

APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS COMPUTACIONALES PARA CONTRIBUIR AL PERFIL PROFESIONAL DEL INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

APPLICATION OF COMPUTATIONAL SCIENCES TO CONTRIBUTE TO THE PROFILE OF THE ENGINEER IN AUTOMOTIVE SYSTEMS

C. M. Hernández Mendoza¹

L. E. Frausto Vargas²

P. Sánchez Fernández³

J. P. Serrano Rubio⁴

RESUMEN

La Ingeniería en Sistemas Automotrices del Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Irapuato, es una carrera orientada al diseño, producción, manufactura y línea de producción del sector automotriz. La automatización, robótica, el Diseño Asistido por Computadora (CAD), entre otras, son ciencias que los estudiantes deben dominar para llevar a cabo estas actividades. Se considera que, para la enseñanza de la robótica y automatización, profesores y estudiantes de la carrera pueden aplicar nuevas tecnologías y ciencias computacionales, con el objetivo de que puedan entender y comprender el funcionamiento y operaciones básicas de los robots que hay en el sector industrial, además de adquirir conocimientos que le permitan desarrollar habilidades y competencias que contribuyan a generar productos innovadores en su formación profesional con impacto al perfil de egreso de la carrera. Se llevó a cabo una metodología que permite al estudiante utilizar el CAD, la metrología dimensional y la electrónica para desarrollar brazos robóticos automatizados a partir de conocimientos en ciencias computacionales como programación, redes, páginas web y lenguaje HTML. Los estudiantes lograron diseñar e imprimir sus propios brazos robóticos, programarlos, sincronizarlos y crear rutinas automatizadas a partir de las habilidades y competencias desarrolladas. Se logró generar prototipos innovadores enfocados a la divulgación de la ciencia y a la carrera de Sistemas Automotrices.

ABSTRACT

Automotive Systems Engineering at Tecnológico Nacional de México (TecNM), Irapuato campus, is a career focused on the design, production, manufacturing and production line of the automotive sector. Automation, robotics, Computer Aided Design (CAD), among others, are sciences that students must command to carry out these activities. We consider that, for the teaching of robotics and automation, teachers and students can apply new technologies and computer sciences, with the aim that they can understand and comprehend the functioning and basic operations of robots that exist in the industrial sector, in addition to acquiring knowledge that allows them to develop skills and competencies that contribute to generating innovative products in their professional training with an impact on the career graduation profile. A methodology was carried out that allows students to use CAD, dimensional metrology and electronics to develop automated robotic arms based on knowledge in computer sciences such as programming, networks, web pages and HTML language was carried out. The students were able to design and print their own robotic arms, program them, synchronize them and create automated routines based on the skills and competencies developed. They were able to generate innovative prototypes focused on the dissemination of science and the Automotive Systems career.

¹ Profesor de Tiempo Completo, TecNM / ITS de Irapuato, cesar.hm@irapuato.tecnm.mx

² Estudiante del TecNM / ITS de Irapuato, lis19111026@irapuato.tecnm.mx

³ Estudiante del TecNM / ITS de Irapuato, lis19110862@irapuato.tecnm.mx

⁴ Profesor de Tiempo Completo, TecNM / ITS de Irapuato, juan.sr@irapuato.tecnm.mx

ANTECEDENTES

Según el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI, 2020), el perfil de egreso del estudiante de la Ingeniería en Sistemas Automotrices debe: aplicar herramientas computacionales de acuerdo con tecnologías de vanguardia, para el diseño, operación y optimización de sistemas automotrices del sector industrial, así como, diseñar e integrar redes industriales para el control, comunicación y automatización de las líneas de producción. Por lo que es importante que, durante la trayectoria académica, los estudiantes tengan la oportunidad de conocer y aplicar tecnologías aptas para el desarrollo industrial y su crecimiento profesional.

Una de las ventajas que tiene este programa académico es la vinculación de diversas áreas y ciencias provenientes de otras ingenierías. Un ejemplo de ello, lo plantea Aucatoma (2022), quien menciona que, al unir diferentes ciencias como la electrónica y la mecánica tiene como resultado una máquina autónoma la cual funciona mediante programación. Otro ejemplo de ello, lo presenta Guerrero y Jeyakumar (2023), pues comentan que en los últimos años se ha dado un gran desarrollo en la inteligencia artificial, deep learning, redes neuronales, lo cual en conjunto pueden cubrir diversas necesidades tanto científicas como industriales.

En este mismo sentido, investigaciones como la de Ramos y Merchán (2020) apoyan el uso de tecnologías y ciencias computacionales para contribuir de manera colaborativa, ya sea en el plano administrativo o en operaciones industriales.

Actualmente, el sector productivo requiere profesionales capacitados en el uso de las ciencias computacionales y tecnologías de vanguardia, tal como lo indica González (2020) cuando comenta que, pese a ser uno de los sectores más modernos y competidos, en la industria automotriz y de autopartes subsisten aún tareas de precisión que son realizadas por operadores que presentan errores en su ejecución. Por esta razón se considera que el uso de tarjetas programables y entornos de desarrollo, tienen un impacto directo para ayudar al estudiante a desarrollar competencias que ayuden a mejorar la productividad y eficiencia de cualquier línea de producción. En este caso, el sector automotriz de la región puede verse beneficiado al contar con candidatos que han adquirido conocimientos a partir de la generación de prototipos con tecnologías para generar procesos de robótica y automatización.

Se han realizado trabajos similares como lo presentan Balcázar et al. (2023), quienes plantean la generación de un robot de dos grados de libertad cuyo propósito es el ensamblaje en una línea de producción y un proceso automatizado, así como, el diseño de este en programas como Solid Works y la eventual programación de una interfaz que ayude a interactuar entre el humano y la máquina. Proyectos como este, indican que la introducción de conocimientos provenientes de las Ciencias Computacionales permite generar innovaciones, no solo en la enseñanza y formación académica, también permite contribuir en conjunto con los conocimientos del ingeniero en Sistemas Automotrices para desarrollar productos que puedan ser aplicados a las necesidades y requerimientos del sector automotriz y su entorno.

Actualmente, la placa de desarrollo identificada como ESP32 ha sido una de las más utilizadas para fomentar la programación y configuración de redes para crear prototipos académicos orientados a la implementación industrial, tal como lo plantea Barrera (2023), quien ha utilizado este módulo con la finalidad de detectar y solucionar fallas en los sensores

utilizados en los vehículos con éxito, de esta manera se contribuye a la mejora continua e innovaciones a favor del desarrollo de la ciencia y tecnología en el sector industrial.

Este proyecto de investigación tiene la finalidad de dar a conocer los resultados obtenidos al aplicar temas del Ingeniero en Sistemas Computacionales como: redes de computadoras, programación con Arduino, lenguaje HTML y el uso del módulo ESP32, para colaborar con ciencias del Ingeniero en Sistemas Automotrices como el Diseño Asistido por Computadora, la metrología dimensional, electrónica, impresión 3D, entre otras, para generar productos y prototipos con rutinas automatizadas, de esta manera, el estudiante desarrolla productos innovadores que ayudan a difundir y divulgar las actividades realizadas por ambas ingenierías al público en general y estudiantes de Nivel Medio Superior de la región, como parte de la extensión universitaria.

El desarrollo de este proyecto tiene una relación directa con la materia de Automatización Industrial que se cursa en el noveno semestre de la Ingeniería en Sistemas Automotrices, esencialmente la materia tiene como objetivo: aplicar herramientas de control utilizando controladores lógicos programables y redes industriales enfocadas a la automatización. La innovación consiste en la introducción de las ciencias computacionales para sustituir programas y entornos como LabVIEW, por el módulo ESP32, redes WiFi y la generación de una página web a base de lenguaje HTML para crear un sistema semejante al SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en donde el estudiante pueda generar una interfaz para tener el control del brazo robótico. Los estudiantes son autores, creadores y participantes activos en cada etapa de la metodología y desarrollo del proyecto.

METODOLOGÍA

Se utilizó una metodología cuantitativa del tipo descriptiva, ya que se obtuvieron resultados en diversas etapas, desde la misma propuesta del proyecto y presentación a los estudiantes, durante el desarrollo de las actividades y también en las diversas pruebas realizadas con los brazos robóticos en su estado funcional, así como, mediciones en el avance grupal e individual de cada estudiante, las variables del estudio tienen que ver con las rutinas o procesos automatizados que el estudiante llegó a programar, por lo que el tiempo, el diseño del brazo, el ensamblaje, movimientos, programas, conocimientos adquiridos y el dominio de las ciencias computacionales, son parte de las características y factores que se analizaron. El uso de una impresora 3D fue un equipo indispensable para este proyecto.

De esta manera, el profesor de la materia consideró la realización del brazo robótico como un proyecto final o proyecto integrador que requiere de conocimientos y dominio en diversas áreas, tanto del Ingeniero en Sistemas Automotrices como del Ingeniero en Sistemas Computacionales, generando un prototipo que se debía crear desde cero, es decir, lo único que se adquirió de manera puntual fue el módulo ESP32, servos y el filamento para la impresora, ya que todo lo demás fue generado por los estudiantes al cien por ciento. Se planteó una metodología estrechamente vinculada a un cronograma de actividades con la finalidad de cumplir objetivos puntualmente señalados y dejar un tiempo considerable para que los estudiantes pudieran, al final del semestre, realizar pruebas y experimentaciones con el código y automatizar las rutinas de sus brazos robóticos.

En la Figura 1, se observan las etapas de la metodología que se implementó, observe que cada etapa presentada se plantea como un objetivo a cumplir para realizar la siguiente actividad.

Figura 1. Etapas de la metodología propuesta para la generación del proyecto



Así mismo, al conjuntar diversas áreas como la electrónica, programación, redes de computadoras y el CAD, permiten al estudiante desarrollar habilidades que contribuyen a formar su perfil profesional. Las áreas, temas, ciencias y tecnologías que se trabajaron, se presentan como una nube de palabras en la Figura 2, de esta manera y en base a la metodología presentada, se observa que la enseñanza de las ciencias computacionales se fue enseñando y practicando durante todas las etapas del proyecto.

Figura 2. Temas, ciencias y tecnologías consideradas para generar el brazo robótico



Etapa uno: “Primer boceto”, es la primera de las etapas planeadas por el profesor. Previamente se da a conocer la idea del proyecto integrador del brazo robótico a los estudiantes, se utilizan imágenes, artículos de investigación y otros prototipos semejantes con la finalidad de captar su interés, también se les presenta los temas, ciencias y conocimientos que necesitan dominar, se observa la actitud del grupo y los comentarios que realizan con el fin de determinar si existirá compromiso de su parte, la propuesta les convence. El primer objetivo es entonces, buscar brazos robóticos en tiendas en línea, tiendas de electrónica e imágenes de internet con la finalidad de que cada estudiante genere un boceto para proponer su brazo robótico, con la única condición de tener 4 grados de libertad, es decir, 4 servos modelo SG90 como parte de la estructura de este.

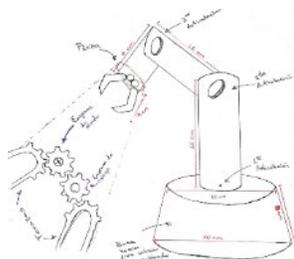
En la Figura 3, se observan algunos bocetos presentados, los estudiantes tenían la libertad de generarlos directamente en un software especializado en CAD o bien a mano alzada. Se consideró un tiempo de 2 semanas para que cada estudiante diseñara su propia propuesta en base a la “investigación de mercado” que hayan realizado.

Etapa dos: “Diseño en CAD”, el Diseño Asistido por Computadora es una de las especialidades con las que cuenta el Ingeniero en Sistemas Automotrices, por lo que al estar

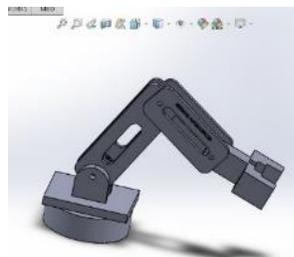
en noveno semestre cuentan con las habilidades y conocimientos para hacer uso de programas especializados como AutoCAD, Solid Works o Catia, entre otros. Por lo que, en esta etapa el objetivo era que cada estudiante diseñara en uno de estos programas la propuesta de su brazo robótico, en algunos casos los estudiantes trabajaron en parejas debido a problemas técnicos con sus equipos de cómputo.

El diseño tenía la condición de modelar todas las piezas que formarían parte del ensamblaje del brazo robótico, es decir, podían modelar su brazo robótico por partes, pero el ensamblaje final debería garantizar una sola pieza. Los estudiantes contaron con dos semanas para tener su propuesta lista en algún programa de CAD. Esta etapa finalizó cuando cada estudiante o pareja de estudiantes pasaron a presentar sus diseños frente a sus compañeros para explicar y describir su propuesta.

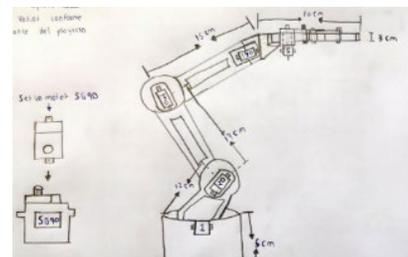
Figura 3. Bocetos presentados en la etapa uno de la metodología



Autor: Est. Carlos Armando de la Cruz Rodríguez



Autor: Est. Eduardo Velasco González



Autor: Est. Luis Fernando González Zambrano

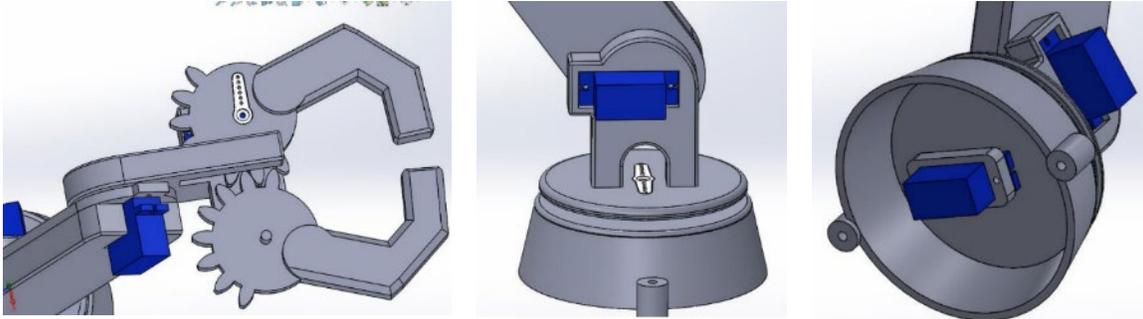
Etapa tres: “Selección del brazo”, en esta etapa y en base a las propuestas presentadas por todos los estudiantes, se realizó una votación para elegir tres diseños y modelos que fueran atractivos para imprimir y dar seguimiento al desarrollo del proyecto, los modelos fueron presentados con el proyector y se les asignó un número a cada uno, cada estudiante podía dar tres, dos y un punto a tres modelos diferentes con la finalidad de obtener una puntuación que ayudara a determinar en grupo las tres principales opciones. Finalmente, al considerar tres diseños como candidatos, se platicó y debatieron algunas cuestiones entre todos, como: el tiempo que se iba a llevar para imprimir cada diseño candidato, las dificultades técnicas que se pudieran presentar como un mal ensamblaje, piezas que “bailen”, es decir, que ya con el servo en movimiento pudiera quedar flojo o que no permitiera la sujeción de otra pieza.

En la Figura 4, se presenta el diseño en CAD del brazo robótico que se determinó imprimir para todos los estudiantes, las conclusiones para seleccionarlo fue: su fácil adaptabilidad a los servos SG90, ya que, los autores implementaron las medidas precisas de cada servomotor, la reducción de material al momento de imprimir, es decir, otros diseños propuestos requerían de más cantidad de filamento que los haría más pesados; el diseño de la pinza fue otro factor, ya que el modelo seleccionado contemplaba el ajuste a los servos con tornillos de precisión y sus componentes se ajustaban de manera eficiente para permitir los movimientos de los servos sin alterar su funcionamiento.

Etapa cuatro: “Impresión 3D y ensamblaje”, esta etapa fue la que se llevó más tiempo y presento las mayores dificultades técnicas para tener un prototipo funcional del brazo. Se

consideró guardar cada pieza que formaría parte del ensamblaje (generado en Solid Works) en el formato STL, con el fin de poderlo abrir y manipular en el software especializado: Ultimaker Cura, y su eventual impresión con ayuda de una impresora 3D. Se optó por imprimir el modelo pieza a pieza con el fin de armar un primer prototipo y verificar sus articulaciones de manera física, así como, programar algunos movimientos sencillos con la finalidad de detectar posibles mejoras.

Figura 4. *Diseño y modelado del brazo robótico seleccionado*



Autores: Est. Luis Eduardo Frausto Vargas y Est. Paulina Sánchez Hernández.

En las primeras experimentaciones, el principal problema detectado fue que la sujeción del brazo se ajustaba perfectamente al ensamblar, pero con los movimientos del servo estos ya no se lograban sostener, al tener moldes circulares o en forma de cilindros, las piezas se salían con facilidad. Observe en la Figura 5, los ajustes realizados a esta pieza.

Figura 5. *Se optó por cambiar los moldes de sujeción a cuadrados en lugar de cilindros*



Las actividades consideradas en esta etapa incluyen la programación de los servos con el módulo ESP32 de manera directa en el brazo robótico y con un armado ya funcional. Al contar con un primer prototipo final (segunda versión del modelo), los estudiantes fueron adquiriendo filamentos de diversos colores para la impresión de sus brazos, cabe recalcar que, se esperaba que cada estudiante tuviera su propio brazo, pero el tiempo de impresión no fue suficiente para tal objetivo, sin embargo, se lograron imprimir suficientes modelos para una presentación formal en un auditorio al final del semestre.

Etapla cinco: “Experimentación”, en esta etapa los estudiantes fueron generando y probando diversas versiones del código, se observa que, en esta etapa, los estudiantes ya dominaban las ciencias computacionales requeridas e incluso ya no requerían la aprobación o

seguimiento del profesor, ya que conocían que cambios en el código debían realizar o bien incorporar nuevas líneas de código para que su brazo ya comenzara a moverse y realizara rutinas. En la Figura 6, se presentan algunas fotografías cuando los estudiantes se encontraban ensamblando sus brazos robóticos o bien programando con el módulo ESP32.

Figura 6. *Fotografías tomadas durante el ensamblaje de las piezas*



Innovación y Enseñanza de las Ciencias Computacionales

Como se puede observar en la Figura 1, la enseñanza de las ciencias computacionales se lleva a cabo en todo el proceso de la metodología. La manera en que se fue introduciendo los diversos temas y tecnologías fue mediante el uso y programación del módulo ESP32, ya que para utilizarlo se requieren estos conocimientos. Lo primero que se trabajó fueron prácticas en las que el estudiante tenía que mover los servos SG90 en diferentes posiciones, posteriormente la explicación del código por parte del profesor los fue induciendo a que ellos mismos crearan las variables para mover un segundo, tercer y cuarto servo de una manera intuitiva y paulatina a los grados que debían girar.

La programación habitual del Ingeniero en Sistemas Automotrices suele ser en entornos como LabVIEW, en donde no se utiliza la programación por bloques como tal, pero si es completamente diferente a la programación en “C” del Arduino. Paralelamente a las etapas dos, tres y cuatro de la metodología y mientras se imprimían las piezas, los estudiantes fueron controlando los servos, pero ahora de manera remota desde una página web y por medio de una conexión WiFi, es en esta parte que entra la innovación para los estudiantes, ya que adquieren nuevos conocimientos de otras ingenierías y se obtienen prototipos en base al CAD, conocimientos en mecánica y electrónica del estudiante. Es importante mencionar que las ciencias computacionales, pueden darse a conocer siguiendo el temario oficial de la materia, ya que las competencias y conocimientos son compatibles.

El diseño de una página web en base a lenguaje HTML, fue uno de los temas que llamó la atención de los estudiantes, el tener la oportunidad de personalizar y diseñar su propia página les permitió realizar varias pruebas hasta tener un diseño limpio y profesional en donde podían tener el control de los servos. A este nivel, los estudiantes conocieron como crear y estructurar interfaces gráficas para el usuario, semejantes a los sistemas SCADA propios de una línea de producción. El diseño web generaba un perfil autodidacta en el estudiante, ya que por su propia cuenta buscaban comandos e instrucciones que les permitiera entregar un diseño vistoso y profesional en su página web.

Así mismo, los estudiantes adquirieron conocimientos para la configuración en redes de computadoras y temas como la asignación de un nombre de dominio (DNS) a su sitio web de manera local, pues los estudiantes tenían que asignar una dirección IP a su computadora,

al ESP32 y estar en red con el modem al que se conectaban, de esta manera, la configuración de direcciones les permitió saber ¿qué es una IP?, ¿qué es una red local?, manejar comandos básicos de red en la consola como: “ipconfig”, “ping”, y como configurar su equipo y dispositivos para tener comunicación, al igual que tendrán que hacerlo en la industria, si en algún momento llegan a trabajar con los PLC (Controlador Lógico Programable) a los que también se les realiza esta configuración. Para asignar el nombre del dominio, utilizaron las librerías para asignar un nombre de dominio a su sitio web en lugar de una dirección IP.

Finalmente, en la Figura 7, se presenta fotografías reales de algunos estudiantes con sus respectivos brazos robóticos en su última versión, y en una presentación formal ante el jefe de división de la carrera, profesores miembros de la academia y otros estudiantes de primeros semestres. La experiencia fue gratificante para todo el grupo, además de que respondieron dudas que otros estudiantes y profesores les fueron realizando.

Figura 7. *Presentación en auditorio de los brazos robóticos automatizados*



RESULTADOS

La introducción de las ciencias computacionales aplicadas a la materia de Automatización Industrial de Ingeniería en Sistemas Automotrices, permitió generar la innovación en la enseñanza de los temas por parte del profesor y la manera de adquirir conocimientos por parte de los estudiantes, esta premisa se puede comprobar a partir de las competencias que los estudiantes pudieron desarrollar, de cierta manera, el uso de la placa programable ESP32 involucra tecnologías y ciencias propias del Ingeniero en Sistemas Computacionales que son la base y fundamentos para la aplicación industrial de PLC's o control de robots que los estudiantes pueden encontrar en una línea de producción cuando se llevan a cabo diversos procesos automatizados, para el ensamblaje de piezas, producción y manufactura.

Los estudiantes lograron desarrollar actividades que tienen un impacto directo con la competencia genérica de la materia: Aplicar herramientas de control utilizando controladores lógicos programables y redes industriales en la automatización de los procesos de las líneas de ensamble o producción del automóvil, también realizaron actividades con

impacto en las competencias específicas: Usa un controlador lógico programable para solucionar problemas de automatización y gobierno de procesos. Identifica redes de controladores industriales en sistemas automotrices que permitan mantener y monitorear la operación. Programar un sistema SCADA para la solución de problemas de automatización. Si bien las actividades propiamente no son industriales, si implica que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos de su formación académica y los nuevos conocimientos de las ciencias computacionales que adquirieron con los recursos que están a su disposición.

En cuanto a los indicadores que fueron medidos como actividades, tareas, prácticas y número de brazos robóticos generados, se obtuvieron 7 evaluaciones de avances en el desarrollo del prototipo y funcionalidad de este, es decir hubo 7 códigos en el ESP32 que tuvieron que desarrollar para ir realizando pruebas, desde mover un servo hasta la automatización de todo el brazo, además un código más, considerado como examen/práctica final que se realizó en el auditorio con rutinas automatizadas. También se revisaron 8 tareas que tienen que ver con los conocimientos teóricos y propios de la materia. Se atendió un grupo de noveno semestre con 17 alumnos, de los cuales se lograron obtener 10 brazos robóticos funcionales, 2 más en la etapa de experimentación, cada brazo consta de 11 piezas o elementos que lo conforman, se dedicaron 4 semanas continuas para imprimir estos brazos robóticos.

Finalmente, los programas utilizados fueron: Arduino, Solid Works y Ultimaker Cura. Se captó el interés de estudiantes de otros semestres, académicos y jefe de división, en este sentido, los resultados son cualitativos, ya que los estudiantes tuvieron un tiempo considerable con la audiencia que los estuvo interrogando sobre el funcionamiento y la manera en que se desarrollaron los brazos robóticos, de esta manera se fomentó las ciencias computacionales y áreas del Ingeniero en Sistemas Automotrices. Se ha generado un antecedente y diversos prototipos que ayudan a dar difusión al programa educativo. Los autores/diseñadores están en proceso de patentar un modelo de utilidad.

Se agradece y reconoce a los estudiantes que colaboraron en la realización de este proyecto y el desarrollo puntual en cada una de las etapas de la metodología, los estudiantes colaboradores se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Estudiantes colaboradores de este proyecto*

César Raúl Arellano Fuentes	Carlos Armando De la Cruz Rodríguez
Juan Francisco Domínguez Mora	Mario Ángel Flores Flores
Luis Eduardo Frausto Vargas	Víctor Iván Galván Pérez
Luis Fernando González Zambrano	Denilson Alexander Hernández Camacho
Luis Eduardo Márquez Reyes	Jaime Michelle Negrete Hernández
Eduardo Alberto Ulises Ponce Padilla	Juan Carlos Razo López
Edgar Eduardo Rivera Celis	Omar Guadalupe Sánchez García
Paulina Sánchez Hernández	José Eduardo Sánchez Olmos
Manuel Abraham Vázquez López	---

CONCLUSIONES

La integración de las ciencias computacionales por medio del módulo ESP32, en la formación de estudiantes de Ingeniería en Sistemas Automotrices ha demostrado ser una estrategia efectiva y prometedora. Este enfoque innovador no solo ha permitido a los

estudiantes adquirir habilidades en programación, configuración de redes y desarrollo web, también ha potenciado su capacidad para aplicar estos conocimientos de manera práctica en la creación de brazos robóticos funcionales. Se ha demostrado sinergia entre las disciplinas de Ingeniería en Sistemas Automotrices y Sistemas Computacionales, evidenciando que la colaboración entre estas áreas conduce a la creación de soluciones tecnológicas avanzadas con posibles aplicaciones prácticas en la industria automotriz.

Los resultados obtenidos demuestran que los estudiantes no solo han alcanzado competencias específicas en el manejo de controladores lógicos programables y redes industriales, también han desarrollado habilidades adicionales en programación, diseño asistido por computadora y configuración de redes. El proyecto contribuye para que los futuros egresados en Ingeniería en Sistemas Automotrices sean considerados profesionistas altamente competitivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aucatoma, J. (2022). *Diseño e implementación de un robot velocista controlador mediante wifi utilizando una tarjeta de desarrollo ESP32-WROOM*. [Tesis para obtener el Título de Tecnólogo en Electromecánica, Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva]. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/178>
- Balcázar, R., Saavedra, G., Pacheco, J., Rubio, J., Hernández, S. y Díaz, S. (2023). Simulación y Automatización de una celda robótica . *Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca*, vol. 9(Especial), 1-12. <https://doi.org/10.29057/est.v9iEspecial.11295>
- Barrera, I. (2023). *Diseño y construcción de un equipo para prueba y diagnostico aplicado para sensores automotrices del sistema de inyección electrónica de automóviles*. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25150>
- González, R. (2020). *Propuesta de aplicación de robótica colaborativa para reducir costos en una empresa de vidrio automotriz*. [Tesis de Maestría en Administración de la Ingeniería, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/640822>
- Guerrero, O. y Jeyakumar, S. (2023). Automatización de telescopios astronomicos usando sistemas embebidas y SBC (Single Board Computer). *Jóvenes en la ciencia*, vol. 16. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/9584>
- Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (2020). *Oferta educativa - Ingeniería en Sistemas Automotrices*. <https://irapuato.tecnm.mx/moferta/automotrices/carrera.html>
- Ramos, C. y Merchán, V. (2020). Desempeño empresarial con el uso de tecnologías de la información colaborativas: un estudio de caso en el sector automotriz. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 7(4), pp. 50-72. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.74.386>