

MLEvol Project: Hacia la Evolución Continua y Eficiente de Sistemas de ML- Un enfoque dirigido por el Ecosistema

Claudia Ayala, Silverio Martínez-Fernández, Alberto Abelló, Carles Farré, Xavier Franch, Cristina Gómez, Lidia López, Quim Motger, Marc Oriol and Carme Quer

Universitat Politècnica de Catalunya- UPC-BarcelonaTECH, Barcelona, Spain.

{claudia.ayala, silverio.martinez, alberto.abello, carles.farre, xavier.franch, cristina.gomez, lidia.lopez, quim.motger, marc.oriol, carme.quer}@upc.edu

***Abstract.** El Aprendizaje Automático es un pilar clave de la innovación digital y ha dado lugar a un ecosistema dinámico y creciente de activos reutilizables, tales como modelos, datos, algoritmos, y herramientas. Sin embargo, la selección e integración de estos activos en sistemas software basados en aprendizaje automático sigue siendo un reto, especialmente cuando estos sistemas deben evolucionar de forma continua y cumplir requisitos de calidad, confiabilidad y regulación. El objetivo de este proyecto es proponer un marco basado en métodos, prácticas y herramientas de Ingeniería de Software para dar soporte a la evolución continua y eficiente de los sistemas software basados en aprendizaje automático, guiada por el ecosistema actual de activos existentes.*

1. Contexto

El aprendizaje automático (ML, por sus siglas en inglés: Machine Learning) se ha consolidado como un paradigma transformador en el campo de la inteligencia artificial (IA). Los sistemas software basados en aprendizaje automático (MLS, por sus siglas en inglés: Machine Learning-based Systems), representan un impulso constante a la innovación digital en diversos sectores, como la atención sanitaria, la banca, la energía, el comercio minorista, y en general, toda la industria tecnológica [Maslej et al. 2024].

Técnicas como el aprendizaje profundo y los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM) están revolucionando el panorama empresarial moderno. La creciente demanda de soluciones inteligentes con uso intensivo de datos ha dado lugar a un ecosistema emergente de activos de ML, tales como: modelos preentrenados, conjuntos de datos, canales de datos, algoritmos y herramientas, disponibles a través de repositorios cada vez más grandes (por ejemplo, Hugging Face) y marketplaces de ML (por ejemplo, GPT Store de OpenAI). Este creciente ecosistema de activos de ML desempeña un papel crucial en el fomento de la innovación, la democratización y la transformación digital, que potencialmente permite a las organizaciones incorporar activos de ML de vanguardia e integrarlos en sus sistemas software [Martínez-Fernández et al. 2022].

2. Problema

La integración de activos de ML innovadores en los sistemas de software se ha convertido en un desafío crítico para las organizaciones que buscan mantener una ventaja competitiva. A pesar del rápido crecimiento en la disponibilidad de activos de ML (por ejemplo, solo en 2024, el repositorio Hugging Face tuvo un promedio de 2199

nuevos modelos de ML creados por día y registró 6 081 377 descargas diarias), seleccionarlos e integrarlos en MLS sigue siendo un desafío complejo [Zhao et al. 2024]. Las organizaciones no solo deben identificarlos y seleccionarlos, sino también asegurarse de que sus MLS puedan evolucionar de manera continua y eficiente para incorporar estas innovaciones, manteniendo al mismo tiempo la calidad y el cumplimiento de las regulaciones relacionadas con el uso de la IA. La falta de soporte para realizar estas actividades impide que las organizaciones aprovechen al máximo el potencial que ofrece el ML, lo que en última instancia frena la innovación y la obtención de beneficios transformadores para la sociedad.

3. Objetivo del proyecto

El proyecto MLEvol, concedido en 2025 al Grupo de Ingeniería de Software y Servicios (GESSI) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC-BarcelonaTECH) y está financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España, durante un período de 4 años. Su objetivo es desarrollar un marco basado en métodos, prácticas y herramientas de Ingeniería de Software para dar soporte a la evolución continua y efectiva de los MLS. El proyecto concibe el ecosistema de ML como un motor fundamental para la evolución de los MLS y propone un enfoque holístico que permita a las organizaciones actualizar estos sistemas de manera eficiente mediante la monitorización del ecosistema de ML y el soporte a la selección e integración de nuevos activos de ML.

La Figura 1 presenta la visión general del marco propuesto por MLEvol y sus principales componentes, articulados en cinco pasos principales:

1. **Selección de activos de ML:** Un sistema de selección, apoyado en grafos de conocimiento, caracteriza el ecosistema de ML integrando múltiples repositorios y marketplaces. Este sistema pretende dar soporte a la selección de activos de ML de forma guiada o semi-automática, recomendando modelos y activos complementarios según requisitos y compromisos definidos estipulados (por ejemplo, precisión, tamaño del modelo o restricciones de hardware).
2. **Evolución del modelo de ML:** Una vez seleccionado el activo en el paso anterior (por ejemplo, un modelo preentrenado), el marco da soporte a la evolución continua a través de métodos y herramientas que facilitan las actualizaciones en cada etapa del proceso MLOps. Para ello, se estudia y promueve la aplicación de principios de diseño de software en el desarrollo de las pipelines de ML [López et al. 2024], para facilitar la actualización del modelo con el mínimo esfuerzo.
3. **Integración del modelo de ML:** Para integrar el nuevo modelo en el MLS, el marco MLEvol sugiere tácticas de optimización y despliegue orientadas a la calidad y ofrece mecanismos de monitorización mediante KPIs para analizar la idoneidad del nuevo modelo. Si los objetivos no se cumplen, se reinicia el ciclo de selección y evolución.
4. **Gobernanza:** El marco incorpora un componente de gobernanza y cumplimiento que adapta las políticas MLOps de la organización a los nuevos procesos, incluyendo el cumplimiento de regulaciones (por ejemplo, licencias o emisiones de carbono asociadas al entrenamiento de modelos).

5. **Evolución continua del MLS:** Para garantizar la evolución constante de los MLS, el marco MLEvol ofrece alertas automáticas cuando aparecen nuevos activos relevantes en el ecosistema de ML (por ejemplo: nuevos benchmarks o modelos). Estas alertas activan ciclos iterativos de evolución y posible integración.

En conjunto, el proyecto MLEvol aborda el reto de lidiar con la evolución continua de los MLS, permitiendo a las organizaciones adaptarse de forma sistemática y gobernada a un ecosistema de ML en constante cambio.

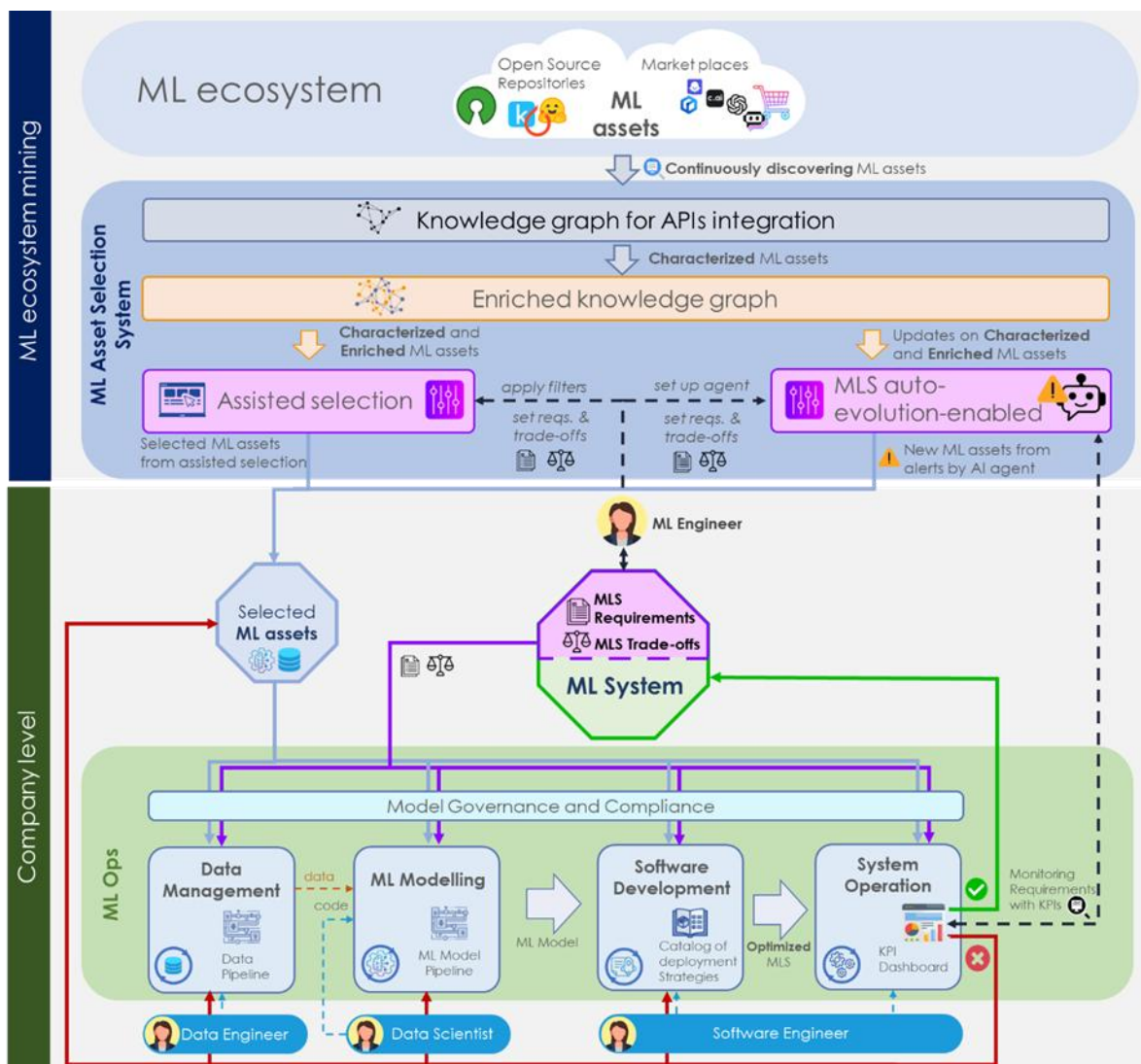


Figura 1. Marco propuesto por el proyecto MLEvol

4. Resultados Actuales

El proyecto se inició en septiembre de 2025. Los detalles completos pueden consultarse en la página web oficial del proyecto [MLEvol Project].

Hasta la fecha, se han obtenido resultados contrastables en los dos primeros pasos del marco propuesto. En particular, versiones preliminares de los componentes para la selección de activos de ML y del componente de soporte al diseño y desarrollo de

pipelines de ML están disponibles en [MLAsset Selection tool] y [Gómez et al. 2025], [MLSToolbox suite] respectivamente.

5. Impacto esperado

Se espera que el conocimiento científico y técnico generado mediante el desarrollo de nuevos métodos, prácticas y herramientas tenga los siguientes impactos clave: i) Facilitar la comprensión y el conocimiento del ecosistema de activos de ML, impulsando su reutilización y democratización como piezas clave para el fomento a la innovación. ii) Mejorar el diseño y el desarrollo de MLS, promoviendo que las pipelines de ML sean mantenibles, fiables y sostenibles, lo cual facilita su evolución e integración de activos de ML de vanguardia. Estas contribuciones representan un avance significativo en el campo emergente de la aplicación de SE para la IA, ya que da soporte a un problema compartido por todos los actores y dominios de ML y repercutirá en facilitar la integración de activos de ML innovadores.

Agradecimientos

Este proyecto recibe la subvención PID2024-156019OB-I00 financiada por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

References

- [Gómez et al. 2025] Gómez, C., López, L., Ayala, C., López, M. (2025). MLSToolbox Code Generator: A tool for generating quality ML pipelines for ML systems. *SoftwareX*, vol. 32, December 2025, 102379. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102379>
- [López et al. 2024] López, L., Gómez, C., & Ayala, C. (2024). Insights on the Use of Software Design Principles in Machine Learning Pipelines. *PROFES* (pp. 139-155). Springer Nature Switzerland.
- [Maslej et al. 2024] Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., et al. (2024). “The AI index 2024 Annual Report”. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University.
- [Martínez-Fernández et al. 2022] Martínez-Fernández, S., Bogner, J., Franch, X., Oriol, M., Siebert, J., Trendowicz, A., & Wagner, S. (2022). Software engineering for AI-based systems: a survey. *TOSEM*, 31(2), 1-59.
- [MLEvol Project] Continuous and Efficient Evolution of ML Systems: an Ecosystem-driven Approach. MLEvol Project. (2025). Página web oficial: <https://mlevol.upc.edu>
- [MLAsset Selection tool] <http://mlassetselection.essi.upc.edu>
- [MLSToolbox suite] <https://mlevol.upc.edu/en/repos-tools/mlstoolbox>
- [Zhao et al. 2024] Zhao, Y., Hou, X., Wang, S., & Wang, H. (2024). LLM app store analysis: A vision and roadmap. *ACM TOSEM*.