

CAPÍTULO 5

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN.

5.1.- Objetivo del capítulo.

En este capítulo expondremos los distintos ensayos que nos han permitido afinar las herramientas de identificación que se han implementado en este proyecto.

Siguiendo una evolución en la dificultad del problema se han realizado distintos ensayos para demostrar la bondad de los sistemas identificados. En primer lugar hemos tratado con entradas y salidas libres de ruido, posteriormente se han considerado sistemas a identificar que presentan ruido a la salida y finalmente consideraremos un ensayo real realizado sobre la planta solar sita en el laboratorio L1 y para la que, a priori, se ha desarrollado toda esta herramienta que nos ocupa.

En los apartados siguientes se analiza el comportamiento de la herramienta para cada uno de los casos descritos con anterioridad.

5.2.- Identificación de sistemas libres de ruidos.

Es fácil de entender que este tipo de sistemas no se encuentra normalmente en el entorno industrial, su utilidad consiste realmente en comprobar que la identificación se está realizando como debe ser y en detectar posibles errores en la programación. Para el desarrollo de este ensayo se ha considerado el siguiente sistema:

$$G(s) = \frac{2}{15s + 1} e^{-3s}$$

Con valores característicos: A=2, $\tau=15$ y L=3.

Para el cálculo de la identificación de estos parámetros hemos utilizado en todos los ensayos la función **identificación**, cuyo formato se describe brevemente a continuación:

$$[A, \tau, L] = \text{identificación}(u, y, tm, i)$$

Esta función recibe como parámetros de entrada la evolución de la señal manipulable (u), la evolución de la salida (y), el tiempo de muestreo considerado para el ensayo (tm) y un índice que nos ha de indicar cuál de los métodos de identificación, descritos en el capítulo anterior, vamos a emplear, de esta forma:

Si i=1 Emplearemos el método gráfico número 1.

Si i=2 Emplearemos el método basado en mínimos cuadrados recursivos.

Si i=3 Emplearemos el método de identificación gráfico 2.

El procedimiento que hemos seguido ha sido en primer lugar definir la función de transferencia a identificar haciendo uso de algunas instrucciones del Toolbox de Control ([10] y [11]) y posteriormente calcular la respuesta de dicho sistema ante el escalón unitario. De esta manera disponemos ya de los parámetros que son necesarios para el uso de la función identificación.

Pasamos a continuación a describir los resultados obtenidos para cada uno de los métodos implementados.

Método gráfico 1.

En la siguiente figura aparecen representadas de forma conjunta la salida real del sistema y la “salida identificada” definiendo así a la respuesta que presentaría el sistema identificado al ser sometido a una excitación igual a la real.

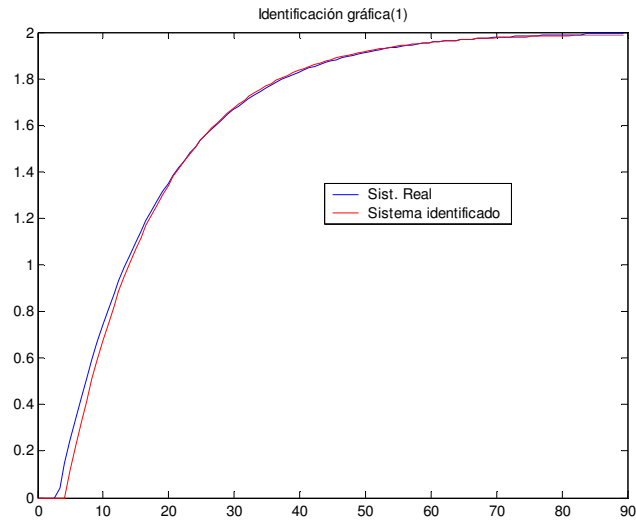


Figura. 5.1 Sistema identificado por método gráfico 1.

En este caso los parámetros identificados por el programa fueron:

$$A=1.9937$$

$$\tau = 18.2208 \text{ s.}$$

$$L= 4.1411 \text{ s.}$$

Como puede verse el parámetro que resulta peor estimado, con un error del 33%, fue el tiempo de retardo característico del sistema. Esta cuestión es habitual puesto que es realmente el tiempo más difícil de identificar en sistemas reales, no obstante habría dos posibles formas de mejorar la estimación:

- 1.- Disminuir el tiempo de muestreo del ensayo.
- 2.- Modificar el programa de forma que considere el retardo como el tiempo que se tarda en alcanzar un umbral menor al 5% del valor estacionario de la señal de salida.

Estos errores de identificación son sólo achacables a la propia sencillez del método.

Método basado en la aproximación de mínimos cuadrados.

Este método ha sido programado haciendo uso de funciones propias del Toolbox de Identificación de Matlab ([13]). A continuación se exponen gráficamente los resultados de la identificación.

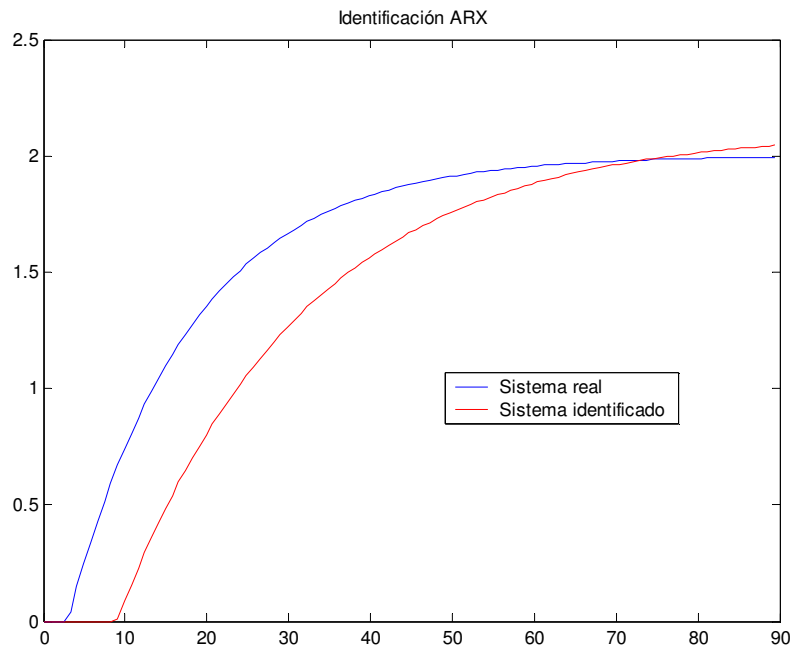


Figura 5.2 Identificación basada en mínimos cuadrados.

En este caso las estimaciones para los parámetros fueron las siguientes:

$$A = 2.1008$$

$$\tau = 22.7083 \text{ s}$$

$$L = 0 \text{ s}$$

En esta ocasión podemos ver que las variables no son muy bien identificadas, esto es debido a que Matlab considera que los datos se aproximan mejor por un modelo de mayor orden, las cancelaciones de los coeficientes de menor orden de los polinomios que describen el sistema se ve trasladada al cálculo de los parámetros propios en forma de función de transferencia.

Método gráfico 2.

Este método está formulado para sistemas que siendo de un grado mayor intentan ser aproximados por un modelo de primer orden. Si bien este no es el caso, puesto que hemos incluido exclusivamente un modelo en f.t. de primer orden a la hora de calcular los datos, es fácil intuir que probablemente los sistemas a identificar en la planta no sean de primer orden y deban ser linelizados en torno a ciertos puntos de trabajo. Los resultados se presentan a continuación:

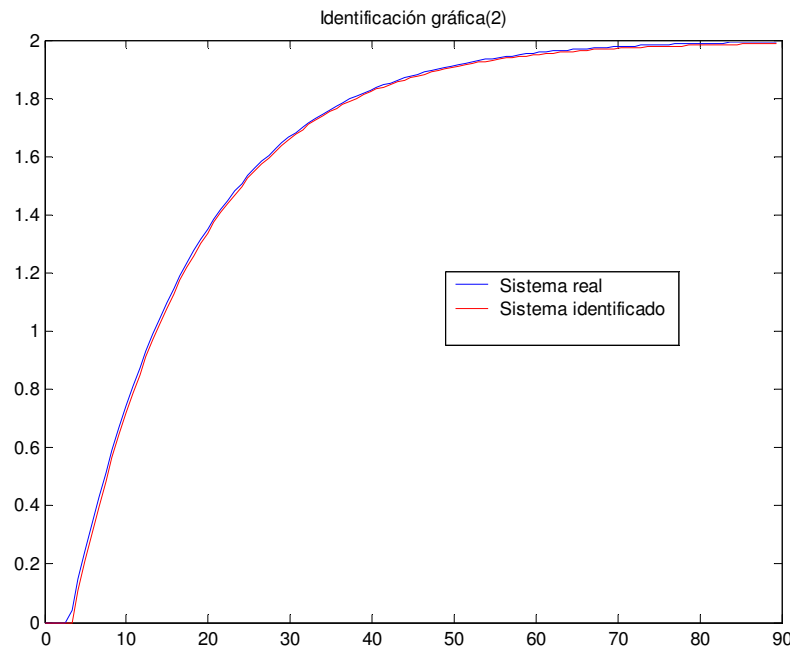


Figura 5.3 Identificación basada en el método gráfico 2.

En este caso los parámetros estimados fueron los siguientes:

$$A = 1.9937$$

$$\tau = 14.9079 \text{ s}$$

$$L = 3.3129 \text{ s}$$

Para este método se obtienen resultados muy aceptables, la principal mejora con respecto a otros métodos es que, si bien conserva las facilidades que se desprenden de emplear un método gráfico, deja de fijar de forma “arbitraria” el valor del retardo sino que se basa en una serie de estudios que relacionan este valor con el tiempo característico de respuesta del sistema y de su representación gráfica.

5.3.- Identificación de sistemas afectados de ruido a su salida.

El siguiente paso en el proceso de validación de la herramienta será considerar que la señal de salida del sistema está afectada de un ruido desconocido y comprobar cómo afecta el mismo a la identificación.

Los ensayos se harán en esta ocasión sobre el sistema:

$$G(s) = \frac{8}{20s + 1} e^{-5s}$$

Con valores característicos: $A=8$, $\tau=20$ s. y $L=5$ s.

Para hacer más ágil la generación de estos ensayos se ha programado una función denominada **ruidosa** que será la encargada de incluir un ruido en la respuesta del sistema. Dicho ruido ha sido programado sólo para que afecte a algunos de los elementos de la señal de salida determinada mediante la orden **sprand**.

El formato de esta función **ruidosa** es el que se muestra a continuación:

$$[ki, \tau ui, reti, rui] = \text{ruidosa}(k, \tau, ret, i)$$

Los parámetros de entrada de esta función son las constantes del sistema descrito anteriormente y nuevamente un cierto índice que nos indica el método que emplearemos para la identificación.

Los valores de salida son los parámetros del sistema identificado y un cierto vector de ruidos que indica cómo ha sido modificada la respuesta libre de ruidos.

Una vez más veremos como se comportan cada uno de los métodos de identificación programados, esta vez para el caso en que existan ruidos de salida.

Método gráfico 1.

En esta ocasión la identificación arroja los siguientes resultados:

$$A = 8.1511$$

$$\tau = 25.3987 \text{ s}$$

$$L = 6.6258 \text{ s}$$

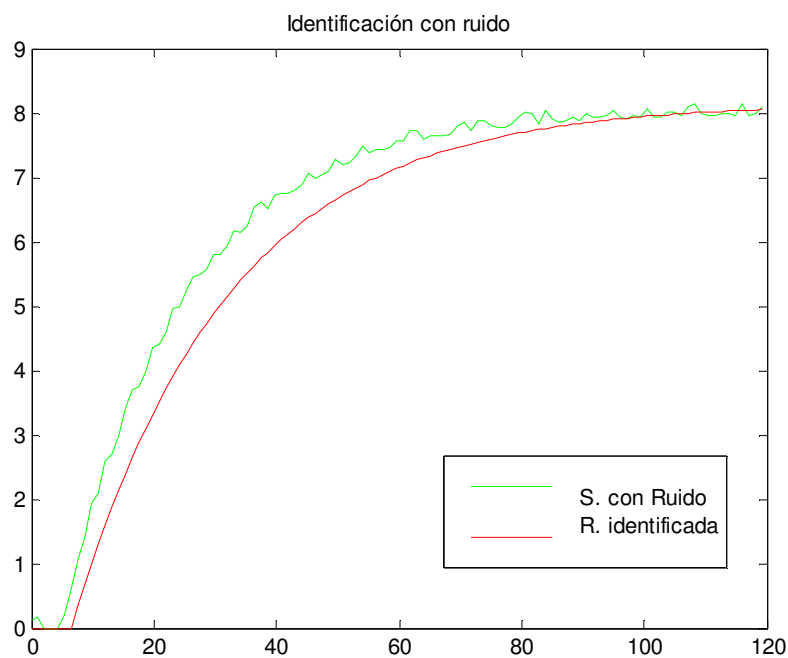


Figura 5.4 Identificación con ruido mediante método gráfico 1.

Una vez más los resultados nos parecen aceptables, teniendo en cuenta la simplicidad del método. Además no debemos olvidar la capacidad de ajuste manual que tiene nuestro GUI lo que permite al usuario limar las pequeñas diferencias entre las señales de salida real e identificada.

Método basado en mínimos cuadrados.

La identificación en esta ocasión presenta los siguientes resultados:

$$A = 8.5419$$

$$\tau = 32.9245 \text{ s}$$

$$L = 0 \text{ s}$$

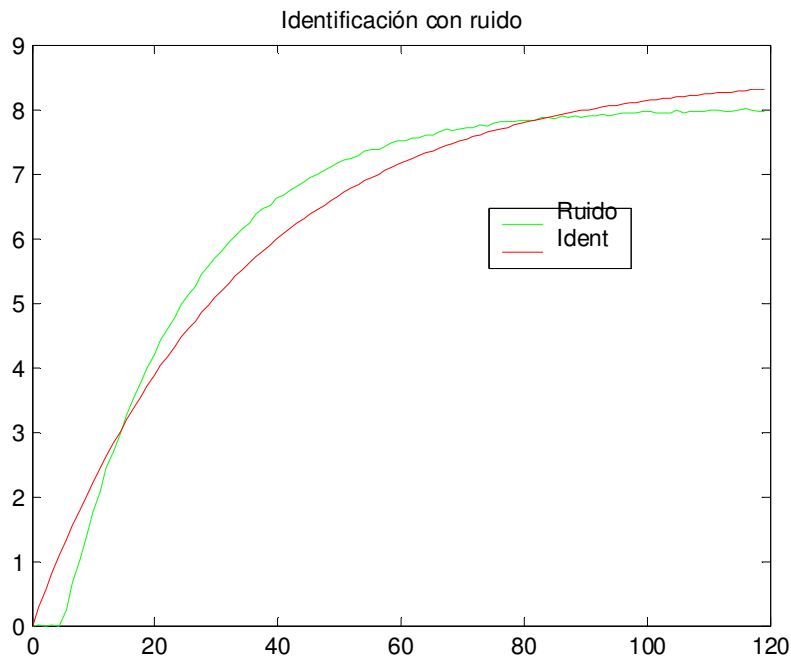


Figura 5.5 Identificación con ruido basada en mínimos cuadrados

En este caso se pueden apreciar las mismas limitaciones que para el caso sin ruidos. Esta vez, sin embargo, está justificado un tratamiento previo de los ruidos, estos pueden presentarse de distintas maneras en una señal de salida:

- Presencia de perturbaciones de alta frecuencia, por encima de las frecuencias de interés en la respuesta del sistema.
- Datos claramente erróneos, producidos por fallos en el hardware o software utilizados en el experimento de recogida de muestras.
- Desviaciones, desplazamientos o perturbaciones de baja frecuencia.

Con el fin de depurar los datos de entrada se emplearon funciones como **arxstruc**, **impulse**...todas incluidas en el toolbox de identificación. El hecho de que en algunas de estas funciones había que estimar un parámetro en base a una gráfica, y que esta estimación sólo es válida para estos datos en particular, no veo la posibilidad de implementarlo dentro de mi GUI. Se pueden conseguir mejores estimaciones de las funciones de entrada según este método, pero ello complicaría, tal vez en exceso, el manejo de la interfaz. Aún a pesar de esto, los resultados mejoraron considerablemente como expongo a continuación.

$$A = 8.5421$$

$$\tau = 22.0913 \text{ s}$$

$$L = 4.5 \text{ s}$$

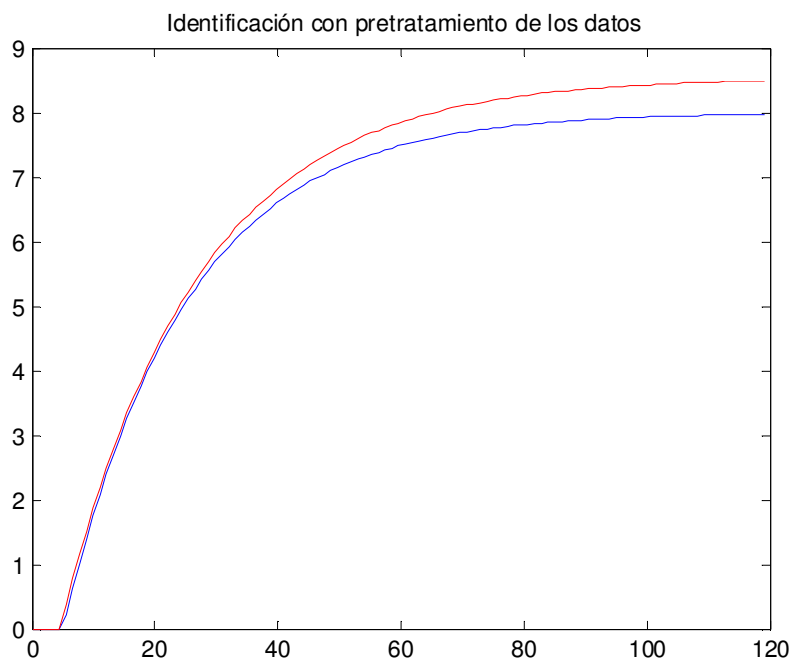


Figura 5.6 Identificación con tratamiento avanzado de datos.

Método gráfico 2.

Los resultados arrojados en este caso por la función de identificación son:

$$A=8.1433$$

$$\tau = 21.5337 \text{ s.}$$

$$L= 4.9693 \text{ s.}$$

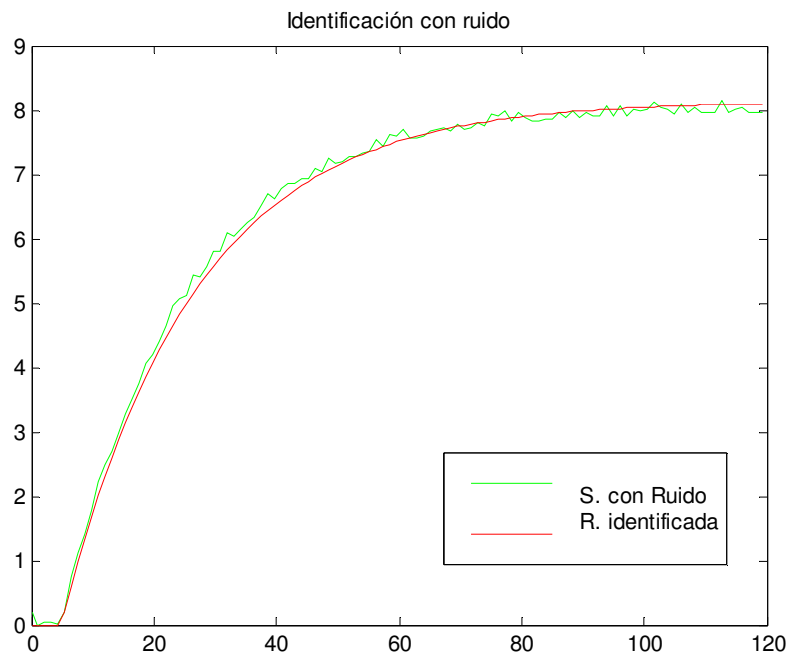


Figura 5.7 Identificación con ruido empleando el método gráfico 2.

Una vez más podemos ver que este método mejora los resultados obtenidos para la identificación con el método tradicional, disminuyendo el porcentaje de incertidumbre que tienen los datos.

5.4.- Identificación de un sistema de la planta solar.

Debido a los problemas que han ido apareciendo en la planta durante el tiempo de realización de este proyecto, tales como la ruptura de dos placas solares debido a las heladas que tuvimos este invierno pasado, el funcionamiento adecuado de la bomba B4, la propia climatología...etc, no se han podido realizar unos ensayos que me permitieran caracterizar, como era la idea original de este proyecto, un modelo multivariable para la planta solar. Es por ello que hemos tenido que “tirar” de datos históricos para realizar la identificación, según los métodos antes descritos, para una variable cualquiera de la planta.

Hemos decidido tomar unos datos que hacen referencia a cómo se ve afectado el caudal que pasa por la caldera al modificar el grado de apertura de la válvula VM3 de la instalación de la planta solar. Tal vez convenga concretar un poco más el sistema al que estamos haciendo referencia, VM3 es una válvula de tres vías colocada de forma que tiene dos entradas y una salida, además sabemos que:

Cuando está regulada al 100% se consigue que todo el caudal que entra en la máquina de absorción provenga únicamente del circuito de captadores.

Cuando está regulada al 0% se cierra el paso al agua procedente de los captadores para hacer entrar en la máquina de agua exclusivamente proveniente de la caldera.



Figura 5.8 Funcionamiento de la válvula VM3.

Consideraremos los datos de entrada representados por una línea azul en las siguientes figuras y correspondientes a la manipulación de la válvula desde una posición del 40% al 80% de apertura.

Los distintos métodos de identificación en este caso presentan, como debe ser la respuesta típica de un sistema de primer orden con ganancia negativa.

Los resultados arrojados por la identificación según el primer método gráfico son:

$$A = -69.7925$$

$$\tau = 12.2024 \text{ s.}$$

$$L = 5.0245 \text{ s.}$$

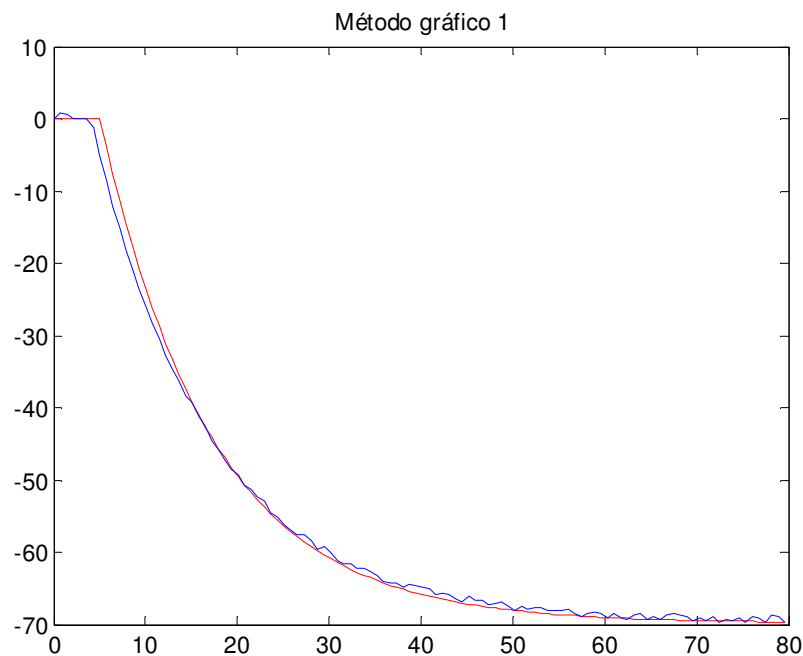


Figura 5.9 Identificación de datos reales por método gráfico 1

Para la identificación por mínimos cuadrados tendremos:

$$A = -75.3549$$

$$\tau = 23.5447 \text{ s.}$$

$$L = 0 \text{ s.}$$

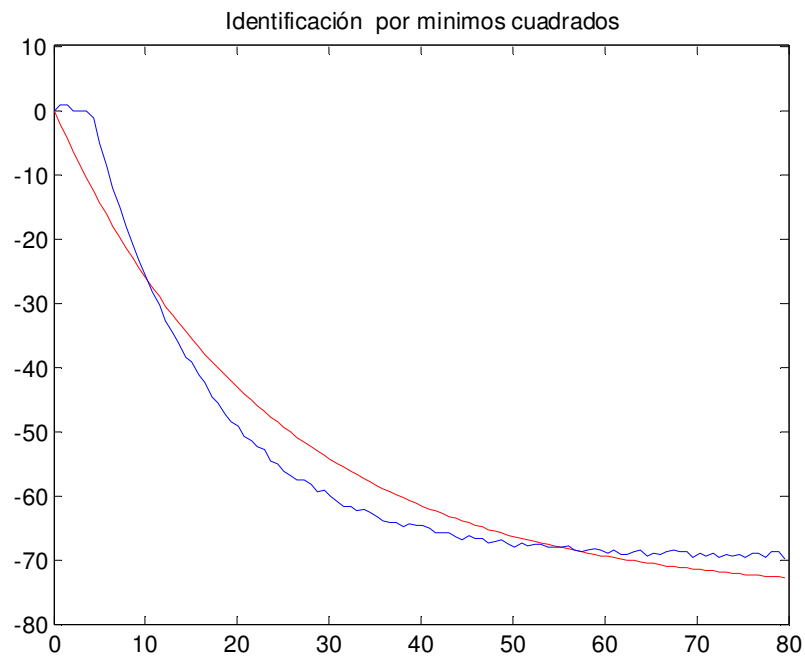


Figura 5.10 Identificación de datos reales por mínimos cuadrados.

Finalmente los resultados de la identificación empleando el método gráfico 2 son:

$$A = -69.7925$$

$$\tau = 12.9202 \text{ s.}$$

$$L = 04.3067 \text{ s.}$$

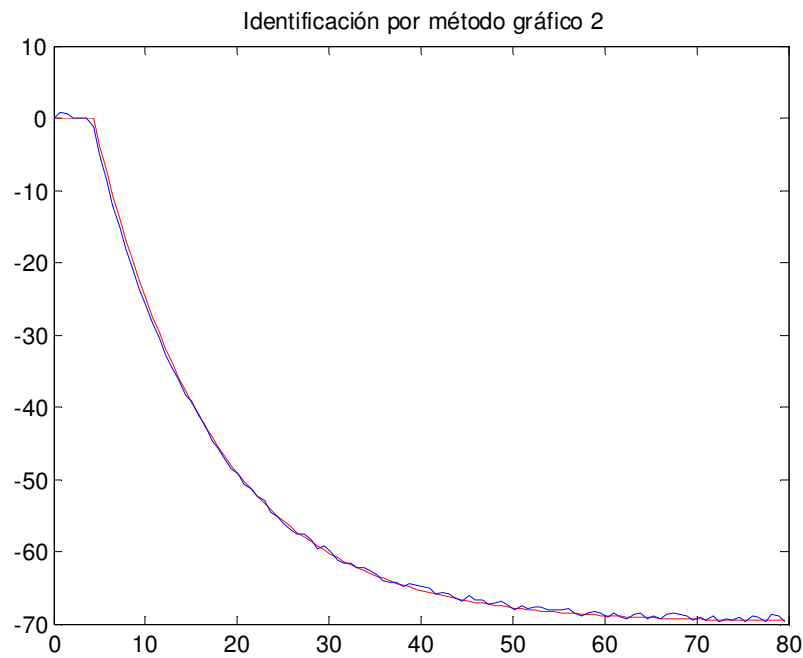


Figura 5.11 Identificación por método gráfico 2 de datos reales.

Teniendo en cuenta las limitaciones de los distintos métodos que hemos ido señalando a lo largo de este capítulo, consideramos que los datos más eficientes son los arrojados por este método gráfico 2, por ello aproximaremos finalmente el sistema con el siguiente modelo.

$$G(s) = \frac{-70}{13s+1} e^{-4s}$$

5.5 CONCLUSIONES ACERCA DE LA IDENTIFICACIÓN

Las técnicas de identificación de sistemas forman una versátil herramienta para la solución de varios problemas de la ciencia y la ingeniería. El valor de esta herramienta ha sido evidenciado por numerosas aplicaciones en diversos campos. Es por eso que para finalizar con este estudio vamos a hacer un breve comentario acerca de las posibilidades y limitaciones prácticas que ofrece la identificación.

Posibilidades

Las técnicas discutidas en este apunte son independientes de la aplicación, ya que cualquier proceso de características dinámicas representa una aplicación potencial. La clave para arribar a buenos resultados reside en el hecho de obtener datos de buena calidad y tener un buen criterio acerca de las características de la estructura modelo que debería ser utilizada.

Limitaciones:

Calidad de los Datos. La principal limitación en el uso de las técnicas de identificación está estrechamente relacionada con la disponibilidad de un buen set de datos y de eficientes estructuras modelo.

Estructuras Modelo. Es bastante trivial que una mala estructura modelo no puede ofrecer un buen modelo final, independientemente de la cantidad y calidad de datos disponibles. Entonces el primer problema al que nos enfrentamos, es saber si el proceso (alrededor de su punto de operación) admite una descripción estándar preexistente (“caja negra”), o si es necesario construir un set de modelos hecho a medida. Sin embargo, es necesario acentuar que la clave para arribar a un buen resultado reside en lo siguiente: El razonamiento, la intuición y el entendimiento del problema no pueden volverse obsoletos por la construcción automática de un modelo.