

**Seminarios del Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería  
2021**

**Título de Tesis**

**"CONTROL INTELIGENTE CON ALGORITMOS  
HÍBRIDOS OPTIMIZADOS APLICADO A  
MODELOS DE PROCESOS PRODUCTIVOS"**

**Tesista:** Sergio Luis Martínez

**Director:** Dr. Enrique Eduardo Tarifa

# CONTROL INTELIGENTE CON ALGORITMOS HÍBRIDOS OPTIMIZADOS APLICADO A MODELOS DE PROCESOS PRODUCTIVOS

## *Objetivo principal*

**Diseñar, sintonizar e implementar mediante simulación, sistemas de control inteligentes, orientados hacia configuraciones híbridas, y aplicados principalmente a modelos de procesos químicos que forman parte de procesos productivos o tecnológicos de la región NOA.**

## *Objetivos secundarios*

- » Estudiar y modelar procesos químicos clásicos utilizados en procesos productivos que se desarrollan en esta región.
- » Desarrollar sistemas de control inteligentes híbridos, basados en diversas tecnologías de inteligencia artificial, principalmente con redes neuronales y lógica fuzzy.
- » Aplicar procedimientos específicos para la obtención de datos requeribles en el aprendizaje de los sistemas de control inteligentes, ya sean capturados en línea, históricos u obtenidos por simulación, según disponibilidades.
- » Comparar y determinar las ventajas e inconvenientes que ofrecen los sistemas de control inteligentes frente a los sistemas clásicos de control.
- » Investigar y aplicar nuevos métodos algorítmicos para mejorar la adaptabilidad de los sistemas de control inteligentes a los esquemas de procesos modelados.

## *Selección y modelado de procesos productivos*

Se ha trabajado en el desarrollo, adaptación y/o reformulación, sobre simuladores gráficos, de algunos prototipos de modelos de procesos productivos e industriales para evaluar el funcionamiento de los sistemas de control propuestos en el proyecto de tesis.

- Tanque recto de almacenamiento con descarga gravitatoria y válvulas de carga y descarga.
- Tanque cónico de almacenamiento con descarga gravitatoria y válvulas de carga y descarga.
- Tanque mezclador con camisa calefactora.
- Sistema mezclador de caudales en línea.
- Poza solar para la concentración de sal de litio.
- Concentrador de jugo de tomate.
- Estufa para secado de tabaco.
- Reactor productor de propilenglicol.
- Reactor de esterificación.
- Tren de extracción con solvente.

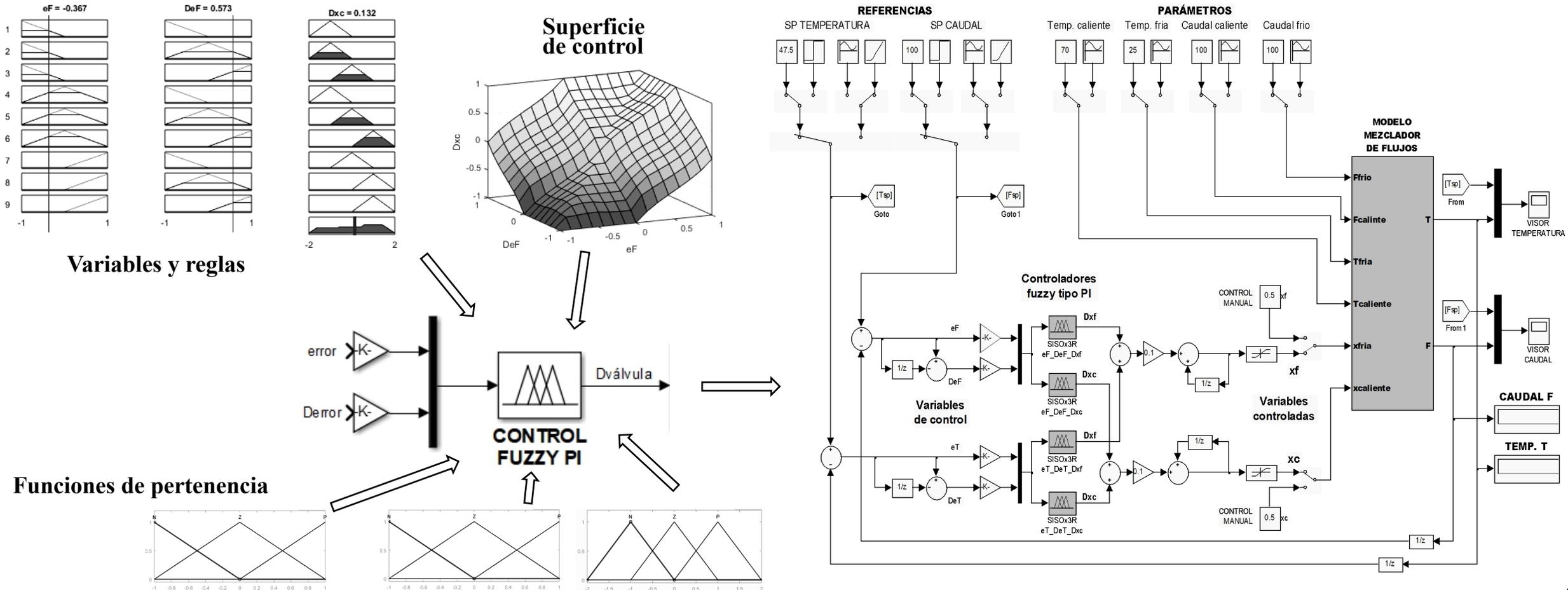
## *Recolección, generación, preprocesamiento y representación de datos*

Se han desarrollado y aplicado procedimientos para el tratamiento de datos requeridos por los modelos de los sistemas en estudio. Algunos de los métodos utilizados para el tratamiento de datos fueron:

- Reconciliación de datos de sensores empleando redes neuronales artificiales.
- Minimización de ruido en secuencias temporales de datos, utilizando redes neuronales artificiales.
- Preprocesamiento de series temporales para detección de datos anómalos.
- Análisis de Componentes Principales (PCA) con redes neuronales.
- Reducción de patrones de entrenamiento para controladores neuronales utilizando matrices de correlación cruzada.

# Modelo de controlador inteligente mono-tecnología

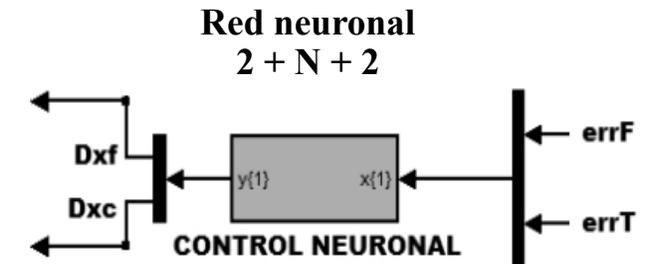
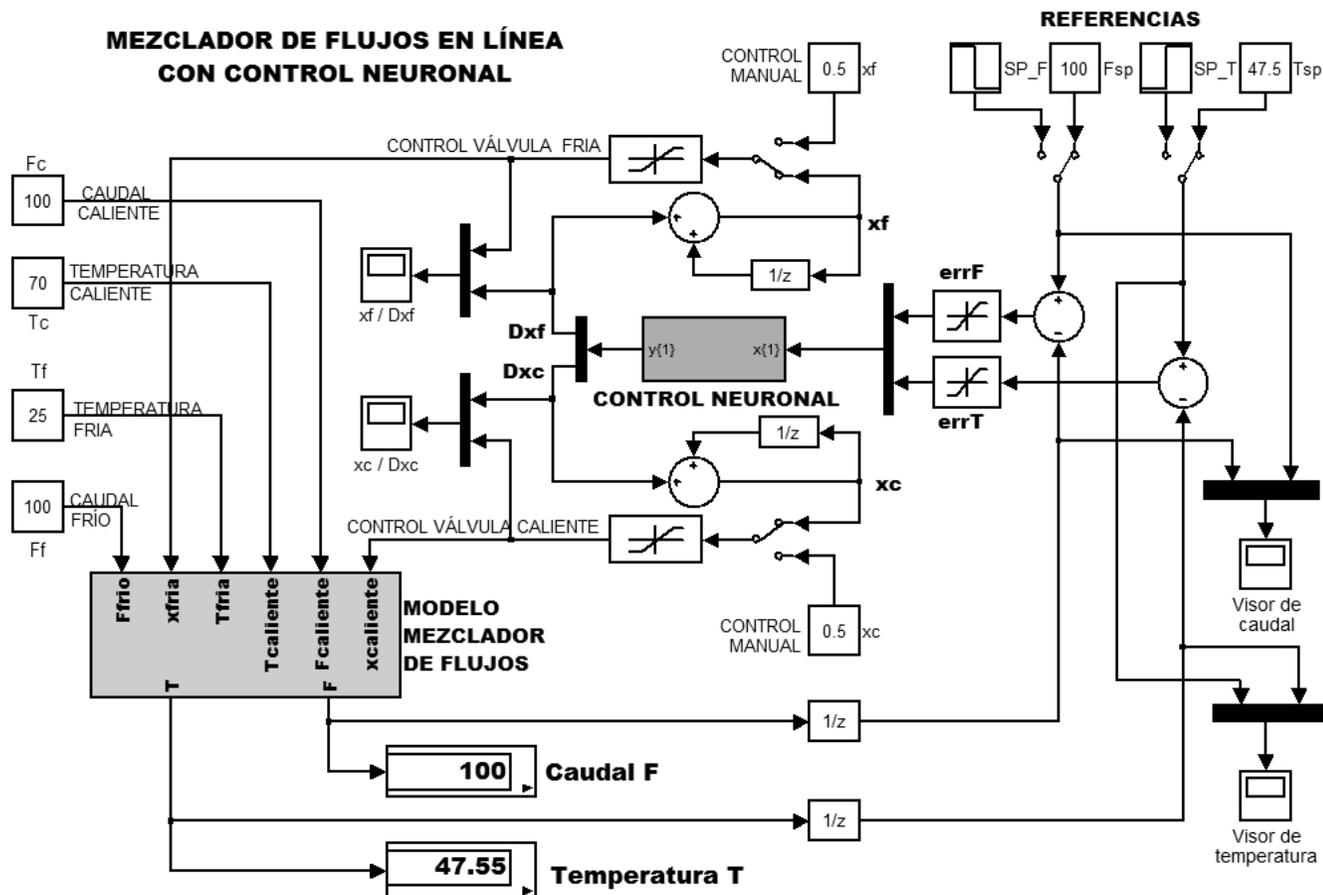
Se ha trabajado en la simulación de controladores inteligentes básicos, mono-tecnología, tales como controladores basados en lógica fuzzy y controladores neuronales, para afianzar el conocimiento sobre la operación y para analizar las dificultades en la implementación. Controladores de este tipo fueron empleados en alguno de los modelos de procesos seleccionados.



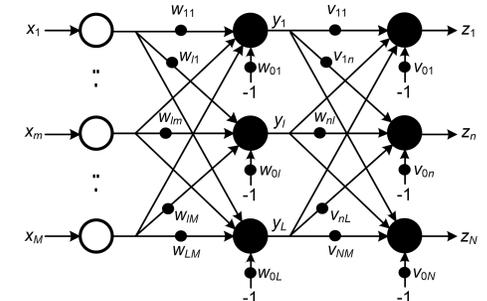
# Modelo de controlador inteligente mono-tecnología

Modelo de simulación para prueba del sistema sobre simulador gráfico.

Proceso a controlar, mezclador de caudales en línea; controlador neuronal de tipo proporcional con doble salida de control incremental. Mediante el control, se consigue un valor de caudal y temperatura preestablecido.



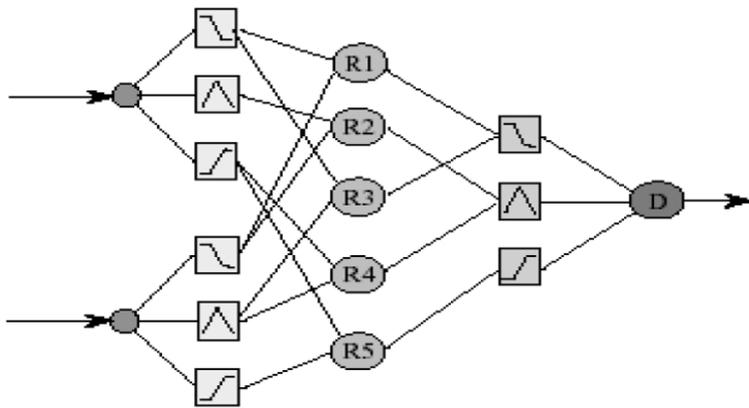
**Red neuronal feed-forward backpropagation genérica**



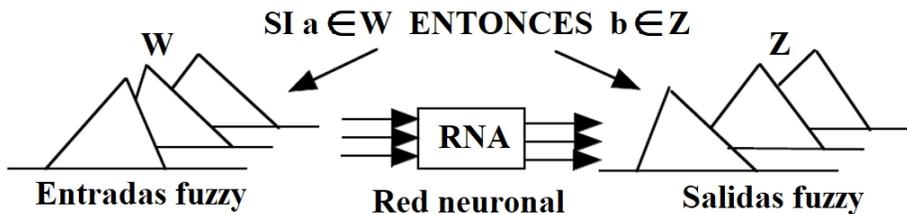
## *Modelos de controladores inteligentes híbridos*

La hibridización de controladores inteligentes abarca varias facetas que pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: la hibridización por simbiosis de tecnologías inteligentes y tecnologías estándares, y la hibridización por operatividad de modelos básicos inteligentes y estándares.

### *Simbiosis de tecnologías*

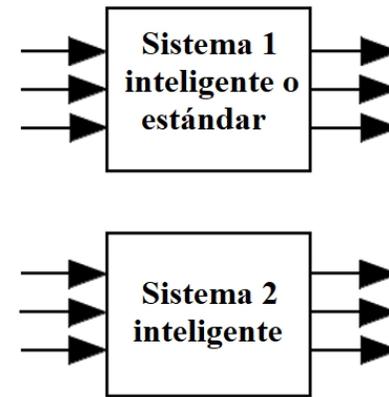


**El controlador fuzzy se organiza como una red neuronal.**

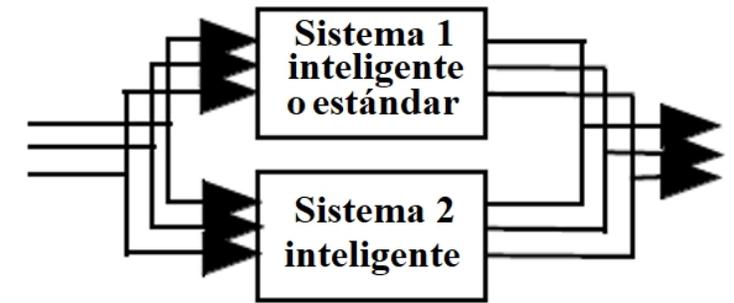


**Red neuronal con entradas y salidas fuzzy; actúa como motor de inferencia fuzzy.**

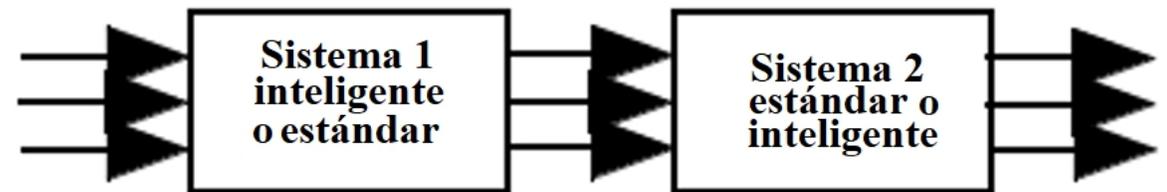
### *Hibridización operativa*



**Ambos controladores actúan independientes dentro de la misma estructura de control.**



**Ambos controladores actúan en forma conjunta y sus entradas y salidas se combinan o modifican dentro de la misma estructura de control.**



**El sistema 1 actúa como preprocesador de datos del sistema 2 (controlador).**

## ***Publicaciones de referencia***

- » Martínez S. L., Tarifa E. E., Franco Domínguez S., “Linealización de una Válvula de Control con un Bloque Compensador Neuronal”, Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA, N°3, noviembre 2017, 150-156, ISSN: 1853-6662, 2017.
- » Ituarte L. E., Martínez S. L., Tarifa E. E., “Heliostatos y el control automático de orientación: una opción de mejora para las plantas de energía solar de la provincia de Jujuy”, Difusiones, N° 14, 63-70, ISSN: 2314-1662, 2018.
- » Martínez S. L., Tarifa E. E., Gruer J. P., “Esquema híbrido por operatividad de controladores inteligentes”, XIV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, 5 y 6 de septiembre, San Miguel de Tucumán, ISBN 978-987-754-203-5, 2019.
- » Martínez S. L., Tarifa E. E., Ituarte L. E., “Controladores inteligentes tipo integral. Arquitectura fuzzy vs. Arquitectura neuronal”, VI Simposio Internacional de Investigación, 12 y 13 de septiembre, San Salvador de Jujuy, Argentina, 2019.
- » Tarifa E. E., Núñez A. F., Franco Domínguez S., Martínez S. L., “Optimización de un tren contracorriente de unidades mezcladoras-decantadoras”, XIV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, 5 y 6 de septiembre, San Miguel de Tucumán, ISBN 978-987-754-203-5, 2019.
- » Tarifa E. E., Núñez A. F., Franco Domínguez S., Martínez S. L., “Propagación de errores en simulación estacionaria”, XIV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, 5 y 6 de septiembre, San Miguel de Tucumán, ISBN 978-987-754-203-5, 2019.