

## Topología de RNA Propuesta para Procesar Señales de Transductores de Temperatura del Tipo RTD con Coeficiente Negativo

LÓPEZ-VILLARREAL, Abraham Antonio†\*, MEDINA-MUÑOZ, Luis Arturo, RODRÍGUEZ-ESPINOZA Ildenfonso, LÓPEZ-VALENCIA, Gabriel

*Instituto Tecnológico de Nogales, Departamento de Posgrado e Investigación  
Universidad Tecnológica de Nogales, Cuerpo académico de Tecnologías de la Información*

Recibido Septiembre 30, 2016; Aceptado Febrero 01, 2017

### Resumen

El presente trabajo muestra un análisis con diferentes topologías de RNA para generar una propuesta que pueda procesar la información generada en un transductor de temperatura del tipo RTD de coeficiente negativo con salida no lineal de la manera más eficiente posible. La selección de esta propuesta ayudará a facilitar el uso de este dispositivo de medición para integrarlo en sistemas de medición y control sin pensar en las desventajas de su no linealidad.

**Topología, RNA, Transductor, RTD, No linealidad**

### Abstract

The purpose of this paper is to analyze different RNA topologies and propose a configuration that can be used to process information from an RTD type temperature transducer with negative coefficient and non-linear output. To choose this propose to help us in use this measures devices to easy.

**Topology, RNA, Transducer, RTD, No linearity**

Citación: LÓPEZ-VILLARREAL, Abraham Antonio, MEDINA-MUÑOZ, Luis Arturo, RODRÍGUEZ-ESPINOZA Ildenfonso, LÓPEZ-VALENCIA, Gabriel. Topología de RNA Propuesta para Procesar Señales de Transductores de Temperatura del Tipo RTD con Coeficiente Negativo. Revista de Prototipos Tecnológicos 2017, 3-7: 27-31

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [abraham.a.lopez@nokia.com](mailto:abraham.a.lopez@nokia.com) )

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

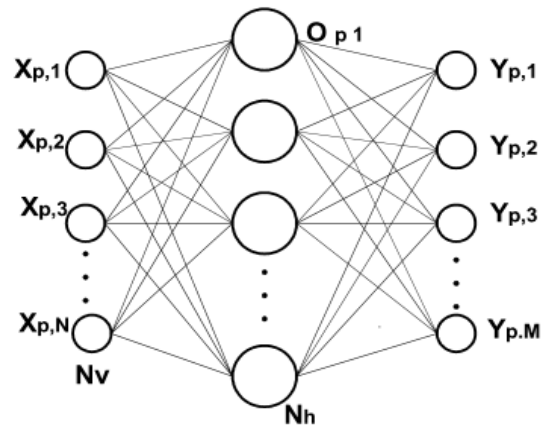
Este trabajo consiste en proponer 6 diferentes topologías de redes neuronales artificiales para estudiar su respuesta en presencia de un conjunto de datos de validación que son provistos por un transductor de temperatura del tipo RTD. Todas las estructuras propuestas se entrenan con el algoritmo Lavenberg-Marquardt y Bayesiano, los cuales vienen definidos en MATLAB [1] y el uso de la función de activación TANSIG. El resultado de este análisis propone el uso de una estructura definida específicamente para este transductor, que puede ser implementada en software, usando cualquier ambiente de programación para PC's, o pueden llevarlo a niveles de desarrollo de hardware con DSP o microcontroladores potentes.

Tradicionalmente las RNA's son implementadas por software en sistemas computacionales que cuentan con CPU's poderosos, grandes recursos de memoria, compiladores y almacenamiento. Por lo que el trabajo de desarrollo de software para emular y entrenar RNA's no tiene restricciones en cuanto al consumo de los recursos del sistema.

Las implementaciones en hardware han sido poco exploradas, ejemplos de investigaciones la tenemos en [3] donde se diseñó un procesador neural de ejecución en paralelo cuya característica principal fue que su rapidez de operación superó implementaciones en MATLAB y en ambientes de programación en lenguaje C.

## Perceptron multicapa

Teniendo como objetivo el análisis de diferentes estructuras de RNA's, se implementaron estructuras semejantes a las mostradas en la figura, donde se muestra la forma general de un MLP. La figura 1 muestra solo una capa oculta pero en este trabajo se utilizaron topologías con con una capa de entrada, 2 capas ocultas y una capa de salida.



**Figura 1** Estructura general de un MLP. Elaboración propia

De la figura 1, el valor de salida de la capa oculta,  $O_{p,j}$  para la  $j$ -ésima neurona y el patrón de entrenamiento están definidos como  $O_{p,j} = f(\text{net}_{p,j})$  con:

$$\text{net}_{p,j} = \sum_{i=1}^{n+1} w_{j,i} * x_{p,i} \quad (1)$$

Para el MLP, la función de activación más común es la función sigmoide para la capa escondida y una función puramente lineal para la capa de salida, en el caso de este trabajo, utilizando la función tansig, la  $j$ -ésima salida de la capa oculta estaría definida por:

$$O_{p,j} = f(\text{net}_{p,j}) = \frac{2}{(1+e^{-2n})-1} \quad (2)$$

Teniendo  $n$  patrones de entrenamiento definidos por un conjunto de datos  $(x_p, t_p)$  como entrada y salida de la RNA.

El desempeño general de una MLP puede ser medido por el promedio del cuadrado del error, MSE, el cual se define como:

$$E = \sum_{i=1}^n E(i) \quad (3)$$

## Entrenamiento de las RNA's

Para el entrenamiento de las RNA's se utilizó un conjunto de datos obtenidos caracterizando un transductor de temperatura del tipo RTD obtenidos de [4].

Las redes neuronales usadas siguen una forma semejante a la mostrada en la figura 2, que es 1 neurona en la capa de entrada, 10 neuronas en la primera capa escondida, 10 neuronas en la segunda capa escondida y una neurona de salida. La única diferencia de esta estructura definida en la figura 1 con respecto a las otras 5 es la variación de la cantidad de neuronas en las 2 capas ocultas.

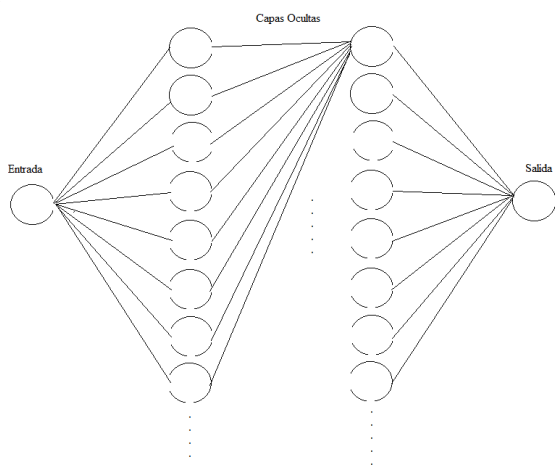


Figura 2 Estructura de RNA propuesta. Elaboración propia

La figura 3, nos muestra la respuesta al uso del conjunto de datos para prueba. La gráfica de color azul es la que se refiere al conjunto de datos de entrenamiento y la de color rojo es referente a los resultados arrojados por la RNA en particular. Observamos como los resultados no siguen de manera fiel al conjunto de datos originales por lo que no se puede definir como una RNA para opciones de implementación.

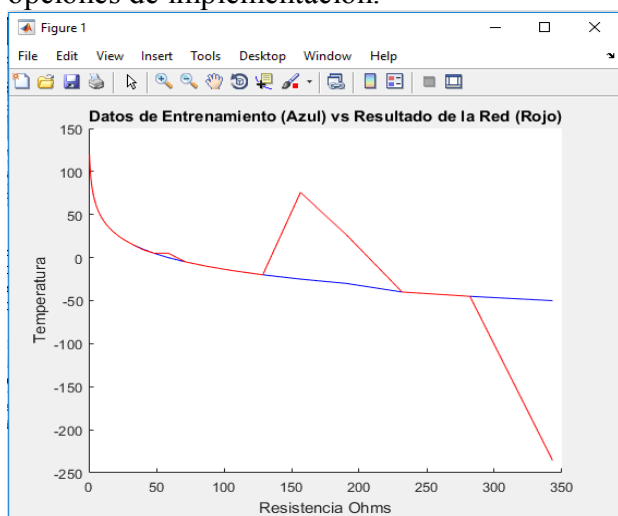


Figura 3 RNA 1:10:10:1. Elaboración propia

La RNA de la figura 4, tiene una red del mismo tipo que la figura 3 pero se utiliza el algoritmo de entrenamiento bayesiano.

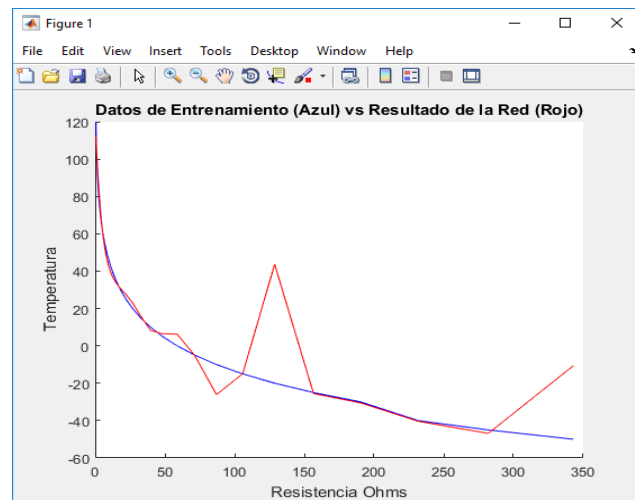


Figura 4 RNA 1:10:10:1. trainbr.

Podemos ver como análogamente a la figura 3 la respuesta obtenida no es la deseable y es imposible de seleccionar como una red adecuada para el RTD.

En la figura 5 vemos los resultados obtenidos del entrenamiento de una RNA con el algoritmo trainbr, de la cual prácticamente resumimos en cuanto a la respuesta se refiere, como no óptima para ser una opción válida en su implementación.

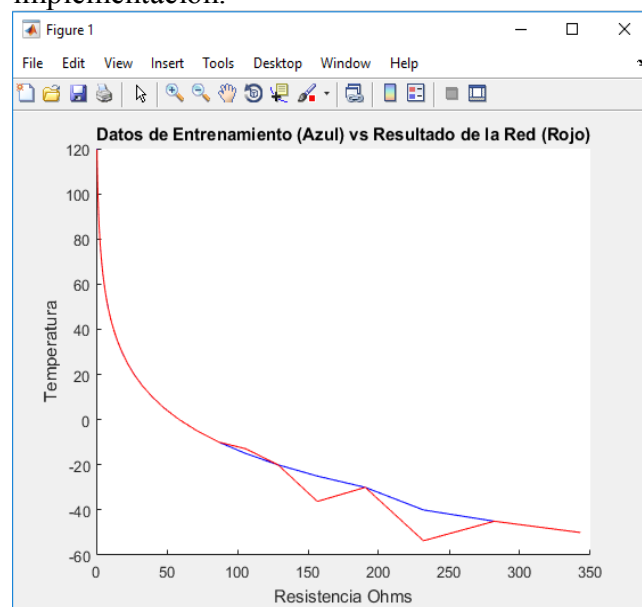
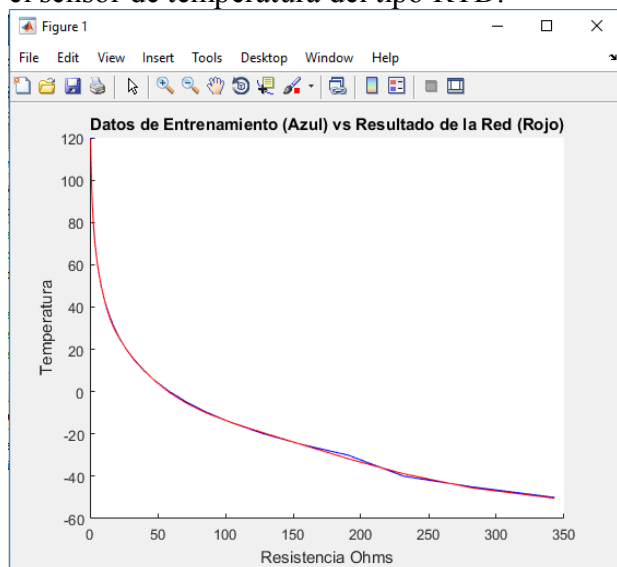


Figura 5 RNA 1:12:12:1, trainbr. Elaboración propia

La figura 6, muestra una respuesta de la RNA con una estructura 1:15:15:1, con entrenamiento bayesiano, donde ambas gráficas coinciden en lo general, por lo que podemos proponer una arquitectura de este tipo para procesar la información que se genera mediante el sensor de temperatura del tipo RTD.



**Figura 6** RNA 1:15:15:1, trainbr. Elaboración propia

La tabla 1, nos muestra valores numéricos resultantes tras probar la topología de RNA 1:15:15:1, tainbr, donde podemos observar la exactitud de esta estructura que muestra un error aproximadamente de  $\pm 1$  grado centígrado.

Resistencia (Ohms) RTD	Temperatura exacta	Temperatura RNA
343.004	-50	-50.378
281.953	-45	-45.492
231.769	-40	-38.875
156.607	-30	-31.658
128.733	-25	-25.077
105.820	-20	--19.603
86.985	-15	-14.902
71.503	-10	-10.365
58.776	-5	-5.574
58.776	0	-0.433
48.315	5	4.903
39.715	10	10.201
32.646	15	15.281
26.835	20	20.101
22.059	25	24.766
18.133	30	29.465
14.905	35	34.371
12.252	40	39.538
10.071	45	44.874
8.279	50	50.193
6.805	55	55.324
5.594	60	60.195
4.598	65	64.859
3.780	70	69.465
3.107	75	74.182
2.554	80	79.130
2.099	85	84.338
1.725	90	89.746
1.418	95	95.226
1.166	100	100.626
0.958	105	105.804
0.788	110	110.642
0.647	115	115.069
0.532	120	119.037

**Tabla 1** Comparación numérica de la RNA propuesta

**Conclusiones**

El presente trabajo mostró una propuesta de RNA especialmente definida para procesar información de sensores resistivos con coeficiente negativo de temperatura del tipo RTD. Esta propuesta fue elegida de acuerdo a una comparación en cuanto a su respuesta, después de experimentar con diferentes arquitecturas de RNA, donde se analizaron sus resultados gráficos y se mostró cual estructura era la más eficiente para este tipo de transductores.

Estos resultados servirán para que se puedan desarrollar sistemas de medición y de control enfocados a realizar su tarea mediante el conocimiento del valor de la temperatura.

También, este trabajo muestra una técnica para tratar dispositivos transductores con respuesta no lineal de una manera fácil sin necesidad de utilizar herramientas matemáticas para su linealización y posterior utilización en instrumentación.

Trabajos futuros implican tomar estos conocimientos y aplicarlos en la experimentación de otros tipos de transductores para sensores parámetros distintos y poder establecer metodologías para los sistemas de medición y control.

**Referencias**

Neural networks toolbox. [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com).

Medina Luis, Vega Javier. Implementación de la función de activación sigmoide de una red neuronal en un FPGA. Instituto Tecnológico de Chihuahua. CIECE-CITEE.

Mila de la Roca, Randon E. Design of parallel neural processor. Universidad Simón Bolívar. Caracas Venezuela.

Vera A, Hinojosa J, Duarte M, Noriega J, González L. Red neuronal para caracterización de un sensor de temperatura no lineal. Departamento de Investigación en física. Universidad de Sonora.

Ceballos Francisco. Enciclopedia de Microsoft Visual C#. 2 Edición. Ed. Alfaomega.

Hagan Martin, Demuth Howard, Beale Mark. Neural Network Design. PWS Publishing Company.