra todo el contenido ingresado en la función de transferencia.

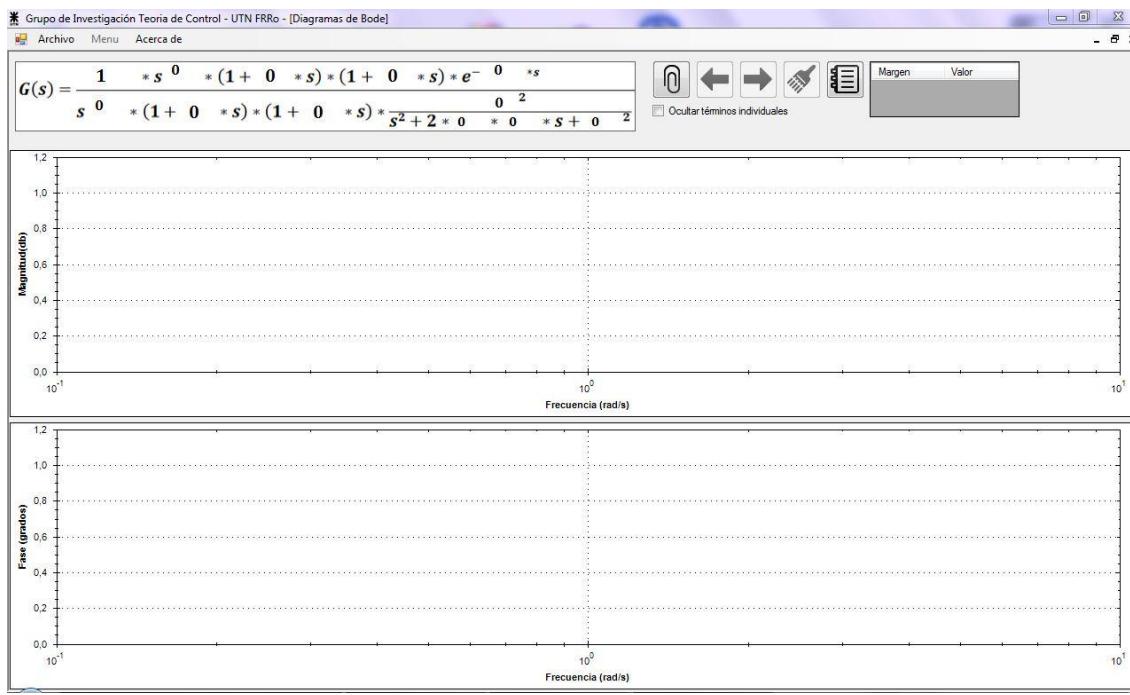
Ventana Secundaria: [Comparación]



- Al hacer **doble click** sobre alguna de la gráfica, la misma se acomoda a la totalidad de la pantalla. Si se desea volver a la pantalla dividida, solo se debe realizar **doble click** nuevamente.
- El zoom para cualquiera de las gráficas, tanto en la pantalla dividida como en la pantalla expandida, se realiza como fue descripto en el apartado ‘Supuestos y restricciones’.

Diagramas de Bode

Ventana principal: [Diagramas de Bode]



- Al hacer click en se abre la ventana **[Ingresar Fórmula]**. En esta ventana se realiza el ingreso de los valores de los parámetros de la función de transferencia a lazo abierto. Este botón va a estar habilitado en todo momento para ingresar una nueva función a graficar.
- El siguiente gráfico muestra, en color rojo, aquellos términos ingresados en la

$$G(s) = \frac{10 * s^0 * (1 + 0,1 * s) * (1 + 0 * s) * e^-0 * s}{s^1 * (1 + 0,5 * s) * (1 + 0,2 * s) * s^2 + 2 * 0 * 0 * s + 0^2}$$

función de transferencia;

Los términos de la función no ingresados quedan en color negro, con valor igual a cero.

- Los botones se utilizan para avanzar y retroceder en el trazado de las gráficas de Magnitud y Fase. Solo van a estar habilitados cuando se hayan ingresado los valores de los parámetros de la función de trasferencia a lazo abierto.
- El botón borra todo el contenido ingresado en la función de transferencia

y también todas las gráficas en pantalla.

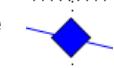
- El botón  abre la ventana **[Ejemplos]**, que permite guardar ejemplos de funciones de transferencia, para luego graficarlas en otro momento.

- La grilla de márgenes graficada la curva final, los valores del margen de ganancia o magnitud y del margen de fase. Si los márgenes son positivos, la grilla toma el color azul, si son negativos el rojo y si son infinitos el blanco.

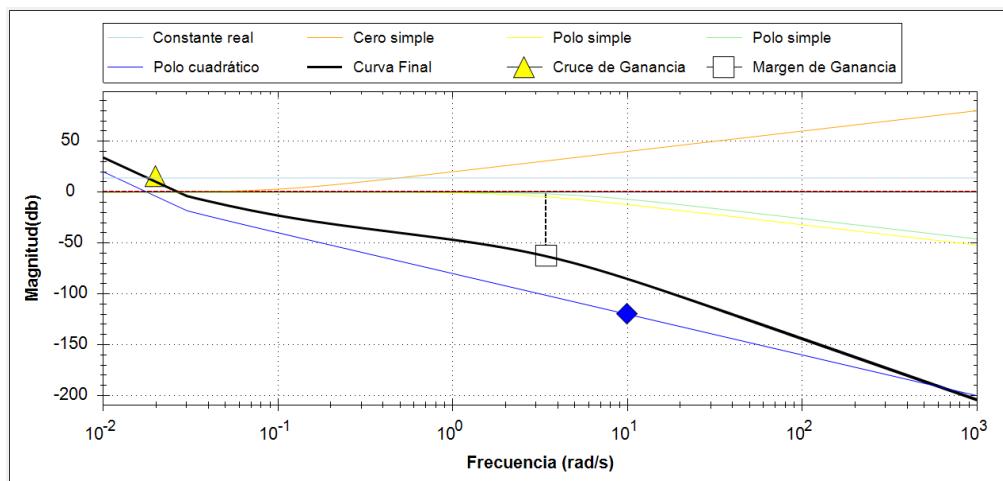
Margen	Valor
GANANCIA	63 dB
FASE	95,37 °

nos muestra, una vez valores del margen de margen de fase. Si los

- A continuación, se encuentra la gráfica de magnitud, en la misma se aprecian los términos independientes de la función de transferencia, trazados en color y debidamente identificados en las referencias de la gráfica, la curva final o parcial, según sea el caso de que se hayan graficado todos los términos o no, en color negro y el cruce de ganancia,

el punto de corte 

y el margen de ganancia



- Para el caso de la gráfica de fase, se repite lo dicho en el punto anterior salvo que el  representa el cruce de fase y el  representa el margen de fase. En esta traza no se representa el  punto de corte.

- A ambas graficas se les puede aplicar **Zoom** general utilizando el scroll del mouse. Hacia adelante acerca y hacia atrás aleja. Si se quiere realizar Zoom en una región específica, se debe hacer click y arrastrar el mouse hasta que el recuadro punteado cubra la zona a ampliar. Se pueden deshacer todas las acciones de zoom haciendo click derecho en cualquier parte de las gráficas y seleccionando la opción ‘Deshacer todas las opciones de Zoom’ del menú contextual.

- Para obtener una maximización de una de las gráficas, hacer doble click sobre la misma. Para volver a la vista dividida hacer doble click sobre la gráfica nuevamente.
- La opción **Ocultar términos individuales** permite ocultar los términos individuales de la función de transferencia y solo dejar visible la traza de la curva parcial/final.

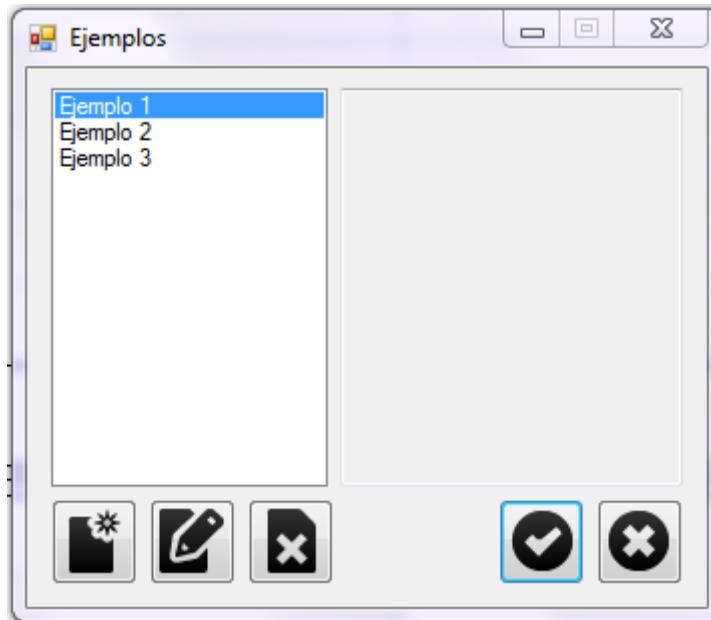
Ventana Secundaria: [Ingresar fórmula]



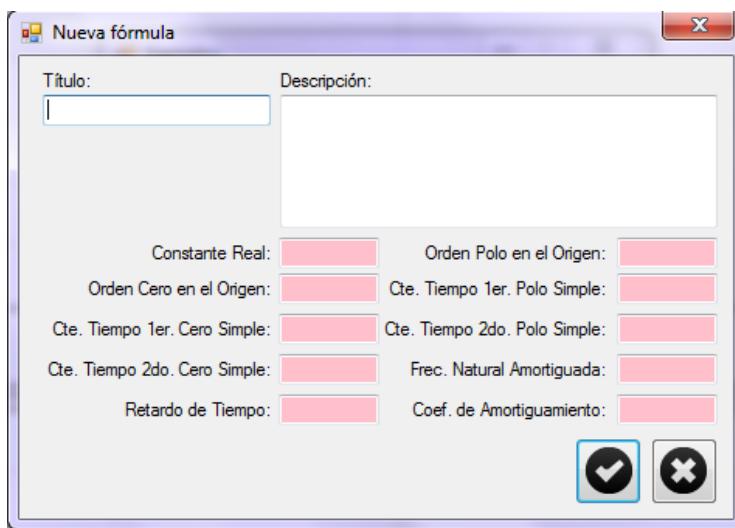
- Cada uno de los campos de la ventana representan un término de la función de transferencia.
- Los campos toman el color Rojo cuando poseen un valor incorrecto y cambian a blanco cuando el valor que contienen es correcto.
- Los valores correctos para cada término son:
 - Constante Real:** Entero positivo. ($K \geq 0$)
 - Orden Cero y Polo en el origen:** 0, 1, 2, 3.

- **Cero y Polo simple:** Número real.
 - **Retardo de Tiempo:** Entero positivo.
 - **Frec. Natural Amortiguada:** Número real.
 - **Coef. de Amortiguamiento:** Número real.
- Una vez ingresados los términos deseados, presionar el botón  para aceptar el ingreso de datos. Automáticamente se cierra la ventana de ingreso y la función de transferencia de la pantalla principal se setea con los valores ingresados y se habilitan los botones   para comenzar a graficar.

Ventana Secundaria: [Ejemplos]

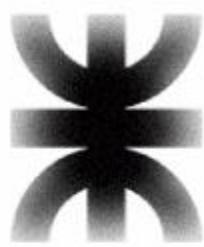


- La siguiente ventana nos permite seleccionar, crear y eliminar Ejemplos, que el sistema guarda en disco.
- Para cargar un ejemplo, seleccionamos el mismo desde la lista izquierda y presionamos:  El panel derecho nos muestra una descripción del ejemplo seleccionado.
 - Para crear un ejemplo, presionamos  y se nos abrirá la siguiente ventana de creación.



La misma nos permite ingresar un título, una descripción y los parámetros de la función de transferencia.

- Para modificar un ejemplo creado por el usuario, lo seleccionamos de la lista izquierda, y presionamos: En este caso se abrirá la ventana de creación con los datos del ejemplo seleccionado ya cargados.
- El botón elimina el ejemplo seleccionado.



UTN - FRRo
*Grupo de Investigación
Teoría de Control*

Desarrollado por :

Conchillo, Lucía	Massello, Benjamín
Chavarri, Leandro	Maurino, Gabriel
Fiorilla, Natanael	Moyano, Guido
Lazaro, Franco	Román, Nicolás
Manavella, Mauro	

Versión: **1.01**