

Implementación de gemelos digitales en retail: un marco para optimizar el diseño de tiendas minoristas

Jorge Roy Ruiz Alcántara, Carlos Lino Ramírez, Karina Estrada Tolentino, Víctor Manuel Zamudio Rodríguez, David Asael Gutiérrez Hernández

Tecnológico Nacional de México Campus León

Resumen

Los gemelos digitales están ganando popularidad debido a que se han utilizado inicialmente en los sectores de producción y construcción, actualmente los gemelos digitales están teniendo un impacto significativo en la industria minorista, particularmente en el área de cadena de suministro. En este artículo presentamos un marco estructurado para la integración de gemelos digitales en el diseño espacial de una tienda minorista; Es ampliamente conocido que la distribución física de una tienda tiene un impacto significativo en la actitud y el comportamiento de los compradores, un elemento fundamental del diseño de la tienda consiste en presentar los productos de manera que los compradores puedan evaluarlos y, en última instancia comprarlos; Por esta razón proponemos un enfoque basado en datos históricos para el diseño e implementación de gemelos digitales.

Abstract

Digital twins are becoming increasingly popular and are no longer limited to the production and construction sectors. The retail industry is now adopting digital twins, particularly in the supply chain area. This article presents a structured framework for integrating digital twins into the spatial design of a retail store. It is well-known that the physical layout of a store has a significant impact on the behavior and attitude of buyers. Therefore, presenting products in a way that enables buyers to evaluate and ultimately purchase them is a crucial element of store design. To achieve this, we propose a data-driven approach for designing and implementing digital twins.

Palabras Clave: Gemelo digital, Simulación, Diseño de tienda

Keywords: Digital twin, Simulation, Store layout

1. INTRODUCCIÓN

Los gemelos digitales representan una tendencia emergente en crecimiento sobre todo en el ámbito de la producción, el mantenimiento predictivo, el monitoreo en tiempo real, la optimización de recursos y con efectos prometedores en áreas como el diseño de productos, los servicios bajo demanda, entre otros. Son en esencia, réplicas virtuales de objetos físicos y dentro del ámbito del comercio minorista, un gemelo digital podría referirse a una representación virtual de una tienda, abarcando su diseño, disposición de productos y flujo de clientes. Este modelo digital posibilita a los minoristas llevar a cabo simulaciones y análisis de diversos escenarios, ofreciendo datos valiosos para mejorar el diseño y la gestión de las tiendas. Se han definido varios casos de uso de gemelos digitales en comercio minorista que se pueden resumir en cuatro categorías principales:

- a. Mercadotecnia; Las empresas tienen la posibilidad de emplear gemelos digitales en un entorno de tienda virtual con dimensiones reales y espacio ilimitado para desarrollar iniciativas de mercadotecnia. Permite infinitas iteraciones de planogramas y conceptos de señalización utilizando una fracción del tiempo y el presupuesto. Vale la pena definir que un planograma es una representación gráfica que muestra la disposición de los productos en una tienda. Este diagrama detalla no solo el diseño de los

departamentos de mercancías, sino también la ubicación exacta de un artículo en un pasillo, estantería o entrepaño.



Figura 1. representación virtual de un planograma de tienda

- b. Optimización del diseño de la tienda; Las cadenas minoristas pueden utilizar un gemelo digital para experimentar con diferentes diseños de tienda y ver cómo afectan el flujo de clientes, la colocación de productos y la eficiencia de los empleados.

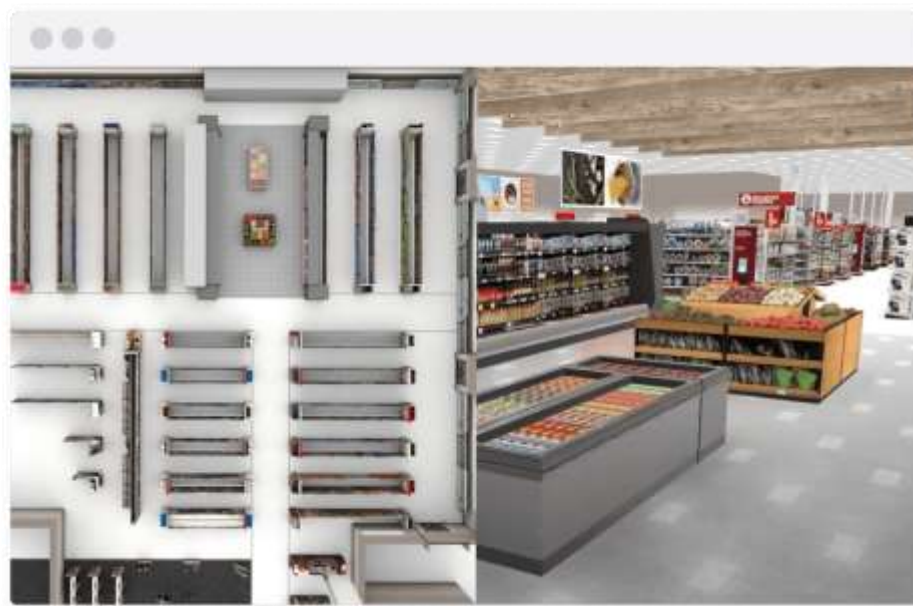


Figura 2. representación virtual del Layout de una tienda

- c. Capacitación de los empleados; Se puede mejorar la retención de conocimientos y reducir los costos de entrenamiento a través de la capacitación virtual. Los gemelos digitales se pueden utilizar para capacitar a los empleados sobre los procesos y procedimientos de la tienda, como por ejemplo cómo implementar programas y promociones o el uso de los sistemas informáticos de la tienda.



Figura 3. Capacitación virtual de los empleados

- d. Distribución geográfica de las tiendas; Esto implica mejorar la ubicación y disposición de las tiendas o puntos de venta en una red comercial para lograr una distribución eficiente y efectiva de productos o servicios. Esto implica analizar factores como la ubicación geográfica, el tamaño de la tienda, la segmentación del mercado, la demanda de los clientes y otros elementos para tomar decisiones estratégicas que maximicen la visibilidad de la marca, el acceso a los consumidores y, en última instancia, las ventas.



Figura 4. Gemelo digital Geoespacial

2. MAXIMIZANDO EL POTENCIAL DEL RETAIL: LOS BENEFICIOS DE LOS GEMELOS DIGITALES

A medida que el mercado se enfoca cada vez más en el cliente, mejorar su satisfacción se convierte en el diferenciador competitivo más importante. Los gemelos digitales respaldan esto mediante casos de uso como

el mantenimiento predictivo. Por otro lado, este tipo de herramientas mejoran la productividad, esto se logra mediante la asistencia remota y el monitoreo de expertos, guiando a los empleados en sitio a través de procedimientos de mantenimiento o reparación, lo que resulta en una reducción de las tasas de fallo y los costos asociados al mantenimiento y el tiempo de inactividad lo que se traduce en un uso más eficiente de los recursos. Además, la calidad de los productos y servicios mejora con el tiempo a medida que los gemelos digitales recopilan datos operativos del mundo real, estos datos son valiosos tanto para ingenieros como diseñadores en el desarrollo de nuevos productos o versiones, siendo esto una prioridad en industrias como la automotriz, química, alta tecnología, maquinaria industrial, equipos eléctricos y dispositivos médicos.

Finalmente, los gemelos digitales aceleran la innovación al permitir a las empresas lanzar nuevos productos y servicios más rápido. Al simular nuevos sistemas y productos, las organizaciones pueden comprender su impacto y realizar ajustes rápidamente, reduciendo la necesidad de realizar pruebas en profundidad.

3. DISTINGUIENDO GEMELOS DIGITALES Y SIMULACIÓN: UN ANÁLISIS COMPARATIVO

Los gemelos digitales y las simulaciones comparten similitudes, principalmente en su función de representar sistemas y procesos en un entorno virtual, pero difieren en su alcance y en la forma en que interactúan con el mundo real. Podemos resumir que un gemelo digital comienza como una simulación, con la gran diferencia que una simulación no recibe actualizaciones en tiempo real.

Como podemos ver, con una simulación, se pueden realizar pruebas y evaluaciones en una versión simulada de un activo físico, sin embargo, la simulación es estática, en otras palabras, no se mantiene sincronizado con el activo físico a menos que se ingresen nuevos parámetros a la simulación.

Por otro lado, un gemelo digital, recibe actualizaciones en tiempo real del activo físico, proceso o sistema. Por lo tanto, las pruebas, evaluaciones y análisis realizados se basan en condiciones del mundo real. A medida que el estado del gemelo digital cambia dinámicamente al recibir nuevos datos del mundo físico, evoluciona, produciendo resultados más precisos y valiosos.

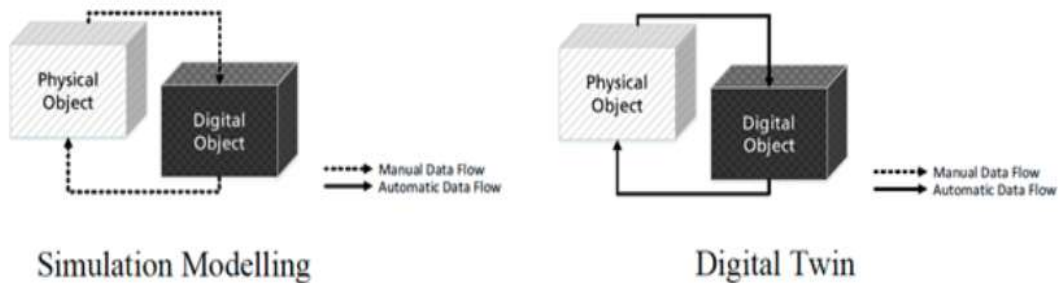


Figura 5. Diferencia entre el modelado de simulación y el gemelo digital

Además de esta gran diferencia respecto a las actualizaciones en tiempo real, podemos listar otras no menos importantes:

- a. Interacción con el mundo real; En este aspecto los gemelos digitales mantienen una conexión bidireccional con el activo físico, lo que significa que no solo replican el estado del mundo real, sino que también pueden influir en él a través de la retroalimentación y el control. En cambio, las simulaciones operan de manera independiente del mundo real y no tienen una conexión activa con los procesos físicos.
- b. Propósito y Alcance; Los gemelos digitales tienen un alcance más amplio, ya que no solo replican el aspecto estático de un sistema, sino que también capturan la dinámica y la evolución del sistema con el tiempo, utilizándose para análisis en tiempo real, monitoreo y toma de decisiones. Mientras que las simulaciones tienden a enfocarse en escenarios específicos o pruebas, donde se requiere la reproducción de condiciones controladas para evaluar el rendimiento de un sistema.
- c. Aplicaciones; Los gemelos digitales se utilizan en una variedad de industrias, incluyendo la producción, salud, energía, etc., para mejorar la toma de decisiones, optimizar operaciones y proporcionar una representación completa y dinámica de sistemas complejos y las simulaciones generalmente se aplican en entornos más específicos, como la simulación de vuelo, simulaciones de procesos químicos, o pruebas de diseño de productos.

4. EXPLORANDO LOS MARCOS DE GEMELOS DIGITALES

Como ya hemos mencionado el concepto de gemelos digitales ha experimentado un crecimiento significativo, convirtiéndose en un tema de investigación de gran relevancia en los últimos años. Empresas de renombre como Microsoft, Nvidia, Siemens, General Electric, IBM o Honeywell han creado sus propias soluciones para la construcción y aplicación de gemelos digitales. Paralelamente, también se están realizando esfuerzos en el ámbito del código abierto. Un ejemplo destacado es el DTOP-Cristallo que es un prototipo de plataforma operativa para gemelos digitales que forma parte del proyecto DigiTwin que está conformado por las universidades más importantes del Reino Unido, como la Universidad de Sheffield, Universidad de Bristol, Universidad de Cambridge, Universidad de Liverpool y la Universidad de Southampton. Esta plataforma es modular, de código abierto, independiente del sistema y está completamente desarrollada en Flask un framework hecho en Python y diseñado para desarrollar aplicaciones Web para el patrón MVC. Actualmente, su enfoque principal es el análisis y la simulación de gemelos digitales, ofreciendo un conjunto de herramientas que realizan operaciones específicas solicitadas por el usuario a través de una interfaz web, basándose en datos concretos.

Por otro lado, encontramos el proyecto europeo IoTwins, donde participan veintitrés socios entre los cuales destaca, Ila ya mencionada Siemens, Barca innovation hub, Universidad de Bologna y el Centro Nacional de Supercomputación de Barcelona entre otros, que ofrece una plataforma de big data para la implementación de gemelos digitales en la fabricación, gestión de instalaciones y la optimización de procesos. Los gemelos digitales generados por IoTwins abordan desafíos en diversos sectores, desde estadios de fútbol hasta el mantenimiento predictivo de turbinas eólicas. Las soluciones desarrolladas se adaptan a un caso de uso específico de infraestructura de IoT en la nube y ofrecen una amplia gama de servicios para la definición de gemelos digitales. La solución describe una guía sobre cómo se pueden definir los gemelos digitales en FIWARE, pero no se ha desarrollado ni validado un marco adaptado para gemelos digitales.

Por último tenemos a Eclipse Ditto que es un marco de trabajo de código abierto que proporciona un conjunto de funcionalidades esenciales que sirven como base para el desarrollo de gemelos digitales. Los dispositivos se

integran a través de una capa de conectividad de dispositivos como Eclipse Hono o, por brokers MQTT como Eclipse Mosquitto. Eclipse Ditto proporciona una entidad para la definición de gemelos, control de acceso, almacenamiento de estado y soporte de conexión con protocolos de IoT, que puede modificar el estado de los gemelos y compartir sus eventos externamente. Los gemelos digitales gestionados en Ditto también pueden integrarse en otros sistemas de backend existentes creando conexiones arbitrarias a dichos sistemas utilizando los protocolos soportados: AMQP 0.9.1, AMQP 1.0, Apache Kafka 2.x, HTTP (invocando webhooks externos), MQTT 3.1.1, MQTT 5.1. En resumen, Eclipse Ditto actúa como un middleware de IoT, proporcionando una capa de abstracción para las soluciones de IoT que interactúan con dispositivos físicos a través del patrón de gemelo digital.

5. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MARCO DE GEMELO DIGITAL PARA EL SECTOR MINORISTA

Es importante destacar que, a pesar de los avances en la creación de gemelos digitales, aún no existe un marco establecido para su implementación en el sector minorista. Esta es un área que requiere más investigación y desarrollo para aprovechar plenamente las ventajas que los gemelos digitales pueden ofrecer en este sector, ya que estos tienen el potencial de revolucionar el sector, permitiendo a las empresas modelar, simular y optimizar sus operaciones en un entorno virtual antes de implementar cambios en el mundo real.

La falta de un marco establecido para su implementación en este sector es un obstáculo, lo que fomenta la necesidad de más investigación y desarrollo en esta área. Al desarrollar un marco efectivo para gemelos digitales en el comercio minorista, las empresas podrían prever el comportamiento del consumidor, optimizar las operaciones de la tienda, mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y, en última instancia, mejorar la experiencia del cliente, de esta necesidad surge esta propuesta de desarrollo de un marco de gemelo digital para el sector minorista, con el fin de aprovechar plenamente las ventajas que los gemelos digitales pueden ofrecer.

5.1 Enfoque de aplicación de los gemelos digitales

Los gemelos digitales tienen dos enfoques generales de implementación o aplicación. En primer lugar, se emplea para consultar un sistema del mundo real, basándose en los datos de su representación digital, con independencia de la ubicación del sistema en el mundo real, el gemelo digital permite supervisar su rendimiento y proporcionar información sobre su estado. En segundo lugar, se utiliza el Gemelo Digital para anticipar posibles estados o comportamientos futuros del objeto real a través de simulaciones basadas en su versión digital, con el propósito de mejorar su desempeño y evitar fallos, tomando esto como base podemos definir el objetivo de nuestro proyecto.

5.2 Definición del problema

El principal obstáculo para diseñar un gemelo digital en el sector minorista cuyo principal objetivo es mejorar el diseño y distribución de una tienda minorista, es la recopilación y análisis de datos precisos. Para que un gemelo digital sea efectivo, necesita reflejar con precisión el entorno real de la tienda, esto implica recopilar datos detallados sobre el diseño actual de la tienda, los patrones de tráfico de los clientes, las preferencias de los clientes, las ventas, el inventario de productos, entre otros factores relevantes como la plantilla de empleados de la tienda.

Estos datos deben ser analizados e interpretados correctamente para proponer alternativas de diseño, esto puede ser un desafío debido a la complejidad y la gran cantidad de datos involucrados, también puede ser difícil determinar qué cambios en el diseño de la tienda tendrán el mayor impacto en las ventas y la satisfacción del cliente.

Por último, otro desafío importante es la implementación de los cambios sugeridos por el gemelo digital en la tienda física. Esto puede requerir una inversión significativa de tiempo y recursos, y puede haber resistencia al cambio por parte del personal de la tienda o de la gerencia, sin embargo, esto podría resolverse si previo a la implementación simulamos los cambios en el gemelo digital.

5.3 Complejidad en la Creación de Gemelos Digitales

La complejidad de un gemelo digital varía según el caso de uso, cuando se utiliza exclusivamente para evaluar el estado actual de un sistema real la complejidad radica en mantener la sincronización entre el sistema físico y su contraparte digital. La complejidad aumenta cuando el caso de uso implica predecir el comportamiento y estado futuro, lo que implica la utilización de modelos de simulación y aprendizaje automático. Por último, la máxima complejidad se alcanza cuando se espera que el gemelo digital tome decisiones automáticamente basadas en los resultados de la simulación o datos de sensores recibidos del sistema real.

5.4 Identificación de los requisitos

Una vez definido el problema, es necesario identificar los requisitos específicos del gemelo digital. Por ejemplo, si el desafío es la gestión de inventario, el gemelo digital podría necesitar tener la capacidad de modelar y simular el inventario en tiempo real, para nuestro caso nuestro objetivo es mejorar el diseño y distribución de una tienda en este caso los requisitos específicos del gemelo digital podrían incluir:

- a. Modelado del espacio físico: El gemelo digital debe ser capaz de modelar y presentar con precisión el espacio físico de la tienda, incluyendo la ubicación y disposición de los estantes, productos, áreas de pago, entradas y salidas, entre otros.
- b. Simulación del tráfico de clientes: También debe de poder simular el tráfico de clientes en la tienda, incluyendo los patrones de movimiento, las áreas de mayor afluencia, los tiempos de permanencia en diferentes secciones, entre otros.
- c. Interacción de los clientes con los productos: Requiere tener la capacidad de analizar cómo los clientes interactúan con los productos en la tienda, incluyendo qué productos toman, cuánto tiempo pasan mirándolos, si los compran o los devuelven al estante, entre otros.
- d. Integración con sistemas de ventas e inventario: Por ultimo debe estar integrado con los sistemas de ventas e inventario de la tienda para poder correlacionar los patrones de tráfico y comportamiento de los clientes con las ventas y el movimiento de inventario.
- e. Capacidad de probar diferentes diseños de tienda: El gemelo digital debe permitir la simulación de diferentes diseños de tienda para evaluar su impacto en el tráfico de clientes, la interacción con los productos y las ventas.

5.5 Selección de tecnologías

Esta etapa implica la selección de las tecnologías y herramientas que se utilizarán para desarrollar el gemelo digital, aquí se detallan las diferentes tecnologías que podrían ser útiles en este proceso:

- a. Tecnologías de adquisición, procesamiento, análisis y modelado de datos: Estas tecnologías son necesarias para manejar los datos recopilados. Esto incluye la adquisición de datos de las diferentes fuentes, el procesamiento de los datos para eliminar ruido y errores, el análisis de los datos para extraer información útil, y el modelado de los datos para su uso en las simulaciones y predicciones.
- b. IoT: Estas tecnologías permiten recopilar datos en tiempo real del entorno físico de la tienda, mediante cámaras y sensores para obtener datos sobre el tráfico de clientes, las ventas, las condiciones ambientales, entre otros.
- c. Herramientas de modelado 3D, realidad aumentada y virtual: Estas permiten modelar el espacio físico de la tienda y simular diferentes escenarios y diseños de tienda.
- d. Inteligencia Artificial y aprendizaje automático: Estas tecnologías se utilizan para analizar los datos recopilados y hacer predicciones. Por ejemplo, podrían usarse para predecir los patrones de tráfico de los clientes en función del diseño de la tienda, o para predecir las ventas de productos en función de su ubicación en la tienda.

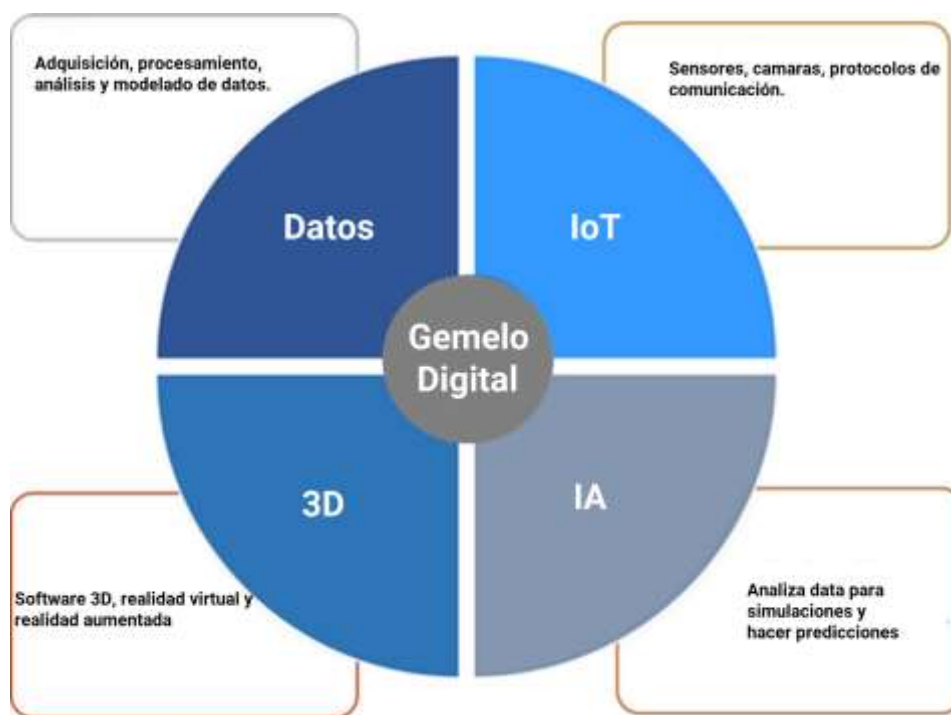


Figura 6. Tecnologías asociadas a los gemelos digitales

5.6 Arquitectura para el diseño y desarrollo del gemelo digital

Como se mencionó previamente, la complejidad de un gemelo digital varía según el caso de uso, para este estudio, nuestra estrategia consiste en consolidar y visualizar los datos ya disponibles, por lo tanto para nuestra arquitectura, optamos por trabajar con dos componentes fundamentales, en primer lugar, un servicio en la nube que actúa como repositorio de los datos y un punto de integración para sistemas y servicios externos, además se requiere desarrollar una aplicación para visualizar los datos consolidados y, por último tenemos una herramienta de simulación, lo que significa una arquitectura de seis capas considerando la de comunicación.

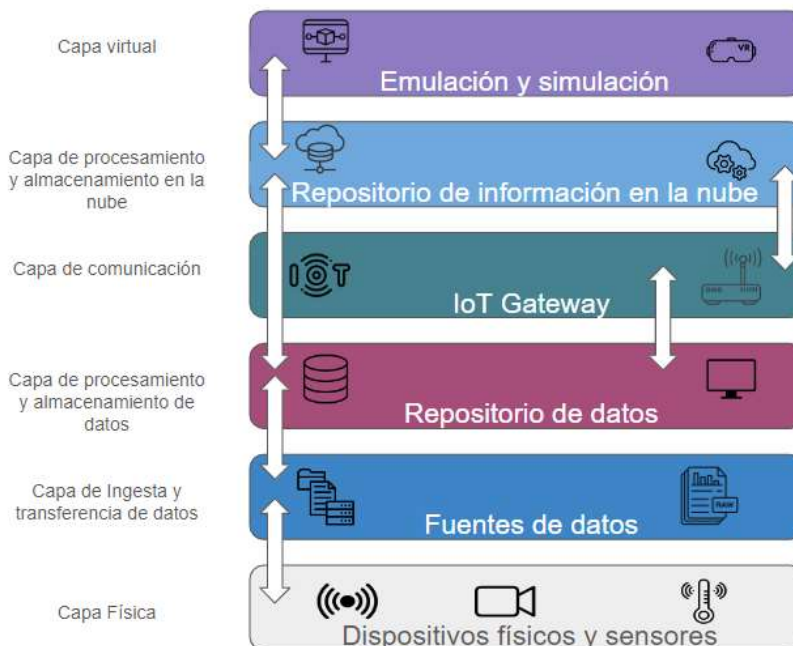


Figura 7. Arquitectura de seis capas de un gemelo digital

6.6.1 Diseño del gemelo digital

En esta etapa, se diseña el gemelo digital basándose en los requisitos identificados y las tecnologías seleccionadas. Esto implica decidir cómo se modelarán y simularán las diferentes partes del sistema minorista, y cómo se implementarán los algoritmos de aprendizaje automático.

6.6.2 Desarrollo del gemelo digital

Se ha desarrollado una arquitectura basada en micro servicios con el fin de mejorar la modularidad de la plataforma, permitiendo que cada función sea independiente y que el sistema sea escalable y reutilizable. Esto permite añadir, sustituir y conectar módulos sin afectar al sistema en su conjunto.

La figura 8 ilustra la arquitectura propuesta para la plataforma, el núcleo de la plataforma es el framework Eclipse Ditto, que como ya comentamos anteriormente proporciona un conjunto de funcionalidades fundamentales para el desarrollo de gemelos digitales. Alrededor de Ditto, tenemos una arquitectura de micro servicios, compuesta principalmente por herramientas de código abierto, además, se han creado servicios específicamente para la plataforma, principalmente para conectar ciertas herramientas o añadir funcionalidades más adelante. Los diferentes módulos se conectan principalmente a través de un protocolo diseñado para manejar datos en tiempo real, como Apache Kafka, AMQP o MQTT.

La combinación del framework Ditto con todos los servicios mostrados en la Figura 8 proporcionan a la plataforma las funcionalidades requeridas en la mayoría de las plataformas de gemelos digitales: recepción de datos de dispositivos IoT, definición y actualización de la composición de los gemelos, almacenamiento en tiempo real de los estados a lo largo del tiempo y visualización de los datos. Además, se han añadido dos

funcionalidades que representan un avance significativo en términos de plataformas de código abierto para gemelos digitales: visualización interactiva en 3D del estado histórico y en tiempo real del gemelo y la inferencia del flujo de datos en tiempo real mediante aprendizaje automático.

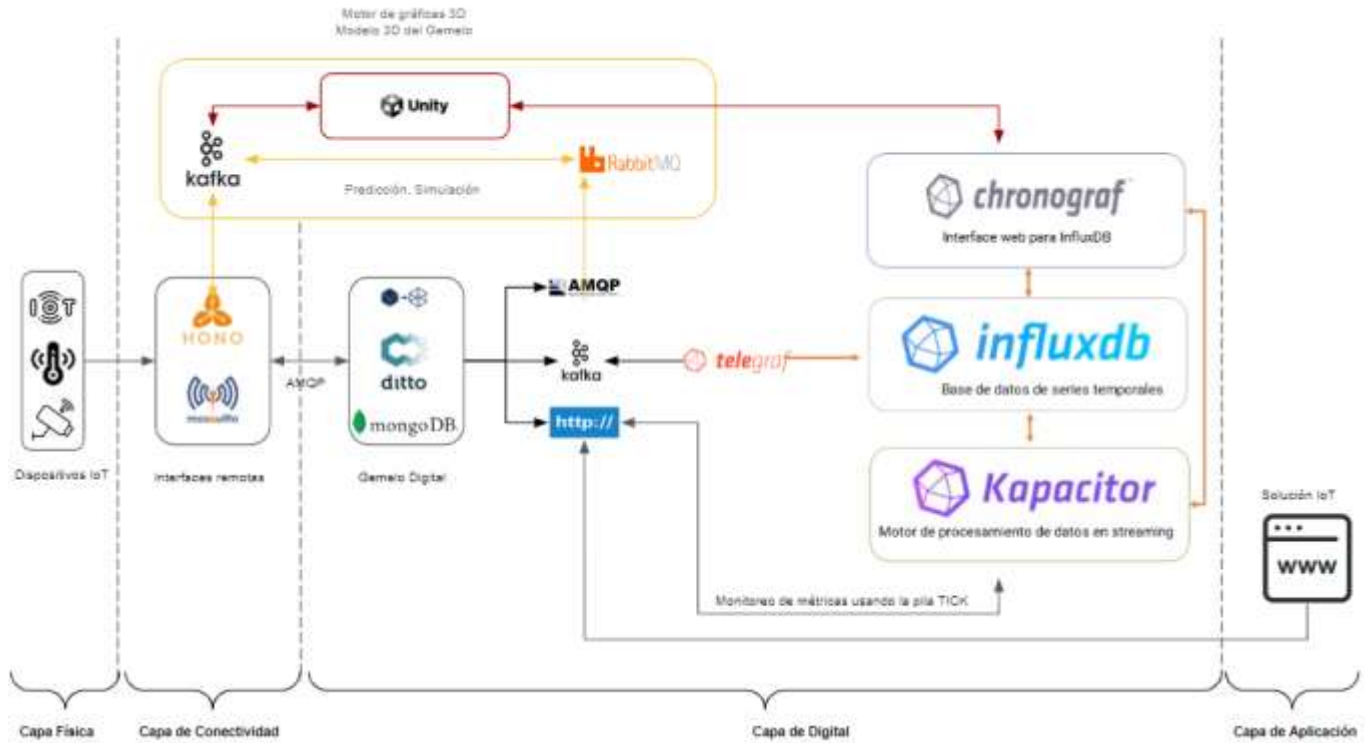


Figura 8. Descripción general de la arquitectura de gemelo digital soportada por 3D-IoT-AI

Eclipse Ditto: Ditto actúa como middleware de IoT, proporcionando una capa de abstracción para soluciones de IoT que interactúan con dispositivos físicos a través del patrón de gemelo digital. Los dispositivos se integran a través de capas de conectividad de dispositivos como Eclipse Hono, y corredores MQTT como Eclipse Mosquitto. Los gemelos digitales administrados en Ditto también se pueden integrar en otros sistemas backend existentes mediante la creación de conexiones arbitrarias a dichos sistemas externos utilizando los protocolos admitidos:

- AMQP 1.0
- Apache Kafka 2.x
- HTTP (invocando webhooks externos)
- MQTT 3.1.1
- MQTT 5

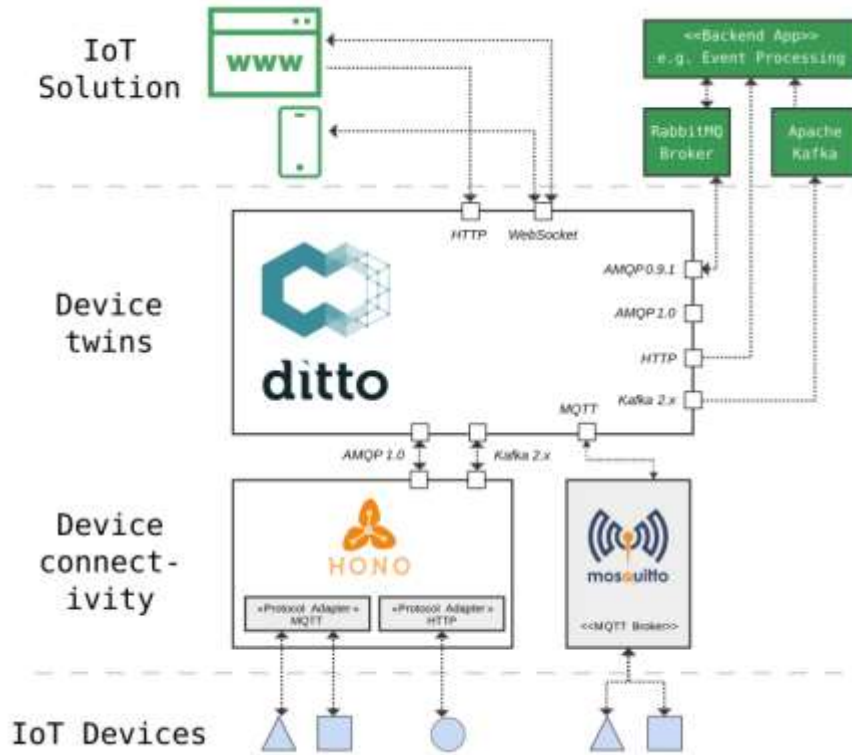


Figura 9. Diagrama general de conexiones - Ditto

Eclipse Hono: Es una plataforma que proporciona interfaces de servicio remoto para conectar un gran número de dispositivos IoT a un back-end e interactuar con ellos de manera uniforme, independientemente del protocolo de comunicación del dispositivo.

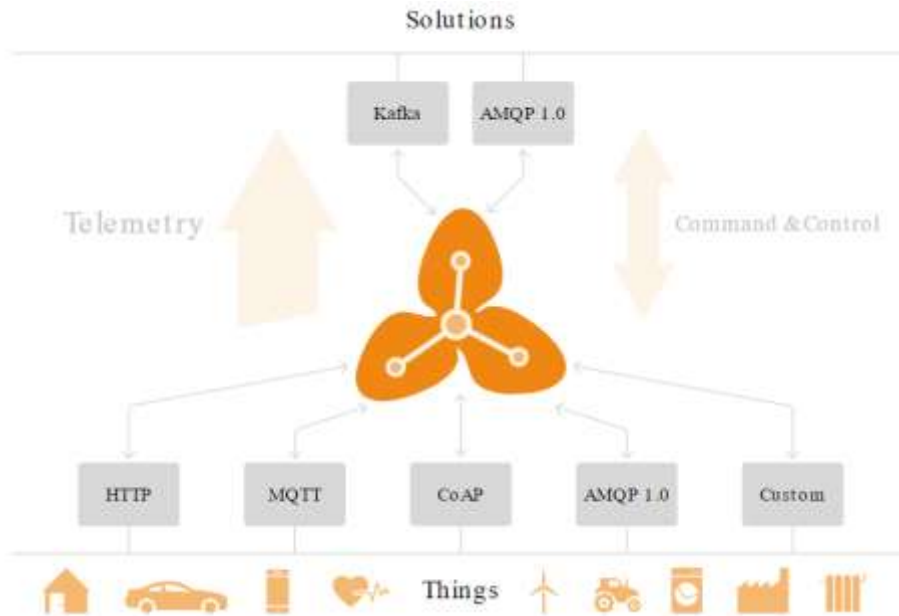


Figura 10. Diagrama de conexiones - Hono

Eclipse Mosquitto: Es un intermediario de mensajes de código abierto (con licencia EPL/EDL) que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Mosquitto es liviano y adecuado para su uso en todos los dispositivos, desde computadoras de placa única de bajo consumo hasta servidores completos.

El protocolo MQTT proporciona un método ligero para enviar mensajes utilizando un modelo de publicación/suscripción. Esto lo hace adecuado para mensajería de Internet de las cosas, como sensores de baja potencia o dispositivos móviles como teléfonos, computadoras integradas o microcontroladores.

MongoDB: MongoDB (enlace externo a IBM) es un sistema de gestión de bases de datos (DBMS) no relacional de código abierto que utiliza documentos flexibles en lugar de tablas y filas para procesar y almacenar diversas formas de datos.

Como solución de base de datos NoSQL, MongoDB no requiere un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS), por lo que proporciona un modelo de almacenamiento de datos flexible que permite a los usuarios almacenar y consultar tipos de datos multivariados con facilidad. Esto no únicamente simplifica la gestión de bases de datos para los desarrolladores, sino que también crea un entorno altamente escalable para aplicaciones y servicios multiplataforma.

Telegraf: Es un agente basado en servidor para recopilar y enviar todas las métricas y eventos de bases de datos, sistemas y sensores de IoT. Telegraf está escrito en Go y se compila en un único binario sin dependencias externas y requiere una huella de memoria mínima.

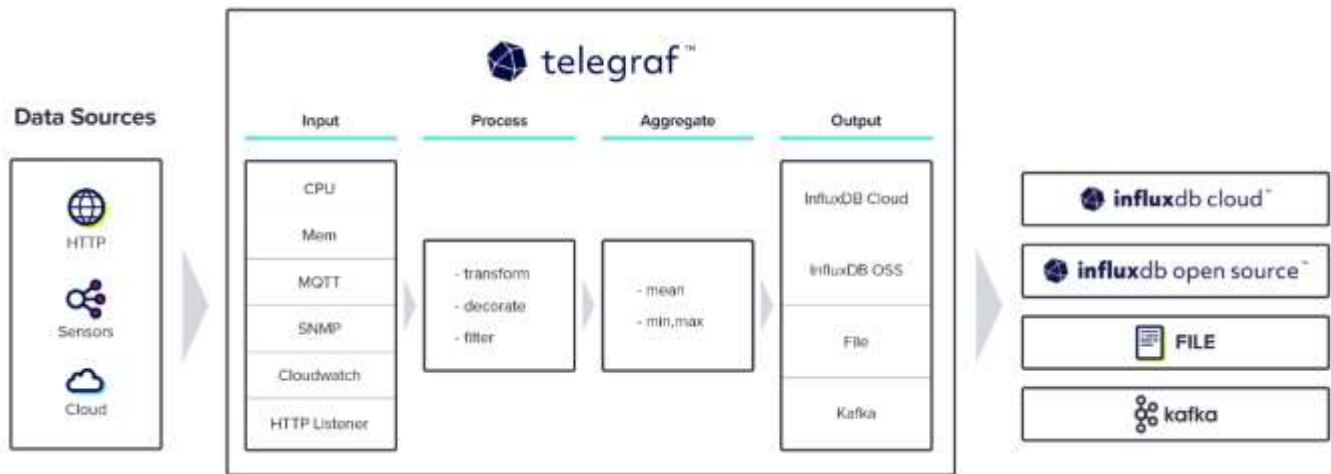


Figura 11. Descripción general de los plugins de Telegraf

InfluxDB: InfluxDB ha sido concebido para bases de datos de time series (TSDB), que almacenan series temporales. Estas bases de datos se usan, entre otras cosas, para almacenar y evaluar datos de sensores o protocolos con marcas temporales durante un período de tiempo determinado.

En estos casos es posible que entren millones de juegos de datos, como los que proporcionan los equipos del IoT o los instrumentos científicos de medición a través de un flujo continuo de datos. Este tipo de datos deben procesarse rápidamente en cuanto llegan a la base de datos. Por ello, InfluxDB cuenta con un servicio de tiempo que usa el Network Time Protocol (NTP) para garantizar que el tiempo está sincronizado en todos los sistemas.

Las bases de datos de InfluxDB suelen ser muy compactas y solo necesitan contar con dos o tres columnas. En ellas se guarda, por ejemplo, la fuente de los datos, el valor en sí y la marca temporal correspondiente.

Chronograf: Es una interfaz de usuario de código abierto para la visualización de datos de InfluxDB. Permite la creación de paneles de control para visualizar los datos y ofrece características para la gestión de las bases de datos InfluxDB.

Kapacitor: Es un motor de procesamiento de datos en tiempo real. Puede procesar tanto datos de series temporales como datos de lotes de InfluxDB. Kapacitor se utiliza para crear alertas, ejecutar ETL jobs (Extract, Transform, Load) y detectar anomalías en los datos de series temporales.

RabbitMQ: Es un sistema de colas de mensajes de código abierto que permite ejecutar código de nuestras aplicaciones de manera asíncrona. Funciona como un intermediario para la comunicación eficiente entre emisores y destinatarios. Implementa el estándar Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). RabbitMQ se basa en la idea de que los emisores y destinatarios no necesitan entender el mismo lenguaje de programación. Los mensajes se envían a una cola y el bróker de mensajería se encarga de ellos, permitiendo que el emisor pueda dedicarse a una nueva tarea sin tener que esperar a que el mensaje llegue al receptor.

Kafka: Apache Kafka es una plataforma distribuida para la transmisión de datos que permite no solo publicar, almacenar y procesar flujos de eventos de forma inmediata, sino también suscribirse a ellos. Está diseñada para administrar los flujos de datos de varias fuentes y enviarlos a distintos usuarios. En pocas palabras, transfiere cantidades enormes de datos, no solo desde el punto A hasta el B, sino también del punto A al Z y a cualquier otro lugar que necesite, y todo al mismo tiempo.

AMQP: AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) es un protocolo de código abierto que funciona a nivel de capa de aplicación. Las características que definen al protocolo AMQP son la creación de mensajes, encolamiento, enrutamiento de los mensajes producidos (tanto punto-a-punto como publicación-suscripción), y la exactitud para entregar los mensajes a los consumidores.

Unity: Es un motor para el renderizado de imágenes, físicas de 2D/3D, audio y animaciones en tiempo real que te permite crear experiencias interactivas en el Editor de Unity que se utiliza para la creación de videojuegos y experiencias de realidad aumentada y virtual. Gracias a su flexibilidad es una herramienta que también se usa en diferentes industrias como arquitectura, ingeniería, automotriz y de entretenimiento.

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los gemelos digitales surgen como una herramienta esencial para comprender y anticipar posibles situaciones a las que se pueden enfrentar los activos en el mundo real, a pesar de que existen numerosas plataformas para la creación de gemelos digitales, estas suelen estar orientadas a contextos específicos, y se requiere un avance considerable para alcanzar gemelos digitales eficaces y compositivos. Actualmente, una de las necesidades en este campo es la disponibilidad de plataformas abiertas para el desarrollo de gemelos digitales, en este artículo, proponemos una plataforma o marco de código abierto para el desarrollo de gemelos digitales compositivos que pueden adaptarse a múltiples contextos, el marco de trabajo propuesto aprovecha herramientas de código abierto como Ditto, Hono, Telegraf y Kafka para crear gemelos digitales, este enfoque permite la replicación de espacios físicos en un entorno digital, facilitando la optimización del diseño de la tienda y la colocación de sus productos. Al utilizar datos históricos y en tiempo real, se puede evaluar y ajustar el diseño

de la tienda para maximizar las ventas y mejorar la satisfacción del cliente, este enfoque basado en datos abre nuevas posibilidades para el sector minorista, permitiendo una adaptación y personalización sin precedentes para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes, en última instancia, la implementación de gemelos digitales en el sector significa un avance significativo hacia el futuro sin embargo debemos considerar los siguientes puntos relevantes:

- a. Disponibilidad de datos: Se asume que se tiene acceso a suficientes datos históricos y en tiempo real para alimentar los gemelos digitales, esto incluye datos sobre el comportamiento del cliente, las ventas de productos, la disposición de la tienda, entre otro.
- b. Capacidad técnica: Se supone se cuenta con la capacidad técnica necesaria para implementar y mantener gemelos digitales, esto incluye el conocimiento de las herramientas de código abierto como Ditto, Hono, Telegraf, RabbitMQ, Kafka, Unity, etc.
- c. Entorno regulatorio: Debemos tener certeza sobre el entorno regulatorio y que este permita la implementación de gemelos digitales, sobre todo en términos de la privacidad de los datos, la seguridad de la información y otras regulaciones relevantes como las asociadas a protección civil.
- d. Estos supuestos son fundamentales para el éxito de la implementación de gemelos digitales en el comercio minorista y deben ser validados antes de proceder con la implementación.

REFERENCIAS

- [1] ReadySet, READYSET VR RETAIL SPACE PLANNING SOFTWARE, 2023, online: <https://readyssetvr.com/features/virtual-reality-retail-space-planning/>
- [2] Brand Equity, Metaverse: How Digital Twins will pave the way for marketing and retail, 2022, online: <https://brandequity.economicstimes.indiatimes.com/news/research/metaverse-how-digital-twins-will-pave-the-way-for-marketing-and-retail/89844166>
- [3] Eclipse Foundation, Eclipse Ditto™, online: <https://projects.eclipse.org/projects/iot.ditto>
- [4] Eclipse Ditto, online: <https://eclipse.dev/ditto/intro-overview.html>
- [5] Eclipse Hono, online: <https://eclipse.dev/hono/>
- [6] Gartner, Gartner survey reveals digital twins are entering mainstream use, 2019, Online: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mai>.
- [7] Gartner, Gartner survey reveals digital twins are entering mainstream use. February, 2019, Online: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mai>.
- [8] Gartner, Top strategic technology trends, 2023, 2022, Online: <https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/publications/documents/2023-gartner-top-strategic-technology-trends-ebook.pdf>.
- [9] Global Market Insight, Digital twin market. Online, 2022, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-twin-market>.
- [10] Technavio, Digital twin market by end-user, deployment, and geography - Forecast and analysis 2021–2025, 2022, Online: <https://finance.yahoo.com/news/digital-twin-market-size-grow-154500181.html>
- [11] Researchandmarkets, Digital twins market by technology, twinning type, cyberto-physical solutions, use cases and applications in industry verticals 2022–2027, 2022, Online: https://www.researchandmarkets.com/reports/5308850/digitaltwins-market-by-technology-twinning?utm_source=dynamic&utm_medium=Ci&utm_code=6q68tb&utm_campaign=1366076+-The+Future+of+the+Digital+Twins+Industry+to+2025+in+Manufacturing%2c+Smart+Cities%2c+Automotive%2c+Healthcare+and+Transport&utm_exec=joca220cid.
- [12] Y. Fu, G. Zhu, M. Zhu, et al., Digital twin for integration of design-manufacturingmaintenance: An overview, *Chin. J. Mech. Eng.* 35 (80) (2022) <http://dx.doi.org/10.1186/s10033-022-00760-x>, 2022. 8 M. Attaran and B.G. Celik *Decision Analytics Journal* 6 (2023) 100165.
- [13] D. Jones, C. Snider, A. Nassehi, J. Yon, B. Hicks, Characterizing the digital twin: A systematic literature review, *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.* 29 (Part A) (2020) 36–52.
- [14] A. Fuller, Z. Fan, C. Day, C. Barlow, Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research, *IEEE Access* 8 (2020) 108952–108971.
- [15] A. Rasheed, O. San, T. Kvamsdal, Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective, *IEEE Access* 8 (2020) 21980–22012.
- [16] R.N. Bolton, J.R. Mccoll-Kennedy, L. Cheung, Customer experience challenges: bringing together digital, physical and social realms, *J. Serv. Manag.* 29 (5) (2018) 776–808.
- [17] N. Negri, S. Berardi, S. Fumagalli, MES-integrated digital twin frameworks, *J. Manuf. Syst.* 56 (2020) 58–71.

- [18] S. Boschert, R. Rosen, Digital twin—The simulation aspect, in: P. Hehenberger, D. Bradley (Eds.), *Mechatronic Futures*, Springer International Publishing, Switzerland, ISBN: 978-3-319-32154-7, 2016, pp. 59–74, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5, Chapter 6.
- [19] MarketsandMarkets, Digital twin market by enterprise: Application, industry, and geography-global forecast to 2027, 2022, Online: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>.
- [20] Z. Lv, S. Xie, Artificial intelligence in the digital twins: State of the art, challenges, and future research topics, 2021, Online: <https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17524.1>.
- [21] V. Havard, B. Jeanne, M. Lacomblez, Baudry D., Digital twin and virtual reality: A co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations, *Prod. Manuf. Res.* 7 (1) (2019) 472–489.
- [22] Atkinson, C., Kühne, T., 2021. Taming the complexity of digital twins. *IEEE Softw.* 39 (2), 27–32.
- [23] Bonney, M.S., de Angelis, M., Wagg, D., Dal Borgo, M., 2021. Digital twin operational platform for connectivity and accessibility using flask python. In: *International ACM/IEEE Conference on Model-Driven Engineering Languages and Systems (MODELS)*, OCT 10-15. pp. 239–243.
- [24] Boyes, H., Watson, T., 2022. Digital twins: An analysis framework and open issues. *Comput. Ind.* 143, 103763.
- [25] CeArley, D., Burke, B., Searle, S., et al., 2016. Gartner's top 10 strategic technology trends for 2017.
- [26] Conde, J., Munoz-Arcenales, A., Alonso, A., Lopez-Pernas, S., Salvachua, J., 2021. Modeling digital twin data and architecture: A building guide with FIWARE as enabling technology. *IEEE Internet Comput.*
- [27] Human, C., Basson, A., Kruger, K., 2023. A design framework for a system of digital twins and services. *Comput. Ind.* 144, 103796.
- [28] Jia, W., Wang, W., Zhang, Z., 2022. From simple digital twin to complex digital twin Part I: A novel modeling method for multi-scale and multi-scenario digital twin. *Adv. Eng. Inform.* 53.
- [29] Rasheed, A., San, O., Kvamsdal, T., 2020. Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective. *IEEE Access* 8, 21980–22012.
- [30] Reiche, L.-T., Gundlach, C.S., Mewes, G.F., Fay, A., 2021. The digital twin of a system: A structure for networks of digital twins. In: *2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation(ETFA)*, SEP 07-10, 2021.
- [31] Rolle, R.P., Martucci, V.d.O., Godoy, E.P., 2021. Modular framework for digital twins: Development and performance analysis. *J. Control Autom. Electr. Syst.* 32 (6), 1485–1497.
- [32] Shah, K., Prabhakar, T., Sarweshkumar, C., Abhishek, S., et al., 2021. Construction of a digital twin framework using free and open-source software programs. *IEEE Internet Comp*

Correo de autor de correspondencia: jorge.roy.ra@gmail.com.