



**Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Interdisciplinaria de
Ingeniería campus Zacatecas**

**Área de ubicación para el desarrollo del
trabajo**

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Línea de investigación

Inteligencia artificial

Título del proyecto de Trabajo Terminal

Clasificación fenológica del frijol usando
modelos de inteligencia artificial

Presenta(n):

Alonso Domínguez López
Jesús Miguel Hernández García
Guillermo Ordaz Rodríguez

Director:

Teodoro Ibarra Pérez

Asesores:

Erika Paloma Sánchez Femat



Zacatecas, Zacatecas a 09 de septiembre de 2024

Índices

Índice de contenido

Índice de tablas.....	2
Descripción del proyecto.	3
Objetivo general del proyecto.....	4
Objetivos particulares del proyecto.....	4
Bibliografía.	9
Firmas.....	10
Autorización.	10
Currículum vitae del director y los asesores del proyecto.....	11

Índice de tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades del proyecto.	8
---	---

Descripción del proyecto.

El presente proyecto de Trabajo Terminal tiene como objetivo desarrollar un sistema embebido capaz de identificar las etapas fenológicas de la planta de frijol mediante imágenes tomadas en tiempo real haciendo uso de redes neuronales convolucionales (CNN). La identificación precisa de las etapas fenológicas es crucial para optimizar prácticas agrícolas y mejorar los rendimientos de los cultivos.

3.1. Productos Esperados

- **Base de Datos de Imágenes:** Una base de datos compuesta por aproximadamente 10,000 imágenes de 250x250 píxeles, capturadas en diferentes condiciones y representando las diversas etapas fenológicas de la planta de frijol.
- **Modelo Entrenado:** Un modelo CNN diseñado y entrenado para clasificar las imágenes de la planta de frijol en sus respectivas etapas fenológicas con alta precisión. El modelo será entrenado utilizando bibliotecas como TensorFlow y Keras, y optimizado para su implementación en un entorno embebido utilizando TinyML.
- **Hardware:** Un microcontrolador Raspberry Pi, una cámara para capturar imágenes en tiempo real y una pantalla LCD para mostrar los resultados. La Raspberry Pi estará equipada con un sistema operativo Linux ligero.
- **Software:** Integración en Python que integrará la captura de imágenes, el procesamiento con la CNN entrenada y la visualización de los resultados. Este software permitirá la identificación y visualización en tiempo real de la etapa fenológica de la planta de frijol.

3.2. Resultados esperados

- **Identificación Precisa de las Etapas Fenológicas:** El sistema será capaz de identificar las etapas fenológicas de la planta de frijol con una alta precisión, gracias al modelo CNN entrenado y optimizado. Se espera que el modelo alcance una precisión superior al 90% en la clasificación de las imágenes.
- **Rendimiento en Tiempo Real:** El sistema embebido debe procesar y mostrar los

resultados en tiempo real, con un retardo mínimo desde la captura de la imagen hasta la visualización de la etapa fenológica en la pantalla LCD. Esto es crucial para aplicaciones en campo, donde la rapidez y la precisión son esenciales.

- **Facilidad de Uso y Portabilidad:** El sistema será diseñado para ser fácil de usar y portátil, permitiendo a los agricultores y técnicos agrícolas utilizarlo directamente en el campo. La interfaz de usuario será intuitiva, facilitando la captura de imágenes y la visualización de los resultados sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.
- **Impacto en la Agricultura:** La implementación exitosa de este sistema contribuirá a mejorar las prácticas agrícolas mediante la monitorización precisa de las etapas fenológicas de la planta de frijol. Esto permitirá tomar decisiones informadas sobre el manejo de cultivos, optimizando los recursos y aumentando la productividad.

Objetivo general del proyecto.

Implementar un modelo de red neuronal profunda en un sistema embebido para identificar la etapa fenológica del frijol en tiempo real.

Objetivos particulares del proyecto.

- Recolectar imágenes para la generación del conjunto de datos de entrenamiento y pruebas de los modelos.
- Entrenar los modelos de redes neuronales profundas.
- Evaluar el rendimiento de los modelos para determinar la mejor arquitectura.
- Implementar el mejor modelo en un sistema embebido (microcontrolador).
- Diseñar y construir el dispositivo para montar el sistema embebido.

Marco metodológico.

El desarrollo del proyecto se basa en la metodología CRISP-ML(Q), un enfoque ampliamente utilizado para proyectos de aprendizaje automático. Esta metodología tiene un orden estructurado de etapas, pero mantiene una naturaleza iterativa, lo que significa que los resultados de fases posteriores pueden llevarnos a reconsiderar decisiones anteriores [1].

La metodología está alineada con los objetivos del proyecto, que busca diseñar un sistema embebido en un microcontrolador para clasificar en tiempo real las etapas fenológicas del frijol mediante redes neuronales convolucionales (CNN). A continuación, se describen las etapas clave del proyecto:

Comprensión de los datos y del negocio: El primer paso es identificar el contexto agrícola en el que se desarrolla el frijol y determinar las diferentes etapas fenológicas de la planta. Para esto, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura especializada y se mantendrá una comunicación constante con expertos en el área. Además, se analizarán las características de los datos visuales (imágenes de la planta) que servirán como entradas al modelo de clasificación, así como los requisitos técnicos para el despliegue del sistema en un microcontrolador.

Ingeniería de datos (preparación de datos): En esta etapa, se llevará a cabo la recolección y preprocesamiento de las imágenes necesarias para entrenar el modelo de inteligencia artificial. Dado que el sistema debe operar en tiempo real, se garantizará la calidad de los datos y la eficiencia en su manipulación. Los datos serán escalados y organizados en un conjunto de entrenamiento y validación. También se evaluarán técnicas de aumento de datos, es decir, realizar un preprocesamiento de las imágenes para mejorar la robustez del modelo.

Ingeniería de modelos de aprendizaje automático: Se utilizarán redes neuronales convolucionales (CNN) para la clasificación de las imágenes fenológicas. Para garantizar una correcta evaluación del modelo, se trabajará con cinco arquitecturas distintas, las cuales serán entrenadas y evaluadas bajo las mismas condiciones. El objetivo es determinar cuál de estas arquitecturas es la más efectiva para identificar las etapas fenológicas del frijol con precisión.

Garantía de calidad para aplicaciones de aprendizaje automático: Para asegurar la calidad del modelo, se implementarán técnicas de validación cruzada. Esta técnica es clave para evaluar la capacidad del modelo para generalizar a datos no vistos, y evitar que el modelo se sobreajuste a los datos de entrenamiento. También se utilizarán métricas como accuracy, recall y F1-score para garantizar la efectividad del modelo en la clasificación fenológica.

Despliegue: Una vez entrenado el modelo, se procederá a su despliegue en un sistema embebido. Se utilizará un microcontrolador Raspberry, el cual procesará las imágenes capturadas por una cámara en tiempo real. El sistema debe ser capaz de identificar y clasificar las etapas fenológicas en el dispositivo de manera eficiente y rápida.

Monitoreo y mantenimiento: Finalmente, se establecerán mecanismos para monitorear el rendimiento del sistema en tiempo real, asegurando que el modelo siga operando con altos niveles de precisión. Además, se considerará la actualización del modelo mediante técnicas de aprendizaje continuo, lo cual permitirá mejorar la clasificación a medida que se recopilan nuevos datos en el campo.

Durante el desarrollo del proyecto, se diseñará una caja o contenedor para albergar el microcontrolador, la cámara y las baterías necesarias para el funcionamiento del sistema. Este diseño debe garantizar la protección de los componentes electrónicos, así como asegurar un montaje estable y adecuado para la captura de imágenes en tiempo real. El contenedor estará directamente relacionado con la arquitectura del modelo que se implemente, ya que las necesidades de hardware pueden variar dependiendo de la arquitectura más efectiva seleccionada. Si bien la implementación final dependerá de los resultados obtenidos en las etapas de modelado, el diseño del contenedor se llevará a cabo a la par o después de la Ingeniería de datos, garantizando que el sistema esté listo para su despliegue en el entorno final.

Para garantizar el éxito del proyecto, se hará uso de tecnologías y herramientas que han demostrado ser efectivas en la implementación de sistemas de inteligencia artificial embebidos. Entre las herramientas clave se encuentra el uso de Python para el desarrollo del modelo.

El proyecto está alineado con los principios de la norma ISO-IEC 29110, un estándar internacional diseñado para mejorar la calidad y gestión en el desarrollo de software en pequeñas organizaciones o proyectos de hasta 25 personas. Esta norma establece procesos para el ciclo de vida de un proyecto, aplicables a organizaciones que desarrollan, adquieren o utilizan sistemas que contienen elementos de hardware y software. Este estándar proporcionará un marco para la correcta gestión del proyecto, asegurando que las actividades de desarrollo, despliegue y mantenimiento se realicen bajo estándares de calidad reconocidos internacionalmente [2].

Cronograma de actividades.

Guillermo Ordaz Rodríguez	GOR
Alonso Domínguez López	ADL
Jesús Miguel Hernández García	JMHG

Nombre	Responsable	Estado	Fecha	Cronograma - Inicio	Cronograma - Fin
Asignar Asesores al Proyecto	GOR, ADL, JMHG	Listo	2024-08-26	2024-08-26	2024-08-26
Elegir metodología	GOR, ADL, JMHG	Listo	2024-09-03	2024-09-02	2024-09-03
Estimar y planificar el cronograma de actividades	GOR, ADL, JMHG	Listo	2024-08-09	2024-09-02	2024-09-09
Aceptar por parte del cliente el cronograma de actividades y recursos	GOR, ADL, JMHG	En curso	2024-09-12	2024-09-10	2024-09-12
Levantamiento y análisis de los requerimientos: Matriz de trazabilidad y SRS	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-09-19	2024-09-11	2024-09-19
Verificar los requerimientos con los asesores, titular y cliente	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-09-25	2024-09-20	2024-09-25
Tratamiento de datos (preprocesamiento)	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-10-04	2024-09-25	2024-10-04
Modelado del sistema: plan de riesgos, control de versiones y documento de diseño	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-10-18	2024-10-07	2024-10-18
Verificar el modelado del sistema con los asesores y el cliente	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-10-23	2024-10-21	2024-10-23
Diseñar los casos de prueba y procedimientos de pruebas	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-11-04	2024-10-21	2024-11-04
Verificar y validar los casos de pruebas y procedimientos con los asesores	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-11-08	2024-11-05	2024-11-08
Reporte final	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-11-29	2024-11-11	2024-11-29
Realizar correcciones de director y asesores	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-12-13	2024-12-05	2024-12-13

Preparar la presentación de trabajo terminal 1	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2024-12-20	2024-12-16	2024-12-20
Presentar trabajo terminal I	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-01-10	2025-01-06	2025-01-10
Ingeniería de modelos de aprendizaje automático (construir el sistema)	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-03-14	2025-02-11	2025-03-14
Evaluación de modelos de aprendizaje automático (probar el sistema)	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-04-02	2025-03-17	2025-04-02
Realiza el embebido y armado para el producto final	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-04-16	2025-04-03	2025-04-16
Pruebas del producto final	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-05-02	2025-04-28	2025-05-02
Despliegue	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-05-23	2025-05-05	2025-05-23
Entrega del dispositivo al cliente	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-05-30	2025-05-26	2025-05-30
Reporte final de trabajo terminal 2	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-06-13	2025-06-02	2025-06-13
Preparar la presentación de trabajo terminal 2	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-06-20	2025-06-16	2025-06-20
Presentar trabajo terminal 2	GOR, ADL, JMHG	No iniciado	2025-06-27	2025-06-23	2025-06-27
	GOR, ADL, JMHG		Desde el 2024-08-09 hasta el 2025-06-27	2024-08-26	2025-06-27

Tabla 1. Cronograma de actividades del proyecto.

Bibliografía.

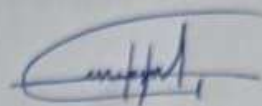
- [1] L. Visengeriyeva, A. Kammer, I. Bär et al. , «MLOps,» [En línea]. Available: <https://ml-ops.org/content/crisp-ml>. [Último acceso: 08 Septiembre 2024].
- [2] Comité ISO/IEC JTC 1/SC 7, «Online Browsing Plataform,» Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso-iec:tr:29110:-1:ed-2:v1:es>. [Último acceso: 08 Septiembre 2024].

Firmas.

En esta sección se mostrarán los nombres y las firmas de los alumnos responsables del desarrollo del proyecto de Trabajo Terminal.

Alonso Domínguez L.

Alonso Domínguez López.



Jesús Miguel Hernández García.

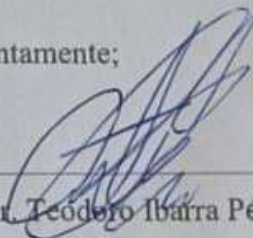


Guillermo Ordaz Rodríguez.

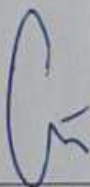
Autorización.

Por medio del presente autorizo la impresión y distribución del marco metodológico y cronograma de actividades, toda vez que lo he leído, comprendido en su totalidad, y estar de acuerdo con su desarrollo.

Atentamente;



Dr. Teófilo Ibarra Pérez



M. en C. Erika Paloma Sánchez
Femat.

**Curriculum vitae del
director y los asesores
del proyecto**

ERIKA SÁNCHEZ- FEMAT

EMPLEO

- Sr. Machine Learning Engineer - Konfío. Desde 2024
 - Docente - Instituto Politécnico Nacional. Desde 2023
 - Sr. Data Scientist - SoFi. 2022 - 2023
 - Sr. Data Scientist - Atrato. 2022 - 2022
 - Sr. Data Scientist - TrackChain. 2020 - 2022
 - Sr. Research Engineer (AI) - Barcelona Supercomputing Center. 2019 - 2021
-

VISITAS DE INVESTIGACIÓN

- Instituto Politécnico Nacional - Ciencias de la Computación. 2022 - 2023
 - Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica - Ciencias de la Computación. November 2021
 - Universidad Nacional Autónoma de México - Departamento de Aplicaciones Matemáticas. October 2021
 - Universitat Politècnica de Catalunya - Inteligencia Artificial . 2019 - 2021
-

EDUCACIÓN

- INFOTEC - Maestría en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial. 2022
 - Instituto Politécnico Nacional - Ingeniería en Sistemas Computacionales. 2017
-

PREMIOS

- Titulación con Mención Honorífica por el Instituto Politécnico Nacional. 2017
-

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Simulation and Counting of Colony-Forming Units. ReCIBE. 2017
- Mobile Application for Automatic Counting of Bacterial Colonies. Springer. 2016

CURSOS IMPARTIDOS

- Introducción a Python. Instituto Politécnico Nacional. 2024
- Introducción a Visión e Inteligencia Artificial. 2023

CURSOS DE UNIVERSIDAD IMPARTIDOS

- Statistical Tools for Data Analytics. Instituto Politécnico Nacional. 2024
- Machine Learning. Instituto Politécnico Nacional. 2024
- Inteligencia Artificial. Instituto Politécnico Nacional. 2024
- Sistemas Operativos. Instituto Politécnico Nacional. 2024
- Análisis y Diseño de Algoritmos. Instituto Politécnico Nacional. 2023
- Análisis y Diseño de Sistemas. Instituto Politécnico Nacional. 2023

IDIOMAS

- Español - Nativo
- Inglés - B2
- Francés - B2
- Catalán - A2

Información personal	Dr. Teodoro Ibarra Pérez Candidato a Investigador Nacional SNII tibarrap@ipn.mx
Experiencia laboral Fecha y cargo desempeñado Empresa o Institución Funciones y responsabilidades principales	<p>01/02/2013 – Actualidad. Profesor e investigador de Tiempo Completo Asociado B en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) Principales intereses de investigación en redes neuronales artificiales, métodos de optimización, robótica y machine learning embebido. Docencia en unidades de aprendizaje de <i>Microcontroladores y Procesador Digital de Señales</i>.</p> <p>15/06/2015 – 22/08/2018. Profesor de cátedra en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Zacatecas (ITESM). Profesor de cátedra, investigador y mentor del grupo de robótica de la Prepa Tec.</p> <p>15/06/2011 al 20/02/2013. Profesor de asignatura en el Instituto Tecnológico Superior de Jerez (TNM) Coordinador de los proyectos de Investigación Educativa, Innovación y Desarrollo Tecnológico e impartición de las asignaturas de <i>Electrónica Digital, Microcontroladores e Inteligencia Artificial</i>.</p> <p>01/02/2011 al 31/01/2012. Profesor en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara (UDG) Coordinador del club de robótica e Impartición de las asignaturas de <i>Materiales y Dispositivos Electrónicos, Microondas y Satélites, Sistemas Robóticos e Inteligencia Artificial Clásica</i>.</p> <p>01/02/2007 al 30/09/2009. Consultor de Tecnología Educativa para Texas Instruments de México S. de R. L. de C.V. Desarrollo y planificación de estrategias para la incorporación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas y ciencias para los niveles de educación básica, media superior y superior.</p>
Educación y formación Fecha y titulación obtenida Centro de formación	<p>12/02/2018 al 18/03/2022. Doctorado en Ingeniería y Tecnología Aplicada. Cédula Profesional: 12794071. Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas. México.</p> <p>01/10/2009 al 30/09/2010. Maestría en Sistemas Electrónicos para Entornos Inteligentes. Cédula Profesional: 11537361. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Málaga. España.</p> <p>01/08/2002 al 31/07/2007. Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Cédula Profesional: 5766661. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. México.</p> <p>04/08/1997 al 10/07/2000. Técnico en Computación. Cédula Profesional: 4370379. Centro de Estudios Tecnológicos industrial y de servicios No. 114. Jerez, Zacatecas. México.</p>
Habilidades y competencias personales Otros idiomas Habilidades sociales Habilidades y competencias técnicas e informáticas	<p>Inglés. Certificado TOEFL ITP® Nivel B1.</p> <p>Facilidad para trabajar en equipo y en ambientes multiculturales.</p> <p><i>Redes neuronales artificiales, redes de sensores inalámbricos. Programación de microcontroladores de 16 y 32 bits en familias MSP430 de ultra bajo consumo de Texas Instruments y arquitecturas ARM Cortex™-M3 y Cortex™-M4. Programación de procesadores digitales de señales (DSPs) en familias C5000 de bajo consumo y C6000 singlecore.</i></p>
Artículos de investigación científica	<p>T. Ibarra-Pérez, R. Jaramillo-Martínez, H.C. Correa-Aguado, C. Ndjatchi, M.d.R. Martínez-Blanco, H.A. Guerrero-Osuna, F.D. Mirelez-Delgado, J.I. Casas-Flores, R. Reveles-Martínez, and U.A. Hernández-González, "A Performance Comparison of CNN Models for Bean Phenology Classification Using Transfer Learning Techniques," <i>AgriEngineering</i> vol. 6, no. 1, p. 841-857, Mar 2024, doi: 10.3390/agriengineering6010048.</p> <p>M. A. Torres-Hernández, M. H. Escobedo-Barajas, H. A. Guerrero-Osuna, T. Ibarra-Pérez, L. O. Solís-Sánchez, and M. del R. Martínez-Blanco, "Performance Analysis of Embedded Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks on Smart Cyber-Physical Systems for IoT Environments," <i>Sensors</i>, vol. 23, no. 15, p. 6935, Aug. 2023, doi: 10.3390/s23156935.</p> <p>H. A. Guerrero-Osuna, J. A. Nava-Pintor, C. A. Olvera-Olvera, T. Ibarra-Pérez, R. Carrasco-Navarro and L. F. Luque-Vega, "Educational Mechatronics Training System Based on Computer Vision for Mobile Robots," <i>Sustainability</i>, vol. 15, no. 2, Jan. 2023, 1386, doi: 10.3390/su15021386.</p> <p>H. C. Correa-Aguado, J. C. Álvarez-Salazar, L. M. González-Rodríguez, and T. Ibarra-Pérez, "Photocatalytic Biodiesel Production with TiO₂," <i>Biotechnología y Sustentabilidad</i>, vol. 8, no. 1, p. 42-51, Dec. 2023, doi: 10.57737/biotechnologiaysust.v8i1.2324</p> <p>G. V. Cerrillo-Rojas, T. Ibarra-Pérez, and H. C. Correa-Aguado, "Infrared irradiation: a novel method to assist photosynthetic pigment extraction in microalgae," <i>Biotechnología y Sustentabilidad</i>, vol. 7, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.57737/biotechnologiaysust.v7i1.1646</p> <p>J. C. Álvarez-Salazar, G. V. Cerrillo-Rojas, T. Ibarra-Pérez, and H. C. Correa-Aguado, "Yodo Molecular: Un Eficiente Catalizador en la Síntesis de Biodiesel," <i>Academia Journals</i>, vol. 15, no. 3, p. 7.6-7.11, Apr. 2023.</p> <p>T. Ibarra-Pérez, J. M. Ortiz-Rodríguez, F. Olivera-Domingo, H. A. Guerrero-Osuna, H. Gamboa-Rosales, and M. del R. Martínez-Blanco, "A Novel Inverse Kinematic Solution of a Six-DOF Robot Using Neural Networks Based on the Taguchi Optimization Technique," <i>Applied Sciences</i>, vol. 12, no. 19, p. 9512, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12199512.</p> <p>T. Ibarra-Pérez, M. Del Rosario Martínez-Blanco, F. Olivera-Domingo, J. M. Ortiz-Rodríguez, and J. Gomez-Escribano, "A novel optimization robust design of artificial neural networks to solve the inverse kinematics of a manipulator of 6 DOF," in <i>2021 22nd IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)</i>, Mar. 2021, vol. 1, pp. 838–843. doi: 10.1109/ICIT46573.2021.9453701.</p> <p>Ma. del R. Martínez-Blanco, T. Ibarra-Pérez, F. Olivera-Domingo, and J. M. Ortiz-Rodríguez, "Optimization of Training Data Set Based on Linear Systematic Sampling to Solve the Inverse Kinematics of 6 DOF Robotic Arm with Artificial Neural Networks," in <i>Frontiers</i></p>

of Data and Knowledge Management for Convergence of ICT, Healthcare, and Telecommunication Services, S. Paul, S. Paiva, and B. Fu, Eds. Cham: *Springer International Publishing*, 2022, pp. 85–112. doi: 10.1007/978-3-030-77558-2_5.

Ma. del R. Martínez, T. Ibarra-Pérez, F. Olivera-Domingo, and J. M. Ortiz-Rodríguez, “Robust Design of Artificial Neural Network Methodology to Solve the Inverse Kinematics of a Manipulator of 6 DOF,” in *Artificial Intelligence (AI): Recent Trends and Applications*, S. K. Suguna, M. Dhivya, and S. Paiva, Eds. *CRC Press*, 2021, pp. 171–210. doi: 10.1201/9781003005629.

T. Ibarra-Pérez, J. M. Ortiz-Rodríguez, M. del R. Martínez-Blanco, and F. Olivera-Domingo, “Rendimiento en redes neuronales de propagación inversa mediante la aplicación de algoritmos de reducción de datos en la solución de la cinemática inversa de un manipulador robótico de 6-GDL,” in *2019 International Symposium on Solid State Dosimetry*, Oct. 2019, vol. 3, pp. 127–147.

T. Ibarra, F. Olivera, y A. Prado, “Diseño de juegos inteligentes para el desarrollo de habilidades psicomotrices en niños con síndrome de Down”, presentado en el *II Seminario Permanente de Investigación Científica de la Universidad de Guadalajara*, Guadalajara, México, 2014.

T. Ibarra, F. Olivera, y A. Prado, “Objetos inteligentes en ejercicios de motricidad fina aplicados a pacientes con daño cerebral adquirido (DCA)”, presentado en el *Congreso Internacional de Software Libre*, Zacatecas, México, 2014.

T. Ibarra, y F. Olivera, “Internet de las cosas: una apuesta al futuro,” *eeek’ Revista de divulgación científica del COZCYT*, vol.3, no. 5, pp. 11-12, Nov. 2014. ISSN: 2007-4565.

T. Ibarra, “El poder de nuestras neuronas,” *eeek’ Revista de divulgación científica del COZCYT*, vol. 4, pp. 11-12, Jun 2012. ISSN: 2007-4565.

Artículos de divulgación científica

Premios y distinciones

Distinción de Candidato a Investigador Nacional SNII-CONAHCYT en el área VIII: Ingenierías y Desarrollo Tecnológico para el periodo comprendido del 1 de enero de 2023 al 31 de diciembre de 2026.

Miembro del Sistema Estatal de Investigadores en Gobierno del Estado de Zacatecas durante el periodo 2023-2027.

Reconocimiento en el programa de Estímulos al Desempeño de los Investigadores Nivel 6 en el Instituto Politécnico Nacional para el periodo comprendido del 1 de abril de 2023 al 31 de marzo de 2025.

Mención Honorífica en la defensa de Tesis para obtener el grado de Doctor en Ingeniería y Tecnología Aplicada en la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Abril 2022.

Primer lugar nacional en el "V Concurso Nacional la Ciencia para Todos", organizado por el Fondo de Cultura Económica (FCE), el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) y la Secretaría de Educación Pública (SEP). Septiembre de 1998.

Primer lugar en etapa estatal en el "II Concurso Nacional de Especialidades" dentro del marco del “V Festival Académico de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial” (DGETI). Mayo 1999.

Segundo lugar en el concurso del reto Intel® Galileo en evento nacional Campus Party. Zapopan, Jal. México. 2014.

Conferencias, ponencias y talleres impartidos en congresos nacionales e internacionales

Ponencia “Metodología para el diseño de sistemas automatizados”. I Congreso de Calidad Educativa de la DGETI. Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, 2000. **Zacatecas, Zac. México.**

Conferencia “Texas Instruments. Programación y Aplicaciones en la Ingeniería Civil”. 4ª Semana de la Ingeniería Civil. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, 2006. **Guadalajara, Jal. México.**

Taller “Introducción al Manejo de las Graficadoras Texas Instruments”. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, 2006. **Guadalajara, Jal. México.**

Ponencia “Control de platinas mediante LabVIEW”. III Jornada de motivación a la investigación. Universidad de Guadalajara, 2006. **Guadalajara, Jal. México.**

Conferencia Magistral “Uso de tecnologías aplicadas en el aula”. Aniversario de la Universidad del Valle de Atemajac Campus León UNIVA, 2007. **León, Gto. México.**

Ponencia “Calculadoras Graficadoras y sus Aplicaciones en la Ingeniería”. 1ra. Sesión de Talleres para Ingenierías. ITESM Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara, 2007. **Guadalajara, Jal. México.**

Conferencia “Manejo de Calculadoras de Texas Instruments”. Universidad Marista de San Luis Potosí, 2007. **San Luis Potosí, S. L. P. México.**

Conferencia “Texas Instruments, como una herramienta útil de trabajo”. 4º Congreso Internacional de Ingeniería Química y Alimentos. XXIII Reunión Nacional Estudiantil. Universidad de las Américas Puebla, 2007. **Puebla, Pue. México.**

Ponencia “Texas Instruments en la Ingeniería”. XV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Veracruzana zona Xalapa, 2007. **Xalapa-Enríquez, Ver. México.**

Taller “Uso de Calculadora Voyage™200”. Rama Estudiantil IEEE Morelia. Instituto Tecnológico de Morelia, 2007. **Morelia, Mich. México.**

Ponente “Tecnología Educativa en la Enseñanza de las Matemáticas y Ciencias”. II Seminario de Matemática Educativa Aplicada. Universidad Autónoma de Nayarit, 2007. **Tepic, Nay. México.**

Conferencia “Aplicaciones de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con la Voyage™200 Módulos básico, MEPRO, EEPRO y Logix”. Rama Estudiantil IEEE Veracruz. Instituto Tecnológico de Veracruz, 2007. **Veracruz, Ver. México.**

Conferencia “Texas Instruments en la Ingeniería Electrónica”. Aniversario de la carrera de Ingeniería Electrónica. Universidad Iberoamericana, 2007. **México D.F.**

Taller “Texas Instruments en la Ingeniería Química”. XXIV Reunión Nacional Estudiantil. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2008. **Monterrey, N. L. México.**

Ponencia “Modelos de Enseñanza Colaborativa en el Aprendizaje de las Matemáticas con TI-Navigator™”. XXI Congreso Nacional de Enseñanza de las Matemáticas. ANPM A.C., 2008. **Zacatecas, Zac. México.**

Taller “Manejo básico de Calculadoras Voyage™200”. Universidad Politécnica de Aguascalientes, 2008. **Aguascalientes, Ags. México.**

Taller “La Calculadora Voyage™200”. Universidad del Golfo de México Campus Orizaba, 2008. **Orizaba, Ver. México.**

Ponencia “Aplicación de Calculadoras en la Ingeniería”. XVI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Veracruzana zona Xalapa, 2008. **Xalapa-Enríquez, Ver. México.**

Ponencia “La enseñanza de la física con apoyo de tecnología”. XI Simposio Internacional de Física. ITESM Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey, 2009. **Monterrey, N. L. México.**

Ponencia “Aprendizaje Cooperativo con TI-Navigator™”. XXIII Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa. Universidad Autónoma de Santo Domingo, 2009. **Santo Domingo, República Dominicana.**

Taller “La enseñanza de las matemáticas asistida con tecnología”. Primer Congreso Estatal de Investigación Educativa en Matemáticas. Secretaría de Educación del Estado de Yucatán, 2009. **Mérida, Yuc. México.**

Conferencia “Uso de Calculadoras Voyage™200”. 2º Congreso Internacional de Industria y Tecnología. ITESM Tecnológico de Monterrey Campus Hidalgo, 2009. **Pachuca, Hgo. México.**

Taller “Manejo y programación de aplicaciones para ingeniería con la calculadora Voyage™200 de Texas Instruments”. Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, 2011. **Colotlán, Jal. México.**

Conferencia “Sistemas inteligentes basados en dispositivos móviles con Android y microcontroladores MSP430 de Texas Instruments”. Feria de la Tecnología. Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, 2012. **Colotlán, Jal. México.**

Conferencia “Programación de Dispositivos Móviles”. Expo UPIIZ. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional, 2012. **Zacatecas, Zac. México.**

Conferencia “Sistemas Embebidos”. Feria de la Tecnología. Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, 2013. **Colotlán, Jal. México.**

Ponencia “Inteligencia Artificial Aplicada a la Robótica”. XX Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. Centro de Bachillerato Tecnológico industrial y de servicios No. 23, 2013. **Zacatecas, Zac. México.**

Ponencia “Redes de Sensores Inalámbricos”. 1er. Jornada y Panel de Conocimientos. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional, 2013. **Zacatecas, Zac. México.**

Conferencia “Sistemas Embebidos”. 4º Aniversario de la UPIIZ. Expo UPIIZ. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas del Instituto Politécnico Nacional, 2013. **Zacatecas, Zac. México.**

Ponencia “Diseño de juegos inteligentes para el desarrollo de habilidades psicomotrices en niños con síndrome de Down”. II Seminario Permanente de Investigación. Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, 2014. **Colotlán, Jal. México.**

Ponencia “Objetos inteligentes en ejercicios de motricidad fina aplicados a pacientes con daño cerebral adquirido (DCA)”. 3er. Congreso Internacional de Software Libre, 2014. **Zacatecas, Zac. México.**

Conferencia “Internet de las cosas”. Feria de la Tecnología. Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, 2017. **Colotlán, Jal. México.**

Conferencia “Predicción de fallas en líneas de producción industrial con inteligencia artificial”. Ciclo de conferencias. Tecnológico Nacional de México Campus Jerez, 2018. **Jerez, Zac. México.**

Ponencia “Impresión 3D, ensamble e instrumentación de un manipulador robótico de seis grados de libertad llamado UpiizLIDTIA-IPN”. 20º Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2019. **Aguascalientes, Ags. México.**

Ponencia “A novel optimization robust design of artificial neural networks to solve the inverse kinematics of a manipulator of 6 DOF”. 22nd IEEE International Conference on Industrial Technology. Universidad Politécnica de Valencia, 2021. **Valencia, España.**