modelado

September 17, 2015

1 Modelado de un sistema con ipython

Para el correcto funcionamiento del extrusor de filamento, es necesario regular correctamente la temperatura a la que está el cañon. Por ello se usará un sistema consistente en una resitencia que disipe calor, y un sensor de temperatura PT100 para poder cerrar el lazo y controlar el sistema. A continuación, desarrollaremos el proceso utilizado.

```
In [2]: #Importamos las librerías utilizadas
        import numpy as np
        import pandas as pd
        import seaborn as sns
        import matplotlib.pylab as plt
```

```
In [3]: #Mostramos las versiones usadas de cada librerías
        print ("Numpy v{}".format(np.__version__))
        print ("Pandas v{}".format(pd.__version__))
        print ("Seaborn v{}".format(sns.__version__))
```

```
Numpy v1.9.2
Pandas v0.16.2
Seaborn v0.6.0
```

```
In [4]: #Mostramos todos los gráficos en el notebook
        %pylab inline
```

```
Populating the interactive namespace from numpy and matplotlib

WARNING: pylab import has clobbered these variables: ['plt']
`%matplotlib` prevents importing * from pylab and numpy
```

```
In [5]: #Abrimos el fichero csv con los datos de la muestra
        datos = pd.read_csv('datos.csv')
```

```
In [6]: #Almacenamos en una lista las columnas del fichero con las que vamos a trabajar
        #columns = ['temperatura', 'entrada']
        columns = ['temperatura', 'entrada']
```

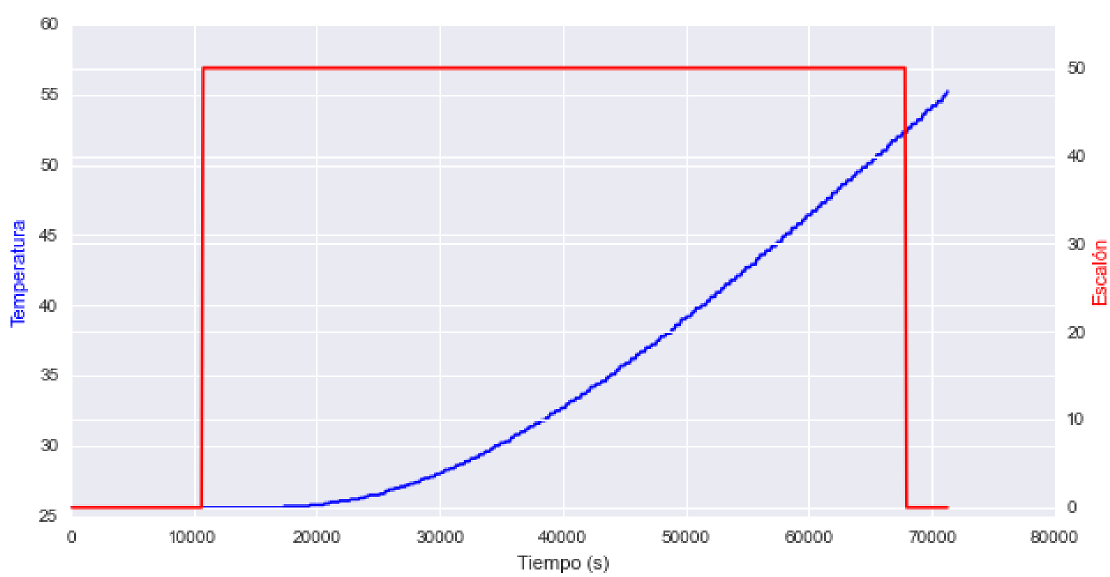
1.1 Respuesta del sistema

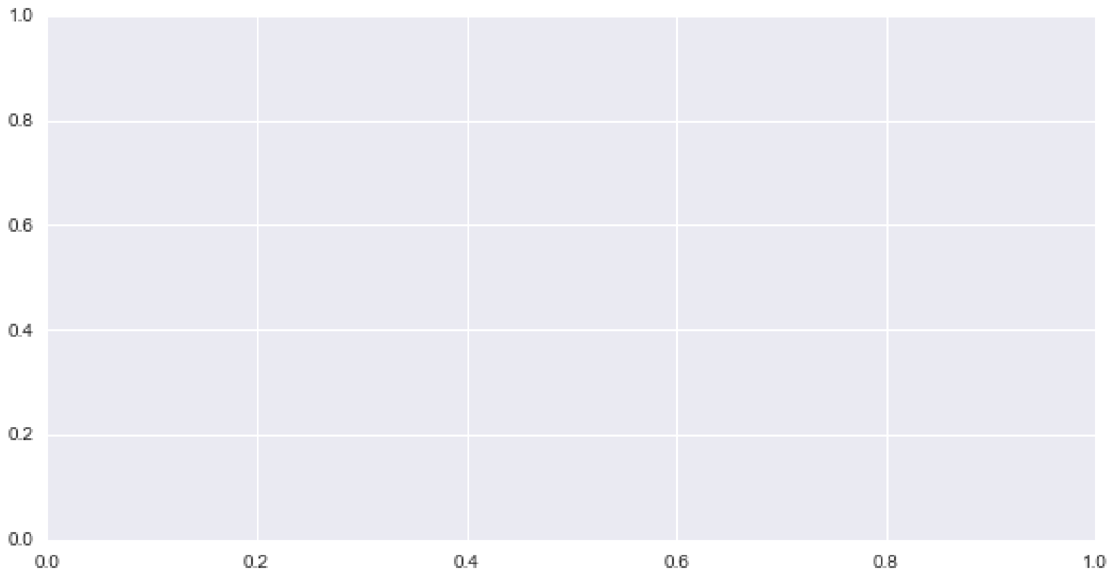
El primer paso será someter al sistema a un escalon en lazo abierto para ver la respuesta temporal del mismo. A medida que va calentando, registraremos los datos para posteriormente representarlos.

```
In [47]: #Mostramos en varias gráficas la información obtenida tras el ensay

          #ax = datos['temperatura'].plot(figsize=(10,5), ylim=(0,60),label="Temperatura")
```

```python
#ax.set_xlabel('Tiempo')
#ax.set_ylabel('Temperatura [°C]')
#ax.set_ylim(20,60)
#ax = datos['entrada'].plot(secondary_y=True, label="Entrada")#.set_ylim(-1,55)


fig, ax1 = plt.subplots()
t = np.arange(0.01, 10.0, 0.01)
s1 = np.exp(t)
ax1.plot(datos['time'], datos['temperatura'], 'b-')
ax1.set_xlabel('Tiempo (s)')
# Make the y-axis label and tick labels match the line color.
ax1.set_ylabel('Temperatura', color='b')
#for tl in ax1.get_yticklabels():
#    tl.set_color('b')


ax2 = ax1.twinx()
s2 = np.sin(2*np.pi*t)
ax2.plot(datos['time'], datos['entrada'], 'r-')
ax2.set_ylabel('Escalón', color='r')
ax2.set_ylim(-1,55)
#for tl in ax2.get_yticklabels():
#    tl.set_color('r')
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.show()
```

```
C:\Python34\lib\site-packages\matplotlib\axes\_axes.py:475: UserWarning: No labelled objects found. Use
  warnings.warn("No labelled objects found. "
```

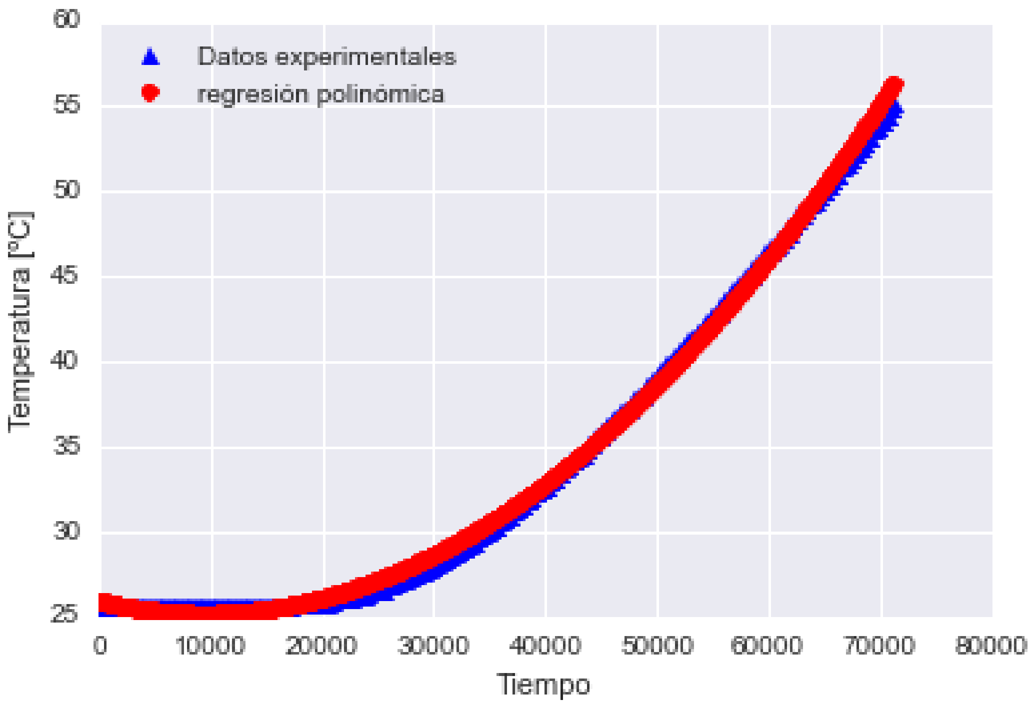




1.2 Cálculo del polinomio

Hacemos una regresión con un polinomio de orden 2 para calcular cual es la mejor ecuación que se ajusta a la tendencia de nuestros datos.

```
In [8]: # Buscamos el polinomio de orden 4 que determina la distribución de los datos
        reg = np.polyfit(datos['time'],datos['temperatura'],2)
        # Calculamos los valores de y con la regresión
        ry = np.polyval(reg,datos['time'])
        print (reg)

[  8.18174358e-09  -1.57332539e-04   2.59458703e+01]

In [9]: plt.plot(datos['time'],datos['temperatura'],'b^', label=('Datos experimentales'))
        plt.plot(datos['time'],ry,'ro', label=('regresión polinómica'))
        plt.legend(loc=0)
        plt.grid(True)
        plt.xlabel('Tiempo')
        plt.ylabel('Temperatura [°C]')

Out[9]: <matplotlib.text.Text at 0x840cf50>
```



El polinomio caracteristico de nuestro sistema es:

$$P_x = 25.9459 - 1.5733\Delta 10^{-4}\Delta X - 8.18174\Delta 10^{-9}\Delta X^2$$

1.3 Transformada de laplace

Si calculamos la transformada de laplace del sistema, obtenemos el siguiente resultado:

$$G_s = \frac{25.95\Delta S^2 - 0.00015733\Delta S + 1.63635\Delta 10^{-8}}{S^3}$$

1.4 Cálculo del PID mediante OCTAVE

Aplicando el método de sintonizacion de Ziegler-Nichols calcularemos el PID para poder regular correctamente el sistema.Este método, nos da d emanera rápida unos valores de K_p, K_i y K_d orientativos, para que podamos ajustar correctamente el controlador. Esté método consiste en el cálculo de tres parámetros característicos, con los cuales calcularemos el regulador:

$$G_s = K_p(1 + \frac{1}{T_i\Delta S} + T_d\Delta S) = K_p + \frac{K_i}{S} + K_d$$

En esta primera iteración, los datos obtenidos son los siguientes: $K_p = 6082.6$ $K_i = 93.868 K_d = 38.9262$
Con lo que nuestro regulador tiene la siguiente ecuación característica:

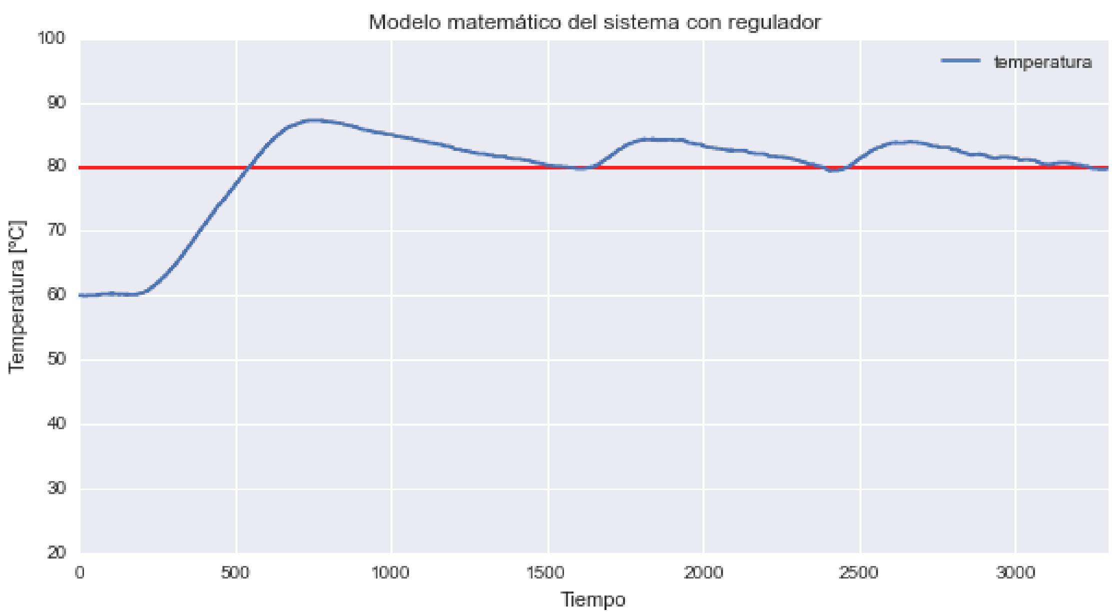
$$G_s = \frac{38.9262\Delta S^2 + 6082.6\Delta S + 93.868}{S}$$

1.4.1 Iteracción 1 de regulador

```
In [10]: #Almacenamos en una lista las columnas del fichero con las que vamos a trabajar
         datos_it1 = pd.read_csv('Regulador1.csv')
         columns = ['temperatura']
```

```
In [11]: #Mostramos en varias gráficas la información obtenida tras el ensayo
         ax = datos_it1[columns].plot(figsize=(10,5), ylim=(20,100),title='Modelo matemático del sistema
         ax.set_xlabel('Tiempo')
         ax.set_ylabel('Temperatura [°C]')
         ax.hlines([80],0,3500,colors='r')
         #Calculamos MP
         Tmax = datos_it1.describe().loc['max','temperatura'] #Valor de la Temperatura maxima en el ens

         Sp=80.0 #Valor del setpoint
         Mp= ((Tmax-Sp)/(Sp))*100
         print("El valor de sobreoscilación es de: {:.2f}%".format(Mp))
         #Calculamos el Error en régimen permanente
         Errp = datos_it1.describe().loc['75%','temperatura'] #Valor de la temperatura en régimen perma
         Eregimen = abs(Sp-Errp)
         print("El valor del error en régimen permanente es de: {:.2f}".format(Eregimen))
```

```
El valor de sobreoscilación es de: 9.00%
El valor del error en régimen permanente es de: 3.70
```

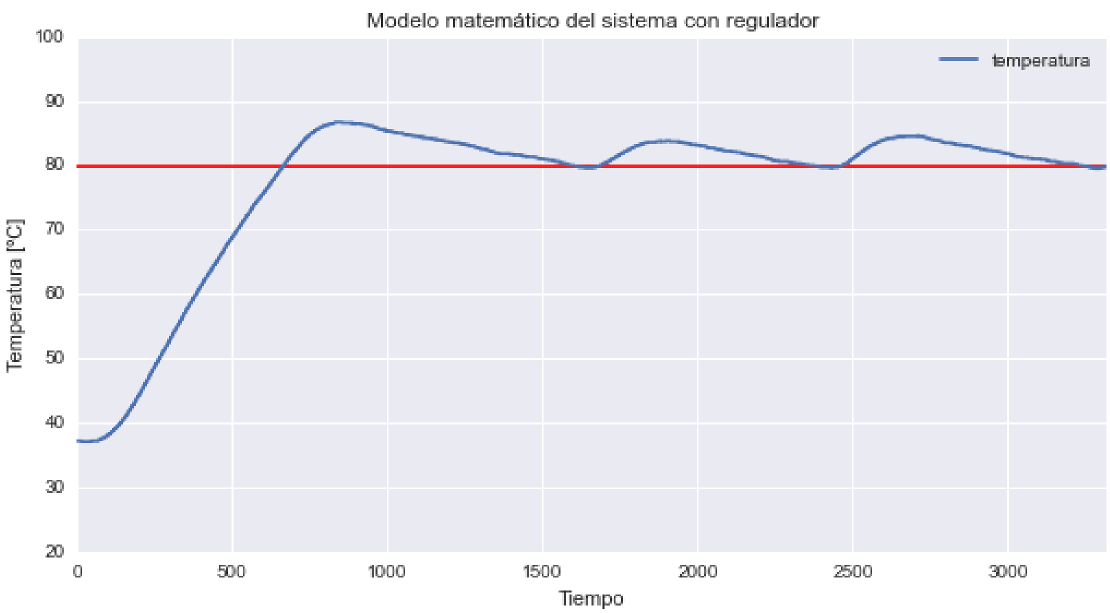


En este caso hemos establecido un setpoint de 80ºC Como vemos, una vez introducido el controlador, la temperatura tiende a estabilizarse, sin embargo tiene mucha sobreoscilación. Por ello aumentaremos los valores de K_i y K_d, siendo los valores de esta segunda iteracción los siguientes: $K_p = 6082.6$ $K_i = 103.25 K_d = 51.425$

1.4.2 Iteracción 2 del regulador

```
In [12]: #Almacenamos en una lista las columnas del fichero con las que vamos a trabajar
         datos_it2 = pd.read_csv('Regulador2.csv')
```

```
        columns = ['temperatura']

In [13]: #Mostramos en varias gráficas la información obtenida tras el ensayo
         ax2 = datos_it2[columns].plot(figsize=(10,5), ylim=(20,100),title='Modelo matemático del sistem
         ax2.set_xlabel('Tiempo')
         ax2.set_ylabel('Temperatura [°C]')
         ax2.hlines([80],0,3500,colors='r')
         #Calculamos MP
         Tmax = datos_it2.describe().loc['max','temperatura'] #Valor de la Temperatura maxima en el ens

         Sp=80.0 #Valor del setpoint
         Mp= ((Tmax-Sp)/(Sp))*100
         print("El valor de sobreoscilación es de: {:.2f}%".format(Mp))
         #Calculamos el Error en régimen permanente
         Errp = datos_it2.describe().loc['75%','temperatura'] #Valor de la temperatura en régimen perma
         Eregimen = abs(Sp-Errp)
         print("El valor del error en régimen permanente es de: {:.2f}".format(Eregimen))

El valor de sobreoscilación es de: 8.38%
El valor del error en régimen permanente es de: 3.50
```



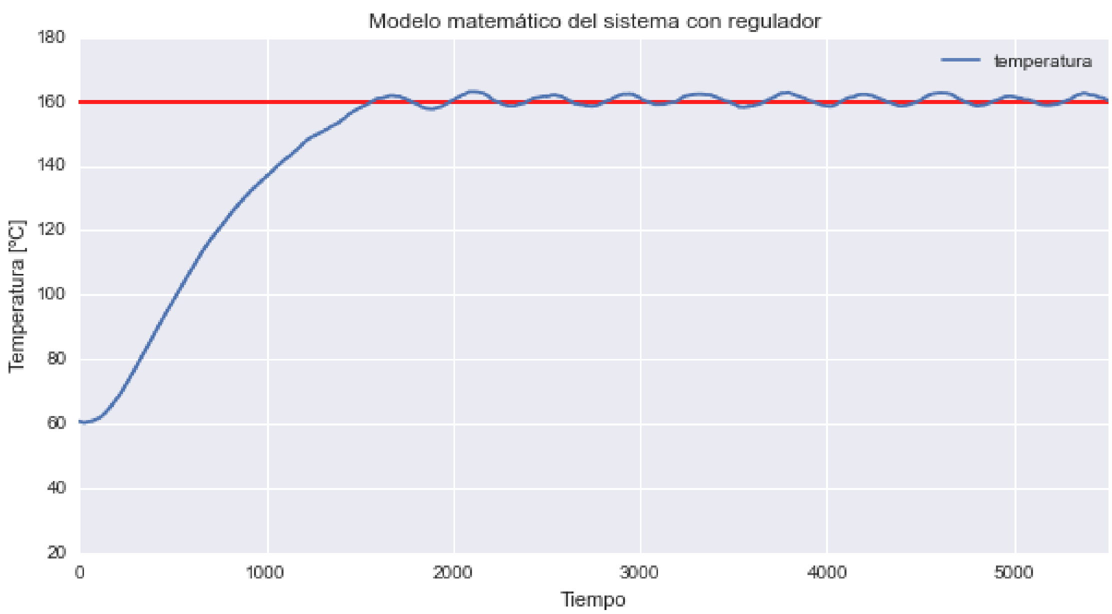
En esta segunda iteracción hemos logrado bajar la sobreoscilación inicial, pero tenemos mayor error en regimen permanente. Por ello volvemos a aumentar los valores de K_i y K_d siendo los valores de esta tercera iteracción los siguientes: $K_p = 6082.6$ $K_i = 121.64 K_d = 60$

1.4.3 Iteracción 3 del regulador

```
In [14]: #Almacenamos en una lista las columnas del fichero con las que vamos a trabajar
         datos_it3 = pd.read_csv('Regulador3.csv')
         columns = ['temperatura']

In [15]: #Mostramos en varias gráficas la información obtenida tras el ensayo
         ax3 = datos_it3[columns].plot(figsize=(10,5), ylim=(20,180),title='Modelo matemático del sistem
```

```
        ax3.set_xlabel('Tiempo')
        ax3.set_ylabel('Temperatura [°C]')
        ax3.hlines([160],0,6000,colors='r')
        #Calculamos MP
        Tmax = datos_it3.describe().loc['max','temperatura'] #Valor de la Temperatura maxima en el ens

        Sp=160.0 #Valor del setpoint
        Mp= ((Tmax-Sp)/(Sp))*100
        print("El valor de sobreoscilación es de: {:.2f}%".format(Mp))
        #Calculamos el Error en régimen permanente
        Errp = datos_it3.describe().loc['75%','temperatura'] #Valor de la temperatura en régimen perma
        Eregimen = abs(Sp-Errp)
        print("El valor del error en régimen permanente es de: {:.2f}".format(Eregimen))
```

```
El valor de sobreoscilación es de: 1.88%
El valor del error en régimen permanente es de: 1.30
```



En este caso, se puso un setpoint de 160ºC. Como vemos, la sobreoscilación inicial ha disminuido en comparación con la anterior iteracción y el error en regimen permanente es menor. Para intentar minimar el error, aumentaremos únicamente el valor de K_i. Siendo los valores de esta cuarta iteracción del regulador los siguientes: $K_p = 6082.6$ $K_i = 121.64 K_d = 150$

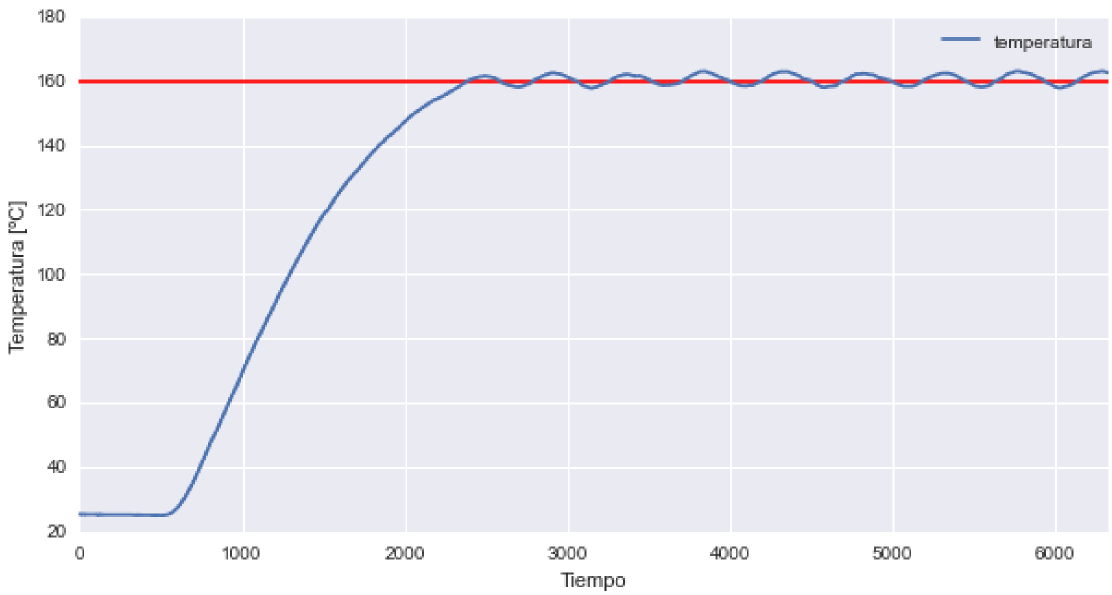
1.4.4 Iteracción 4

```
In [16]: #Almacenamos en una lista las columnas del fichero con las que vamos a trabajar
         datos_it4 = pd.read_csv('Regulador4.csv')
         columns = ['temperatura']
```

```
In [17]: #Mostramos en varias gráficas la información obtenida tras el ensayo
         ax4 = datos_it4[columns].plot(figsize=(10,5), ylim=(20,180))
         ax4.set_xlabel('Tiempo')
         ax4.set_ylabel('Temperatura [°C]')
         ax4.hlines([160],0,7000,colors='r')
```

```python
#Calculamos MP
Tmax = datos_it4.describe().loc['max','temperatura'] #Valor de la Temperatura maxima en el ens
print (" {:.2f}".format(Tmax))
Sp=160.0 #Valor del setpoint
Mp= ((Tmax-Sp)/(Sp))*100
print("El valor de sobreoscilación es de: {:.2f}%".format(Mp))
#Calculamos el Error en régimen permanente
Errp = datos_it4.describe().loc['75%','temperatura'] #Valor de la temperatura en régimen perma
Eregimen = abs(Sp-Errp)
print("El valor del error en régimen permanente es de: {:.2f}".format(Eregimen))
```

```
163.00
El valor de sobreoscilación es de: 1.88%
El valor del error en régimen permanente es de: 1.10
```



Por lo tanto, el regulador que cumple con las especificaciones deseadas tiene la siguiente ecuación característica:

$$G_s = \frac{150\Delta S^2 + 6082.6\Delta S + 121.64}{S}$$

In [ ]: