



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4907

Aplicaciones del fotodiodo OPT301 para la industria automotriz utilizando software libre y estudiantil

Gerardo Ramón Huerta Molina

geradoramon.huerta@rudolphdiesel.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9393-830X>

Centro Universitario Rudolph Diesel. Puebla, México.

Emanuel Hernández Machuca

emanuel.machuca@rudolphdiesel.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9569-8960>

Centro Universitario Rudolph Diesel. Puebla, México.

Héctor Arturo Gerónimo Ramírez

hectorarturo.geronimo@rudolphdiesel.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4610-9637>

Centro Universitario Rudolph Diesel. Puebla, México.

Dr. Rafael Aurelio Rodríguez Jiménez

rafaelaurelio.rodriguez@rudolphdiesel.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4449-1337>

Catedrático de asignatura del Centro Universitario Rudolph Diesel.
Puebla, México.

Dr. Juan Carlos Juárez Morales

juancarlosjuarez@rudolphdiesel.edu.mx

Catedrático investigador del Centro Universitario Rudolph Diesel.
Puebla, México.

Correspondencia: geradoramon.huerta@rudolphdiesel.edu.mx

Artículo recibido 15 enero 2023 Aceptado para publicación: 05 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Huerta Molina, G. R., Hernández Machuca, E., Gerónimo Ramírez, H. A., Rodríguez Jiménez, R. A., & Juárez Morales, J. C. (2023). Aplicaciones del fotodiodo OPT301 para la industria automotriz utilizando software libre y estudiantil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 6132-6152. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4907

RESUMEN

En la ingeniería existen diversos campos de estudio que utilizan varios programas o software con licencias de costo elevado haciéndolas inaccesibles a estudiantes universitarios. El uso de software libre y estudiantil permite analizar, estudiar y realizar todo tipo de proyectos en la ingeniería. En la mecánica automotriz donde hay estudios que abarcan diversas ciencias, principalmente, la ingeniería mecánica y las ciencias de la electrónica. El propósito de esta investigación es analizar y proponer una implementación de detección de chispa de ignición en una bujía, así como la detección preventiva de cambio de líquido de frenos y de aceite de motor mediante métodos experimentales utilizando un fotodiodo OPT301 para aplicaciones en la mecánica automotriz. Se plantearon diseños con la ayuda del software libre TinkerCAD y Arduino, y del software estudiantil AutoCAD para la implementación del fotodiodo OPT301 con un detector de haz de 600 nm de longitud de onda. La finalidad de la prevención en sistemas de ignición, de aceite de motor y de líquido frenos garantizan un mejor estado en la calidad de un automóvil.

Palabras clave: *OPT301; automotriz; software*

OPT301 photodiode applications for the automotive industry using open source and student software

ABSTRACT

In engineering there are several fields of study that use various programs or software with high cost licenses making them inaccessible to university students. The use of free and student software makes it possible to analyze, study and carry out all types of projects in engineering. In automotive mechanics, where there are studies that cover various sciences, mainly mechanical engineering and electronics sciences. The purpose of this research is to analyze and propose an implementation of ignition spark detection in a spark plug, as well as preventive detection of brake fluid and engine oil change by experimental methods using an OPT301 photodiode for applications in automotive mechanics. Designs were raised with the help of the free software TinkerCAD and Arduino, and the student software AutoCAD for the implementation of the OPT301 photodiode with a 600 nm wavelength beam detector. The purpose of prevention in ignition, engine oil and brake fluid systems make certain a better condition in the quality of an automobile.

Keywords: *OPT301; automotive; software*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen investigaciones electrónicas, mecánicas, metrológicas, entre otras, relacionadas con las innovaciones de la ingeniería automotriz en general [1]. Ingenieros automotrices realizan innovaciones tecnológicas en el mantenimiento de los sistemas de automóviles en sistemas de frenos, sistemas de ignición y sistemas de frenado, entre otros. [2].

Diversas ciencias intervienen en la industria automotriz [3]. La ciencia de la electrónica es importante para el desarrollo de tecnologías puesto que permite innovar en el área de la industria automotriz [4]. Los componentes pasivos principales -como las resistencias, bobinas, diodos, capacitores-, así como los componentes activos -transistores, rectificadores, entre otros- son parte fundamental del desarrollo tecnológico de la industria automotriz. [5]. Los fotosensores se aplican en la industria, tal es el caso de los fotodiodos [6].

El fotodiodo OPT301 es un circuito integrado optoelectrónica que contiene un fotodiodo y un amplificador operacional (OP-AMP) de transimpedancia, en un chip aislado dieléctricamente [7]. La integración de un fotodiodo y un amplificador operacional de transimpedancia permite eliminar corriente de fuga, percepción de ruido, y capacitancias parásitas.

Los fotodiodos se han utilizado en la industria como sensores láser para gases de combustión aplicados a motores, para el desarrollo de sistemas de monitoreo y control de manufactura láser [8-12]. El fotodiodo OPT301 ha sido estudiado como sistema de identificación de colores [13,14], elipsometría fotométrica [15], estudio de temperatura [16], sensores ópticos [17], escaneo óptico [18], por mencionar algunos.

En este trabajo se presentan diversos desarrollos en la mecánica automotriz mediante la implementación del fotodiodo OPT301 como sensor óptico que permita saber el detectar el cambio de aceite del motor, del líquido de frenos y de la chispa de encendido del motor mediante un diseño óptimo, de bajo costo que se viable en la reducción de tiempos de diagnóstico mecánico.

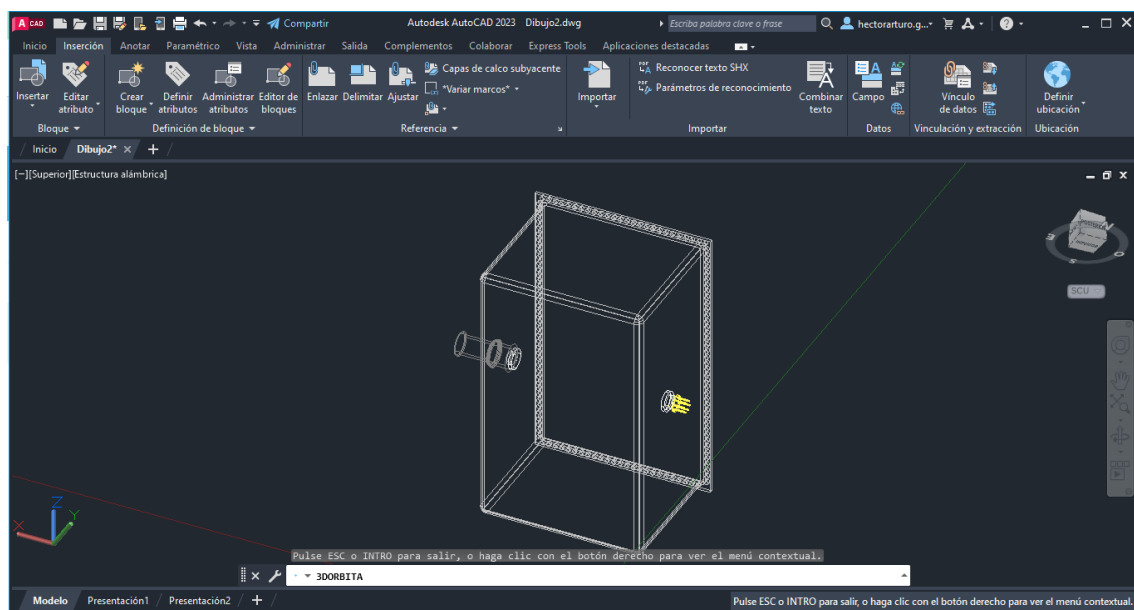
SOFTWARE LIBRE

En la actualidad, el software libre en el ámbito de la educación se utiliza con más frecuencia en todos los ámbitos [19]. Con el uso de software libre el usuario puede diseñar, mejorar, distribuir, mejorar y entre otras características, un diseño establecido para aplicaciones

novedosas [20]. En la industria de la ingeniería y ciencia existen diversos programas o software gratuitos que permiten el diseño, aplicación e implementación de dispositivos como es el caso de TinkerCAD y Arduino [21-22]. En el caso de software de tipo privado se procede a utilizar la licencia estudiantil para el programa AutoCAD [23].

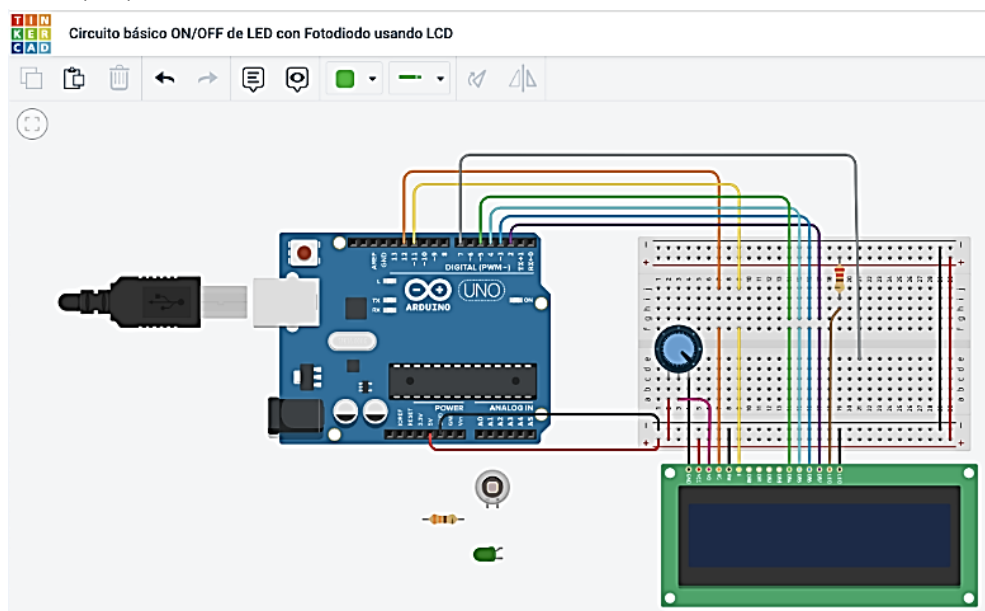
AutoCAD: Es un software desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk para el dibujo en dos dimensiones (2D) y modelado de tres dimensiones (3D) [24]. AutoCAD es un software privado que para su uso se requiere de una licencia específica, sin embargo, AutoCAD tiene su versión estudiantil el cual permite el desarrollo académico para la práctica docente y estudiantil [25]. La figura 1 muestra el diseño, utilizando el software estudiantil AutoCAD, de un llamado “cárter” que es el depósito más grande de aceite de motor dentro los automóviles.

Figura 1. *diseño del cárter para la detección de aceite de motor utilizando AutoCAD versión estudiantil. Elaboración propia de los autores.*



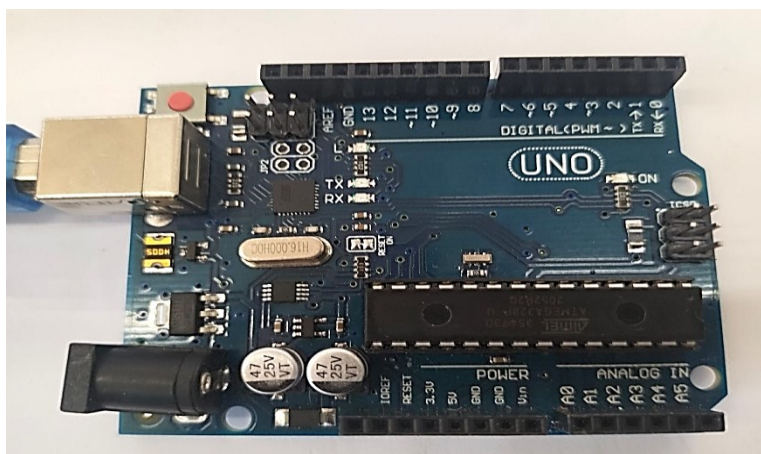
TinkerCAD: Es un programa de modelado en tres dimensiones (3D) que se puede utilizar en línea y gratuito [26-27]. El programa de TinkerCAD es una aplicación web gratuita a nivel mundial de tecnología de diseño y fabricación para el diseño 3D, electrónica y programación [28-29]. El software TinkerCAD contiene diversos circuitos electrónicos de ejemplos que permiten el desarrollo autodidacta de los usuarios mediante el enlace de otro software gratuito como Arduino. [30]. Al mismo tiempo, TinkerCAD permite varios tipos de licencia de tipo público y privado para los circuitos que se elaboren en su plataforma [31]. La figura 2 muestra los componentes electrónicos básico utilizados para este trabajo.

Figura 2. Componentes electrónicos del Software Libre TinkerCAD [26-31]. Diseño y Elaboración propia de los autores.



Arduino: El software Arduino se denomina como una empresa, un proyecto y una comunidad de usuarios de hardware y software de código abierto con microcontroladores de placa única y kits de microcontroladores para crear dispositivos tecnológicos de forma económica, en un entorno de programación simple y claro, de Código abierto con hardware y software extensible [32-34]. Existen variadas versiones de una placa de Arduino UNO. Para este trabajo se utilizó la placa de Arduino UNO R3 que utiliza microcontrolador ATmega328P con una velocidad de reloj de 16MHz [34]. Arduino UNO tiene más de 100 productos de tipo hardware como lo son placas, protectores, soportes, kits y otros accesorios que se encuentran en su página oficial [35]. La figura 3 muestra la placa de Arduino UNO R3 utilizada durante este trabajo.

Figura 3. Placa de Arduino UNO R3 utilizada durante este trabajo. Arduino propio de los autores.

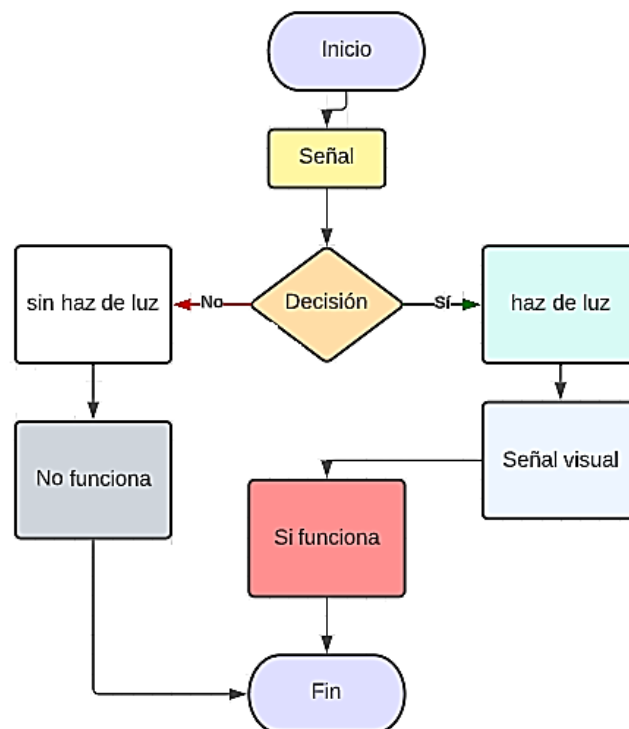


Durante el presente trabajo se implementó el uso de programas de software gratuitos de código abierto como TinkerCAD y Arduino, así como el software de tipo estudiantil AutoCAD como base para la implementación del diodo OPT301 realización de este proyecto.

METODOLOGÍA

La figura 4 muestra el diagrama de flujo de los fotodiodos OPT301 para los circuitos de implementación de detección de chispa de ignición, detección de cambio de aceite de motor y líquido de frenos en un automóvil. En el diagrama de flujo se muestra si una condicionante es verdadera, así, se mostrará una señal de salida visual que en este caso es de un diodo emisor de luz (LED). En caso contrario, la señal no detectada impide el encendido del diodo emisor de luz (LED).

Figura 4. Diagrama de flujo para la evaluación de los sistemas de chispa de ignición y de diagnóstico de aceite de frenos y aceite de motor. Elaboración propia de los autores.

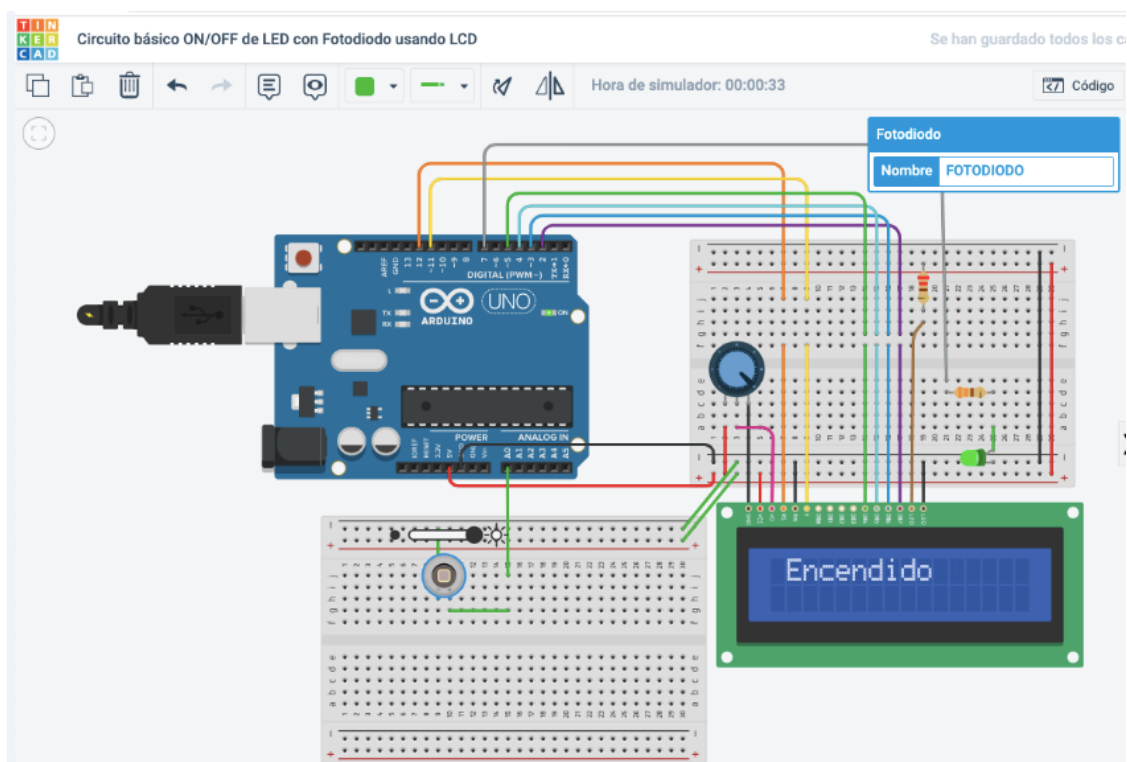


La siguiente figura 5 muestra el diseño del circuito de un fotodiodo estándar mediante el Programa TinkerCAD. La licencia utilizada del programa TinkerCAD es de tipo público con el Reconocimiento-Compartido Igual3.0 no adaptado – CC BY-SA 3.0 (Attribution-ShareAlike 3.0 Unported – CC BY-SA 3.0), descrito en la página web de TinkerCAD [28,31].

Esta licencia permite que otros usuarios distribuyan tu trabajo, lo desarrollen, lo combinen y lo modifiquen, incluso con fines comerciales, siempre y cuando atribuyan a el reconocimiento oportuno por la creación original. Esta licencia es la más adaptable de las licencias ofrecidas. Se recomienda para la máxima difusión y el uso de materiales con licencia [28,31].

Figura 5.

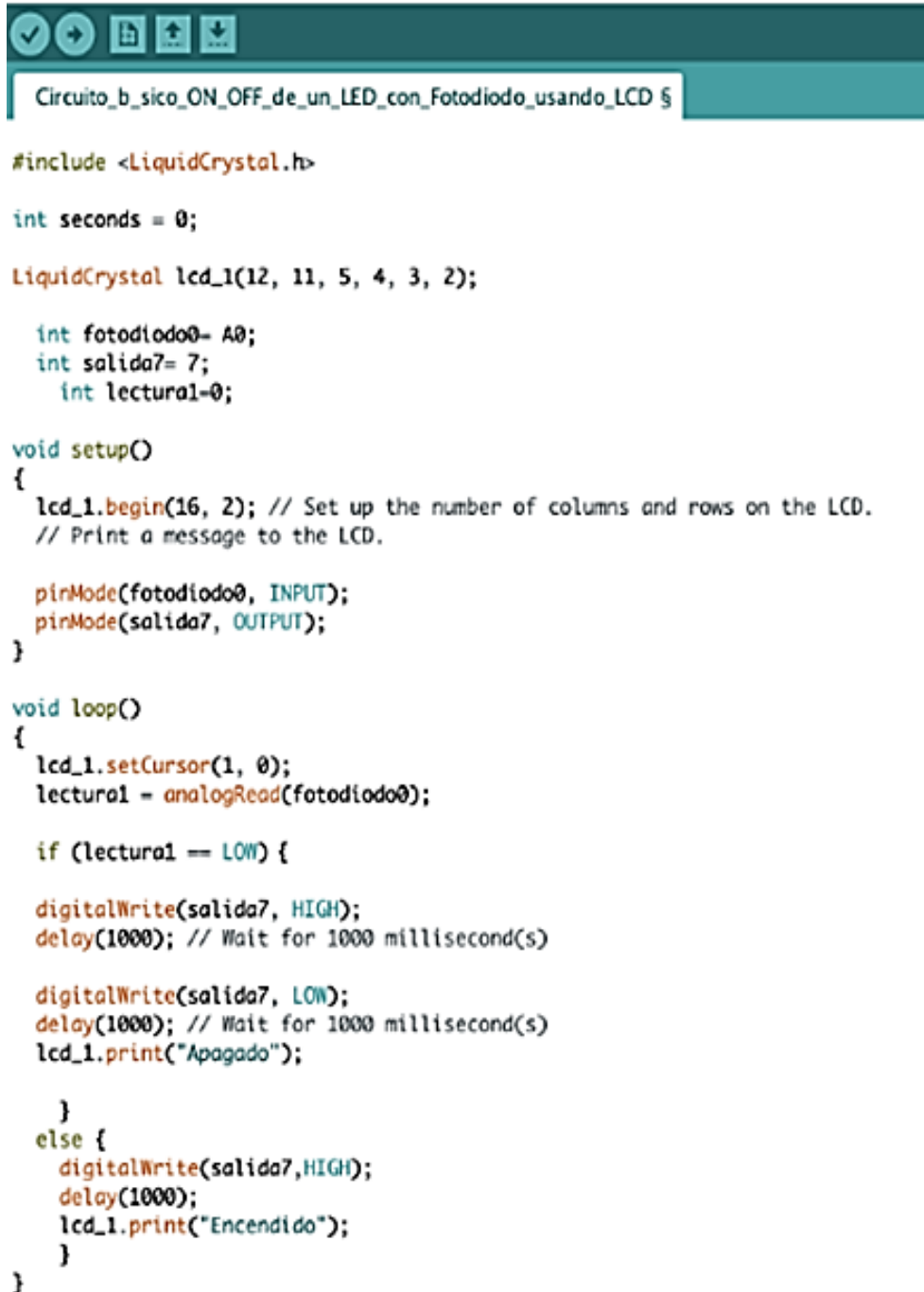
Circuito básico de un fotodiodo estándar para la obtención del programa en Arduino UNO para el encendido y apagado de un LED utilizando el Software Libre de TinkerCAD [26-31]. Elaboración propia de los autores.



El software gratuito TinkerCAD permite al usuario modificar programas de Arduino embebidos. El programa LCD de 2 cables que presenta el software de Arduino se modificó con fines estudiantiles para la detección de luz de un fotodiodo estándar. La figura 6 muestra el programa modificado, el cual permite tener una perspectiva de diseño para el desarrollo de este trabajo en la detección de chispa de ignición, detección de cambio de aceite de motor y líquido de frenos en un automóvil.

Figura 6.

Programa Arduino para el encendido y apagado de un LED con el apoyo del Software libre TinkerCAD [26-31]. Elaboración propia de los autores.



```
#include <LiquidCrystal.h>

int seconds = 0;

LiquidCrystal lcd_1(12, 11, 5, 4, 3, 2);

int fotodiodo= A0;
int salida7= 7;
int lectural=0;

void setup()
{
  lcd_1.begin(16, 2); // Set up the number of columns and rows on the LCD.
  // Print a message to the LCD.

  pinMode(fotodiodo, INPUT);
  pinMode(salida7, OUTPUT);
}

void loop()
{
  lcd_1.setCursor(1, 0);
  lectural = analogRead(fotodiodo);

  if (lectural == LOW) {

    digitalWrite(salida7, HIGH);
    delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)

    digitalWrite(salida7, LOW);
    delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
    lcd_1.print("Apagado");

  }
  else {
    digitalWrite(salida7,HIGH);
    delay(1000);
    lcd_1.print("Encendido");
  }
}
```

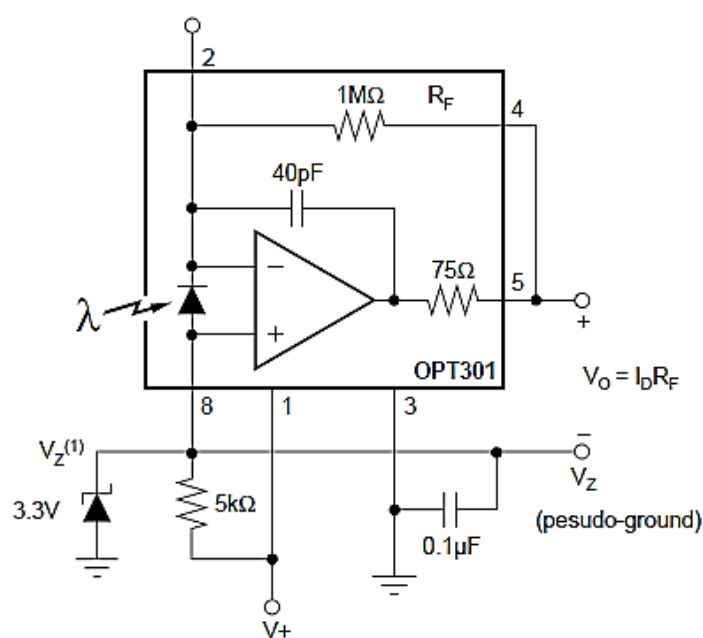
El uso de software libre y estudiantil, como base de investigaciones, permite el desarrollo de proyectos en investigaciones de ingeniería de modo innovador y a menor costo, esencialmente para el desarrollo de proyectos estudiantiles con perspectiva de tipo industrial [36-40].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el presente trabajo se utilizó un fotodiodo comercial para la detección de chispa de ignición, detección de cambio de aceite de motor en un cárter y de líquido de frenos en un automóvil.

La figura 7 muestra el circuito del fotodiodo OPT301 que se empleó como operación de fuente de alimentación única, con regulación con un diodo Zener dada la configuración de la hoja de datos [7]. Para la señal enviada se utilizó un láser convencional de 600 nm de longitud de onda comercial.

Figura 7. Configuración del fotodiodo OPT301 en Operación de fuente de alimentación única. El diodo zener se utiliza como regulador de derivación. [7].



La figura 8 muestra el circuito del fotodiodo OPT301 en una placa fenólica con una fuente de alimentación de 9V con regulación única con un diodo zener de 3.3V. La figura 9 muestra la salida de voltaje mediante el uso de un osciloscopio digital de banco con ancho de banda de 40MHz marca Tektronix TBS1042. El diodo zener funciona como regulador de voltaje a una determinada corriente del fotodiodo OPT301 [41]. La salida de voltaje del circuito del fotodiodo OPT301 es de 3.7 V la cual es mayor que el voltaje de polarización del diodo zener de 3.3V mostrado en el esquema de la anterior figura 7.

Figura 8. Circuito electrónico del fotodiodo OPT301 empleando la configuración en Operación de fuente de alimentación única [7].

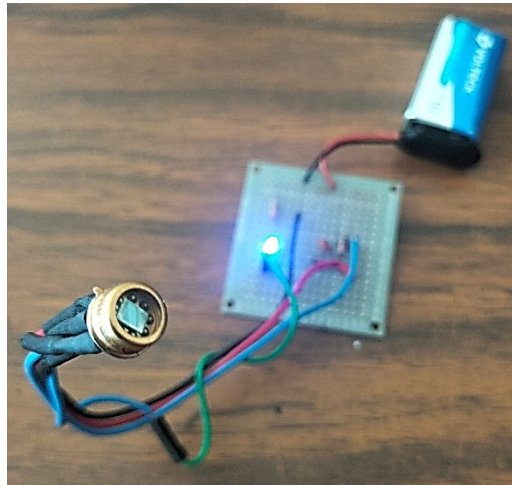
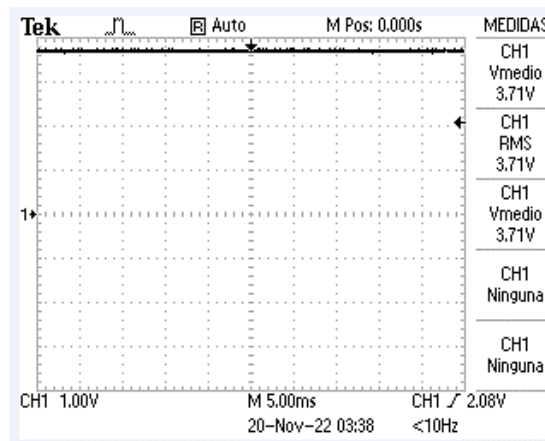


Figura 9. Salida de voltaje del Osciloscopio marca Tektronix TBS1042 del fotodiodo OPT301 en configuración en Operación de fuente de alimentación única. El diodo Zener funciona como regulador de voltaje a una determinada corriente del fotodiodo [39].



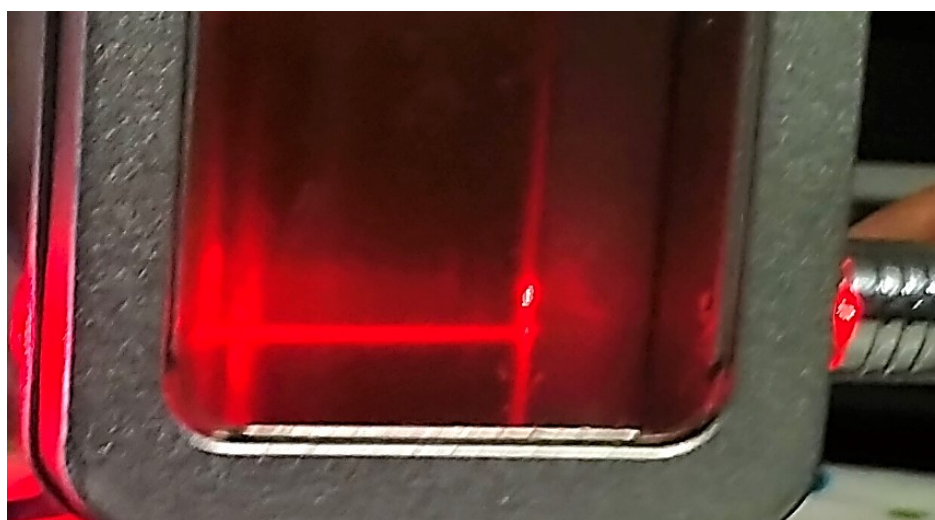
Implementación del fotodiodo OPT301 para detección del aceite de motor y del depósito de líquido de frenos.

En un automóvil lo más importante en tema de fluidos son el aceite de motor y el líquido de frenos [42]. Son sistemas independientes, que funcionan al mismo tiempo siempre y cuando el automóvil esté encendido. Sin embargo, son pocas las investigaciones para la detección de la contaminación que suelen tener los depósitos de líquido de frenos y del aceite del motor en el cárter del automóvil. La implementación del fotodiodo OPT301 en un circuito de Arduino UNO R3 cuando reciba una señal de un láser convencional de 600

nm a través de los fluidos como el aceite de motor y líquido de frenos es una opción viable y de bajo costo para su estudio.

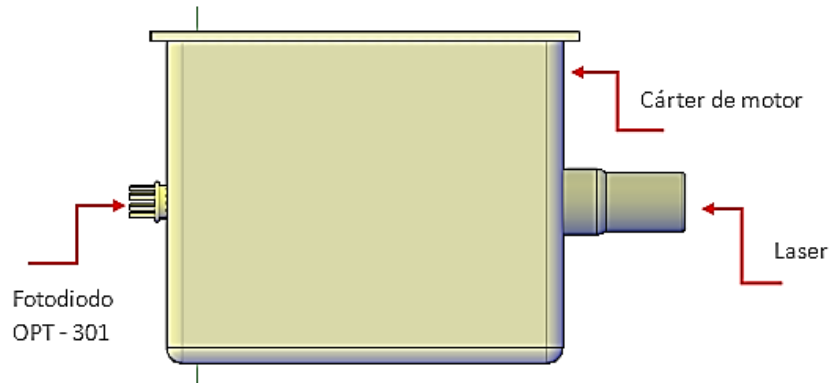
La figura 10 muestra el aceite de motor en un estado nuevo y puro. Un aceite de motor limpio mantiene sus propiedades físicas como la densidad, el índice de refracción, la plasticidad, entre otras. La implementación del fotodiodo OPT301 se facilita debido a que no existe impurezas que dañen las propiedades físicas del aceite de motor e inhiba la señal enviada del láser convencional de 600 nm de longitud para su detección.

Figura 10. *Diagnóstico para la detección del aceite de motor en un cárter de automóvil. Elaboración propia de los autores.*



El aceite del motor se ubica en un lugar llamado “cárter” que es el depósito más grande de aceite dentro de los automóviles. La figura 11 muestra el dibujo esquemático del fotodiodo OPT301 como sensor de detección de un haz de un láser convencional de 600 nm de longitud de onda en el cárter del automóvil. El diseño se realizó con el software estudiantil de AutoCAD. El sensor láser debe estar acoplado con el fotodiodo OPT301. Se envía un mensaje de “aceite limpio” que indica que el aceite de motor se encuentra en condiciones para que el usuario de un automóvil pueda empezar su vida cotidiana encendiendo su vehículo. Cuando el aceite de motor se torne de un color muy oscuro, debido al desgaste durante su vida útil, el fotodiodo OPT301 será incapaz de detectar el haz del láser de 600 nm de longitud, por lo que, de esta manera se puede saber que es la señal para el cambio de aceite de motor totalmente sucio perceptible por el conductor.

Figura 11. Esquema representativo del diagnóstico de aceite de motor en un cárter utilizando el software con licencia estudiantil AutoCAD. Elaboración de los autores.



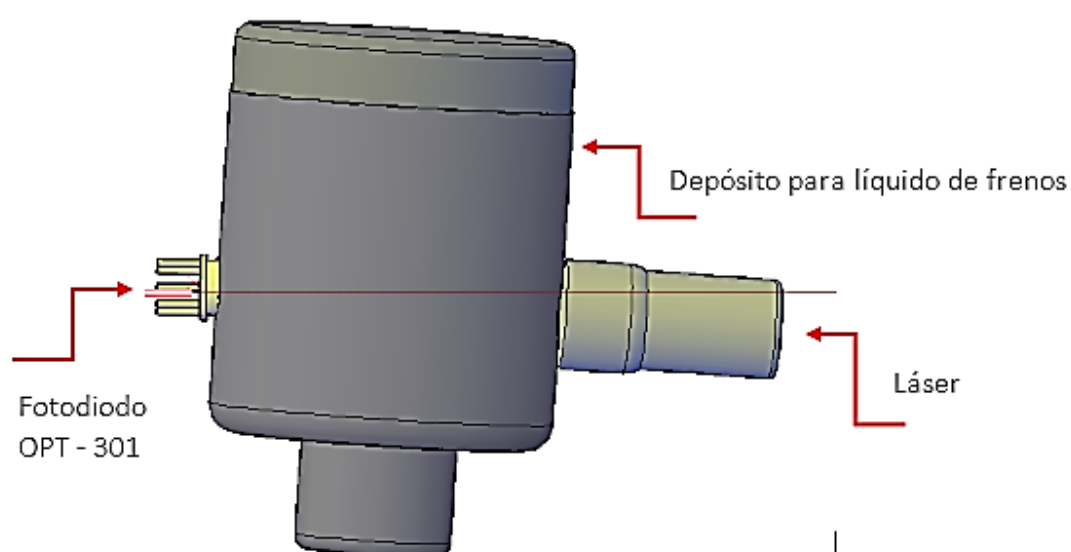
Los sistemas de frenos presentan varios inconvenientes: desde el desgaste de sus componentes, la complejidad de los mecanismos de frenado hasta la contaminación del líquido de frenos, los cuales pueden producir daño automotriz [42]. La figura 12 muestra el líquido de frenos en un color muy oscuro. Las propiedades físicas del líquido de frenos como la densidad, el índice de refracción, la plasticidad, entre otras, se van deteriorando hasta tornarse de un color oscuro debido a las impurezas obtenidas durante su vida útil en el funcionamiento vehicular.

Figura 12. Diagnóstico para la detección del líquido de frenos en un automóvil. Elaboración propia de los autores.



La figura 13 muestra la implementación del fotodiodo OPT301 con un láser convencional de 600 nm de longitud en una cámara de líquido de frenos diseñado con el software estudiantil AutoCAD. El haz de luz de 600 nm de longitud no podrá ser detectado por el fotodiodo OPT301 lo cual se envía un mensaje de “aceite sucio”. La vida útil del líquido de frenos ha concluido y no se encuentra en condiciones óptimas para su funcionamiento. Se procede al mantenimiento al depósito del líquido de frenos con la finalidad de salvaguardar la integridad del conductor y proveer un mantenimiento al automóvil.

Figura 13. Esquema representativo del depósito de líquido de frenos utilizando el fotodiodo OPT301. Diseño con licencia estudiantil AutoCAD. Elaboración de los autores.



Implementación del fotodiodo OPT301 para chispa de ignición

La bujía es la encargada de generar una chispa eléctrica suficiente para encender la mezcla aire combustible, este elemento está colocado entre la cabeza del motor y el bloque motor o “mono-block” del automóvil [43]. Se sabe que si el automóvil no enciende o si presenta un movimiento excesivo de tipo “cascabeleo” debe realizarse el estudio del mantenimiento en los tres principales componentes que podrían evitar el funcionamiento del motor los cuáles son: el combustible, el oxígeno y la bujía. El acceso y el desensamble de la bujía de un automóvil en el sistema de ignición resulta laborioso y difícil si no se cuenta con la herramienta adecuada.

La figura 14 muestra la detección de una chispa convencional generada. La señal de salida de respuesta se puede lograr con el encendido de un diodo emisor de luz (LED). La colocación correcta del circuito electrónico envía una señal de tipo “encendido” hacia el

display LCD en un circuito de Arduino como aviso de su buen funcionamiento. Si un sistema de detección presenta fallas, es decir, si la chispa de ignición no es detectada por el fotodiodo OPT301, el mensaje desplegado por un display será de tipo “apagado” indicando el mal funcionamiento del sistema de chispa de ignición de acuerdo con la figura 15.

De la misma forma, si el acoplamiento entre el fotodiodo OPT301 y el láser convencional de 600 nm no es adecuada, el circuito electrónico no podrá detectar la señal de la chispa de ignición. En dado caso no se detecte, se procede al mantenimiento o cambio de bujía en totalidad.

Figura 14. *Prototipo electrónico de diagnóstico para la detección de fallas en una bujía en correcta colocación del Fotodiodo OPT301 y el sensor láser convencional. Elaboración propia de los autores.*

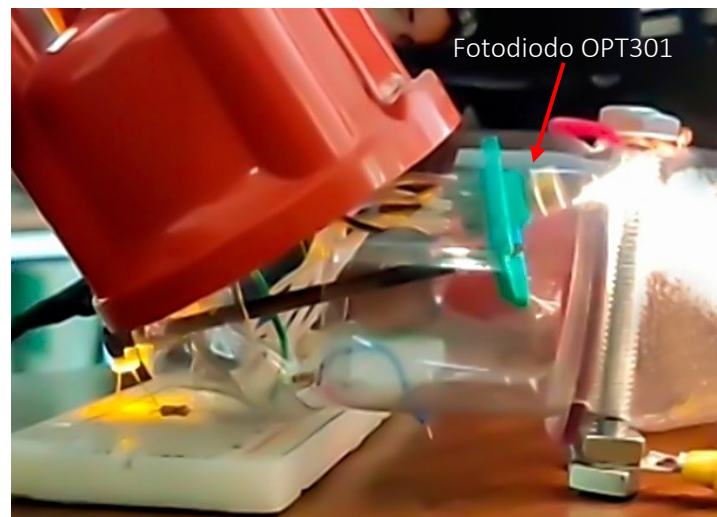


Figura 15. *Prototipo electrónico de diagnóstico para la detección de fallas en un mal funcionamiento del sistema de chispa de ignición. Elaboración propia de los autores*



La figura 16 muestra la implementación del fotodiodo OPT301 en un prototipo de circuito de detección de chispa por ignición. Con el circuito se puede detectar si una bujía puede producir una chispa del sistema de encendido del automóvil. La figura 17 muestra el diseño con el software estudiantil AutoCAD de la implementación del fotodiodo OPT301 en un circuito de detección de chispa por ignición. Con ello se garantiza una prevención del sistema de detección de fallas en la bujía.

Figura 166. Prototipo del sistema de detección de chispa de ignición empleando al fotodiodo OPT301 que permite verificar el buen funcionamiento de una bujía la bujía. Elaboración propia de los autores.

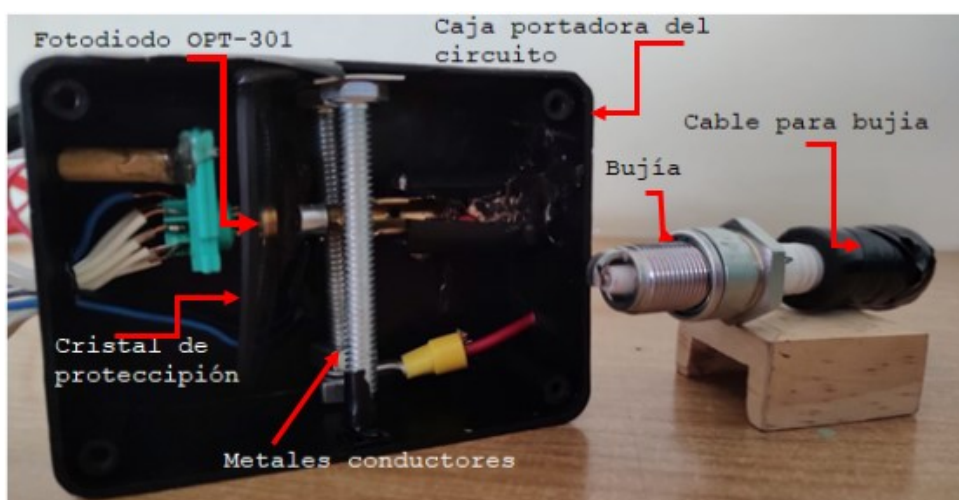
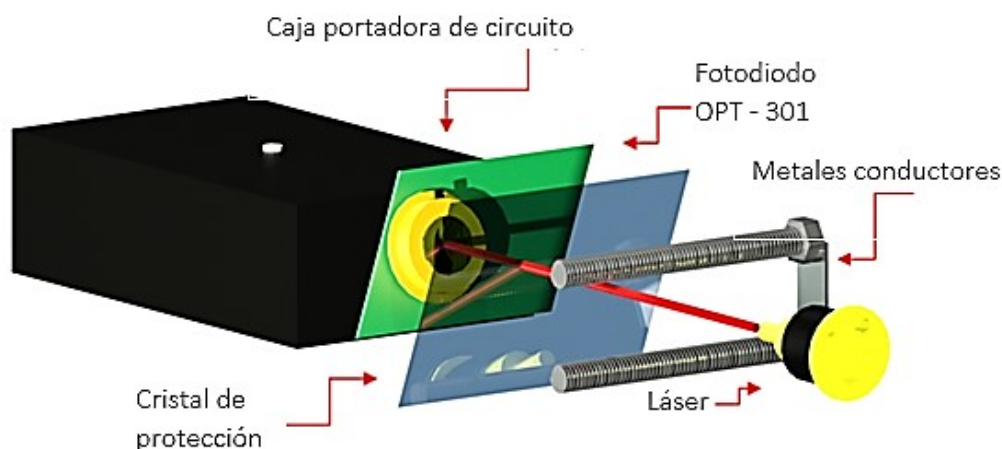


Figura 17. Esquema representativo del diagnóstico de chispa de ignición utilizando el software con licencia estudiantil AutoCAD. Elaboración de los autores.



Los resultados obtenidos muestran que se pueden realizar prototipos con el fotodiodo OPT301 para detectar problemas en los sistemas automotrices mostrando al conductor que la chispa de ignición es detectada, el depósito de líquido de frenos está limpio y que el

aceite del motor se encuentra en condiciones para arrancar el automóvil. Con ello se demuestra viabilidad y funcionabilidad dentro y fuera de un automóvil.

La siguiente figura 18 muestra un esquema diseñado con el software estudiantil de AutoCAD de un tablero en un automóvil donde se ubican las pantallas de cristal líquido (Liquid Cristal Display, LCD) que permiten al usuario captar la lectura enviada del circuito del fotodiodo OPT301 [7] para una mejor seguridad en el trayecto automovilístico.

Figura 18. *Diseño de Panel Automovilístico para la incorporación de la implementación del circuito fotodiodo OPT301 para la aplicación en la industria automotriz. Elaboración propia de los autores.*



CONCLUSIONES

En el presente trabajo se mostraron la implementación del fotodiodo OPT301, en configuración de operación de fuente de alimentación única con el diodo Zener de 3.3 volts con un haz incidente de 600 nm de longitud de onda para el diagnóstico de fallas por chispa de ignición, y de diagnóstico de la condición del líquido de frenos y de aceite de motor. Se utilizó el uso del software libre TinkerCAD y Arduino, así como del software estudiantil AutoCAD como soporte para este proyecto. Se usó la licencia del programa TinkerCAD de tipo público con el Reconocimiento-Compartido Igual3.0 no adaptado – CC BY-SA 3.0 (Attribution-ShareAlike 3.0 Unported — CC BY-SA 3.0) que se describe en la página de TinkerCAD. Se comprobó que las implementaciones de diagnóstico de fallas funcionan adecuadamente, permitiendo realizar mantenimientos futuros y adecuados a los sistemas de frenado y de cárter en el motor, además del cambio de bujía para la chispa de ignición.

La finalidad de la prevención en la seguridad en un vehículo garantiza un mejor estado óptimo, rápido y de bajo costo en la calidad del automóvil.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario Rudolph Diesel. Al Mtro. Francisco Bermúdez Flores por la asistencia en el laboratorio de electrónica del Centro Universitario Rudolph Diesel. A la Ing. Yari Griselda González Moreno, Directora Académica del Centro Universitario Rudolph Diesel por las gestiones realizadas para la publicación del artículo.

LISTA DE REFERENCIAS

- Stefanelli, E. J., VARGAS, M., Garcia, P. L., Seo, E. S., & OLIVEIRA, W. D. S. (2009). Environmental, financial and energy feasibility of the electrolysis of the water steam of a generation IV reactor cooling system during the moments of low consumption of electrical energy: challenges and perspectives.
- ALEPH, E. L. S. (2020). Industria 4.0 en la agricultura y la ingeniería automotriz. *Innovación Educativa*, 20(2), 1-164.
- Malani, A. S., Chaudhari, A. D., & Sambhe, R. U. (2015). A review on applications of nanotechnology in automotive industry. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 10(1), 36-40.
- Ferràs-Hernández, X., Tarrats-Pons, E., & Arimany-Serrat, N. (2017). Disruption in the automotive industry: A Cambrian moment. *Business horizons*, 60(6), 855-863.
- Fortunato, E., Barquinha, P., & Martins, R. (2012). Oxide semiconductor thin-film transistors: a review of recent advances. *Advanced materials*, 24(22), 2945-2986.
- Flores-Fuentes, W., Miranda-Vega, J. E., Rivas-López, M., Sergiyenko, O., Rodríguez-Quiñonez, J. C., & Lindner, L. (2018). Comparison between different types of sensors used in the real operational environment based on optical scanning system. *Sensors*, 18(6), 1684.
- Burr-Brown, Corporation. P. D., S-12, 199, B., & , O. P. (1994). OPT301. Integrated photodiode and amplifier datasheet.
- Goldenstein, C. S., Spearrin, R. M., Jeffries, J. B., & Hanson, R. K. (2017). Infrared laser-absorption sensing for combustion gases. *Progress in Energy and Combustion Science*, 60, 132-176.

- Rieker, G. B., Jeffries, J. B., Hanson, R. K., Mathur, T., Gruber, M. R., & Carter, C. D. (2009). Diode laser-based detection of combustor instabilities with application to a scramjet engine. *Proceedings of the Combustion Institute*, 32(1), 831-838.
- Shukla, A., Vaghasia, J., & Mistry, M. (2021). Effect of Laser ignition on combustion and performance of Internal Combustion Engine: A Review. *Energy Conversion and Management*: X, 100166.
- Hu, X. D., Kong, F. Z., & Yao, J. H. (2011). Development of monitoring and control system for laser remanufacturing. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 44, pp. 81-85). Trans Tech Publications Ltd.
- Piernikarski, D., & Hunicz, J. (2000). Investigation of misfire nature using optical combustion sensor in a SI automotive engine. *SAE transactions*, 603-608.
- Brahmaiah, B., Mohan, R. R., & Ramana, C. H. V. V. Microcontroller Based Colour Identification System.
- Assaad, M., Yohannes, I., Bermak, A., Ginhac, D., & Meriaudeau, F. (2014). Design and Characterization of Automated Color Sensors System. *International journal on smart sensing and intelligent systems*, 7(1), 1-12.
- Tsustsumanova, G., Dimitrov, S., & Russev, S. Spectroscopic Ellipsometer Based on Photometric PCSrotAA/Null Type Ellipsometer.
- Förster, F., Crua, C., Davy, M., & Ewart, P. (2019). Temperature measurements under diesel engine conditions using laser induced grating spectroscopy. *Combustion and Flame*, 199, 249-257.
- Assaad, M., Mohsen, M. S., Ginhac, D., & Meriaudeau, F. (2015). A 3-Bit Pseudo Flash ADC Based Low-Power CMOS Interface Circuit Design for Optical Sensor. *Journal of Low Power Electronics*, 11(1), 93-102.
- Rivas, M., Flores, W., Rivera, J., Sergiyenko, O., Hernández-Balbuena, D., & Sánchez-Bueno, A. (2013). A method and electronic device to detect the optoelectronic scanning signal energy centre. *Optoelectronics-Advanced Materials and Devices, Mexico*.
- Adell, J., & Bernabé, Y. (2007). Software libre en educación. *Tecnología educativa*. Madrid: McGraw-Hill, 173-195.
- Stallman, R. (2020). La definición de software libre. *Communiars. Revista de Imagen, Artes y Educación Crítica y Social*, 3, 151-154.

- Espinosa Espinosa, M. I., & Retana González, R. A. (2022). Prototipo de geolocalización para personas vulnerables: botón de pánico, SOS. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 5390-5412. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3818
- Mohapatra, B. N., Mohapatra, R. K., Jijnyasa, J., & Shruti, Z. (2020). Easy performance based learning of arduino and sensors through TinkerCAD. *International Journal of Open Information Technologies*, 8(10), 73-76.
- Fernández, C. H. (2015). Nuevos recursos para la investigación cualitativa: Software gratuito y herramientas colaborativas. *Opción*, 31(5), 453-471.
- Kirkpatrick, B., Kirkpatrick, J., Assadipour, H., & Byrnes, D. (2021). *AutoCAD 2022 for Interior Design and Space Planning*. Peachpit Press.
- Dajud, G. A. B., Reyes, G. R., & Sampayo, R. R. Á. (2009). Diagnóstico sobre utilización del AUTOCAD® como software de apoyo en las áreas básica y aplicada de ingeniería civil en UNISUCRE. *Revista Educación en Ingeniería*, 4(8), 57-69.
- Tupac-Yupanqui, M., Vidal-Silva, C. L., Sánchez-Ortiz, A., & Pereira, F. (2021). Experiencias y beneficios del uso de Arduino en un curso de programación de primer año. *Formación universitaria*, 14(6), 87-96.
- Chiluisa-Chiluisa, M. A., Lucio Ramos, Y. J., & Velásquez Campo, F. R. (2022). TinkerCAD como herramienta estratégica en el proceso de aprendizaje significativo. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(25), 1759-1767.
- TinkerCAD, A. (2023). TinkerCAD.
- Reyes, A. (2018). *Electronic Circuit Basics With TinkerCAD*. *digitalmaestro.org*.
- Johnson, D. K. (2021). *An Introduction to 3D Design with TinkerCAD & 3D Print [Mp4]*. UVic Libraries Digital Scholarship Commons
- Bryant, S. C. (2018). *TinkerCAD for dummies*. John Wiley & Sons.
- Portillo Mendoza, P. M., Olivares Rodríguez, G. Y., & Tipacti Rodríguez, P. (2022). Sistema de control automático para la detección de fuga de gas natural. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 680-703.
- Arduino, S. A. (2015). *Arduino*. Arduino LLC, 372.
- Herrador, R. E. (2009). *Guía de usuario de Arduino*.
- Bell, C. (2021). *Introducing the Arduino*. In *Beginning IoT Projects* (pp. 31-70). Apress, Berkeley, CA.

- Díaz-Nunja, L., Rodríguez-Sosa, J., & Lingán, S. K. (2018). Enseñanza de la geometría con el software GeoGebra en estudiantes secundarios de una institución educativa en Lima. *Propósitos y Representaciones*, 6(2), 217-234.
- Eryilmaz, S., & Deniz, G. (2021). Effect of TinkerCAD on Students' Computational Thinking Skills and Perceptions: A Case of Ankara Province. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 20(1), 25-38.
- 22 Tsolakís, S., Theofanellis, T., & Voulgari, E. (2022). Introducing STEAM Through TinkerCAD and Arduino. In *Handbook of Research on Integrating ICTs in STEAM Education* (pp. 239-264). IGI Global.
- Ruiz Sánchez, M. M. A. de D., Aguirre Gonzales, M. N. T., Montenegro Camacho, D. L., & Mendoza Cruzado, M. O. D. (2022). GeoGebra para el desarrollo del pensamiento crítico y creativo en estudiantes de educación secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 14522-14532.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1416
- Barbosa Olivares, A., González Sánchez, J. A., Flores Guerrero, R. A., Hernández Martínez, J., & Flores Guerrero, R. A. (2022). Simulación de la Implementación de un variador de velocidad en un motor mediante software especializado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 2446-2477.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3693
- Ceron, D. A. O., & Ebratt, J. P. H. Primer Laboratorio Electrónica Análoga Fuente con Diodos Zener.
- Molero, L. U. I. S. (2009). Los frenos en el automóvil. *Recuperado de*.
- Espinoza, H., & Rudy, Y. (2019). Sistemas de encendido electrónico inductivo con distribuidor.