

## DEPARTAMENTO DE IRRIGACIÓN

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN MODELO  
PARA EL ANÁLISIS HIDRÁULICO DE UN DISPOSITIVO  
TRABAJANDO A PRESIÓN O SUPERFICIE LIBRE**

**TESIS PROFESIONAL:**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN IRRIGACIÓN**

**PRESENTA:**

**ROBERTO ARELLANO CHOCA**

**DIRECTOR:**

**DR. MAURICIO CARRILLO GARCÍA**

*Chapingo, Texcoco Mayo del 2016*





## RESUMEN

La aplicación de modelos de caja negra a distintos problemas ha demostrado ser adecuada, a pesar de que estos no se basan en la comprensión de los fenómenos físicos involucrados, como en el caso de los modelos físicos. En particular, su aplicación en el campo de la Hidrología es reciente y prometedora. Dada la importancia de la predicción de caudales medios diarios en ríos, no solo a escala local, es necesario ampliar el número de herramientas disponibles. Esto con el fin de generar predicciones adecuadas a 24, 48, 72 y 96 horas en el futuro de caudales en ríos.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son uno de estos modelos de caja negra y en el presente trabajo se aplicaron dos tipos particulares: Redes neuronales artificiales autorregresivas (NAR) y redes neuronales artificiales autorregresivas con entrada externa (NARX). De estos dos tipos de redes se obtuvo un ajuste, utilizando la Eficiencia de Nash-Sutcliffe, de entre 0.57 a 0.69 para predicciones de 24 horas en el caso de NAR y de entre 0.84 a 0.88 también para predicciones de 24 horas para la NARX. Estos resultados son entre satisfactorios y buenos para la NAR y entre buenos y muy buenos para la NARX.

El ajuste de las RNA-NARX es comparable, en la predicción a 24 horas, al obtenido en un trabajo previo utilizando Filtro de Kalman para la predicción de caudales medios diarios en el río Turbio, Guanajuato. Sin embargo, en Matlab, es más fácil implementar redes neuronales que Filtro de Kalman.

**Palabras Clave:** Modelos de caja negra, Red Neuronal Artificial, NAR, NARX, Filtro de Kalman.