

1. Datos Generales de la asignatura**Nombre de la asignatura:** Inteligencia Artificial en Sistemas Embebidos**Clave de la asignatura:** SSI-2503**SATCA¹:** 3 – 2 – 5**Carrera:** Ingeniería Mecatrónica.**2. Presentación****Caracterización de la asignatura**

En un mundo donde los dispositivos conectados y la automatización inteligente impulsan la innovación tecnológica, la integración de Inteligencia Artificial (IA) en Sistemas Embebidos se convierte en una competencia clave para la ingeniería moderna. Esta asignatura está orientada al desarrollo de habilidades para diseñar, optimizar e implementar algoritmos de IA en hardware de recursos limitados, como microcontroladores, SoCs (System-on-Chip) y plataformas de bajo consumo.

A través de un enfoque práctico, el estudiante aprenderá a desplegar modelos de Machine Learning y redes neuronales optimizadas para entornos embebidos, considerando las restricciones de memoria, procesamiento y energía características de estos sistemas. Además, se explorarán técnicas de optimización para procesamiento en tiempo real, permitiendo aplicaciones en robótica, visión artificial, mantenimiento predictivo y sistemas de control automatizado.

La asignatura aborda desde los principios fundamentales de la IA y el Machine Learning, hasta su integración en hardware mediante herramientas como TensorFlow Lite, Edge Impulse y técnicas de TinyML, asegurando un entendimiento completo del ciclo de vida de un modelo inteligente en un dispositivo físico. Así, los estudiantes estarán capacitados para desarrollar soluciones innovadoras y eficientes en el campo de la Mecatrónica y el Internet de las Cosas (IoT).

Los temas clave incluyen:

Definición y conceptos clave de IA en sistemas embebidos.

Herramientas y entornos de desarrollo.

Técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado.

Entrenamiento y optimización para dispositivos de baja potencia.

Aplicación de Redes neuronales convolucionales (CNN) y recurrentes (RNN) en sistemas embebidos.

El objetivo es formar profesionales capacitados para enfrentar que puedan integrar la Inteligencia Artificial en sistemas embebidos con un enfoque práctico y orientado a la industria. Implementar soluciones inteligentes en hardware de recursos limitados, aplicando técnicas de Machine Learning, redes neuronales y procesamiento en tiempo real en aplicaciones industriales, robóticas y de IoT

Intención didáctica

La asignatura Inteligencia Artificial en Sistemas Embebidos tiene como propósito que el estudiante desarrolle competencias en el diseño, implementación y optimización de algoritmos de Machine Learning y redes neuronales dentro de entornos de sistemas embebidos. Se enfoca en la comprensión de técnicas de aprendizaje automático adaptadas a dispositivos con limitaciones de recursos, como microcontroladores, FPGAs y SoCs (System on Chip), abordando desde la selección de modelos y la cuantización, hasta la integración en sistemas de tiempo real.

El primer tema tiene como objetivo que el estudiante comprenda los fundamentos del aprendizaje automático y las arquitecturas básicas de redes neuronales. Se abordarán técnicas de preprocesamiento de datos, entrenamiento supervisado y no supervisado, así como los conceptos de overfitting, regularización y evaluación de modelos. Se realizaron simulaciones en software especializado (TensorFlow Lite, Edge Impulse) y prácticas en entornos de desarrollo embebido.

El segundo tema se centra en el diseño y optimización de modelos para sistemas embebidos. El estudiante aprenderá a realizar técnicas de cuantización, poda de redes neuronales y optimización de memoria para despliegue en microcontroladores y FPGAs, garantizando eficiencia en términos de espacio y energía.

En el tercer tema, se aborda la implementación física en hardware embebido. Se explorará el uso de plataformas como Raspberry Pi, Arduino, ESP32, y FPGAs para integrar modelos de IA en aplicaciones de control, visión por computadora, y sistemas autónomos. Además, se desarrollarán prácticas de comunicación con sensores y actuadores en entornos industriales y de IoT.

El cuarto tema se enfoca en la evaluación y optimización de los sistemas implementados, incluyendo técnicas para validación en tiempo real, pruebas de estrés, y ajustes de hiper parámetros para mejorar la precisión y la eficiencia energética en entornos embebidos.

Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones

Instituto Tecnológico de Tepic. Tepic, Nayarit. Marzo a Mayo del 2025.	Miembros de la Academia de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tepic.	Jornada 2025 de Diseño Curricular para elaboración del Módulo de Especialidad por Competencias de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.
---	---	---

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseñar e implementar algoritmos de Inteligencia Artificial optimizados para sistemas embebidos, integrando técnicas de Machine Learning, redes neuronales y procesamiento en tiempo real para resolver problemas de automatización, control y robótica

5. Competencias previas

El alumno debe: - Matemáticas aplicadas: álgebra lineal, cálculo y probabilidad. - Conocimientos de programación en C/C++ y Python. - Fundamentos de electrónica digital y microcontroladores.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de Redes Neuronales y Aprendizaje Automático.	1.1 Introducción a Redes Neuronales Artificiales (ANN). 1.2 Aprendizaje Supervisado y No Supervisado. 1.3 Preprocesamiento y Optimización. 1.4 Evaluación de Modelos. 1.5 Redes Convolucionales (CNN).
2	Diseño y Optimización de Modelos para Sistemas Embebidos	2.1 Cuantización y reducción de modelos. 2.2 Conversión de modelos entrenados a formatos optimizados. 2.3 Optimización de memoria y consumo energético en microcontroladores. 2.4 Optimización de modelos para inferencia en tiempo real.

		2.5 Simulación y verificación de circuitos digitales en herramientas de simulación.
3	Implementación en Hardware Embebido	3.1 Preprocesamiento de Datos. 3.2 Integración de modelos en plataformas embebidas. 3.3 Aplicaciones en visión por computadora, control autónomo y detección de patrones. 3.4 Comunicación con sensores y actuadores: UART, SPI, I2C, 1-Wire, Modbus, CANBUS. 3.4 Casos prácticos: detección de objetos, clasificación de señales y control predictivo
4	Evaluación de Sistemas Embebidos con IA	4.1 Validación en tiempo real de modelos embebidos. 4.2 Técnicas de benchmarking y análisis de rendimiento. 4.3 Estrategias para optimización energética en sistemas embebidos.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema:

1.- Fundamentos de Redes Neuronales y Aprendizaje Automático.

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Comprender los conceptos fundamentales del aprendizaje automático y redes neuronales. - Identificar los distintos tipos de aprendizaje (supervisado, no supervisado, por refuerzo) y sus aplicaciones en sistemas embebidos. - Implementar y evaluar modelos simples en software especializado. Genérica(s): - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. - Habilidades para aplicar conocimientos en la práctica. - Capacidad de resolución de problemas complejos en entornos	- Investigar sobre los tipos de aprendizaje automático y su aplicación en dispositivos embebidos. - Implementar un perceptrón simple en y simular su funcionamiento. - Realizar un preprocesamiento de datos utilizando técnicas de normalización y estandarización. - Entrenar y evaluar un modelo de clasificación básico, interpretando métricas como precisión, recall y matriz de confusión. - Desarrollar un testbench para un modelo de reconocimiento de patrones simples.

tecnológicos. - Habilidad para trabajar de forma autónoma y en equipo. - Manejo de tecnologías de la información para simulación y diseño.	
--	--

Nombre de tema 2.- Diseño y Optimización de Modelos para Sistemas Embebidos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Optimizar modelos de aprendizaje automático para su implementación en sistemas embebidos. - Realizar técnicas de cuantización y poda para reducir el tamaño y consumo de los modelos. - Convertir modelos a formatos compatibles con microcontroladores Genérica(s): - Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas de optimización en entornos restringidos. - Gestión eficiente de recursos de hardware y memoria. - Habilidades en el uso de software de simulación y desarrollo embebido. - Capacidad para trabajar de forma colaborativa en la optimización de algoritmos.	- Investigar sobre técnicas de cuantización y su impacto en el rendimiento de modelos. - Optimizar un modelo de clasificación en TensorFlow para un microcontrolador ESP32. - Implementar poda de una red neuronal convolucional (CNN) y evaluar el impacto en el tamaño del modelo. - Convertir un modelo entrenado en plataformas de entrenamiento y probarlo en un microcontrolador. - Realizar simulaciones de inferencia optimizada.

Nombre del tema 3.- Implementación en Hardware Embebido	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Integrar modelos de IA en plataformas embebidas como Raspberry Pi, Arduino, ESP32 y FPGAs. • Comunicar modelos de IA con sensores y actuadores en entornos físicos. • Optimizar el rendimiento y consumo de energía en aplicaciones de visión por computadora y control.. Genéricas: • Capacidad para desarrollar aplicaciones prácticas en hardware real. • Habilidad para interconectar dispositivos y gestionar datos en tiempo real. • Capacidad de comunicación oral y escrita para documentar proyectos. • Habilidad para trabajar en entornos multidisciplinarios.	• Diseñar etapas de filtrado de ruido, Normalización y escalado • Comprobar el Muestreo y re-muestreo para la transformación de datos. • Implementar un modelo de reconocimiento facial en un ESP32, integrando comunicación con sensores. • Diseñar un controlador predictivo para un actuador en FPGA basado en redes neuronales. • Realizar pruebas de rendimiento en un modelo optimizado para control de motores en Arduino.

Nombre del tema

4.- Evaluación y Optimización de Sistemas Embebidos con IA

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Evaluar el rendimiento y optimización de sistemas embebidos que ejecutan modelos de IA. • Aplicar técnicas de benchmarking, validación y pruebas de estrés para garantizar el desempeño en tiempo real. • Ajustar hiperparámetros y optimizar el consumo energético en aplicaciones críticas. Genéricas: • Capacidad de análisis crítico para identificar puntos de mejora en aplicaciones embebidas. • Habilidad para tomar decisiones técnicas fundamentadas en métricas de rendimiento. • Capacidad para gestionar proyectos de optimización en entornos industriales. • Habilidad para adaptarse a nuevas tecnologías y entornos cambiantes.	• Realizar un benchmarking de un modelo de detección de objetos en diferentes microcontroladores. • Implementar técnicas de validación en tiempo real para garantizar la estabilidad del sistema. • Aplicar pruebas de estrés en un sistema embebido para evaluar el comportamiento ante condiciones extremas. • Documentar el proceso de ajuste de hiperparámetros y optimización de energía en una práctica final.

8. Práctica(s)

- Clasificación de Imágenes en Raspberry Pi usando TensorFlow Lite.
- Implementación de un Detector de Gestos en ESP32.
- Cuantización y Optimización de Modelos para Microcontroladores.
- Control Predictivo de Motores en Arduino.
- Visión por Computadora en FPGA para Reconocimiento de Objetos.o.

9. Proyectos de asignatura

1. Sistema de Monitoreo Inteligente para Agricultura con Visión Artificial
2. Reconocimiento Facial en Tiempo Real para Control de Acceso
3. Optimización Energética en IoT mediante Redes Neuronales

Exponer formalmente en plenaria el proyecto final a través de una comunicación efectiva con al menos la persona, empresa o comunidad social beneficiada y comunidad estudiantil.

Para el desarrollo del proyecto se consideran las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitaria, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesional, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje. La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje:

- **Reportes de las investigaciones solicitadas.**
- **Examen para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.**
- **Reportes de prácticas**
- **Trabajo en equipo.**
- **Proyecto de asignatura.**

11. Fuentes de información

1. Géron, A. (2022). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. " O'Reilly Media, Inc."
2. Pasricha, S., & Shafique, M. (Eds.). (2023). Embedded Machine Learning for Cyber-Physical, IoT, and Edge Computing. Springer.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). Deep learning (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT Press.
4. Rios, J. D., Alanis, A. Y., Arana-Daniel, N., & Lopez-Franco, C. (2020). Neural networks modeling and control: Applications for unknown nonlinear delayed systems in discrete time.
5. Azuela, J. H. S., & Cortés, F. R. (2021). Inteligencia artificial aplicada a robótica y automatización. Marcombo.