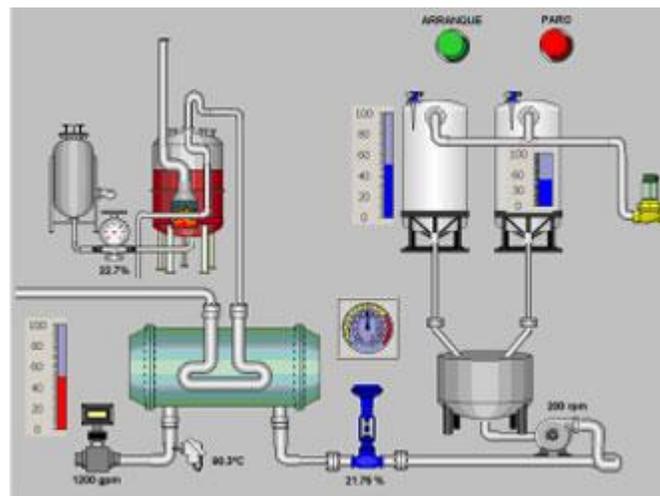


<p>Autores MSc Camilo Sandoval Gilberto Andrés Duarte A Jorge Mario Patarroyo Monroy Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas</p>	 <p>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA PRACTICAS DE CONTROL</p>
<p>Fecha creación: 2018-2</p>	



LABORATORIO DE CONTROL

UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER



MANUAL DE PRACTICAS DE CONTROL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS

INGENIERIA ELECTROMECHANICA

BUCARAMANGA
2018-2

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

PRACTICAS

**PRACTICA 1: SIMULACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS DINÁMICOS
DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN**

**PRACTICA 2: MODELADO EXPERIMENTAL.
IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS USANDO IDENT
DE MATLAB.**

**PRACTICA 3: MODELADO EXPERIMENTAL.
SISOTOOLS.**

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

NORMAS DE SEGURIDAD

Todos los estudiantes, funcionarios y profesores deben cumplir estrictamente cada una de las siguientes instrucciones y observaciones de seguridad establecidas para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

- Se recomienda la utilización de ropa cómoda, fresca y adecuada para el trabajo en el laboratorio, como camisetas ceñidas al cuerpo (sin botones), pantalón largo y zapatos cerrados con suela de caucho.
- Todo estudiante que tenga que trabajar cerca, o con circuitos energizados y máquinas rotativas, deberá quitarse los anillos, cadenas, pulseras, esclavas, reloj y objetos como lapiceros y herramientas, antes de iniciar labores; además, debe evitar el uso de prendas de vestir holgadas, ya que estas pueden ponerse en contacto con partes energizadas o en movimiento.
- Al realizar una actividad en el laboratorio, examine cualquier conexión insegura e infórmela a sus compañeros y a su profesor y/o laboratorista para que sea corregida inmediatamente y/o se coloquen los avisos correspondientes.
- En el caso de un accidente, mantenga la calma y no retire con las manos a la persona que esté en contacto con una tensión eléctrica. Corte el suministro de energía. Utilice algún material dieléctrico o aislante (guantes de caucho, listón de madera, etc.)

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

- Al realizar una medición o cualquier actividad de laboratorio, primero se debe plantear y estudiar cuidadosamente, el esquema de las conexiones. Todos los aparatos y conexiones requeridas deben ser determinados previamente.
- Es deber de todo estudiante conocer con anticipación el funcionamiento de los equipos que va a utilizar y saber cómo proceder en el caso de una emergencia. Se debe preparar la práctica con anterioridad y estudiar cuidadosamente la guía correspondiente. En el caso de presentarse dudas, siempre consulte al profesor y/o laboratorista. Recuerde: si no conoce un aparato o sistema o si no está seguro de lo que hace, asesórese para no cometer errores, causar algún daño o provocar algún accidente.
- Consulte en los catálogos y manuales, los valores de placa de los instrumentos, los datos técnicos y las características suministradas por los fabricantes, antes de realizar conexiones y mediciones.
- Compruebe el estado de todo el equipo que se va a utilizar en la práctica antes de empezar a realizarla y reporte cualquier anomalía que descubra.
- Al hacer conexiones u operar un equipo eléctrico, no coloque parte alguna de su cuerpo en otro circuito, en un equipo puesto a tierra o entre terminales.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

- Trate los instrumentos de medición con gran cuidado. Evite golpearlos, someterlos a vibraciones etc.
- Los estudiantes y/o grupos de prácticas deben responder solidariamente por los daños en los equipos, producto de la falta de preparación, irresponsabilidad, desidia o negligencia evidente y comprobable, a partir del concepto técnico del profesor o del laboratorista.
- Al colocar los conectores de medición en las clavijas de los instrumentos, fíjese en los signos o marcas dibujadas sobre el aparato. Lo mismo debe hacerse al aplicar las puntas de medición sobre el circuito para registrar tensiones; sin embargo, no se recomienda el uso de las puntas de medición sobre circuitos energizados.
- Verifique que los amperímetros estén conectados en serie y los voltímetros en paralelo.
- Para los equipos de medida, escoja los rangos más altos de medición, siempre superiores a los valores que se esperan y que han sido determinados a partir de los cálculos previos donde se ha evaluado (aproximadamente) la magnitud que se va a medir. Por lo tanto, al usar un instrumento de medición de varias escalas, se debe empezar por la mayor para luego seleccionar la escala adecuada de forma que la deflexión de la aguja indicadora sea superior al 70% de la escala plena. Todo lo anterior también se aplica para los instrumentos de medida digitales.

NUNCA ENERGICE UN CIRCUITO SIN LA REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL PROFESOR O LABORATORISTA.

- Nunca se deben modificar las conexiones de un circuito energizado. Apague o desconecte las fuentes (corte visible) y verifique la ausencia de tensión antes de realizar modificaciones en los circuitos de las prácticas, incluyendo la conexión y/o desconexión de instrumentos de medida.
- En los multímetros no se debe cambiar de función con el instrumento conectado al circuito energizado.
- No intente frenar el eje de una máquina rotativa después de haberla desconectado. Espere pacientemente a que este se detenga por sí solo.
- Una vez terminada la práctica, desconecte las fuentes y desarme el circuito, separe y ordene los cables y conectores empleados, colóquelos en los sitios dispuestos para ellos y devuelva los equipos al almacén y cerciórese de que el banco de trabajo quede limpio y los equipos en los sitios respectivos.

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALEZ E INGENIERIA

INGENIERIA ELECTROMECHANICA

ASIGNATURA:

CONTROL

UNIDAD TEMÁTICA:

**SISTEMAS DINAMICOS DE PRIMER Y SEGUNDO
 ORDEN**

PRACTICA 1:

*Simulación del comportamiento de sistemas
 dinámicos de primer y segundo*

COMPETENCIA

CRITERIOS DE EVALUACION

Identificar características de desempeño de los sistemas de primer y segundo orden e indagar la dependencia con las singularidades de la función de transferencia a partir del manejo de bloques.

- Conocer las normas del laboratorio.
- Identificar los elementos usados
- Familiarizarse con la programación de
- Realizar un ejercicio práctico

ACTIVIDADES

1. REFERENCIAS

- Ogata, Katsuhiko: *Modern control engineering. 5th. Boston: Prentice-Hall, 2010 (Prentice-Hall electrical engineering series Instrumentation and controls series).* - x, 894 p. p.
- UTS. (2018). *Notas de clase. Bucaramanga.*

2. PRECONCEPTOS

Uso operaciones básicas de Matlab.
 Conceptos vistos en clase.

3. NORMAS DE SEGURIDAD

Aplique normas de seguridad descrito en el anexo del manual de seguridad para el laboratorio

4. CONTENIDO DE LA PRACTICA

- Uso del Software Matlab.
- Identificar usando Matlab diferentes conceptos vistos en clase.
- Usar el toolbox de simulink, para simular los sistemas de bloques.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

5. EQUIPOS Y MATERIALES A UTILIZAR

- Equipo de Computo
- MatLab versiones 2010 en adelante con las toolboxes de control y simulink

6. MARCO TEORICO

En este apartado se hará alusión a algunos aspectos conceptuales a tener en cuenta tanto en el conocimiento de los sistemas dinámicos de primer y segundo orden, como en lo que tiene que ver con las herramientas de simulación de este tipo de sistemas. En este sentido, se abordaran conceptos como bloques funcionales, función de transferencia y singularidades, respuesta al impulso, respuesta al escalón, tiempo de establecimiento, sobreimpulso, error en estado estable, herramientas del simulink, comandos de Matlab para diagrama de polos y ceros; y análisis de la respuesta transitoria.

3.1. Bloques funcionales y equivalencia de bloques

Un bloque funcional se define como un componente de un sistema, proceso o planta que es capaz de producir al menos un cambio en una o varias variables. Según lo anterior, la salida $y(t)$ de la figura 1, depende de la entrada $x(t)$, de modo que el bloque producirá cambios en $y(t)$ a través de la operación de convolución según el teorema del mismo nombre como lo muestra la ecuación 1. Cabe anotar que los cambios producidos en la salida dependerán directamente de respuesta al impulso $h(t)$ del bloque funcional mostrado, con lo cual se evidencia que la función $h(t)$ identifica plenamente la dinámica del bloque.

Por otro lado, de acuerdo a la relación de los distintos bloques se pueden establecer equivalencias estas equivalencias principales se muestran en la figura 2.

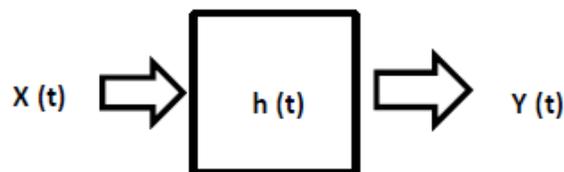


Figura 1. Esquema de Bloque funcional y las señales involucradas

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

$$y(t) = x(t)(*)h(t) \quad (1)$$

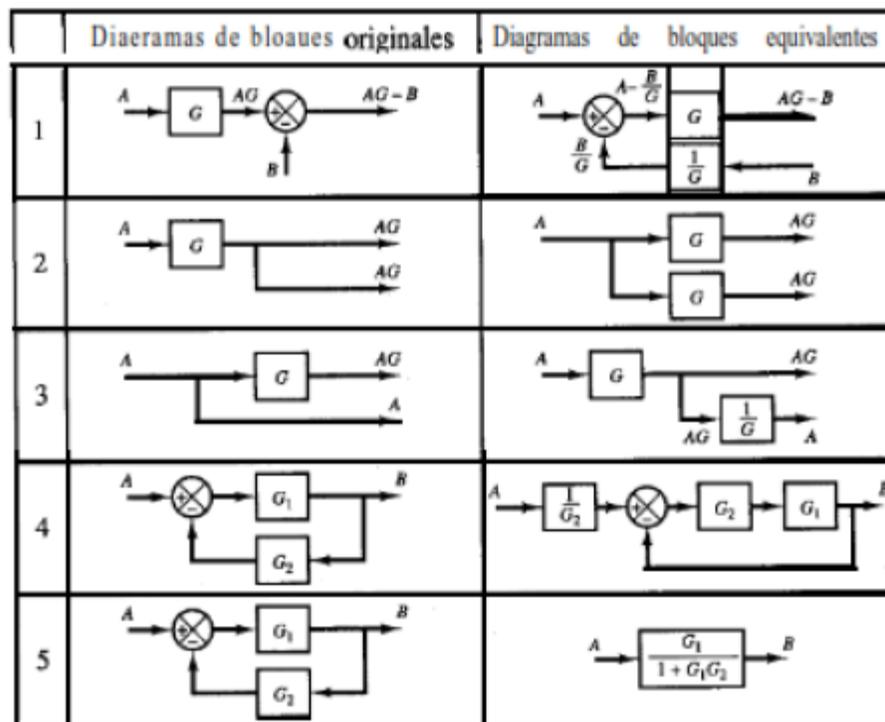


Figura 2. Equivalencias entre conexiones de bloques

3.2. Función de transferencia y singularidades:

La función de transferencia $H(s)$, de un bloque funcional o de un sistema completo se conoce como la transformada de Laplace de la respuesta al impulso. En este sentido, es coherente pensar que la función de transferencia también define plenamente las características dinámicas del bloque funcional a través de las singularidades de la misma. Es importante destacar que la función de transferencia en general viene dada por una relación de dos polinomios en s como se muestra en la ecuación 2. De esta forma, Las singularidades de una función de transferencia se definen en general como las raíces de los polinomios del numerador $N(s)$ y del denominador $D(s)$.

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} \quad (2)$$

De acuerdo a lo anterior se puede establecer un diagrama de estas raíces en el plano de la frecuencia compleja S como se ve en la figura 3.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

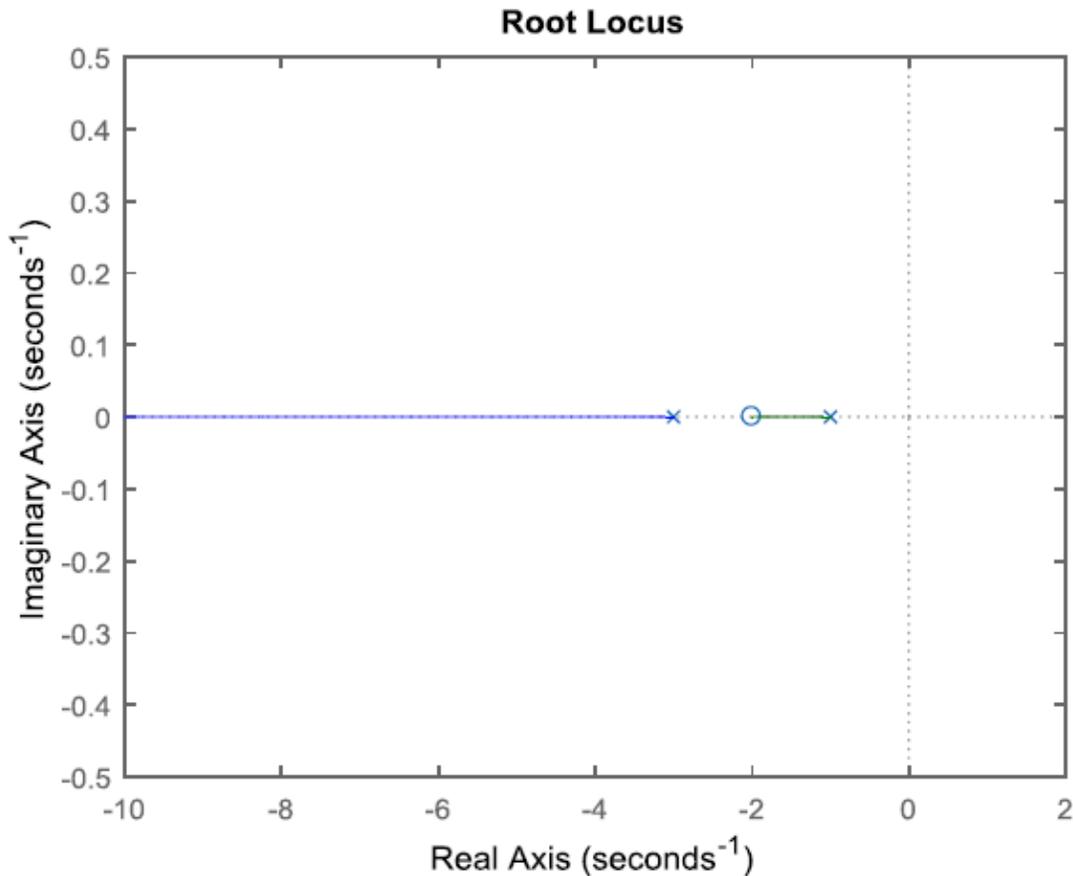


Figura 3. Diagrama de polos y ceros de la función $H(s) = \frac{s+2}{(s+1)*(s+3)}$

De la figura 3 se ve que las raíces son: $S=-1$, $S=-3$ Y $S=-2$; en donde se pueden diferenciar las raíces del numerador como un círculo ubicado en la frecuencia $S=-2$, las cuales se denominan ceros de $H(s)$ y las raíces del denominador como unas x ubicadas en las frecuencias $S=-3$ y $S=-1$; las cuales se denominan polos de $H(s)$.

3.3. Respuesta al Impulso y respuesta al escalón.

La respuesta al impulso y respuesta al escalón se obtienen cuando la señal $x(t)$ de la figura 1 es un impulso o un escalón unitario respectivamente. Es decir, la salida $y(t)$ ante estas entradas (impulso o escalón) se denominan por definición la respuesta al impulso y respuesta al escalón respectivamente.

Estas señales, Impulso unitario y escalón unitario, son señales típicas de prueba que permiten evaluar el comportamiento dinámico de un sistema objetivo. En este orden de ideas vale la pena definir como es matemáticamente la función impulso unitario y la función escalón unitario.

3.3.1. Función Impulso Unitario o del de Dirac: La función del impulso unitario o delta de Dirac se define como una función que tiene duración muy corta y una amplitud igual a la unidad. Es to es: $(t)=1$ para $t=0$ y $(t)=0$ en

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

cualquier otro caso, de esto modo en la figura 4 se muestra la representación gráfica de dicha función.

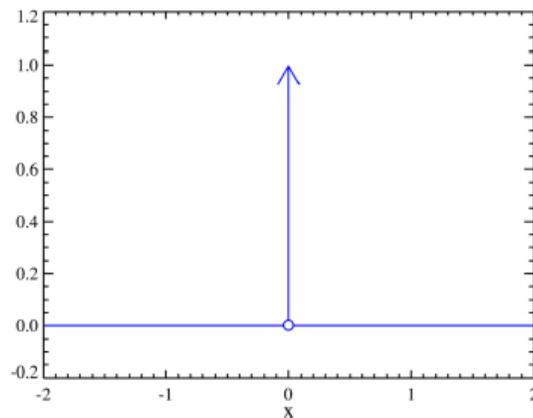


Figura 4. Representación gráfica de la función $\delta(t)$

3.3.2. Función escalón unitario: La función escalón unitario se define como una función que tiene una amplitud constante igual a la unidad en tiempos mayores a 0[s] y valor de 0 en tiempos menores a 0[s] de tal forma que en $t=0[s]$ se presenta una discontinuidad como lo muestra la figura 5. Es to es: $(t)=1$ para $t>0$ y $(t)=0$ para $t<0$.

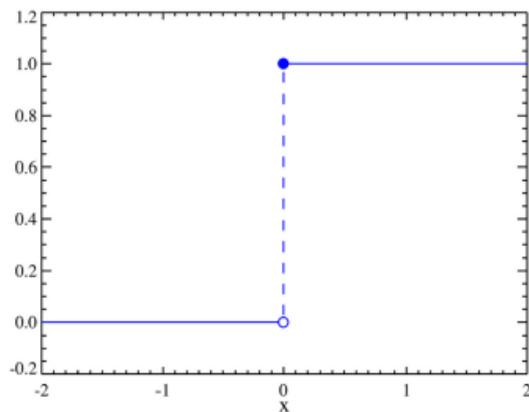


Figura 5. Representación gráfica de la función $u(t)$

Cabe anotar que tanto el impulso unitario como el escalón unitario permiten extraer características de desempeño del sistema objetivo como son las asociadas a la velocidad de respuesta, estabilidad, análisis estacionario, etc. A continuación se muestra una relación de las características que se pueden evaluar en cada una de las respuestas.

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

3.3.3. Características que se pueden evaluar en cada respuesta (impulso unitario y escalón unitario).

Tabla 1: Comparación de las características evaluables en cada respuesta

Respuesta al impulso	Respuesta al escalón	Característica
Evaluable	Evaluable	Estabilidad
Evaluable	Evaluable	Velocidad de respuesta
No evaluable	Evaluable	Sobre-impulso
No Evaluable	Evaluable	Error Estacionario

A continuación se definen las características de desempeño mencionadas en la tabla 1.

3.3.4. Características de desempeño de sistemas dinámicos

Las características de desempeño de un sistema se basan en la estimación de la estabilidad, (convergencia en respuesta al escalón), velocidad de respuesta (tiempo que tarda en hacer convergencia), comportamiento transitorio respecto al sobre impulso y comportamiento en estado estable evaluando la diferencia entre la entrada y la salida después que ocurre la convergencia. En la figura 6 se ven estas especificaciones para una respuesta al escalón de un sistema sub-amortiguado.

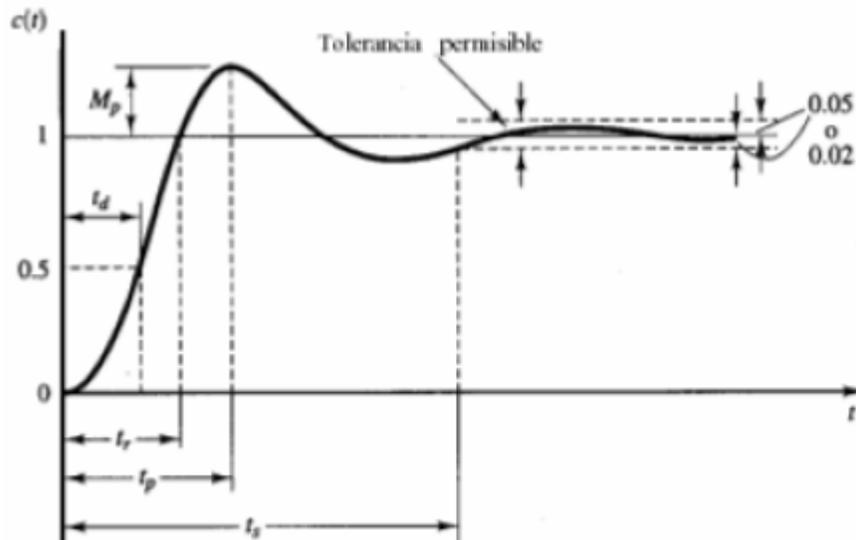


Figura 6. Respuesta al escalón unitario y parámetros de desempeño

Dónde:

- t_d = Es el tiempo de retardo que es requerido para que la onda alcance el 50% de su valor final.
- t_r = Es el tiempo de levantamiento requerido para alcanzar el valor final por primera vez.
- t_p = Es el tiempo pico requerido para alcanzar el pico máximo de la respuesta.
- t_s = Es el tiempo de asentamiento o estabilización; este es el requerido para que el sistema alcance el

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

periodo de estabilización.

- M_p = Es el sobre-impulso que es una medida porcentual de la diferencia entre mediciones de la salida en dos momentos diferentes. Y se calcula como muestra la ecuación 3.

$$M_p = \left(\frac{c(tp) - c(ts)}{c(tp)} \right) * 100\% \quad (3)$$

Nótese que adicional a estos parámetros el análisis estacionario indaga por la diferencia entre la entrada y la salida después de alcanzar la convergencia. Para el ejemplo de la figura 6 la entrada fue un escalón unitario que tiene valor final 1 y la salida $c(t)$ muestra un valor de convergencia final también de 1. Una medida de esta característica se denomina error en estado estable el cual se calcula como lo muestra la ecuación 4.

$$Ess = \left(\frac{\text{Valor final de la entrada} - \text{Valor final de la salida}}{\text{Valor final de la entrada}} \right) * 100\% \quad (4)$$

Lo que se puede reescribir como lo muestra la ecuación 5 en función de los tiempos de la figura 6.

$$Ess = \left(\frac{x(ts) - c(ts)}{x(ts)} \right) * 100\% \quad (5).$$

3.4. Librerías de Simulink.

Simulink es una aplicación de MatLab que permite realizar simulaciones de sistemas dinámicos. La forma en que interactúan estos sistemas dinámicos en simulink es a través de los diagramas de bloques y las funciones de transferencia de cada bloque y algunos bloques que realizan operaciones matemáticas. En la figura 7 se presentan el menú de librerías de mayor uso.

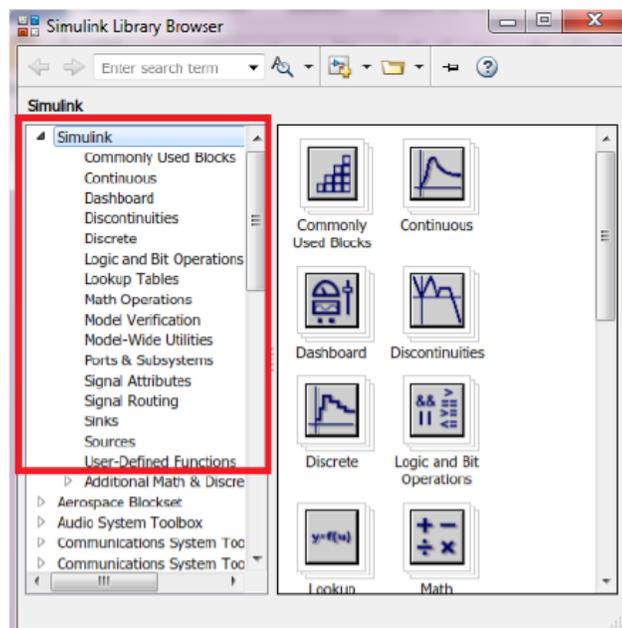


Figura 7. Menú de Librerías de mayor USO

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

En la librería Continuous se encuentran funciones para simular funciones de transferencia, integradores, derivadores entre otras. En la librería Math operations, se encuentran diferentes funciones de operaciones matemáticas entre las cuales están los sumadores, multiplicadores, amplificadores entre otras. De igual forma, en la librería sources se encuentran las funciones asociadas a las excitaciones que pueden ser de tipo constante, rampa, escalón, senoidal y otras. Finalmente, la librería sinks, contiene todo lo referente a despliegue de información, osciloscopios etc.

3.5. Comandos de MatLab asociados al control.

Existen distintos comandos que sirven para evaluar las respuestas de un sistema. En la tabla 2 se describen algunos. Se recomienda indagar en las ayudas de Matlab para entender el funcionamiento de cada comando.

Tabla 2 . Comandos para análisis de sistemas dinámicos por la función de transferencia

Comandos	Servicio
pole	Calcula los polos de la función de transferencia
zero	Calcula los ceros de la función de transferencia
rlocus	Dibuja el diagrama de polos y ceros de la función de transferencia.
step	Calcula la respuesta al escalón en lazo abierto
impulse	Calcula la respuesta al impulso en lazo abierto

7. PROCEDIMIENTO.

- Hacer lectura previa de la guía.
- Abrir el programa Matlab
- Probar los comandos para comprender como se usa.
- Realizar las actividades propuestas.
- Llenar las tablas dadas.
- Realizar el informe según lo convenido con el docente.

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

8. ACTIVIDAD PRPUESTA PARA REALIZACION DE LA PRÁCTICA.

8.1. **Equivalencias de diagramas de bloque**

8.1.1. Realice los montajes de la figura 8 en simulink

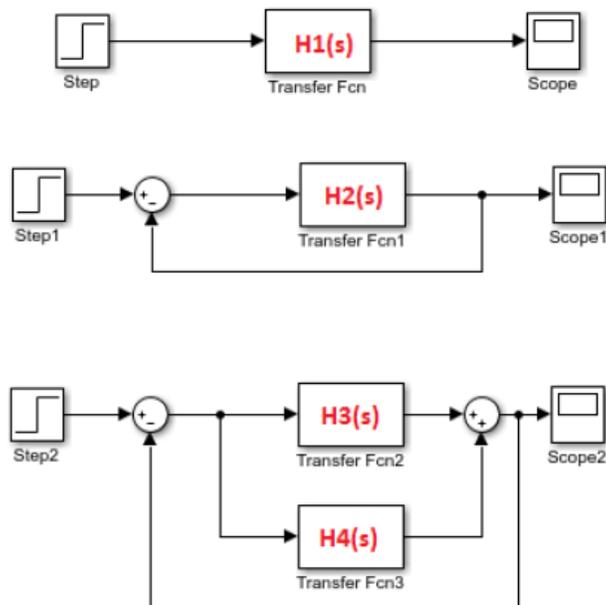


Figura 8. Montajes en simulink

8.1.2. Determine las funciones de transferencia $H1(s)$, $H2(s)$, $H3(s)$ y $H4(s)$ para cada sistema mostrado arroje salidas equivalentes. Ingréelas en la tabla 3.

Tabla 3 . Funciones de transferencia Halladas

Función de bloque	Función en s
$H1(s)$	
$H2(s)$	
$H3(s)$	
$H4(s)$	

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

8.2. Respuesta al impulso de sistemas dinámicos de primer orden y segundo orden.
 Obtenga en Matlab la respuesta al impulso de los sistemas de la tabla 4 y registre los resultados en la misma tabla.

Tabla 4 respuesta al impulso de 3 sistemas y parámetros de desempeño

Función de transferencia	Grafica de la respuesta al impulso	Características de desempeño
$H1(s)=16/(s^2+2s+16)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica • Inestable
$H2(s)= (s+3)/(s^2-1)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica • Inestable
$H3(s)= 1/(s+1)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica Inestable

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

8.3. Obtenga la respuesta al escalón para las funciones de la tabla 4. Y registre los resultados en la misma tabla

Tabla 5 respuesta al escalon de 3 sistemas y parámetros de desempeño

Función de transferencia	Grafica de la respuesta al escalón	Características de desempeño
$H1(s)=16/(s^2+2s+16)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica • Inestable
$H2(s)= (s+3)/(s^2-1)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica • Inestable
$H3(s)= 1/(s+1)$		Mp= ts= Ess= Estabilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Absoluta • Critica • Inestable

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

8.4. Obtenga en Matlab el gráfico de polos y ceros de las funciones de transferencia de la tabla 6. Y regístrelos en la misma tabla.

Tabla Diagramas de polos y ceros de 3 sistemas

Función de transferencia	Grafica de la de polos y ceros
$H1(s)=16/(s^2+2s+16)$	
$H2(s)= (s+3)/(s^2-1)$	
$H3(s)= 1/(s+1)$	

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

9. CUESTIONARIO

1. Se puede medir estimar mediante la respuesta al escalón la estabilidad de un sistema de segundo orden? Justifique su respuesta.
2. Determine tres factores a tener en cuenta en la evaluación de la estabilidad en la respuesta al impulso.
3. Explique, de que depende el parámetro de error de estado estable en sistemas no canónicos.
4. Explique si existe alguna relación entre las singularidades de $H(s)$ respecto de los parámetros de desempeño del sistema.

10. CONCLUSIONES

Se deben redactar al menos tres conclusiones de lo aprendido en la práctica actual. Se debe tener en cuenta que las conclusiones se deben redactar de tal manera que no se utilicen las respuestas a las preguntas planteadas, al final de la práctica.

11. BIBLIOGRAFIA

Relacione bibliografía con normas APA.

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALEZ E INGENIERIA

INGENIERIA ELECTROMECANICA

ASIGNATURA:

SISTEMAS DE CONTROL

UNIDAD TEMÁTICA:

MODELADO EXPERIMENTAL

PRACTICA 2:

Posicionamiento de un cilindro neumático

COMPETENCIA

CRITERIOS DE EVALUACION

Desarrollar por medio de software especializado (MATLAB) y el módulo de laboratorio 'Posicionamiento de un cilindro neumático' habilidades para la realización de modelado experimental con la herramienta Ident de Matlab.

- Identificar los elementos usados en el módulo de Posicionamiento de un cilindro neumático.
- Uso adecuado de la herramienta Ident de Matlab.
- Dar conclusiones pertinentes acerca de las actividades realizadas durante la práctica.
- Realización de un informe acorde a lo acordado con el docente al inicio del semestre

ACTIVIDADES

1. REFERENCIAS

- Golnaraghi, M. F.; Kuo, Benjamin C.: *Automatic control systems. 9th. Hoboken, NJ: Wiley, 2010. - 786 p. p.*
- Ogata, Katsuhiko: *Modern control engineering. 5th. Boston: Prentice-Hall, 2010 (Prentice-Hall electrical engineering series Instrumentation and controls series). - x, 894 p. p.*
- Smith, Carlos A.; Corripio, Armando B.: *Principles and practice of automatic process control. 2nd. Wiley, 1997. - 784 p.*

2. PRECONCEPTOS

- Funcionamiento de un cilindro neumático, uso de herramienta Ident de Matlab, conceptos de sistemas de control vistos en clase de sistemas de control.

3. NORMAS DE SEGURIDAD

Aplique normas de seguridad descrito en el anexo del manual de seguridad para el laboratorio

4. CONTENIDO DE LA PRACTICA

- a. Inspeccionar de forma visual estado de cableado de transporte de datos y eléctrico

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

(Desenergizado).

Fuentes de Alimentación Eléctrica.

- b. Verificar estado de enchufes y tomacorrientes.
- c. Se debe verificar indicador LED y la salida $\pm 24V_{cc}$, fuente de alimentación sensor LDVT y válvula proporcional.

Garantizar suministro eléctrico en un rango de tensión $\pm 120V_{ac}$.

Fuente de Alimentación Neumática

- Encender compresor, verificando posibles ruidos extraños.
- Realizar inspección visual de la presión registrada en el manómetro (deberá estar ± 70 PSI).
- Abrir válvula alimentando lentamente el sistema.

Mangueras neumáticas y accesorios.

- Inspeccionar cada uno de los acoples, silenciadores, mangueras, verificando posibles fugas excesivas de aire.

Hardware y software

- Verificar los pines de conexión de la DAQ 6001 y reportar cualquier anomalía.
- Ejecutar el software LABVIEW y cargar la interfaz.

5. EQUIPOS Y MATERIALES A UTILIZAR

- a. Banco de pruebas para el control de posicionamiento de un cilindro neumático.
- b. Compresor.
- c. Portátil destinado con el software LabView.
- d. Tarjeta National Instrument.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

6. MARCO TEORICO

Como se mencionó en la guía anterior, para obtener una función de transferencia (modelo matemático en el dominio de Laplace) de un sistema se puede mediante la inspección de una respuesta ante una entrada característica. Este proceso se conoce con el nombre de modelado experimental o identificación paramétrica. En términos generales, el procedimiento se puede resumir en la siguiente figura:

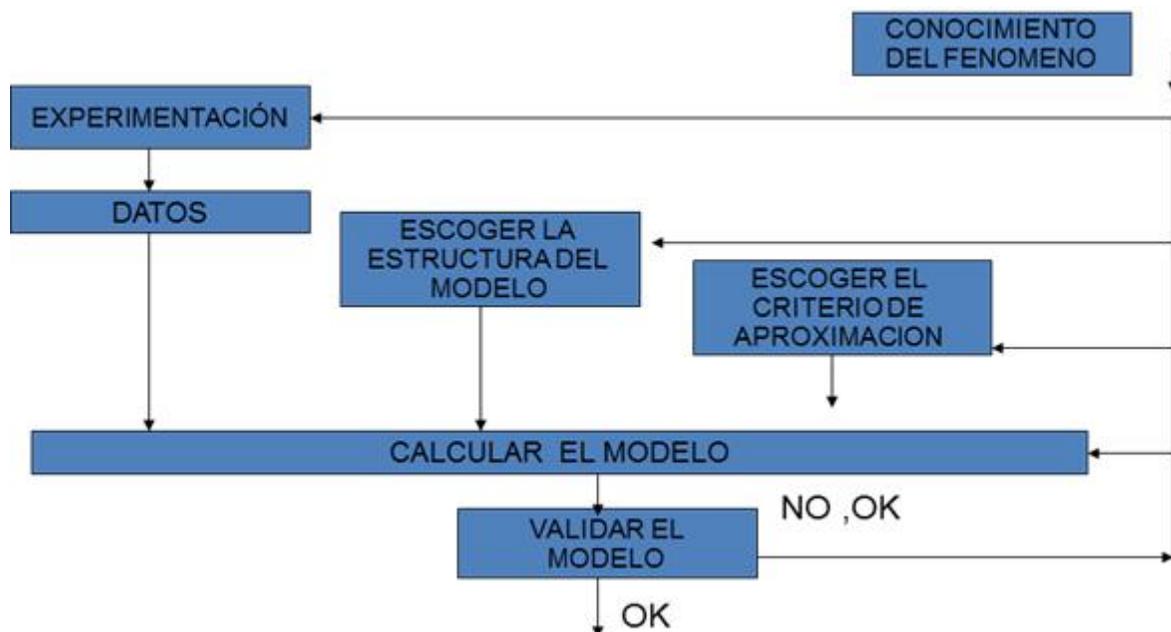


Fig. 1: Modelado experimental
Fuente: autor

Como se puede observar de la figura anterior el proceso es descrito por la realización de los pasos que se explican a continuación:

1. *Conocimiento del fenómeno:* Este ítem se refiere a la posibilidad que se tenga de conocer los estados extremos del fenómeno, respecto a la energía. Esto es, estados de baja energía, estados de alta energía. Lo anterior es importante para garantizar que la etapa de experimentación se pueda consolidar. En este sentido es importante que se conozca si el sistema es estable o no, para tener en cuenta en la toma de datos y poder elegir la longitud de datos a tomar.
2. *Experimentación:* Esta parte está relacionada con el diseño de las pruebas requeridas para la toma de datos. Aquí se definen la cantidad de muestras y el intervalo de muestreo para obtener la salida del sistema que se desea identificar. Así mismo, para definir la variable, respecto a la longitud de datos de entrada al sistema.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Una vez se han realizado las anteriores actividades, se recogen los datos y se agrupan en vectores de entrada y salida.

3. *Estructura del modelo*: La estructura del modelo se refiere al tipo de topología y al orden seleccionado para el modelo.

4. *Criterio de aproximación*: Es seleccionar la técnica de ajuste de parámetros del modelo.

Con los resultados del numeral 2, 3 y 4 Se puede obtener el modelo matemático (función de transferencia) del sistema.

5. *Validación*: Es medir la desviación entre los datos obtenidos del modelo y los medidos de manera experimental. Si el resultado es apropiado se detiene el proceso de lo contrario deberá continuar hasta que se esté satisfecho con el resultado.

Por fortuna los pasos 3, 4 y 5 se pueden realizar con Matlab, de una manera muy sencilla usando la herramienta ident. A continuación, se puede ver un ejemplo de la utilización de Matlab para la obtención del modelo de planta en el dominio de Laplace.

EJEMPLO:

Obtención de funciones de transferencia a partir de los vectores de entrada y salida usando Ident.

Para el ejemplo se va asumir que los vectores de entrada y salida ya fueron tomados. Realice los siguientes pasos:

6. Cargar los vectores den entrada y salida en Matlab según el nombre con el que hayan sido guardados.

Debe digitar el nombre en la ventana de comandos de Matlab como se ve en la siguiente figura.

Comando: **load nombre del archivo a cargar**

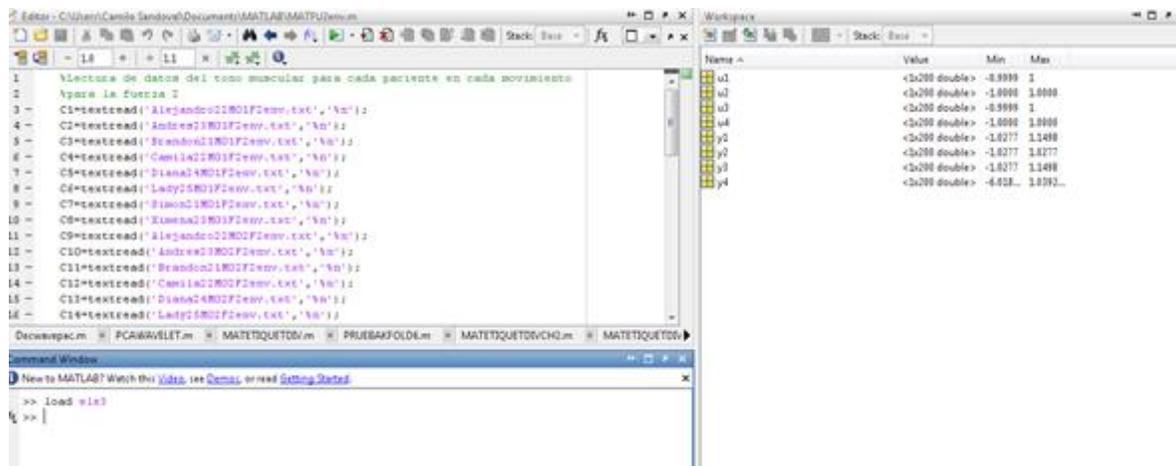


Fig. 2: Carga de archivos Matlab
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

En la figura anterior se puede observar que al escribir load ele3 (dado que el nombre de los vectores están guardados en una sesión de nombre ele3), automáticamente se cargan los vectores en el Workspace. Dicho conjunto de vectores de entrada y salida, son los que se van a utilizar para la identificación. Nótese que son cuatro entradas (u1, u2, u3 u 4) y cuatro salidas (y1, y2, y3 e y4); es decir se tiene cuatro sistemas distintos para identificar.

Para el ejemplo se tomará el sistema 1. Ahora se debe digitar el comando ident y seguidamente pulsar enter, en la ventana de comandos así como lo muestra la siguiente figura:

Comando: **ident**

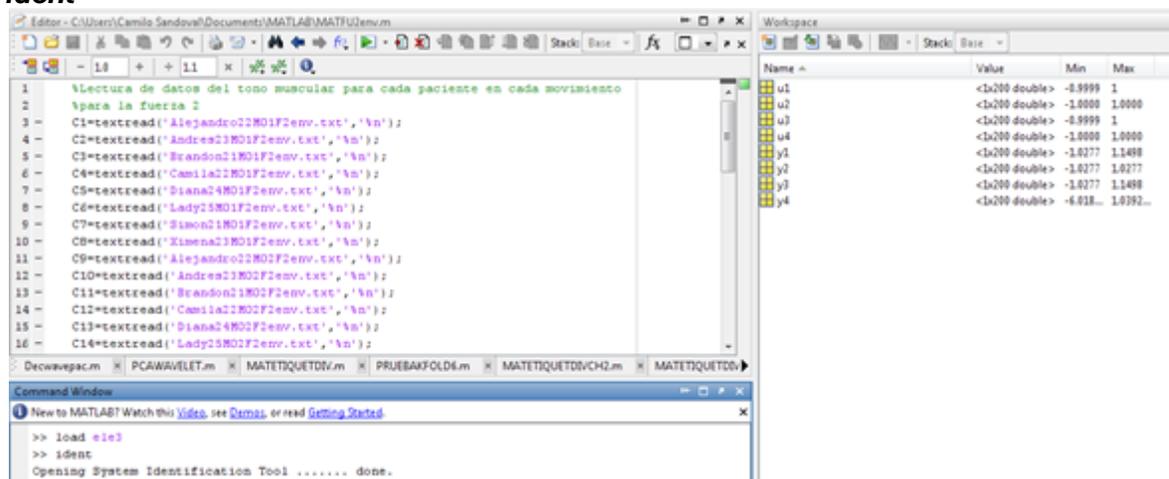


Fig. 3: Abrir APPS IDENT
Fuente: Matlab

7. Deberá aparecer la siguiente ventana:

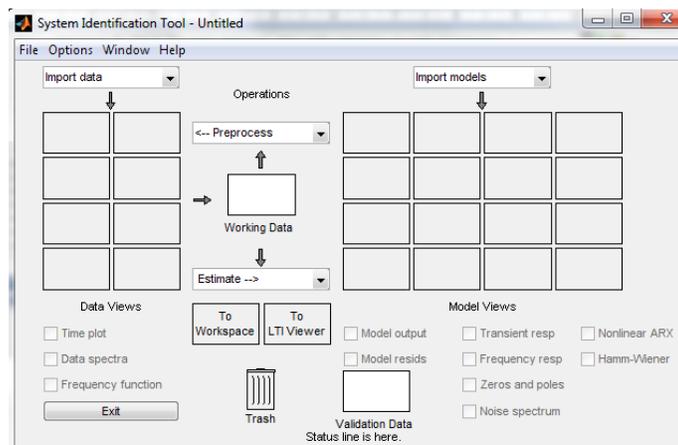


Fig. 4: APPS IDENT pantalla principal
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

8. Luego deberá importar los datos del espacio de trabajo (Workspace). En la pestaña: Import Data, escoger time domain data. Como se aprecia en la siguiente figura:

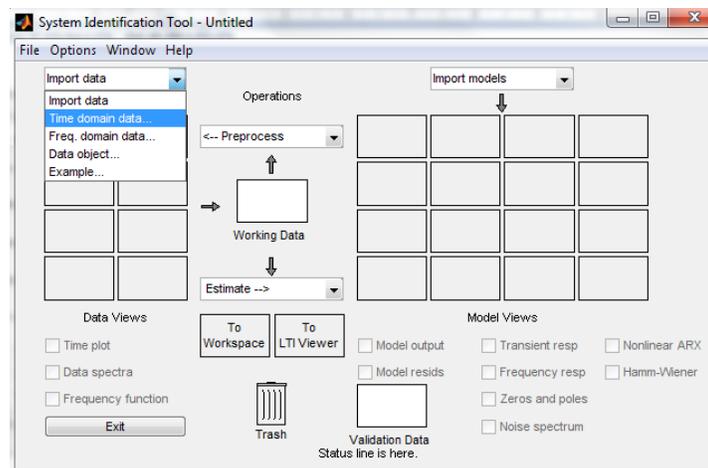


Fig. 5: IDENT import data
Fuente: Matlab

9. Seleccionando esta opción , debe aparecer la siguiente ventana:

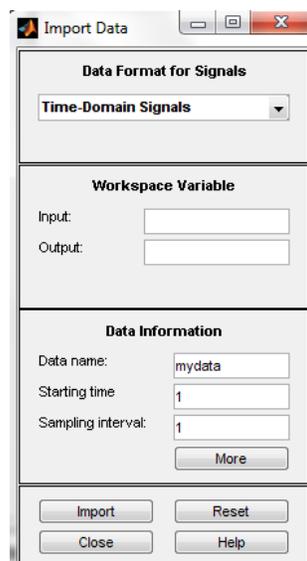


Fig. 6: Ventana import data
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

10. En los campos correspondientes a la entrada digitar el nombre del vector que está en el Workspace (u1). Así mismo, se debe digitar la salida y1 en el campo correspondiente a la salida. En el campo correspondiente al tiempo de inicio se debe colocar cero (0) y en el intervalo de muestreo se debe digitar 0.001, ya que la frecuencia de muestreo tomada fue de 1kHz. La ventana deberá verse como se muestra la siguiente figura:

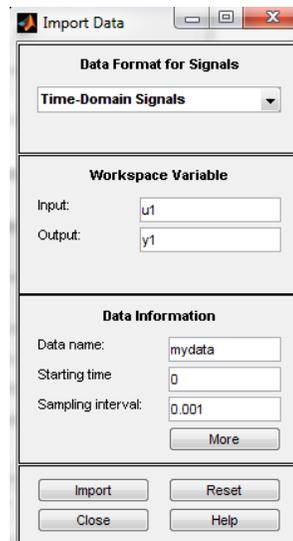


Fig. 7: Import data
Fuente: Matlab

11. Luego deberá hacer click en import, deberá decir yes en los dos cuadros de dialogo que parecen; adicionalmente, aparecerá lo siguiente en la ventana principal de ident:

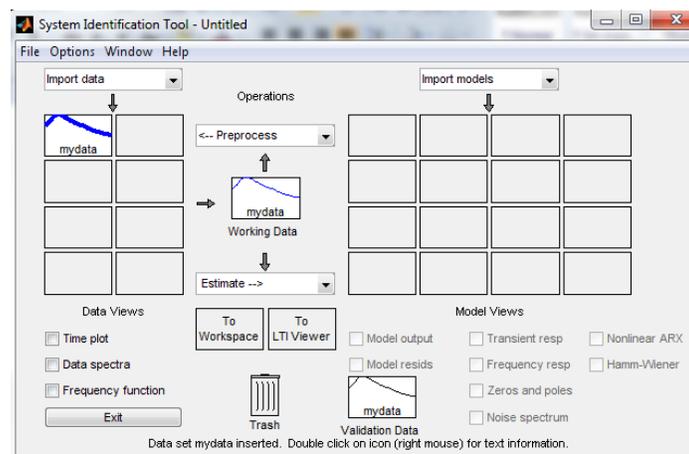


Fig. 8: Ventana ident
Fuente: Matlab

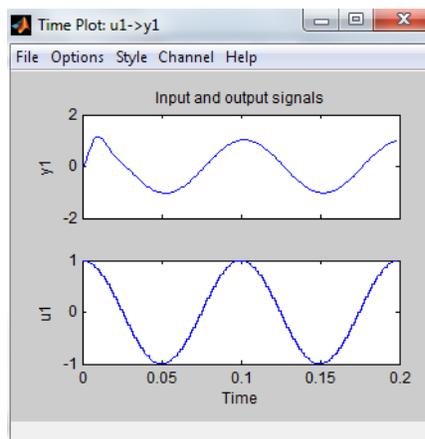
Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Nótese que aparece un conjunto de datos de nombre mydata en azul. Este conjunto de datos corresponde al conjunto entrada salida que se acabaron de importar. Como se mencionó inicialmente, a los datos se les debe realizar un pre- proceso. Para esto, se observará el conjunto de vectores de entrada y salida en el dominio del tiempo para ver si se requiere. En la ventana principal se puede notar que existe una opción llamada Time plot.

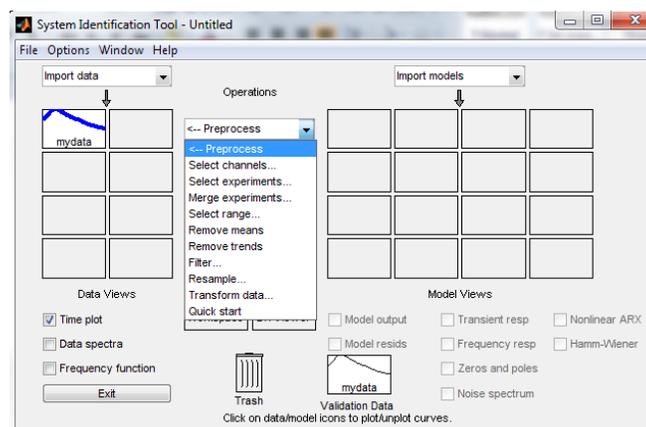
12. Ahora al seleccionar time plot aparecerá la siguiente gráfica:



*Fig. 9: Time plot
Fuente: Matlab*

Al observar la anterior grafica se puede ver uniformidad así que no requiere pre proceso. Sin embargo como practica se removerán los offsets (nivel de DC que tenga la señal).

13. Para remover el offset (nivel de DC) , en la ventana principal de ident se selecciona pre proceso y se verán las siguientes opciones:



*Fig. 10: Selección Preprocess
Fuente: Matlab*

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

14. De las opciones anteriores se escoge Remove means para quitar el nivel de DC. En la gráfica entrada salida aparecerá los datos pre-procesados, como se muestra en la siguiente figura:

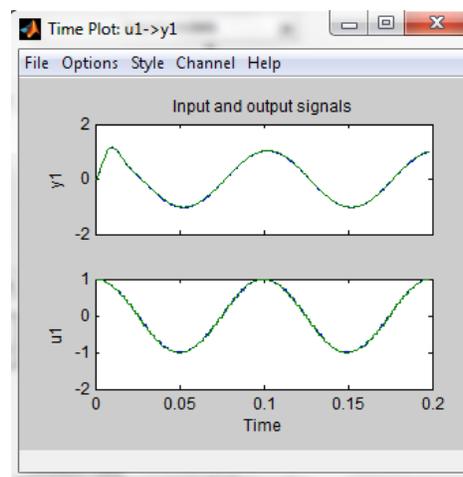


Fig. 11: time plot con preprocess
Fuente: Matlab

Se puede notar que los datos pre procesados y los originales son prácticamente los mismos. El conjunto de datos nuevo se ve en la ventana principal del ident así:

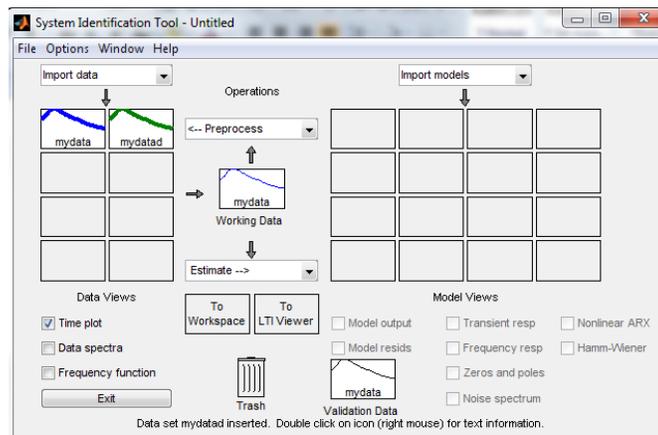


Fig. 12: ident despues de preprocess
Fuente: Matlab

Obsérvese que aparece un conjunto de datos adicional con el nombre de mydata y de color verde. Ahora supóngase que se van a utilizar los datos pre procesado (verde) para el análisis.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

15. Debe entonces con el mouse arrastrar los datos de trabajo al espacio llamado Working data. Así mismo deberá trasladarse a al espacio marcada como validation data, esto con el fin de que ident calcule la desviación del modelo con el conjunto de datos pre procesados. Deberá mostrarse como se ve en la siguiente figura:

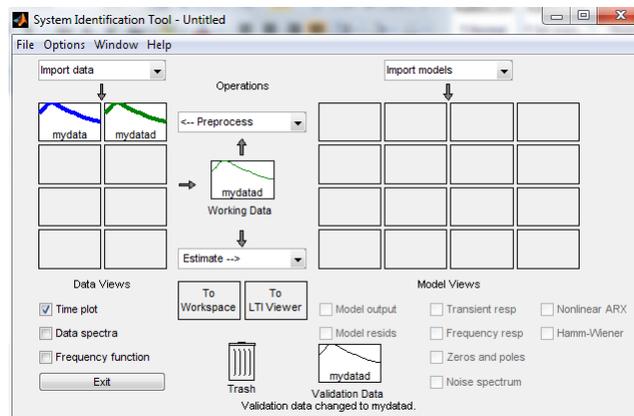


Fig. 13: *ident*
Fuente: Matlab

Note que el conjunto de datos de análisis ha cambiado a mydatad.

16. Ahora se procede a la estimación del modelo. Como se mencionó al principio de esta guía y en la guía anterior, para la estimación del modelo se debe primero elegir la estructura y luego seleccionar el método de aproximación. Para este caso se escogerá process model. Este método usa métodos AR para el cálculo de los parámetros y permite seleccionar la estructura del modelo (primer , segundo o tercer orden, con retardos o sin retardos , con integrador o sin integrador.)
17. Para lograr esto, en la ventana principal de ident, en el menú estimación elija proces model como se muestra en la siguiente figura:

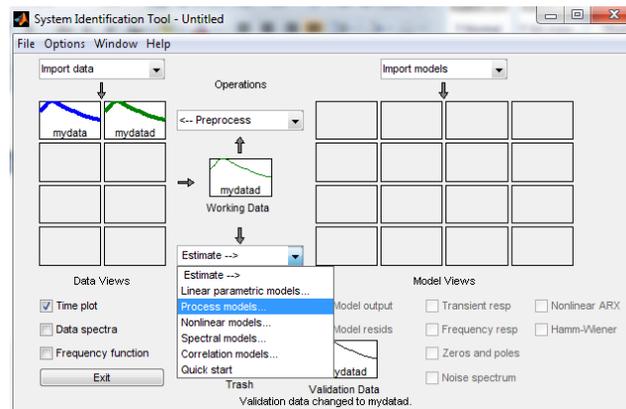


Fig. 14: *Estimates*
Fuente: Matlab

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Al seleccionar Process model aparece la ventana de estimación como la que se muestra a continuación:

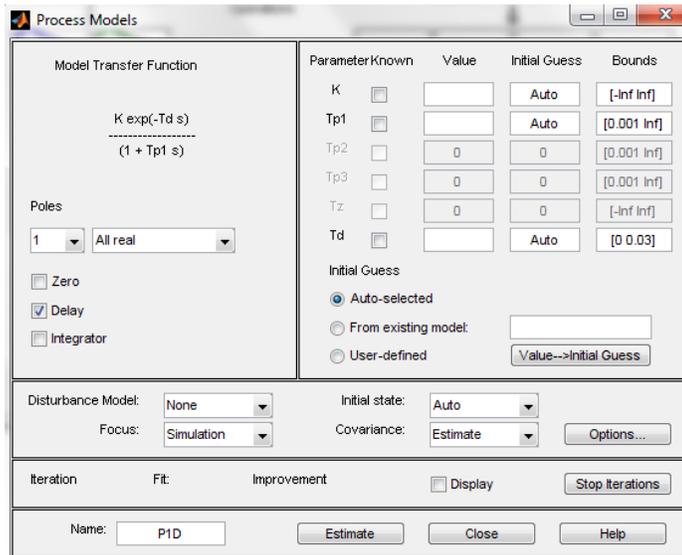


Fig. 15: Process Model
 Fuente: Matlab

18. Nótese que se puede obtener varias estructuras en la parte izquierda. Por ejemplo para el caso de estudio se va a utilizar un modelo con un solo polo sin retardos y ningún cero. Esto se hace realizando la siguiente selección:

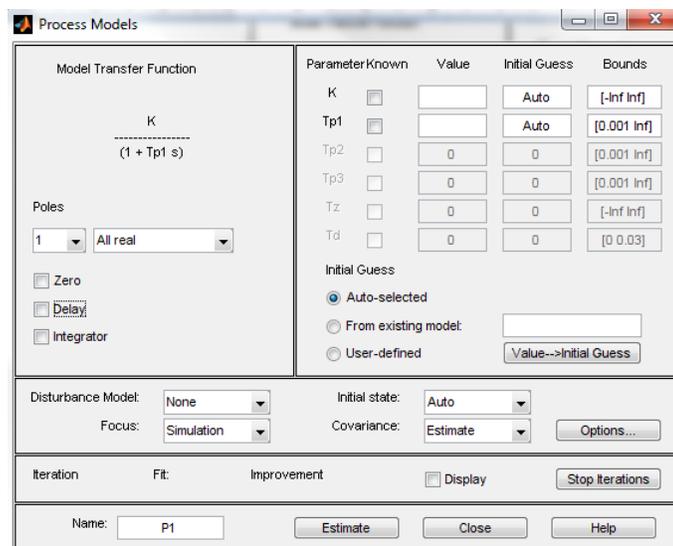


Fig. 16: Process Model
 Fuente: Matlab

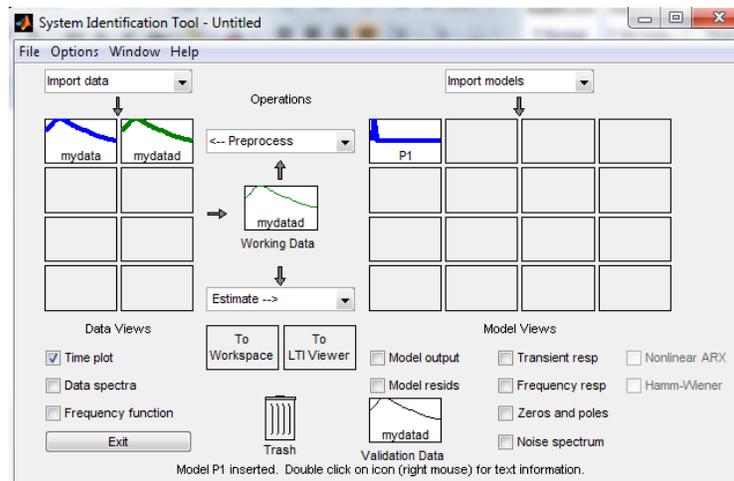
Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

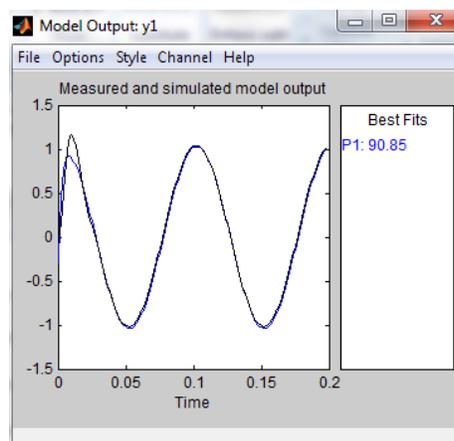
Esto es desactivando todos los campos (Zero, Delay, Integrator).

19. Ahora debe hacer click en **estímate**. En la ventana principal de **ident** aparece el modelo (P1) calculado, como se muestra a continuación:



*Fig. 17: ident después de estimate process model
Fuente: Matlab*

Para saber cómo fue la aproximación del modelo selecciona de la ventana principal **Model Output** y se obtiene la siguiente gráfica:



*Fig. 18: Grafica Outputs
Fuente: Matlab*

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Fíjese que el ajuste es del 90.85 % Si usted considera que no es suficiente debe realizar una nueva iteración dando click en continue en la ventana process model. Y verificar el nuevo modelo. Observe las siguientes graficas:

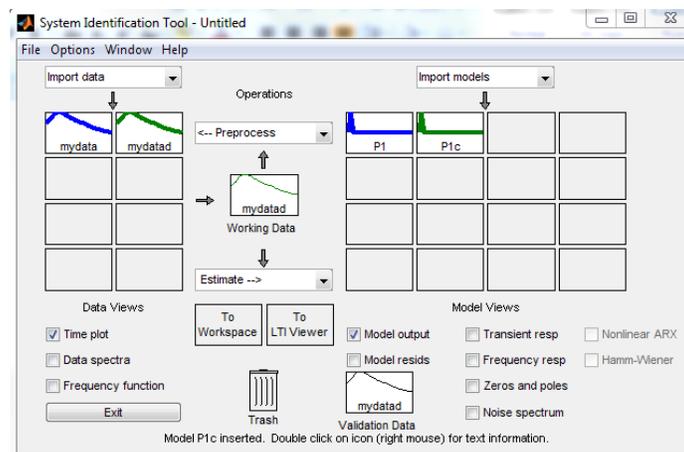


Fig. 19: ident
Fuente: Matlab

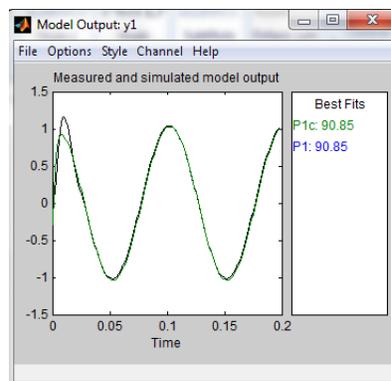


Fig.20: Grafica Outputs
Fuente: Matlab

Se puede notar que esta aproximación no mejoró. Para el ejemplo se va a suponer que esto es suficiente, no obstante es de interés probar con las distintas estructuras (modelo de segundo y tercer orden) escogiendo el número de polos. Ahora se requiere mirar cual fue le modelo calculado. Para esto sencillamente se arrastra de la ventana principal de ident el modelo marcado como P1 hacia el workspace. Nótese que en el espacio de trabajo (Workspace) aparece la variable P1. Como se muestra en la siguiente figura:

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

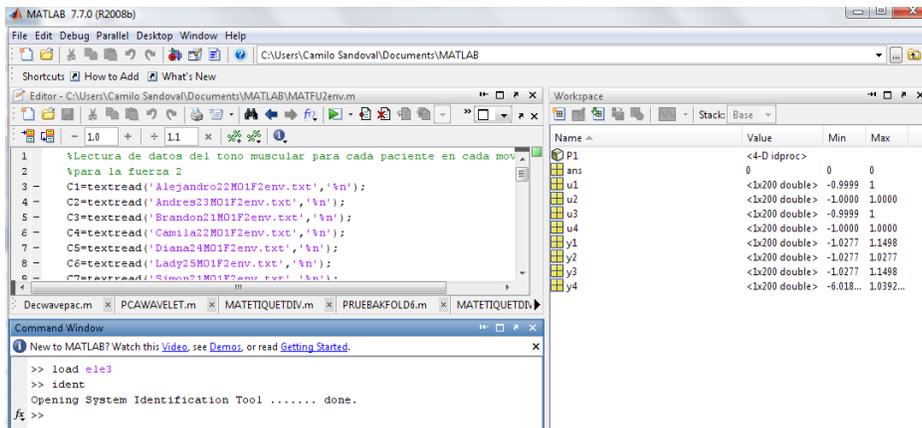


Fig.21: workspace matlab

Fuente: Matlab

Ahora teclear en la ventana de comandos de matlab la siguiente instrucción

$G=tf(P1)$

Al dar enter aparece lo siguiente en la ventana de comandos:

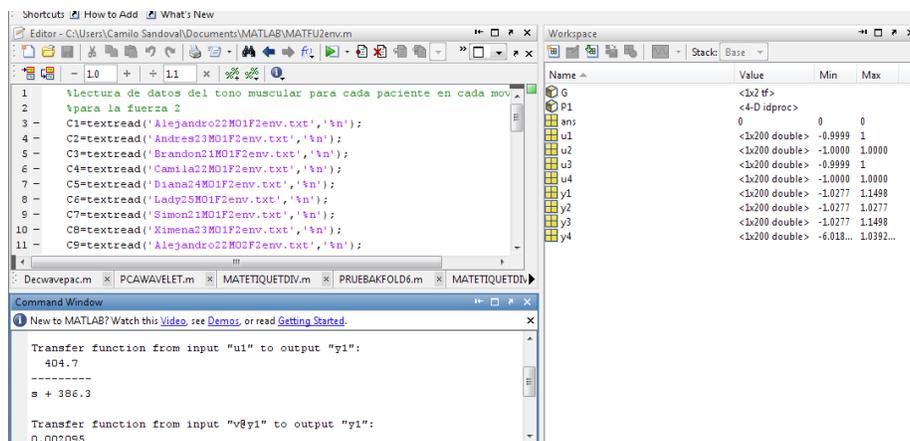


Fig.22: función de transferencia workspace matlab

Fuente: Matlab

De la cual se puede notar que el modelo calculado corresponde a:

$$G = \frac{404.7}{s + 386.3}$$

Con una aproximación de 90,85 %.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

7. PROCEDIMIENTO

- Identificación de componentes del banco.
- Adquisición de datos, usando la tarjeta de National instruments y el programa LabView
- Abrir Matlab y realizar el análisis de los datos, acorde a lo estipulado en la guía de laboratorio.
- Realizar un informe según lo acordado con el docente.

8. REALIZACION DE LA PRÁCTICA.

Una vez realizada la adquisición Banco de pruebas para el control de posicionamiento de un cilindro neumático, analizar los elementos usando APPS IDENT MATLAB.

9. CUESTIONARIO

- a) Escriba un procedimiento claro de la forma como cargaron los vectores de la información adquirida en la práctica.
- b) Encuentre los polos y ceros de la función de transferencia encontrada y realice su respectiva gráfica.
- c) Explique de forma clara el funcionamiento del banco de 'posición de un cilindro neumático'
- d) Qué importancia tiene cargar los vectores entrada de forma correcta, y que aproximación del modelo obtuvieron al utilizar la herramienta ident de Matlab.
- e) Realice la gráfica de la función de transferencia para entrada escalón y estrada impulso, con estas determine estabilidad, error de estado estable, overshoot y ts a 1%, 3%, 5%

10. CONCLUSIONES

Se deben redactar al menos tres conclusiones de lo aprendido en la práctica actual. Se debe tener en cuenta que las conclusiones se deben redactar de tal manera que no se utilicen las respuestas a las preguntas planteadas, al final de la práctica.

11. BIBLIOGRAFIA

Relacione bibliografía con normas APA.

Autores
 MSc Camilo Sandoval
 Gilberto Andrés Duarte A
 Jorge Mario Patarroyo Monroy
 Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALEZ E INGENIERIA
 INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

ASIGNATURA:	SISTEMAS DE CONTROL
UNIDAD TEMÁTICA:	MODELADO EXPERIMENTAL
PRACTICA 3:	SISOTOOLS.

COMPETENCIA	CRITERIOS DE EVALUACION
<p>Desarrollar por medio de software especializado (MATLAB) y el módulo de laboratorio 'Posicionamiento de un cilindro neumático' habilidades para la realización de modelado experimental con la herramienta Ident de Matlab.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los elementos usados en el módulo de Posicionamiento de un cilindro neumático. • Uso adecuado de la herramienta Ident de Matlab. • Dar conclusiones pertinentes acerca de las actividades realizadas durante la práctica. <p>Realización de un informe acorde a lo acordado con el docente al inicio del semestre</p>

ACTIVIDADES

1. REFERENCIAS

- Golnaraghi, M. F.; Kuo, Benjamin C.: *Automatic control systems. 9th. Hoboken, NJ: Wiley, 2010. - 786 p. p.*
- Ogata, Katsuhiko: *Modern control engineering. 5th. Boston: Prentice-Hall, 2010 (Prentice-Hall electrical engineering series Instrumentation and controls series). - x, 894 p. p.*
- Smith, Carlos A.; Corripio, Armando B.: *Principles and practice of automatic process control. 2nd. Wiley, 1997. - 784 p.*

2. PRECONCEPTOS

- Uso de herramienta sisotools de Matlab.
- Guía práctica 2 sistemas de control
- Lectura previa de la guía.

3. NORMAS DE SEGURIDAD

Aplique normas de seguridad descrito en el anexo del manual de seguridad para el laboratorio

4. CONTENIDO DE LA PRACTICA

- Uso del Software Matlab.
- Identificar usando Matlab diferentes conceptos vistos en clase.
- Usar el toolbox Sisotools, de Matlab.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

5. EQUIPOS Y MATERIALES A UTILIZAR

- Equipo de cómputo.
- Matlab

6. MARCO TEORICO

Uso de la Herramienta Sisotool de Matlab para el diseño de controladores automáticos, a partir de las especificaciones de desempeño.

La sisotool es una herramienta para diseño de controladores, basado en la asignación de singularidades (polos y/o ceros del sistema de control), con el fin de alcanzar características de desempeño deseables por el sistema.

Para entender el funcionamiento se realizara la explicación con un ejemplo particular.

Suponga que se tiene una planta para controlar con la siguiente función de transferencia:

$$G(s) = \frac{3 + s}{3 * s^2 + s + 2}$$

Y se quiere realizar el control para mejorar sus características de desempeño (sobre impulso- sobrepaso máximo, velocidad de respuesta-tiempo de asentamiento y seguimiento-error en estado estable). Para este sistema en particular se tiene la siguiente respuesta al escalón:

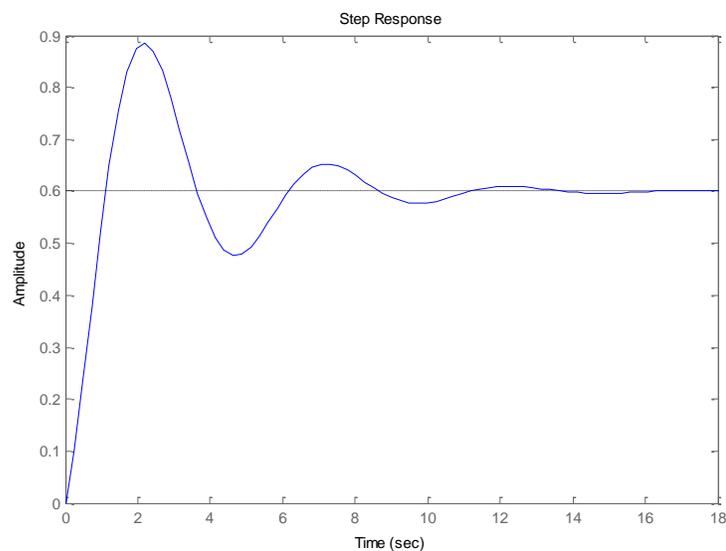


Fig. 1: Grafica de la respuesta al impulso.
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Nótese que el sistema requiere de ajustes para mejorar el sobre impulso que es casi del 40% y también el tiempo de asentamiento es muy largo, aproximadamente 16 segundos y el error en estado estable es casi del 40%.

Se hará primero la prueba para mejorar la rapidez de respuesta usando un controlador PD (Proporcional Derivativo), para lo cual se debe realizar la siguiente secuencia de pasos.

1. Debe ingresar la función de transferencia al espacio de trabajo (workspace) de Matlab. Para esto, usted debe digitar los siguientes comandos en la ventana de comandos (command window):

```
s=tf('s')  
G=(3+s)/(3*s*s+s+2)
```

Nota: la función *tf* de Matlab, convierte una variable común (numérica o tipo carácter) en una variable tipo función de transferencia. De este modo *G* es ahora una variable tipo función de transferencia.

2. Una vez ingresada la función de transferencia del sistema que se quiere controlar, se procede a abrir la herramienta sisotool de Matlab, tecleando la palabra sisotool en la ventana de comandos y oprimir enter.

Al hacer esto, se abrirá la interfaz de usuario de la sisotool como se muestra en la siguiente figura:

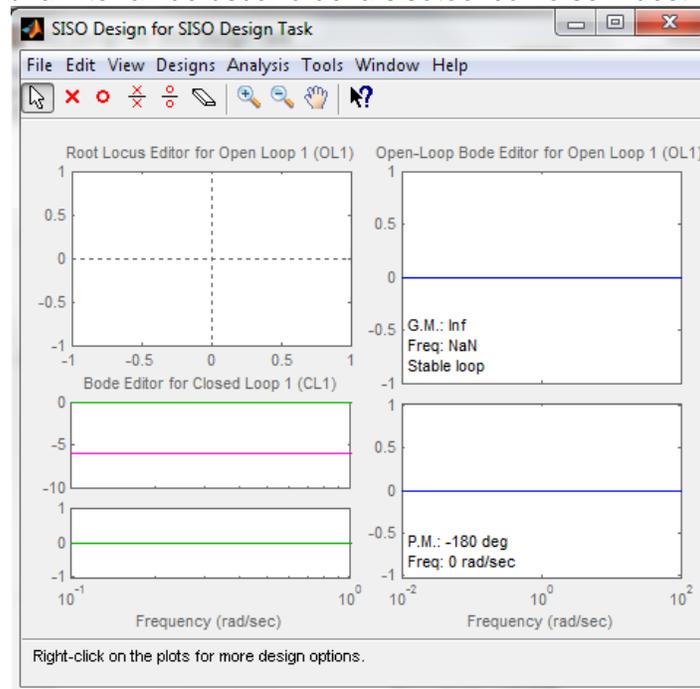


Fig.2: SISOTOOLS.
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Nótese que aparecen cuatro espacios para gráficos, para el caso de diseño por asignación, que es el que se está realizando, se trabajará solo el primero (Parte superior izquierda).

Adicionalmente, se puede observar al abrirse la interfaz el siguiente pantallazo:

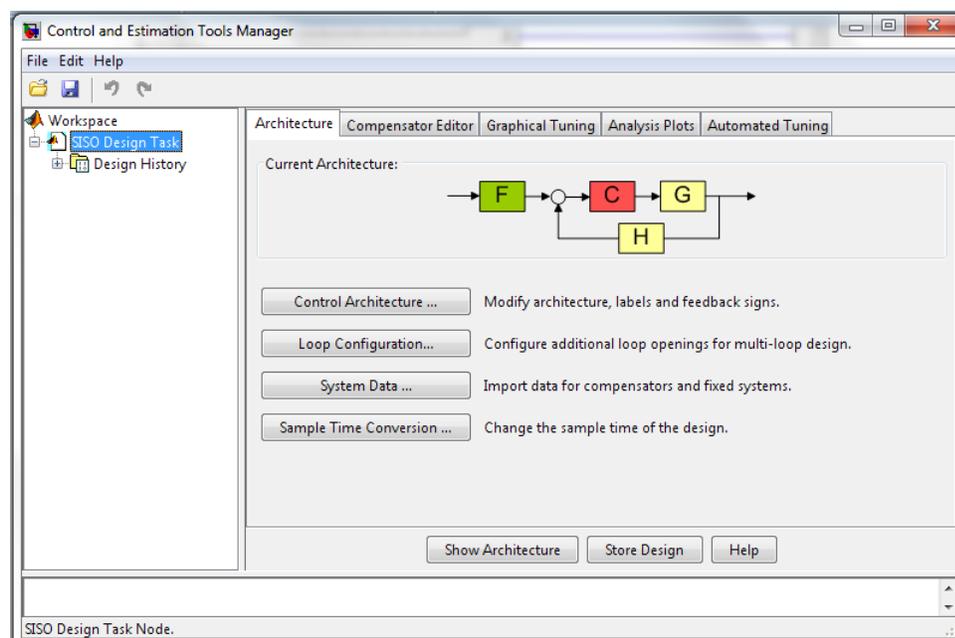


Fig.3: SISOTOOLS.

Fuente: Matlab

Aunque este se usará después para exportar al espacio de trabajo, es importante aclarar lo que simboliza cada bloque en esta herramienta.

- El bloque F, es el encargado de acondicionar la señal de entrada (set point),
- El bloque de realimentación H, se usa como filtro para eliminar el ruido proveniente de los sensores que se encargan de leer la señal de salida que irá a compararse con la señal de entrada.

Es importante tener en cuenta que los dos bloques mencionados anteriormente no se usaran para el propósito de esta guía, solo se trabajaran con los bloques C y G, que se describen a continuación.

- El bloque G, se entiende como el sistema a controlar, la planta que requiere control. Precisamente este bloque G es el que se debe importar desde el espacio de trabajo hacia la interfaz (sisotool) para realizar el análisis del sistema y así poder diseñar el controlador.
- El bloque C, corresponde al controlador que se quiere diseñar mediante los pasos descritos en este documento.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

3. Luego de abrir la sisotool, se debe importar la función de transferencia G de la planta a controlar. En la ventana inicial, de nombre: SISO Design for SISO Design Task, haga click en file/import, como se muestra en la siguiente figura.

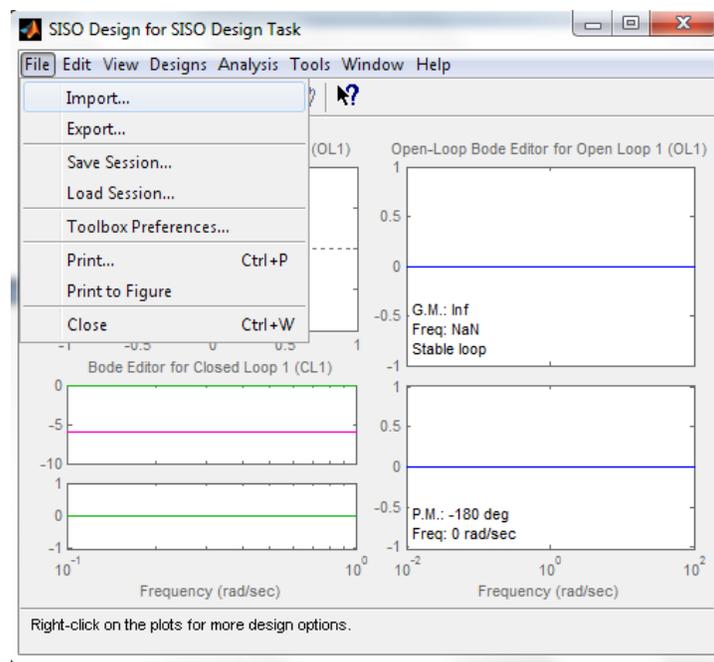


Fig.4: SISOTOOLS.

Fuente: Matlab

Al hacer esto debe aparecer la siguiente ventana:

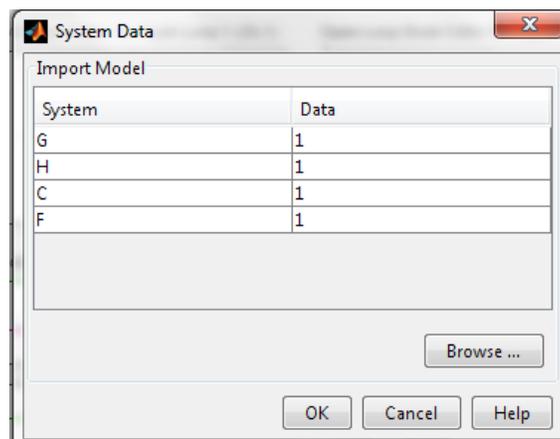


Fig.5: Sistem data

Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Note que en esta ventana aparecen cuatro opciones para importar, para el caso particular se debe importar solo la planta, pues el controlador se diseñará dentro de la plataforma, así mismo los bloques restantes F y H no se van a utilizar.

Luego al escoger G, usando el mouse, se debe ver lo siguiente:

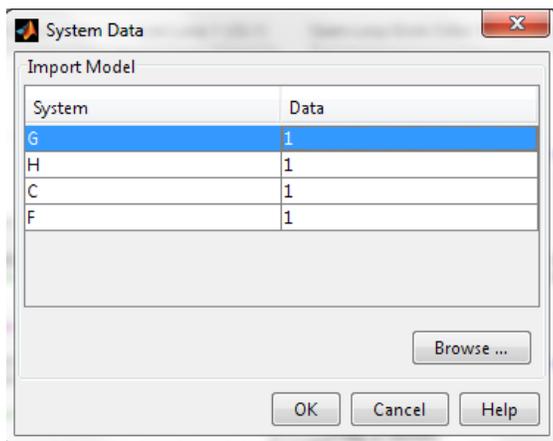


Fig.6: Sistem data
Fuente: Matlab

Para continuar se hace click en Browse, para buscar la ubicación de la función de transferencia que hará las veces de planta. Para este caso también se le dio el nombre de G (recuerde la sección 1). Entonces deberá aparecer la siguiente ventana.

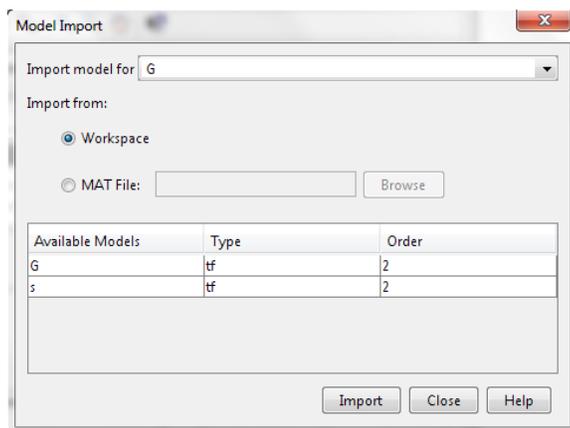


Fig.7: Model Import
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Note que aparecen dos opciones para escoger el modelo que se usará como planta. Estas dos opciones aparecen porque son las únicas dos variables que son de tipo función de transferencia (recuerde la sección 1).

Para el caso particular se deberá escoger G con el mouse así:

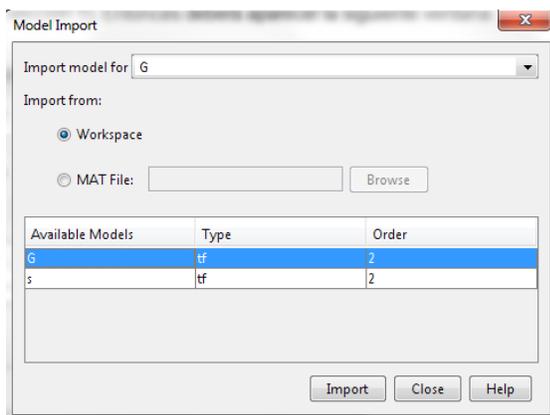


Fig.8: Model Import
Fuente: Matlab

Y se da click en el botón Import y luego close.

Note que se asignó la variable G a la planta, esto se puede verificar en la siguiente gráfica:

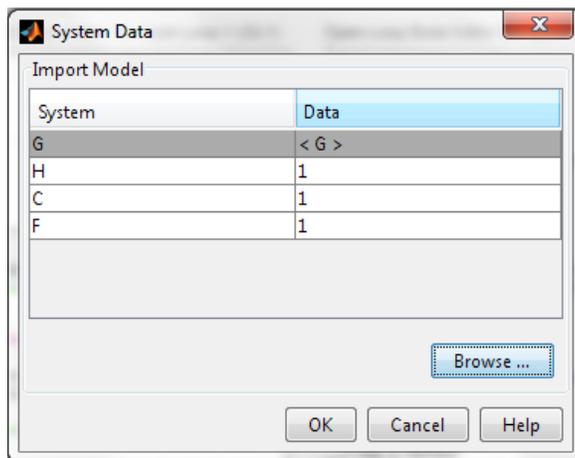


Fig.9: Sistem data
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Luego se da click en Ok. Al hacer esto, deberá aparecer la siguiente información en la ventana principal “SISO Design for SISO Design Task”.

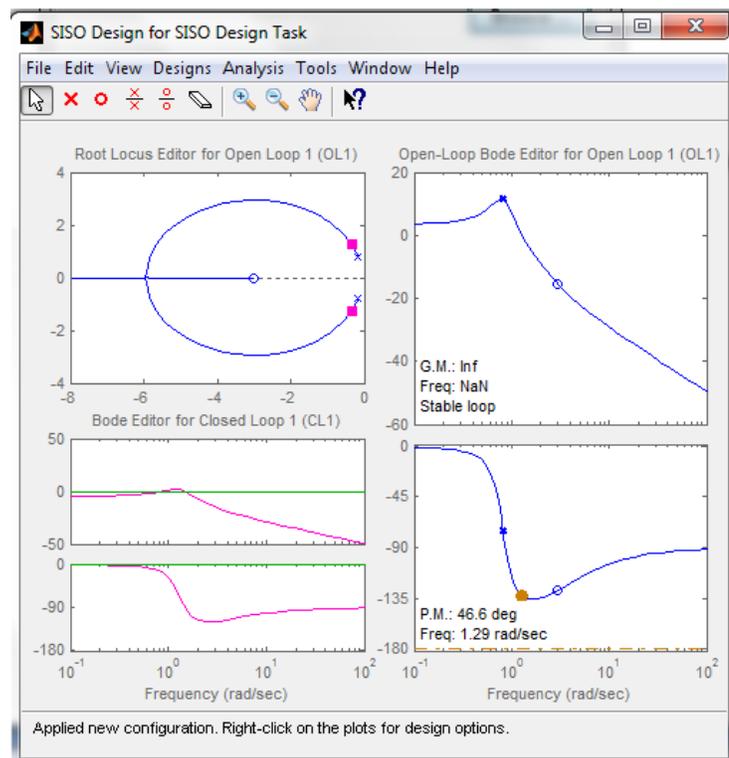


Fig.10: sisotools
Fuente: Matlab

Note que en la parte superior izquierda aparece el diagrama de polos y ceros del sistema. Recuerde que los polos se designan con una x y los ceros con una o . La trayectoria descrita es el lugar de ubicación de las singularidades del sistema (polos y ceros) si se aumentara el valor de una constante (amplificación) del sistema. Teniendo en cuenta lo anterior, esta grafica se conoce como el lugar geométrico de las raíces (polos y ceros) y sobre esta se trabajará para el diseño del controlador, que se describirá en secciones posteriores.

4. Una vez se haya importado la planta a controlar, se procede a incluir las características de desempeño deseadas (especificaciones) para el sistema. Para esto haga click derecho en el lugar geométrico de las raíces (fondo blanco) como se ve en el siguiente gráfico.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

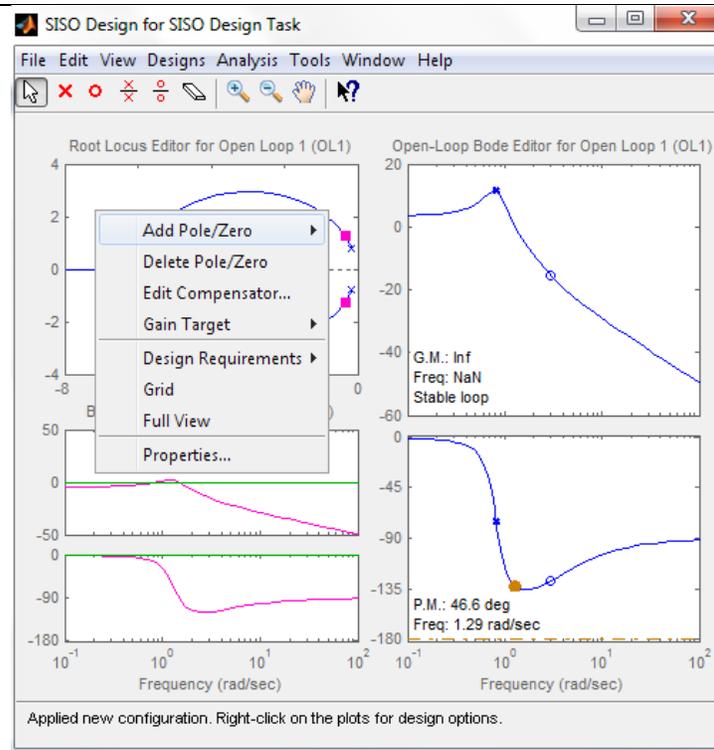


Fig.11: sisotools
Fuente: Matlab

De aquí se escoge la opción Design Requirements (Parámetros de diseño) , se escoge la opción New y aparece la siguiente ventana:

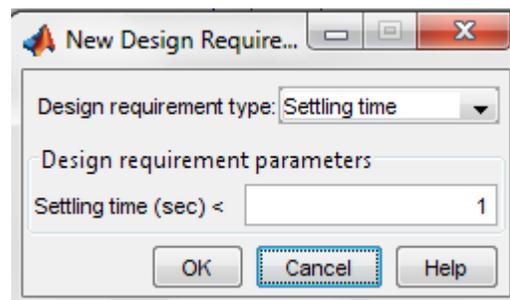


Fig.12: New desing requirement
Fuente: Matlab

De la opción: Design requirement type, se escoge percent overshoot y se ingresa el valor requerido, para este ejemplo se va a utilizar $< 4.3\%$.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Deberá aparecer entonces la siguiente pantalla en el SISO Design for SISO Design Task.

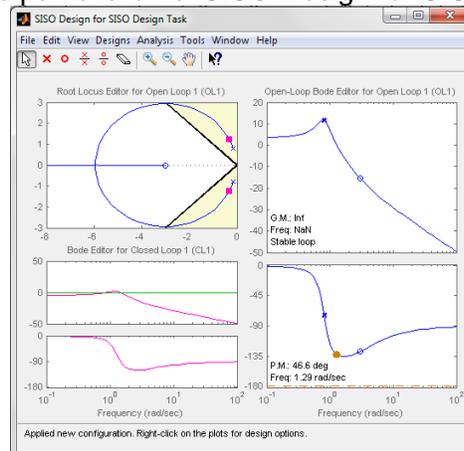


Fig.13: sisotools
Fuente: Matlab

Note que aparece en el diagrama de polos y ceros una franja amarilla limitada, esto indica que las singularidades (polos) de todo el sistema (planta + controlador) deben estar en dicha zona para que el sistema cumpla la especificación asignada (sobre impulso $< 4.3\%$). Es importante tener en cuenta que las singularidades del sistema total corresponden a los puntos rojos.

Nuevamente, se hace click derecho en el diagrama de polos y ceros y se incluye otra especificación, escogiendo esta vez el parámetro settin time-tiempo de asentamiento. Para este caso se escogerá un tiempo de 8 segundos, luego de esto, deberá aparecer en el diagrama de bloques una región delimitada por una línea vertical que corresponde a la característica de tiempo de asentamiento, el resultado se puede observar en la siguiente figura:

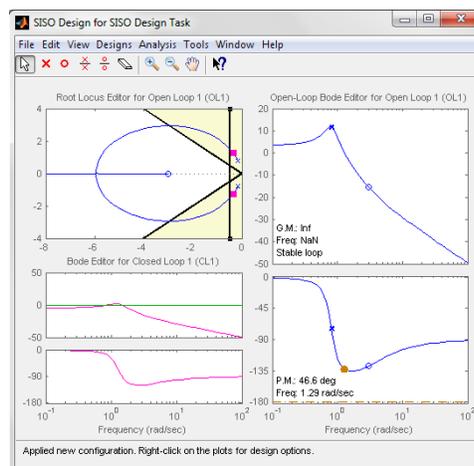


Fig.14: sisotools
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

En este punto ya se tiene todo lo necesario para proceder con el diseño del controlador, para este caso se iniciara con un PD (proporcional+ derivativo).

- Recuerde de la guía 1 que la función de transferencia para un PD es de la siguiente forma:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d s)$$

En este caso, dicha función de transferencia posee un solo cero. Para incluir el cero del controlador se debe hacer click derecho en el diagrama de polos y ceros y escoger Add/Pole Zero, y seleccionar del menú corto , Real Zero. Lo anterior se puede ilustrar en la siguiente figura:

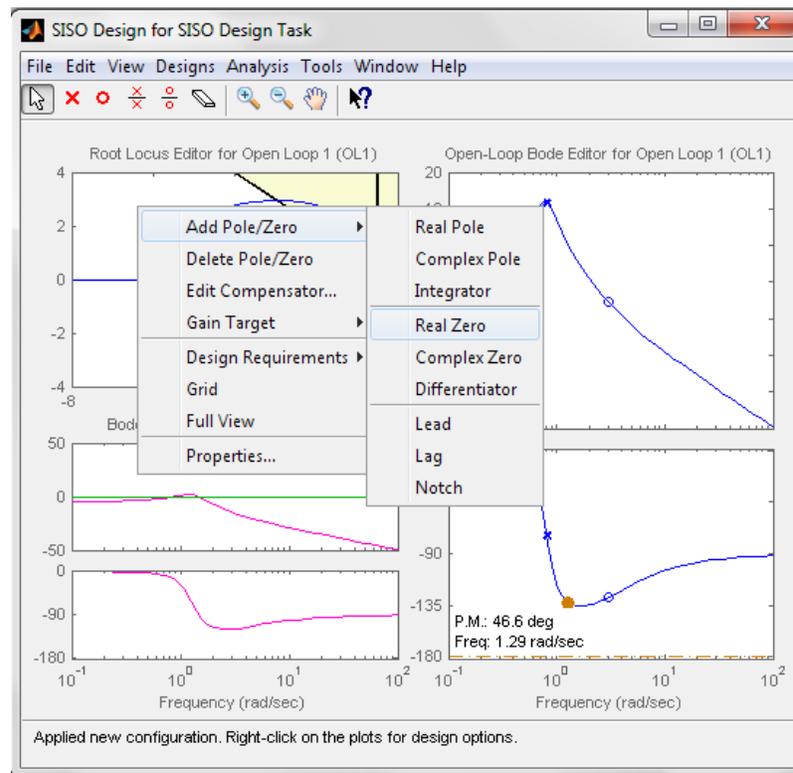


Fig. 15: sisotools
Fuente: Matlab

Esto indica que se va asignar la posición del cero en el eje real del plano. Para el caso a tratar, nótese que la posición del cero corresponde a $-K_p/T_d$, esto es, en el semiplano izquierdo del plano complejo. Luego de hacer esto, con el mouse se ubica de manera manual el cero haciendo click en el lugar de ubicación que se desea para el cero, luego de hacer esto deberá aparecer el siguiente pantallazo en el diagrama de polos y ceros.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

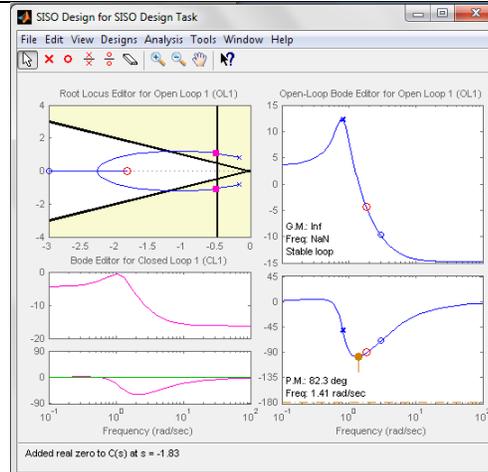


Fig. 16: sisotools

Fuente: Matlab

Note que ha aparecido un cero adicional (color rojo) en el plano, y también ha cambiado la apariencia, ahora la idea es verificar si con la inclusión de este cero se han alcanzado las especificaciones requeridas.

6. Para verificar la salida al incluir este controlador, usted debe dirigirse al SISO Design for SISO Design Task y en la pestaña Analysis, escoger Response to Step Command, que indica la respuesta al escalón, como se muestra en la figura.

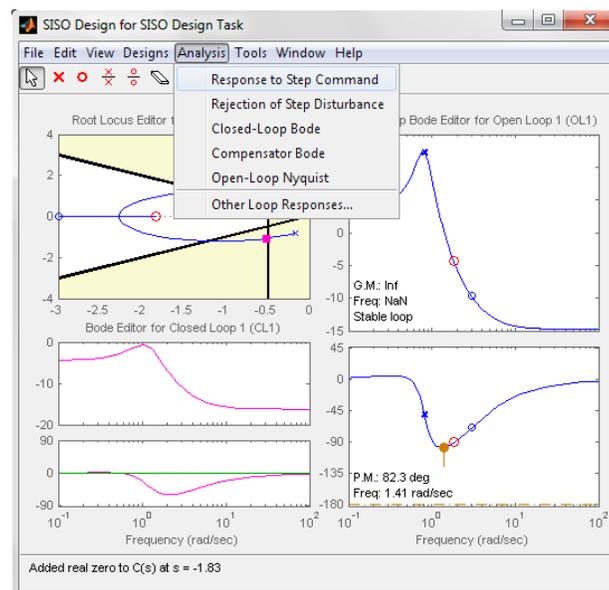


Fig. 17: sisotools

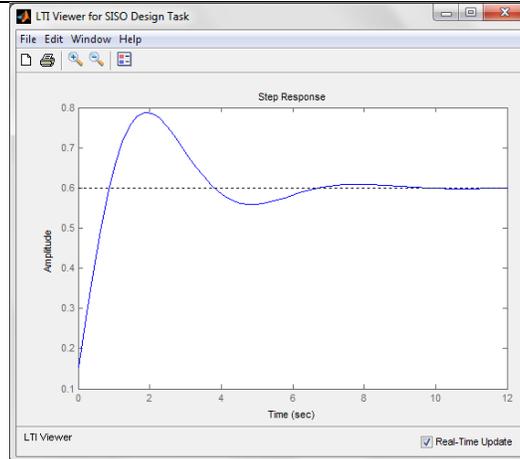
Fuente: Matlab

Una vez se haya realizado esta operación deberá aparecer la siguiente ventana:

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas

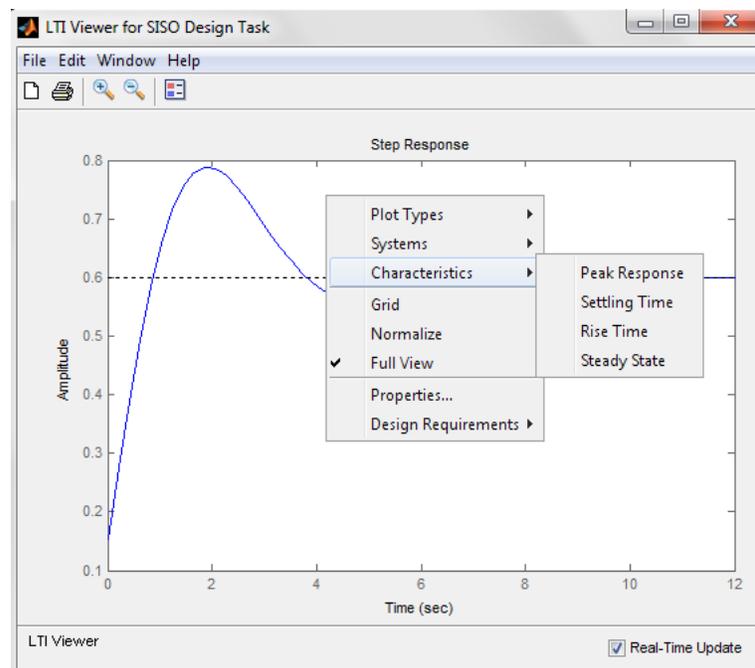


MANUAL PRACTICAS DE CONTROL



*Fig.18: Grafica en siso
Fuente: Matlab*

Note que esta corresponde a la respuesta al escalón del sistema incluyendo el controlador, en esta ventana (LTI Viewer for SISO Design Task), se pueden verificar las características de desempeño (Sobre impulso, tiempo de asentamiento y valor de la salida en estado estable). Para observarlas haga click derecho sobre esta pantalla, e ingrese las características, como se muestra en la siguiente figura:



*Fig. 19: siso
Fuente: Matlab*

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Debe ir escogiendo cada característica y con el mouse verificar el valor de dicha característica en el punto marcado para ella, como se muestra en las siguientes figuras.

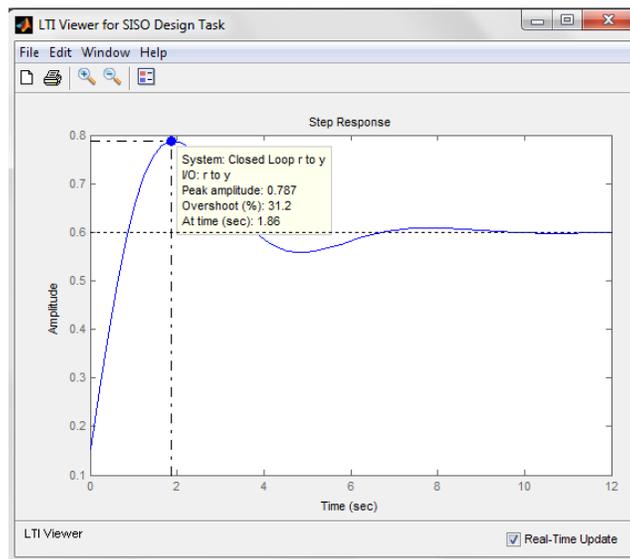


Fig.20: siso
Fuente: Matlab

Note que el sobre impulso es aún del 31.2%.

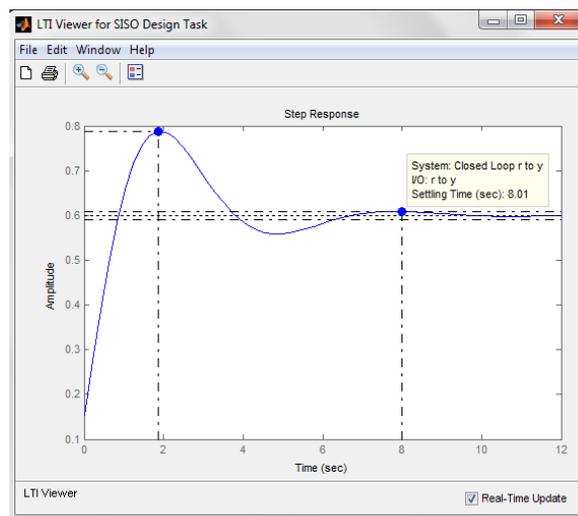


Fig.21: siso
Fuente: Matlab

Nótese que el tiempo de asentamiento es de 8.01 [s].

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

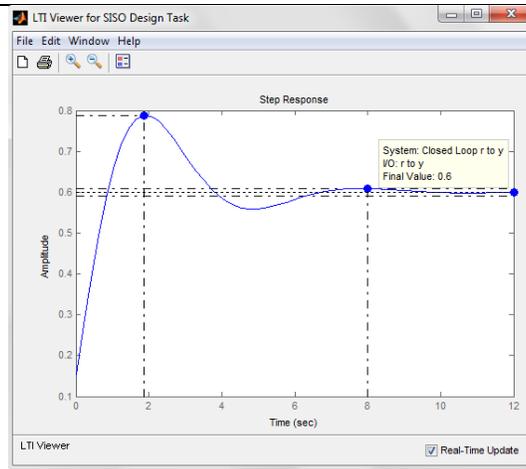


Fig.22: siso
Fuente: Matlab

Note que el valor final es 0.6 lo cual indica un error en estado estable del 40 % ya que la salida debería ser 1 (teniendo en cuenta que se espera un escalón unitario).

Como se pudo observar de las figuras anteriores, no fue suficiente, con la ubicación escogida, lograr características de desempeño favorables, no obstante el tiempo de asentamiento se redujo a la mitad. Ahora se deberá ajustar las singularidades del sistema, moviendo con el mouse los puntos rojos del diagrama de polos y ceros, esto significa que no se moverá el cero, pero se ajustará la ganancia.

7. Para modificar la ganancia del controlador, sencillamente modifique la posición de los puntos rojos (singularidades del sistema). Este hecho se puede ver en la siguiente figura.

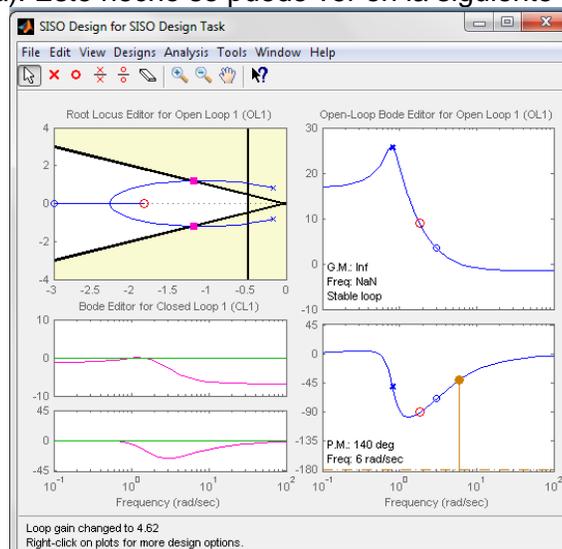


Fig.23: siso design
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Note que se ajustó la ganancia para hacer cumplir el criterio de sobre impulso, sin dejar de cumplir el de tiempo de asentamiento. Esto se puede verificar en la respuesta, así como se hizo anteriormente.

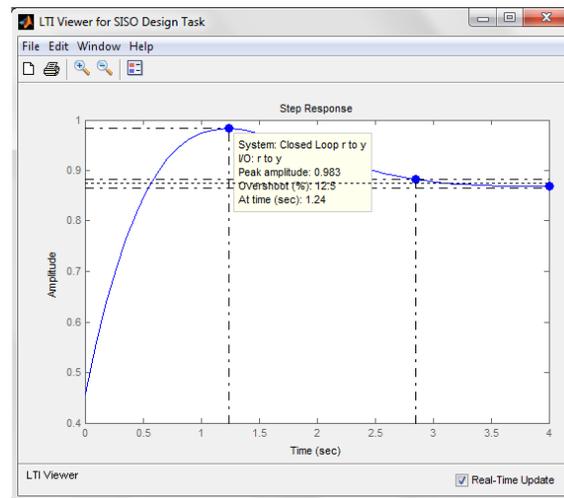


Fig.24: siso
Fuente: Matlab

Note que el sobre impulso es ahora de 12.5 %

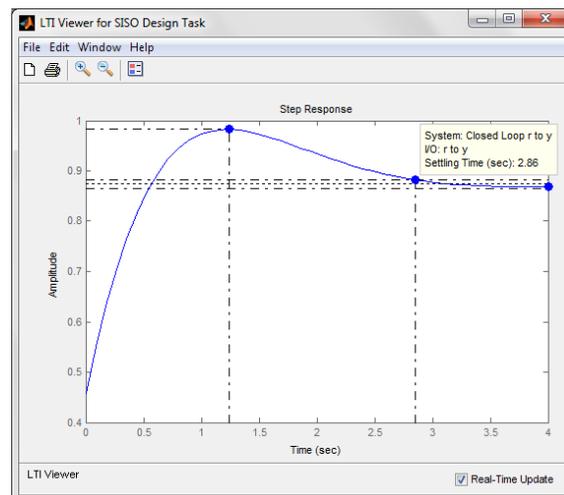


Fig.25: siso
Fuente: Matlab

Nótese que el tiempo de asentamiento se redujo a 2,86 [s]

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

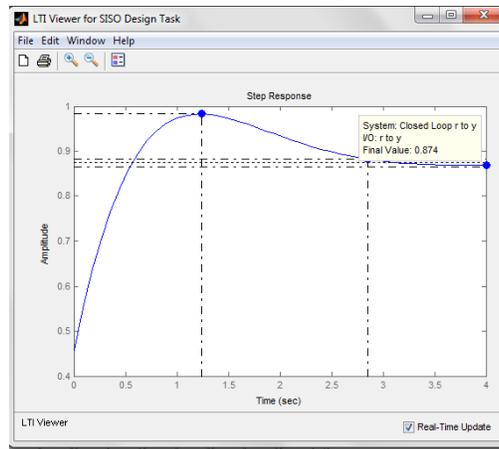


Fig.26: siso
Fuente: Matlab

Note que el valor final es 0.874, lo que corresponde con un error en estado estable de 12.6% aproximadamente.

Si se supone que estas son las especificaciones adecuadas, hasta aquí debería suspenderse el proceso, si no lo es se debe seguir ajustando hasta que los parámetros de desempeño sean los apropiados.

Para el caso, se va a suponer que ya cumple con los requerimientos. Ahora deberá exportarse la función de transferencia del controlador al espacio de trabajo para esto haga click en file/export

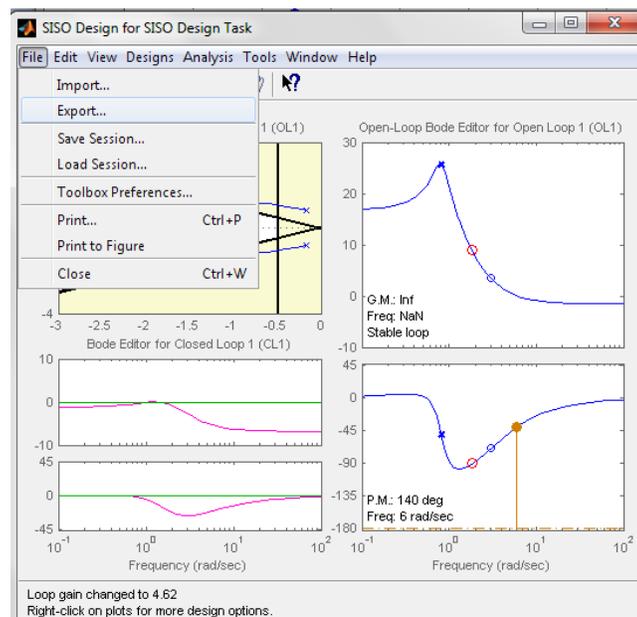


Fig.27: siso
Fuente: Matlab

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Luego de esto aparecerá la siguiente pantalla.

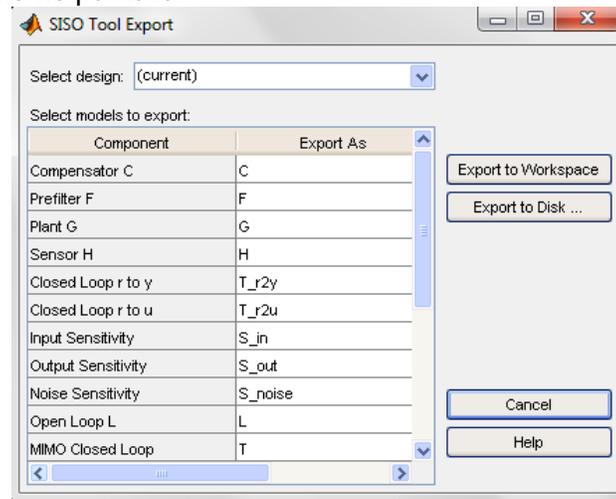


Fig.28: siso
Fuente: Matlab

De aquí deberá escoger: Compensator C y luego Export to Workspace. Note que en el espacio de trabajo ya aparece la C del compensador.

Ahora se debe verificar cual es la función de transferencia que corresponde al controlador.

Para esto digite en la ventana de comando de Matlab lo siguiente:

```
c1=tf (C)
```

Deberá aparecer la siguiente indicación:

Transfer function from input "Input" to output "Output":

```
2.522 s + 4.618
```

Entonces se ha diseñado un controlador tipo PD , que al aplicarse al sistema, reduce el tiempo de asentamiento a 2.86 [s] , el sobrepaso máximo a 12.5% y un error en estado estable 12.6%. . Aquí es importante calcular los parámetros que se deben modificar en un control PD , como son: Kp y Td. Recuerde entonces que:

$U(s)/E(s) = K_p(1+T_d*s)$, por lo tanto

$K_p+K_p*T_d*s=4.618+2.522*s$, de aquí se deduce que $K_p=4.618$ y $T_d=2.522/K_p$; de este modo $T_d=0,546$ [s] , o 546 [ms].

Nota: Como Práctica, usted deberá ajustar, para la misma planta G, el compensador PD , un compensador PI y un compensador PID ,para conseguir las siguientes características de desempeño:

$M_p < 10\%$, Sobrepaso Máximo
 $t_s < 5$ [s], Tiempo de asentamiento.
 $e < 6\%$, Error en estado estable.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

Ojo: Debe tener en cuenta que lo que finalmente se desea conocer son los valores de K_p , K_d y K_i ; que satisfacen las especificaciones antes mencionadas.

7. PROCEDIMIENTO

- Abrir Matlab y realizar el análisis de los datos, acorde a lo estipulado en la guía de laboratorio.
- Usando los datos recolectados en la guía anterior.
- Realizar un informe según lo acordado con el docente.

8. CUESTIONARIO

1) Si el diagrama de polos y ceros no se encuentra en la franja amarilla limitada o en los parámetros de diseño; ¿esto que nos indica? Y ¿cómo se afectan los tiempos de asentamiento?

2) Al modificar los valores de K_p , K_d , y K_i de qué forma me modifican las características del sistema (estabilidad, error de estado estable, tiempo de asentamientos)

3) Como me afecta el comportamiento en un sistema de control PD

4) Compare la función de transferencia del laboratorio anterior con la del ejemplo de la guía.

a) Qué tipo de controlador obtuvo en este laboratorio; y diga una característica.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL

b) Cuál es la función que tiene menor tiempo de asentamiento y su valor.

c) Cuál es la función más estable.

d) \bar{C} Compare las dos gráficas y su respectivo tiempo de asentamiento y explicar

9. CONCLUSIONES

Se deben redactar al menos tres conclusiones de lo aprendido en la práctica actual. Se debe tener en cuenta que las conclusiones se deben redactar de tal manera que no se utilicen las respuestas a las preguntas planteadas, al final de la práctica.

Autores
MSc Camilo Sandoval
Gilberto Andrés Duarte A
Jorge Mario Patarroyo Monroy
Oscar Arnulfo Acosta Cárdenas



MANUAL PRACTICAS DE CONTROL