

The logo for FARO Technologies, featuring the word "FARO" in a bold, white, sans-serif font with a registered trademark symbol. The background of the entire page is a blue-tinted image of a person in a safety vest and hard hat walking through a futuristic, industrial-looking environment with glowing blue lines and structures.

## ¿Podría el colapso de Arecibo ser el último de su tipo?

Cómo puede transformar la tecnología de gemelos digitales el diagnóstico de fallas, el mantenimiento predictivo y el desarrollo de productos

Por: Patrick Bohle, vicepresidente de marketing de soluciones de FARO® Technologies, Inc.

[www.faro.com](http://www.faro.com)

Como si el año pasado necesitara más malas noticias, la comunidad científica mundial recibió un duro golpe durante las últimas semanas: el famoso observatorio [radioastronómico](#) de Arecibo, en Puerto Rico, se derrumbó.

El observatorio se encontraba en pleno desmantelamiento preventivo después de que dos cables fallaran durante el verano y el otoño. La primera falla abrió una brecha de 30 metros en la antena reflectora de 305 metros de diámetro del observatorio, y el lugar fue cerrado temporalmente para su reparación. Una segunda falla en noviembre sentenció el destino de Arecibo, ya que los ingenieros concluyeron que la instalación no podía salvarse. Se ordenó una evacuación total.

[Uno de los científicos](#) calificó el desmantelamiento como “un golpe científico; el fin de una era”.

El colapso de Arecibo fue una pérdida trágica para la comunidad científica, pero también para el público en general; ningún otro radiotelescopio fue tan famoso, apareciendo en películas como la superproducción de James Bond *GoldenEye* y *Contact de 1997*. Para los que conocían su emblemática estructura, Arecibo tenía su propia personalidad: una gigantesca antena parabólica que exploraba el cielo, escuchando pacientemente las señales de radio de otros mundos o el sonido ambiental del universo en busca de pistas

reveladoras sobre sus orígenes.

Construido a principios de la década de 1960, esta maravilla tecnológica de 57 años de antigüedad siguió siendo el [mayor radiotelescopio de una sola unidad del mundo](#) hasta 2016, cuando el FAST (radiotelescopio esférico de quinientos metros de apertura) comenzó a funcionar en China.

Superado en 2016. Destrozado en 2020. Un final indigno para un telescopio tan famoso.

## “¿Acaso estamos viendo doble?”

¿Pero qué pasaría si una tragedia como esta no volviera a suceder jamás? ¿Y si una falla a futuro —de una estructura, un edificio o incluso una pieza ensamblada— pudiera predecirse no con semanas o meses, sino años de antelación, incluso antes de la producción en serie de sus componentes? Gracias a la tecnología de gemelos digitales, el proceso por el que los objetos físicos se convierten en réplicas digitales, mediante escaneo láser 3D y se supervisan y modelan con análisis de datos en tiempo real basados en la nube, se está convirtiendo en algo real.

De hecho, se espera que, en los próximos años, el mercado mundial de gemelos digitales alcance una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR, por sus siglas en

inglés) de casi [38%](#), hasta llegar a USD 16,400 millones en 2024. Se prevé que cerca de la mitad de ese crecimiento, 41%, se produzca solo en Norteamérica, con un predominio de los sectores automovilístico y aeroespacial.

En términos generales, la supervisión del estado de las estructuras y el mantenimiento predictivo, con ayuda de los gemelos digitales, representan el umbral al que esta tecnología puede llevar al mundo. Por ejemplo, en un [estudio reciente en el Reino Unido](#), se instalaron sensores de fibra óptica en dos puentes ferroviarios de Staffordshire (West Midlands) durante su construcción, midiendo en tiempo real la “evolución de la tensión” y la “distribución de la tensión” como prueba de concepto. Según el reporte, esta información, combinada con un modelo predictivo de “elementos finitos” obtenido a través de los datos de los sensores de la estructura, “puede utilizarse para establecer una línea de base de desempeño, logrando así una supervisión del estado a largo plazo y una gestión de activos informada por los datos a medida que se recopilan los datos de los sensores durante la vida útil de los puentes”.

En otras palabras, podría significar que las fallas de ingeniería como las que sufrió Arecibo (y otras similares) podrían pasar pronto a la historia.

Por ejemplo, si Arecibo se hubiera escaneado con láser 3D y equipado con sensores de control que detectaran la resistencia a la tracción de sus cables primarios y auxiliares, se podría haber hecho un seguimiento de la integridad de la estructura a largo plazo. Asimismo, las simulaciones de modelos tendrían en cuenta las tensiones físicas ocasionadas por los frecuentes huracanes, los terremotos periódicos y la humedad casi constante de la región, así como el impacto de esas tensiones en el desempeño estructural durante varias décadas. Los datos meteorológicos y sismológicos, tanto históricos como en tiempo real, contribuirían

a la precisión de la simulación digital. Aunque los ingenieros ya realizan inspecciones periódicas de las estructuras que construyen, la tecnología de gemelos digitales permite obtener una visión casi instantánea sin precedentes y tiempos de reacción mucho más rápidos.

No se trata solo de la predicción de fallas y de la supervisión del estado de las estructuras de larga duración, como Arecibo, sino de cualquier estructura (como una fábrica) o pieza (como una turbina de avión) en la que se desee realizar una supervisión y modelado durante la construcción o reacondicionamiento para un uso nuevo o adaptado. Los cables auxiliares de Arecibo se incorporaron en la década de los 90 sin la ventaja del mantenimiento predictivo. Pero piense en lo que ocurrirá cuando la próxima generación de telescopios terrestres, digamos dentro de 20 años, eclipse al FAST de China y se construya desde cero con tecnología de gemelos digitales.

## Gemelos digitales en un entorno de beneficio mutuo

La respuesta corta es un producto mejor, más sólido y más seguro, comercializado en un tiempo potencialmente récord. También significa una mayor flexibilidad a la hora de compartir esos datos de forma remota y más rápida, dando a los fabricantes la posibilidad de acceder a los modelos en cualquier parte del mundo, pero con la ventaja de una completa sincronización entre los activos físicos y digitales.

Lo mejor de todo es que casi cualquier industria se beneficia, al igual que los consumidores. En el caso de la industria automovilística, la recopilación de datos de gemelos digitales de vehículos que circulan en tiempo real tiene el potencial de proporcionar algún día métricas de desempeño de incalculable valor, que podrían ayudar a avanzar en el diseño de los vehículos, mejorar

las normas de seguridad y de eficiencia de combustible y, tal vez, servir de catalizador para la adopción acelerada de vehículos eléctricos gracias a la mejora del desempeño de las baterías junto con la tecnología de frenado regenerativo. Para los fabricantes, los productos también pueden comenzar su ciclo de vida completamente en el ámbito digital, donde un modelo 3D puede simular el desempeño en el mundo real.



Las propias fábricas de automóviles también podrían aprovechar la tecnología de los gemelos digitales supervisando cualquier cosa, desde la sustentabilidad y el desempeño de las instalaciones, hasta las operaciones y el mantenimiento, e incluso la salud y el bienestar de los ocupantes y los empleados. En un futuro cercano, las fábricas de todo tipo se beneficiarán con ciclos de planificación y construcción más cortos, plazos de entrega más rápidos de los automóviles y modelos, mayor confiabilidad y eficiencia, más automatización y, tal vez lo más interesante, la capacidad de adoptar un enfoque de “construcción desde el lugar donde se encuentre”, es decir, copiar las especificaciones de diseño de una planta física y construirla en otro lugar del mundo, más cerca del mercado de la demanda. Tales decisiones tendrán profundas repercusiones en las economías de escala.

El mismo potencial de mantenimiento predictivo y construcción en fábrica se aplica también a las aeronaves. Equipadas

con sensores remotos y compartidos a través de la nube, parámetros como el desempeño de la turbina, los controles hidráulicos y el sistema de control ambiental de la aeronave (de particular importancia en la era post-COVID) pueden supervisarse instantáneamente y mejorarse antes de que ocurran los problemas. También, en este caso, un gemelo digital puede comenzar a funcionar virtualmente con el máximo desempeño, incluso antes de que se ensamblen las primeras piezas físicas de la aeronave.

## Qué es un gemelo digital, qué no es y qué puede hacer por usted



No obstante, la clave para adoptar la tecnología de gemelos digitales reside en comprender que un gemelo digital no es lo mismo que un modelo digital.

Los modelos digitales son representaciones estáticas de activos físicos. Es una tecnología que se utiliza cada vez más desde la década de 1980. Un gemelo digital es un modelo 3D con esteroides, un “documento vivo”, sincronizado con el activo físico. Si se cambia algo en ese activo, el modelo digital se actualiza en consecuencia, lo que se consigue mediante un software basado en la nube y la creciente variedad de tecnología del Internet de las cosas (IoT) que aumenta el activo físico. En el afán por adoptar esta tecnología, es importante no pasar por alto esta diferencia.

Aplicado a los proyectos de arquitectura, construcción e ingeniería del mundo, cabe esperar que la tecnología de gemelos digitales:

- Genere eficiencia a lo largo de todo el ciclo de vida del producto o del activo.
- Obtenga información sobre los patrones de uso de los clientes en tiempo real, que se incorporará a las simulaciones digitales en 3D y dará lugar a mejoras adicionales.
- Prediga los fallos y el mantenimiento basándose en los datos del mundo real que se introducen en el modelo.
- Cree un “vínculo digital” mediante el cual se puedan conectar remotamente sistemas y procesos dispares.
- Solucione problemas sin tener que desplazarse al activo físico.
- Comprenda mejor las interrelaciones entre los sistemas dentro de los sistemas que completan un producto final (piense en edificios, aeronaves, automóviles, etc.).
- Supervise y evalúe las estructuras históricas y los puntos de referencia para un mantenimiento continuo o reparación precisa.

A medida que crezca la tecnología IoT, con una cuota de mercado mundial estimada en [USD 1,300 millones](#) para 2026 y unos 75,000 millones de dispositivos conectados a Internet, el alcance de los gemelos digitales no hará más que aumentar. Y aunque el gasto inicial y la migración de datos es un factor

de conversión necesario, el retorno de la inversión de los gemelos digitales es elevado, lo que justifica su implementación.

## “Mirror Worlds”, materializado

En 1963, cuando el Observatorio de Arecibo entró en funcionamiento, era un mundo diferente. Una de las primeras supercomputadoras, la [Atlas](#), comenzó a funcionar en el Reino Unido con una capacidad de memoria de 48,000 palabras, es decir, unos 96 kilobytes. Todavía faltaban cuatro años para que aparecieran los primeros artículos científicos, por no hablar del hardware real para la computación en red, los fundamentos de la Era Digital. Hoy en día, la tecnología de gemelos digitales es el resultado de estos esfuerzos pioneros.

A medida que las empresas y los fabricantes emergen de la pandemia global, pensar y maniobrar mejor que la competencia comienza con la adopción de soluciones innovadoras destinadas a acelerar el tiempo de decisión, distribuir mejores datos con mayor rapidez y compartir esa información con todas las partes interesadas del proyecto en cualquier parte del mundo, de forma totalmente remota.

La tecnología de gemelos digitales es el enfoque de modelado dinámico en tiempo real que permite lograr precisamente eso.

## Plan de seis puntos para desarrollar una estrategia de gemelos digitales

- 1 Evaluación de los activos:** haga un balance de sus instalaciones e inventario actuales. ¿Cuál es el costo actual de mantenimiento y supervisión? ¿Con qué frecuencia hay tiempo de inactividad? ¿Cuánto dura el tiempo de inactividad? ¿Cuáles son los costos de mano de obra y tiempo extra para atender las emergencias? ¿Cuál es su tiempo actual para la toma de decisiones?
- 2 Subcontratación o contratación interna:** la adopción de una estrategia de gemelos digitales puede subcontratarse por completo a un tercero o la actualización puede realizarse de forma interna. Determine qué enfoque es el más adecuado para sus necesidades y si tiene la capacidad de flexibilizar su equipo interno.
- 3 Búsqueda de aportaciones de las partes interesadas:** identifique dónde y cómo se puede maximizar la alineación entre todas las partes implicadas para la supervisión de los activos. ¿Cómo se integrará el modelado de gemelos digitales con sus flujos de trabajo actuales? ¿Cuál es el retorno de la inversión previsto para esta iniciativa?
- 4 Conocimiento del mercado:** investigue qué están haciendo los encargados de las instalaciones y las operaciones en lugares similares o relacionados. ¿Todos en la región en la que usted opera están adoptando estrategias de gemelos digitales? Revise las publicaciones comerciales y anote los titulares de los invitados o cualquier cita atribuida en la historia que hable de este tema. Supervise las redes sociales.
- 5 Revisión de los sitios web de los proveedores:** dedique tiempo a visitar los sitios web de los proveedores para comprender su portafolio de productos y determinar cuáles son los que mejor se adaptan a sus necesidades. Reduzca su búsqueda a 2 o 3 opciones, póngase en contacto con los proveedores y solicite una demostración. Asegúrese de que esta incluya una instalación de muestra, destacando los flujos de trabajo de principio a fin. Por último, solicite a los proveedores que realicen inspecciones presenciales de sus instalaciones o activos físicos.
- 6 Participación de los equipos:** incluya a los directores de TI, directores de operaciones e integrantes del equipo directivo. Una vez aprobados los presupuestos, finalice cualquier decisión con el director financiero o el personal con poder de compra.