

Gemelos Digitales: Aplicación en la Industria de Procesos, en la Gestión Sanitaria y en el área Agrícola.

Federico Walas Mateo^{1,6}; Dolores Rexachs², Mercè Planas³, Eva Bruballa³, Francisco Epelde⁶, Álvaro Wong², Emilio Luque², Joel Acosta⁶, Sonia Fretes⁶, Ayelén Elisabet Cayuqueo⁶, Gustavo Guitera⁵, Claudia Russo⁷, Leonardo Esnaola⁷, Hugo Ramón⁷, Adrián Jaszczyszyn⁷, Laura De Giusti¹, Marcelo Naiouf¹, Santiago Medina¹, Armando De Giusti¹

fedewalas@gmail.com, dolores.rexachs@uab.es, merce.planas@eug.es, eva.bruballa@eug.es, fepelde@gmail.com, alvaro.wong@caos.uab.es, emilio.luque@uab.es, joelacosta92@gmail.com, sonia.fretes7@gmail.com, aye.cayuqueo@gmail.com, gustavo.guitera@siemens.com, claudia.russo@itt.unnoba.edu.ar, leonardo.esnaola@itt.unnoba.edu.ar, hugo.ramon@itt.unnoba.edu.ar, adrian.jaszczyszyn@itt.unnoba.edu.ar, ldgiusti@lidi.info.unlp.edu.ar, mnaiouf@lidi.info.unlp.edu.ar, smedina@lidi.info.unlp.edu.ar, adeggiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI), Facultad de Informática, UNLP

²Universidad Autónoma de Barcelona

³Escoles Universitaries Gimbernat (EUG), Computer Science School, Universitat Autònoma de Barcelona

⁴Hospital Universitari Parc Tauli, Universitat Autònoma de Barcelona

⁵SIEMENS Argentina

⁶Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ)

⁷Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA)

Resumen

El proyecto que genera en la coordinación de temas de I+D+I entre la UAB (España), y grupos de investigación de la UNAJ, UNLP y UNNOBA de Argentina así como la filial de la empresa Siemens en Argentina.

El foco de esta línea de investigación y desarrollo está en la utilización de nuevas tecnologías, en particular el desarrollo de Gemelos Digitales aplicables en la Industria, el sector agrícola, y en temas de Gestión Sanitaria.

Interesa especialmente el modelado y la incorporación de “inteligencia” en los diferentes ámbitos, a fin de tener predicciones de comportamiento que permitan optimizar decisiones. En todos los casos se trata de sistemas distribuidos con diferentes generadores de datos (sensores / imágenes) que deben procesarse en tiempo real y tienen diferentes tiempos de respuesta según el ámbito de aplicación y la etapa del modelo mismo. En el proyecto se combinan una estancia postdoctoral en la Facultad de Informática de la UNLP, un trabajo de Doctorado en la Universidad Autónoma de Barcelona y un Maestría en la UNNOBA, además de la participación de docentes investigadores de las 4 Universidades involucradas.

Asimismo se ha establecido una relación con diferentes usuarios potenciales de los resultados y con la empresa SIEMENS de Argentina, para colaborar en el desarrollo y aplicaciones del proyecto.

Palabras claves: Gemelos Digitales, Modelos Complejos, ABMS, ODS, Inteligencia Artificial, Algoritmos heurísticos de optimización, Industria 5.0, Modelos Predictivos, Servicios de Salud.

Contexto

Existen actualmente al menos los siguientes proyectos que dan marco a esta línea de I+D+I:

En la UAB: “*Computación de Altas Prestaciones Eficiente y Segura para Aplicaciones de Servicios de Salud Inteligentes*” Esta investigación ha contado con el apoyo de la Agencia Estatal de Investigación (AEI), España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) UE, bajo el contrato PID2020-112496GB-I00.

En la UNNOBA: “*Innovación tecnológica a través de la hiperautomatización*” y “*Inteligencia artificial como herramienta para innovar y dinamizar procesos*”. Ambos acreditados y financiados con evaluación externa. Resolución CS 2237/2022.

En la UNAJ: “*Metodologías de abordaje al modelo Industria 4.0 en PyMEs, el rol de la Empresas de*

Base Tecnológica (EBT), los recursos humanos, y el ecosistema de Innovación” (proyecto que incluye una cooperación académica con la empresa SIEMENS).

En la UNLP: *“Computación de Alto Desempeño y Distribuida: Arquitecturas, Algoritmos, Tecnologías y Aplicaciones en HPC, Fog-Edge-Cloud, Big Data, Robótica, y Tiempo Real* . Este proyecto presentado por el III-LIDI tiene evaluación externa y financiamiento de la UNLP .

Además, la UNAJ ha firmado un convenio marco con la empresa Siemens, para colaborar en aplicaciones industriales.

Por otro lado, la UNLP y la UNNOBA han aprobado la Maestría en Transformación Digital, dentro de la cual se contempla la temática de aplicaciones en la Industria y en los Servicios. Actualmente la Maestría está en evaluación en CONEAU. Se ha definido una colaboración en el tema con la UAB y la UNAJ.

1. Introducción

Este trabajo pretende avanzar en investigaciones, y experiencias previas relacionadas con la evolución de los modelos industriales (4.0, 5.0) y la incorporación de tecnologías actuales como IoT, Inteligencia Artificial, Machine Learning para optimizar la toma de decisiones en tiempo real. [1], [2], [3], [4].

Al mismo tiempo se trabajará en la línea de modelos complejos aplicados a los servicios de gestión de salud, en los que se pueden emplear las mismas tecnologías en un campo de aplicación muy diferente. [5], [6], [7].

El Gemelo Digital es actualmente un punto focal para integrar modelos de simulación complejos con datos en tiempo real (por ej. vía IoT o imágenes) e Inteligencia artificial para tomar decisiones predictivas que perfeccionen/optimicen la respuesta en el ámbito industrial u hospitalario. [8], [9], [10], [11].

A lo largo de los procesos operativos (en las diferentes áreas de aplicación y según los tiempos de respuesta requeridos), este gemelo digital permanece consistentemente alineado con su contraparte física, pudiendo “adelantarse” en el tiempo mejorando significativamente la percepción dinámica y las capacidades predictivas sobre el mundo real. A lo largo de los años, la evolución del gemelo digital ha pasado de discusiones conceptuales iniciales a una exploración en profundidad de los marcos modelo y los métodos de implementación. Sin embargo, debido a variaciones significativas en la composición, condiciones de servicio y escenarios de aplicación entre diferentes ámbitos, requiriendo diferentes estrategias de modelado y herramientas de implementación de soluciones. [12], [13], [14], [15].

Podemos decir que los gemelos digitales proveen una arquitectura virtualizada para integrar datos respondiendo a un modelo del mundo real y que si se los dota de “inteligencia” pueden facilitar el análisis de los datos y facilitar su optimización, según los objetivos que se definan. [16], [17].

Los trabajos desarrollados anteriormente por los autores en diferentes ámbitos (el área de emergencias hospitalarias, la industria de procesos y la industria agrícola) han permitido formular este proyecto que trata de integrar conceptos de modelos, de tecnología y de toma decisiones, teniendo como foco el desarrollo de “gemelos digitales inteligentes”, con impacto en el valor agregado de los productos y servicios a los cuales apunten las soluciones. [18], [19], [20]. Este tema ha generado gran interés en el ámbito académico, lo cual se ve por ejemplo con el análisis del tema “Gemelo Digital”, en el repositorio científico Scopus. [21].

Por último, el proyecto contempla interactuar con empresas tecnológicas internacionales como Siemens y analizar otros ámbitos de aplicación del Gemelo Digital (Industrias de Manufactura, Modelos Medioambientales, Modelos de Emergencias, etc.)

2. Líneas de investigación y desarrollo

- Gemelos Digitales. De la simulación a modelos complejos para la toma de decisiones en tiempo real, con inteligencia predictiva. Análisis de técnicas de “machine learning” incorporables a modelos de gemelo digital.
- Tecnologías claves en la Industria X.0 y la Gestión sanitaria en tiempo real: IoT / Redes de Sensores / Cloud Computing / Sistemas inteligentes / Inteligencia de Datos / Seguridad.
- Casos de estudio: Industrias de Proceso, Industrias asociadas con la producción agrícola y Sistemas de gestión de emergencias en hospitales.
- Análisis de otras áreas de interés de Gemelos Digitales “Inteligentes” considerando casos industriales y de impacto social. (considerando los ODS internacionales). Esto incluye la modelización de agentes humanos en los procesos industriales/de servicios estudiados.
- Investigación en el empleo de técnicas de IA incorporadas en modelos de gemelos digitales.
- Indicadores de rendimiento (KPIs) en la aplicación de gemelos digitales. Optimización en la toma de decisiones en base a datos de tiempo real.

- Reducción de costos computacionales y energéticos al perfeccionar el conjunto de datos necesarios para la simulación (reduciendo el tiempo de entrenamiento de otras tecnologías).

3. Resultados esperados

- Análisis de casos de empleo de gemelos digitales en industria de procesos para la optimización de los sistemas productivos.
- Análisis de casos de empleo de gemelos digitales en gestión sanitaria (emergencias y gestión integral hospitalaria).
- Análisis de casos de empleo de gemelos digitales en el complejo agroindustrial argentino y posibilidad de mejorar las tecnologías actualmente en uso.
- Estudio de los KPIs críticos en diferentes industrias/sistemas analizados.
- Emplear la Simulación basada en Agentes que puede reducir costos de “entrenamiento” de los algoritmos de IA, trabajando sobre conjuntos de datos más reducidos.
- Analizar la Integración de IIoT y Gemelos Digitales, considerando estándares como RAMI 4.0, e ISA 95.
- Generar conocimiento y formar recursos humanos en la temática de Gemelos Digitales “inteligentes”.
- Fortalecer la cooperación interinstitucional en estos temas.

4. Bibliografía

- [1] Federico Walas (2023) Tesis Doctoral. “Nuevos modelos de negocio en el paradigma Industria 5.0. Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático para optimizar procesos industriales”
- [2] F. Walas, A.Redchuk, J.Tornillo. “Gestión de datos de la operación en la industria a través de plataformas IIoT. Experiencia en una empresa del sector alimentos en Argentina”
- [3] Fawad A. Khan (2021). “Digital Transformation using Emerging Technologies: A CxO's Guide to Transform your Organization.”
- [4] Shyam Varan, N., Dunkin, A., Chowdhary, N., Patel, N. “Industrial Digital Transformation: Accelerate digital transformation with business optimization, AI, and Industry 4.0.” Packt Publishing, 2020.
- [5] [5] Liu, Z., Cabrera, E., Rexachs, D., & Luque, E. (2014, October). A generalized agent-based model to simulate emergency departments. In *Sixth Int Conf Adv Syst Simul* (pp. 65-70).
- [6] [6] Liu, Z.; Rexachs, D.; Epelde, F.; Luque, E. An agent-based model for quantitatively analyzing and predicting the complex behavior of emergency departments. *J. Comput. Sci.* 2017, 21, 11–23.
- [7] [7] Liu, Z. (2016). Modeling and simulation for healthcare operations management using high performance computing and agent-based model. Tesis Doctoral.
- [8] Christian Krupitzer, Tanja Noack and Christine Borsum. “Digital Food Twins Combining Data Science and Food Science: System Model, Applications, and Challenges”
- [9] PMI (2023). “The Digital Transformation Playbook: What You Need to Know” PMI Editor – 2023.
- [10] Liu, Zhengchun & Cabrera, Eduardo & Rexachs, Dolores & Epelde, Francisco & Luque, Emilio. (2015). Simulating the Micro-level Behavior of Emergency Department for Macro-level Features Prediction. 10.13140/RG.2.1.3018.1202.
- [11] Galeano; D. Rexachs; A. Wong; E. Bruballa; C. Villalba; D. Galeano; E. Luque. An Agent Based Model for the Management of the Emergency Department During the COVID-19 Pandemic. *SIMUL 2022: The Fourteenth International Conference on Advances in System Simulation. IARIA. 2022. Portugal. Congreso.*
- [12] P. Lea, “IoT and Edge Computing for Architects: Implementing edge and IoT systems from sensors to clouds with communication systems, analytics, and security”. Packt Publishing, 2020.
- [13] Borek, A., Prill, N. “Driving Digital Transformation through Data and AI: A Practical Guide to Delivering Data Science and Machine Learning Products.” Kogan Press, 2023.
- [14] Jaszczyszyn, A.; Charne, J.; Guiguet, M.; Ramon, H. (2022). Plataforma de integración para la evaluación de redes LoRaWAN (Congreso Argentino de Sistemas Embebidos-CASE 2022). ISBN: 978-987-46297-9-1.
- [15] E. Bruballa; A. Wong; D. Rexachs; E. Luque. 2019. An Intelligent Scheduling of Non-Critical Patients Admission for Emergency Department. *IEEE Access. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).* 8, pp.9209-9220. ISSN 2169-3536.
- [16] Moyaux, T., Liu, Y., Bouleux, G., & Cheutet, V. (2023). An agent-based architecture of the Digital Twin for an Emergency Department. *Sustainability*, 15(4), 3412. <https://doi.org/10.3390/su15043412>
- [17] Visartsakul, B., & Damrianant, J. (2023). A Review of Building Information Modeling and Simulation as Virtual Representations Under the Digital Twin Concept. *Engineering Journal*,

27(1), 11-27.

<https://doi.org/10.4186/ej.2023.27.1.11.8>

- [18] Sullivan, M., & Kern, J. “The digital transformation of logistics: Demystifying Impacts of the Fourth Industrial Revolution.” Wiley 2021
- [19] Kuehner, K. J., Scheer, R., & Strassburger, S. (2021). Digital twin: finding common ground—a meta-review. *Procedia CIRP*, 104, 1227-1232.
- [20] Niederer, S. A., Sacks, M. S., Girolami, M., & Willcox, K. (2021). Scaling digital twins from the artisanal to the industrial. *Nature Computational Science*, 1(5), 313-320.
- [21] <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>