

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0110>

AVANCES DE LOS SISTEMAS MECATRÓNICOS EN LOS AUTOMÓVILES. UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ACTUALIZADA

ADVANCES IN MECHATRONIC SYSTEMS IN AUTOMOBILES. AN UPDATED BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Chicaiza-Pachito Julio Gustavo ¹; Cholango-Imbaquingo Brayan Brandon ²;
Lema-Parra Edison Fabricio ³; Muñoz-Tútillo Tamia Selena ⁴

¹ Docente investigador del Instituto Tecnológico Nikola Tesla. Cayambe, Ecuador.
Correo: julio.chicaiza@istnikolatesla.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-4658-9985>

² Docente investigador del Instituto Tecnológico Nikola Tesla. Cayambe, Ecuador. Correo:
brayan.cholango@istnikolatesla.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0925-327X>

³ Docente investigador del Instituto Tecnológico Nikola Tesla. Cayambe, Ecuador.
Correo: edison.lema@istnikolatesla.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-3161-2441>

⁴ Docente investigador del Instituto Tecnológico Nikola Tesla. Cayambe, Ecuador.
Correo: tamia.munoz@istnikolatesla.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9545-858X>

Resumen

Los vehículos han tenido un auge en estas últimas décadas en cuanto a la incorporación de tecnologías de punta, en las que la gran mayoría de las piezas mecánicas han sido sustituidas por elementos eléctricos y electrónicos, inclusive hasta se habla de combustibles limpios, en donde la energía eléctrica parece ser la clave para dar el paso de cambio hacia una nueva era automotriz. El objetivo de la presente investigación es recopilar lo referente a como la mecatrónica ha influido y se ha incorporado en los nuevos diseños de vehículos, mediante la investigación documental en donde se han consultado las principales publicaciones de orden científico técnico y a nivel científico que se encuentran en las principales bases de datos de la web, como por ejemplo Google Académico, revistas indexadas como Latindex, Dialnet, Redalyc, Scielo, entre otras. Como reflexión final se maneja la premisa de que, por un lado el automóvil se había mantenido integro en su diseño y componentes hasta que comenzaron los problemas de contaminación por el uso de combustibles fósiles en el mundo, y ante la inminente posibilidad de que en un futuro ese recurso se agote, por otro lado, los avances en la tecnología han permitido sustituir muchos de los elementos que conformaban la mecánica de un auto, haciéndolos más eficaces y eficientes en rendimiento y durabilidad así como ser parte de un cambio al uso de energías limpias.

Palabras clave: mecatrónica, automóviles, tecnologías.

Abstract

Vehicles have had a boom in recent decades in terms of the incorporation of state-of-the-art technologies, in which the vast majority of mechanical parts have been replaced by electrical and electronic elements, even talking about clean fuels, where the electric power seems to be the key to take the step of change towards a new automotive era. The objective of the present investigation is to compile information regarding how mechatronics has influenced and has been incorporated into new vehicle designs, through documentary research where the main scientific, technical and scientific publications found in the main web databases, such as Google Scholar, indexed journals such as Latindex, Dialnet, Redalyc, Scielo, among others. As a final reflection, the premise is handled that, on the one hand, the car had remained intact in its design and components until the problems of pollution due to the use of fossil fuels began in the world, and given the imminent possibility that in a In the future, this resource is exhausted, on the other hand,

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 17 de marzo de 2023.

Fecha de aceptación: 29 de junio de 2023.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2023.

advances in technology have made it possible to replace many of the elements that make up the mechanics of a car, making them more effective and efficient in terms of performance and durability, as well as being part of a change in the use of energy. clean.

Keywords: mechatronics, automobiles, technologies.

1. Introducción

La vida en el planeta ha transcurrido por una gran cantidad de cambios que han permitido el avance en la calidad de vida de los seres humanos, en este sentido el automóvil represento un salto en la industria, ya que represento la mejor manera de transporte hasta la fecha, aun y cuando la locomotora también es un medio de transporte, el automóvil llego para sustituir la tradicional carreta halada por caballos, representando así un avance gigantesco en cuanto a la calidad de vida de las personas. La globalización y la complejidad que hoy el mundo representa para el ser humano, implica que todas las personas tengan competencias (habilidades, conocimientos y valores) para resolver problemas de alta complejidad (González-Islas et al., 2021)

Sin embargo, a niveles mucho más amplios se creó toda una industria a escala mundial detrás de los

automóviles, fomentando un cambio cultural y empresarial que revoluciono al planeta entero. Hoy en día se habla acerca de la autonomía de los autos, en donde son guiados por dispositivos remotos, el reconocimiento óptico, la inteligencia artificial (IA), geolocalizadores, diversos tipos de sensores, etc. Todo ello en pro de lograr los más altos estándares de confort y seguridad a los conductores (Terrones, 2021)

A escala mundial hay una creciente tendencia al incremento de uso en materia de electromovilidad en la que, tanto organizaciones de transporte público, como empresas que cuentan con operaciones de distribución de reparto de bienes, productos y servicios, están renovando y modernizando su flota, adquiriendo vehículos eléctricos, tanto liviano como pesados (Schulze-Boysen, 2019)

De la misma manera resulta importante resaltar lo descrito por Torres (Torres, 2020)

Desde hace décadas la industria manufacturera se ha caracterizado por un creciente nivel de automatización. A pesar de esta fuerte tendencia, el trabajo humano es aún una opción rentable en diversos contextos, tal es el caso de procesos de producción de elevada complejidad y variedad. Por esta razón las operaciones manuales siguen siendo de gran importancia en sectores como la fabricación de automóviles y de equipos electrodomésticos, la producción de motores de combustión y de maquinaria industrial o en la manufactura aeronáutica. Desafortunadamente los humanos no son infalibles por lo que las operaciones manuales pueden ser una fuente importante de errores que afectan la calidad de la producción y ocasionan pérdidas económicas (p. 4).

Este tipo de tecnologías es relativamente nuevo, sin embargo, sus costos pueden llegar a ser altos debido a la materia prima utilizada, entre otros factores que influyen en la fabricación de esta tecnología, lo que lo hace mucho más difícil su acceso (Valverde, 2020)

Los nuevos avances tecnológicos que existen cada vez en la rama automotriz generan un sinnúmero de aplicaciones relacionadas con la seguridad del vehículo, la conducción, los sistemas de combustibles, frenado entre otros, esto ha originado innumerables aplicaciones electrónicas, donde se vincula la seguridad en la conducción de los vehículos (Gómez et al., 2023). También hay que tener en cuenta que las TIC, con la clara globalización de los mercados y el incremento en la competencia se han convertido en un medio imprescindible para mejorar la productividad, la competitividad de empresas, industrias (Herrera y Gómez, 2020).

En este sentido, la investigación se centra en la búsqueda de información acerca de la mecatrónica en los automóviles, con la finalidad de conocer los principales sistemas y subsistemas integrados y mejorados a los autos, basados en el uso de la mecatrónica.

2. Materiales y métodos

La mecatrónica es una rama de la ingeniería que busca la integración de la mecánica, la informática y la electrónica, tres ramas de la ingeniería que tratan de tener una sinergia entre ellas para lograr llevar a cabo proyectos de innovación tecnología que den solución a las crecientes demandas tecnológicas en diversas áreas, como en este caso los automóviles. Para esta investigación se usó la metodología documental bibliográfica, la cual según Reyes y Carmona (2020) es:

La investigación documental es una de las técnicas de la investigación cualitativa que se encarga de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigación es, memorias de eventos, entre otros; en ella la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio (p. s/n).

Se consultaron fuentes bibliográficas dispuestas en la internet, entre ellas las bases de datos como Google

Academico, revistas indexadas como Scielo, Redalyc, Dialnet, etc. Mediante la revisión de artículos científicos, publicaciones entre otras fuentes literarias.

3. Resultados y discusión

La evolución de los vehículos es una muestra de lo que está ocurriendo en la tecnología a nivel mundial, en donde se observa la sustitución de elementos mecánicos por eléctricos. Hasta la década de los años sesenta, el vehículo automotor estaba conformado en su totalidad por piezas mecánicas, sin embargo, con todos los avances tecnológicos que se han realizado hasta ahora, esto ha evolucionado.

Es importante mencionar lo que engloba la mecatrónica, esta disciplina que desde sus orígenes ha presentado dificultad para poder definirla, ya que su característica multidisciplinar, en la cual convergen varias disciplinas que sin perder su individualidad conviven en una sinergia que logra integrar lo referido a la mecánica, electrónica y la informática (Simbaña et al., 2022).

Por otro lado, los procesos de diseños caracterizados por tener un

sesgo mecatrónico, se caracterizan por ser de carácter versátil, una gran adaptabilidad y autonomía (Guasmayan, 2023). El termino no es nuevo, sin embargo, por el avance significativo que han tenido por la tecnología aplicada en la mecánica y la automatización se encuentra en el top de las disciplinas de más renombre en la actualidad.

En torno a esto, conviene mencionar que su principal objetivo es cubrir las siguientes necesidades, según Baque et al. (2022):

- Automatizar la maquinaria: así se consigue que sea ágil, productiva y fiable.
- Creación de productos inteligentes: que sobre todo responden a las necesidades del ser humano.
- Que haya armonía entre componentes mecánicos y electrónicos (hasta ahora la mecánica y la electrónica no manejaban los mismos términos lo que dificultaba los procesos de fabricación o reparación de diferentes equipos). (p. 49)

De igual manera, estos mismos autores afirman que las principales

industrias que utilizan la mecatrónica es:

- Empresas de la Industria de la Automatización: empresas que utilizan sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales.
- Empresas de la Industria de Manufactura Flexible: aquellas que se dedican a fabricar sistemas o componentes eléctricos o electrónicos de forma automática.

Por otro lado, la mecatrónica es un término que engloba varias disciplinas, sin embargo, su definición aún no se encuentra establecida del todo, en este sentido Naranjo (2019) menciona las siguientes aproximaciones a la definición de mecatrónica:

1. Es una integración sinérgica de ingeniería mecánica con electrónica y control inteligente por computador, para el diseño y manufactura de productos y procesos.
2. Es el diseño y manufactura de productos y sistemas que poseen funcionalidad mecánica y un algoritmo de control integrado.

3. Es el estudio integrado del diseño de sistemas y productos en los cuales la computación, la actuación, el sensado y el control son diseñados juntos, para lograr productos de mejor calidad y desempeño.

4. Es una actividad interdisciplinaria que trata de la integración de dispositivos mecánicos, actuadores, sensores, electrónica, controladores inteligentes y computadores.

5. Es la aplicación de toma de decisiones complejas a la operación de sistemas físicos.

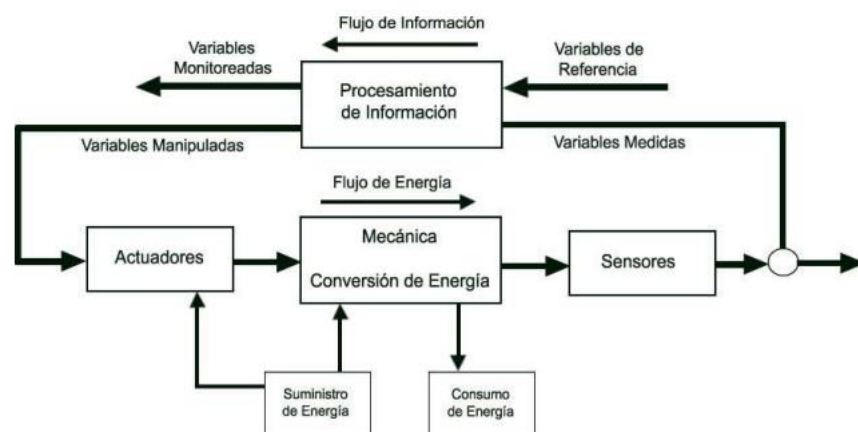
De igual manera, el mismo autor Naranjo (2019), menciona la conformación de un producto mecatrónico, lo cual para efectos de la presente investigación resulta útil y necesario con la finalidad de conocer acerca de cómo se

encuentras conformado un producto mecatrónico:

- Subsistema de control e información.
- Subsistemas de interconexión, basados en protocolos predefinidos.
- Subsistema de interface con el operador.
- Subsistema de sensores, con la habilidad de extraer información útil.
- Actuadores para transformar energía en trabajo útil.
- Subsistema mecánico: estructuras para dar soporte físico al sistema y mecanismos para aplicar el trabajo sobre los procesos deseados.
- Subsistema de suministro de energía. (p. 3)

En la siguiente figura 1 se puede visualizar lo anteriormente descrito.

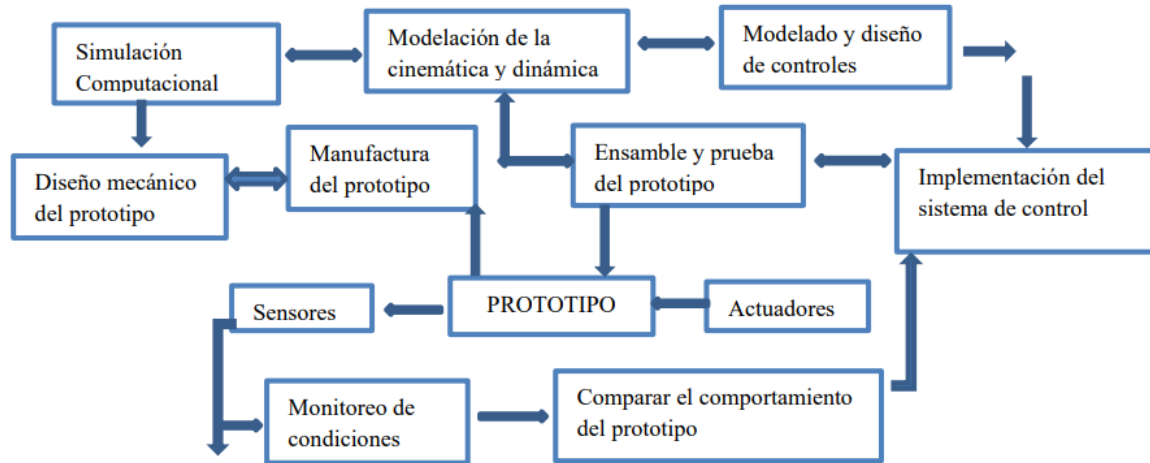
Figura 1 Los componentes de un sistema mecatrónico



Fuente: (Naranjo, 2019)

Por otro lado, se puede visualizar en la siguiente figura 2 otro modelo de diseño mecatrónico.

Figura 2. Diseño mecatrónico



Fuente: (Lugo et al., 2020).

Ahora bien, conviene conocer cómo se relaciona o se integran esos sistemas y componentes mecatrónicos a un vehículo, por lo cual y según Noroña y Gómez (2019) la integración de la electrónica en un vehículo se relaciona con:

1. *Cambio de elementos y/o componentes.* Funciones que realizaban los sistemas mecánicos fueron reemplazadas por sistemas mecatrónicos. Por ejemplo, el sistema de inyección electrónica sustituyó al carburador, entre otros.

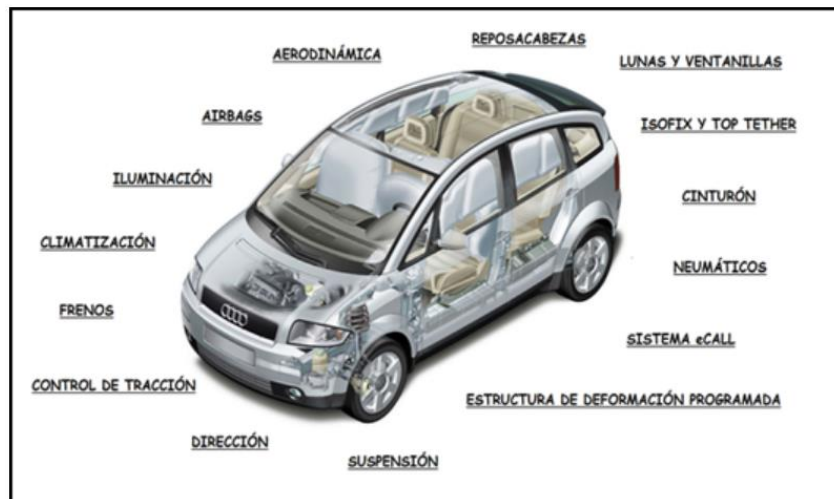
2. *Adaptación de nuevas funciones.* A las funciones normales se les integra sistemas mecatrónicos que proporcionan mejor rendimiento. Principalmente en los sistemas de

seguridad, confortabilidad, navegación, y comunicaciones. Por ejemplo, el sistema de bolsas de aire, los frenos antibloqueo, entre otros.

3. *Procesos de hibridación.* Funciones viejas se combinan con una parte nueva. Por ejemplo, sistemas de propulsión híbridos, entre otros.

En la siguiente figura 3 se observan las incorporaciones de los componentes mecatrónicos a un vehículo.

Figura 3. Incorporaciones de los componentes mecatrónicos de un vehículo



Fuente: (Noroña y Gómez, 2019)

Estos avances o incorporaciones de los sistemas mecatrónicos en el automóvil han significado un cambio total en la industria automotriz, a tal punto que ha sido necesario que el vehículo cuente con una unidad de procesamiento de datos, o computadora. Entre los elementos que destacan están los sensores electrónicos, los cuales según Lara et al. (2019):

Se han desarrollado una clase amplia de sensores, con un propósito: obtener, medir y convertir la información de los fenómenos naturales en información digital susceptible de alimentar a una computadora. En esta búsqueda la tendencia es explotar sensores con principios que operan a escala cada vez más pequeña y profunda: micro y nano escala. El objetivo de los

sensores integrados en el sistema EFI es generar información necesaria para controlar las distintas funciones del sistema. Es posible clasificar a los sensores de acuerdo con sus funciones desempeñadas en el sistema EFI: determinar la posición, temperatura, presión, flujo, rotación o vibración de los componentes del sistema. Para ello, los diversos materiales empleados por los sensores utilizan distintos principios físicos, ópticos, químicos y eléctricos (p. s/n)

Otros sistemas revolucionados por la mecatrónica son los sistemas de inyección y de eliminación de gases de los vehículos, estos sistemas son de mucha importancia en un auto, ya que el primero distribuye de manera controlada la cantidad de gasolina necesaria para realizar la

combustión dentro del motor, el segundo sistema, elimina los gases que se derivan de la combustión interna del motor, en torno a esto Sandovalin et al. (2022) expone lo siguiente:

El funcionamiento del sistema de inyección electrónica depende en gran medida de la información que los sensores envíen, en decir, así como el cuerpo humano recibe información del exterior por medio de los sentidos como el tacto o el gusto, la inyección electrónica recolecta información del estado del motor mediante los sensores (p. 355)

Por otro lado, Chicaiza (2019) habla sobre los sistemas de control de gases electrónicos:

Los sistemas de control de gases juegan un papel fundamental para evitar la expulsión al medio ambiente de este tipo de gases que en su mayoría son tóxicos, en un esfuerzo conjunto por preservar el medio ambiente se puede definir a los sistemas de control de emisiones o más conocidos como sistemas anticontaminantes instalados en los vehículos como, todas las nuevas tecnologías diseñadas para disminuir las emisiones de gases

contaminantes producto de la combustión producida en los motores de combustión interna de los vehículos (p. s/n)

Otro de los sistemas o subsistemas que se han incorporado, y con el pasar del tiempo se han mejorado los sistemas de navegación por posicionamiento Global o GPS, este sistema juega un papel fundamental en la comunicación y guía que se encuentra disponible en las nuevas generaciones de vehículos en donde elementos de robótica e inteligencia artificial se han incorporado en las últimas décadas, sin embargo aún persisten errores que tienen que ver con la precisión, provocados por múltiples factores, aun así, este sistema constituye hoy en día uno de los más usados por los usuarios de los vehículos (Turriza et al., 2019). Pero siempre con la premisa de lograr el posicionamiento y el seguimiento del vehículo en tiempo real, el cual no es más que determinar la ubicación geográfica de un vehículo y transmitir esta información hacia un servidor ubicado remotamente (Ramos et al., 2021).

De igual manera, uno de los más recientes proyectos con lo que

cuenta la integración de las disciplinas como la mecánica, la electrónica y la informática, son los llamados vehículos autónomos, estos son vehículos que disponen de una gama de instrumentos que permiten el manejo de los mismos sin ningún piloto a bordo, esto con muchos fines, entre los que cuentan tareas donde el entorno es de difícil acceso o representa algún peligro, como, por ejemplo: tareas de búsqueda de sobrevivientes de desastres, estudio de volcanes, etc. (Pérez et al., 2020).

Uno de los sistemas que han cambiado con el tiempo y la tecnología, es el sistema de tracción, este en la actualidad cuenta con la tecnología conocida como ASR (en inglés Anti-Slip Regulation) o TCS (en inglés Traction Control System). La aplicación de estas técnicas en los automóviles eléctricos resulta más eficiente debido a la facilidad de controlar rápidamente el torque de los motores eléctricos (Aligia et al., 2018).

4. Conclusiones

Como reflexiones finales se pueden mencionar las siguientes:

- La industria automovilística ha dado un salto su evolución, por primera vez en varias décadas se han reemplazado elementos o piezas mecánicas por sistemas electrónicos.
- La moderna propuesta de manejo de automóviles vía remota, o con conducción a distancia usando tecnología moderna o inteligencia artificial, resulta uno de los proyectos tecnológicos más ambiciosos y demandantes en la actualidad.
- La integración interdisciplinaria de las especialidades como la mecánica, la electrónica y la informática conforman la mecatrónica, una disciplina que lleva a cabo la integración de saberes en el avance tecnológico en pro del desarrollo tecnológico y social.
- Son diversos los elementos que se han incorporado a la industria automotriz, desde la adopción de una procesadora de datos hasta los sistemas de seguridad como bolsas de aire.
- El principal uso de esta tecnología es para garantizar más y mejor seguridad a los usuarios, así como garantizar confort.

Bibliografía

- Aligia, D. A., Magallán, A., & De Angelo, C. (2018). Control de Tracción para un Vehículo Eléctrico basado en Observadores no Lineales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 112-123. doi: <https://doi.org/10.4995/riai.2017.8736>
- Baque, B. I., Marcillo, K. G., Cedeño, J. A., & Gutiérrez, J. L. (2022). La mecatrónica y su importancia en la sociedad. *Journal TechInnovation*, 1(1), 46-54. doi: <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n1.2022.46-54>
- Chicaiza, J. H. (2019). Evaluar el Funcionamiento de un Motor con Sistema de Inyección Electrónica CRDI con y sin Recirculación de Gases de Escape. Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9241/1/04%20MAUT%20097%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Gómez, M. F., Llerena, A. F., Méndez, P. W., & Estrella, M. X. (28 de Abril de 2023). Programación del transponder en sistemas inmovilizadores para automóviles tipo M1. *South Florida Journal of*
- Developmen, 4(2), 857-866. doi: [10.46932/sfjdv4n2-019](https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-019)
- González-Islas, J. C., Godínez-Garrido, G., González-Rosas, A., & Ortega-Marín, B. A. (2021). Mecatrónica educativa: soporte de la enseñanza-aprendizaje de educación básica en Hidalgo. *Publicación Semestral Padi*, 9(especial), 110-117. doi: <https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial.7197>
- Guasmayan, F. A. (2023). Diseño mecatrónico como acercamiento a la transdisciplinariedad en ingeniería mecatrónica. *Mutis*, 13(2), 1-15. doi: <https://doi.org/10.21789/22561498.1988>
- Herrera, J. C., & Gómez, J. F. (25 de Agosto de 2020). *Mecatrónica Educativa: Robótica Aplicada a la Innovación y Desarrollo Social en Cajicá. Sinergias Educativas*, 5(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/382/3821580003/>
- Lara, A., Chávez Meza, R. A., & Jaimes Gutiérrez, M. G. (junio de 2019). De simple a complejo: el caso del sistema de aceleración electrónica en los automóviles. *Economía: Teoría y Práctica*(50). doi: <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/502019/lara>
- Lugo, E., Velarde, A., & Arias, M. (2020). Diseño mecatrónico implementado en el desarrollo

- de prototipos virtuales. Researchgate. doi:DOI: 10.35429/H.2020.5.22.39
- Naranjo, F. (2019). La Mecatrónica: Orígenes y Perspectivas. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/337403961_La_Mecatronica_Origenes_y_Perspectivas?enrichId=rgreq-6075372f9b9abfa8b597bf63396599d1-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzMzQwMzk2MTtBUzo4Mjc0MjE3NzExODlwODFAMTU3NDI4NDEzMtM3Mg%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publishati
- Noroña M, M. V., & Gómez B, M. F. (2019). Desarrollo e innovación de los sistemas mecatrónicos en un automóvil: una revisión. *Enfoque UTE*, 10(1). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422019000100117&script=sci_arttext
- Pérez, G., Montesinos, M., Medrano, E., & Triveño, F. J. (2020). Desarrollo de Algoritmos de Control y Navegación "In Home" para Vehículos Autónomos. *Acta Nova*, 9(5-6). http://www.scielo.org.bo/scieloo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000200003
- Ramos, T. R., Pupo, S. D., & Codorníu, R. A. (2021). Computador de a bordo: Una solución nacional. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 42(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282021000100001
- Reyes-Ruiz, L., & Carmona Alvarado, F. A. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. *Unisimon*. <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6630/La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20para%20la%20comprensi%C3%B3n%20ontol%C3%B3gica%20del%20objeto%20de%20estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sandovalin, J. D., Correa, E. D., Guasumba, J. E., & Calero, D. A. (2022). Los sistemas de Inyección Electrónicos y el Control de Gases. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 344-361. doi: 10.23857/pc.v7i4.3828
- Schulze-Boysen, V. A. (2019). La electrificación del transporte público retos y oportunidades para Costa Rica. *Revista UNED de Investigación / Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515661223006>
- Simbaña, M. A., Méndez, L. V., Rodríguez, A. S., & Simbaña, J. G. (2022). Tendencias del desarrollo tecnológico en mecatrónica. *Revista Científica Unanchay*, 1(1).

- <https://tecnoecuadoriano.edu.ec/revistaunanchay/index.php/RCU/article/view/17/4>
- Terrones, A. L. (2021). Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, 16(47), 153-194. <https://www.redalyc.org/journal/924/92469371015/html/>
- Torres, Y. (2020). El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción. Revista UIS Ingenierías, 19(4), 53-62. doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020005>
- Turriza-Suárez, A. A., Espinosa-Romero, A., & Martín-González, A. (2019). SISTEMA DE NAVEGACIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS BASADO EN REAL-TIME KINEMATICS. Ingeniería Académica. <https://www.redalyc.org/journal/467/46760427002/>
- Valverde, S. (2020). Implementación de sensores 3D para la navegación de robots móviles y vehículos autónomos. Tecnología en Marcha, 33, 176-186. doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i7.5492>