



DISEÑO DE UNA CORTADORA DE PLASMA COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA EN CARRERAS DE INGENIERÍA.

Luis Murillo¹, Diego Bustillos¹, Oscar Lara², José Achote¹, Felipe Rovayo¹
¹Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) Latacunga, Ecuador. ²Departamento de Eléctrica y Electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) Latacunga, Ecuador lamurillo@espe.edu.ec

ASA/EX 2020-15

Recibido: 13-07-2020

Aceptado: 31-07-2020

RESUMEN

El uso de equipos automatizados como la cortadora de plasma reducen los tiempos de manufacturación, además de ser más preciso en el corte de una amplia gama de metales, el uso de este tipo de dispositivo optimiza los procesos de manufactura en la fabricación de equipos para el procesamiento de materia prima proveniente del sector agrícola, así como equipos e implementos electromecánicos usados en el sector agro industrial, desde el punto de vista académico el uso de este tipo de máquinas, familiariza a los futuros profesionales con equipos de nueva generación y reduce la duración de las prácticas de laboratorio, lo que disminuye las condiciones de estrés y ansiedad de los estudiantes de ingeniería, mejorando su desempeño académico, por lo tanto el objetivo de esta investigación fue diseñar un prototipo cortadora plasma, la cual fue empleada para la realización de actividades prácticas del estudiante de ingeniería electromecánica, para la evaluación de la eficiencia del prototipo se cuantificó el tiempo de duración de las actividades académicas, así como el grado de satisfacción de los estudiantes en la elaboración de las actividades académicas. Los resultados encontrados revelan que el tiempo de práctica se redujo considerablemente en comparación a las prácticas realizadas bajo los enfoques educativos convencionales, además de que nivel de estrés y ansiedad entre los estudiantes que usaron la cortadora plasma en sus actividades prácticas fue menor, lo cual influyo positivamente en su rendimiento académico.

Palabras Clave: automatización, eficiencia, precisión, procesos industriales.



DEVELOPMENT OF PLASMA CUTTER MACHINE AS A TEACHING SUPPORT TOOL IN ENGINEERING CAREERS

ABSTRACT

The use of automated equipment such as the plasma cutter reduces manufacturing times, in addition to being more accurate in the cutting of a wide range of metals, the use of this type of device optimizes manufacturing processes in the manufacture of equipment for processing raw materials from the agricultural sector, as well as electromechanical equipment and implements used in the agro-industrial sector. From the academic point of view, the use of this type of machine familiarizes future professionals with new generation equipment and reduces the duration of laboratory practices, which decreases the stress and anxiety conditions of the engineering students, improving their academic performance. Therefore, the objective of this research was to design a prototype plasma cutter, which was used for the practical activities of the electromechanical engineering student, for the evaluation of the efficiency of the prototype, the duration of the academic activities was quantified, as well as the degree of satisfaction of the students in the elaboration of the academic activities. The results found reveal that the practice time was considerably reduced compared to practices carried out under conventional educational approaches, in addition to the fact that the level of stress and anxiety among the students who used the plasma cutter in their practical activities was lower, which positively influenced their academic performance.

Keywords: automation, industrial process efficiency, industrial process.



INTRODUCCIÓN

Las instituciones académicas que imparten las carreras de ingeniería electromecánica, metalúrgica e industrial llevan a cabo actividades de laboratorio de un nivel complejo que requieren de una alta inversión de tiempo (Ibarra et al. 2016; Suarez et al. 2019), lo cual se potencia si las instituciones educativas, no cuentan con laboratorios apropiados con tecnología necesaria debido a lo costoso de los equipos de tecnología de punta y las deficiencias presupuestaria especialmente en los países pobres (Ramos et al. 2018).

Debido a lo expuesto anteriormente las instituciones deben desarrollar procesos tecnológicos autónomos, entre los cuales se encuentra esta experiencia, la fabricación de equipos que sirvan para el aprendizaje en tecnologías avanzadas, como lo es una cortadora por plasma guiado mediante una computadora (Control Numérico Computarizado), que permita la aplicación de conocimientos y destrezas de los estudiantes a través de la automatización y mejoren su competitividad ante la sociedad del siglo

XXI (Rua et al. 2018; Zamora y Coba, 2018).

La cortadora por plasma (CNC) es una máquina automática guiada por una computadora (Trivedi y Kundaliya 2017), en la cual el corte es realizado con un plasma, funciona con aire y electricidad, al pasar aire por la manguera conjuntamente con la electricidad se convierte en plasma alcanzando una temperatura de 1000°C que ayuda a fundir el material, son máquinas de corte de alta precisión, velocidad y bajo costo para metales de gran dureza (acero al carbono y acero inoxidable) que utilizan control numérico computarizado. El proceso de manufactura con las máquinas CNC es sofisticado llegando a realizar trabajos complejos en acero que la mano humana no puede lograr, entre ellos tenemos dos parámetros fundamentales, el tiempo, llegando a optimizar el 75 % de faena manual, y la precisión que es primordial dentro de las piezas “repuestos”, la máquina alcanza una tolerancia de menos de 0,02 mm (Kudrna y Merta, 2017; Ramakrishna et al. 2018).



En la actualidad las máquinas CNC, remplazan la mano humana en la industria y fábricas, dicha máquina trabaja 24 horas con alta producción, la visión de las máquinas automáticas es evitar el exceso de trabajo al ser humano quien posteriormente puede adquirir enfermedades laborales, que en ocasiones pueden ser irreparables (Liu , 2017; Anzola, 2019).

El corte de metal por plasma CNC ha tenido gran auge en los últimos años, sus aplicaciones son diversas, así como sus prestaciones, tanto en el campo industrial, laboral y educativo (Cardanha et al. 2018).

Este tipo de dispositivo a nivel experimental ha tenido una gran acogida para la realización de diversos trabajos debido a su gran precisión y a costo relativamente bajo (Masoudi et al. 2019), se realizan generalmente en metales como son el acero, aluminio, latón y cobre (Anakhov et al. 2016; Matushkina et al. 2019), por lo cual en la gran mayoría de instituciones educativas de nivel superior que ofertan ramas de formación técnica cuentan con al menos una máquina de control numérico

computarizado (Mirabdolahi y Abootorabi, 2019), ya que esta tecnología es fundamental para el aprendizaje y formación de las capacidades de los estudiantes.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue diseñar una cortadora de plasma, que servirá como herramienta de apoyo en la enseñanza en las carreras de ingenierías. Lo cual podría contribuir notablemente en la formación y el desarrollo académico integral de los estudiantes, generando el conocimiento necesario a través del componente práctico presente en las asignaturas impartidas en el proceso de formación de estudiantes de carreras de ingeniería, el cual fue validado a través de cuestionarios que midieron el grado de satisfacción de los estudiantes al usar el prototipo.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Establecer las características de la CNC

La cortadora tiene que tener potencia de 7000W, con su voltaje regulado automáticamente dependiendo de la conexión eléctrica, que puede ser de 110



o 220 voltios, el amperaje de la cortadora es de 0 a 30 amperios (A).

Debe estar equipada con características que prolongan su vida útil y mejoran su rendimiento, es “Turbo Ventilada” y posee un fusible térmico para controlar la temperatura de la máquina.

Es necesario que posea un “Reinicio Automático” para proteger la máquina y asegurar un óptimo funcionamiento en trabajos de larga duración. Su función de Corte por Plasma, puede ser utilizada

para cortes en Acero, Hierro, Acero inoxidable, entre otros. Contiene todas las entradas para conexión de compresor de aire.

2. Selección de los componentes

Sistema mecánico

Para el diseño mecánico de la estructura es importante el conocimiento de las propiedades mecánicas de las piezas que se van a diseñar, las cuales se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1 .Estandarización de las propiedades mecánicas de los tubos cuadrados.

Grado	Descripción	Límite de fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tracción mínima (MPa)	Elongación mínima en 50mm (%)
A	Tubos	270	310	25%
B	estructurales	315	400	23%
C	sección cuadrado, rectangular o	345	425	21%
D	especiales.	250	400	23%

La cortadora plasma fue fabricada en acero carbonizado y acero galvanizado, el primero es resistente a la elongación, al calor y de bajo costo, mientras que el acero galvanizado es resistente a la corrosión; algunas piezas fueron diseñadas en acero inoxidable por su resistencia a las altas temperaturas, a pesar de su alto costo.

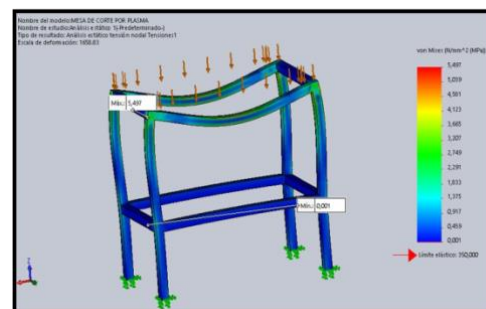


Figura 1. Análisis estático eje “y”, para la determinación el máximo esfuerzo de la cortadora plasma.



Análisis estructural

En la Figura 1 se muestra el análisis estático del eje “y” para determinar el máximo esfuerzo que puede alcanzar la estructura.

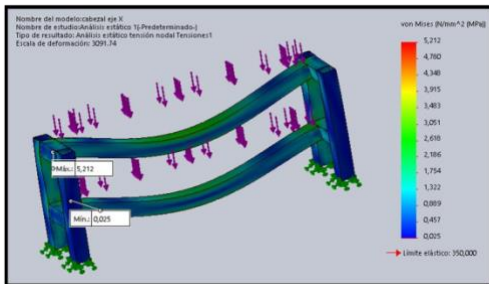


Figura 2. Análisis estático del cabezal porta eje (X, Z) para determinar el límite elástico de la cortadora plasma.

En la Figura 2 muestra el análisis estático del cabezal porta eje (X, Z).

Se determina que el límite elástico que puede soportar la estructura al adquirir una carga es de 19kg.

Selección del motor

Los dos principales motores se seleccionaron tomando en cuenta el torque calculados en sus diferentes ejes para la cortadora plasma CNC. Como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de motores seleccionados para el funcionamiento de cortadora plasma.

Ord	Tipo	Marca	A	V	T	Costo (\$)
1	Servomotor	60ST-M01930AC	3.5	220VAC	1.91Nm	562,26
2	Motor paso a paso	KL23H276-28-4B	2.8	12VCC	1.91Nm	130,00

Los motores seleccionado para la construcción de la cortadora plasma CNC, fueron el paso a paso, seleccionado en función de siguientes parámetros: el torque calculado; costo

del beneficio; disponibilidad en el mercado nacional, las características de los motores de describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Datos técnicos de los motores paso a paso.

Ord	Motor nema 23	Cantidad	A	Torque	Torque requerido	Ejes
1	KL23H276-28-4B	2	2.8	1.9Nm	2.2Nm	Y
2	KL23H276-28-4B	1	2.8	1.9Nm	0.85Nm	X
3	23HS22-2804S	1	2.8	1.25Nm	0.4Nm	Z



Sistema de transmisión

Se seleccionó un sistema Machifit GT2 Polea de distribución el cual posee un diámetro interno de la rueda síncrona de 20 dientes para 6 mm de ancho Cinturón piezas de la CNC.

Selección de la guía.

En el Cuadro 4 muestra las características del material, para la elección de guías que fueron utilizados en la CNC, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: resistencia del material; disponibilidad del material y relación costo beneficio.

Cuadro 4. Características de las guías usadas por la cortadora plasma

Ord	Guías	Carga (kg)	Costo (\$/m)	Material
1	SBR 12mm	26,63	90	Acero inoxidable
2	HGW20HA	79,7 kg	160	Acero inoxidable

Para la automatización de las máquinas CNC se requiere componentes eléctricos y electrónicos (conductores, sensores y tarjeta de control) los cuales se describen a continuación:

Sensores de proximidad.

El primero usado fue un sensor final de carrera o interruptor de posición, el cual detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico, así mismo se empleó un sensor inductivo es un límite de carrera alta precisión en posición NO, el cual necesita alimentación de 12v a 36v envía señal positiva o negativa dependiendo la configuración, los sensores fueron

seleccionados en función de: característica del dispositivo; costo beneficio; disponibilidad y software.

Selección de conductor

De acuerdo a los datos obtenidos se requiere un conductor en diámetro en sección aproximado de 0,80 m2.

Selección de la tarjeta de control.

En el Cuadro 5 se puede observar las características de la placa de control. Para la selección del controlador placa de la CNC se tomaron en cuenta las siguientes características: número de ejes; facilidad de comunicación; costo - beneficio y disponibilidad en el mercado,



a continuación se describen algunos de los controladores disponibles en el mercado.

En función del costo y la funcionabilidad se seleccionó el controlador Arduino, el

cual ha sido probado con éxito en otros dispositivos mecánicos y el mismo es de bajo costo por ser de software libre.

Cuadro 5. Características de los controladores usados para el funcionamiento de la cortadora plasma

Ord	Placa de control	Ejes	Alimentación	Software
1	USB Mach 3	4	12v a 24v	Libre
2	Arduino Uno	4	5v	Libre
3	Fanuc	4	12v a 36v	Pagado

Selección de la fuente de alimentación

La fuente de poder ATX, las cual es una fuente de alimentación para PC creados por la compañía INTEL, este tipo de dispositivos se pueden utilizar como alimentación en DC con una potencia de 300W para diferentes tipos de proyectos son fuentes de alta fiabilidad ya que en su interior conllevan diferentes dispositivos de protección para sobretensión y sobrecarga, poseen un filtro EMI que ayuda a proteger contra distorsiones electromagnéticas

salud de los operarios de las señales electrónicas que viajan por los conductores. (Sharifullin et al., 2016).

El primer aspecto evaluado fue el referente a las ventajas del uso de la cortadora plasma, las características de su diseño y sus bondades, el segundo aspecto que se abordó en esta investigación es el impacto que tiene el uso de esta tecnología en el mejoramiento del desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje particularmente en el caos de los estudiante de ingeniera electromecánica.

Filtro EMI.

Para evitar las interferencias electromagnéticas que se generan siempre que una carga eléctrica que atraviesa un campo magnético, se usó un filtro EMI, cuyo propósito es proteger la

Pruebas de funcionamiento

Para comparar el funcionamiento de la CNC con el equipo convencional se realizó una matriz de ponderación, donde



se evaluó la cortadora en términos de: rapidez, eficiencia, precisión y costos, usando una escala desde el 0 (valoración menor), hasta el 10 (valoración mayor).

Evaluación del grado de satisfacción

Una vez diseñado el equipo, se procedió a evaluar el grado de satisfacción de los alumnos con la cortadora de plasma (CNC), la información fue recolectada a través de la aplicación del cuestionario, el cual se describe a continuación.

Cuestionario

Para la recogida de datos referentes a la motivación y el nivel de satisfacción de los alumnos acerca del uso de la CNC, se empleó el cuestionario IMI (Intrinsic Motivation Inventory-IMI) de McAuley et al. (1989) a un grupo de 40 estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica de la ESPE. El cual es instrumento validado previamente por numerosos estudios, que permite medir el nivel de aceptación y motivación de los alumnos por el uso de la máquina automatizada. Para la evaluación se consideraron aspectos referente al: tiempo de práctica, nivel de estrés,

ansiedad, nivel de esfuerzo, utilidad de la máquina y dificultad en el manejo., los cuales fueron evaluados a través de una escala con 5 niveles los cuales se describen a continuación: 1.Mucho. 2. Bastante. 3. Algo 4. Poco y 5 Nada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una matriz de ponderación, donde se evaluó la cortadora en términos de: rapidez, eficiencia y precisión, cuyos resultados se observan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Matriz de ponderación para la evaluación del funcionamiento de cortadora de plasma (CNC) para su uso en actividades prácticas de electromecánica

Criterio	Cortadora plasma	Equipo convencional
Rapidez	9	6
Precisión	10	7
Eficiencia	9	6
Costo	7	9
Multitarea	9	4
Ponderación	9,40	5,80

Si bien la cortadora de plasma resulta costosa por ser un equipo de alta tecnología que emplea un sistema computarizado, resulta más eficiente en comparación a los sistemas convencionales (Guerrero y Jaramillo, 2018), este equipo al reducir los tiempos de operación (Pittayachaval et al. 2020); y precisión, mejora la calidad de la



manufacturación de maquinaria industrial (Anakhov et al. 2016), además de su eficiencia en el sentido de la relación precisión-tiempo de ejecución (Węglowski y Pfeifer 2014); es un equipo que permite trabajar con una gama amplia de metales que incluye, hierro, acero, plata, aluminio y latón (Lazarevic y Lazarevic, 2017).

Las ventajas de adquirir competencias las cuales serán aplicadas en el campo laboral especialmente de los estudiantes de ingeniería metalúrgica, electromecánica e industrial, le permite al estudiante de ingeniería ser más competitivo en el campo de trabajo (Kunal y Mungra, 2020), en el caso de las ramas de la ingeniería agrícola y agroindustrial a pesar de que los mismos no están directamente involucrados en el diseño y manufacturación de equipos electromecánicos, la comprensión de los procesos y las tecnologías para el desarrollo de equipos más precisos en un

menor tiempo, le permitirá en el campo gerencial tomar las decisiones acertada al momento de adquisición de equipos durante su diseño y fabricación (Sharifullin et al. 2016).

Uno de los aspectos que facilita el proceso de aprendizaje es que los estudiantes no ven las actividades prácticas de electromecánica como un proceso complicado y complejo (Zambrano, 2016 y Alducin et al. 2018), sino que dado el uso de la CNC de la misma para llevar a cabo los procesos de laboratorio de una manera rápida, automatizada y precisa (Da Cunha y Hernández, 2019), lo cual hacen de la actividad práctica divertida, tal como se observa en la Figura 3 donde más del 61% de los alumnos considera que las actividades de laboratorio de electromecánica se hacen agradables en términos de manejo del equipo, duración y complejidad de la actividad.

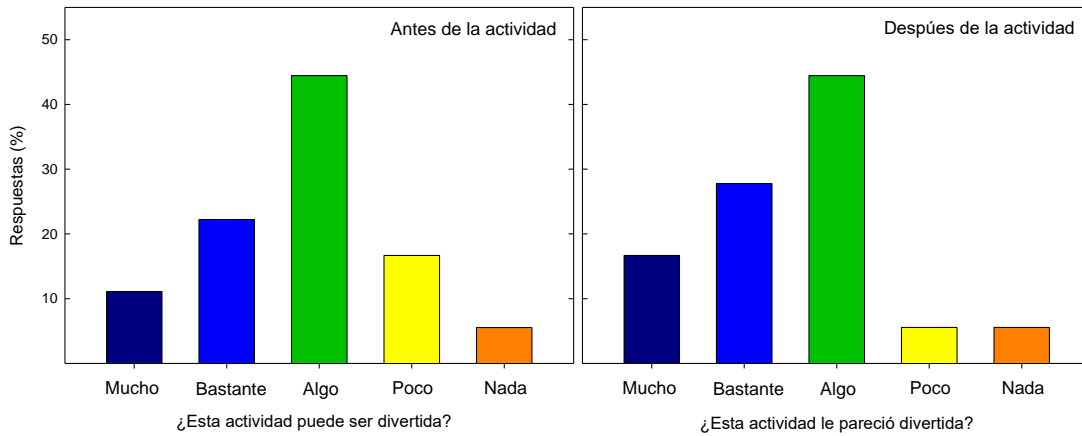


Figura 3. Nivel de agrado de estudiantes electromecánica acerca del uso de cortadora de plasma para el desarrollo de actividades prácticas.

La introducción de procesos tecnológicos novedosos como el uso de la cortadora de plasma, hace que los estudiantes consideren que las prácticas en el área de la electromecánica, son interesantes (Figura 4), mostrando un interés superior al 61 %, esto obedece como se mencionó previamente, a que están usando una tecnología de punta con

un software actualizado y de fácil comprensión (Castillo et al. 2017), que permite la realización de las actividades prácticas en un menor tiempo, de manera precisa y con un mayor número de aplicaciones para el trabajo con un mayor variedad de metales (Hernández et al. 2018).

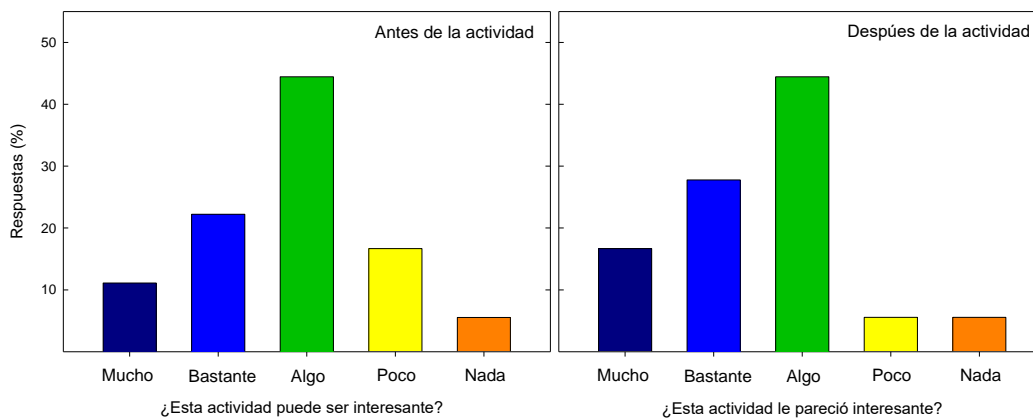


Figura 4. Nivel de interés de estudiantes electromecánica acerca del uso de cortadora



de plasma para el desarrollo de actividades prácticas.

No solo los estudiantes están interesados y disfrutaron el uso de la cortadora plasma, sino que los resultados muestran que los mismos le han dado una valoración importante a la misma, dado que ellos además de verlo como un proceso académico donde usarán una tecnología de aplicación en el campo laboral ha sido ampliamente demostrada (Basterretxea, et al.2019), cuyo manejo

de esta competencia le brindará los profesionales del área de la ingeniería industrial, mecánica, metalúrgica y electromecánica, herramientas para un mejor desempeño en el campo laboral (Chen, 2016), es por ello que el grado de valoración de la actividad supera el 77% como se observa en a Figura 5.

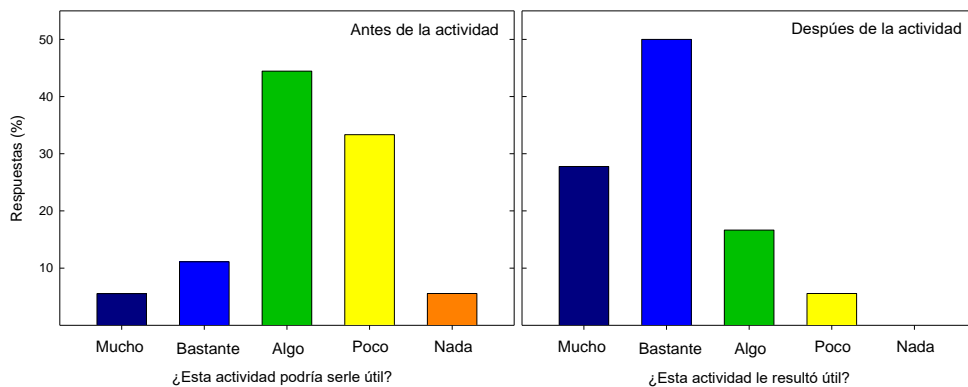


Figura 5. Percepción de la utilidad de la cortadora plasma para el desarrollo de actividades practica en la carrera de ingeniería electromecánica.

Uno de los aspectos que más dificulta la introducción de nuevos procesos tecnológicos en el campo de la tecnología es lo complejo del uso de algunos equipos (Tercan et al., 2016), los cuales poseen algoritmos complicados para su utilización (Wu et al., 2017), sin embargo los resultados encontrados

revelan el manejo de la CNC resultado sencilla y requiere solo de pocas instrucciones para el alcance los logros, que incluye el uso efectivo de la maquinaria para la realización de actividades prácticas en la Figura 6 se observa que la comprensión del material didáctico y las instrucciones de uso de la



CNC fue fundamental para la comprensión y manejo adecuado del dispositivo, en este sentido el 55,56 % de los estudiantes manifestaron que

comprendieron el material introductorio, el cual fue el componente básico previo al inicio de la formulación y ejecución del proyecto.

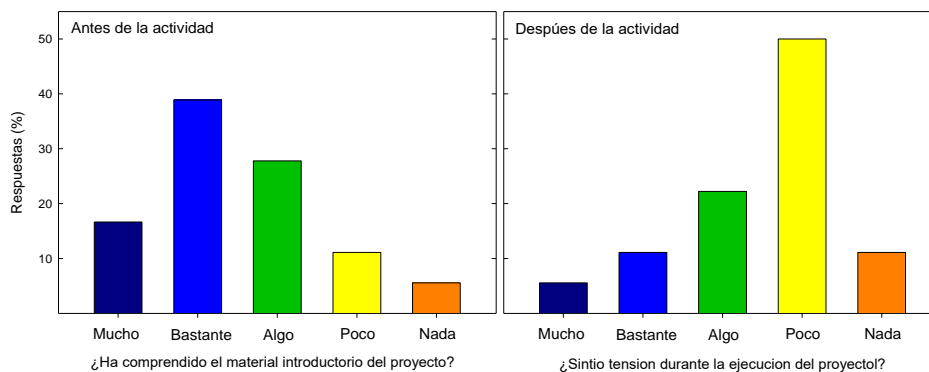


Figura 6. Comprensión en el uso y nivel de tensión de la cortadora plasma para el desarrollo de actividades practica en la carrera de ingeniería electromecánica.

Finalmente los resultados revelan que la realización de las actividades prácticas de manera precisa, con un dispositivo de fácil manejo y comprensión para su utilización así como en un menor tiempo redujeron los niveles de tensión y estrés a los cuales comúnmente se encuentran los estudiantes cuando llevan a cabo un proceso académico (Ross y Celis, 2020), esta disminución de la tensión se observa en la Figura 7, donde se evidencia que 61,11 % de los estudiantes sintieron menos tensión al realizar la práctica lo cual se manifestó en un mejor desempeño académico, lo cual ha sido demostrado con otras innovaciones

tecnológicas en el campo de la ingeniería (Giraldo et al. 2018).

La masificación de nuevas tecnologías que mejoren el desempeño de los estudiantes, se traduce en profesionales con mejores competencias para el manejo de tecnología de punta, si bien este tipo de herramientas no son usadas directamente por los profesionales del área de la ingeniería agroindustrial, muchos de los equipos son fabricados con este tipo de herramienta por lo tanto el conocimiento de las técnicas de diseño, permitirá la selección de equipos más precisos que en términos agroindustriales se manifiestan en una



mayor eficiencia a la hora del procesamiento de materia prima, y la reducción de pérdidas durante el envasado u otro proceso industrial.

CONCLUSIONES

La cortadora plasma es una tecnología de vanguardia de alto costo, pero que mejoró de manera sustancial los procesos de fabricación no solo en términos de rapidez, sino de eficiencia y precisión, mejorando así las labores de fabricación a escala industrial.

Los resultados encontrados revelan que si bien la cortadora de plasma resulta costosa por ser un equipo de alta tecnología, resulta más eficiente en comparación a los sistemas convencionales, alumnos considera que las actividades de laboratorio se hacen agradables en términos de manejo del equipo, duración y complejidad, hace que se consideren las prácticas interesantes, manifestaron que comprendieron el material introductorio y que su manejo resultó sencillo y requiere solo de pocas instrucciones.

El conocimiento de herramientas tecnológicas de fabricación más precisas les permitirá a los futuros ingenieros

tener herramientas para la toma de decisiones al seleccionar los equipos más eficientes para desarrollar la actividad industrial, minimizar las pérdidas de materia prima y optimizar los volúmenes de fabricación de productos terminados.

REFERENCIAS

- Anakhov, S., Pyckin, Y. Matushkin A, (2016). Narrow jet plasma as the energy efficient and safe technology for metal cutting. In *Materials Science Forum.*, 870: 523-527.
- Anzola, G. (2019). Innovación tecnológica en la gestión universitaria. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2) e1380, 1-4,
- Alducin, J., Vázquez, Al. (2017). Estilos de aprendizaje, variables sociodemográficas y rendimiento académico en estudiantes de Ingeniería de Edificación. *Revista Electrónica Educare*, 21(1), 350-380.
- Basterretxea, I., Charterina, J., Landeta, J. (2019). Coopetition and innovation. Lessons from worker cooperatives in the Spanish machine tool industry. *Journal of Business & Industrial Marketing* 34 (6), 1223-1235.
- Cardanha, B., Da Costa, K, Campos, P., Junior, J. (2018). Comparative analysis after the implantation of a



- computerized CNC plasma cutting equipment at a shipyard in the city of Manaus-AMV.ITEGAM-JETIA, 4(15): 164-167.
- Castillo, L., Alarcón, A., Callejas, M. (2017). Infraestructura física para laboratorios en el área de ingeniería del software. *Entramado* 13 (2), 260.268.
- Chen, M. (2016). Technology, informal workers and cities: insights from Ahmedabad (India), Durban (South Africa) and Lima (Peru). *Environment & Urbanization* 28 (2), 405-422.
- Da Cunha, J., Hernández, T. (2019). El proceso de enseñanza-aprendizaje de la automatización en la carrera de Electromecánica. *Conrado*, 15(69), 89-95.
- Giraldo, E., Giraldo, J., Valderrama, J. (2018). Modelo de Simulación de un Sistema Logístico de Distribución como Plataforma Virtual para el Aprendizaje Basado en Problemas. *Información tecnológica*, 29(6), 185-198
- Guerrero B.B., Jaramillo J.A.C. (2018). Escenarios futuros del sector metalmecánico. Municipio de Tuluá y su zona de influencia. *Horizonte 2018-2028. Informador Técnico*, 82(2): 181-208.
- Hernandez, E., Sorzano, F., Coba, M., Acevedo, C., Valencia, G. (2018). Experimental Study of the Cutting Processes Effect on the Surface Hardness of ASTM A36 Steel. *Contemporary Engineering Sciences*, 11 (39), 1921-1928.
- Ibarra S.T.C., Beltrán J.A.R., Torres M.G.M. (2016). Análisis del estrés académico en estudiantes de ingeniería como estrategia para el aprendizaje significativo. *ANFEI Digital*, (5), 1-8.
- Kunal, P., Munгла, M. (2020). A Review on Optimization of Plasma Arc Cutting Parameters Using Taguchi Method for EN19. *Journal of Science and Technology* 5 (3), 172-191.
- Kurdna, L., Merta, M. (2017). The technology of plasma cutting on a cnc machine. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM; Sofia* 17 (1.3), 949-956.
- Lazarevic, A., Lazarevic, D. (2017) Investigations of material hardness and structural changes in the heat-affected zone during plasma cutting. *Weld World* 61: 1069–1075.
- Liu, Y. (2017). Renovation of a mechanical engineering senior design class to an industry-tied and team-oriented course. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 800-811.
- Masoudi, S., Mirabdolahi, M., Dayyani, M., Jafarian, F., Vafadar, A., & Dorali, M. R. (2019). Development of an intelligent model to optimize heat-affected



- zone, kerf, and roughness in 309 stainless steel plasma cutting by using experimental results. *Materials and Manufacturing Processes*, 34(3): 345-356.
- Matushkina I., Anakhov, S., Pyckin Y. (2019). Evaluation of the effectiveness of plasma torches design for metal cutting by qualimetric method. In *Materials Science Forum*, 946: 877-882.
- McAuley E., Duncan T., Tammen, V.V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60: 48-58
- Mirabdolahi M., Abootorabi M. (2019). Optimization and Modeling of Plasma Cutting of AISI 309 Stainless Steel by Using Neural Network-Genetic Algorithm Hybrid Model. *Modares Mechanical Engineering*, 19(10): 2455-2462.
- Parthiban, A., Prasath, J., Vivek, P., Pugazhenthir, R. (2018). Experimental investigation of plasma arc cutting for stainless steel sheet. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(1), 907-914
- Pittayachaval, P., Aupkaew, Y., Sakhonkhan, S., Sukan, T., & Patchaikhonang, C. (2020). Investigating Plasma-Nozzle Wear Based on Processing Time and Current Ampere. *Materials Science Forum*, 987, 171–176.
- Ramakrishna, S., Raghuram, K., Avinash. (2018) Process modelling and simulation analysis of CNC oxy-fuel cutting process on SA 516 grade 70 carbon steel. *Mater Today Proc* 5:7818–7827
- Ramos, M., Peña, M., Vivas, C., Marquez, I. (2018). Proceso de enseñanza aprendizaje del control de procesos en el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Libre. *Revista ingenio libre* 16, 10-15.
- Ross, J., Celis, S. (2020). ¿Descanso para hoy o estrés para mañana?: Beneficios y costos de los paros estudiantiles en ingeniería y ciencias, *Revista Iberoamericana de Educación en Ingeniería (RIEI)* 2 (4), 1-9.
- Rúa, R., Blasnilo, E., Jiménez, D., Gutiérrez, A., Andrés, G., & Villamizar, N. I. (2018). Impresión 3D como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de Algunos Conceptos de Ingeniería y Diseño. *Ingeniería*, 23(1), 70-83.
- Sharifullin, S., Adigamov, N., Adigamov, N., Solovev, R., Arakcheeva, K. (2016). Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma. *Journal of Physics: Conference Series* 669 (012049), 1-6.



- Suárez O.J., Marquez, A.H., Cardozo, O.A.P. (2019). *Estrés académico en estudiantes de Ingeniería que cursan Física: Análisis exploratorio*. Revista científica, 76-83.
- Tercan, H., Al Khawlib, T., Eppeltb, U., Buscher, C., Meisen, T., Jeschkea, S. (2016). Use of Classification Techniques to Design Laser Cutting Processes *Procedia CIRP* 52 (2016) 292 – 297.
- Trivedi,K., Kundaliya, D. (2017). Analysis of Process Parameters Used in Plasma Cutting Machine: A Review. *Trends in mechanical engineering & technology* 17 (2), 18-21.
- Węglowski M.S., Pfeifer T. (2014). Influence of cutting technology on properties of the cut edges. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, 38(2): 63-73.
- Wu, D., Connor, J., Terpenney, J., gao, R., Kumara, S. (2017). A Comparative Study on Machine Learning Algorithms for Smart Manufacturing: Tool Wear Prediction Using Random Forests. *J. Manuf. Sci. Eng.* Jul 2017, 139(7): 071018 (9 pages)
- Zambrano, C. (2016). Autoeficacia, Prácticas de Aprendizaje Autorregulado y Docencia para fomentar el Aprendizaje Autorregulado en un Curso de Ingeniería de Software. *Formación universitaria*, 9(3), 51-60
- Zamora, R., Coba, J. (2018). Trends in Modeling and Simulation in the Automotive Industry Concerning the Bond Graph framework. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.16), 160-163