



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento: Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

**Programa de acreditación:
CyTMA2**

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto: C2-ING-110

Título del proyecto:

Computación de borde en dispositivos IOT aplicando Machine learning empleando librerías de código abierto

PI Dependencia Compartida:
Elija un elemento.

PI Interdepartamental:
Elija un elemento.

Informe Final

Director: Carlos Alberto Binker

Director externo:

Codirector: Hugo Raúl Tantignone

Fecha de inicio: 01/01/2023

Fecha de finalización: 31/12/2024

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, éste es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)

Dimensiones mínimas:

- *Problema de investigación:*
- *Metodología:*
- *Grado de ejecución de los objetivos planteados:*
- *Resultados:*



Problema de investigación:

El crecimiento exponencial de dispositivos IoT ha generado la necesidad de llevar a cabo preferentemente el procesamiento de datos en el borde de la red para reducir la latencia, optimizar el ancho de banda y mejorar la seguridad. Sin embargo, la implementación de modelos de Machine Learning (ML) en dichos dispositivos de borde presenta desafíos significativos, debido a restricciones de hardware y consumo energético. En este contexto, el presente proyecto abordó la integración del Machine Learning en dispositivos IoT mediante el uso de librerías de código abierto, con el objetivo de evaluar su viabilidad y desempeño en entornos de cómputo de borde.

Metodología:

El desarrollo del proyecto siguió una metodología que la podemos resumir en cuatro fases, desde que comenzó el proyecto:

1. **Revisión del estado del arte:** se realizó un análisis exhaustivo de tecnologías de ML aplicadas a IoT y sus principales desafíos en el cómputo de borde.
2. **Selección de herramientas:** se optó por librerías de código abierto ampliamente utilizadas, tales como TensorFlow, Pandas, Numpy, matplotlib, sklearn, etc., priorizando aquellas con soporte para dispositivos de bajo consumo energético.
3. **Implementación y evaluación:** se llevaron a cabo pruebas con modelos de clasificación y predicción en simulaciones, dado que las restricciones presupuestarias limitaron la implementación en hardware específico. A tal efecto todos los ensayos se han hecho en computadoras con buena potencia de procesamiento, y al menos 64 GB de memoria RAM. A fin de mejorar la performance para la obtención del modelo predictivo en vez de utilizar la plataforma de Google Colab se trabajó en local utilizando Jupyter notebooks bajo vscode.
4. **Divulgación científica:** Los hallazgos fueron documentados en dos artículos científicos presentados en el congreso nacional CONAIISI 2024, desarrollado los días 7 y 8 de noviembre de 2024 en la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, congreso de modalidad híbrida.

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “**Antecedentes y Producciones y Servicios**”. Ver:  www.youtube.com/@cytunlam 



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Grado de ejecución de los objetivos planteados:

El proyecto alcanzó un alto grado de ejecución en cuanto al desarrollo teórico y experimental de modelos de ML en el contexto de cómputo de borde. No obstante, debido a limitaciones presupuestarias, no fue posible la implementación directa en dispositivos IoT físicos, lo que impidió evaluar completamente el rendimiento en hardware real. A pesar de ello, el núcleo del estudio, centrado en la aplicación de ML en entornos IoT con herramientas de código abierto, fue desarrollado con rigor y profundidad.

Resultados:

El proyecto generó aportes significativos en el área de Machine Learning aplicado a IoT, destacándose los siguientes resultados:

- Desarrollo de modelos de ML optimizados para cómputo de borde, evaluados en entornos simulados, tal como se explicó en el punto 3.
- Identificación de las principales limitaciones y ventajas del uso de librerías de código abierto en dispositivos con recursos restringidos.
- Publicación de 2 (dos) artículos científicos en un congreso nacional especializado, contribuyendo al conocimiento en la interacción entre IoT, ML y cómputo de borde (cloud computing).
- En conjunto con ambas publicaciones se han desarrollado dos repositorios en GitHub, en donde puede apreciarse todo el trabajo realizado de manera pormenorizada. Los links correspondientes a dichas publicaciones son:

Paper titulado: *“Detección de fallas en sensores IoT mediante Machine Learning”*

<https://github.com/LautaroLasorsa/CONAISI-2024/tree/master>

Paper titulado: *“Estudio de tolerancia a errores en sensores empleados para detección de ocupación de habitantes de un recinto empleando técnicas de aprendizaje automático”*

<https://github.com/carlucho1/CONAISI-2024-2/tree/main>

A pesar de las dificultades presupuestarias, el proyecto cumplió con su propósito de explorar el potencial del Machine Learning en dispositivos IoT utilizando tecnologías de código abierto, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en entornos reales.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

B. Informar *cada* producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.). Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	<i>Detección de fallas en sensores IoT mediante Machine Learning</i>
Autor/es	<i>Carlos Binker, Hugo Tantignone, Lautaro Lasorsa, Guillermo Buranits, Eliseo Zurdo, Maximiliano Frattini</i>
Editorial	
Fecha	8/11/2024
Situación	En prensa
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	<i>Estudio de tolerancia a errores en sensores empleados para detección de ocupación de habitantes de un recinto empleando técnicas de aprendizaje automático</i>
Autor/es	<i>Carlos Binker, Hugo Tantignone, Lautaro Lasorsa, Guillermo Buranits, Eliseo Zurdo, Maximiliano Frattini</i>
Editorial	
Fecha	7/11/2024
Situación	En prensa
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

A continuación se brindan las constancias respectivas de los autores y de los expositores de ambos papers:

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

CONAISI
XII Congreso Nacional 2024

Por el presente se certifica que:

Carlos Alberto Binker, Hugo Tantignone, Lautaro Lasorsa, Guillermo Buranits, Eliseo Alfredo Zurdo, Maximiliano Frattini

han participado en calidad de **autores** del trabajo:

Detección de fallas en sensores IoT mediante Machine Learning

presentado en la Categoría “*Docentes-Investigadores*” en el **XII Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información (CoNaiisi 2024)**, realizado en modalidad híbrida, los días 7 y 8 de noviembre de 2024 en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

San Fernando del Valle de Catamarca, 14 de noviembre de 2024.


Dra. Patricia Zachman
Coordinadora 2024
RIISIC


Ing. Agrim. CARLOS H. SAVIO
D.É. C.A.N.º
Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas
Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de Tecnología  Preguntas al Asistente de IA   

CONAISI
XII Congreso Nacional 2024

Por el presente se certifica que:

Carlos Alberto Binker, Hugo Tantignone, Lautaro Lasorsa, Guillermo Buranits, Eliseo Alfredo Zurdo, Maximiliano Frattini

han participado en calidad de **autores** del trabajo:

Estudio de tolerancia a errores en sensores empleados para detección de ocupación de habitantes de un recinto empleando técnicas de aprendizaje automático

presentado en la Categoría “*Docentes-Investigadores*” en el **XII Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información (CoNaiisi 2024)**, realizado en modalidad híbrida, los días 7 y 8 de noviembre de 2024 en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

San Fernando del Valle de Catamarca, 14 de noviembre de 2024.


Dra. Patricia Zachman
Coordinadora 2024
RIISIC


Ing. Agrim. CARLOS H. SAVIO
D.É. C.A.N.º
Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas
Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de Tecnología  Preguntas al Asistente de IA   



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

CONAISI
XII Congreso Nacional **2024**

CERTIFICADO

Lasorsa Lautaro

ha participado como **Expositor** en el **XII Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información (CoNalISI 2024)**, realizado en modalidad híbrida, los días 7 y 8 de noviembre de 2024 en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

San Fernando del Valle de Catamarca, 14 de noviembre de 2024.

Dra. Patricia Zachman
Coordinadora 2024
RIISIC

Ing. Agrim. **CARLOS H. SAVIO**
D E C A N O
Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas
Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de TecnologíaPregunta al Asistente de IAHaz una pregunta sobre este documento...

CONAISI
XII Congreso Nacional **2024**

CERTIFICADO

Binker Alberto

ha participado como **Expositor** en el **XII Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información (CoNalISI 2024)**, realizado en modalidad híbrida, los días 7 y 8 de noviembre de 2024 en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

San Fernando del Valle de Catamarca, 14 de noviembre de 2024.

Dra. Patricia Zachman
Coordinadora 2024
RIISIC

Ing. Agrim. **CARLOS H. SAVIO**
D E C A N O
Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas
Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - Universidad Nacional de Catamarca - Catamarca, Argentina



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

C. Vinculación⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

E. Cuerpo de anexos:

- Anexo I:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (de corresponder)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (de corresponder)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación.
 - FPI-038: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto. (de corresponder)
 - Paper 1 *“Detección de fallas en sensores IoT mediante Machine Learning”*
 - Paper 2 *“Estudio de tolerancia a errores en sensores empleados para detección de ocupación de habitantes de un recinto empleando técnicas de aprendizaje automático”*
- Anexo II:
 - FPI 017⁵ Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto.
 - Disposición del Decano y nota de elevación del Director del Proyecto justificando “alta y/o” baja de cada integrante del equipo de investigación.

Carlos Alberto Binker
Firma y aclaración Director Proyecto

Fecha: 5/2/2025

4 Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socio productivo.

5 Solo ante la presentación del Informe Final.