

DISEÑO DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL PARA ASISTIR LA AUTOMATIZACIÓN EN UN TALLER DE MECANIZADO

Artificial Neuronal Network Design to Assist the Automation in Mechanized Workshop

RESUMEN

El manejo de la información y la resolución de problemas, presentes en la fabricación de piezas por arranque de viruta, están destinados casi que exclusivamente a los operarios de las máquinas herramientas. Lo anterior representa problemas a la hora de abordar tareas cambiantes, donde la información se presenta masiva, imprecisa y distorsionada.

Para solucionar esos problemas, se propone un modelo alternativo que consiste en la utilización de redes neuronales que sirvan como modelos de procesamiento, de control y que ayuden en la toma de decisiones respecto de nuevas piezas a mecanizar que lleguen a un taller.

Las redes neuronales mediante un estilo de computación paralelo, distribuido y adaptativo, son capaces de aprender a partir de ejemplos. Una red neuronal artificial puede simularse mediante un programa de computador, o bien realizarse en circuitos electrónicos específicos. Esta tecnología permite incorporar un cierto tipo de sistema experto que emule la capacidad humana para la toma de decisiones o para la resolución de problemas en la industria del mecanizado de piezas por arranque de viruta.

PALABRAS CLAVES: Adaptativo, arranque de viruta, circuito electrónico, red neuronal artificial, sistema experto.

ABSTRACT

The handling of the information and the resolution of problems, presents in the manufacture of pieces by shaving removing, are exclusively destined to the workers of the machines tools. The last presents/displays problems at the time of approaching changing tasks, where the information appears massive, vague and distorted. In order to solve the problems of the types of mentioned tasks, an alternative model sets out that consists of the use of neuronal networks that serve like processing models, of control and which they help in the decision making for new pieces to mechanize that they arrive at a factory.

The neuronal networks by means of a style of computation parallel, distributed and adaptive are able to learn from examples. An artificial neuronal network can be simulated by means of a computer program, or be made in specific electronic circuits. This technology allow to incorporate a certain type of expert system that it emulates the human capacity for the decision making or the resolution of problems in the industry of the mechanized one of pieces by shaving starting.

KEYWORDS: Adaptive, artificial neuronal network, electronic circuit, expert system, shaving removing.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes neuronales son un acercamiento hacia la inteligencia, representada por un programa computacional, en el que el procesamiento es fruto de la auto organización de datos. Cumplen con tareas de procesamiento de bajo nivel, como el reconocimiento de patrones, percepción, control, etc., por lo tanto, la idea de partida de las redes neuronales artificiales constituyen en la actualidad un activo campo multidisciplinar, en el que

confluyen investigadores procedentes de muy diferentes áreas del conocimiento.

Los sistemas neuronales artificiales imitan la estructura hardware del sistema nervioso con la intención de construir sistemas de procesamiento de la información paralelos, distribuidos y adaptativos, que puedan presentar un cierto comportamiento “inteligente”. Por lo tanto, la idea que subyace en los sistemas neuronales artificiales es que, para abordar el tipo de problemas que el cerebro resuelve con eficiencia, puede resultar

RICAURTE OSPINA LÓPEZ

Ingeniero Mecánico
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
ricaospi@utp.edu.co

HERNANDO PARRA L

Ingeniero Mecánico
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
heparra@utp.edu.co

HÉCTOR AGUIRRE CORRALES

Ingeniero Mecánico
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
hectorac@utp.edu.co

conveniente construir sistemas que “copien” en cierto modo la estructura de las redes neuronales biológicas con el fin de alcanzar una funcionalidad similar.

Como es descrito en [1], las neuronas biológicas son muchos más simples, lentas y menos fiables que una CPU, a pesar de ello, existen problemas difícilmente abordables mediante un computador convencional, que el cerebro resuelve eficazmente (reconocimiento del habla, visión de objetos inmersos en ambiente natural, respuesta ante estímulos de entorno).

Una red neuronal está compuesta por un número de entradas, un procesamiento matemático y un número de salidas, como se muestra en la figura 1.

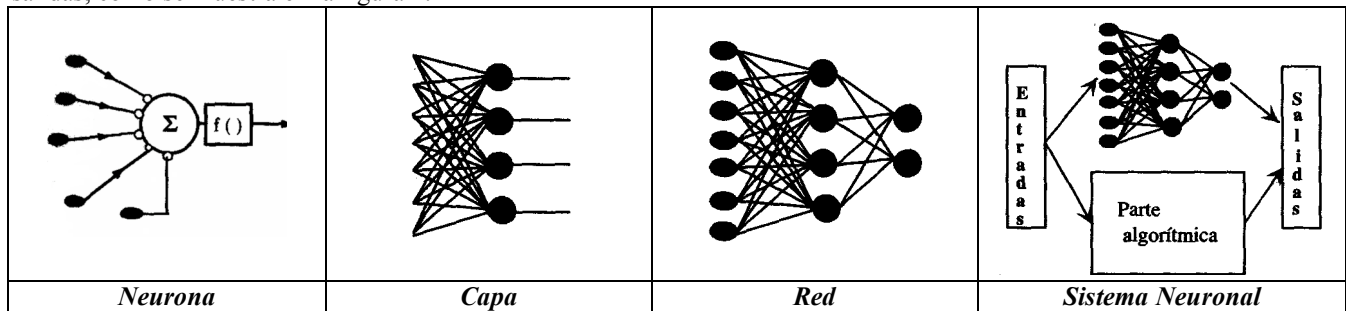


Figura 1. Estructura de una red neuronal.

2. DISEÑO DE LA RED NEURONAL

En el diseño de la red neuronal para este trabajo, se empezó por determinar cuál era la más adecuada para la toma de decisiones en los procesos de mecanizado por arranque de viruta, llegando a la conclusión que la red neuronal que más se adaptaba era la red neuronal tipo Perceptrón Multicapa ó MLP (Multi – Layer Perceptron).

La estructura del MPL se presenta en la figura 2, donde: x_i son las entradas a la red, y_i las salidas de las capas ocultas y z_k las de la capa final; t_k son las salidas objetivo (target). Por otro lado, w_{ji} son los pesos de las capas ocultas y θ_j sus umbrales, w'_{kj} los pesos de la capa de salida y θ'_k sus umbrales.

La operación de un MPL con una capa oculta y neuronas de salida lineal se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$z_k = \sum_j w'_{kj} y_j - \theta'_k = \sum_j w'_{kj} f(\sum_i w_{ji} x_i - \theta_j) - \theta'_k$$

Ecuación (1)

Siendo f de tipo sigmoideo (figura 2a), como por ejemplo, las siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Ecuación (2)

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \tanh(x)$$

Ecuación(3)

En este trabajo, se busca aprovechar las bondades de las redes neuronales para adaptarlas a un programa computacional del tipo base de datos en el cual, la toma de decisiones en cuanto al planeamiento de la producción, pueda ser asistida para así subsanar algunos de los problemas de producción en un taller de mecanizado por arranque de viruta, los cuales se presentan a la hora de abordar tareas cambiantes, donde la información se presenta masiva, imprecisa y distorsionada.

Proporcionando, la primera (ecuación 2) una salida en el intervalo $[0, +1]$, y la segunda (ecuación3) una salida en el intervalo $[-1,+1]$.

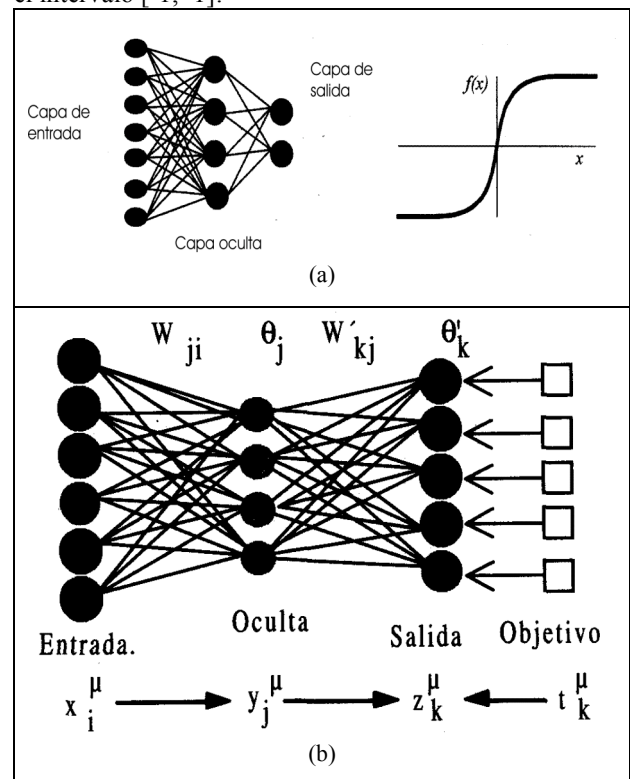


Figura 2. Red neuronal Tipo Perceptrón MLP.

3. COMPONENTES DE LA PLANEACIÓN

Para la configuración y el diseño de la red tipo Perceptrón se empezó a diseñar la matriz de entradas y salidas; para ello se establecieron estándares de piezas para el entrenamiento de la red neuronal. Cada pieza se

define con un código específico determinado por la matriz Opitz [2], presentada en la figura 3. En este trabajo se determinaron diez piezas estándar, obtenidas por revolución, para el entrenamiento de la red neuronal tipo Perceptrón.

Definición de familias													
Seleccione una familia		Piezas de revolución		Editar Familia		Editar características		Editar detalle					
Seleccione una Pieza				Actualizar		Nueva pieza		1.0.0.0.0.0.0					
Clase de elementos		Forma exterior, elementos con forma exterior		Forma interior, elementos con forma interior		Mecanizados de superficies planas		Agujeros auxiliares y dientes de engranaje		Acabado superficial		Material del elemento	
1	L/D ≤ 0,5	Sin hipervínculo	Elementos sencillos no perfilados	Sin hipervínculo	Sin agujero pasante, agujero ciego	Sin hipervínculo	Sin mecanizado superficial	Sin hipervínculo	Sin agujeros auxiliares	Sin hipervínculo	ACABADO BASTO	Sin hipervínculo	SAE 1010 6 1020
		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
2	0,5 < L/D < 3	Sin hipervínculo	CON ESCALA EN UN EXTREMO: Elementos no perfilados	Sin hipervínculo	Elementos no perfilados	Sin hipervínculo	Superficie plana exterior y/o superficie curva en una dirección	Sin hipervínculo	SIN DIENTES DE ENGRANAJE: Aguj. axiales no relacionados por una plantilla de taladrado	Sin hipervínculo	ACABADO SEMIFINO	Sin hipervínculo	SAE 1045
		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
3	L/D ≥ 3	Sin hipervínculo	CON ESCALA EN UN EXTREMO O SENCILLO: Con rosca	Sin hipervínculo	Con rosca	Sin hipervínculo	Superficies planas exteriores relacionadas entre sí por división en un círculo	Sin hipervínculo	SIN DIENTES DE ENGRANAJE: Agujeros axiales relacionados por una plantilla de taladrado	Sin hipervínculo	ACABADO FINO	Sin hipervínculo	SAE 4140
		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			CON ESCALA EN UN EXTREMO O SENCILLO: Con estría operativa	Sin hipervínculo	Con estría operativa	Sin hipervínculo	Estría exterior y/o ranura	Sin hipervínculo	SIN DIENTES DE ENGRANAJE: Agujeros radiales no relacionados por una plantilla de taladrado	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	SAE 4340
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Elementos no perfilados	Sin hipervínculo	CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Elementos no perfilados	Sin hipervínculo	Estríado exterior y/o poligonal	Sin hipervínculo	SIN DIENTES DE ENGRANAJE: Agujeros axiales y/o radiales y/o en otras direcciones no relacionadas	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	FUNDICIO GRIS
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Con rosca	Sin hipervínculo	CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Con rosca	Sin hipervínculo	Superficie plana exterior y/o ranura y/o estría	Sin hipervínculo	CON DIENTES DE ENGRANAJE: Agujeros axiales y/o radiales y/o en otras direcciones relacionadas por una plantilla de taladrado	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	BRONCE
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Con estría operativa	Sin hipervínculo	CON ESCALONES EN AMBOS EXTREMOS (incrementos múltiples): Con estría operativa	Sin hipervínculo	Superficie plana interior y/o ranura	Sin hipervínculo	CON DIENTES DE ENGRANAJE: Dientes de engranaje recto	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	ALUMINIO
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			Cono operativo	Sin hipervínculo	Cono operativo	Sin hipervínculo	Estríado interior y/o polígono	Sin hipervínculo	CON DIENTES DE ENGRANAJE: Dientes de engranaje cónico	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			Rosca operativa	Sin hipervínculo	Con rosca operativa	Sin hipervínculo	Estríado interior y exterior y/o ranura y/o caja, canal	Sin hipervínculo	CON DIENTES DE ENGRANAJE: Otro tipos de dientes	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	
			Otros (> 10 diámetros)	Sin hipervínculo	Otros (> 10 diámetros)	Sin hipervínculo	Otros	Sin hipervínculo	CON DIENTES DE ENGRANAJE: Otros	Sin hipervínculo		Sin hipervínculo	
				Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen		Sin Imagen	

Figura 3. Matriz de OPITZ en la Base de datos.

La primera fase para la determinación de la secuencia de operaciones consiste en la codificación de las piezas. La segunda fase es la etapa de producción. Para la toma de

decisiones a través de la base de datos almacenada en el computador se pueden presentar dos casos:

- a) Si una pieza que entra a ser producida coincide exactamente con un código almacenado en la base de datos, el computador inmediatamente retribuye el plan de producción previamente almacenado en su memoria de la base de datos.
- b) Si la pieza a producir presenta un nuevo código para la base de datos, es decir que no existe, entonces, este código es enviado a la red neuronal previamente entrenada para que retribuya el plan del proceso de producción.

Por lo tanto el diseño de la base de datos posee dos características: La primera es que existe un plan de producción para un gran número de códigos de piezas llamado base de datos estándares. La segunda característica es que cuando son códigos de piezas nuevas, la red neuronal es la encargada de diseñar el nuevo plan de producción sin tener que modificar los planes estándares de producción ya almacenados en su memoria. Esto significa un nuevo concepto por parte de quien toma las decisiones, asignándolo a un “sistema experto” llamado red neuronal. Si dicho plan de producción para códigos de piezas nuevas es verificable y viable, diseñado por parte del sistema experto, entonces se puede incorporar dicho plan de producción a la base de datos estándar.

La ejecución de la planeación de producción requiere desarrollar las siguientes etapas:

- a) Codificación de las piezas a través de la interfaz del computador mediante la matriz OPITZ (figura 3).
- b) Ejecución del algoritmo de búsqueda a través de la base de datos estándar.
- c) Si el código de la pieza existe en la base de datos estándar, entonces esta base de datos edita el plan de producción.
- d) Si el código de la pieza no existe en la base de datos estándar, entonces la red neuronal tipo perceptrón es la encargada de retribuir el plan de producción.
- e) Si dicho plan de producción retribuido por la red neuronal tipo perceptrón, es considerado viable y confiable por parte del personal que está planeando la producción, este puede incorporar a la base de datos estándar.

Mediante el diagrama de flujo presentado en la figura 4, se puede explicar claramente la planeación de producción.

4. CODIFICACIÓN DE LAS PIEZAS

Para esta investigación se estableció la codificación de las piezas mediante atributos geométricos y procesos de manufactura de tal forma que, estos códigos, sirvan para

identificarlas. Este sistema de codificación es determinado por el sistema OPITZ de Alemania.

En la figura 5 se muestran diez piezas estándar a las cuales se les estableció el código OPITZ de acuerdo a una estructura híbrida diseñada por la matriz de la interfaz del computador; ver figura 3.

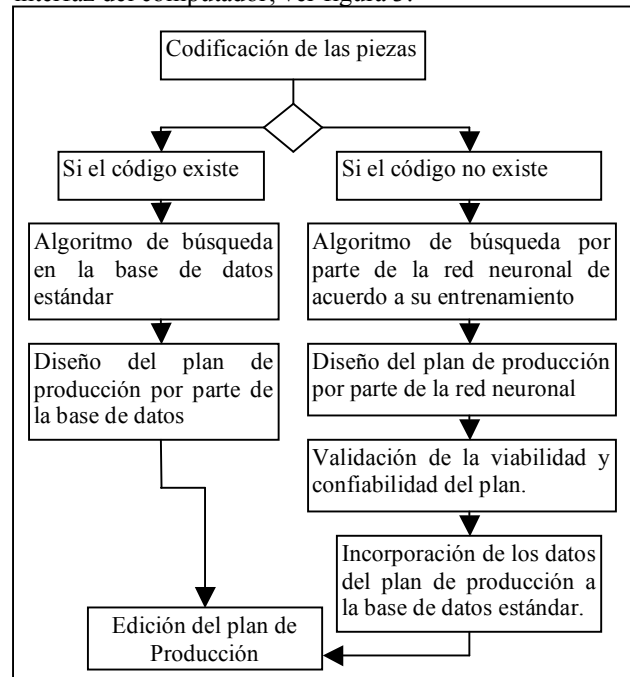


Figura 4. Componentes de la Planeación.

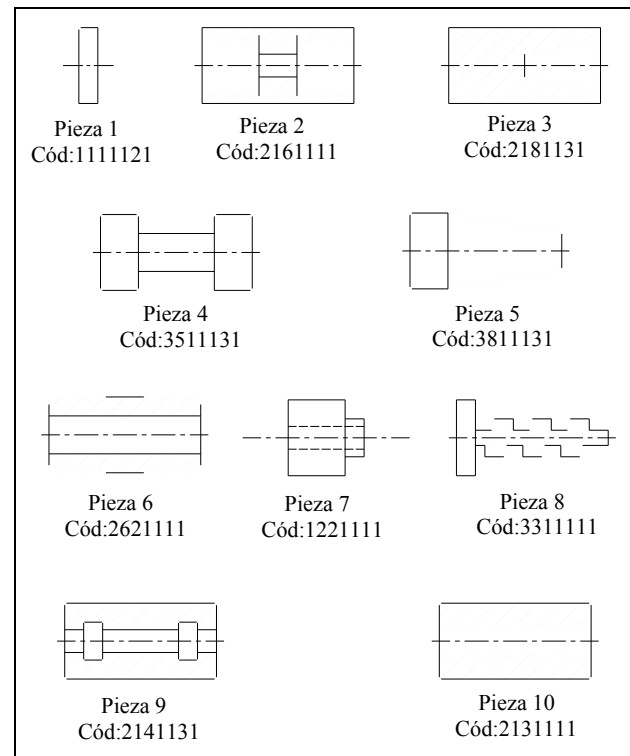


Figura 5. Codificación de piezas mediante la matriz Opitz.

El código asignado a una pieza determinada, define las características de: Clase del elemento (primer dígito), Forma exterior (segundo dígito), Forma interior (tercer dígito), Mecanizado de superficies planas (cuarto dígito) Agujeros auxiliares y dientes de engranaje (quinto dígito), Acabado superficial (sexto dígito) y Material del elemento (séptimo dígito).

Esta matriz de código viene a establecer las entradas de la red neuronal y, como se observa, es una matriz compuesta de 7 filas y 10 columnas (tabla 1).

Pieza1	Pieza2	Pieza3	Pieza4	Pieza5	Pieza6	Pieza7	Pieza8	Pieza9	Pieza10
1	2	2	3	3	2	1	3	2	2
1	1	1	5	8	6	2	3	1	1
1	6	8	1	1	2	2	1	4	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	3	3	3	1	1	1	3	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 1. Matriz de piezas.

5. DISEÑO DE LA RED NEURONAL TIPO PERCEPTRON

Aunque el trabajo completo involucra redes neuronales para: Flujo de operaciones, herramientas de corte, sujeción de piezas y sujeción de herramientas; en este artículo únicamente se describirá el proceso para la red neuronal que aplica a la secuencia de operaciones.

5.1 Diseño de la red para la secuencia de operaciones

Definidos los códigos de pieza que determinan las entradas de la red neuronal, a continuación se determinan las salidas esperadas, denominadas *target*, es decir, cada código de pieza viene a corresponder en su diseño de fabricación un *target* de : Operaciones, Herramientas de Corte, Sujeción de Piezas (Set Up), Sujeción de herramientas, Material de la Pieza y Acabado Superficial. El diseño de la matriz para la secuencia de operaciones se presentan en la tabla 2. Como se puede observarse en esta tabla, se ha generado una matriz de 20 x 10.

En la Tabla 2 se establecen las secuencias de operaciones deseadas para cada código de piezas. Los elementos de la matriz de salida son “unos y ceros”. Un uno (1) en la matriz, activa una operación específica que va asociada dentro de la columna. En la Tabla 3 se ilustra el espectro de operaciones adaptados a los códigos de “unos y ceros”, dependiendo de la posición dentro de la columna, y es válida para un taller convencional que fabrique piezas de características diferentes.

De esta manera se puede explicar que para una pieza con código P1 [1 1 1 1 1 2 1] corresponde un vector de incidencia de operaciones T1 [1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0] en la que traduce que para dicha pieza se han

activado con los “unos” las secuencias de operaciones de **Refrentado Basto – Refrentado Fino.**

De la misma forma para la pieza con código P10 [2 1 3 1 1 1] le corresponde un vector de incidencia de operaciones T10 [1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0] donde la activación de “unos” activan en forma secuencial a: **Refrentado basto – Agujero de centros – Taladrado o perforado – Torneado basto interior – Roscado interno.**

Así, sucesivamente, se establecen las secuencias para las demás piezas.

Ítem	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Matriz de incidencia, flujo de Operaciones.

1	Refrentado Basto
2	Agujero de Centros
3	Cilindrado basto exterior
4	Cilindrado fino exterior
5	Refrentado fino
6	Taladrado o Perforado
7	Torneado basto interior - Mandrilado
8	Torneado fino interior - Mandrilado
9	Escareado Cilíndrico
10	Torneado de cono funcional exterior
11	Torneado de cono funcional interior
12	Torneado de cono basto exterior
13	Torneado de cono basto interior
14	Ranurado externo
15	Roscado externo
16	Roscado interno
17	Rosca ACME o cuadrada externa (tornillo sin fin) paso ≤ 5 mm
18	Rosca ACME o cuadrada interna paso ≤ 5 mm
19	Ranurado interno
20	Taladrado o Perforado radial / axial

Tabla 3. Definición de flujo de Operaciones.

El diseño de la red neuronal para esta matriz esta definida por una red neuronal tipo Perceptrón (como la de la figura 2) que posee 7 neuronas de entrada, 20 neuronas ocultas y 20 neuronas de salida. Ver figura 6.

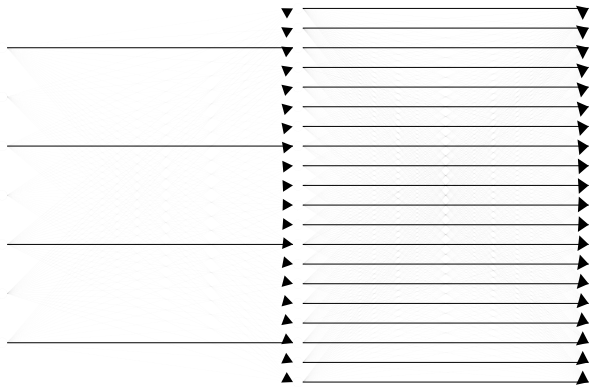


Figura 6. Red Neuronal tipo Perceptrón para el entrenamiento, "Secuencia de Operaciones"

6. CONCLUSIONES

El aporte de esta tecnología virtual para la industria moderna, consiste en que se pueden implementar sistemas expertos que ayuden a la planeación de la producción. Para ello, las redes neuronales son una herramienta que asiste la toma de decisiones en un determinado sector de la producción.

Las redes neuronales permiten, a través de un entrenamiento, organizar la producción en un taller de mecanizado por arranque de viruta, ya que selecciona las operaciones y los parámetros de mecanizado de piezas.

El diseño de esta base de datos representa un avance para las empresas o talleres objeto de investigación como un proceso de cambio en la organización de la información, para la toma de decisiones en forma no empírica para su producción competitiva.

De acuerdo a este análisis, la organización de la información a través de un sistema experto como una base de datos o una red neuronal facilita el desarrollo de la planeación de procesos, la cual es de gran ayuda en los talleres de producción variante.

La asistencia del computador para asistir los procesos de mecanizado de piezas metálicas, permite racionalizar los recursos y estandarizar los procesos a una producción a bajo costo.

El uso principal de los sistemas de clasificación es el de caracterizar y agrupar aquellos elementos que tienen semejanzas y requieren secuencias parecidas de operaciones de mecanizado. Esta información permite a los ingenieros de manufactura planear eficientemente la

distribución de las máquinas en la fábrica para reducir el manejo y transferencia de elementos al mínimo posible. Sin embargo, también servirá al diseñador ya que él podrá tratar de estandarizar los tipos de elementos y eliminar operaciones en los elementos que no puedan realizarse con el equipo de la compañía.

El modo más habitual de realizar una red neuronal consiste en simularla en un computador convencional, haciendo uso de programas escritos en lenguajes de alto nivel, como C, Pascal, Matlab. Aunque de esta manera se pierde su capacidad de cálculo en paralelo, las prestaciones que ofrecen los computadores actuales resultan suficientes para resolver numerosos problemas prácticos, permitiendo la simulación de redes de tamaño considerable a una velocidad razonable. Ésta constituye la manera más barata y directa de realizar una red neuronal.

La realización electrónica de redes neuronales es un campo muy activo, abordado tanto por grupos de investigación universitarios como por empresas de los sectores de la electrónica e informática. No obstante, debido a la creciente potencia de los computadores de propósito general (por ejemplo, un PC convencional basado en un procesador Pentium y Windows) y sus precios bajos, en muchas aplicaciones no merece la pena el desarrollo o adquisición de hardware neuronal, bastando con simular la red neuronal en un PC.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MARTÍN DEL BRÍO, Bonifacio, Redes Neuronales y Sistemas Difusos, 2ª ed, México DF, Editorial Alfa Omega, 2002, p. 41 – 84.
- [2] Universidad de Valladolid. Introducción a las redes neuronales artificiales. Alfredo Catalina Gallego. Valladolid, España. 1994. Disponible en www.gui.uva.es/login/login/13/redesn.html.
- [3] Universidad Autónoma de México. Estudio sobre la implementación de redes neuronales artificiales usando XILINX SYSTEM GENERATOR. Juan Carlos Moctezuma Eugenio, César Torres Huitzil. Puebla, México. Disponible en www.iberchip.org/iberchip2006/ponencias/98.pdf
- [4] Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Tutorial redes neuronales. Pereira, Colombia. Disponible en <http://ohm.utp.edu.co/neuronales/main2.htm>
- [5] MATHWORKS, MATLAB Versión 6.5. Disponible en www.mathworks.com.