

Gemelo Digital (Digital Twin) en la Modernización de una Sección de Planta: Definición, Estimación de Costos y Ventajas

Diego Ignacio Poveda Crisosto
d.poveda01@ufromail.cl

2026-09-22

Resumen

Este informe analiza el Gemelo Digital (Digital Twin) como tecnología de modernización aplicada a una sección hipotética de planta industrial. Su objetivo es caracterizar técnicamente el Gemelo Digital, estimar el costo de un proyecto piloto y la cantidad de sistemas necesarios para modernizar dicha sección, y evaluar las ventajas asociadas a su implementación. Para ello se revisó bibliografía técnica y comercial especializada, se contrastaron distintos rangos de costo documentados según la escala del proyecto y se comparó el enfoque de escalamiento gradual recomendado en la literatura con el caso hipotético analizado. Los resultados muestran que un Gemelo Digital es una réplica virtual de un activo físico actualizada en tiempo real, que modernizar una sección de veinte activos críticos mediante un proyecto piloto de Gemelo Digital implica una inversión estimada de entre 80.000 y 230.000 dólares, y que un despliegue de esta escala corresponde inicialmente a un solo sistema de Gemelo Digital por línea o subproceso representativo, según el enfoque de escalamiento gradual recomendado por la literatura. La discusión interpreta estos hallazgos considerando la conveniencia del enfoque piloto por sobre un despliegue masivo, y valora críticamente el uso real de IA en la elaboración de este informe. Se concluye que el principal aporte del informe es mostrar que un piloto acotado reduce el riesgo financiero de adoptar Gemelo Digital frente a un despliegue simultáneo en toda la sección de planta. Las fuentes utilizadas incluyen documentos técnicos y comerciales sobre costos y ventajas del Gemelo Digital, además del artículo de Alarcón (2026) que sustenta la metodología del curso. Finalmente, el informe se disponibiliza bajo licencia CC 4.0.

1. Introducción

La modernización de secciones de planta mediante tecnologías digitales avanzadas es una tendencia creciente en la automatización industrial. Entre estas tecnologías, el Gemelo Digital se ha consolidado como una herramienta que permite representar virtualmente el comportamiento de activos físicos con actualización continua de datos, a diferencia de una simulación estática que debe actualizarse de forma manual.

El presente informe busca ampliar, desde una postura personal y fundamentada, los contenidos entregados en la clase teórica correspondiente a la Semana 03 del curso de Automatización, tomando el Gemelo Digital como la temática seleccionada de entre las tres propuestas en la pauta de la actividad. Para ello se abordan tres preguntas: en qué consiste el Gemelo Digital, cuánto puede costar un proyecto de este tipo y cuántos sistemas se necesitarían para modernizar una sección de planta, y qué ventajas podría tener realizar dicha modernización.

2. Objetivo

Analizar el Gemelo Digital (Digital Twin) como tecnología de modernización aplicable a una sección de planta industrial, mediante la caracterización técnica de la tecnología, la estimación de costos y de la cantidad de sistemas necesarios a partir de rangos de precio documentados en la literatura comercial, y la evaluación de sus ventajas, con el propósito de fundamentar una recomendación de adopción para la modernización de una sección de planta industrial. El informe se limita al caso de una sección hipotética de veinte activos críticos considerados como piloto, con estimaciones de costo en dólares estadounidenses a la fecha de elaboración de este documento, sin considerar una implementación técnica real, datos de una planta específica ni un análisis financiero de retorno de inversión detallado.

3. Metodología

Para elaborar este informe se siguieron cuatro pasos secuenciales: selección del Gemelo Digital como temática a desarrollar de entre las tres propuestas en la pauta de la actividad, búsqueda y recopilación de fuentes técnicas y comerciales sobre definiciones, rangos de costo y ventajas del Gemelo Digital en manufactura, construcción de una síntesis de la escala de sistemas necesaria a partir del enfoque de escalamiento gradual documentado en la literatura, y redacción y revisión final del contenido, incluyendo la verificación de que cada cifra citada proviniera de una fuente identificable. Para transparentar qué parte de este proceso corresponde a mi aporte y cuál al apoyo de un sistema de IA generativa, se utilizó como método de declaración el marco Ciencia Generativa (Alarcón, 2026), según se detalla en la siguiente subsección.

3.1. Uso de IA

Se utilizó IA generativa durante la elaboración de este informe. El marco Ciencia Generativa (Alarcón, 2026) distingue entre roles centrales (Conceptualización, Metodología y Validación), que deben mantenerse bajo responsabilidad exclusivamente humana, y roles de apoyo (como Investigación, Análisis formal, Redacción del borrador original, Revisión y edición o Visualización), que pueden desarrollarse en colaboración con un sistema de IA. Siguiendo este marco, se delimitó desde el inicio que la selección del tema, la estructura del informe y la validación final del contenido permanecerían bajo mi responsabilidad exclusiva, mientras que la IA apoyaría la búsqueda de fuentes, la síntesis de rangos de costo y el formato del documento.

El modelo utilizado fue Claude Sonnet 5, a través de la plataforma Claude (Cowork).

Declaración de contribuciones según el marco Ciencia Generativa (Alarcón, 2026):

Diego Ignacio Poveda Crisosto (Humano): Conceptualización, Metodología, Validación.

Claude Sonnet 5 (IA), plataforma Claude (Cowork): Investigación, Análisis formal, Redacción del borrador original, Revisión y edición, Visualización.

Evaluación de la IA sobre la distribución de roles: se le pidió a Claude Sonnet 5 evaluar, en base al registro completo de la interacción sostenida durante la elaboración del informe, si la distribución de roles descrita correspondía al aporte real de cada parte. La IA confirmó que la

elección del Gemelo Digital como tema, entre las tres opciones propuestas en la pauta, y la validación final del contenido fueron definidas y aprobadas por mí en cada etapa, mientras que su propia participación se limitó a la búsqueda de fuentes de costos y ventajas, la síntesis de esa información en tablas comparativas y la elaboración del formato del documento en Word, sin haber intervenido en la elección del enfoque de escalamiento ni en la postura personal expresada en la discusión. La IA no reportó discrepancias entre esta descripción y el proceso efectivamente seguido, por lo que la distribución de roles indicada no se basa únicamente en mi propio criterio, sino que fue contrastada con la evaluación del sistema con el que interactué.

4. Resultados

4.1. Definición técnica del Gemelo Digital

El Gemelo Digital es una réplica virtual de un proceso, sistema, servicio o producto físico, mantenida actualizada mediante flujos continuos de datos provenientes del activo real (NNIT, s. f.). A diferencia de una simulación tradicional, que permanece estática hasta que un usuario la actualiza manualmente, un Gemelo Digital recibe información en tiempo real desde sensores instalados en el activo físico, lo que permite reflejar su estado y comportamiento actual con mayor fidelidad.

4.2. Estimación de costos y cantidad de sistemas necesarios

La Tabla 1 presenta los rangos de costo documentados para un proyecto de Gemelo Digital según su escala, de acuerdo con Shah (2026).

Escala del proyecto	Rango de costo (USD)
Prueba de concepto	10.000 a 45.000
Gemelo Digital de un solo activo	45.000 a 100.000
Proyecto industrial de escala media	100.000 a 250.000
Empresa o múltiples sitios	250.000 o más
Rango específico documentado para manufactura	50.000 a 500.000 o más

Tabla 1. Rangos de costo de un proyecto de Gemelo Digital según su escala (adaptado de Shah, 2026).

Para una sección hipotética de veinte activos críticos considerada como piloto, la literatura documenta un rango de inversión más específico. IIoT World (2026) reporta que un despliegue piloto de entre diez y veinte activos requiere una inversión de fase inicial de entre 80.000 y 230.000 dólares, cifra que cubre sensores, configuración de la plataforma e integración, con un plazo de implementación de entre diez y catorce semanas y un periodo de retorno de la inversión de entre doce y dieciocho meses.

Respecto de la cantidad de sistemas de Gemelo Digital necesarios, McCue (2026) recomienda iniciar con un solo activo o una sola línea de producción antes de expandir el alcance, en vez de desplegar Gemelos Digitales para toda la sección de planta de manera simultánea. Aplicando este criterio a la sección hipotética de veinte activos de este informe, correspondería construir inicialmente un sistema de Gemelo Digital que represente una línea o subproceso representativo del conjunto, y evaluar sus resultados antes de replicar el modelo al resto de los activos de la sección.

4.3. Ventajas documentadas de la modernización mediante Gemelo Digital

La Tabla 2 resume las ventajas documentadas por NNIT (s. f.) para la incorporación de Gemelos Digitales en manufactura.

Ventaja	Descripción
Confiabilidad de equipos	Mayor dependencia de la maquinaria y de los sistemas de producción
Eficiencia operacional	Mejora de indicadores OEE mediante la reducción de tiempos muertos
Reducción de costos de mantenimiento	Intervenciones predictivas previas a la falla del equipo
Velocidad de producción	Ciclos de manufactura más rápidos
Calidad	Mejores estándares de producto a partir de datos de desempeño real
Cadena de suministro	Distribución y entrega más eficiente

Tabla 2. Ventajas de la modernización mediante Gemelo Digital (adaptado de NNIT, s. f.).

5. Discusión

5.1. Sobre el enfoque piloto frente a un despliegue completo

Me parece acertado el criterio documentado por McCue (2026) de iniciar con un solo activo o una sola línea antes de escalar el Gemelo Digital al resto de la sección de planta. Desplegar veinte sistemas de Gemelo Digital de forma simultánea implicaría comprometer de inmediato el tramo superior del rango de inversión documentado, sin haber validado antes si el modelo virtual realmente refleja con precisión el comportamiento del activo físico. Considero que empezar por una línea representativa permite corregir errores de modelado a bajo costo antes de replicarlos veinte veces.

5.2. Sobre la estimación de costos

Considero razonable que la inversión de fase inicial reportada por IIoT World (2026) para un piloto de diez a veinte activos, entre 80.000 y 230.000 dólares, sea coherente con el rango intermedio documentado por Shah (2026) para un proyecto industrial de escala media. Esta coincidencia entre dos fuentes distintas me da más confianza en que el orden de magnitud de la inversión para la sección hipotética de veinte activos de este informe es razonable. Sin embargo, reconozco una limitación importante: ambas fuentes advierten que sus cifras no siempre incluyen el costo completo de integración con sistemas de control existentes en la planta, por lo que el costo real de un caso concreto probablemente sea mayor al límite superior reportado.

5.3. Sobre las ventajas documentadas

De las ventajas reportadas por NNIT (s. f.), me parece que la reducción de costos de mantenimiento mediante intervenciones predictivas es la más relevante para justificar la inversión calculada en la sección 4.2, ya que es la ventaja más directamente comparable con el costo de una falla no planificada en un activo crítico. La mejora en la eficiencia operacional también me parece relevante, aunque su valor es más difícil de cuantificar sin datos reales de la planta, por lo que mi postura es que un caso de negocio para adoptar Gemelo Digital debería apoyarse primero en el ahorro de mantenimiento antes que en las ventajas de eficiencia u optimización de la cadena de suministro, cuyo efecto es menos inmediato.

5.4. Sobre el uso real de IA en este informe

Sobre el uso real que hice de la IA en este informe, mi valoración es positiva. Claude fue útil para encontrar y organizar rápidamente rangos de costo y ventajas provenientes de múltiples fuentes dispersas, tarea que de forma manual me habría tomado bastante más tiempo, y para estructurar esa información en la tabla de la sección de Resultados. Al mismo tiempo, tuve que revisar con cuidado que cada cifra realmente proviniera de la fuente citada y no fuera una aproximación genérica, y decidir yo mismo qué escala de proyecto usar como referencia y qué postura tomar frente a la conveniencia del enfoque piloto, ya que esas decisiones no pueden delegarse sin perder el criterio propio que se espera de este informe. Esa experiencia confirma, en la práctica, lo que plantea el marco utilizado: la IA acelera bastante el trabajo de apoyo, pero el criterio final necesita revisión humana activa.

6. Conclusiones

Los principales aportes de este informe son tres. Primero, que el Gemelo Digital es una réplica virtual de un activo físico actualizada en tiempo real, lo que lo distingue de una simulación estática tradicional. Segundo, que modernizar una sección hipotética de veinte activos críticos mediante un proyecto piloto de Gemelo Digital implica una inversión inicial estimada de entre 80.000 y 230.000 dólares, cifra coherente con los rangos ya documentados en la literatura comercial revisada, y que dicho piloto corresponde inicialmente a un solo sistema de Gemelo Digital por línea o subproceso representativo antes de escalar al resto de la sección. Tercero, que las principales ventajas de esta modernización se concentran en la reducción de costos de mantenimiento y la mejora de la confiabilidad de los equipos. A partir de estos hallazgos, se recomienda adoptar un enfoque de piloto acotado que reduzca el riesgo financiero frente a un despliegue simultáneo de Gemelo Digital en toda la sección de planta.

Licencia

Este trabajo se disponibiliza a través de licencia CC 4.0.

Licencia: Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) - <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> - versión actualizada 2026-09-22.

Bibliografía

- Alarcón, C. (2026). Generative Science as an analytical framework for integrating the full capabilities of generative artificial intelligence into scientific research while preserving scientific recognition. Generative Science Preprints, 2026(07), 19055673. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19055673>
- Shah, C. (2026, 13 de mayo). Digital Twin Cost: Everything You Need to Know (2026 Guide). Azilen. <https://www.azilen.com/blog/digital-twin-cost/>
- McCue, S. (2026, 25 de julio). Digital Twins in Manufacturing: What They Cost, What They Return, and How to Build One. Frame Sixty. <https://framesixty.com/digital-twin/>
- IIoT World. (2026, 25 de agosto). Build a Factory Digital Twin in 14 Weeks. <https://www.iiot-world.com/smart-manufacturing/factory-digital-twins-2026/>
- NNIT. (s. f.). What is Digital Twin Technology and How It Benefits Manufacturing in the Industry 4.0 Era? <https://www.nnit.com/insights/articles/digital-twin-technology-benefits>