

Sistema de molido y embolsado de café a baja escala.

Low scale coffee grinding and bagging system.

Raúl Moreno Rincón* (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
raull.mr@tuxtla.tecnm.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (2). Tecnológico Nacional de México//Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx.

Álvaro Hernández Sol (3). Tecnológico Nacional de México//Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx.

Josué de Jesús Díaz Pérez: (4). Estudiante, Tecnológico Nacional de México//Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, L19270633@tuxtla.tecnm.mx.

María Guadalupe Monjarás Velasco (5). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
maria.mv@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en diciembre 04, 2024; aceptado en diciembre 20, 2024.

Resumen.

Considerando que se sabe que en 2021/22, se consumieron a nivel mundial aproximadamente 170,5 millones de sacos de 60 kilogramos de café. Esta cantidad supuso un incremento de casi 5,5 millones con respecto al consumo global de esta bebida caliente registrado durante la temporada anterior, sabemos también que, en México, el consumo anual de café es de 1.7kg. por persona, y que el 84% de los hogares mexicanos consume café soluble. Aunque, en los últimos años ganó protagonismo el café tostado y molido, que creció 20.8% con la entrada de la cuarentena. Los puntos de venta que están ganando relevancia para el consumo de café en México son las Cafeterías y Restaurantes. Sin embargo, en seis de cada 10 hogares mexicanos se acostumbra a beber café, lo que ha mantenido a esta bebida caliente en buenas posiciones de ventas durante el segundo trimestre de 2023, en comparación con el mismo periodo del año pasado. Se sabe también que los estados que más consumen café son: Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz, (SADR, 2024). Debido a lo anterior una propuesta de un prototipo capaz de moler y embolsar café previamente tostado vendría a ser una herramienta para los expendios y distribuidores de café de baja escala que son proveedores de pequeños hoteles, cafeterías, restaurantes y público en general para cubrir sus necesidades. Es en este marco de solicitudes planteadas por las organizaciones de caficultores, distribuidores y exportadores de café en donde el TECNAM campus Tuxtla Gutiérrez, tiene la oportunidad de responderles con desarrollo tecnológico e innovación

Palabras claves: Baja escala, expendios, proveedores, sacos de 60 Kg.

Abstract.

Considering that it is known that in 2021/22, approximately 170.5 million 60-kilogram bags of coffee were consumed worldwide. This amount represented an increase of almost 5.5 million with respect to the global consumption of this hot beverage recorded during the previous season, we also know that, in Mexico, the annual consumption of coffee is 1.7kg. per person, and that 84% of Mexican households consume soluble coffee. However, in recent years roasted and ground coffee has gained prominence, growing 20.8% with the entry of the quarantine. The points of sale that are gaining relevance for coffee consumption in Mexico are Coffee Shops and Restaurants. However, six out of every 10 Mexican households are accustomed to drinking coffee, which has kept this hot beverage in good sales positions during the second quarter of 2023, compared to the same period last year. It is also known that the states that consume the most coffee are: Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco and Veracruz, (SADR, 2024). Due to the above, a proposal for a prototype capable of grinding and bagging previously roasted coffee would be a tool for small-scale coffee shops and distributors that are suppliers of small hotels, cafes, restaurants and the general public to meet their needs. It is within this framework of requests made by coffee growers' organizations, coffee distributors and exporters where TECNM campus Tuxtla Gutiérrez has the opportunity to respond with technological development and innovation.

Keywords: 60 Kg bags, low scale, vending, suppliers.

1. Introducción.

En México, la caficultura se considera como una actividad estratégica fundamental, debido a que permite la integración de cadenas productivas, la generación de divisas y empleos, el modo de subsistencia de muchos pequeños productores y alrededor de 30 grupos indígenas. México es el país con la quinta mayor extensión de tierras cultivadas de café en el mundo. Anualmente, se exportan 100 mil toneladas del grano a 47 naciones, entre las cuales, Estados Unidos es el principal destino con poco más de la mitad de dichas exportaciones. Por lo que en México se considera, el café como un cultivo estratégico; su producción emplea a más de 500 mil productores de 15 entidades federativas y 480 municipios. Un 9,8% de los mexicanos son verdaderos consumidores de esta bebida, es por lo que al año gastan MXN 2.260 (USD120) en café y lo consumen por lo menos 38.7 veces. Los principales motivos de su consumo son; el café es rico en antioxidantes y otros compuestos y minerales como el magnesio, que tienen beneficios comprobados para la salud. Es de sobra conocido que contiene cafeína, que ayuda a mantener la energía y la concentración, además de aportar muchos más beneficios. El café es muy consumido en la sociedad, por su sabor, por sus efectos positivos y como forma de socialización y presenta un efecto estimulante.

En la actualidad, la industria del café enfrenta desafíos significativos relacionados con la eficiencia en el proceso de producción y la calidad del producto final. En este contexto, la automatización y la integración de tecnologías avanzadas se presentan como soluciones clave para mejorar estos procesos. El reto importante es responder con un sistema capaz de moler y embolsar el café, que ocupe un espacio relativamente pequeño y que no requiera de instalaciones especiales de energía, con la intención de que sea atractivo y accesible a los expendios y distribuidores de café para cafeterías, restaurantes y público en general, con la intención de sostener el crecimiento del consumo de esta bebida entre las personas de la comunidad y visitantes y con ello apoyar a los caficultores y a la economía nacional, (SADR 2022).

2. Métodos.

Diseño, construcción e implementación de hardware del sistema.

Tras una investigación exhaustiva, se decidió diseñar el sistema en tres etapas; etapa de molido, etapa de empaquetado y etapa de comunicación, además de un panel en donde se ubica toda la circuitería del sistema para un mejor mantenimiento y actualización. Así también el diseño y construcción de una estructura de aluminio tubular que pueda

albergar a todas estas etapas y que presente un tamaño cómodo y de poco peso que permita un trasladarlo fácil, ver figura 1. Nuestro proceso inicia en la etapa de molido, (Moreno, et al 1999).

Etapa de molido.

Durante la investigación se determinó que un motor de licuadora con su sistema de aspas, proporcionan una solución eficaz para el molido del café, junto con una pieza de colador diseñada para instalarse dentro del sistema del molido nos permite establecer el tamaño de los granos del café, respetando el tamaño pequeño del sistema y la eficiencia del molido en comparación con otras opciones probadas anteriormente incluyendo el molido manual comúnmente utilizado, nuestra propuesta cuenta con un silo alimentador de café que proporciona la materia prima a la moledora y un depósito que recibe el café ya molido ver figura 2, que nos permitirá continuar a la siguiente etapa.



Figura 1. Construcción de la estructura general.



Figura 2. Sistema de molido de café.

Etapa de empaquetado.

El sistema de empaquetado se diseñó a partir de la aplicación de un rollo de material termosensible en donde este viene doblado y enrollado, este material requiere de la aplicación de un sellado por calor a través de una barra térmica de sellado con presión. Para tal fin se implementó una selladora para un sellado vertical que permite dar la forma de un tubo al material de empaquetado y otra selladora para sellados horizontal que permite con una primera aplicación de sellado para formar la bolsa y con una segunda aplicación de sellado horizontal, cerrar la bolsa después de haber sido llenada, lo cual garantiza una operación eficiente y precisa.

Panel de control.

El controlador utilizado para todo el proceso fue un PLC de la marca Siemens 1200 CPU 215 de 24 VCD por su facilidad de aplicación y compatibilidad con múltiples elementos industriales que utilizamos. Lo cual es crucial para la integración del sistema de producción, monitoreo y control, facilitando la capacidad de supervisión del proceso y mantenimiento del sistema. La fuente de alimentación es de 24 V cd. ya que el PLC y la mayoría de los elementos eléctricos utilizados trabajan a esta tensión,

Consideraciones adicionales.

Independientemente del interruptor ubicado en el panel de control que inicializa y prepara el sistema. Se aplicaron 2 botones, uno de Arranque y otro de Paro del proceso junto con una torreta indicadora del estado de las etapas del proceso, los cuales deben de estar visibles y de fácil acceso. Esta disposición mejora la facilidad de operación y la seguridad durante el funcionamiento del prototipo, (Nieto, et al 2006).

3. Desarrollo.

Diseño, construcción e implementación de hardware del sistema.

Durante el desarrollo del diseño y construcción del sistema de molido y empaquetado de café se fueron presentando diferentes ajustes, necesarios para el acoplamiento de los diferentes elementos eléctricos, electroneumáticos y de comunicación y sensores requeridos para lograr el control de las etapas.

Etapa de molido.

Para controlar el molido de café y no tener el sistema de molienda funcionando al agotarse el café en el silo alimentador fue necesario colocar un sensor de presencia (LJC18A3-B-Z/BY) que permite controlar el nivel de vaciado de este, para que no se quede sin material. De igual manera en el depósito que recibe el café ya molido, se colocó un par de sensores (LJC18A3-H-Z/BX y LJC18A3-B-Z/BX) para detectar que hay café molido y que se alcanzó la cantidad establecida para una bolsa, lo cual permitirá detener su llenado de la etapa anterior y dejar caer a través de un tubo el café hacia la bolsa para su cierre. También fue necesario implementar un motor actuador en el silo para dar movimiento al café. Es importante mencionar que debido a que el motor de molido es de una licuadora normal este trabaja con V ca. Por lo que fue necesario implementar un relevador (kuep-3d35-24) para convertir la orden de encendido y apagado del PLC de 24 V cd. a 110 V ca. Además, como el motor de movimiento en el silo es de 12 V cd. se implementó un regulador de voltaje (LM 2596) de 24 a 12 a 3.5 Amperes (IFM, 2023).

Etapa de empaquetado.

En la etapa de empaquetado fue necesario instrumentar un pistón neumático (con su respectiva electroválvula) en cada barra selladora (uno para la selladora vertical y otro para la selladora horizontal) para tener la presión necesaria durante el sellado, así también se diseñó, (SolidWorks, 2023) e imprimió en impresora 3D, (Zhang, 2024) dos juegos de engranes que, por medio de un motor reductor de engranajes de turbina de 12V cd. en cada uno de ellos, estos permiten avanzar y detener el deslizamiento de las bolsas durante el empaquetado. También en este caso debido a que las selladoras trabajan con 110 V ca. se requirió de la implementación de un relevador en cada una de ellas para convertir la orden de encendido y apagado del PLC de 24 V cd. a 110 V ca. Como los motores utilizados en los juegos de engranes son de 12 V cd. Se implementaron un regulador de voltaje de 24 a 12 en cada uno de ellos, ver figura 3.

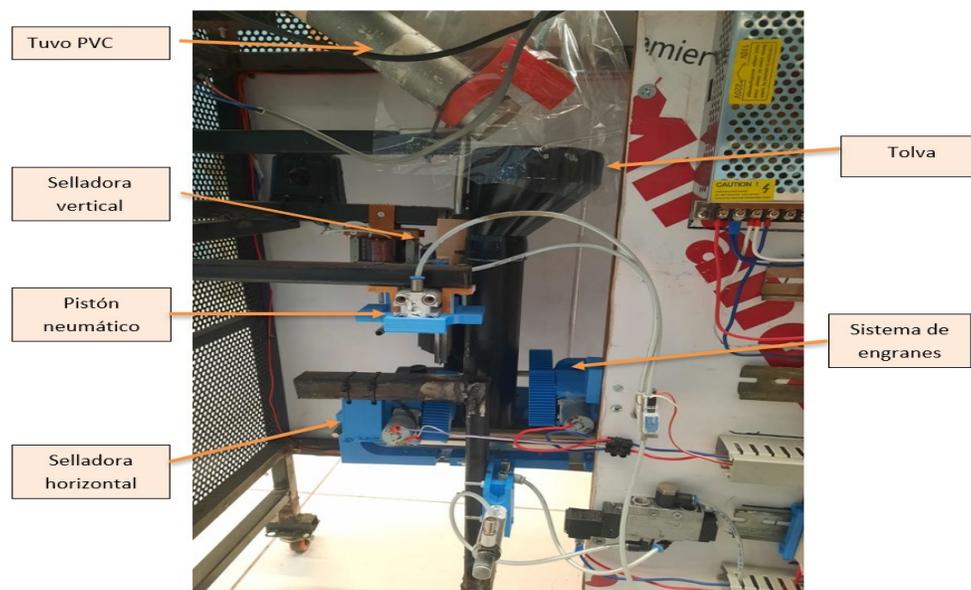


Figura 3. Sistema de empaquetado del Café.

Panel de control.

Debido a todo lo anterior, el panel de control creció para dar espacio a esta nueva circuitería; relevadores para convertir la señal del PLC de 24 V cd. a señal de línea (110 V ca.), reguladores para bajar la señal de fuente 24 V cd. A 12 V cd., así también dio espacio a las dos electroválvulas de los pistones del sistema de presión de las barras selladoras. Esto nos permite tener el sistema eléctrico en un solo panel con acceso directo y fácil para su mantenimiento. Ver figura 4.

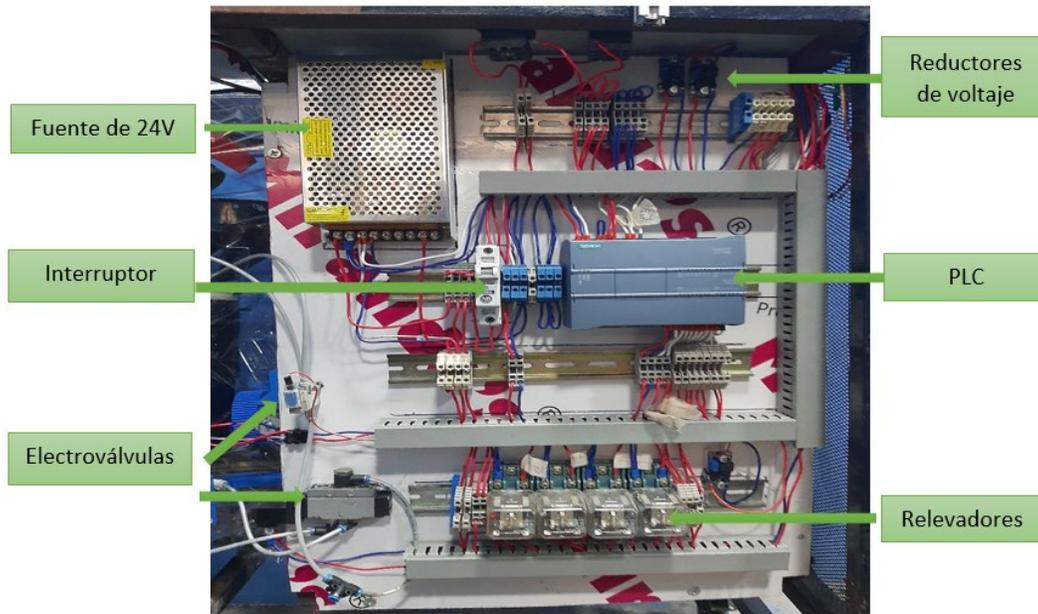


Figura 4. Panel de control.

Consideraciones adicionales.

Se decidió ubicar los botones de Arranque y Paro del proceso y su torreta en la parte superior del prototipo cumpliendo con lo establecido de fácil y rápida visualización y acceso, ver figura 5, (Nieto, et al 2006).

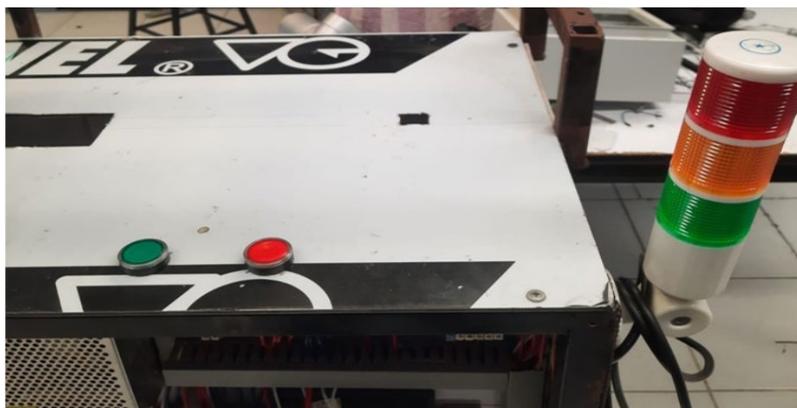


Figura 5. Arranque y Paro del proceso de Molido y Empaquetado.

Tabla 1. Resumen de elementos fundamentales utilizados en el sistema.

Elemento	características	
PROTOTIPO Dimensión: Material de construcción:	1.21M X 0.91M X .97M Estructura de metal, perfil de aluminio	
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	24 V cd. a 20 A	
CONTROLADOR Ubicación Tensión de alimentación (V): Consumo (valor nominal): Con memoria integrada: Número de entradas digitales: Número de salidas: Dimensiones(mm):	PLC Siemens 1200 CPU215 cd/cd/cd Panel de Control 24 500mA, solo CPU 50 KB 14 10 90 x 130 x 62	
SENSOR: LJC18A3-B-Z/BY Ubicación Dimensiones (mm): Alcance (mm): Alimentación (V): Consumo de corriente (mA)	Silo alimentador M18x1x60 10±10% 6-36 V cd 300 máx.	
SENSOR: LJC18A3-H-Z/BX Ubicación Dimensiones (mm): Alcance (mm): Alimentación (V): Consumo de corriente (mA)	Deposito café molido D18mm*L70mm 5 6 - 36 V cd 20 máx.	
SENSOR: LJC18A3-B-Z/BX Ubicación Dimensiones (mm): Alcance (mm): Alimentación (V): Consumo de corriente (mA)	Deposito café molido D18 mm cilindro 10 6 - 36 V cd 300 máx.	
MOTOR ACTUADOR Ubicación Alimentación (V): Potencia (W):	Silo alimentador 12 V cd 25 máx.	
REDUCTOR DE ENGRANAJES DE TURBINA (2) Ubicación Dimensiones (mm): Alimentación (V): Rpm	Juego de engranes 46x32x26 12 V cd 10	
MOTOR AC Ubicación Alimentación (V): Potencia (W):	Moledora 110 V ac 550	
Electroválvula: SYJ312-5M-M3-F Alimentación (V): Rango de presión de funcionamiento (MPa): Frecuencia máxima de funcionamiento (HZ):	5 0.15 a 0.7 10	
Relevador: kuep-3d35-24 (4) Voltaje de la bobina (V): Voltaje de conmutación: Corriente de la bobina (ma):	24 150 V cc. máx. 51 máx.	
MAQUINA SELLADORA Alimentación (V): Potencia (W): Velocidad de sellado:	110 V ca 450 8m/min	

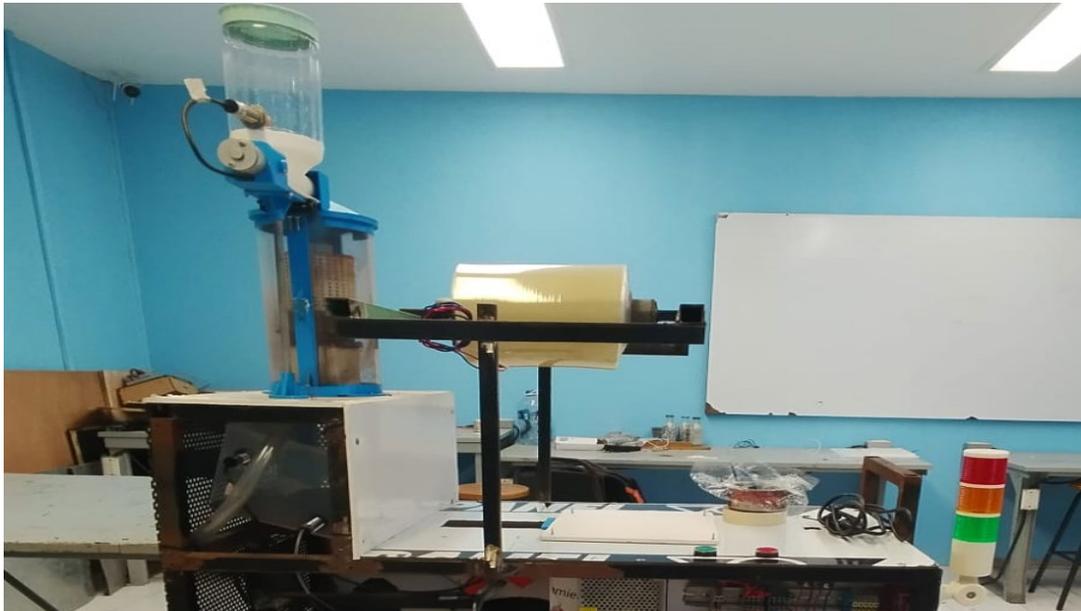


Figura 6. Prototipo del sistema de molido y empaquetado de café.

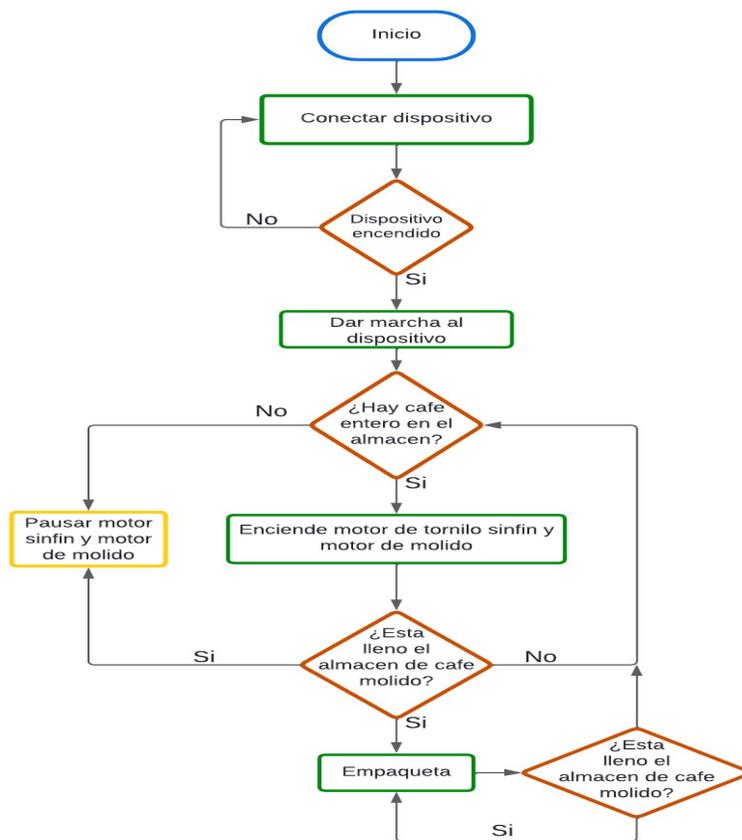


Figura 7. Diagrama de flujo del programa del PLC, (Gútiez, et al 2018).

Conclusiones.

El desarrollo del dispositivo para el molido y empaquetado de café ha demostrado ser una solución innovadora y efectiva para mejorar los procesos de producción en la industria del café. A través de este proyecto, se han alcanzado varios objetivos clave que destacan la viabilidad y los beneficios de la integración de tecnologías avanzadas en el procesamiento de café.

Eficiencia en el Proceso de Producción: El dispositivo diseñado combina de manera efectiva las etapas de molido y empaquetado, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo el tiempo total necesario para estas operaciones. La automatización de ambos procesos no solo aumenta la velocidad de producción, sino que también garantiza una mayor consistencia en la calidad del café procesado.

Precisión y Adaptabilidad: La capacidad de ajustar la dosificación del empaquetado permite que el dispositivo se adapte a diversas especificaciones de productos, satisfaciendo las necesidades de diferentes mercados y tipos de café. Esta flexibilidad es crucial para mantener la competitividad en un sector en constante evolución.

Sostenibilidad y Robustez: El diseño del dispositivo ha sido concebido con un enfoque en la eficiencia energética y la durabilidad. La utilización de componentes de alta calidad y un diseño ergonómico aseguran un funcionamiento fiable en condiciones exigentes, lo que contribuye a una vida útil prolongada del equipo y a una menor necesidad de mantenimiento.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto **20909.24-P**, de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2024 y las facilidades del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

- Gútiéz, I. (2023).** “*TIA Portal: ¿Qué es? - Programación Siemens*”. Recuperado 10 marzo de 2024 [Iñigo Gútiéz Chagartegui en LinkedIn: Propósitos para el 2023 - PROGRAMACIÓN SIEMENS](#)
- IFM. (2023).** “*Ifm electronic*”. Recuperado 10 de enero de 2023 <https://www.ifm.com/mx/es>.
- Moreno, E. G. (1999).** “*Automatización de procesos industriales*”. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Nieto, C. (2006).** “Manufactura y automatización”. Bogotá. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000300014.
- SADR (2022)** “*Cómo se procesa el café.*” gob. mx Recuperado 15 enero de 2024. <https://www.ocu.org/alimentacion/cafe/informe/procesado-del-cafe>.
- SADR (2024)** “*Cultivo de café en México.*” gob. mx. Recuperado 15 enero de 2024. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-de-cafe-en-mexico>.
- SolidWorks. (2023).** “*Qué es y para qué sirve Solidworks*”, Recuperado 01 de agosto de 2023, <https://solid-bi.es/solidworks/>.
- Zhang, Y. (2024).** “*¿Qué es la impresión 3D? Proceso, tipos y aplicaciones*”. Proleantech | Custom Parts On-Demand Manufacturing; ProLean Tech. <https://proleantech.com/es/what-is-3d-printing/>.

Información de los autores.



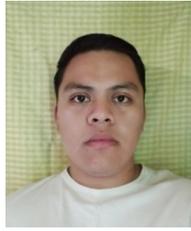
Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “sistema de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Cuenta con la certificación CSWA, CSWP, CSWP Avanzado de SolidWorks; así como un Diplomado en el motor de desarrollo de videojuegos UNREAL, Diplomado en Microsoft Teams y Diplomado en competencias para la enseñanza de las ciencias. Acreedor al premio de desempeño a la excelencia EGEL 2018 y Miembro del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas. Ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación (PEI Conacyt) para empresas privadas, desarrollo de patentes con desarrollos tecnológicos en el Estado de Chiapas y fue parte del cuerpo de investigación de la Universidad del Valle de México, campus Tuxtla Gutiérrez hasta el 2022. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. con desarrollo de proyectos financiados por CONACYT y el TecNM con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”, colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “Sistema de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



Josué de Jesús Díaz Pérez, es estudiante de octavo semestre de Ingeniería en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Ha realizado diversos proyectos como parte de su formación, actualmente se encuentra participando en el proyecto “Sistema de molido y embolsado de café a baja escala”, como residente. Esta Certificado en SolidWorks Associate.



María Guadalupe Monjarás Velasco, obtuvo el grado de Doctor en Sistemas Computacionales en 2012, el grado de Maestra en Ciencias de la Computación con especialidad en Sistemas de Información y Bases de Datos en 2009, terminó la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el año 2006, actualmente es jefa del Departamento de Sistemas y Computación del I. T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016, asesora proyectos en concursos académicos. Miembro del comité Académico del ITTG.