

MEJORA DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE PERSONAL MEDIANTE LA APLICACIÓN DE REDES NEURONALES: UN CASO DE ESTUDIO EN EL SECTOR TEXTIL

*IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF SELECTION OF
PERSONNEL THROUGH THE APPLICATION OF NEURAL
NETWORKS: A CASE STUDY IN THE TEXTILE SECTOR*

Carlos Alfredo Morales Núñez

Universidad de Guanajuato
carlos.mrls@hotmail.com

Alejandro Ortega Hernández

Universidad de Guanajuato
professor_alejandro@hotmail.com

John Alejandro Montañez Barrera

Universidad de Guanajuato
ja.montanezbarrera@ugto.mx

Rocío Alfonsina Lizárraga Morales

Universidad de Guanajuato
ra.lizarragamorales@ugto.mx

Miguel Alfonso Becerra Montañez

Universidad de Guanajuato
ma.becerramontanez@ugto.mx

Resumen

En el escenario actual de competitividad entre empresas, el factor humano juega un papel importante como recurso activo para la organización, es por eso que la mala selección a menudo se toma en cuenta como un aspecto negativo con resultados adversos como altos costos, baja productividad, falta de compromiso y alta deserción. Este estudio se centra en la mejora del proceso de selección de personal de una empresa del sector textil utilizando Red Neuronal Artificial (RNA) de clasificación. Para la selección de variables se diseñó un proceso de selección con base en las necesidades de la organización y bajo criterios de los expertos en la selección de personal dentro de la organización, los datos de entrenamiento fueron extraídos de sus datos históricos, utilizando la experiencia previa en la

contratación, con aquellos casos que por sus resultados evidenciaron una mala selección y así mismo con los que presentaron buen desempeño. El resultado del entrenamiento de la red es del 100% en la clasificación y su aplicación en la empresa se desarrolló con una plantilla en Excel para la gestión de la información.

Palabra(s) Clave: Redes neuronales artificiales, Selección de personal, Perceptrón multicapa.

Abstract

In the current scenario of competition between companies, the human factor plays an important role as an active resource for the organization, due this, the bad selection is often taken into account as a negative aspect that results in adverse outcomes such as high costs, low productivity, a lack of commitment and high desertion of employees. This study focuses on improving the recruitment process of a company in the textile sector using a classification Artificial Neural Network (ANN). For the selection of variables a selection process was designed based on the needs of the company and under the criteria of the expert in the selection of personnel within the organization, the training data was extracted from their historical data, using the previous experience in hiring, with those cases that by their results. The result of the training of the network is 100% in the classification and its application in the company is fulfilled with a template in Excel for the management of the information.

Keywords: Artificial neural networks, Multilayer perceptron, Personnel selection.

1. Introducción

En los últimos años, empresas de distintos sectores se han enfrentado a grandes retos, cada vez más complejos, los cuales requieren atención y acciones especializadas. La toma de decisiones y la innovación en los procesos juegan un papel importante para lograr una ventaja competitiva, demostrando que la mejora en los recursos humanos es considerada como uno de los procesos más significativos para una organización [Weeramanthrie *et al.*, 2017]. A medida que las actividades comerciales van tomando un mayor peso en el ámbito global y las

empresas comienzan a expandir sus operaciones, surge la necesidad de que los recursos humanos optimicen los procesos de las actividades que llevan a cabo, con la finalidad de asegurar la contratación y la permanencia de los empleados más aptos para los puestos de trabajo. Durante mucho tiempo, las organizaciones han atravesado por grandes problemas para encontrar a las personas más aptas para un trabajo en específico [Akinyede & Daramola, 2013]. Hay modelos que incluyen las funciones de las redes neuronales artificiales con la selección de personal como el trabajo elaborado por [Cuevas, 2013], donde con base en la importancia de reclutar buen personal, genera un modelo de selección de personal, que involucra la medición de la personalidad de candidatos a una vacante mediante el estudio de los dieciséis factores de la personalidad (16PF) planteado por Raymond B. Cattell. En el trabajo elaborado por [Sexton, McMurtrey, Michalopoulos, & Smith, 2005] se menciona que los recursos humanos hoy en día son la única ventaja competitiva sostenible y por lo tanto no sólo es importante seleccionar a las mejores personas para un puesto determinado, sino además retenerlas para alcanzar el éxito de las tareas del puesto. Hace enfoque al uso de redes neuronales para poder predecir la rotación del personal y tomar acciones preventivas en la fuerza de trabajo, se descubrió que una red neuronal entrenada por un algoritmo de optimización simultánea de redes neuronales en un diseño experimental de validación cruzada de diez pliegues puede predecir con un alto grado de precisión la tasa de rotación de una pequeña empresa de fabricación de metal.

El trabajo de Acevedo, Caicedo y Loaiza [2006], es un caso de estudio sobre un problema en la selección de personal, específicamente para la selección de cadetes de la escuela naval "Almirante Padilla" de Cartagena, Colombia, donde como resultado se obtuvo una mejora en los procesos de selección para el personal que desea ingresar a dicha institución, y a su vez hacer una predicción de la permanencia de los individuos seleccionados en la misma.

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar el proceso de selección de personal en una empresa del sector textil del estado de Guanajuato, aplicando una red neuronal de tipo perceptrón multicapa basada en los criterios de selección y evaluación de personal de la empresa Aztexil SA de CV, con el objetivo de ayudar

a la toma de decisiones por parte del departamento de recursos humanos en la elección de los mejores candidatos para los puestos de trabajo determinados.

Selección de personal

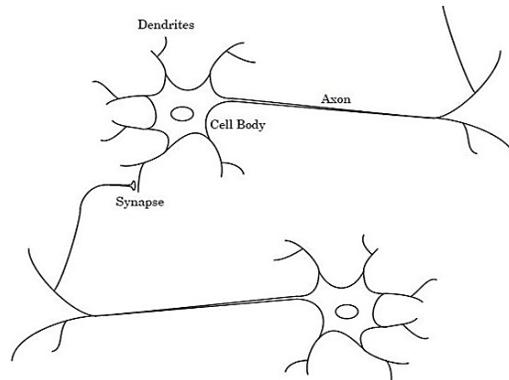
Se denomina selección de personal al proceso donde las organizaciones escogen a uno o varios candidatos y deciden realizar una oferta de trabajo formal y los candidatos seleccionados deciden aceptarla o no. La selección de personal representa un componente importante en administración de recursos humanos con el objetivo de crear y mantener organizaciones efectivas [Ispas & Borman, 2015]. El objetivo primordial del proceso de selección de personal depende principalmente de evaluar las diferencias entre los candidatos y ayudar a poder predecir su rendimiento en la organización. Como en los problemas de incertidumbre, los humanos no hacen buenas predicciones para los problemas cuantitativos a comparación de las que hacen con problemas cualitativos [Güngör, Serhadlioglu, & Kesen, 2009]. Como parte integral del sistema de recursos humanos, el objetivo único de la selección es clasificar y elegir a los más aptos candidatos según lo requieran las organizaciones [Chiavenato, 2007].

Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están remotamente relacionadas con las redes neuronales biológicas (figura 1). El cerebro consiste en un gran número de elementos altamente conectados llamados neuronas que generalmente son definidas en las etapas tempranas de edad y modificadas conforme transcurre el tiempo. Aunque las RNA no se acercan a la complejidad del cerebro, existen dos similitudes clave, la primera es que los bloques de construcción de ambas redes son dispositivos de computación simple, la segunda es que las conexiones entre neuronas determinan la función de la red [Martin, Howard, & Mark, 1996].

Las características principales de las RNA son que, aprenden de la experiencia, es decir en base a su entorno tienen la posibilidad de modificar su comportamiento para producir respuestas consistentes, generalizan de ejemplos anteriores a nuevos ejemplos, es decir, una vez entrenadas, pueden tener respuestas similares a ligeras

variaciones en las entradas y además son capaces de aprender algo que nunca habían visto como un patrón por ejemplo [Cárdenes, 2006].



Fuente: [Martin, Howard & Mark, 1996].

Figura 1 Taxonomía de una red neuronal biológica.

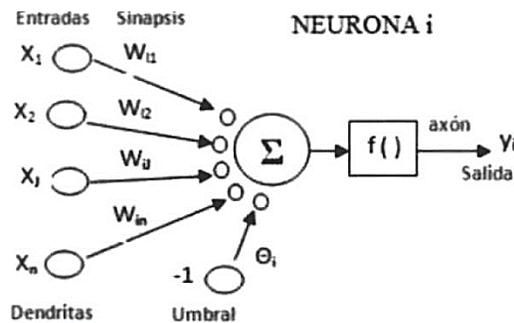
De manera general, una RNA es una máquina diseñada para modelar la forma en la que el cerebro realiza una tarea o función de interés en particular, usualmente es implementada utilizando componentes electrónicos o es simulada mediante software en computadora digital. Para lograr un buen desempeño, las RNA emplean una gran interconexión de neuronas (unidades procesadoras) [Haykin, 1999].

Las RNA ofrecen propiedades útiles como lo son la no linealidad, es decir, las neuronas y sus interconexiones pueden ser lineales o no lineales, el mapeo de entradas y salidas que puede ser modificado según el entrenamiento de la red para obtener salidas esperadas conforme a las entradas de esta, la capacidad de la red para adaptar los cambios en los pesos sinápticos sobre el ambiente que la rodea, en la clasificación de patrones, provee información sobre qué patrones elegir y muestra confianza sobre las decisiones tomadas, el contexto de la información se trata de manera natural, tienen uniformidad de análisis y diseño que parte de su analogía neurobiológica [Haykin, 1999]. La figura 2 muestra un ejemplo la taxonomía del modelo de RNA de una neurona estándar [Del Brio, 2002].

Perceptrón Multicapa

Es un tipo de RNA que sirve como un actuador universal de funciones. Es una red de retro propagación (Backpropagation) que contiene al menos una capa oculta

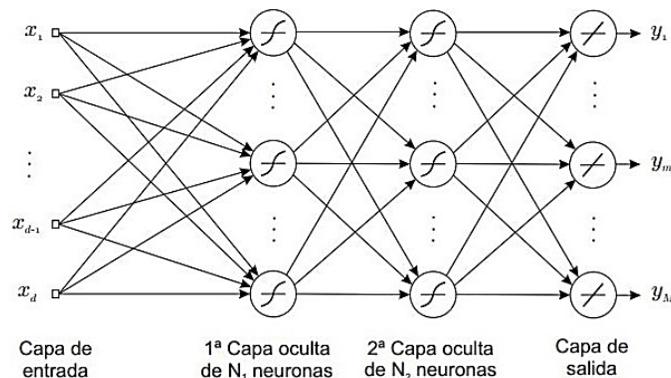
con suficientes unidades no lineales y que puede aproximar cualquier tipo de función o relación continua entre un grupo de variables de entrada y salida. Es por esto que es un tipo de RNA flexible y no lineal, que tiene la capacidad de generalización, es decir, de dar salidas satisfactorias a entradas que el sistema no ha visto antes en su fase de entrenamiento. Tiene una arquitectura compuesta por una capa de entrada, una capa de salida y una o más capas ocultas [Marín, 2007].



Fuente: [Del Brio, 2002].

Figura 2 Taxonomía de una red neuronal artificial.

El término de capa oculta hace referencia a que esta parte de la red neuronal no es visible directamente desde la entrada ni desde la salida de la red. La función de las neuronas ocultas es la de intervenir entre la entrada externa y la salida de la red de una manera útil. Agregando más capas ocultas, la red es capaz de extraer gran orden estadístico de sus entradas [Haykin, 1999]. La figura 3 muestra la estructura de un perceptrón multicapa con dos capas ocultas, activación sigmooidal y una salida con función de activación lineal [Jiménez, 2012].



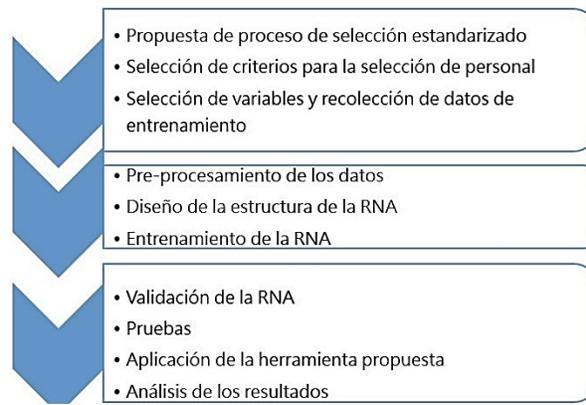
Fuente: [Mateo Jiménez, 2012].

Figura 3 Estructura de un perceptrón multicapa.

2. Métodos

La metodología propuesta se llevó a cabo mediante el desarrollo de una adaptación de la descrita por [Özdemir & Temur, 2009], figura 4:

- Propuesta del proceso de selección estandarizado: Se realizó una investigación de los procesos de selección de personal más adecuados para ser aplicados en la organización, con el fin de obtener los datos necesarios para establecer las variables requeridas para el desarrollo de la RNA para la selección de personal. Para esta etapa, se tomó como base la secuencia y los diagramas de flujo de procesos presentados por [Chiavenato, 2007], el cual se adaptó a las necesidades y posibilidades de la organización. La figura 5 muestra los aspectos clave del proceso de selección de personal propuesto para la organización.



Fuente: Basado en [Özdemir & Temur, 2009].

Figura 4 Metodología de la investigación.



Fuente: Basado en [Chiavenato, 2007].

Figura 5 Propuesta de mejora para el proceso de selección de personal.

- Selección de criterios para la evaluación de personal: Se obtuvo información principalmente de los documentos previamente elaborados, tales como: la requisición de personal, la descripción del puesto, la entrevista y las pruebas de personalidad, psicométricas y de habilidades. Esto basado en lo mencionado por los encargados de ambas áreas: tejido y acabado, así como por recursos humanos de la organización. Para comenzar a seleccionar adecuadamente dichos criterios, se aplicó el proceso de selección de personal propuesto, incluyendo las distintas pruebas aplicadas a una muestra de 50 empleados de un total de 70 empleados activos entre ambas áreas, además se tomó otra muestra de 20 ex empleados de dichas áreas de la organización y 30 personas externas a la organización con perfiles similares, pero por distintas razones tomados como erróneos.
- Selección de variables y recolección de datos de entrenamiento: Una vez aplicado el proceso de selección propuesto a las muestras de personal mencionadas anteriormente y completada la base de datos con los resultados de las evaluaciones, entrevistas y exámenes aplicados, se analizaron las variables resultantes para su selección. La base de datos se conformó con un total de 100 personas evaluadas, inicialmente cada una con un total de 47 variables de resultados derivados del proceso de selección.

Posteriormente, se descartaron las variables menos significativas, las cuales son las que tienen los resultados más homogéneos en la base de datos, quedando como resultado las que se muestran en la tabla 1. Una vez preseleccionadas las variables, se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de reducir el número de variables. Generalmente, cuando existe un número grande de variables, puede que estas estén relacionadas, o midan lo mismo bajo distintos puntos de vista. Es una técnica útil para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, se desarrolló por medio de software especializado, donde ingresaron 28 variables correspondientes a los resultados de pruebas para obtener la matriz de componentes (tabla 2), la cual ayudó a identificar las variables que, posteriormente, se promediaron para tomarse en cuenta en el desarrollo de la RNA.

Tabla 1 Identificación y tipo de las variables pre-seleccionadas.

VARIABLES PRE-SELECCIONADAS	
1.- ESCOLARIDAD (V. Discreta)	20.- ANSIEDAD SOCIAL (V. Continua)
2.- SEXO (V. Discreta)	21.- COMPLEJIDAD INTELLECTUAL (V. Continua)
3.- EDAD (V. Continua)	22.- AMIGABILIDAD (V. Continua)
4.- ESTATURA (V. Continua)	23.- GREGARISMO (V. Continua)
5.- PESO (V. Continua)	24.- ORDEN Y LIMPIEZA (V. Continua)
6.- MANEJO DE MÁQUINAS (V. Discreta)	25.- CURIOSIDAD INTELLECTUAL (V. Continua)
7.- DISPONIBILIDAD ROLAR TURNOS (V. Discreta)	26.- DESCONFIANZA (V. Continua)
8.- ESTADO CÍVIL (V. Discreta)	27.- COEFICIENTE INTELLECTUAL (V. Continua)
9.- EXPECTATIVA SALARIAL (V. Continua)	28.- INFORMACIÓN (V. Continua)
10.- NÚMERO DE DEPENDIENTES (V. Continua)	29.- JUICIO (V. Continua)
11.- ASERTIVIDAD Y EMPATÍA (V. Continua)	30.- VOCABULARIO (V. Continua)
12.- SENSIBILIDAD (V. Continua)	31.- SÍNTESIS (V. Continua)
13.- ESTABILIDAD EMOCIONAL (V. Continua)	32.- CONCENTRACIÓN (V. Continua)
14.- AFECTIVIDAD (V. Continua)	33.- ANÁLISIS (V. Continua)
15.- IMAGINACIÓN (V. Continua)	34.- ABSTRACCIÓN (V. Continua)
16.- PERSONALIDAD RESERVADA (V. Continua)	35.- PLANEACIÓN (V. Continua)
17.- OBEDIENCIA (V. Continua)	36.- ORDENACIÓN (V. Continua)
18.- INTROVERSIÓN (V. Continua)	37.- ANTICIPACIÓN (V. Continua)
19.- CONTROL EMOCIONAL (V. Continua)	38.- TEST DE HABILIDADES (V. Continua)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Matriz de componentes principales.

	Component					
	1	2	3	4	5	6
ASERTIVIDAD Y EMPATIA		.609				
SENSIBILIDAD			.549			
ESTABILIDAD EMOCIONAL		.813				
AFECTIVIDAD			.630			
IMAGINACION	.426		.535			
PERSONALIDAD RESERVADA		-.650		.418		
OBEDIENCIA		.644				
INTROVERSIÓN			.445			
CONTROL EMOCIONAL		-.624			.524	
ANSIEDAD SOCIAL		-.679	.414			
COMPLEJIDAD INTELLECTUAL	.432	.422	.527			
AMIGABILIDAD		.804				
GREGARISMO				-.601	.592	
ORDEN Y LIMPIEZA		.445		.452		
CURIOSIDAD INTELLECTUAL	.481	.452				
DESCONFIANZA		-.526				
C.I	.936					
INFORMACIÓN	.600					
JUICIO	.623					
VOCABULARIO	.788					
SÍNTESIS	.787					
CONCENTRACIÓN	.856					
ANÁLISIS	.764					
ABSTRACCIÓN	.835					
PLANEACIÓN	.687					
ORDENACIÓN	.722					.433
ANTICIPACIÓN	.707					
TEST DE HABILIDADES					.448	-.573

Fuente: Elaboración propia.

La técnica permitió la reducción de variables, pues al realizarse un promedio de variables correlacionadas basado en el análisis de componentes principales, se obtuvo un total de seis variables significativas para la RNA de un total de 28 variables que inicialmente habían sido tomadas en cuenta.

A estas seis variables le fueron agregadas otras previamente seleccionados referentes a los datos demográficos de la muestra, quedando un total de 16 variables como las más significativas para la RNA. En la tabla 3 se aprecian las variables seleccionadas, siendo entonces las variables 1, 2, 3, 4, 5 y 6 promedios de las variables indicadas en el análisis de componentes principales.

Tabla 3 Variables más significativas para el desarrollo de la RNA.

1.- ESCOLARIDAD
2.- SEXO
3.- EDAD
4.- ESTATURA
5.- PESO
6.- MANEJO DE MÁQUINAS
7.- DISPONIBILIDAD ROLAR TURNOS
8.- ESTADO CIVIL
9.- EXPECTATIVA SALARIAL
10.- NO. DE DEPENDIENTES
11.- COMPONENTE 1
12.- COMPONENTE 2
13.- COMPONENTE 3
14.- COMPONENTE 4
15.- COMPONENTE 5
16.- COMPONENTE 6

Fuente: Elaboración propia.

Pre-procesamiento de los datos

En esta sección fue necesario realizar una preparación previa de todos los datos seleccionados con el objetivo de utilizarlos para la construcción, entrenamiento y pruebas para el modelo de la red neuronal. Se tomó en cuenta la mezcla entre variables continuas y variables discretas que se llevarían a cabo. Es decir, que existía una definición previa del conjunto de variables con el objetivo de evitar

errores, como, por ejemplo, el uso de valores continuos para conceptos simbólicos o la definición de variables atributos mediante variables con valores continuos. Se realizó una transformación lineal de los datos de las variables seleccionadas para que entraran en el dominio activo de las funciones de activación y fueran procesados correctamente por la RNA.

Diseño de la estructura de la RNA

Esta etapa fue de gran importancia, ya que es la base para determinar la precisión en los resultados esperados de la RNA, como ya ha sido revisado en la literatura, existen diferentes tipos de RNA que pueden ser seleccionados de acuerdo con el problema que sea requerido. Estos pueden ser clasificados para aplicaciones de predicción, clasificación, asociación, conceptualización, filtrado y optimización. Para el problema planteado en este trabajo de acuerdo con la literatura, se determinó la utilización de un perceptrón multicapa como el tipo de RNA más apto debido a sus características de procesamiento de datos mediante capas ocultas, ya que este es un problema de clasificación. Se diseñó mediante software especializado un perceptrón multicapa con un total de 16 entradas, con una capa oculta con siete neuronas, y una capa de salida.

Entrenamiento de la RNA

Una vez definida la estructura de la RNA, se dio paso al proceso de entrenamiento, el cual consiste en entrenar la RNA para realizar un determinado tipo de procesamiento de datos, donde una vez alcanzado un nivel adecuado de entrenamiento, se pasa a la fase de operación y la red puede ser utilizada para llevar a cabo la tarea que le fue asignada. De los diferentes tipos existentes de entrenamiento, de acuerdo a la literatura, se utilizó un entrenamiento supervisado, en el cual se ingresa a la red un conjunto de patrones de entrada acompañado de la salida esperada. Los pesos se modifican de manera proporcional al error producido entre la salida real de la red y la esperada.

El algoritmo de aprendizaje utilizado es el método del gradiente conjugado, el cual es un algoritmo utilizado para resolver problemas de ecuaciones lineales. Al ser este

un método iterativo, es ideal para aplicarse en sistemas dispersos y brinda generalización en matrices no simétricas. Como medida de rendimiento se utilizó la pérdida de entropía cruzada (cross entropy), la cual mide el rendimiento de un modelo de clasificación cuyo resultado es un valor de probabilidad entre 0 y 1.

Validación de la RNA

Consiste en generar una base de datos que sea distinta a la del entrenamiento de la red, con información de fallas distintas a las utilizadas en el entrenamiento, con el objetivo de verificar si la red puede identificar, localizar y magnificar las fallas ingresadas. En esta etapa se tomó un 15% del total de los datos.

Pruebas

Las pruebas se realizaron posteriormente a la validación de la red. Son consideradas como el mejor estándar para la evaluación del modelo de la red. Únicamente pueden ser aplicadas cuando la red ya ha sido completamente entrenada y validada, generalmente son utilizadas para evaluar modelos competentes. Las pruebas contienen datos cuidadosamente muestreados que abarcan las diversas clases a las que se enfrentaría el modelo en situaciones del mundo real. Para esta etapa se tomó el 15% del total de los datos.

Aplicación de herramienta propuesta

Una vez desarrollada, probada la RNA y elaborada la propuesta de mejora para el proceso de selección de personal, se procede a la aplicación de estas en la organización denominada "Aztexil SA de CV" con el objetivo de mejorar el proceso de selección de las principales áreas operativas (Tejido y Acabado).

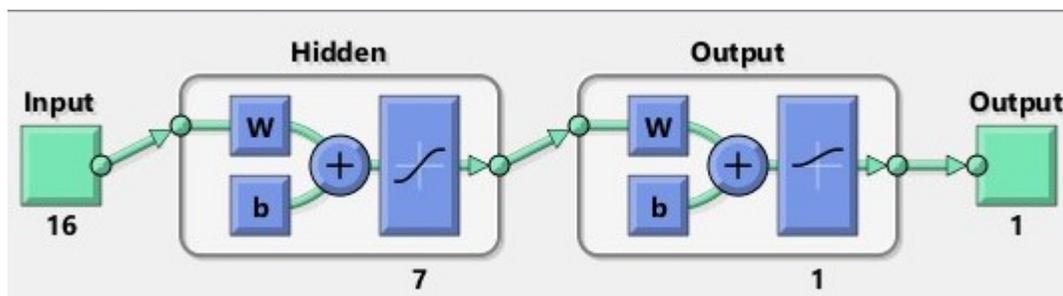
3. Resultados

Como resultado de la metodología de investigación de este trabajo, se propuso un proceso de selección estandarizado para la organización, el cual fue aprobado por recursos humanos y por los encargados de área. Se aplicó el modelo de selección propuesto a las áreas de Tejido y Acabado de la organización, donde se

obtuvieron los datos tomados como idóneos para las salidas de la RNA, además de los datos de personal externo a la organización, los cuales fueron tomados en cuenta como erróneos y, de esta manera, se formó una base de datos con un total de 100 personas evaluadas por una entrevista, un examen de personalidad (16-PF), un examen psicométrico (Terman-Merrill) y un examen de habilidades (Tablero de clavijas Perdue), donde, posteriormente a los resultados se aplicaron herramientas para la reducción de variables, resultando así, 16 las variables más significativas, donde los datos de estas fueron ingresados como valores transformados de 0 a 1 para ser tomados en cuenta como las entradas de la RNA.

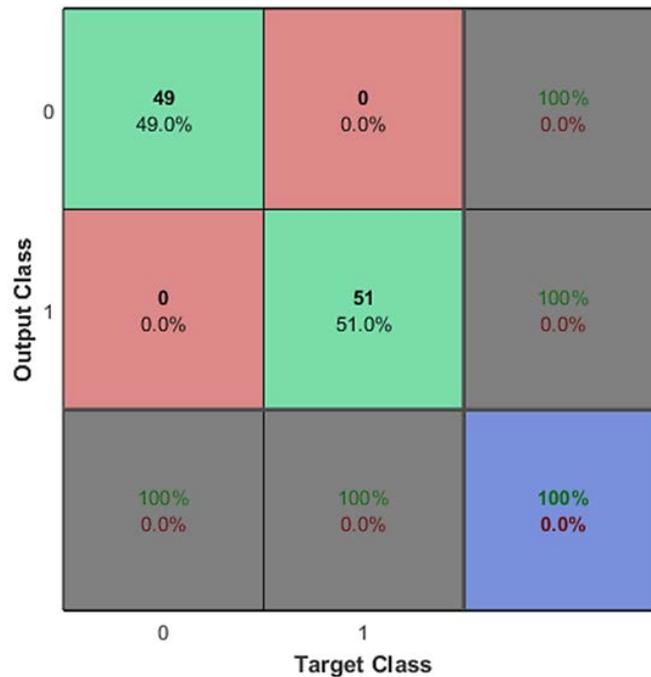
Para poder apreciar los resultados de la RNA en su aprendizaje, se requiere de un software especializado, cabe mencionar que, para el periodo de ejecución en un programa es necesario conocer el tamaño de los datos, así como las iteraciones, entre otros.

Mediante el desarrollo de la RNA en el toolbox del software de MATLAB denominado "NNTOOL" se trabajó con una red de reconocimiento de patrones (Pattern recognition network), las cuales son redes avanzadas que pueden ser entrenadas y utilizadas para la clasificación de entradas según las salidas esperadas. Se trabajó con la función de entrenamiento cross entropy y la función de activación sigmoideal, donde resultó una red neuronal artificial de tipo perceptrón multicapa, compuesta por 16 capas de entrada, una capa oculta con un total de siete neuronas y una capa de salida, como se muestra en la figura 6, la cual arrojó una matriz de confusión (figura 7) de un cien por ciento de clasificación del conjunto de datos, así como para las etapas de entrenamiento, validación y pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Estructura de la RNA desarrollada.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7 Matriz de confusión de la RNA.

4. Discusión

Si bien la ejecución de la RNA con las variables seleccionadas obtenidas del proceso de selección de personal, solamente construyeron 16 neuronas de entrada, una capa oculta con siete neuronas y una capa de salida, hace que el número de iteraciones para el entrenamiento no sean demasiadas, sin embargo, si se tomaran todas las 47 variables que se tuvieron en cuenta inicialmente, como indican los resultados, el número de neuronas incrementaría y por ende el número de iteraciones sería mayor y probablemente imposible de calcular satisfactoriamente. En este caso, la reducción y reagrupamiento de variables permite una mejor interpretación de los datos.

Al arrojar la RNA una matriz de confusión del 100 por ciento, se demuestra el gran poder de clasificación de datos con el que cuenta. Al realizar el aprendizaje en base a los datos históricos del personal evaluado de la organización, es capaz de clasificar a los candidatos que son aptos y a los que no lo son mediante una salida con valores de entre 1 para los aptos y 0 para los no aptos. Aunque la precisión de la clasificación de los datos es buena, esta tiende a aumentar en la medida que la

RNA es entrenada con un mayor número de datos, por lo tanto, ampliar la base de datos disponible podría mejorar la capacidad de generalización del sistema.

La selección de personal es cada vez más importante para las organizaciones, y el sector textil no es una excepción, debido al elevado uso de mano de obra que requiere, la cual debe de ser elegida cada vez de mejor manera para ser más eficientes en los procesos productivos que se llevan a cabo.

De esta forma la RNA desarrollada junto con el proceso de selección propuesto se vuelven herramientas de apoyo para lograr una selección objetiva de personal y ayudan a la toma de decisiones en la organización, en especial para recursos humanos, además de caracterizar objetivamente un perfil idóneo del puesto y contar con más información sobre el personal activo.

El modelo de las herramientas propuestas podría ser útil para replicarlo en otras organizaciones de la región, con características y problemas similares de acuerdo al histórico de los datos de estas. Si bien las redes neuronales artificiales no son de reciente creación y existen en una gran variedad de campos de la investigación, aún tienen un gran espacio de trabajo por ser descubierto y en la selección de personal como en las organizaciones existen distintos factores y problemáticas a ser tomados en cuenta para ser modeladas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Acevedo Orduña, G. L., Caicedo Bravo, E. F., & Loaiza Correa, H. (2006). Selección de personal mediante redes neuronales artificiales. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 14(1), 7 a 20.
- [2] Akinyede, R. O. & Daramola, O. A. (2013). Neural Network Web-Based Human Resource Management System Model (NNWBHRMSM). *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, 1(3), 75 - 87.
- [3] Cuevas, F. (2013, November). Selección de personal mediante redes neuronales artificiales. *Rev Inv Tec (Online)*, 2, 59 a 72.
- [4] Del Brio, M. B. (2002). *Redes neuronales y sistemas difusos* (3rd ed.). Madrid, España: RA-MA Editorial.

- [5] Cárdenes R. (2006). *Inteligencia Artificial Practica 2* (material de clase). Barcelona, España.
- [6] Chiavenato, I. (2007). *Administración de recursos humanos: el capital humano de las organizaciones* (8a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- [7] Güngör, Z., Serhadlioglu, G., & Kesen, S. E. (2009). A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing Journal*, 9(2), 641 a 646.
- [8] Haykin, S. (1999). *Neural networks and learning machines* (3rd ed.). Hamilton, Ontario, Canada: Pearson Prentice Hall.
- [9] Ispas, D., & Borman, W. C. (2015). Personnel Selection, *Psychology of. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (Second Edi, Vol. 17).
- [10] Marín Diazaraque, J. M. (2007). *Introducción a las redes neuronales aplicadas* (Material de clase). Manual Data Mining. Madrid, España.
- [11] Martin, T., Howard, B., & Mark, H. (1996). *Neural network design*. Boston, Massachusetts: PWS (2nd ed.). Stillwater, Oklahoma: Martin T. Hagan.
- [12] Mateo Jiménez, F. (2012). *Redes neuronales y preprocesado de variables para modelos y sensores en bioingeniería*. España: Universitat Politècnica de Valencia.
- [13] Özdemir, D. & Temur, G. T. (2009). DEA ANN Approach in Supplier Evaluation System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 90(538), 282 a 287.
- [14] Sexton, R. S., McMurtrey, S., Michalopoulos, J. O. & Smith, A. M. (2005). Employee turnover: A neural network solution. *Computers and Operations Research*, 32(10), 2635 a 2651.
- [15] Weeramanthrie, T. T., Thilakumara, C. N., Wijesiri, K. N. A. C., Fernando, N. I., Thelijjagoda, S., Gamage, A., & Ieee. (2017). ARROW: A Web-Based Employee Turnover Analysis Tool for Effective Human Resource Management in Large-Scale Organizations. *2017 National Information Technology Conference*, 136 a 140.