

GUÍA DE LABORATORIO 1: IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

Luis Felipe Narvaez Gomez. E-mail: luis.narvaez@usantoto.edu.co. Cod: 3120905. IEEE Member EDS and RAS.

Yoli Milena Cely Gomez. E-mail: yoli.cely@usantoto.edu.co. Cod: 2203607. IEEE Member EDS and RAS

Camilo Alberto Reyes Muñoz. E-mail: camilo.reyes@usantoto.edu.co. Cod:2195869. IEEE Member EDS and RAS

Abstract:

Control systems in the industry are the most important part of the execution of any process that executes this, since it prevents the generation of negative currents that impair the production or operation of a product, as well as allows to give accurate data and reliable in real time of the process of acting interests, thus avoiding problems that are interpreted in economic losses for the company. The control processes, however, are not perfect, for this reason various professionals specialize in the area of control processes and everything that this encompasses.

Key Words: Parametrización, ecuación, estado estacionario, respuesta, frecuencia.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día con el avance de la tecnología en la industria, el mercado de la sensorica y los diferentes procesos en la manufactura de productos e inventario científico, los cuales necesitan una producción de alto nivel y precisión, cada vez se ha venido implementando diferentes y más robustos sistemas de control, esto son el fin de supervisar la producción del material, garantizar un grado de calidad, aumentad el índice de velocidad de producción y finanzas para la empresa, y por último, minimizar los errores que puede llevar la fabricación y utilización de estos diferentes productos.

Los sistemas de control en la industria son la parte más importante en la ejecución de cualquier proceso que ejecute esta, pues evita que se genere ocurrentes negativos que perjudiquen la elaboración o accionamiento de un producto, así como permite dar datos exactos y fiables en tiempo real del proceso de interés en ejecución, con esto evitando problemas que se

interpreten en pérdidas económicas para la empresa. Los procesos de control, sin embargo, no son perfectos, por este motivo diversos profesionales se especializan en el área de los procesos de control y todo lo que esto engloba.

Es necesario reconocer que a lo largo de la historia de la industria y el proceso de implementación y fabricación, los procesos de control han evolucionado conforme a la tecnología y necesidades presentes en la época, siendo un claro ejemplo de esto, el control que podría ofrecer un operario en el accionamiento de una válvula basado en su experiencia, pasado por el control de válvulas neumáticas automatizadas y luego la ejecución del trabajo de estas en base a criterios dados por un micro controlado, último el cual basa su guía en los resultados entregados por diferentes sensores acordes a la tarea a ejecutar e interpretados por el código previamente cargado al circuito electrónico.

El control en la industria actual es una característica de suma importancia, la cual se desempeñara de mala manera significaría pérdida de eficacia, capital, fiabilidad y minimización de errores en la producción, por tal motivo, el trabajo con trabajadores competentes en el área de la automatización, administración y logística, el control, los sistemas y conocimientos de procesos industriales, junto con la tecnología necesaria y debidamente instalada, son recursos en los que una industria debe asegurar su inversión. Una de las formas en que podemos evidenciar la importancia del control es la creación de estudios e ingenierías especializadas en este tema, como lo puede ser la carrera de Ingeniería en control, estudios de especialización de automatización, estudios en control de calidad, etc.; los cuales convierten al profesional que lo estudia en personas capaces de investigar, diseñar, gestionar e implementar los diferentes equipos de monitoreo u control para los sistemas de interés de una organización, en los cuales la precisión, fiabilidad y

minimización de errores en el proceso es de suma importancia.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GENERAL

Hallar la respuesta del sistema de incubadora al ingreso de la señal escalón por medio de la identificación no paramétrica

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Utilizar el método no paramétrico para hallar los datos de respuesta al escalón en la planta física de la incubadora por medio de Arduino.
2. Hacer enlace de datos para la identificación de la respuesta no paramétrica por medio de la unión de Arduino con Matlab.
3. Graficar y hacer el respectivo tratamiento de alisado y normalización de los datos de la planta en Microsoft Excel.
4. Hallar la función de Transferencia del sistema en respuesta a la entrada de una señal escalón al sistema.

3. MARCO TEÓRICO

¿CUAL ES EL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN NO PARAMÉTRICA?

La identificación no paramétrica es un método de construcción de modelos basados en experimentos , observando el comportamiento que tiene el sistema en respuesta de impulso o la frecuencia, como sabemos , un sistema lineal invariante en el tiempo puede describirse por medio de la función de transferencia de esta , siendo así un modelaje paramétricos al sistema, o por su correspondiente comportamiento y respuesta al impulso o la respuesta frecuencias , siendo esto el modelaje del sistema de forma no paramétrica.

Para definir un sistema por modelado no paramétrico, debemos saber que estos se dan cuando se considera que el mismo no puede definir un vector de parámetros finitos de respuesta y poderlos representar. La técnica de identificación no paramétrica ofrece una mayor información de la respuesta real de un sistema, pues aportan información útil al momento de afrontar las

decisiones que debe tomar una persona ante un problema, considerando validación de datos, diseño adecuado de experimentos y llegar a conocer algunas de las características físicas que posee el modelo.

Para la identificación no paramétrica se manejan tres técnicas, en las que se evalúan de manera concreta la respuesta del sistema en estado transitorio, el análisis de correlación de señales y técnicas frecuencia les; en las cuales es fundamental tener una comprensión adecuada de las propiedades de las señales.

La primera técnica que se puede utilizar en la identificación no paramétrica es el análisis de la respuesta transitoria , para esto al sistema se le inserta una señal que consiste en impulsos de diferente amplitud y de corta duración, así como señales escalón o hasta señales de rampa; esto dependiendo del modelo que estemos trabajando , siendo que para poder escoger la señal que vamos a utilizar , debemos conocer de antemano las propiedades de las señales , la posibilidad de la señal al ser generada y aplicada en el sistema, y por último el tipo de información que queremos recoger a lo largo del proceso.

La segunda técnica que se puede llegar a utilizar en la identificación no paramétrica es el análisis de correlación, el cual es un método de análisis basado en el proceso estadístico, el cual tiene como objetivo estimar la respuesta impulsional de un sistema al realizar un proceso. Para lograr este objetivo, se determina analizando la correlación existente entre la señal de entrada y la señal de salida al sistema. Normalmente para poder iniciar este test se llegan a utilizar secuencias de ruido blanco o señales PRBS.

La tercera técnica de identificación no paramétrica, es análisis por técnica frecuencia, la cual, al contrario de la técnica de respuestas transitorias y el análisis de correlación, la cual tienen por objetivo estimar la respuesta al impulso, la técnica por análisis frecuencia, busca la estimación directa de la respuesta frecuencia que ofrece el modelo.

4. ANTECEDENTES

MÉTODO NO PARAMÉTRICO

Para este método es comúnmente utilizado en las señales de respuesta del sistema, un análisis al segmento que corresponde a la respuesta transitoria, las cuales serán el producto de haber insertado una serie de señales

impulso de diferente forma y ancho de tiempo, escalones o funciones rampa con diferentes pendientes; siendo la señal más utilizada para el método de identificación no paramétrica la señal impulso, denominando al proceso como análisis de la respuesta impulsiva.

Con el análisis a la respuesta impulsiva, se puede llegar a describir un sistema mediante esta misma respuesta impulso de la siguiente manera:

$$y(k) = G(z)u(k) + \eta(k)$$

$$y(k) = \sum_{n=1}^{\infty} g(n) u(k-n) + \eta(k)$$

Donde $\eta(k)$ es la señal a ruido o la perturbación y la entrada de esta señal impulso tiene una amplitud α , donde:

$$u(k) = \begin{cases} \alpha & k = 0 \\ 0 & k \neq 0 \end{cases}$$

Para esta señal impulsional, la salida se describe como:

$$y(k) = \alpha g(k) + \eta(k)$$

En la anterior ecuación $g(k)$ es la respuesta al impulso de $G(z)$. En el caso de que la señal de ruido $\eta(k)$ sea de magnitud relativamente pequeña, entonces $g(k)$ se podría estimar de la siguiente manera:

$$g'(k) = \frac{y(k)}{\alpha}$$

En donde el error está definido por:

$$error = \frac{\eta(k)}{\alpha}$$

Por medio de este método de identificación no paramétrica, en la que se analiza la respuesta del sistema a la señal de entrada, siendo esta un impulso, es común encontrar que se presenten ciertas desventajas y limitaciones en su aplicación, pues esta técnica está restringida a ser aplicada solo a sistemas estables, en la que es posible que se presenten problemas para generar la señal de entrada, por otro lado para implementar esta técnica, se debe tener en cuenta las dinámicas del muestreador y el retenedor, con una sincronización entre el muestreo y el impulso aplicado, donde, si estos últimos poseen gran magnitud, pueden presentar dificultades al momento de analizar la respuesta, la cual

tampoco se salva del ruido y perturbaciones a las que es muy susceptible.

Otro tipo de señal que podemos ingresar al sistema para poder analizarlo, es la señal escalón, la cual en este método de identificación se puede denominar como identificación a la respuesta al escalón, esta a su vez sirve como complemento a la señal impulsiva, en este caso, la entrada se podría describir como:

$$u(k) = \begin{cases} \alpha & k > 0 \\ 0 & \text{en adelante} \end{cases}$$

Así la respuesta a la salida del sistema, se puede definir como:

$$y(k) = \alpha \sum_{n=1}^k g(n) + \eta(k)$$

$$\sum_{n=1}^k g(n) = \{g(k)\} = \frac{y(k)}{\alpha} - \frac{\eta(k)}{\alpha}$$

Donde $g(k)$ se puede estimar como:

$$g'(k) = \frac{y(k) - y(k-1)}{\alpha}$$

Para esta misma señal, si presuponemos que este es de una pequeña magnitud, el error serio:

$$\frac{\eta(k) - \eta(k-1)}{\alpha}$$

SEÑALES DE PRUEBA PRBS Y RUIDO BLANCO.

Aunque en muchas aplicaciones de sistemas de control y comunicaciones, las señales a ruido como interferencias, transmisión de bits aleatorios y ruido blanco, no son muy deseadas, a veces estas son utilizadas como señales de prueba en modelos electrónicos como pruebas, para examinar la respuesta que tienen los diferentes dispositivos ante estas entradas.

Cuando se realizan pruebas únicas en una planta o en único dispositivo, además de contar con un presupuesto ajustado, no es factible las pruebas con secuenciadores binarios pseudo aleatorios PBRs, o generadores de onda aleatoria. En vez de utilizar los PBRs es posible utilizar y construir utilizando dispositivos semiconductores metal-óxido complementario CMOS, con el fin de generar ondas aleatorias.

La característica de utilizar ruido blanco y ruido aleatorio, es su naturaleza de espectro plano en el dominio de la frecuencia, característica importante en el análisis correlacional y frecuencia de la identificación no paramétrica de un sistema, pues el espectro de amplitud de salida promedio de un amplificador o un filtro que sea excitado por esta señal, nos dará una respuesta de frecuencia de amplitud de la planta.

Las señales PRBS son de característica periódica y determinista, las cuales consisten en una sucesión continua de unos y ceros digitales, en la que la duración de cada uno de los niveles de la señal, es el múltiplo del reloj generador de la misma PRBS, un ejemplo de esta señal se ve en la figura 1.

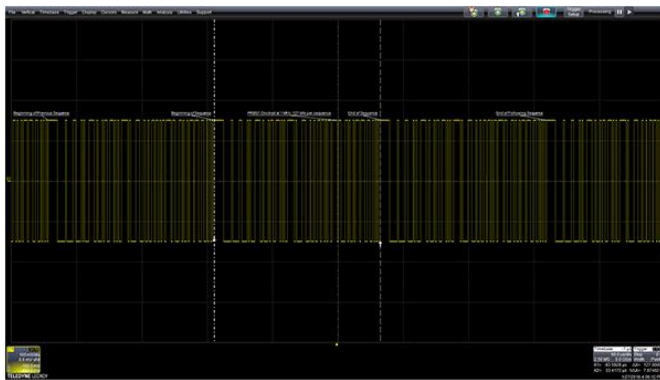


Figura 1: ejemplo de señal PRBS con una longitud de 7 bits, periodo de $2^7 - 1$ o 127 bits , sincronizada a 1MHz y muestra de periodicidad de 127 ms ; extractada de la referencia 2.

Estas señales, pueden ser generadas por software o hardware, la que su último apartado ofrece ventaja para la prueba de señales que estén disponibles de forma externa para controlar el dispositivo que se esté probando.

5. GUÍA DE LABORATORIO

COMPETENCIA DEL LABORATORIO:

Reconoce los métodos de identificación no paramétricos, su ventajas y desventajas comparados con los métodos de modelamiento analíticos, permitiendo analizar y diseñar pruebas experimentales con el fin de obtener funciones de transferencia de procesos.

Problemas a solucionar:

1. Un proceso agrónomo (cría de pollos) se necesita de una incubadora, la cual a futuro será controlada por medio de un sistema de control

digital, para tal fin se necesita encontrar la función de transferencia del sistema mediante el método de identificación no paramétricos. Compruebe los resultados mediante la simulación de la función de transferencia en Simulink de MATLAB, compare con los resultados de los problemas anteriores y concluya.

2. Repita el problema anterior utilizando el system identification toolbox de MATLAB para obtener la función de transferencia de la incubadora, compare los resultados de los dos problemas.

6. SOLUCIÓN DE LA GUÍA DE LABORATORIO

Para el desarrollo de esta guía de laboratorio , decidimos hacer una maqueta sencilla capaz de mantener el calor generado por una bombilla incandescente y esta a su vez , por la naturaleza de la energía expedida en calor , no exponencial, que ofrece el bombillo , el ambiente dentro de la maqueta , llegara a un set point de temperatura , o una temperatura limite a la cual , el interior de la planta , no disminuirá ni aumentara la temperatura , esperando así una respuesta de primer orden para este sistema.

Para esto, utilizamos una maqueta constituida de una Caja de Cartón con tapa reciclado, la cual se encargará de albergar los dispositivos de censado y producción de la temperatura. Adentro de la caja de cartón se sitúa una roseta plástica la cual va en conexión directa a la toma corriente de los laboratorios de la universidad Santo Tomas seccional Tunja sede Campus universitario, la cual aporta un voltaje de entrada de 110v en corriente alterna (AC). Por último, en la maqueta, por un pequeño orificio, se inserta el dispositivo de censado del ambiente interno de la Caja, siendo este un sensor de temperatura LM35.

La abertura por donde entra el LM35 es de un tamaño muy pequeño, puesto que, por esta abertura y demás irregularidades del sellado de la caja, por acción térmica de compensación de temperatura de un objeto con su medio, el calor de dentro de la maqueta se disipará o tratará de salir de la Caja con el fin de querer alcanzar un equilibrio termodinámico, efecto físico, que afectará nuestras mediciones y a nuestro sistema.



Figura 2: Planta física de incubadora.

La conexión de un LM35 es la que se ve en la siguiente Imagen, siendo este un dispositivo que genera un voltaje de salida proporcional a la temperatura a la que se encuentre el encapsulado del componente, este voltaje dado una vez que se alimente el sensor.

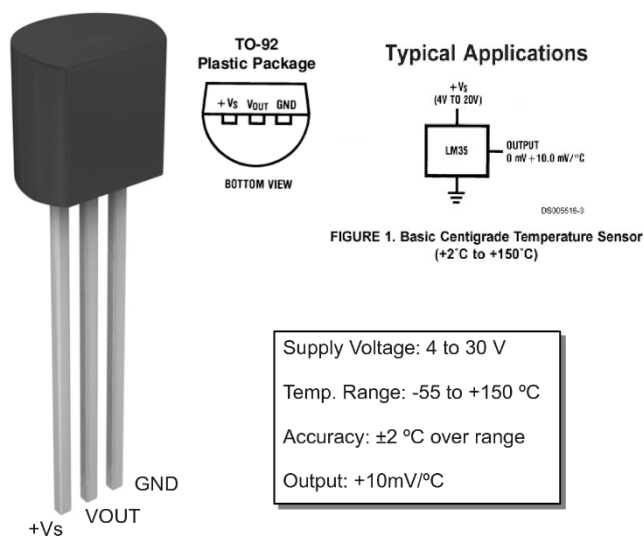


Figura 3: conexiones de un sensor de Temperatura LM35.

El funcionamiento del sensor LM35 ronda con la calibración en 1°C , con rango de funcionamiento de -55°C hasta 150°C en donde la salida de voltaje del pin central del componente es lineal, en donde cada grado Celsius que yace en el encapsulado será equivalente a 10mV en la salida, es decir, para el grado menor de trabajo de este sensor, siendo -55°C , obtendríamos a la salida -550mV y para el grado más alto de operación en trabajo, siendo una temperatura de 150°C , obtendríamos en el pin central, 1500mV; sin embargo debemos tener en cuenta que la relación lineal de temperatura y voltaje de salida, variaría, según la alimentación que le demos al dispositivo, siendo esta variable entre 4v y 30v en corriente directa (DC), dependiendo del dispositivo.

En base a este sensor, tomaremos la temperatura al interior de la Caja, obteniendo la respuesta del sistema hasta su estabilización, para esto, una vez que encendemos la bombilla incandescente dentro de la caja y sellamos parcialmente esta, por medio de un microcontrolador Arduino Mega, obtendremos el valor de la temperatura en un tiempo n, siendo n el tiempo final correspondiente a los datos de estabilización del sistema, estos datos a su vez son leídos por Matlab.

Debemos tener en cuenta, que obtendremos dos señales importantes al momento de iniciar el experimento, una señal correspondiente a la temperatura contra el tiempo y otra correspondiente a la señal de entrada de prueba al sistema, en este caso una señal de tipo escalón, la cual está dada por la conexión de la bombilla a la toma de la red eléctrica del laboratorio de electrónica de la Universidad Santo Tomas de Tunja, sede Campus universitario.

La señal escalón obtenida la podemos observar de la siguiente manera, la cual es para nuestra practica la señal de prueba del sistema o señal de entrada.

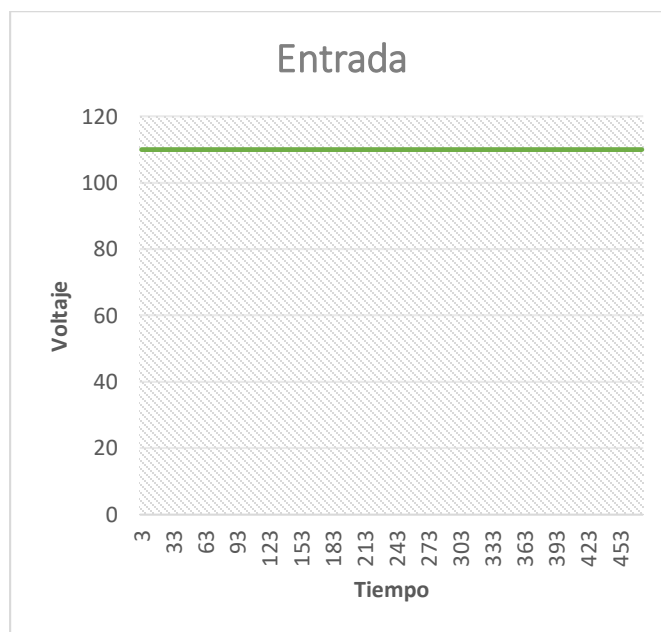


Figura 4: Señal de entrada escalon.

Debemos tener en cuenta que esta señal de entrada hace parte de las pruebas de funcionamiento de la planta física del sistema, siendo así una de la forma de pruebas de un sistema por método no paramétrico, al insertar al sistema una señal escalón y observar su comportamiento ante este estímulo en la entrada.

Se hace este programa en el software de simulación en entorno matemático de Matlab, con el fin

de hacer la adquisición de los datos con 300 muestras las cuales se envían desde Arduino cada 3 segundos, esto quiere decir, que tomaremos la respuesta del sistema a la entrada del escalón unitario, con un intervalo de muestreo de tres segundos con alrededor de trecientas muestras, las cuales fueron las necesarias para obtener una respuesta de la planta hasta su estabilización.

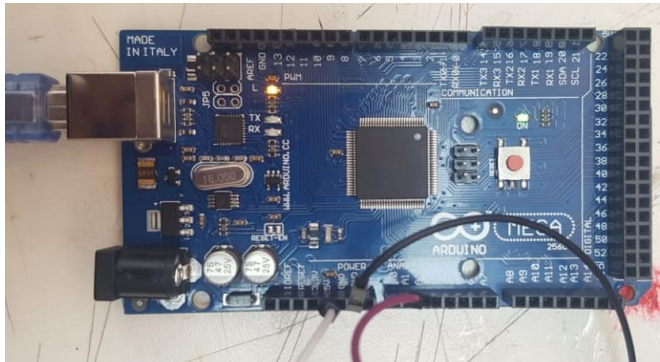


Figura 5: Microcontrolador Arduino Mega.

La adquisición se hace por el puerto serial y se crea una for con el objetivo de al cumplir las 300 muestras para luego hacer un plot y enseñar una figura de muestras recopiladas con respecto al tiempo

```
%delete(instrfind({'Port'}, {'COM7'}));
%crear objeto serie
%$ = serial('COM7', 'BaudRate', 9600, 'Terminator', 'CR/LF');
%warning('off', 'MATLAB:serial:fscanf:unsuccessfulRead');
%abrir puerto
%fopen(s);
delete(instrfind)
arduino = serial('COM7')
%fclose(arduino)
fopen(arduino)
for c = 1:300
    x(c) = fscanf(arduino, '%d')
end
figure
%subplot(2,1,1)
plot(x)
title('Variable i')
axis([4 300 15 60])
fclose(arduino)
```

Utilizando el Software de Arduino, para programar el microcontrolador de la misma placa de Arduino, creamos las variables enteras y flotantes con respecto a las temperaturas a las cuales se hará la adquisición y luego de esto se colocan los puertos por los cuales se hará esta adquisición y se finalizará con la conversión de los mismos para poderlos mostrar en términos de la temperatura.

Lo que se desea con este código es hacer la adquisición y enviar los datos por puerto serial para que

puedan ser observados en Matlab o en las gráficas de Arduino serial plotter.

```
#include <LiquidCrystal.h>

// Declaracion de variables globales
float tempC; // Variable para almacenar el valor obtenido del sensor (0 a 1023)
float temp2;
float temp3;
float temp4;
int pinLM35 = 0; // Variable del pin de entrada del sensor (A0)
int pin1=1;
int pin2=2;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup() {
    lcd.begin(16, 2);
    // Configuramos el puerto serial a 9600 bps
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    // Con analogRead leemos el sensor, recuerda que es un valor de 0 a 1023
    tempC = analogRead(pinLM35); // Calculamos la temperatura con la fórmula
    tempC = (5.0 * tempC * 100.0)/1024.0;
    temp2 = analogRead(pin1); // Calculamos la temperatura con la fórmula
    temp2 = (5.0 * tempC * 100.0)/1024.0;
    temp3 = analogRead(pin2); // Calculamos la temperatura con la fórmula
    temp3 = (5.0 * temp3 * 100.0)/1024.0;
    temp4=(tempC+temp2+temp3)/3;
    lcd.clear();
    // lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Temp");
    //lcd.setCursor(6, 0);
    lcd.print(tempC);
    Serial.print( temp3);
    Serial.print("\n");
    delay(3000);
}
```

Una vez obtenemos los datos por Matlab, se genera una vector con esta información en Matlab, la cual, al abrirlo, nos genera una trama en celdas, la cual podemos exportar al software de hojas de cálculo Microsoft Excel, en el cual, luego de organizar y titular los datos, obtenemos la siguiente gráfica:

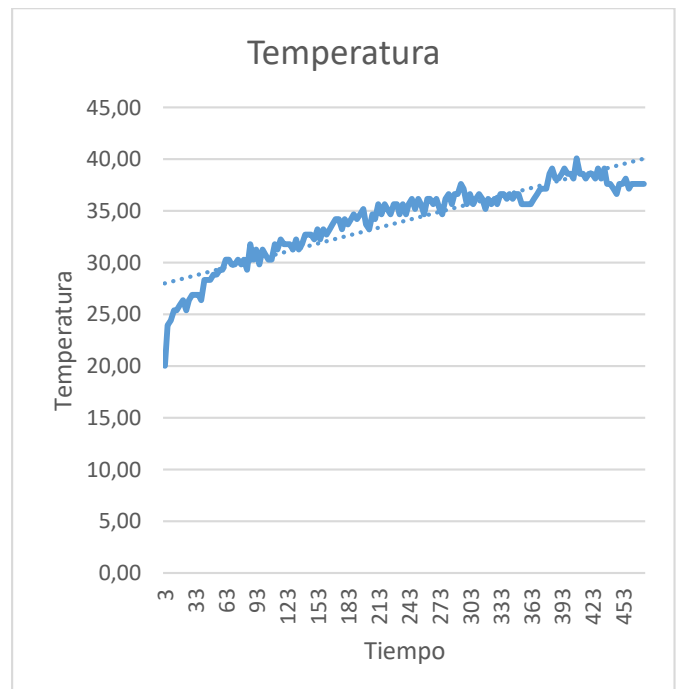


Figura 6: respuesta natural del sistema a la entrada de señal escalon.

Como podemos observar en la anterior imagen los datos obtenidos por el sensor , nos da una gráfica irregular , donde existen altas variaciones de temperatura , para poder trabajar de mejor manera con los resultados de la prueba al sistema , hallamos en la misma grafica la línea de tendencia del sistema y empezamos a linealizar datos próximos a los valores más importantes de la gráfica , obteniendo así , una gráfica con mayor parecido a la respuesta sobre amortiguada de un sistema de primer orden , siendo esta la siguiente gráfica.

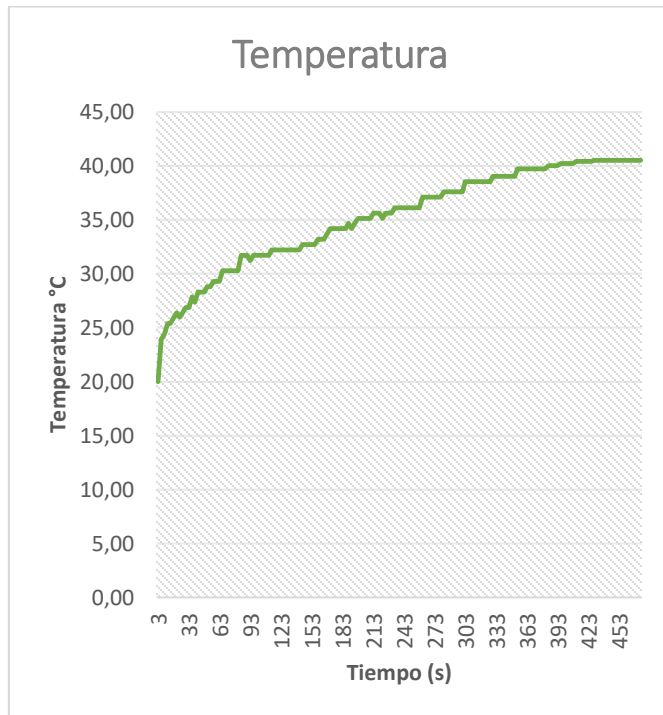


Figura 7: respuesta del sistema con datos suavizados.

Una vez obtenidos los nuevos datos linealizados y una gráfica más parecida a una respuesta sobre amortiguada de un sistema de primer orden , procedemos a hacer un nuevo cambio en los valores , este consiste en llevar la gráfica , a un inicio en cero (0) , esto para poder trabajar de mejor manera tanto en cálculos de función de transferencia computacional , como Manual, para lograr esto , observamos el valor del primer dato obtenido en la gráfica , el cual es de 20,02°C , para que este sea cero , debemos proceder a restar esta misma cantidad al primer dato , obteniendo así , nuestro inicio en 0°C , a continuación de esto , y para obtener un respuesta rescalonada ahora con inicio en cero , restamos la cantidad de 20,02°C a cada uno de los datos de temperatura , obteniendo así , la siguiente respuesta del sistema , con la que podemos trabajar , para hallar la función de transferencia del sistema.

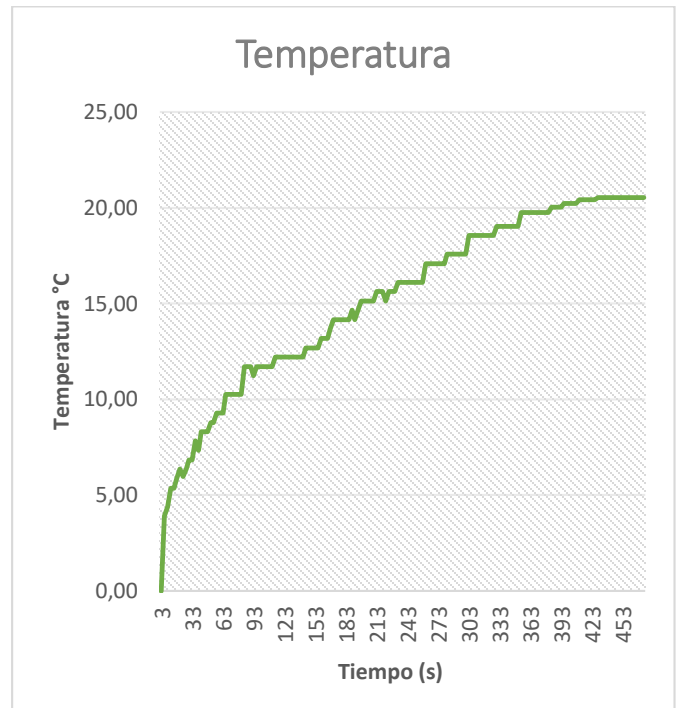


Figura 8: respuesta del sistema con entrada de señal escalon escalizada con inicio en cero.

Una vez obtenido los nuevos valores de temperatura para las trecientas muestras obtenidas, procedemos a importar estos nuevos datos a un nuevo código de Matlab.

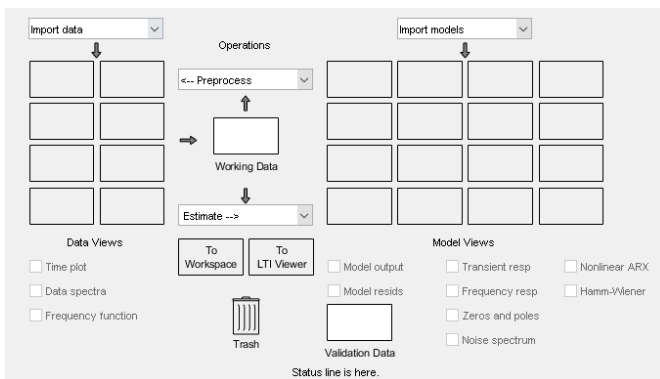
En el software Matemático de Matlab , utilizamos el siguiente código , el cual declara las variables para tiempo , temperatura y señal de entrada , en el Excel que anteriormente hemos creado , para esto , cada variable llama al documento (definida.xlsx) y exporta los datos comprendidos en la columna que le corresponda , por ejemplo , para el tiempo , se llaman los datos de la columna comprendidos entre las celdas B4 y B161 , así también con la variable de temperatura y entrada , siendo esta ultima el escalón de 110 voltios. Por ultimo en el código, se llama a la función ident, donde una vez importado los datos a Matlab y creado los respectivos vectores de cada uno, abrimos System Identificación Toolbox de Matlab, para hallar computacionalmente la función de transferencia del sistema, siendo esta la respuesta del mismo ante una entrada escalón.

```

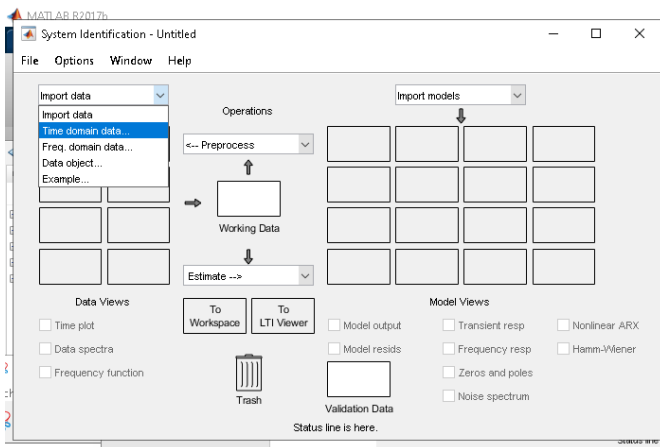
1 -   clc
2
3 -   t=xlsread('definida.xlsx','B4:B161')
4 -   temp=xlsread('definida.xlsx','E4:E161')
5 -   in=xlsread('definida.xlsx','D4:D161')
6
7       %x=data(:,1);
8       %y=data(:,2);
9       %z=data(:,3);
10 -   ident

```

Una Vez abierta la herramienta de System Identification Toolbox de Matlab, obtendremos una interfaz similar a la siguiente.



En ella Procedemos ir a la sección de Import Data y seleccionamos trabajaremos con una variable en el dominio del tiempo, siendo esta la opción Time domain data.



Una vez hallamos seleccionado Time domain data, se nos mostrar una ventana emergente, en la cual, deberemos registrar diferentes valores que ya hemos importado a Matlab con anterioridad.

Data Format for Signals

Time-Domain Signals

Workspace Variable

Input:
Output:

Data Information

Data name:
Starting time:
Sample time:

More

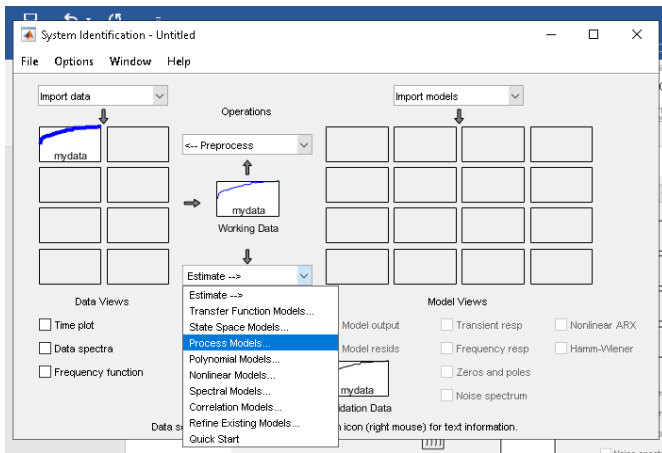
Import

Reset

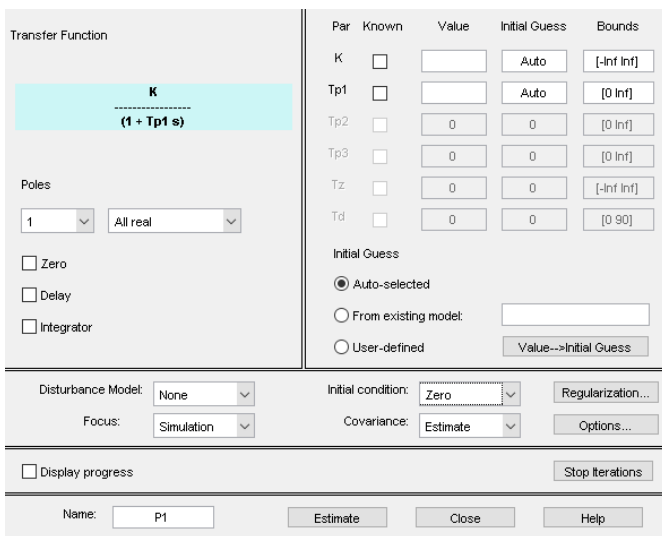
Close

Help

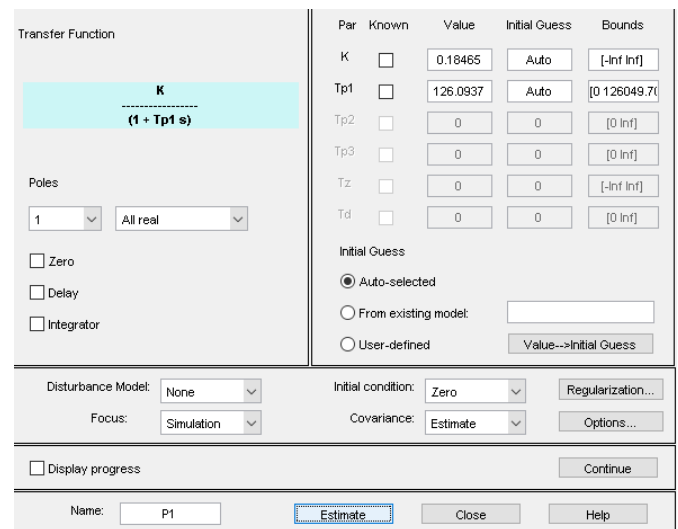
Declaramos en primero que trabajaremos una señal en el dominio del tiempo, es decir, la opción del Data Format for Signals, con la opción seleccionada en Time-Domain Signals. Pasamos a el área de Works space Variable o área de trabajo de la variable y seleccionamos la señal de entrada escalon en la sección de input, siendo esta el vector que previamente importamos a Matlab denominado “in”. En la parte de Output, seleccionamos el vector de los datos de temperatura, los cuales están importados a Matlab, con el nombre de “temp”. Pasamos a el área de información de la Data o Data Information, en la cual le daremos un título a nuestros datos, la cual, por eficiencia, dejamos el nombre por defecto “mydata”, en la sección Starting time, seleccionamos desde que valor en el tiempo, se querer empezar a primera muestra, siendo esta de “1”, y para Sample time, damos el valor de muestreo en el que están nuestros datos, los cuales al ser capturados cada tres segundos (3s), pondremos de variable “3”. Una vez insertados todos los datos, procedemos a dar clic en el botón Import y luego Close.



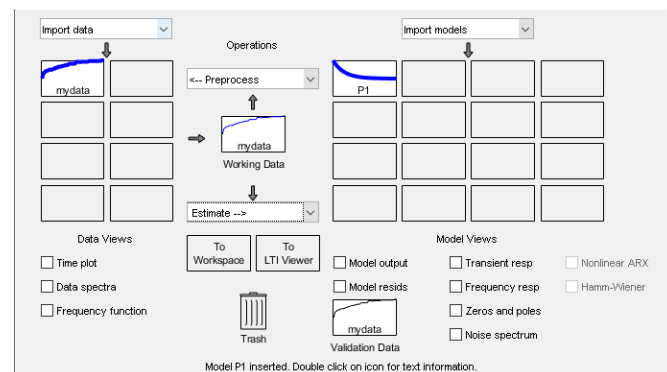
Como observamos en la imagen anterior, una vez cerrada la ventana emergente, habremos creado una variable llamada “mydata” en la parte izquierda de la ventana del system identification toolbox de Matlab. A continuación de esto seleccionamos el método computacional con el que podremos hallar la función de transferencia óptima para el sistema, siendo para este caso tanto la opción, Transfer Fuction Models y la opción Process Models; la primera opción consiste en que el usuario del número de polos y zeros que se quiere del sistema, obteniendo así una estimación de la respuesta al sistema en consecuencia al valor de polos y ceros ingresados. En la segunda opción, una vez dadas las condiciones iniciales al sistema, el Software de Matlab, calculara la opción más óptima de polos y ceros para el sistema, con la respuesta al escalón más parecida al sistema hallado experimentalmente y con la mayor probabilidad porcentual de minimizar los errores en respuesta. Por eficiencia en la práctica de laboratorio, se opta por la segunda opción Process Models.



Una vez seleccionado Process Models , como en la anterior imagen , al saber que trabajaremos con una respuesta de un sistema de primer orden , pondremos tentativamente 1 polo al sistema y deseleccionamos las opciones de “zero” y “Integrator” , de la misma manera deseleccionamos “delay” ya que nuestro sistema no posee ningún tipo de retardo al iniciar en cero “0” , luego ponemos condiciones inicial con inicio en cero en “Initial condition” la opción “zero” y una covarianza a estimar , en “covariance” con la opción “estimate ; por ultimo damos un nombre al vector que degenerara la respuesta optima al sistema en el apartado de “Name” dejando el nombre por defecto de “P1” y dando a continuación la opción de “Estimate”.

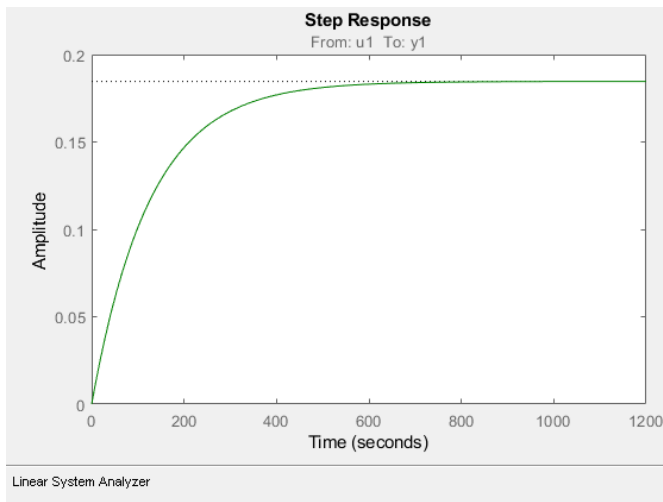


Como observamos en la anterior imagen, una vez estimada la respuesta, basta con cerrar la ventana emergente de Process Models y observar en system identification toolbox, la respuesta P1 en la sección de la derecha “import models” como se muestra a continuación.

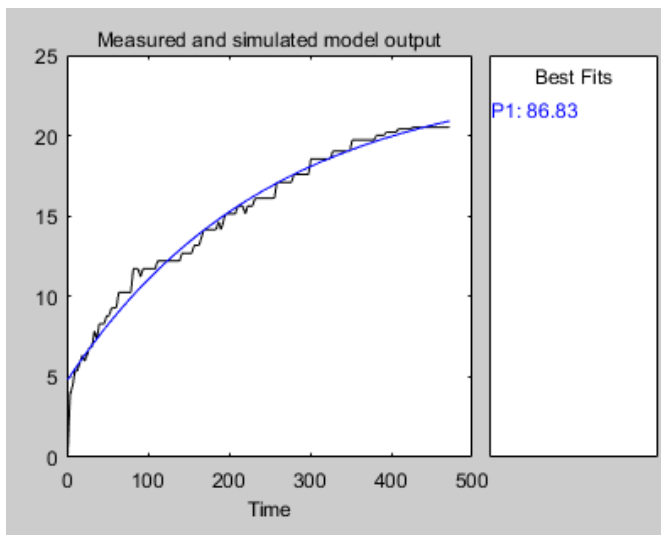


Para poder observar la respuesta obtenida en P1, basta con arrastrar la casilla de P1 a el área de To LTI

Viewer de la misma ventana, obteniendo una respuesta de la siguiente forma.



Ahora debemos comparar esta respuesta computacional con la respuesta experimental, en la cual nos aseguramos su semejanza entre sí.



Por último, en el método computacional, nos dirigimos a la consola de Matlab, para ver la función de transferencia obtenida, con valores de Kp, Tp y el grado de estimación de la respuesta obtenida, el cual debe ser recomendable de 90%.

```
>> P1

P1 =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----
      1+Tp1*s

      Kp = 0.18465
      Tp1 = 126.09

Name: P1
Parameterization:
  'P1'
  Number of free coefficients: 2
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 70.59%
FPE: 1.87, MSE: 1.824
```

Como podemos observar en la anterior imagen, el índice de Kp es 0.2, Tp es 126.09 y el grado de estimación de la respuesta es del 70.6%, así la función de transferencia obtenida computacionalmente ante el análisis no paramétrico contra una entrada escalón al sistema es:

$$G(s) = \frac{Kp}{1 + Tp * s}$$

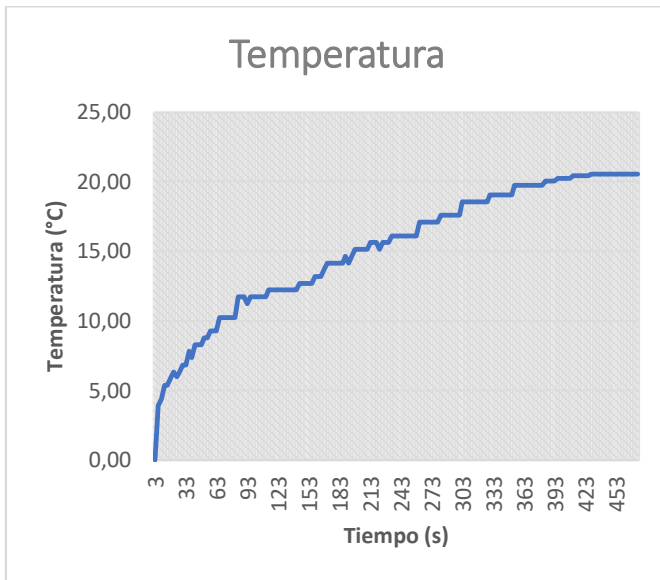
$$G(s) = \frac{0.18465}{1 + 126.09 * s}$$

$$G(s) = \frac{0.2}{1 + 126.1s}$$

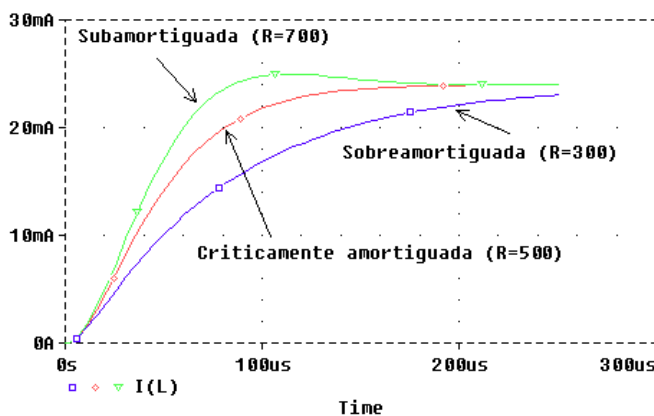
Ahora, a continuación, hallaremos la función de transferencia por el método manual, esto a partir de los mismos datos experimentales que obtuvimos al realizar la medición de temperatura en el interior de la caja con la bombilla incandescente encendida.

Para inicializar el proceso de hallar la Función de Transferencia por este método, podemos trabajar con los datos obtenidos desde Matlab y una vez localizado el vector que los guarda, exportarlo a Microsoft Excel, tal y como se hizo en el primer proceso. Debemos tener en cuenta que los datos originales poseen una baja definición y alta alternancia entre dato y dato, por lo que trabajaremos con los datos experimentales de la respuesta obtenido, con valores ya linealizados, lo cual ya se ha hecho en el anterior proceso de hallado de la función de Transferencia por el método computacional.

La Respuesta al escalón Unitario del sistema es el siguiente.



Una vez obtenida la gráfica experimental de nuestro sistema, la cual refleja la respuesta del mismo ante la señal escalón en la entrada, debemos de buscar los valores que se ajusten a el comportamiento de este sistema, para esto debemos observar el comportamiento que estamos obteniendo en los datos experimentales, comparándola con la siguiente imagen:



Como podemos ver en la imagen hay distintas formas de respuesta para un sistema a entrada de un escalón, son embargo ligeramente diferente entre sí, en el sobre pico y el tiempo de estabilización, diferencias importantes al momento de realizar un análisis no paramétrico.

Como podemos darnos cuenta en la gráfica, nuestra respuesta es más parecida a la gráfica regular de una señal sobre amortiguada, siendo esta respuesta la de un sistema de primer orden, con ecuación igual a:

$$y(s) = \frac{k}{\tau s + 1} U(s)$$

Donde k es la ganancia del sistema, Tao es la variable de tiempo en el sistema, y para la respuesta en el tiempo, cuando al sistema se le ingresa una señal escalón tenemos:

$$y(t) = k (\Delta u) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right]$$

Una vez tenemos nuestras ecuaciones, nos dirigimos a Microsoft Excel y definimos en celdas los parámetros k, Tao y delta de U, para a función general de transferencia de un sistema de primer orden.

De estos valores el único que conocemos es Delta de U , el cual es el valor del escalón de entrada al sistema , en nuestro caso de 110v , es decir un $(\Delta u) = 110$.

El valor de k , puede llegar a ser estimado observando el cambio en el eje y de la gráfica de datos experimentales, es decir , el valor final de Temperatura , menos el valor inicial de temperatura, dividiendo el resultado en (Δu) , dándonos así la ganancia.

$$y = \frac{y_f - y_i}{(\Delta u)}$$

$$y = \frac{T_f - T_i}{(\Delta u)}$$

$$y = \frac{20,52 - 0}{(110)}$$

$$y = 0.18654545$$

Ahora, el valor de Tao podemos definirlo inicialmente como el tiempo que haya transcurrido en la señal, hasta haber llegado al 63.2% del valor total de la respuesta del sistema, antes de si establecimiento, para esto podemos decir que:

El 100% de la señal es 20.52°C, mediante el uso de regla de tres, podemos decir que el 63.2% de esta magnitud es:

$$100\% \rightarrow \rightarrow \rightarrow 20,52^\circ\text{C}$$

$$63.2\% \rightarrow \rightarrow \rightarrow x$$

$$x = \frac{63.2 \% * 20.52^{\circ}C}{100\%}$$

$$x = \frac{63.2 * 20.52^{\circ}C}{100}$$

$$x = \frac{63.2 * 20.52^{\circ}C}{100}$$

$$x = \frac{1296,864^{\circ}C}{100}$$

$$x = 12,96^{\circ}C$$

O lo que es igual a decir:

$$T = 63.2\% * 20.52^{\circ}C$$

$$T = 12,96^{\circ}C$$

Una vez obtenido el valor de la temperatura que corresponde al 63.2% del total de la señal, buscamos este dato dentro de las muestras en Microsoft Excel o en su defecto el valor primero más cercano, valor que corresponderá a un lugar una magnitud en el tiempo.

La primera muestra más cercana a el valor de la señal se da en 144 segundos con una temperatura de 12,69°C, es decir que $(\tau) = 144$.

| | |
|-------|------------|
| k | 0,18654545 |
| Tao | 144 |
| delta | 110 |

Una vez obtenidos los valores iniciales de la ecuación de Transferencia de primer orden, procedemos en la misma hija de cálculo a definir la ecuación cuando al sistema se le ingresa una señal escalón en una de sus celdas, donde definimos cada variable de la ecuación y el tiempo corresponderá al tiempo de muestreo de los datos experimentales.

$$y(t) = k (\Delta u) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right]$$

| | | |
|--------|------------|------------------------|
| k | 0,18654545 | =k*dU*(1-exp(-B4/Tao)) |
| Tao | 144 | |
| deltaU | 110 | |

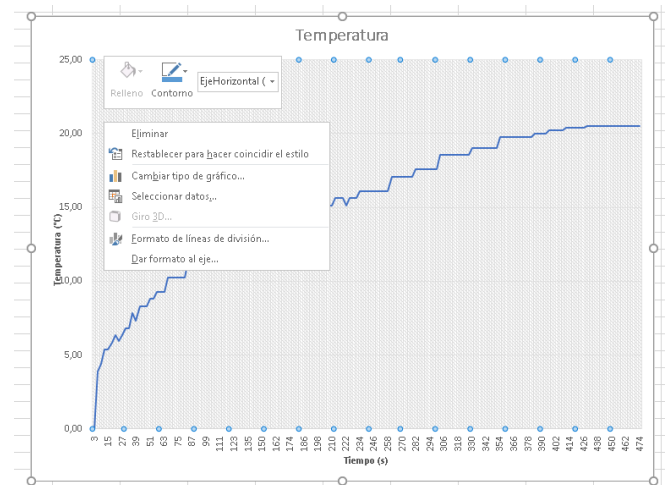
Una vez hecho esto, observaremos que los datos obtenidos en respuesta parte de cero un valor cercano a

este, para arreglar este problema, debemos añadir a la formula el valor del estado estable, que no es más que el valor de temperatura donde empiezan las muestras.

$$y(t) = k (\Delta u) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] + T_s$$

Sin embargo, el anterior paso, solo lo realizamos cuando nuestros datos no inician en 0, por lo que en nuestro caso que estamos trabajando con una respuesta rescalonada en cero, no es necesario alterar la ecuación.

Una vez hecho esto, nos dirigimos a la gráfica de respuesta con datos experimentales y generamos sobre esta gráfica, una nueva que entre en solapamiento, para observar una congruencia entre la respuesta obtenida y la respuesta experimental. Para esto seleccionamos la gráfica y damos clic derecho, donde se desplegará una barra de tareas donde seleccionaremos la opción “seleccionar datos”, dando como resultado una ventana emergente, donde le daremos la opción de agregar una nueva serie, en la que el eje x, costará del tiempo de muestreo y el eje y, de los nuevos valores producidos por la ecuación en el tiempo.



Modificar serie

Nombre de la serie: =Hoja1!\$B\$4:\$B\$161 = 3 6 9 12 15 18...

Valores de la serie: =Hoja1!\$J\$4:\$J\$161 = 0,423077639; 0...

Aceptar **Cancelar**

Seleccionar origen de datos

Rango de datos del gráfico:

El rango de datos es demasiado complejo para ser presentado en pantalla. Si selecciona un nuevo rango, reemplazará todas las series en la ficha de series.

Cambiar fila/columna

Entradas de leyenda (Series):

Agregar **Modificar** **Quitar**

☒ temp

☒ 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 42 45 48 51 54 57

Etiquetas del eje horizontal (categoría):

Editar

☒ 1

☒ 2

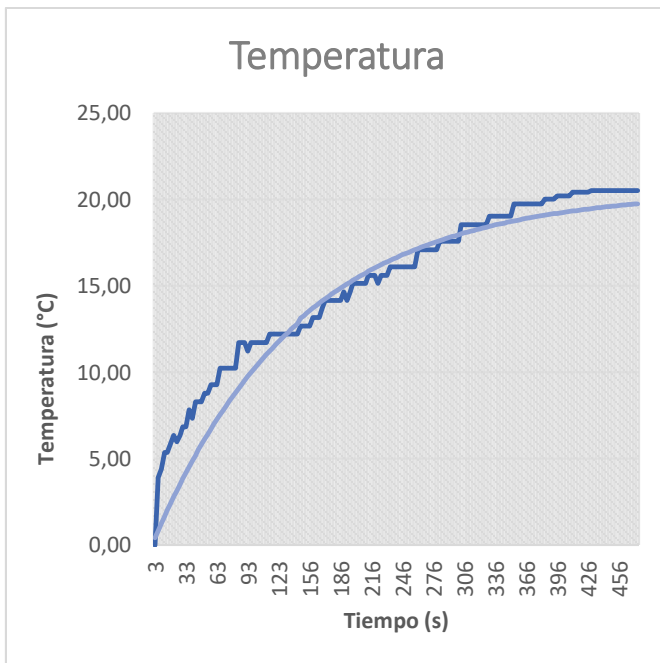
☒ 3

☒ 4

☒ 5

Celdas ocultas y vacías **Aceptar** **Cancelar**

Una vez obtenidos estos valores, nos dará como resultado el solapamiento de ambas gráficas, la cual debe coincidir de la mejor manera posible, donde la señal de morado más pálido corresponde a la respuesta hallada de la función de transferencia en el tiempo frente a el escalón unitario y la de morado más contrastante es la gráfica de la respuesta con datos reales experimentales.



7. CONCLUSIONES

1. Respecto al procedimiento que se desarrolló en Matlab, se debió tener en cuenta el tiempo para toma de muestras y además el número de muestras que se tomarían para poder hacer la adquisición de los datos de la mejor forma, y que la planta es de respuesta tardía, teniendo en cuenta esto se tomaban los datos cada 3 segundos teniendo en cuenta que al final se tomarían casi 300 muestras y estas se debían tener en cuenta en algunos momentos en donde la temperatura bajaba y cambiaba en alguna media la gráfica, teniendo en cuenta esto se hizo el procedimiento de adquisición y simulación en Matlab
2. El diseño del controlador tomó gran importancia a la hora de utilizar Matlab. Pues se pudieron comparar los resultados con los obtenidos de manualmente y de esta manera establecer las posibles fallas y ventajas con las que se cuentan al utilizar software para el diseño de controladores

8. BIOGRAFÍAS



Luis Felipe Narvaez Gomez nació en Bogotá distrito capital del país de Colombia el 29 de diciembre del año 1997 un lunes, hijo de la Medica General Yeimy Astrid Narvaez Gomez y nieto de la Maestra con licenciatura en básica primaria y educación sexual Maria stella gomez Villamil. Salió como Técnico en Operacional comerciales y financieras con énfasis en administración de empresas SENA, así vez que bachiller del Colegio Dagoberto Jiménez Jiménez. A trabajado como maestro de informática en grados primaria en los colegios de Toca y el Barne, prestado el servicio técnico de reparación y mantenimiento de computadores y maquinas eléctricas. Posee actualmente el rango de Roku Kyo en Karate estilo Shotokan. Actualmente cursa la carrera de ingeniería electrónica en la Universidad Santo Tomas Colombia seccional Tunja, donde en el presente semestre 2019-1 está cursando el octavo semestre de esta disciplina académica.



Yoli Milena Cely Gómez. Nació el 27 de marzo en Samacá, Boyacá, se graduó de bachiller en la institución educativa San Felipe de Cucaita en 2009; realizó un tecnólogo en química industrial en el SENA.. Actualmente se encuentra

desarrollando sus estudios en la Universidad Santo Tomás de Tunja.



CAMILO ALBERTO REYES MUÑOZ: (22 de marzo de 1998, Tunja) cursó sus estudios primarios y secundarios en la ciudad de Tunja en instituto Técnico Gonzalo Suarez Rendón con un técnico en sistemas. Actualmente es estudiante de ingeniería electrónica de la

universidad santo Tomas seccional Tunja, afiliado en la rama IEEE, perteneciente al semillero de energías renovables, intereses futuros en telecomunicaciones.

9. REFERENCIAS

1. Relevancia de los sistemas de control en la industria. Publica TIC. Veinte y dos de noviembre del 2018. Joseba. Eskubi. Enlace de: <https://blogs.deusto.es/master-informatica/relevancia-de-los-sistemas-de-control-en-la-industria/>
2. Utilice componentes de fácil disponibilidad para generar secuencias binarias pseudo aleatorias y ruido blanco, Digi Key Article Library. Art Pini, en colaboración de editores de Digi-Key de America del Norte. Febrero 22 de 2018. Enlace de: <https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2018/mar/use-readily-available-components-generate-binary-sequences-white-noise>
3. Unidad III Identificación no Paramétrica en Tiempo y Frecuencia. Enlace de: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/apatete/Archivos/Identificacion/8%20Clase.pdf>
4. Universidad del Cauca, Tema 2, Técnicas de Identificación no paramétrica. Enlace de: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Identificacion/documentos/temas/Tema%202.pdf>
5. <http://www.disca.upv.es/penalver/Investigaci%F3n/Identificaci%F3n/IdentiPara.PDF>
6. http://www.dia.uned.es/~fmorilla/Web_FMorilla_Julio_2013/Herramientas/tinp.pdf
7. Obtención del modelo no paramétrico de un sistema por el método de identificación de respuesta en frecuencia. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingeniería y Administración. Facultad de Ingeniería electrónica. Diana Maricle Osorio Camargo y Julian Camilo Florez Roa. Realizado en el año 2009. Enlace de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/544/digital_17982.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Lección 15: función de Transferencia a partir de datos experimentales. Profe Misa. Veintinueve de Febrero de 2016. Enlace de: <https://www.youtube.com/watch?v=9tBfAgHugqg&feature=youtu.be>
9. Función de Transferencia – ident – Matlab. Lei Morita. Veinte de Septiembre de 2016. Enlace de: <https://www.youtube.com/watch?v=rGPGvTfEyLA&t=398s>