Modelo Matemático y Representación de Sistemas

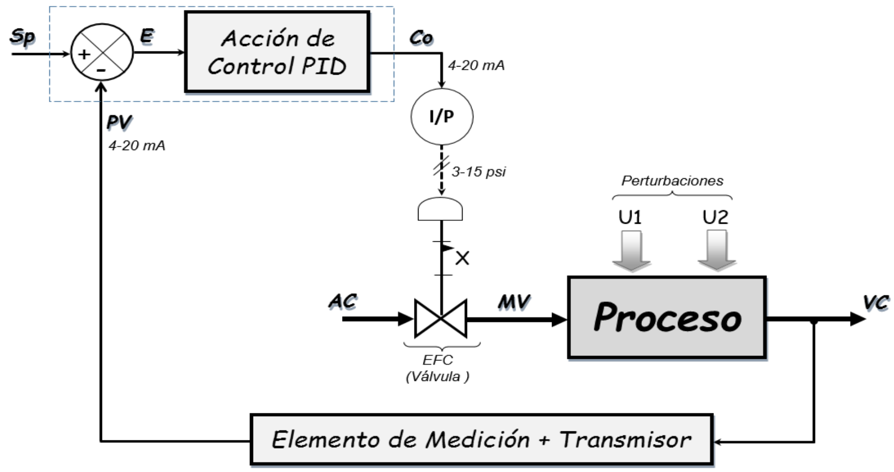
"Un modelo matemático de un sistema dinámico se define como un conjunto de ecuaciones que representan la dinámica del sistema con precisión o, al menos, bastante bien. Tenga presente que un modelo matemático no es único para un sistema determinado. Un sistema puede representarse en muchas formas diferentes, por lo que puede tener muchos modelos matemáticos, dependiendo de cada perspectiva." [1]

"Un sistema se llama dinámico si su salida en el presente depende de una entrada en el pasado; si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso, el sistema se conoce como estático. La salida de un sistema estático permanece constante si la entrada no cambia y cambia solo cuando la entrada cambia. En un sistema dinámico cambia con el tiempo cuando no está en su estado de equilibrio." [2]

Conceptos generales

1. ***Dinámica:*** Comportamiento de un proceso dependiente del tiempo. En la teoría del control se estudia básicamente la dinámica de dos tipos de sistema:
    a. Sistema de lazo abierto: Respuesta del sistema sin controladores.
    b. Sistema de lazo cerrado: Comportamiento del sistema incluido un control por retroalimentación.
2. ***Variables:*** A continuación se definen los diferentes tipos de variables implicados en la dinámica y control de sistemas:
    a. Variables manipulables: Elementos del proceso que se pueden modificar para controlarla planta. Normalmente se trata de caudales.
    b. Variables controladas: son parámetros de proceso tales como caudales, niveles, temperaturas, presiones, entre otros; que se quieren controlar, ya sea para mantenerlos constantes o para seguir una cierta evolución con el tiempo.
    c. Variables no controladas: Variables del proceso que no son controladas aunque pueden ser medidas.
    d. Perturbaciones: Entradas al proceso que no pueden ser controladas pero que deben tener un valor fijo en el proceso.
3. ***Consigna (Set point):*** Es el valor deseado de la variable a controlar. Puede ser constante o variar con el tiempo.
4. ***Señal realimentada:*** Es una muestra de la señal de salida, la cual es comparada con la señal de entrada para generar cambios en la variable manipulada.

5. ***Señal de error:*** Es la diferencia entre la señal realimentada y la señal de referencia, este error indica al controlador la acción que debe realizar (incrementar, decrementar o mantener constante la variable manipulada).
6. ***Estabilidad:*** Un proceso es inestable si su salida se va haciendo mayor (positiva o negativamente) con el tiempo. La mayoría de los sistemas de lazo abierto son estables. Todos los sistemas de lazo cerrado son inestables si la ganancia del controlador se hace lo suficientemente grande. Normalmente el rendimiento del controlador aumenta con la ganancia, pero disminuye su tolerancia a los cambios de parámetros del proceso.
7. ***Control analógico:*** En este caso los datos son medidos de manera continua en el tiempo.
8. ***Control digital:*** Se da cuando los datos son medidos de manera discreta ya sea debido a la utilización de computadores digitales o debido a métodos de medida muy lentos en comparación con la dinámica del proceso. P.ej., análisis mediante cromatografía.
9. ***Leyes del Control de Procesos:***
   - ***a.*** Primera ley: El sistema de control más simple es el que mejor funcionará.
   - ***b.*** Segunda ley: Se debe entender el proceso antes de intentar controlarlo.
10. ***Elementos físicos de un sistema de control:***
    - ***a.*** Instrumentos de medida o sensores: Son los elementos de control encargados de medir las perturbaciones, las variables controladas, etc. Son las principales fuentes de información de cómo va el proceso. Un elemento crucial para la selección de un sensor es su capacidad de transmitir información fácilmente. P.ej., es preferible un termopar a un termómetro de mercurio.
    - ***b.*** Transductores: Elementos del sistema de control que convierten magnitudes físicas que no pueden ser utilizadas para el control en otras que sí lo pueden ser (una corriente eléctrica o una señal neumática, p.ej.). P.ej., convertir una señal de presión en una señal eléctrica.
    - ***c.*** Líneas de transmisión: Llevan la señal desde el sensor al controlador y del controlador al elemento final de control. La transmisión acostumbra a ser eléctrica o neumática. Frecuentemente se debe amplificar la señal del sensor antes de transmitirla.
    - ***d.*** Controlador: Recibe las señales de los sensores y decide la acción que se debe tomar.
    - ***e.*** Elemento final de control: Es el dispositivo físico que lleva a cabo la decisión del controlador. Típicamente es una válvula aunque también puede ser una bomba de velocidad variable, una compuerta, ...
    - ***f.*** Registradores: Proveen de un soporte visual y registro histórico del funcionamiento del sistema.



Fuente: el Autor.

Figura 2. Lazo cerrado de control de procesos.

La respuesta en el tiempo de un sistema lineal se divide en dos partes:

$$y(t) = y_h(t) + y_p(t) \qquad (ec.1)$$

Donde $y_h(t)$ es la respuesta transitoria la cual va desde el estado inicial hasta el estado final, por lo que depende del sistema y de las condiciones iníciales del mismo, esta función tiende a cero cuando el tiempo se hace muy grande por lo que nos da una idea de la rapidez con la que se comporta el sistema.

$$\lim_{t\to\infty} y_h(t) = 0 \qquad (ec.2)$$

Donde $y_p(t)$ es la respuesta de régimen permanente la cual representa la forma en que la salida se comporta cuando el tiempo se hace muy grande y permanece después que la respuesta transitoria ha desaparecido e indica en donde termina la salida del sistema. Esta respuesta depende de la entrada aplicada.

$$\lim_{t\to\infty} \mathrm{y}(t) = y_p(t) \qquad (ec.3)$$

Parámetros de caracterización de la respuesta temporal.

1. *Tiempo de subida (tr):* Tiempo que tarda en evolucionar desde el 5% hasta el 95% del valor en régimen permanente.
2. *Tiempo de establecimiento (ts):*Es el tiempo que se tarda en alcanzar y mantenerse en una banda de ±5% del valor final
3. *Sobreoscilación (Mp ó SO%):* Exceso porcentual del primer pico de la repuesta temporal respecto a su valor en régimen permanente.
4. *Ganancia Estática (K):* Es el valor de régimen permanente de la respuesta a una entrada en escalón unitario. Es el cociente entre la salida y la entrada en régimen permanente.

1.1 Sistemas de Primer Orden.

Un sistema de primer orden puede ser representado, en forma general, utilizando una ecuación diferencial (*ec.4*) en la cual k es la ganancia del sistema y $\boldsymbol{\tau}$ la constante de tiempo del sistema. Dichos parámetros caracterizan la respuesta del sistema, tanto temporal como permanente, tal como quedará demostrado a continuación en la función de transferencia (*ec.5*).

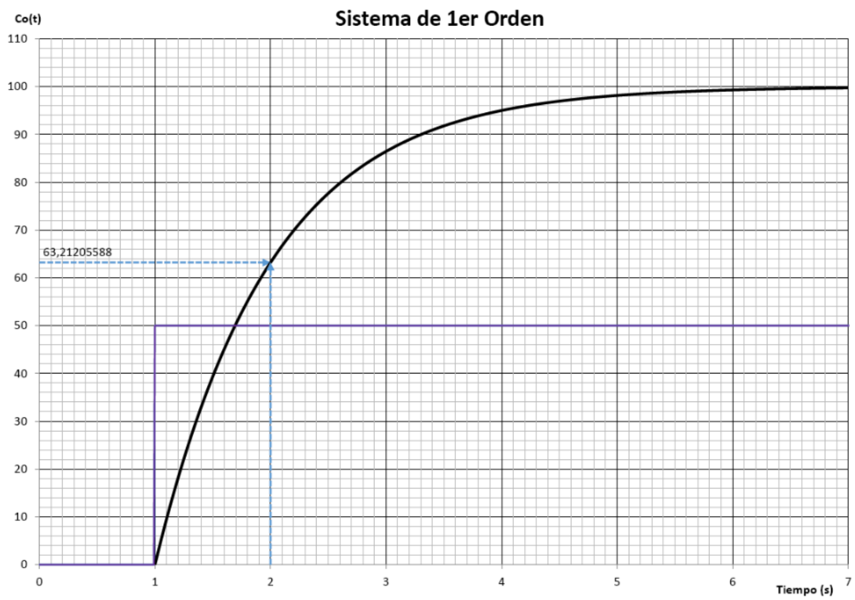
$$\tau \frac{d\mathrm{y}_{(t)}}{dt} + \mathrm{y}_{(t)} = k \cdot X_{(t)} \qquad (ec.4)$$

$$\tau \cdot SY_{(s)} + Y_{(s)} = k \cdot X_{(S)} \Rightarrow (\tau \cdot S + 1) \cdot Y_{(s)} = k \cdot X_{(S)}$$

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{k}{(\tau \cdot S + 1)} \qquad (ec.5)$$

Parámetros característicos de la funcion de tensferencia:

- ✓ *Ganancia Estática (k):* Es el valor de régimen permanente de la respuesta a una entrada en escalón unitario.
- ✓ *Constante de Tiempo (τ):* La constante de tiempo del sistema es una medida para que el sistema se ajuste al cambio en la entrada (tiempo en el que se alcanza el valor del 63,212% del valor en régimen permanente).
- ✓ *Tiempo de subida (tr = 3τ):* tiempo que tarda en ir del 0% al 90% del valor final de salida.
- ✓ *Tiempo de establecimiento (ts = 4τ):* Es el tiempo que se tarda en alcanzar y mantenerse en una banda de ±2% del valor final.
- ✓ *Sobreoscilación (%):*Nula



Fuente: El Autor.

Figura 3. Sistema de Primer Orden.

1.2 El Tiempo Muerto

El tiempo muerto es un concepto interesante y que muchos textos eluden, cuando se experimenta con plantas de proceso reales aparece inevitablemente el fenómeno de tiempo muerto, lo cual se tiene que medir y tomarse en cuenta, para tener un modelo aproximado de la planta. Es usual hallar el siguiente modelo, llamado POMTM, Primer Orden Más Tiempo Muerto, que en el plano S se modela así:

$$\boldsymbol{\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{k}{(\tau \cdot S + 1)} \cdot e^{-t_m \cdot S}} \qquad (\boldsymbol{ec. 6})$$

Dónde: *k* es la ganancia del sistema en régimen estacionario, τ la constante de tiempo del sistema y t_m el tiempo muerto.

1.3 Sistemas de Segundo Orden

Los sistemas de segundo orden presentan dos variables que caracterizan su respuesta, por lo que su función de transferencia presentará un denominador de segundo grado, estas puede ser escrita en forma general tal como se muestra en la Ecuación. 7. en la cual ω_n se conocecomo la frecuencia natural del sistema y δcomo el coeficiente o factor de amortiguación.

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{{\omega_n}^2}{S^2 + 2\delta\omega_n S + {\omega_n}^2} \qquad (ec. 7)$$

La ecuación característica de la función de transferencia es: $S^2 + 2\delta\omega_n S + {\omega_n}^2 = 0$; buscamos las raíces de la misma.

$$S_{1,2} = \frac{-2\delta\omega_n \pm \sqrt{(2\delta\omega_n)^2 - 4{\omega_n}^2}}{2} \Rightarrow S_{1,2} = \frac{-2\delta\omega_n \pm 2\omega_n\sqrt{\delta^2 - 1}}{2} \Rightarrow S_{1,2} = -\delta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\delta^2 - 1}$$

$$S_{1,2} = -\delta\omega_n \pm j \cdot \omega_n\sqrt{1 - \delta^2} \qquad (ec. 8)$$

El comportamiento dinámico de un sistema de segundo orden se describe en términos de δ y ω_n, los cuales estarán en función de los parámetros físicos del sistema. Así mismo, la respuesta permanente dependerá del valor de la ganancia tal como en el caso de los sistemas de primer orden. Según el valor del coeficiente de amortiguamiento los sistemas de segundo orden se clasifican como sigue.

- ✓ *Caso 1: Sistemas Oscilatorio para δ = 0*

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{{\omega_n}^2}{S^2 + {\omega_n}^2} \qquad (ec. 9)$$

✓ Caso 2: Sistemas Críticamente Amortiguados para δ = 1

En este caso se tienen raíces reales e iguales, donde se puede apreciar que esta respuesta no será oscilatoria sino de tipo exponencial y que se parecerá a la respuesta del sistema de primer orden.

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{{\omega_n}^2}{(S+\omega_n)^2} \qquad (ec.10)$$

$$y_{(t)} = 1-(1+\omega_n t)e^{-\omega_n t} \qquad (ec.11)$$

✓ Caso 3: Sistemas Sobreamortiguados para δ> 1

Obtenemos una respuesta de raíces reales diferentes, y esta incluye dos términos de caída exponencial, pero cuando δ> 1, uno de los dos términos se hace despreciable frente al otro $|a|>|b|$.

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{{\omega_n}^2}{(S+a)(S+b)} \qquad (ec.12)$$

$$y_{(t)} = 1+\frac{\omega_n}{2\sqrt{\delta^2-1}}\left(\frac{e^{-at}}{a}-\frac{e^{-bt}}{b}\right) (ec.13)$$

Donde$a$ y b son las soluciones de la ecuación característica, o denominador de la función de transferencia.

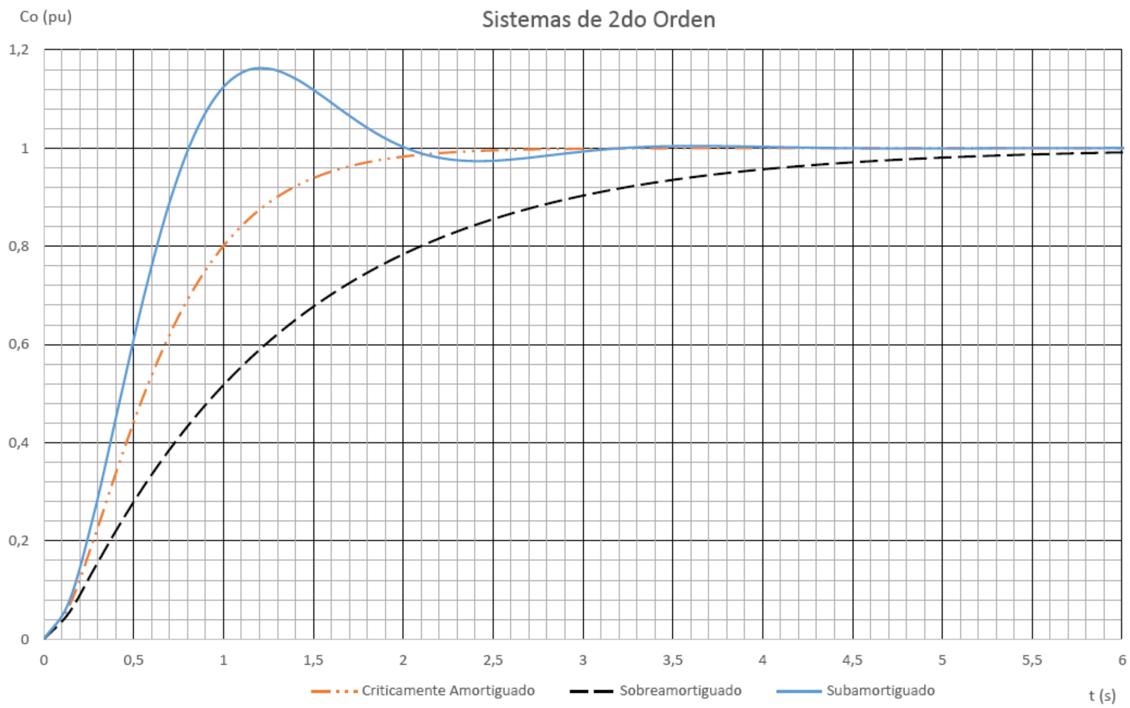
$$a = S_1 = \omega_n\left(\delta+\sqrt{\delta^2-1}\right) \qquad b = S_2 = \omega_n\left(\delta-\sqrt{\delta^2-1}\right)$$

✓ Caso 3: Sistemas Subamortiguados para 0 <δ< 1

Tenemos raíces complejas conjugadas, donde la respuesta transitoria tiene una frecuencia de oscilación igual a ω_d que se conoce como la frecuencianatural amortiguada del sistema y viene dada por la expresión que se muestra en la Ec.15 $\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\delta^2}$

$$\frac{Y_{(s)}}{X_{(S)}} = \frac{{\omega_n}^2}{S^2+2\delta\omega_n S+{\omega_n}^2} \Rightarrow G_{(S)} = \frac{{\omega_n}^2}{(S+\delta\omega_n+j\omega_d)\cdot(S+\delta\omega_n-j\omega_d)} \qquad (ec.15)$$

$$y_{(t)} = 1-\frac{e^{-\delta\omega_n t}}{\sqrt{1-\delta^2}}\cdot\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\delta^2}\,t+\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\delta^2}}{\delta}\right) \qquad (ec.16)$$



Fuente: El Autor.

Figura 4. Sistema de Segundo Orden.

Características de la Respuesta de un Sistema Subamortiguado

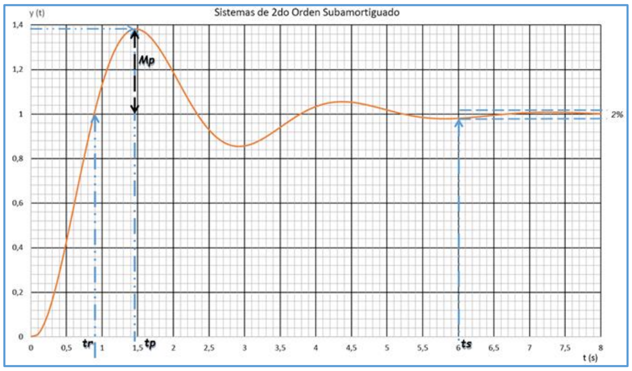
Para poder realizar un análisis de la respuesta de un sistema subamortiguado debe caracterizarse la misma en función de su ganancia, su factor de amortiguamiento y su frecuencia natural. En la Fig. 5 se muestra la respuesta al escalón unitario, dicha respuesta será caracterizada en función de ciertos valores que se mencionan a continuación:

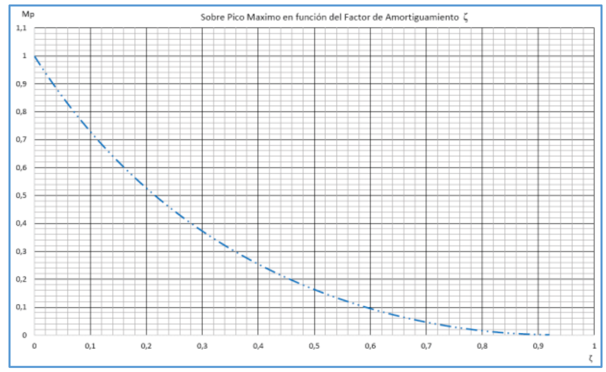
- ✓ *Tiempo de levantamiento (tr):* tiempo en que la respuesta crece de un 5% a un 98% de su valor final. Es el tiempo que por primera vez alcanza el valor final
- ✓ *Máximo pico (Mp):* valor de máximo pico medido desde el valor final, es el exceso porcentual del primer pico de la repuesta temporal respecto a su valor en régimen permanente.
- ✓ *Tiempo de pico (tp):* tiempo en alcanzar el máximo pico.
- ✓ *Tiempo de establecimiento (ts):* tiempo necesario para que la respuesta sólo oscile entre un 2 o 5% del valor final.

$$Mp = e^{-\delta\pi/\sqrt{1-\delta^2}} (ec.17) \qquad ts = 4/\delta\omega_n \quad (ec.18)$$

$$tp = \frac{\pi}{\omega_n \cdot \sqrt{1-\delta^2}} (ec. 19) \qquad tr = \frac{\pi - \beta}{\omega_n \cdot \sqrt{1-\delta^2}} (ec. 20)$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\delta^2}}{\delta} \qquad (ec. 21)$$





a). Sistema Subamortiguado b). Máximo pico en función de δ

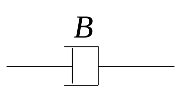
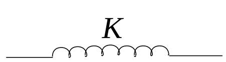
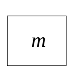
Fuente: El Autor.

Figura 5. Características de la Respuesta de un Sistema Subamortiguado.

Ejemplo de un Modelo

Sistemas Mecánicos Traslacionales:

Este tipo de sistemas se rigen por las leyes de Newton y están compuestos básicamente por:

- Amortiguadores 
- Resortes 
- Masas 

Amortiguadores:

- Un extremo Fijo.

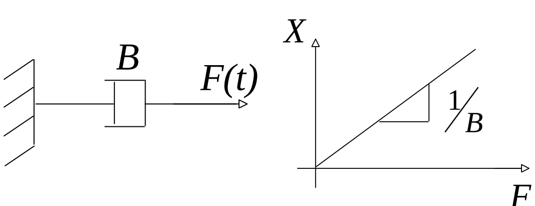


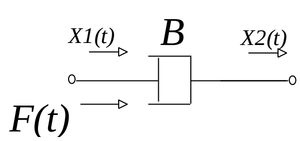
Fig1. Amortiguador con un extremo Fijo

Son sistemas lineales regidos por:

$$F = B * V_{(t)} \Rightarrow v_{(t)} = \dot{X}_{(t)} = \frac{dX_{(t)}}{dt}$$

$$F = B * \dot{X}_{(t)}$$

- Dos extremo Libres.

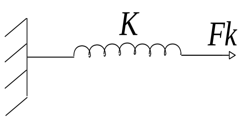


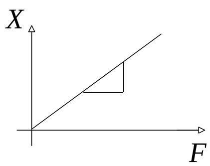
$$F = B * \left(\dot{X}_{1(t)} - \dot{X}_{2(t)} \right)$$

Fig2. Amortiguador con los extremo libres.

Resortes:

- Un extremo Fijo.



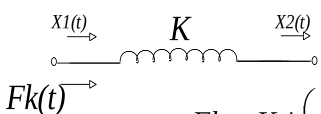


$$\frac{\Delta X}{\Delta F} = m = \frac{1}{K} \qquad Fk = K * X_{(t)}$$

Fig3. Resorte con un extremo Fijo

Donde K es la constante de elasticidad del resorte.

- Dos extremo Libres.



$$Fk = K * \left(X_{1(t)} - X_{2(t)} \right)$$

Fig4. Resorte con los extremo libres.

El Sistema de la Masa:

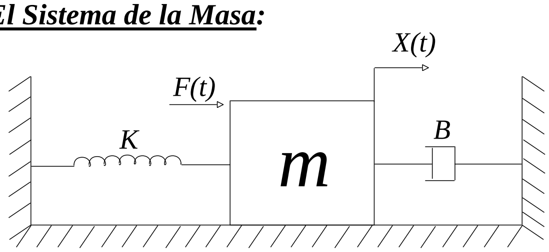


Fig5. El Sistema de la Masa.

Se realiza un diagrama de cuerpo libre del sistema:

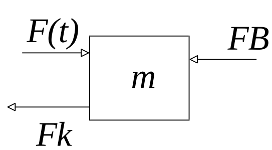


Fig6. Diagrama de Cuerpo Libre del Sistema.

$$\sum Fx = ma$$

$$\sum Fx = ma \Rightarrow a_{(t)} = \ddot{X}_{(t)} = \frac{d^2 X_{(t)}}{dt^2}$$

$$F_{(t)} - F_B - F_K = m\ddot{X}_{(t)}$$

$$F_{(t)} = m\ddot{X}_{(t)} + F_B + F_K$$

$$F_{(t)} = m\ddot{X}_{(t)} + B\dot{X}_{(t)} + K X_{(t)}$$

Al aplicar Transformada de Laplace:

$$F_{(S)} = m S^2 X_{(S)} + BS\, X_{(S)} + K\, X_{(S)}$$

$$F_{(S)} = \left(mS^2 + BS + K\right) X_{(S)}$$

La función de transferencia $G_{(S)}$ se define como la Salida entre la Entrada

$$G_{(S)} = \frac{X_{(S)}}{F_{(S)}} = \frac{1}{\left(mS^2 + BS + K\right)}$$

Cuyo diagrama de bloques se representa en la figura siguiente.

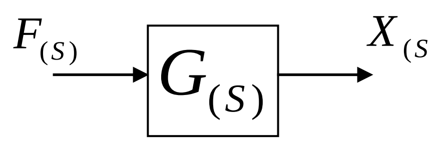
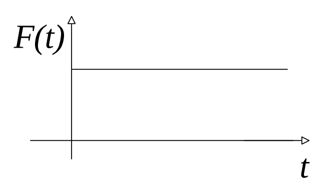


Fig6. Diagrama de Bloque del Sistema.

Si analizamos la Ecuación característica de la función de transferencia $G_{(S)}$



La linealizamos:

$$mS^2 + BS + K$$

$$S^2 + \frac{B}{m}S + \frac{K}{m} = S^2 + 2\delta\omega_n S + \omega_n{}^2$$

Donde: $$S_{1,2} = \frac{-2\delta\omega_n \pm \sqrt{\left(4\delta^2\omega_n{}^2 - 4\omega_n{}^2\right)}}{2}$$

$$S_{1,2} = \frac{-\cancel{2}\delta\omega_n \pm \cancel{2}\omega_n\sqrt{\left(\delta^2 - 1\right)}}{\cancel{2}}$$

$$S_{1,2} = -\delta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\left(\delta^2 - 1\right)}$$

Además: $2\delta\omega_n = \frac{B}{m}$; $\omega_n{}^2 = \frac{K}{m}$; $\delta = \frac{B}{2K}$

Caso 1:

Si $0 < \delta < 1$ el Sistema es Subamortiguado.
las cortantes de amortiguamiento y elasticidad cumplen con la siguiente relación. $B < 2K$

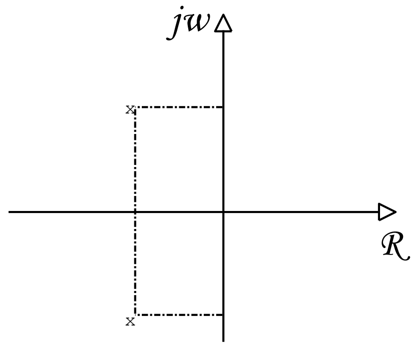


Fig7. Polos de un Sistema Subamortiguado.

Caso 2:

Si $\delta = 0$ el Sistema es Oscilatorio.
y las cortantes de amortiguamiento es nula. $B = 0$

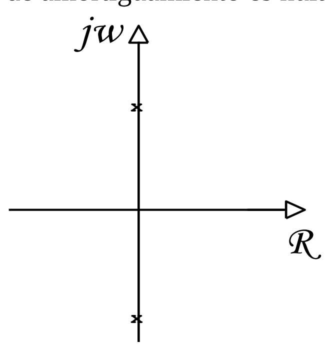


Fig8. Polos de un Sistema Oscilatorio.

Caso 3:

Si $\delta = 1$ el Sistema es Críticamente Amortiguado.
y las cortantes de amortiguamiento y elasticidad cumplen con la siguiente relación. $B = 2K$

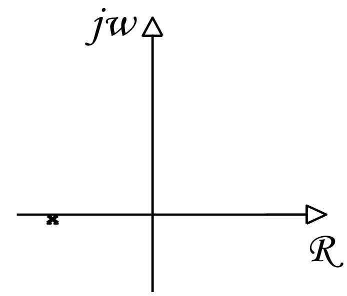


Fig9. Polos de un Sistema Críticamente Amortiguado.

Caso 4:

Si $\delta > 1$ el Sistema es Sobre Amortiguado.
y las cortantes de amortiguamiento y elasticidad cumplen con la siguiente relación. $B > 2K$

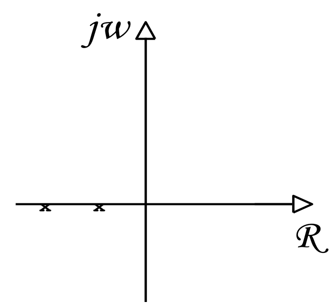


Fig10. Polos de un Sistema Sobre Amortiguado.

Según el análisis Realizado se tomaron Valores de la Masa, el Amortiguador y el Resorte de tal forma de que se observara la curva de respuesta para cada caso.

	Caso 1	**Caso 2**	**Caso 3**	**Caso 4**
m	*1 Kg.*	*1 Kg.*	*1 Kg.*	*1 Kg.*
B	*0,5*	*0*	*2*	*5*
K	*1*	*1*	*1*	*1*

Tabla Nº 1 Valores del sistema para cada Caso.

Se utilizo el paquete computacional Matlab (Simulink) como herramienta para realizar un modelo grafico que representara el modelo matemático del sistema dinámico de la figura 5.

Matlab es un paquete de software orientado hacia el cálculo numérico. Integra cálculo numérico, computación de matrices y gráficos. Este software contiene librerías, denominadas Toolboxes, especializadas en diferentes áreas científicas.
De entre ellas podemos destacar:

- Simulink Toolbox
- Control System Toolbox
- System Identification Toolbox
- Robust Conntrol Toolbox
- Signal Processing Toolbox
- Filter Design Toolbox
- Symbolic Math Toolbox

En nuestra área de conocimiento utilizaremos Simulink Toolbox debido a que es una herramienta de aplicación en el estudio, simulación y diseño de los Sistemas dinámicos y de control.

El programa se inicia escribiendo simulink en la pantalla de comandos de Matlab o también pulsando con el ratón en el icono coloreado de Simulink que aparece en la ventana de comandos de Matlab. Con ello se abre una ventana titulada Simulink Library Browser que contiene la librería Simulink y otras que son, digamos, complementarias.

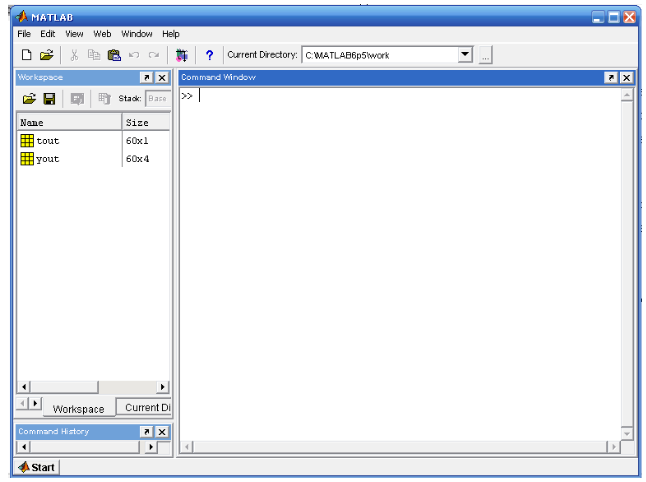


Fig11. Pantalla de comandos de Matlab.

Los elementos de la lista de Simulink son los esenciales para construir diagramas de bloques. El resto son librerías adicionales especializadas en áreas específicas de control y formas avanzadas de simulación, etc.

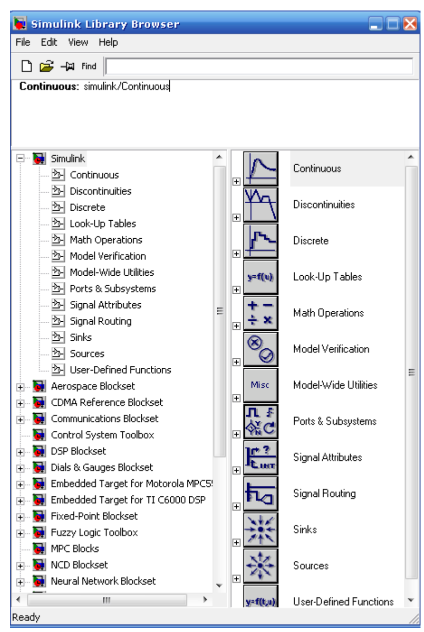


Fig12. Pantalla de Simulink Library Browser

Se realizo el análisis del Sistema de la figura 5, para esto se consideró que la entrada de fuerza $F_{(t)}$ al sistema era del tipo escalón unitario.

Para poder implementar dicho Diagrama de Bloques se procedió de la siguiente forma:

Para insertar un bloque de función transferencia, ya sabemos que se encuentra en Continuos, lo tomamos y lo arrastramos hasta la ventana de trabajo de SIMULINK. Si hacemos doble click sobre el bloque se despliega una ventana de propiedades del bloque (ver fig. 14), donde tenemos que ingresar el numerador y el denominador de la misma forma que lo hacemos desde el entorno de trabajo de MATLAB, es decir entre corchetes y separado por espacios. Si en lugar de seleccionar el bloque de función transferencia elegimos el bloque de polos y ceros, los parámetros a definir serán los polos, los ceros y la ganancia.

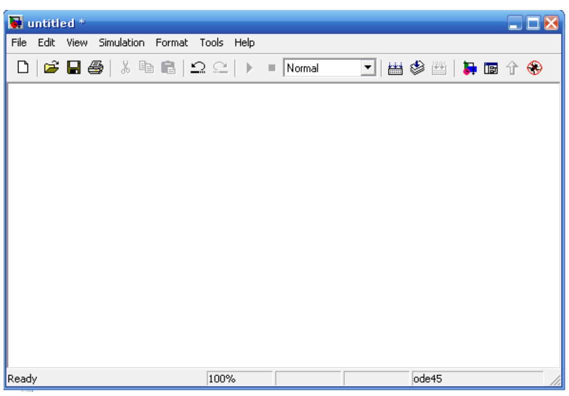


Fig13. Pantalla de Trabajo del Simulink

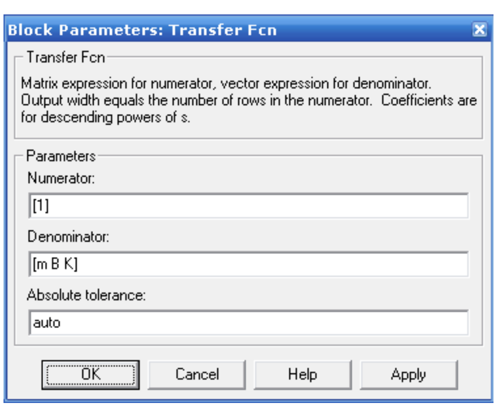


Fig14. Pantalla de Propiedades del Bloque

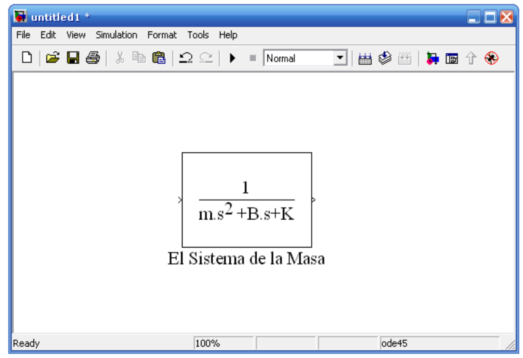


Fig15. Función de Transferencia bajo Simulink

Siguiendo con el sistema de la Figura 5, nos interesa saber ahora cómo responde a una entrada escalón unitario. Para ello cambiemos buscaremos el bloque de entrada escalón, que lo encontramos en la librería Sources bajo el nombre "STEP". A dicho bloque podemos modificarle algunos parámetros como el tiempo en que se realizara el escalón, el valor inicial y final de escalón y en caso de que lo necesitemos discreto, el tiempo de muestreo. Para nuestro ejemplo, elegimos como valor inicial 0, valor final 1 y tiempo de realización del escalón 0 seg. Para poder visualizar la salida, debemos conectar a la salida un osciloscopio. Este bloque lo encontramos en Links bajo el nombre "SCOPE". Luego de agregados estos bloques, el sistema resultante es el que observamos en la Figura 16.

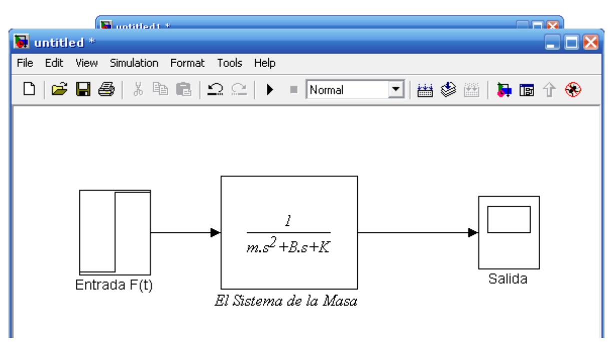


Fig16. Diagrama de Bloque en Simulink.

Para iniciar la simulación hacemos clic sobre el icono "Run" o desplegamos el menú simulación y hacemos clic sobre "STAR" (Ctrl.+T). Si hacemos doble click sobre el bloque "SCOPE", veremos la salida del sistema. Luego desde la ventana de comandos de Matlab podemos visualizar los valores o graficarlos dado que SIMULINK guarda también en una variable el vector temporal que utiliza en la simulación, dicha variable se llama tout.

Además, si repetimos el diagrama de bloques mostrado en la figura 16, para los cuatro casos planteados (tipos de respuesta). Cada Subsistema adopto los valores de la tabla Nº 1, por lo tanto obtendremos cuatros diferentes curvas de respuesta donde tendremos la oportunidad de observarlas y compararlas sobre un mismo eje de coordenadas, como se representa en la figura 18.

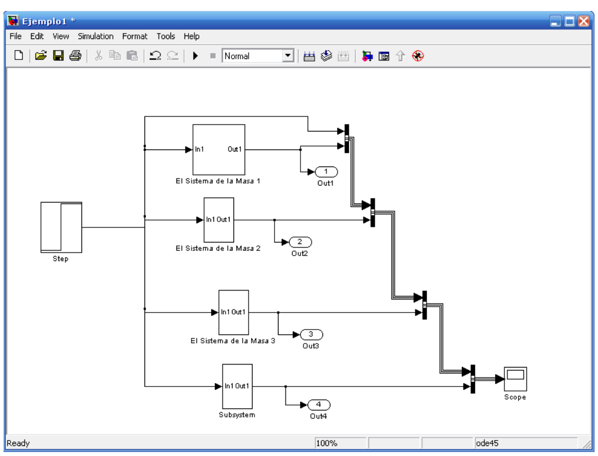


Fig17. Diagrama de Bloque en Simulink.
De los cuatros casos planteados

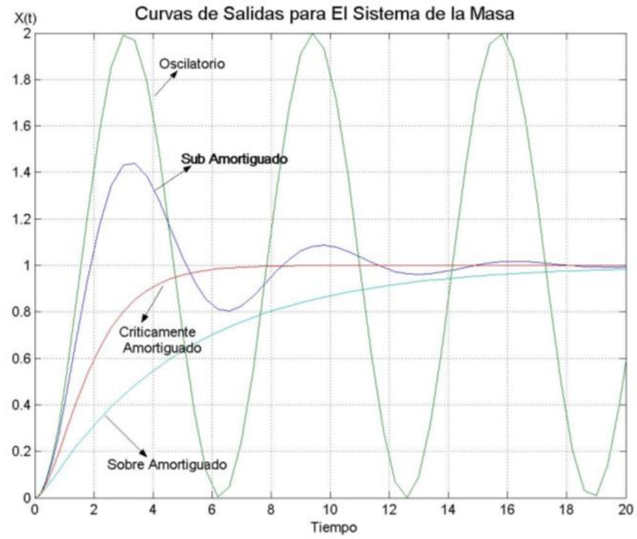


Fig18. Grafica de los cuatros casos planteados para el Sistema de la Masa.

Cada subsistema visto anteriormente puede ser enmascarado, es decir, se pede representar una función de transferencia formada por una serie de bloques con un solo bloque donde dicho bloque engloba un sistema determinado. Para realizar esta función dentro del Simulink es necesario seleccionar el bloque o los bloques de la función de transferencia ha enmascarar, luego hacemos clic derecho sobre la parte seleccionada (ver fig.19). Si hacemos clic sobre Create subsystem, se realizara el una mascara del sistema donde solo observaremos las entrada y salida de dicho bloque.

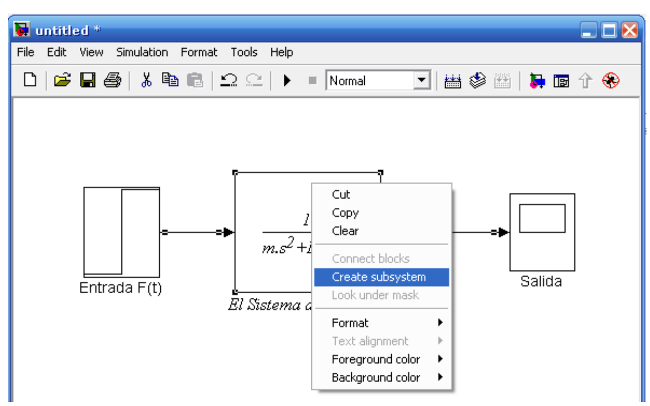


Fig19. Creación de Subsistemas en Simulink.

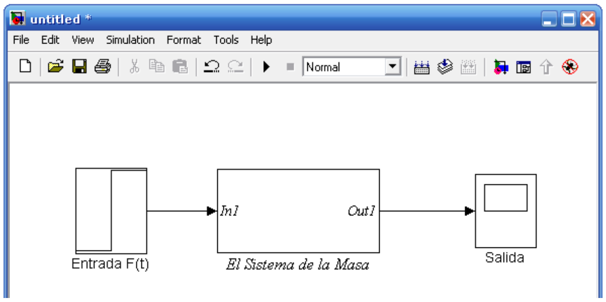


Fig20. Sistema Enmascarado.

Si hacemos clic derecho sobre el sistema ya enmascarado se desplegara un menú (ver fig. 21), luego hacemos clic sobre "Edit mask" y el programa responderá con la pantalla de la figura 22.

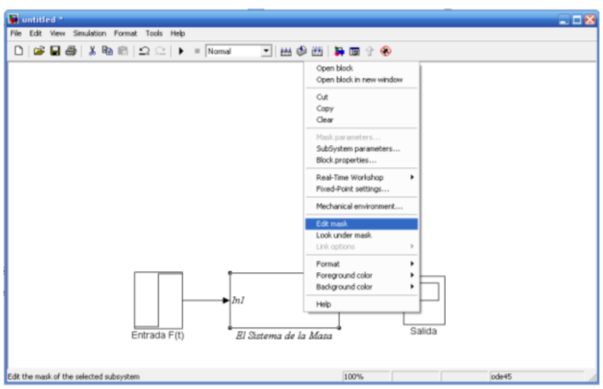


Fig21. Edición de la Mascara de un Subsistema en Simulink.

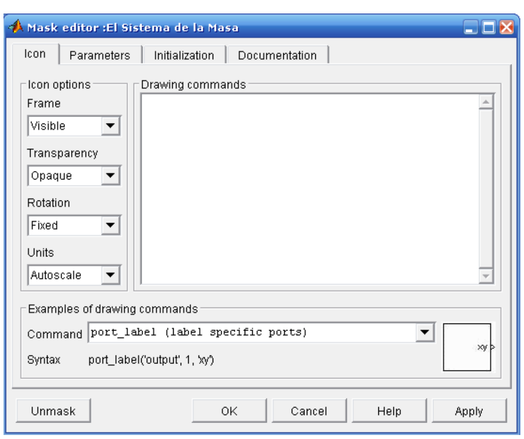


Fig22. Pantalla para la Edición de la Mascara de un Subsistema

En el submenú Icon, configuraremos la imagen que mostrara nuestro subsistema, para esto se desplegara el menú Command y seleccionaremos el comando "image", en esa misma pantalla escribiremos la ruta y el tipo de imagen a mostrar (este instrucción debe ser escrita en "Drawing Commands") al finalizar seleccionamos la opción aplicar y el subsistema acogerá la apariencia de la imagen seleccionada. (ver fig. 23)

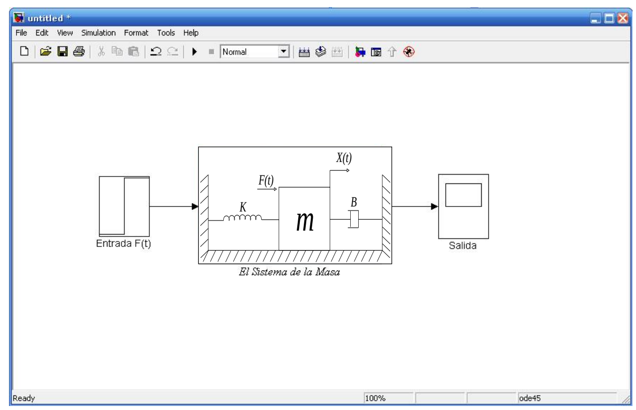


Fig23. El Sistema de la Masa (Enmascarado).

En el submenú Parameters, configuraremos la los parámetros del sistema, es decir, se adicionara los parámetros que requiere el sistema para funcionar, de forma que cuando el usuario del sistema de control requiera realizar modificaciones en la planta no tenga que entrar dentro del sistema, sino de una forma sencilla se modifican desde afuera, lo que garantiza una mejor eficiencia. Al finalizar seleccionamos la opción aplicar.

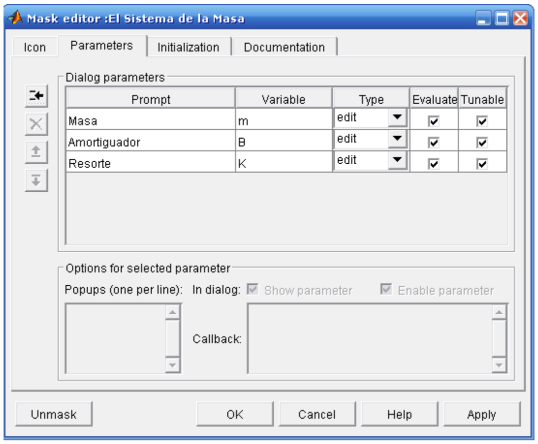


Fig24. Pantalla para la Edición de los Parámetros del Subsistema

En el submenú Documentación, colocaremos el título del subsistema, una breve descripción del mismo y además tenemos la posibilidad de realizarle una ayuda (Help) donde realizaremos una amplia descripción del funcionamiento del sistema. Al finalizar seleccionamos la opción aplicar.

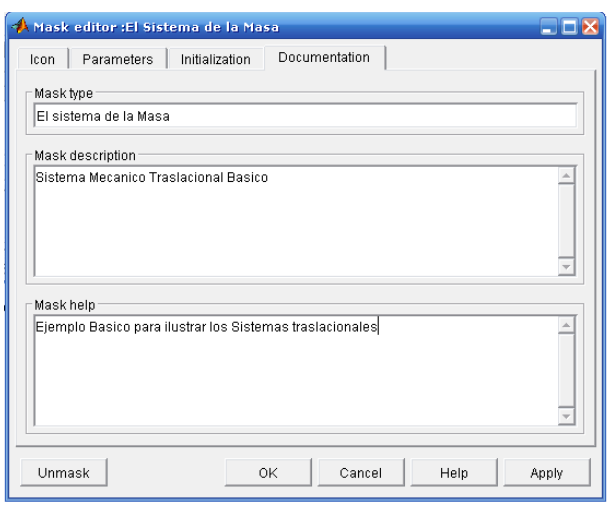


Fig25. Pantalla para la Documentación.

Después de realizados todas las modificaciones a la máscara del sistema pulsaremos el botón OK. Si realizamos doble clic sobre la máscara del sistema aparecerá una pantalla como la que se muestra en la figura 26

Fig26. Pantalla de los Parámetros del Subsistema

CONCLUSIÓN.

Los modelos físicos se basan en la analogía existente entre algunas de las leyes físicas de los diferentes sistemas y tratan de obtener montajes (modelos) equivalentes, cuyo funcionamiento sea parecido al del sistema que se trata de modelizar, además los modelos matemáticos utilizados son sistemas de ecuaciones diferenciales, o de ecuaciones en diferencias finitas que describen el funcionamiento del sistema real; por transformación de estas ecuaciones se suelen obtener otros modelos matemáticos de expresión más simple para su posterior análisis.

Se pretende con esta aplicación adquirir la destreza de la simulación y regulación de sistemas asistidos por Matlab y Simulink a las diversas ramas de la ingeniería, debido a que Simulink es una herramienta matemática formado por sistemas o dispositivos físicos empleados habitualmente para simular procesos industriales lo cual representa una aplicación que amplía considerablemente las posibilidades didácticas en el campo de la simulación de sistemas físicos reales y en el diseño práctico de sistemas de regulación de procesos industriales, aprovechando al máximo la facilidad de manejo, conectividad y exportabilidad de los resultados que ofrece este paquete computacional.

Matlab y Simulink permiten observar la dinámica de los diferentes procesos, así como las relaciones existentes entre los diversos subsistemas constituyentes de procesos industriales complejos. A su vez, una vez diseñado cualquier sistema de regulación (preferiblemente empleando para ello el *toolbox* de **Matlab**), se puede analizar su efecto sobre el sistema considerando modelos realistas.