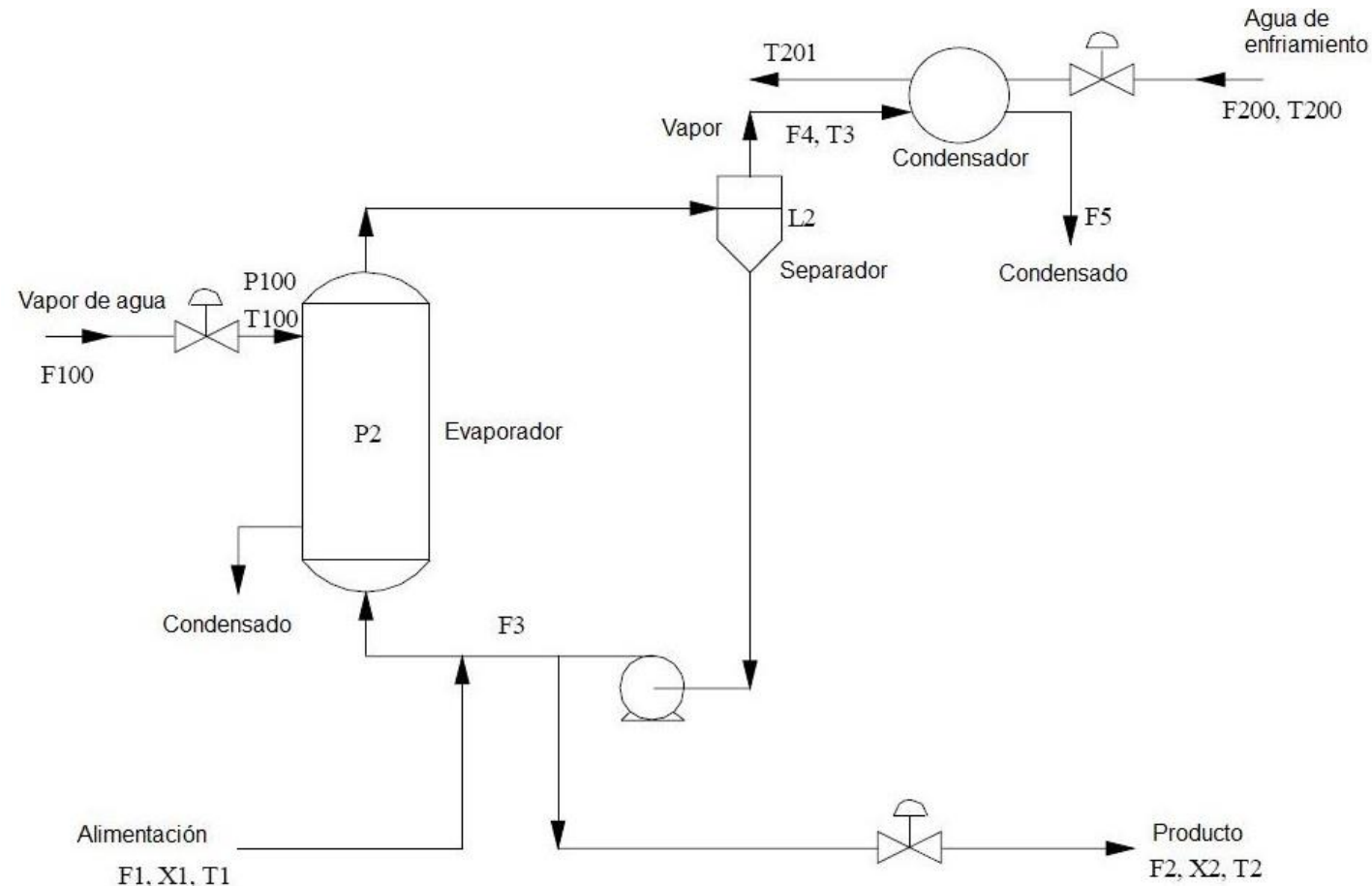


Identificación dinámica y control  
por modelo de referencia  
usando redes neuronales

# Sinopsis

- Modelo del proceso
- Identificación usando una red de propagación hacia adelante
- Identificación usando una red Elman
- Control por modelo de referencia usando enfoque directo
- Conclusiones

# Modelo del Proceso de Evaporación Forzada



# Modelo del proceso

- $\rho A \frac{dL2}{dt} = F1 - F4 - F2$
- $\frac{M dX2}{dt} = F1X1 - F2X2$
- $C \frac{dP2}{dt} = F4 - F5$
- $T2 = 0.5616P2 + 0.3126X2 + 48.43$
- $T3 = 0.507P2 + 55$
- $F4 = \frac{Q100 - F1 C_p (T2 - T1)}{\lambda}$
- $T100 = 0.1538 P100 + 90$
- $Q100 = UA1 (T100 - T2)$
- $A1 = 0.16(F1 + F3)$
- $F100 = \frac{Q100}{\lambda_s}$
- $T201 = T200 + \frac{Q200}{F200 C_p}$
- $X = [L2^N \ X2^N \ P2^N]^T$
- $U_1 = [F2^N \ P100^N \ F200^N]^T$
- $U_2 = [F3^N \ F1^N \ X1^N \ T1^N \ T200^N]^T$

# Modelo del proceso

- 3 Estados
- 3 entradas manipulables
- 5 entradas de perturbación
- 3 Ecuaciones diferenciales
- 9 ecuaciones algebraicas

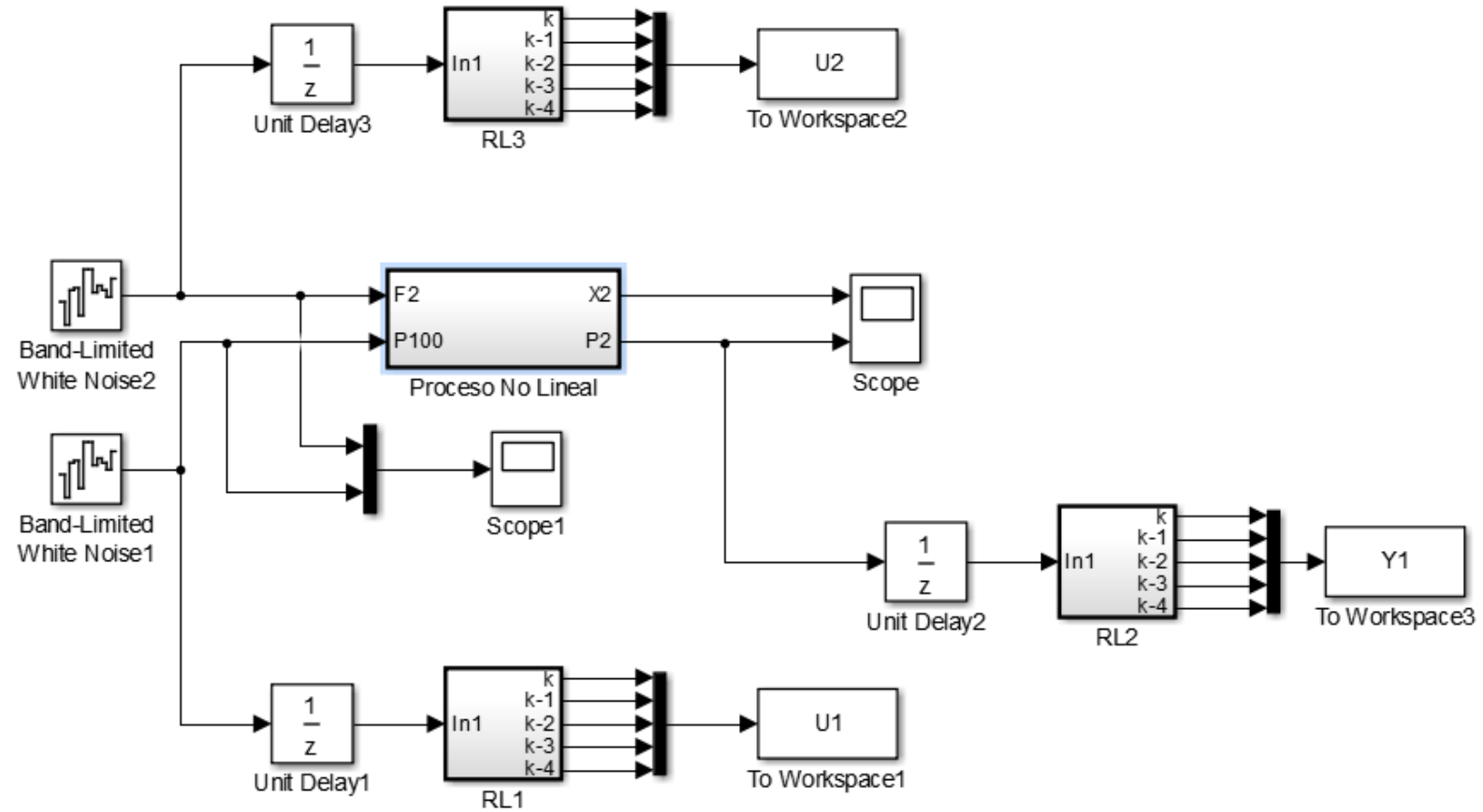
# Matriz de funciones de transferencia

	<b>F2</b>	<b>P100</b>	<b>F200</b>
<b>L2</b>	$\frac{0.1s^2 - 0.02539s - 0.000727}{(s^2 + 0.1547s + 0.005474)s}$	$\frac{-0.3727s - 0.006395}{(s + 0.05474)s}$	$-\frac{0.002855}{s(s + 0.05474)}$
<b>X2</b>	$-\frac{0.1}{s + 0.1}$	0	0
<b>P2</b>	$\frac{0.001034}{s^2 + 0.1547s + 0.005474}$	$\frac{0.03691}{s + 0.05474}$	$-\frac{0.007527}{s + 0.05474}$

Es necesario implementar un sistema de control previo

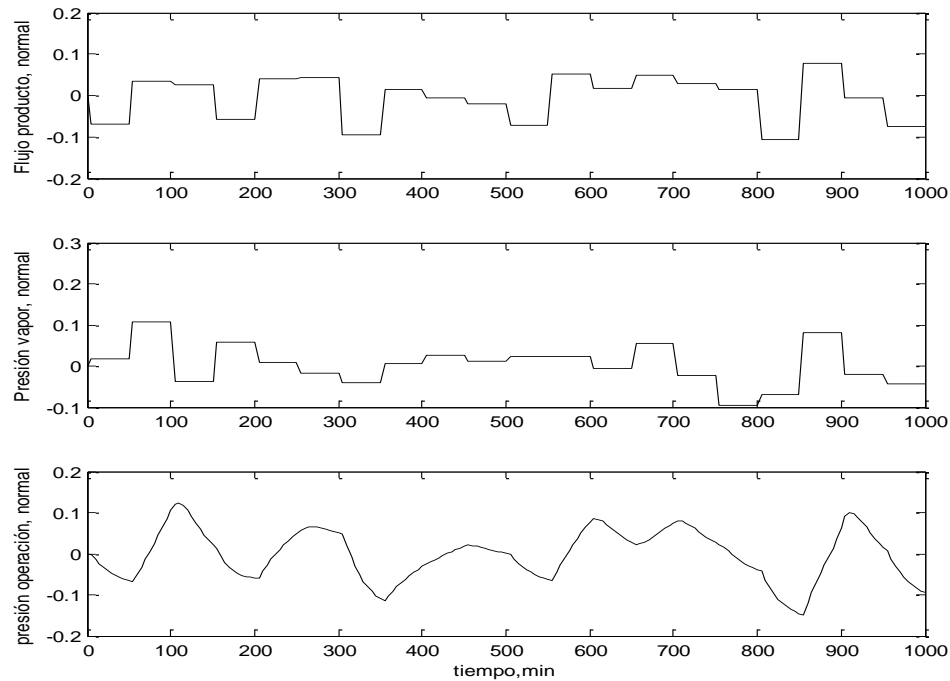
<b>Variable controlada</b>	<b>Variable Manipulada</b>	<b>Kc</b>	<b>Ti</b>
<b>L2</b>	F200	-0.601	92.671

# Identificación

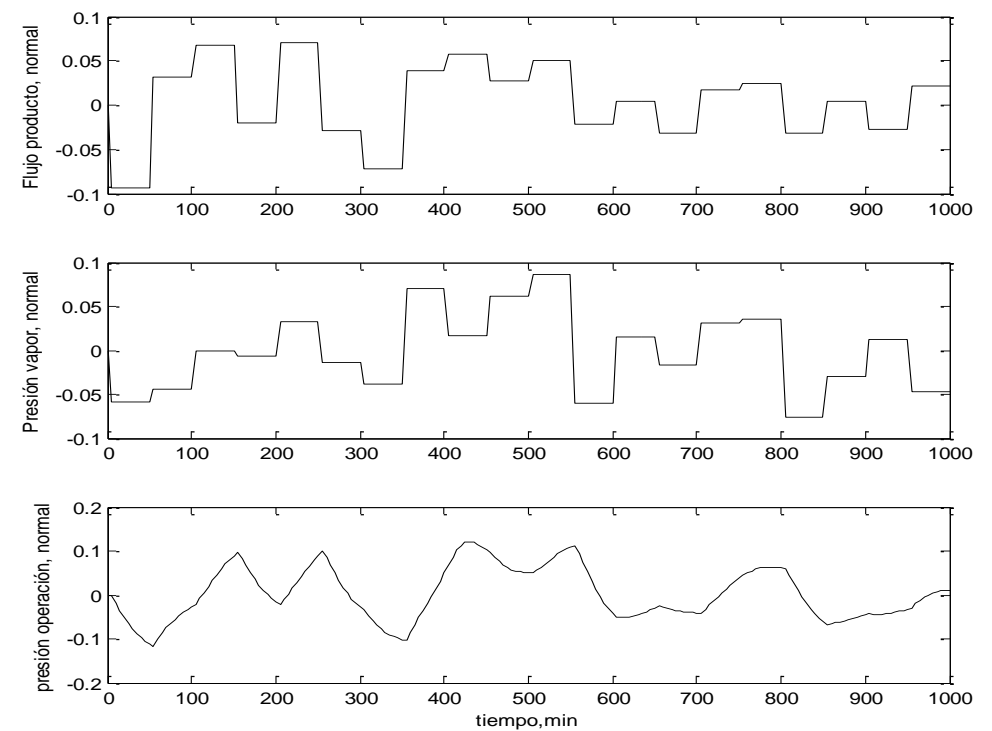


# Datos para el entrenamiento (P2 vs P100)

## Datos de entrenamiento



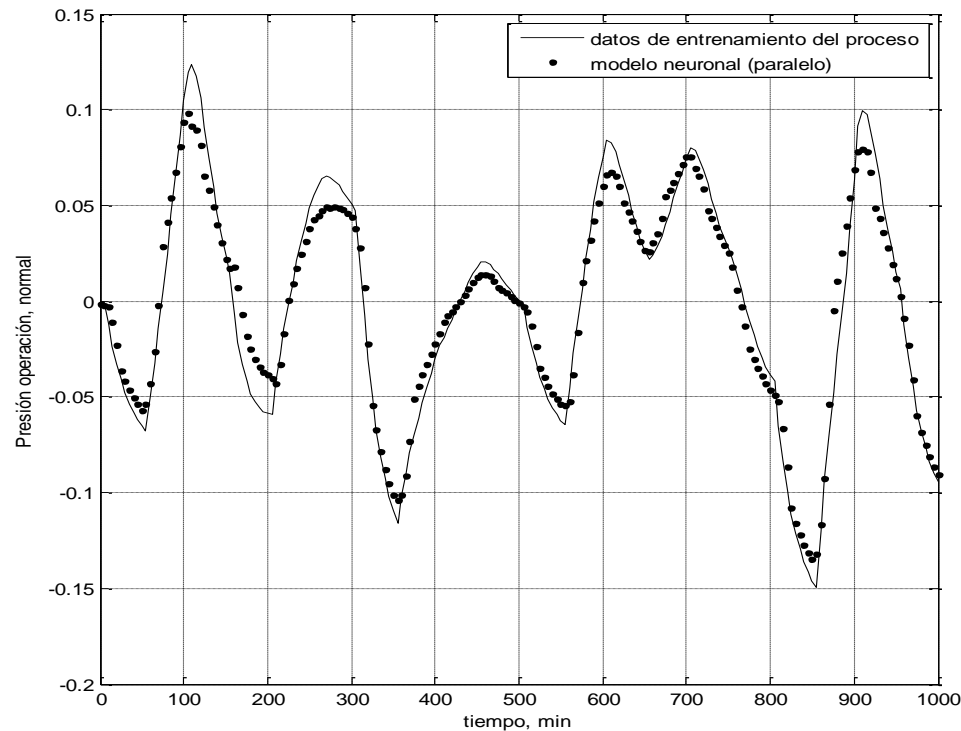
## Datos de validación



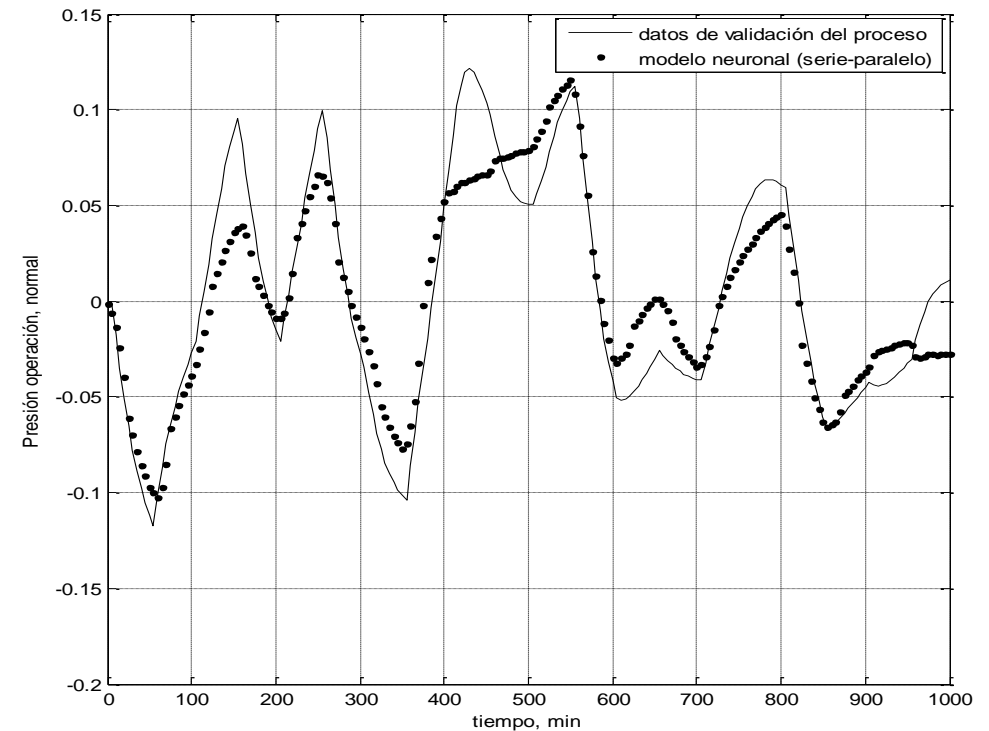


# Resultados del entrenamiento para red propagación hacia adelante

## Datos de entrenamiento

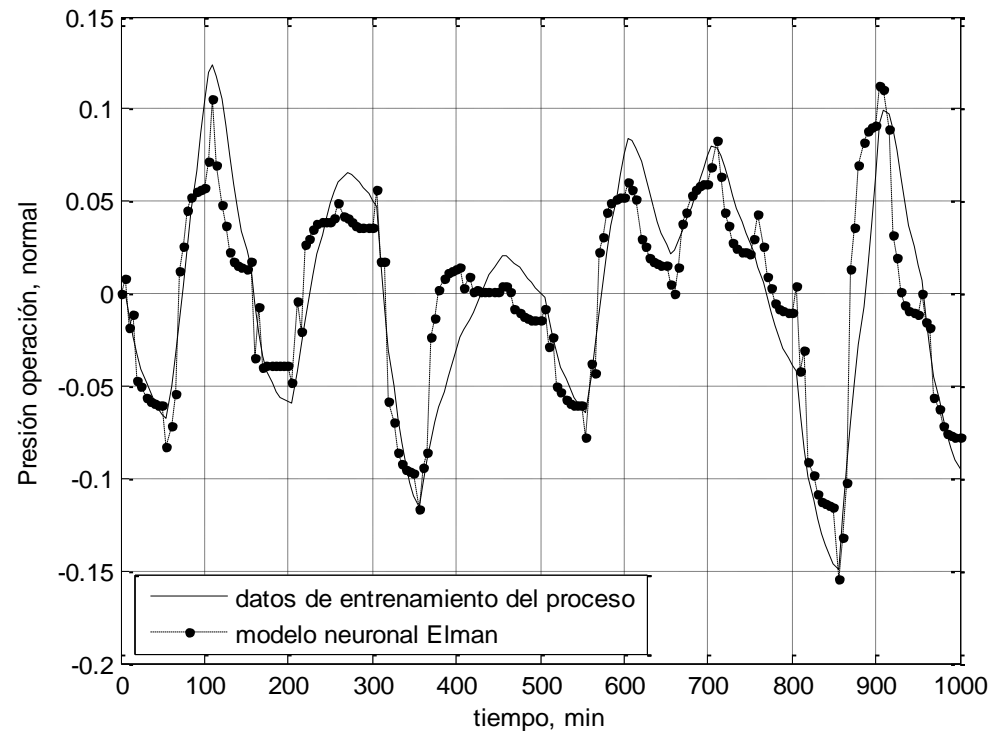


## Datos de validación

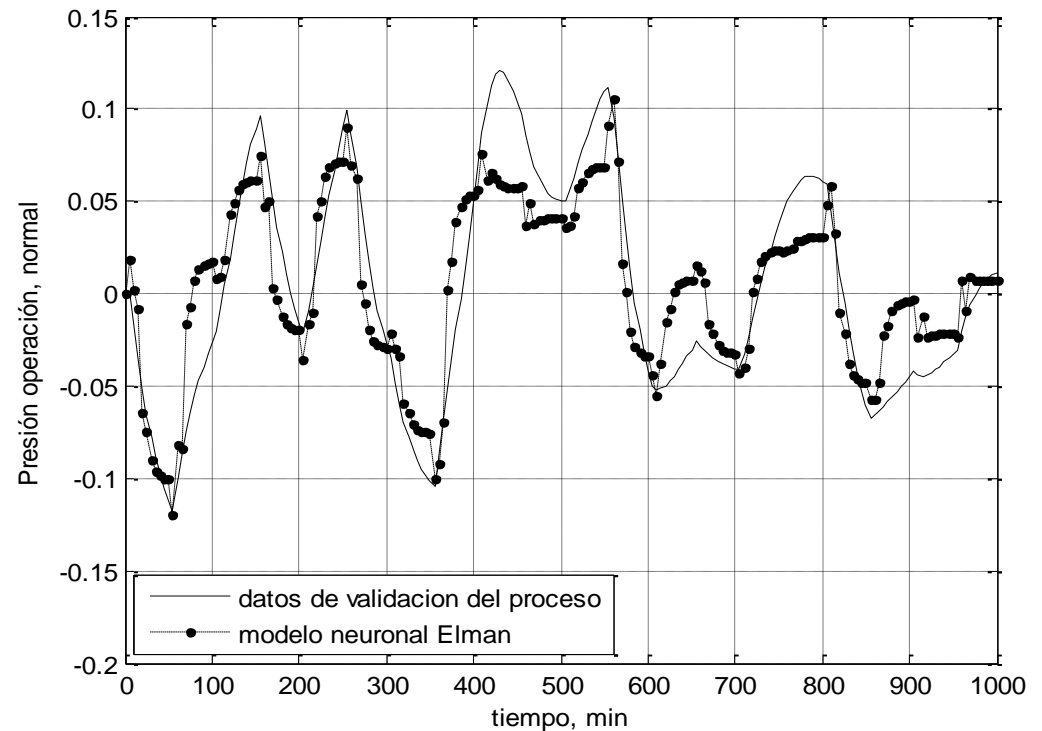


# Resultados del entrenamiento red Elman

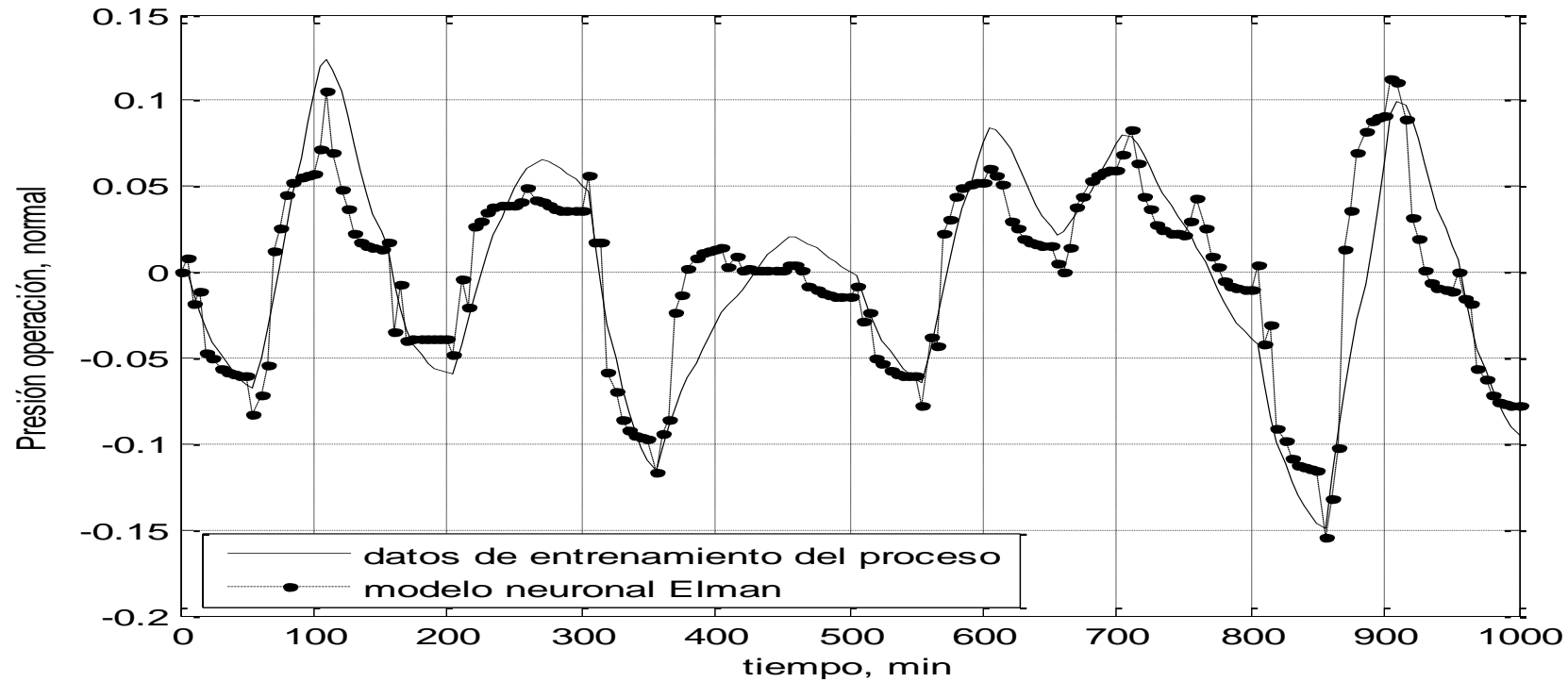
## Datos del entrenamiento



## Datos de validación



# Comparación de los modelos

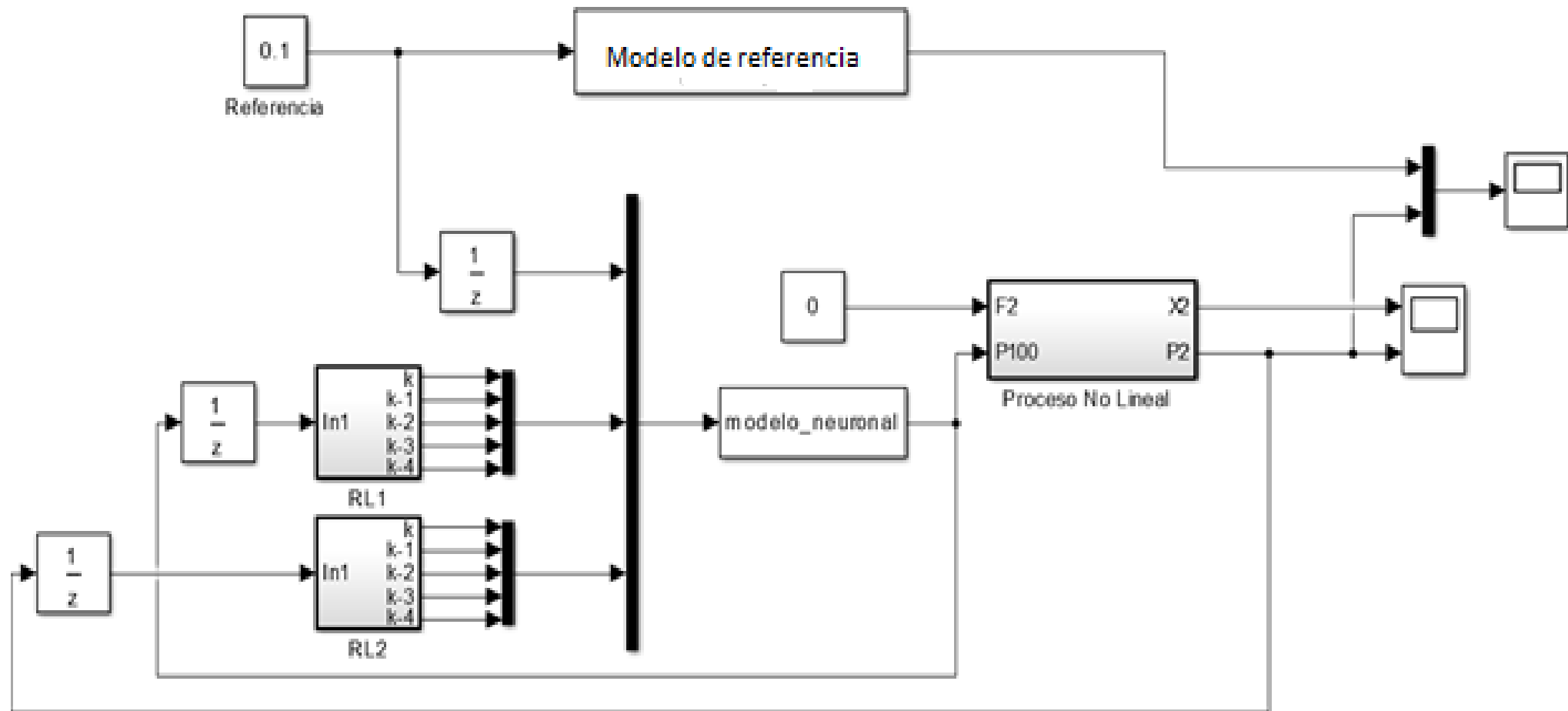


	Red de adelanto	Red Elman
datos de entrenamiento	0.0597	0.0782
datos de validación	0.0482	0.0767

# Alguna información importante

- Red propagación hacia adelante
  - Quince neuronas capa oculta
  - 500 épocas máximo
- Red Elman
  - 18 neuronas capa oculta
  - 500 épocas

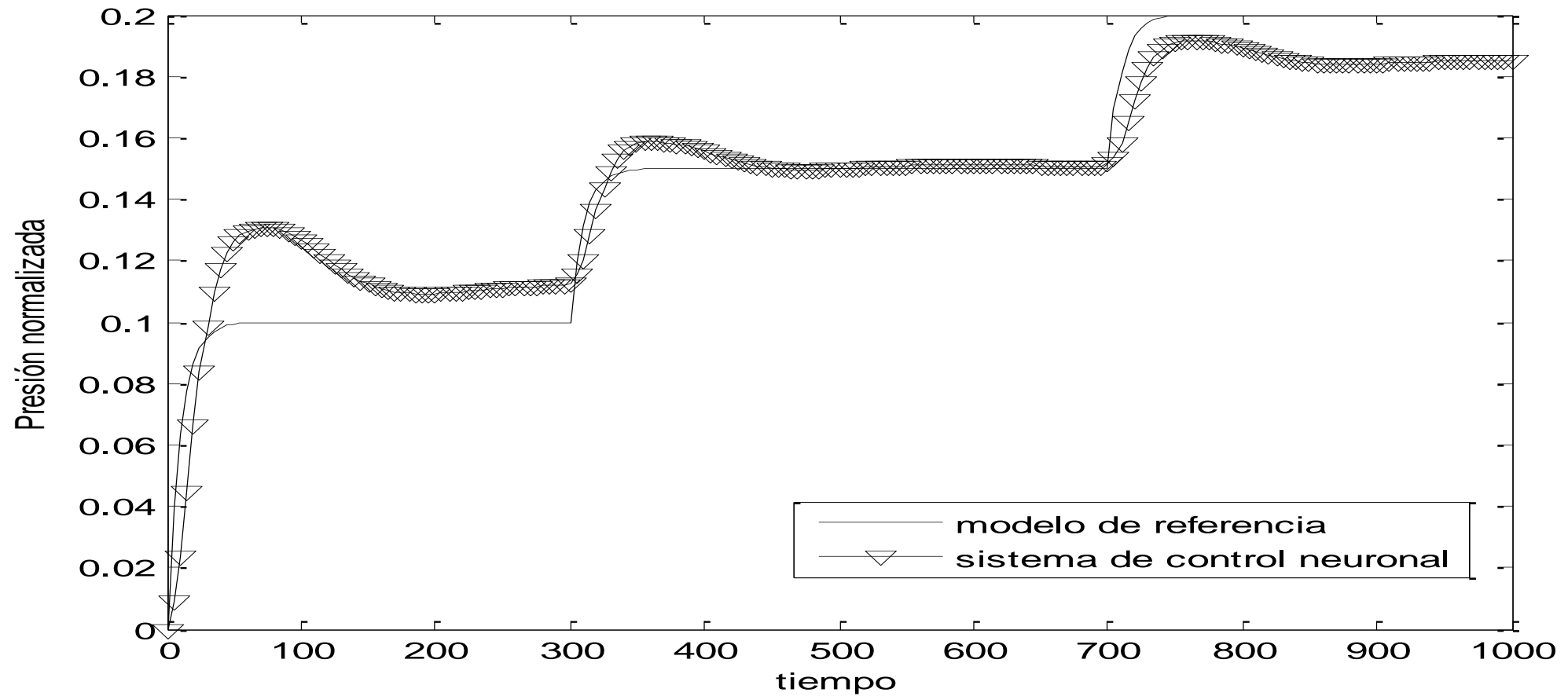
# Modelo de referencia por enfoque directo



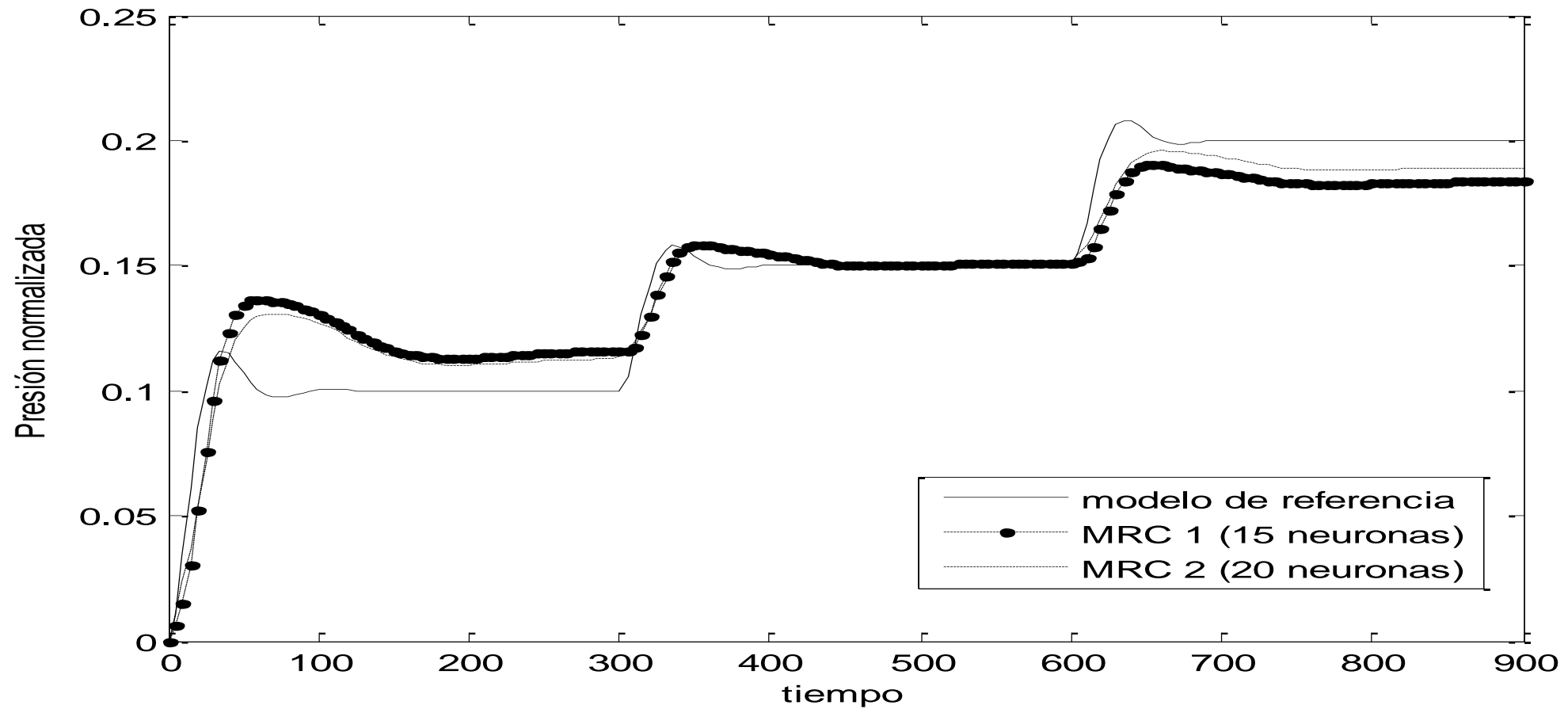
# Resultados de entrenamiento

Modelo de referencia	$\frac{1}{10s + 1}$	$\frac{1}{100s^2 + 10s + 1}$	
Neuronas capa oculta	20	15	20
Épocas utilizadas	400	400	200
Error Inicial	121.98	27.31	57.82
Error Final	9.664e-4	2.3778e-04	0.0012

Modelo 1:  $\frac{1}{10s+1}$



Modelo 2:  $\frac{1}{100s^2+10s+1}$





# Conclusiones

- El esquema de identificación en paralelo permite una fácil implementación.
- El modelo neuronal del proceso de evaporación permite representar en un sistema de múltiples entradas, una salida (MISO).
- El entrenamiento realizado es rápido, y el número de neuronas utilizadas es pequeño considerando el número de entradas de la red neuronal para un sistema no lineal.
- Es más sencillo el proceso de entrenamiento y la convergencia de la red de propagación hacia adelante que el correspondiente de la red dinámica.

# Conclusiones

- Los experimentos muestran que el controlador neuronal depende del número de neuronas a utilizar y del tipo de control de referencia implementado, pero también de las expectativas esperadas del sistema en lazo cerrado.
- Para el modelo descrito, un sistema de control de primer orden es muy difícil de conseguir, mientras que un sistema de control con alguna medida de sobrepaso es posible de alcanzarse con distintas arquitecturas neuronales y distintos acercamientos de entrenamiento.
- Los controladores diseñados parecen asimilar referencias para los que no fueron entrenados.