

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Jennifer Lorena
Apellido (s):	Moreno Bermúdez
Código:	20141375034
E-mail:	jemorenobe@gmail.com
Teléfono fijo:	4031761
Celular:	3203126182



Ejecutor 2

Nombre (s):	Camilo Andrés
Apellido (s):	Morales Espitia
Código:	20141375016
E-mail:	camilo.morales0612@gmail.com
Teléfono fijo:	2707920
Celular:	3138349302



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	IDENTIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y FLUJO UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES	
Duración (estimada):	4 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	x
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto de grado	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo Tecnológico Local e Institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Conversión de Energías y Mecánica de Fluidos	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Automatización industrial, Sistemas dinámicos y de control, Mecánica de fluidos.	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

**IDENTIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y FLUJO UTILIZANDO REDES
NEURONALES ARTIFICIALES**

**JENNIFER LORENA MORENO BERMUDEZ
20141375034**

**CAMILO ANDRES MORALES ESPITIA
20141375016**

PROFESOR GUÍA: LUINI LEONARDO HURTADO CORTES

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
SEDE TECNOLÓGICA
Bogotá, 3 de noviembre de 2016**

TABLA DE CONTENIDO

Índice de Figuras.....	4
Índice de Tablas.....	5
Resumen.....	6
0. Introducción.....	6
1. Planteamiento del problema.....	7
1.1. Estado del arte.....	8
1.2. Justificación.....	12
2. Objetivos.....	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. Marco Teórico.....	13
3.1. Red Neuronal Artificial.....	13
3.2. Definición y descripción de una RNA.....	14
3.3. Ventajas que ofrecen las red neuronal.....	16
3.4. Funcionamiento red neuronal.....	16
3.5. Entrenamiento de las redes neuronales artificiales.....	18
4. Metodología.....	20
5. Cronograma.....	21
6. Presupuesto y fuentes de financiación.....	21
7. Bibliografía.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de red neuronal totalmente conectada.....	17
Figura 2. Funciones de transferencia.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de Actividades.....	20
Tabla 2. Presupuesto.....	21

RESUMEN

Esta propuesta de investigación plantea la identificación de un sistema de control de nivel y flujo a través de redes neuronales. El equipo actualmente es utilizado para actividades de entrenamiento en procesos, instrumentación y control de variables. Sin embargo, por ausencia de un modelo de proceso, es imposible diseñar un sistema de control, la sintonización de controladores se hace de manera directa. Esto también genera restricciones en tareas de detección, diagnóstico y aislamiento de fallas, área de actual desarrollo en la industria y en la academia.

La identificación es el proceso de encontrar un modelo de proceso sin recurrir a las leyes de equilibrio sino a partir de datos de la operación del equipo. Para este trabajo se recurrirá a la inteligencia artificial para obtener el modelo del proceso de control de nivel y flujo. El modelo obtenido será de gran utilidad para el diseño de controladores, detección, diagnóstico, aislamiento y tolerancia fallas.

0. INTRODUCCIÓN

Los estímulos recibidos en el cerebro son transmitidos entre las neuronas mediante las conexiones sinápticas, cuando una neurona es estimulada libera una pequeña cantidad de un componente químico (neurotransmisor), este viaja a través del axón hasta llegar a las dendritas de otras neuronas en las cuales el proceso se repite. Este proceso sirve para incrementar o disminuir la relación entre las neuronas involucradas en el. Así, ante un determinado estímulo ciertas neuronas se activan y otras se inhiben.

Mediante un proceso de aprendizaje se logran establecer los niveles correctos de activación-inhibición de las neuronas, cuando este proceso se completa; entonces ante determinados estímulos sabemos cómo responder y “aprendemos”, el conocimiento adquirido está en los niveles de relación entre las neuronas, entonces durante el proceso de aprendizaje el cerebro es “entrenado” por repetición de estímulos.

Emulando entonces el funcionamiento del cerebro una red neuronal artificial es un modelo matemático inspirado en el comportamiento biológico de las neuronas y de las estructuras del cerebro; es desde la primera mitad del siglo XX que han empezado a desarrollar modelos computacionales que han intentado asemejar el comportamiento del cerebro humano [1].

La virtud de las redes neuronales artificiales reside en su capacidad para aprender funciones complejas o no lineales entre variables sin necesidad de imponer presupuestos o restricciones de partida en los datos, pero es claro que el uso de esta tecnología computacional es relativamente reciente en el problema de las conductas adictivas [2].

Debido a su naturaleza y a sus elementos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc.

Es por lo anterior que en este trabajo se entrenara una red neuronal artificial para identificar un sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 para usarse en tareas de control, detección y diagnóstico de fallas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente son muchos los procesos que se encuentran en la industria sin importar lo grande o pequeña que sea. Para esto es importante poder contar con un modelo del mismo, que nos sirva para diagnosticar fallas, y de esta manera poder diseñar reguladores que permitan unas especificaciones de funcionamiento más exactas; de aquí la relevancia del uso de las redes neuronales ya que estas principalmente permiten diseñar estrategias de identificación automático para procesos no lineales y además multivariables. En el caso del sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 tiene un dispositivo para control PID el único que permiten tener un

seguimiento tanto de nivel como de flujo de un fluido, pero no permite la detección y diagnóstico de fallas.

El manejo de los datos dentro de un modelo que permita el control, detección y diagnóstico de fallas del sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 podría desarrollarse por medio de dos métodos los cuales son: uno por sistemas dinámicos a partir de las ecuaciones de equilibrio para obtener la función de transferencia entre la variable de entrada y la variable de salida; el cual en nuestro caso no es el más viable debido a que realizar un modelamiento basados en ecuaciones genera más rangos de error en los datos obtenidos debido a que maneja más variables ; y el segundo método es mediante el entrenamiento de una red neuronal a partir de datos de monitorización del proceso, el cual que anteriormente fue adelantado con la implementación de un microcontrolador que captura, el cual procesa y transmite datos de las variables a un ordenador; este es el sistema más adecuado para nuestro estudio ya que una red neuronal tiene la capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial; además de ello realiza las operaciones en tiempo real.

Por medio de los datos arrojados por la tarjeta (EDAS/VIS) de control y recolección de información, se entrenará una red neuronal artificial de retropropagación (blackpropagation) para que el sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 tenga un funcionamiento autónomo de constante aprendizaje y generar un control óptimo del mismo.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Como tal la identificación de sistemas hace referencia a mejorar la representación de un proceso, en este caso con ayuda del entrenamiento de una red neuronal, a partir de datos experimentales.

En el trabajo realizado en la Universidad de Montenegro [3], se implementa el método de redes neuronales para la identificación de un modelo dinámico estructural. La red se entrena y se prueba mediante registros reales durante terremotos. Para esto se utilizó una red neuronal de retropropagación. El objeto de estudio fue un marco de acero de cinco pisos en el que se midió: aceleraciones, desplazamientos y tensiones. Los datos sísmicos, así como la velocidad de desplazamiento y la aceleración se procesaron por el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología Ingeniería en Macedonia. Hubo un registro de 1000 datos, y se entrenó la red con los primeros 500 puntos. La conclusión de dicho estudio fue que la aplicación del entrenamiento de redes neuronales en el campo de la ingeniería sísmica, es una herramienta valiosa y objetiva para el modelo dinámico estructural.

En el artículo [4] expuesto en la 17 convención científica de ingeniería y arquitectura en Cuba, se expone la necesidad de distribuir adecuadamente el agua, como recurso natural que se debe cuidar para la supervivencia humana. Usos agrícolas, urbanos e industriales han incrementado su demanda y se requiere ser consciente de los recursos hídricos que se tienen utilizando racionalmente los mismos. Aplicar la tecnología para sistemas de riego aumentará la productividad de las empresas que necesiten estos sistemas de control, es lo que plantea Hernández y Rivas, los autores de la investigación. La gestión eficiente en recursos hídricos consiste en la distribución eficiente de agua en canales principales de riego con ayuda de la automatización y para lograr esto se requiere un modelo matemático simple que permita accesibilidad para sus demandantes.

El objetivo del entrenamiento de las redes neuronales artificiales es llegar a salidas deseadas teniendo como base datos de variables de entradas. El modelo seleccionado para este caso es una red neuronal NARX que predice el nivel aguas arriba del canal basado en la variación de la apertura de las compuertas aguas abajo, un modelo NARX no lineal auto regresivo (que emplea mediciones pasadas como base para predecir valores futuros) con entradas externas. Se desarrolló utilizando el software MATLAB.

Existen diferentes aplicaciones de redes neurales artificiales, como por ejemplo la red en la investigación [5], se presenta un esquema de identificación basado en red del tipo RBF RADIAL BASIS FUNCTION que se entrena online y que dinámicamente modifica su estructura permitiendo una implementación en tiempo real del identificador en el lazo de control.

Las redes neuronales artificiales tienen la capacidad de aproximar funciones no lineales por lo que son un área de investigación de gran impacto para el estudio de los sistemas no lineales. Se debía aproximar la función utilizando redes neuronales, lo que consiste en ajustar los parámetros de la red neuronal. En la red RBF existen nodos de entrada, nodos ocultos y nodos de salida. Se implementó en este caso una función gaussiana. Como tal la arquitectura neuronal se utiliza para copiar el comportamiento dinámico del sistema. El algoritmo que se utilizó es on-line siguiente un esquema serie-paralelo, utilizando como señal externa de entrada una secuencia de pulsos de frecuencia y amplitud aleatoria.

A continuación un resumen por años de los hechos más relevantes en el campo de estudio de redes neuronales artificiales:

1936 - Alan Turing. Fue el primero en estudiar el cerebro como una forma de ver el mundo de la computación. Sin embargo, los primeros teóricos que concibieron los fundamentos de la computación neuronal fueron Warren McCulloch, un neurofisiólogo, y Walter Pitts, un matemático, quienes, en 1943, lanzaron una teoría acerca de la forma de trabajar de las neuronas (Un Cálculo Lógico de la Inminente Idea de la Actividad Nerviosa - Boletín de Matemática Biofísica 5: 115-133). Ellos modelaron una red neuronal simple mediante circuitos eléctricos.

1949 - Donald Hebb. Fue el primero en explicar los procesos del aprendizaje (que es el elemento básico de la inteligencia humana) desde un punto de vista psicológico, desarrollando una regla de como el aprendizaje ocurría. Aun hoy, este es el fundamento de la mayoría de las funciones de aprendizaje que pueden hallarse en una red neuronal. Su idea fue que el aprendizaje ocurría cuando ciertos cambios en una

neurona eran activados. También intentó encontrar semejanzas entre el aprendizaje y la actividad nerviosa. Los trabajos de Hebb formaron las bases de la Teoría de las Redes Neuronales.

1950 - Karl Lashley. En sus series de ensayos, encontró que la información no era almacenada en forma centralizada en el cerebro sino que era distribuida encima de él.

1956 - Congreso de Dartmouth. Este Congreso frecuentemente se menciona para indicar el nacimiento de la inteligencia artificial.

1957 - Frank Rosenblatt. Comenzó el desarrollo del Perceptron. Esta es la red neuronal más antigua; utilizándose hoy en día para aplicación como identificador de patrones. Este modelo era capaz de generalizar, es decir, después de haber aprendido una serie de patrones podía reconocer otros similares, aunque no se le hubiesen presentado en el entrenamiento. Sin embargo, tenía una serie de limitaciones, por ejemplo, su incapacidad para resolver el problema de la función OR-exclusiva y, en general, era incapaz de clasificar clases no separables linealmente.

1959 - Frank Rosenblatt: Principios de Neurodinámica. En este libro confirmó que, bajo ciertas condiciones, el aprendizaje del Perceptron convergía hacia un estado finito (Teorema de Convergencia del Perceptron).

1960 - Bernard Widroff/Marcian Hoff. Desarrollaron el modelo Adaline (ADAPTative LINear Elements). Esta fue la primera red neuronal aplicada a un problema real (filtros adaptativos para eliminar ecos en las líneas telefónicas) que se ha utilizado comercialmente durante varias décadas. 1961 - Karl Steinbeck: Die Lernmatrix. Red neuronal para simples realizaciones técnicas (memoria asociativa).

1969 - Marvin Minsky/Seymour Papert. En este año casi se produjo la “muerte abrupta” de las Redes Neuronales; ya que Minsky y Papert probaron (matemáticamente) que el Perceptrons no era capaz de resolver problemas relativamente fáciles, tales como el aprendizaje de una función no-lineal. Esto demostró que el Perceptron era muy débil, dado que las funciones no-lineales son extensamente empleadas en computación y en los problemas del mundo real.

1974 - Paul Werbos. Desarrolló la idea básica del algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation); cuyo significado quedó definitivamente aclarado en 1985. 1977 - Stephen Grossberg: Teoría de Resonancia Adaptada (TRA). La Teoría de Resonancia Adaptada es una arquitectura de red que se diferencia de todas las demás previamente inventadas. La misma simula otras habilidades del cerebro: memoria a largo y corto plazo. 1985 - John Hopfield. Provocó el renacimiento de las redes neuronales con su libro: "Computación neuronal de decisiones en problemas de optimización."

1986 - David Rumelhart/G. Hinton. Redescubrieron el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation). A partir de 1986, el panorama fue alentador con respecto a las investigaciones y el desarrollo de las redes neuronales. En la actualidad, son numerosos los trabajos que se realizan y publican cada año, las aplicaciones nuevas que surgen (sobre todo en el área de control) y las empresas que lanzan al mercado productos nuevos, tanto hardware como software (sobre todo para simulación) [6].

1.2. JUSTIFICACIÓN

Mejorar los procesos de automatización aplicadas a cualquier área, se convierte en una necesidad. Para este proyecto, se basa entonces en el sistema de control y flujo AMATROL T5552, aclarando que ya se tiene una primera fase de investigación [7] que consistió en realizar una monitorización de dicho sistema, puesto que anteriormente no se contaba con un dispositivo que capturara los datos en tiempo real, e invertir dinero en este instrumento podía ser elevado.

A partir del registro de información de las variables en tiempo real que se obtiene, se pretende entrenar una red neuronal artificial con la identificación de sistemas, recalcando que con esta implementación se construyen modelos basados en los procesos industriales que se miden, sus variables y agentes externos. La aplicación de

redes neuronales artificiales en estos comportamientos no lineales, son de bastante importancia por ser una técnica paramétrica de regresión no lineal.

El entrenamiento de las redes neuronales artificiales se caracteriza por ser un método rápido, eficiente y puede además utilizarse para diseñar controladores o mecanismos de detección y diagnóstico de fallas, dado que es una técnica inteligente que resulta en aportes significativos en la identificación de sistemas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Entrenar una red neuronal artificial para identificar un sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 para usarse en tareas de control, detección y diagnóstico de fallas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el funcionamiento del sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552.
- Realizar un experimento de captura y procesamiento de datos de entrada/salida mediante un sistema de monitorización.
- Entrenar una red neuronal para adaptarla a los datos de funcionamiento del equipo.
- Validar el diseño de la red a través de un modelo paramétrico del sistema.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. RED NEURONAL ARTIFICIAL

Las redes neuronales artificiales imitan las redes neuronales humanas, un comportamiento inteligencia artificial por medio de modelos matemáticos y algoritmos de control. Como tal dichas redes se pueden entrenar con ejemplos estableciendo relaciones entre las variables de entrada y salida de un sistema. Tienen la capacidad de identificar, aprender, adaptación, memorizar, discriminar, sintetizar, imaginar y abstraer. Son modelos que no dependen de supuestos, una de sus características más relevantes.

Los rápidos avances tecnológicos han permitido que el hombre se desempeñe de una manera más eficiente, la cual ha producido una transformación profunda de la instrumentación de la sociedad, y en consecuencia, lleva a nuevos modelos de producción y de transformación social. Los beneficios que trae consigo el contar con máquinas sofisticadas capaces de recibir órdenes y realizar actividades con exactitud son sistemas inteligentes.

Las ventajas que trae el disponer de un asistente artificial no son más que las de solucionar los errores y defectos propios del ser humano; es decir, el desarrollo de sistemas expertos que hoy en día se están utilizando con éxito en los campos de la medicina, geología y aeronáutica entre otros.

En el momento actual una Red Neuronal Artificial (se aplica a numerosas actividades humanas), y como líneas de investigación más explotadas destacan el razonamiento lógico, la traducción automática y comprensión del lenguaje natural, la robótica, la visión artificial y, especialmente, las técnicas de aprendizaje y de ingeniería del conocimiento.

3.2. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UNA RNA

Una Red Neuronal Artificial (RNA) es un sistema de procesamiento de información [8] que tiene ciertas características de funcionamiento en común con las redes neuronales biológicas. Las RNAs se han desarrollado como generalizaciones de modelos matemáticos del conocimiento humano o de la biología neuronal, basados en las siguientes suposiciones:

1) El procesado de la información ocurre en muchos elementos simples llamados neuronas.

2) Las señales pasan entre las neuronas a través de enlaces que las unen.

3) Cada conexión entre neuronas lleva asociado un peso, el cual, en una red neuronal típica, lo que hace es multiplicar la señal transmitida.

4) Cada neurona aplica una función de activación (generalmente no lineal, como más adelante se describirá) a su entrada con el objetivo de determinar su señal de salida.

Una red neuronal se caracteriza por estos tres elementos o características:

- La topología de conexiones entre neuronas, lo que recibe el nombre de arquitectura de la red.
- El método de determinación de los pesos sobre las conexiones, denominado algoritmo de entrenamiento o de aprendizaje.
- La función de activación que tengan sus neuronas. Para comprender un poco mejor por qué estos modelos matemáticos para procesamiento de la información reciben el nombre de redes neuronales, se hará un breve repaso sobre el funcionamiento de la red neuronal real de un sistema biológico y posteriormente se analizará la estructura de una RNA, comparándola con la anterior [9].

Desarrollar un sistema de inteligencia artificial con la flexibilidad, la capacidad de aprendizaje y demás características del sistema biológico humano, se implantó hace muchos años como un reto para muchos científicos en muchas disciplinas, buscando reducir al máximo los errores humanos y llegando a una optimización del cien por ciento en cualquier tipo de trabajo, y de esta manera que las investigaciones arrojaran resultados más rápidos y eficientes.

Las Redes Neuronales Artificiales, están inspiradas en las redes neuronales biológicas del cerebro humano. Están constituidas por elementos que se comportan de forma similar a la neurona biológica en sus funciones más comunes.

Estos elementos están organizados de una forma parecida a la que presenta el cerebro humano. Las RNA al margen de "parecerse" al cerebro presentan una serie de características propias del cerebro. Por ejemplo las RNA aprenden de la experiencia, generalizan de ejemplos previos a ejemplos nuevos y abstraen las características principales de una serie de datos. Aprender: adquirir el conocimiento de una cosa por medio del estudio, ejercicio o experiencia. Las RNA pueden cambiar su comportamiento en función del entorno. Se les muestra un conjunto de entradas y ellas mismas se ajustan para producir unas salidas consistentes. Generalizar: extender o ampliar una cosa. Las RNA generalizan automáticamente debido a su propia estructura y naturaleza. Estas redes pueden ofrecer, dentro de un margen, respuestas correctas a entradas que presentan pequeñas variaciones debido a los efectos de ruido o distorsión. Abstractar: aislar mentalmente o considerar por separado las cualidades de un objeto. Algunas RNA son capaces de abstraer la esencia de un conjunto de entradas que aparentemente no presentan aspectos comunes o relativos [10].

3.3. VENTAJAS QUE OFRECEN LAS RED NEURONAL.

Debido a su constitución y a sus fundamentos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc. Esto hace que ofrezcan varias ventajas y que este tipo de tecnología se esté aplicando en diversas áreas. Entre las ventajas se incluyen [11]:

- Aprendizaje Adaptativo. Capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.
- Auto-organización. Una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.
- Tolerancia a fallos. La destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.

- Operación en tiempo real. Los cálculos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.
- Fácil inserción dentro de la tecnología existente. Se pueden obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Esto facilitará la integración modular en los sistemas existentes.

3.4. FUNCIONAMIENTO RED NEURONAL

Una red neuronal es capaz de detectar relaciones complejas y no lineales entre variables, a partir de unidades sencillas como las neuronas, al disponer muchas de estas unidades en paralelo. Las variables se dividen en variables de entrada y de salida, relacionadas por algún tipo de correlación o dependencia (no necesariamente causa-efecto). También es posible que la salida sea la clasificación de las variables de entrada en diferentes grupos.

Las neuronas se pueden disponer en diferentes capas. Las redes neuronales más sencillas constan de una capa de entrada, una capa de neuronas o capa oculta, y una capa de salida (Figura 1).

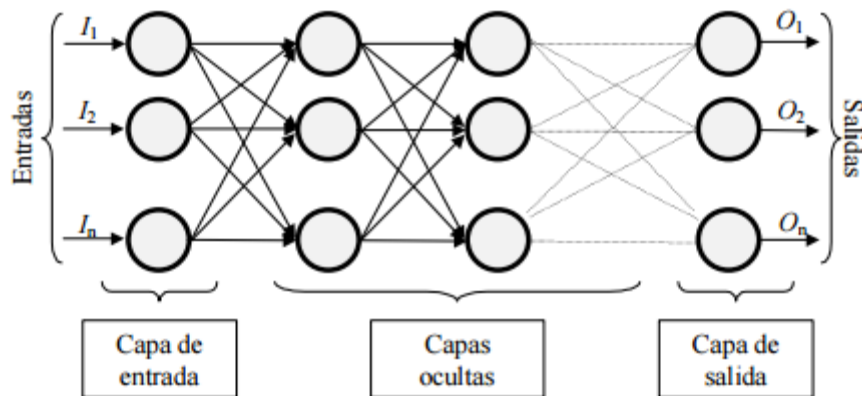


Figura 1. Ejemplo de red neuronal totalmente conectada.

El funcionamiento de una neurona consiste en la transformación de los valores de las entradas a través de las conexiones, en una salida. La salida se obtiene a partir de una función de propagación, una función de activación, y una función de transferencia [11].

- La función de propagación más común consiste en el sumatorio de todas las entradas multiplicadas por los pesos de las conexiones, más un valor de sesgo o “bias”.
- La función de activación, en caso de que exista, activa o desactiva la salida de esta neurona.
- La función de transferencia se aplica al resultado de la función de propagación y normalmente consiste en una función de salida acotada como la sigmoidea (logsig) [0,1], o la tangente hiperbólica (tansig) [-1,1]. Otras funciones de transferencia pueden ser una función lineal (purelin) $[-\infty, +\infty]$, base radial (radbas) [0,1] o una función de discriminación (hardlim) [0,1].

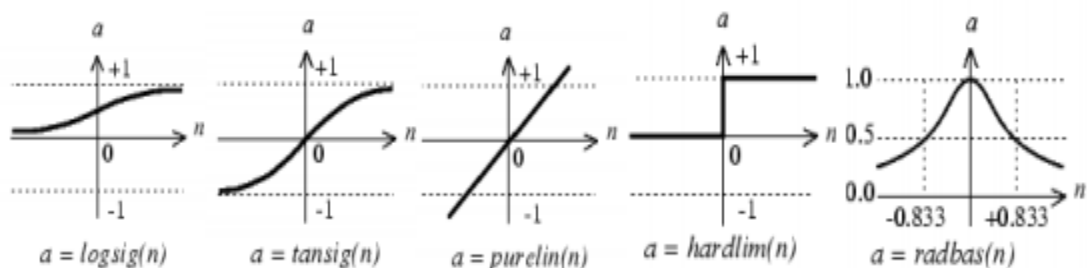


Figura 2. Funciones de transferencia

3.5. ENTRENAMIENTO DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Una de las principales características de las ANN es su capacidad de aprendizaje. El entrenamiento de las ANN muestra algunos paralelismos con el desarrollo intelectual de los seres humanos. No obstante aun cuando parece que se ha conseguido entender el proceso de aprendizaje conviene ser moderado porque el aprendizaje de las ANN está limitado.

El objetivo del entrenamiento de una ANN es conseguir que una aplicación determinada, para un conjunto de entradas produzca el conjunto de salidas deseadas o mínimamente consistentes. El proceso de entrenamiento consiste en la aplicación secuencial de diferentes conjuntos o vectores de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento predeterminado. Durante la sesión de

entrenamiento los pesos convergen gradualmente hacia los valores que hacen que cada entrada produzca el vector de salida deseado.

Los algoritmos de entrenamiento o los procedimientos de ajuste de los valores de las conexiones de las ANN se pueden clasificar en dos grupos: Supervisado y No Supervisado.

ENTRENAMIENTO SUPERVISADO: estos algoritmos requieren el emparejamiento de cada vector de entrada con su correspondiente vector de salida. El entrenamiento consiste en presentar un vector de entrada a la red, calcular la salida de la red, compararla con la salida deseada, y el error o diferencia resultante se utiliza para realimentar la red y cambiar los pesos de acuerdo con un algoritmo que tiende a minimizar el error.

Las parejas de vectores del conjunto de entrenamiento se aplican secuencialmente y de forma cíclica. Se calcula el error y el ajuste de los pesos por cada pareja hasta que el error para el conjunto de entrenamiento entero sea un valor pequeño y aceptable.

ENTRENAMIENTO NO SUPERVISADO: los sistemas neuronales con entrenamiento supervisado han tenido éxito en muchas aplicaciones y sin embargo tienen muchas críticas debido a que desde el punto de vista biológico no son muy lógicos. Resulta difícil creer que existe un mecanismo en el cerebro que compare las salidas deseadas con las salidas reales. En el caso de que exista, ¿de dónde provienen las salidas deseadas?

Los sistemas no supervisados son modelos de aprendizaje más lógicos en los sistemas biológicos. Desarrollados por Kohonen (1984) y otros investigadores, estos sistemas de aprendizaje no supervisado no requieren de un vector de salidas deseadas y por tanto no se realizan comparaciones entre las salidas reales y salidas esperadas. El conjunto de vectores de entrenamiento consiste únicamente en vectores de entrada. El algoritmo de entrenamiento modifica los pesos de la red de forma que produzca vectores de salida consistentes. El proceso de entrenamiento extrae las propiedades

estadísticas del conjunto de vectores de entrenamiento y agrupa en clases los vectores similares.

Existe una gran variedad de algoritmos de entrenamiento hoy en día. La gran mayoría de ellos han surgido de la evolución del modelo de aprendizaje no supervisado que propuso Hebb (1949). [12]

4. METODOLOGÍA

Ésta se realizará en las siguientes fases:

- Identificar los elementos del equipo AMATROL T5552.
- Detallar las características de cada elemento.
- Realizar una descripción acompañada de un diagrama de proceso o de flujo para describir la operación.
- Calibrar los sensores de captura de datos de identificación.
- Activar el sistema de monitorización remota del equipo.
- Operar el equipo para capturar 1000 datos entrada/salida de un accionamiento.
- Realizar un registro de los datos en el computador.
- Mediante el programa de Matlab, realizar el procesamiento de los datos.
- Determinar la arquitectura de una red neuronal de retropropagación.
- Entrenar la red neuronal y analizar su desempeño durante el entrenamiento.
- Comparar la adaptación de la red con respecto a un modelo paramétrico.

5. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
➤ Identificar los elementos del equipo AMATROL T5552.		X	X										
➤ Detallar las características de cada elemento			X										
➤ Realizar una descripción acompañada de un diagrama de proceso o de flujo para describir la operación.				X	X								
➤ Calibrar los sensores de captura de datos de identificación.						X	X						
➤ Activar el sistema de monitorización remota del equipo.						X	X						
➤ Operar el equipo para capturar 1000 datos entrada/salida de un accionamiento						X	X						
➤ Realizar un registro de los datos en el computador						X	X						
➤ Mediante el programa de Matlab, realizar el procesamiento de los datos.								X	X				
➤ Determinar la arquitectura de una red neuronal de retropropagación										X			
➤ Entrenar la red neuronal y analizar su desempeño durante el entrenamiento										X	X		
➤ Comparar la adaptación de la red con respecto a un modelo paramétrico.											X	X	X

Tabla 1. Cronograma de Actividades.

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se tiene disponible el sistema de control de nivel y flujo AMATROL T5552 en el laboratorio especializado de Ing. Electrónico en la Facultad Tecnológica, por lo cual afortunadamente no existe un costo adicional para su utilización. El dispositivo para la respectiva toma de datos, es un aporte que dejan los ejecutores del proyecto de grado inicial llamado MONITORIZACIÓN DE UN PROCESO DE CONTROL DE NIVEL Y FLUJO.

A continuación se relaciona el presupuesto para la ejecución del proyecto:

RECURSOS	VALOR
Impresiones	\$ 50.000,00
Fotocopias	\$ 40.000,00
Transportes	\$ 100.000,00
Internet	\$ 60.000,00
TOTAL	\$ 250.000,00

Tabla 2. Presupuesto.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] W.S. McCulloch and W. Potts. "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity". *Bulletin of mathematical biology*. 5(4):115-133.
- [2] A. Palmer, J.J. Montaña. "¿Qué son las redes neuronales artificiales?" *Adicciones*, Vol. 11. 243-255.
- [3] O. Jovanovic, "Identification of dynamic system using neural network" *Architecture and civil engineering*. 1997. Yugoslavia.
- [4] Y. Hernandez, R. Rivas, "Identificación basada en redes neuronales artificiales de un tramo de un canal principal de riego", *Cujae*. Cuba.
- [5] R. Valverde, D. Gachet, "Identificación de sistemas dinámicos utilizando redes neuronales RBF", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 2007
- [6] Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional Rosario, por Daniel Giardina. Directora del proyecto: Marta Basualdo. 1995. Argentina.
- [7] J.A. Reyes, F.J. Angulo, "Monitorización de un proceso de control de nivel y flujo" *Proyecto de Grado UDFJC*. 2016
- [8] S. Haykin. *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*. Macmillan Publishing Company, 1994.
- [9] Olmeda I. y Barba-Romero, S. *Redes neuronales artificiales. Fundamentos y aplicaciones*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá. 1993.
- [10] Xabier B. *REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU. 2001.
- [11] B. Ruiz, *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Química Grupo de Investigación Aplicada a la Ingeniería Química (GIAIQ). Marzo del 2001.
- [12] Figueres Moreno M. *Introducción a las Redes Neuronales Artificiales. Sistemas Inteligentes En Ingeniería Civil. Optimización heurística*.