

Desarrollo de un prototipo experimental de una máquina de CNC tipo fresadora con control inteligente

¹ M.I. Arriaga Hurtado Erick Ángel *, ¹ M.I. López Orocio Ana Laura, ¹ M.C. Julio de Jesús Aguirre García, ¹ M.I. Juan Manuel Guzmán Ambriz.

¹ Ingeniería Industrial, Universidad del SABES (UNIDEG) Centro Universitario de Irapuato, Calle Hermosillo, Jardines de la Hacienda, 36520 Irapuato, Gto
eearriagah@gmail.com.

Recibido: 29 de mayo de 2019

Aceptado: 2 de agosto de 2019

RESUMEN

En este trabajo consiste en el desarrollo de un primer prototipo de una máquina CNC que realice funciones similares orientadas a la fabricación de PCB; pero que tenga un costo menor y que incluya el software especializado de control. Utilizando un motor de corriente directa controlado por medio de redes neuronales artificiales (RNA). El regulador de corriente será el encargado de modificar la variable manipulada dentro de un sistema de control de lazo cerrado con el propósito de mantener constante el par de un motor de corriente directa. El objetivo es desarrollar el prototipo de una máquina de CNC que realice el ruteo de pistas y el taladrado de agujeros de PCBs al comunicarse por medio de una tarjeta (Arduino) con una computadora, se utiliza LabVIEW como software, para la etapa de control con redes neuronales para llevar dichas operaciones, con el fin de ahorrar tiempo y dinero en la fabricación PCB se programará el controlador por medio de Redes Neuronales Artificiales. Las RNA mejoran el error simulado conforme mejor sea su desempeño en el entrenamiento de las mismas, los métodos que optimizan los modelos son los de TRAINSCG ya que presentan el mejor desempeño en un corto periodo de tiempo. Ajustando los parámetros se hizo la etapa de entrenamiento de la red neuronal. El entrenamiento se realizó varias veces, modificando cada vez los parámetros de la tasa de aprendizaje y el momento, hasta que la red mostro el comportamiento esperado. El impacto del desarrollo contribuirá directamente al desarrollo de prácticas en la carrera de ingeniería industrial del campus universitario UNIDEG Irapuato.

Palabras claves: CNC, PCB, motores, control, redes neuronales.

ABSTRACT

In this work is the development of a first prototype of a CNC machine that performs similar functions oriented to PCB fabrication; But it has a lower cost and that includes the specialized control software. Using a direct current motor controlled by artificial neural networks (RNA). The current regulator will be responsible for modifying the manipulated variable within a closed loop control system in order to keep the torque of a direct current motor constant. The objective is to develop the prototype of a CNC machine that performs the routing of tracks and drilling of PCBs holes when communicating by means of a card (Arduino) with a computer, LabVIEW is used as software, for the control stage with neural networks to carry these operations, in order to save time and money in the manufacture PCB the controller will be programmed by means of artificial neural networks. The RNA improve the simulated error as best their performance in the training of the same, the methods that optimize the models are those of TRAINSCG because they present the best performance in a short period of time. Adjusting the parameters the training stage of the neural network was made. The training was performed several times, modifying each time the parameters of the learning rate and the moment, until the network showed the expected behavior. The impact of development will contribute directly to the development of internships in the industrial engineering career of the UNIDEG Irapuato University campus.

KEYWORDS: CNC, PCB, motors, control, artificial neural networks.

1. INTRODUCCIÓN

Sería imposible pensar en este mundo tal como lo conocemos sin el perfeccionamiento de técnicas para manufacturar las materias primas en los diversos objetos que usamos a diario como: ropa, zapatos, automóviles, aviones, sillas, puertas, etcétera. Entre dichas técnicas las más conocidas son: torneado, taladrado, cepillado, aserrado, rectificado, fresado, ensamblaje y trazado. Las exigencias de producción del mundo globalizado establecieron la necesidad de automatizar los procesos, lo cual se logra con lo que se conoce como máquinas de CNC (Control Numérico Computarizado) (Alonso y Martínez, 2015, p.23 – 38).

Actualmente se ha trabajado en la implementación de redes neuronales para el control de motores eléctricos, los cuales pueden ser utilizados en la construcción de máquinas CNC y de esa manera optimizar su funcionamiento, en el 2009 se publicó un trabajo donde se implementó el control de velocidades de un motor de inducción utilizando una red neuronal artificial de avance (ANN) demostrando que el controlador proporciona características dinámicas de alto rendimiento y que este esquema es sólido con respecto a las variaciones de los parámetros en planta. (Barambones, O. 2018, p. 185-190).

Además, en el 2017 se desarrolló la estructura de control de velocidades sin sensores del motor de inducción de CA mediante la aplicación de redes neuronales artificiales, obteniendo buenos resultados (P Brandstetter, M Kuchar, 2017, vol 24, part A).

Estos trabajos y publicaciones recientes desarrollados en el mundo así como la implementación de redes neuronales artificiales y compensadores dinámicos de errores que han demostrado que pueden aumentado la robustez y la eficiencia de controladores (F Beltran-Carbajal, R Tapia-Olvera, 2018, vol 164, pages 70-78), justifican la implementación de este sistema de control en el desarrollo de maquinaria CNC, tecnología que no se ha desarrollado en gran escala en México.

Se ha demostrado que modelos de redes neuronales artificiales son útiles para predecir la influencia del tipo de fresado en la calidad del producto donde se explica el proceso de fresado de piezas de superficies complejas que permite desarrollar módulos de corrección en el software utilizado llamado CAM donde conduce a desviaciones de la pieza mecanizada con respecto a la superficie ideal diseñada. (Wanderson, Campos, Mata, Tejero e ISSAM, 2014, p. 457 – 466)

Lo que se busca en el presente trabajo es además de desarrollar una maquina CNC de fresado, es utilizar un motor de corriente directa controlado por medio de redes neuronales artificiales (RNA), implementando este tipo de control a sistemas de producción en específico como lo es un CNC de fresado, demostrando su biabilidad y buscando que el equipo tenga mayor rapidez, eficacia y disminuir gran parte de los procedimientos manuales, realizar el ruteado y taladrado de circuitos impresos. Todo esto con el objetivo de desarrollar tecnología en la fabricación de maquinaria implementando los avances actuales en cuanto a tecnología.

A diferencia de un sistema CNC convencional, la aportación principal al sistema es la implementación de un método que permite transferir movimiento a los motores mediante un control neuronal y por medio de un aprendizaje, a partir de lo cual el sistema será capaz de proporcionar las señales de control necesarias para que el motor desarrolle un número muy variado de perfiles de movimiento dentro de la máquina de CNC.

En comparación a los artículos de investigación mencionados se podrán observar las tres estrategias diferentes de fresado, sugeridas por el software en la fabricación de un producto y diseñado para ser manejado automáticamente.

Control inteligente

Es una metodología de control, que está formada en la interacción de diferentes disciplinas: la inteligencia artificial, la investigación de operaciones y la teoría de sistemas.

1.1 Control Redes Neuronales

Una red neuronal artificial (ANN en Inglés ó RNA en español) consiste en unidades de procesamiento interconectadas de manera densa, llamadas neuronas, por tener un comportamiento similar al de las neuronas biológicas. Las unidades de procesamiento reciben y procesan y transmiten señales, tal como las neuronas biológicas. (Fig. 1)

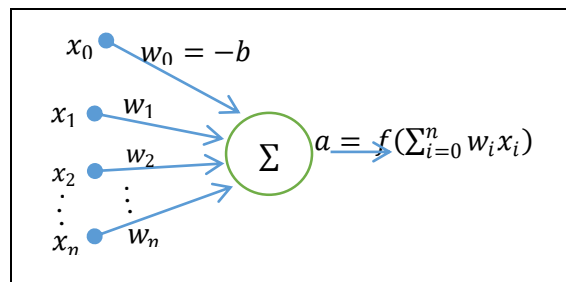


Figura 1. Diseño básico de una Red Neuronal. Fuente: Autoría Propia

1.2 Control numérico

La máquina de CNC consiste en dar forma a cualquier pieza o material, basándose en la técnica de arranque de viruta, troquelado u otro procedimiento especial, dichas máquinas son estacionarias o motorizadas (Gouda, El-Samahy, 2004).



Figura 2. Elementos básicos de un CNC, Fuente: Autoría Propia

El sistema CNC se compone de tres unidades principales: la unidad CN que ofrece la interfaz al usuario y se encarga del control de posición, el motor y la unidad de control de este. En un sentido cerrado, solamente la unidad CN es llamada sistema CNC (Figura 2).

1.3 El algoritmo LMS

El algoritmo del error cuadrático medio menor (LMS), es un algoritmo de aprendizaje supervisado, que tiene como objetivo reducir el error entre la respuesta deseada, d_k , y la respuesta actual, s_k , en una red neuronal. La función de error más comúnmente utilizada es el Error Cuadrático Medio (MSE16), que está definido como:

$$mse = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \varepsilon_k^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (d_k - s_k)^2 \quad (1)$$

Las aproximaciones más populares para reducir el MSE, en redes de uno y de múltiples elementos, están basadas en el método del gradiente descendente, el cual es aplicado en esta investigación (Bashir y Karkory, 2015, p.1553 – 1558).

2. METODOLOGIA

El sistema mecatrónico que se diseñará, cumple con la siguiente secuencia de operaciones: (fig. 3).

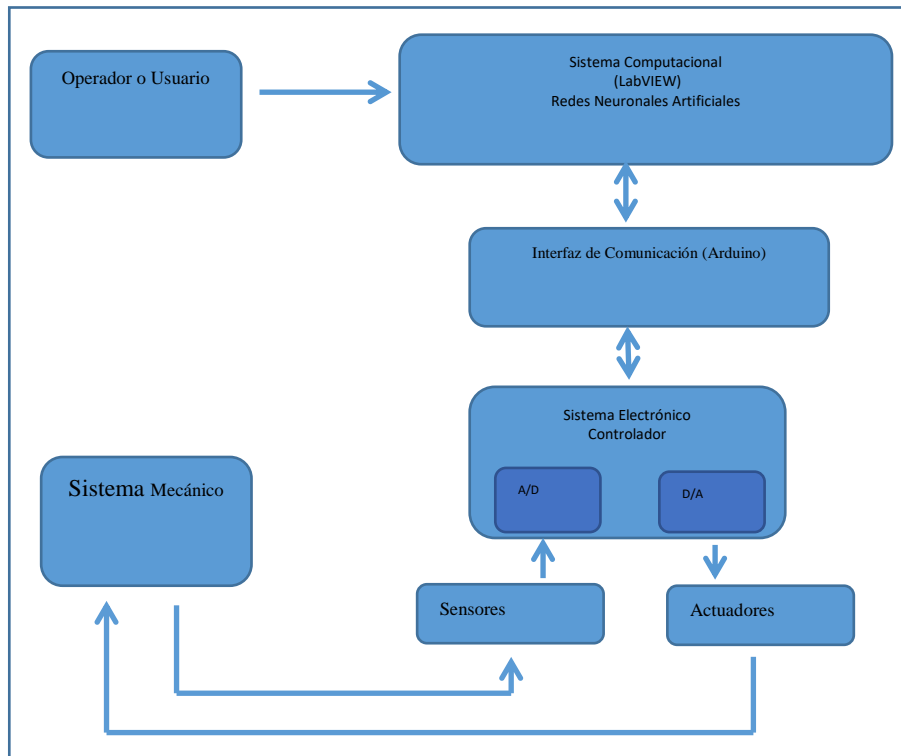


Figura 3. Sistema de control numérico, Fuente: Autoría Propia

El sistema mecánico es observado en la figura 4.

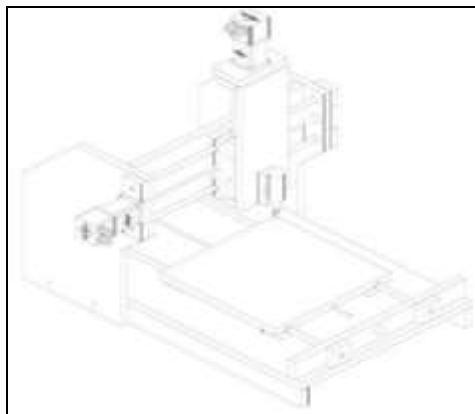


Figura 4. Fresadora de CNC, Fuente: Autoría Propia

El sistema mecatrónico que se diseñará, cumple con la siguiente secuencia de operaciones:

- Ingreso de archivos PCB (por parte del usuario).
- Interpretación y obtención de datos de los archivos (internamente por software).
- Transformación de todos los datos obtenidos para toma de decisiones (internamente por software).
- Ejecución del código (computador y máquina CNC).

1.4 Dimensiones del sistema CNC

La fresadora CNC está construida en su totalidad de madera, consistiendo a su vez, de las siguientes dimensiones, mostrándose primeramente la vista de lado, viéndose los ejes Z y Y (Fig. 5).

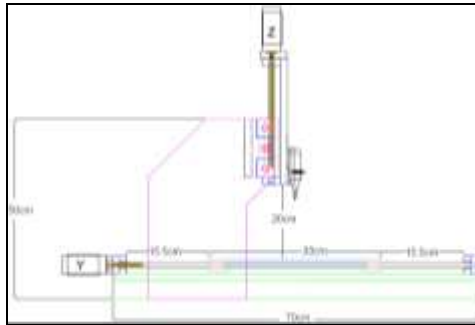


Figura 5. Sistema de CNC vista de lado, Fuente: Autoría Propia

Se puede percibir la dimensiones del sistema de CNC con una vista de lado, se aprecia la dimensión que va tener el movimiento del carro vertical (color azul claro), que mide 33cm, que se encuentra en el eje Y, este se mueve, a través de la base (color verde), que mide 70cm, este se encuentra unido con el bastidor (color rosa), que mide 50cm de alto, soporta el peso de los carros.

Ejes X y Z, en esta vista solamente se aprecia el carro del porta piezas, que se encuentra en el eje Z, que recorriendo hasta su tope máximo, llega a tener una distancia de 20 cm. Se muestra en la figura 6 la vista de frente donde se muestra los ejes X y Z (Figura 6).

3.2 Sistema electrónico

El sistema hardware de control y alimentación del CNC está basado fundamentalmente en el control de movimiento de los motores y sus respectivos dispositivos de actuación y supervisión. En el sistema de CNC se utilizaron 3 motores; (Figura 7).

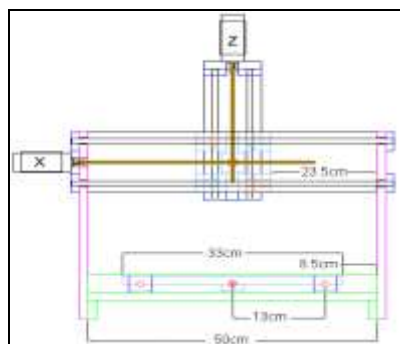


Figura 6. Sistema de CNC vista de frente, Fuente: Autoría Propia

Se diseñó una interfaz gráfica por medio del software LABVIEW, la cual se adaptó para capturar los datos por medio de las entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos creada con Arduino.



Figura 7. MotorGears

1) 3.3 Interfaz gráfica y tarjeta de adquisición de datos

En las figuras 8 y 9 y se muestran parte del programa realizado en LABVIEW y la interfaz gráfica que realiza el control manual de los motores.

La señal de respuesta del sistema es dada por un encoder que posee en conjunto un motorreductor que genera una señal cuadrada de frecuencia directamente proporcional a la velocidad del motor.

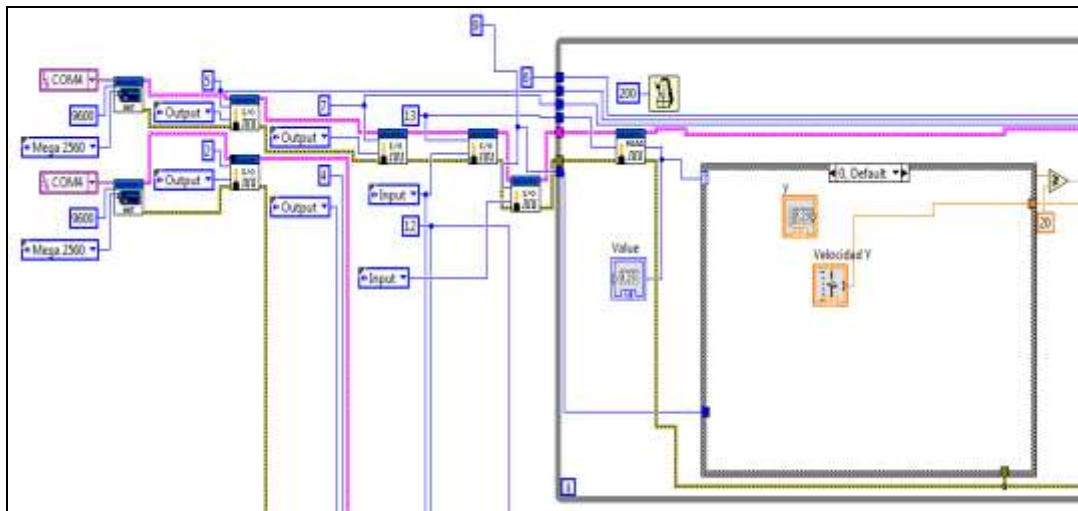


Figura 8. Esquema de programación, Fuente: Autoría Propia

2) Se creó un modelo experimental en el software MATLAB Simulink para tener las respuestas teóricas de los parámetros del motor de CC para ver su comportamiento ideal y compararlo con la respuesta real obtenida del conjunto motor-generador.

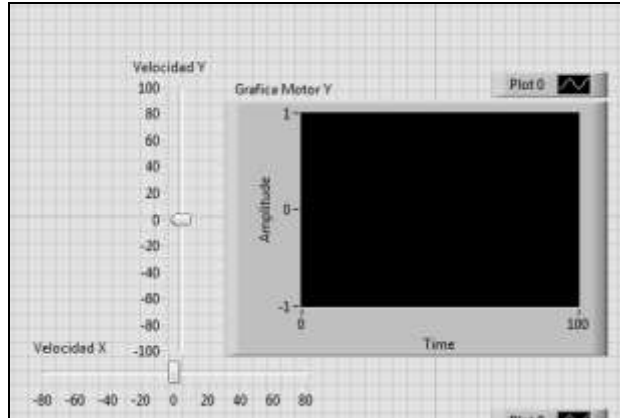


Figura 9. Programa para posicionar manualmente el motor, Fuente: Autoría Propia

3. RESULTADOS.

Presentaremos los resultados obtenidos del artículo, gráficas, simulaciones y piezas terminadas, además las conclusiones del prototipo de máquina de control numérico y control del motor con redes neuronales.

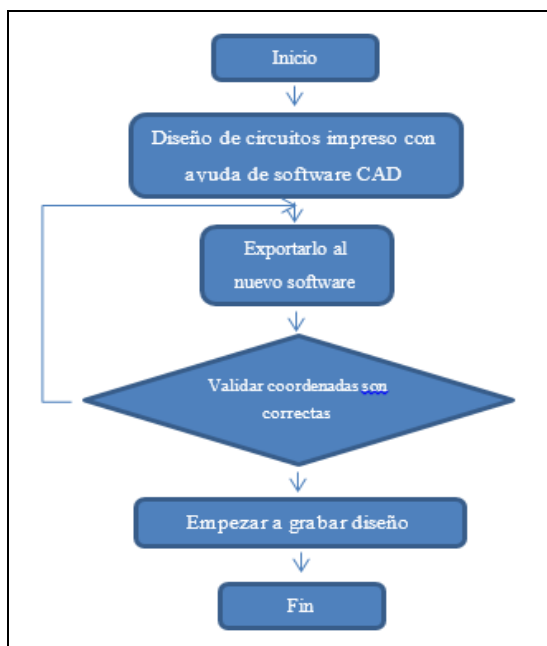


Figura 10. Bloque general del Prototipo de Control Numérico Computarizado, Fuente: Autoría Propia

Para que el sistema dibuje sobre la placa de cobre es necesario seguir una serie de pasos como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 10.

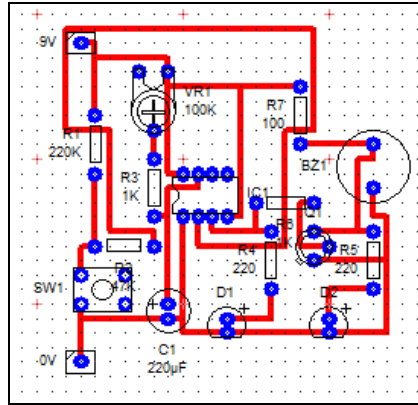


Figura 11. Circuito PC Wizard, Fuente: Autoría Propia

Una vez que se tuvieron listos algunos diseños de circuitos impresos se procedió a realizar las pruebas correspondientes, que consistieron en comprobar el comportamiento del sistema mecánico al dibujar los circuitos impresos, determinar cuál es el error y comparar la similitud del dibujo pintado con el circuito impreso original.

La figura muestra un circuito de varios componentes, del cual se obtiene su circuito impreso empleando PC Wizard, figura 11.

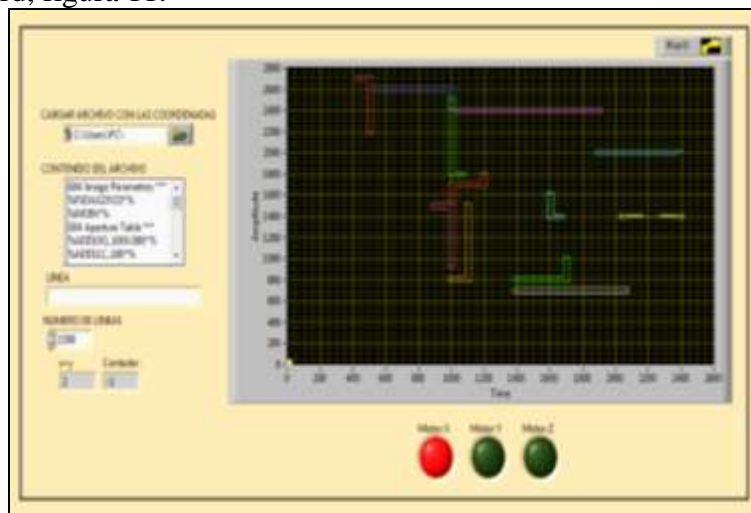


Figura 12. Pantalla de reconstrucción del circuito, Fuente: Autoría Propia

Se utiliza el software hecho con LabView, dando la configuración de las coordenadas, confirmamos la distancia entre punto y punto, el mismo sistema en LabView crea nuevas pistas haciendo el contorno de la misma línea. Así mismo entrando en funcionamiento el programa, este va haciendo el contorno conforme va desbastando la pista como en la figura 12 y 13 se va observando el proceso.

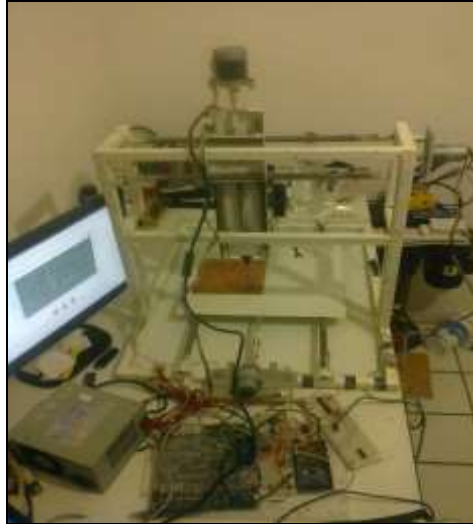


Figura 13. Funcionamiento del programa y circuito del circuito, Fuente: Autoría Propia

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

El uso de elementos de protección y maniobra adecuados, es siempre indispensables en sistemas que presenten uso de cargas inductivas o de alto consumo, sin embargo, se concluye que no solo la disposición de este tipo de elementos es necesaria, sino también la coordinación adecuada de cada uno de ellos. Es por esto, por ejemplo, el no funcionamiento de circuitos de potencia bajo la ausencia de circuitos de control, y en caso de sobrecargas, limitar su funcionamiento o proteger individual y colectivamente cada elemento del sistema.

No siempre un sistema de control en lazo cerrado es un sistema óptimo para todas las aplicaciones, este debe aplicarse bajo un propósito y necesidad, pues como bien se ha visto, una fresadora CNC cuyo torque de arrastre es mínimo para el trabajo a realizar, funciona de manera óptima con un sistema de control en lazo abierto, siendo técnicamente favorable. Las RNA mejoran el error simulado conforme mejor sea su desempeño en el entrenamiento de las mismas, los métodos que optimizan los modelos son los de trainscg ya que presentan el mejor desempeño en un corto periodo de tiempo. Ajustando los parámetros se hizo la etapa de entrenamiento de la red neuronal. El entrenamiento se realizó varias veces, modificando cada vez los parámetros de la tasa de aprendizaje y el momento, hasta que la red mostro el comportamiento esperado.

Existe una gran dificultad de efectuar la simulación con el modelo neuronal encontrado al uso el Toolbox NNET, aunque teóricamente funciona, pero se necesita un software para futuros proyectos en el cual sea posible adicionar nuevas señales de entrada al modelo, al igual que intentar generar una red neuronal con varias salidas.

5. CONCLUSIONES Y/O PROYECTOS FUTUROS.

La principal conclusión que se obtiene de este proyecto es que es posible diseñar y construir una máquina de control numérico profesional sin excesivos medios y a un bajo coste. Esto implica poder llevar la fabricación mediante control numérico a particulares y no únicamente a empresas.

El desarrollo de este proyecto se inició hace aproximadamente un año con la firme intención de fabricar un primer prototipo de una máquina de control numérico profesional a un bajo costo. Entre

los principales problemas encontramos, la nivelación de los componentes de la máquina. Este proceso, puede ser muy tedioso. La solución encontrada es la nivelación por etapas, tal como se describe.

Como posibles trabajos futuros se plantea la adición de un cuarto eje a la máquina (permitiendo crear objetos de revolución), la creación de una máquina pick and place o la fabricación de una estación de soldadura infrarroja con auto posicionamiento de componentes. Cuando se trabaja con sistemas delicados de adquisición, es indispensable disponer de un sistema de acoplamiento, que salvaguarde dichos sistemas, pues aislar circuitos de control y potencia es una práctica que, además de ser recomendable, puede brindar resultados favorables como son inmunidad al ruido y mayor estabilidad de las señales.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- D. A. Alonso, J. E. Gil, and F. H. Martínez. (2015), "*Prototipo de máquina fresadora cnc para circuitos impresos*," Tekhnê, vol. 12.
- F. Beltran-Carbajal, R. Tapia-Olvera, Lopez-Garcia, D. Guillen (2018), "*Adaptive dynamical tracking control under uncertainty of shunt DC motors*", vol 164, pages 70-78.
- Juan Reyes Reyes, Carlos M. Astorga Zaragoza, Manuel Adam Medina, Gerardo V. Guerrero Ramirez (2015), "*Bounded neuro-control position regulation for a geared DC motor*", Engineering Applications of artificial intelligence, Vol. 23, Pag. 1398-1407.
- Gouda M., and A. El-Samahy. (2014). "*Artificial Neural Network based Control of High Performance DC Motor Drive Systems*". Proceeding of (442) *European Power and Energy Systems*.
- G. Jodh, P. Sirsat, N. Kakde. S. Lutade. (2014). "*Design of low Cost CNC Drilling Machine*". *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. Vol. 2, Feb-Mar.
- J.M. Gutierrez Villalobos, J. Rodríguez Resendiz, E.A. Rivas Araiza, V.H. Mucino (2013), "*A review of parameter estimators and controllers for induction motors based on artificial neural networks*", Neurocomputing, Elsevier, Vol. 118, pag. 87-100.
- M. A. Rendón, J. A. Ibarra, M. Zavala. (2014) "*Diseño de una fresadora CNC para Pymes enfocada a la fabricación de circuitos impresos PCB*". CONAEE 2014. 3er congreso. 9-11 de abril.
- Mota-Valtierra G.C.1, Franco-Gasca L.A.2, Herrera-Ruiz G.3 and Macias-Bobadilla G.4. (2011). "*ANN Based Tool Condition Monitoring System for CNC Milling Machines, Ing. invest. y technologic*". vol.12 no.4 México oct./dic.
- Mustafa Aktas, Hilmi Aygun (2018), "*Comparison of DC link current and stator phase current in inverter switching faults detection of PMSM drives in HEVs*", Engineering Science and Technology, an international journal, Vol. 21, Pag. 664-671.
- M. O. Bashir and F. A. Karkory (2015). "Application of Rapid Prototyping to Create Additive Prototype Using Computer System," *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 9, no. 8.
- Oscar Barambones, (2011), "*A Sensorless Vector control of Induction Motor Drives based on Artificial Neural Networks*", IFAC Proceedings Volumes, vol. 42, pages 185-190
- Pavel Brandstetter, Martin Kuchar (2017), "*Sensorless control of variable speed induction motor drive using RBF neural network*", Journal of Applied Logic Elsevier, Vol. 24, Pag. 97-108.
- Phuoc Hoa Truong, Damien Fieller, Ngac Ky Nguyen, Jean Merckle, Guy Sturtzer (2016), "*Torque ripple minimization in non-sinusoidal synchronous reluctance motors based on artificial neural networks*", Electric Power Systems Research, Elsevier, Vol. 140, Pag. 37-45.
- P. Brandstetter, M Kuchar. (2017), "*Sensorless control of variable speed induction motor drive using RBF neural network*", Journal of Applied Logic, vol 24, Part A.

Shoeb Hussain, Mohamad Abid Bazaz (2016), “*Neural Network Observer Design for Sensorless Control of Induction Motor Drive*”, IFAC-PapersOnLine, Elsevier, Vol 49, Pag 106-111.

Wanderson de Oliveira Leite - Juan Carlos Campos Rubio - Francisco Mata Cabrera - José Tejero manzanares - Issam hanafi.(2014). “*Utilización de modelos de redes neuronales artificiales para predecir la influencia del tipo de fresado en la calidad del producto*”, volumen 89.