Los gemelos digitales o *digital twins* son versiones virtuales de objetos o procesos que, alimentándose de *big data* y haciendo uso del internet de las cosas (IoT), permiten conocer y comprender el funcionamiento y el comportamiento de algo físico a través de su modelo informático equivalente. Aplicando la misma filosofía a la medicina, surge la idea de las versiones digitales de las personas, o modelos digitales que reproducen la composición de nuestro organismo, y que ayudarán a predecir y evitar enfermedades.

En abril de 1970, dos días después de haber despegado de la Tierra con destino la Luna, la misión Apolo 13 sufrió un accidente que estuvo a punto de costarle la vida a los tres astronautas de la tripulación. En concreto, la explosión de un tanque de oxígeno inhabilitó el módulo de servicio del que dependía el módulo de mando. Los problemas relacionados con la pérdida de temperatura de la nave, la congelación del agua potable y la

avería del sistema de respiración artificial, crearon una situación crítica que obligó a abortar la misión y retornar.

A 321.000 kilómetros de nuestro planeta, poco se podía hacer desde el centro de control de Houston, y, sin embargo, desde allí consiguieron traer vivos de vuelta a James Lovell, John Swigert y Fred Haise. Una de las claves del rescate fue utilizar en tierra una réplica exacta del módulo de la misión para poder probar distintas soluciones a los problemas de supervivencia a los que se enfrentaba la tripulación en el espacio.

Entre otras cosas, gracias al módulo gemelo, los ingenieros de tierra enseñaron a los astronautas a construir, con material del que disponían en la nave, un sistema de purificación de oxígeno cuando los niveles de dióxido de carbono subieron en el habitáculo, poniendo en peligro la vida de los tres hombres. El 17 de abril, la cápsula amerizaba con su tripulación sana y salva.

Cuarenta años después de esa epopeya, el uso de gemelos se está convirtiendo en una práctica habitual en la ciencia y la industria. Solo que ahora, los modelos físicos de antaño han evolucionado al entorno digital, y hablamos de *gemelos digitales*. Estos gemelos digitales no son otra cosa que reproducciones virtuales de sistemas físicos alimentados de ingentes cantidades de datos, que permiten conocer a la perfección, tanto el funcionamiento presente, como el comportamiento futuro y, por ejemplo, poder predecir averías antes de que se produzcan.

Pero los usos de los gemelos digitales van más allá de la fabricación y la monitorización de máquinas, y se extienden –por lo menos en teoría- a otros campos, uno de los cuales es la medicina. Las visiones más vanguardistas en este campo ya predicen la creación de gemelos digitales de personas, es decir, el desarrollo de versiones digitales de nosotros mismos, que ayuden a los médicos a conocer nuestro estado de salud en cada momento y a predecir las enfermedades, incluso antes de que se manifiesten.

Parece ciencia ficción, ¿verdad? Pues no lo debe ser tanto: la iniciativa DigiTwin defiende el objetivo de que todo ciudadano europeo tenga su gemelo digital.

Avatares para entender las cosas reales

Un gemelo digital es una representación virtual de un sistema físico que se erige en paralelo a este como una entidad independiente. Se trata de un ente evolutivo que se alimenta de la conducta pasada y presente del objeto físico o del proceso en cuestión. El avatar combina el modelado y la simulación utilizando sensores y recibiendo *big data*.

La llegada del internet de las cosas ha permitido que los gemelos digitales puedan recolectar datos procedentes del objeto físico de manera continua a lo largo de todo su ciclo de vida.

A modo de ejemplo, el gemelo digital de un prototipo de automóvil debe reproducir cada parte del vehículo en 3D y replicar el mundo físico en el que circula de una forma tan precisa que un conductor de la réplica virtual recibe las mismas respuestas que si pilotase el modelo real. Los procesos también pueden tener gemelos, por ejemplo, una cadena de producción puede ser simulada y operada como si fuese su contraparte física.

La llegada de los gemelos digitales ha sido impulsada en los últimos tiempos por el salto tecnológico que estamos conociendo en distintos campos. Por una parte, la capacidad de recolectar datos que proporciona el internet de los datos (IoT) ha ido acompañada del abaratamiento de esta actividad, haciendo más asequible el nutrir de información al gemelo digital.

Además, los avances en la analítica y en las técnicas de simulación digital aportan cada vez mejores

resultados a la hora de procesar y estudiar inmensas cantidades de información. Si a ello le sumamos el papel de la inteligencia artificial, los progresos son increíbles en el campo de la predicción de riesgos y en la simulación de soluciones al utilizar gemelos que clonan digitalmente objetos o procesos.

Finalmente, la evolución de los interfaces para relacionarnos con las máquinas ha permitido mejorar la forma de manejar y aproximarnos a estas réplicas virtuales. Son tecnologías como el reconocimiento de voz y los asistentes virtuales o la realidad aumentada.

En principio, el uso de gemelos está más extendido en la industria pesada, como el sector aeroespacial, el de automoción o el de maquinaria, y en el refinado de petróleo y gas. Esto era debido al alto coste que implicaban y el esfuerzo que suponía implementarlos. No obstante, pronto podrían extenderse a otras áreas, como la gestión urbana, el comercio minorista o el cuidado de la salud.

Usos avanzados de los gemelos digitales

Este planteamiento tan vanguardista de estudiar el comportamiento de un sistema físico por medio de un doble virtual, cada vez presenta una mayor utilidad, a medida que las tecnologías implicadas en su desarrollo y funcionamiento evolucionan. Por ejemplo:

Aceleran el proceso de diseño de productos innovadores

Con los modelos digitales se pueden crear fácilmente y sin coste prototipos de nuevos productos y estudiar con ellos las interacciones con el entorno, su rendimiento e incluso la experiencia de cliente. La empresa de automoción Maserati ha conseguido reducir el tiempo de desarrollo de nuevos vehículos en una tercera parte, utilizando modelos virtuales de los automóviles en los que se llevan a cabo todo tipo de pruebas de control de calidad y de rendimiento, que antes se llevaban a cabo con prototipos físicos.

*Mejorar la eficiencia de los proceso*s

El crear gemelos digitales de determinados procesos permite identificar sus ineficiencias y cuellos de botella para poder mejorarlos. La empresa Maserati, antes citada, ha utilizado un modelo digital de su cadena de producción para estudiar la situación y el posicionamiento de los autómatas, con el fin de ahorrarles movimientos innecesarios, y de esta manera optimizar el funcionamiento de la línea de producción.

La optimización del día a día

El alimentar los dobles virtuales de forma constante con datos en tiempo real ayuda a monitorizar la ejecución diaria de procesos y el funcionamiento de los productos. Esto permite conocer sus fallos y, en consecuencia, mejorarlos.

Una herramienta para el mantenimiento predictivo

En las réplicas se puede pueden estudiar los riesgos de fallo o mal funcionamiento de los sistemas originales, anticipándolos y tomar medidas proactivas correctoras para que no se produzcan. Este particular puede ahorrar mucho dinero en tareas de mantenimiento. La compañía General Electric utiliza gemelos virtuales de sus motores de aviones para analizar su funcionamiento y rendimiento en todo tipo de circunstancias y situaciones, y con ello, persigue poder predecir su tiempo de vida útil.

Planificación de grandes cambios estructurales

Un último ejemplo de aplicación de las réplicas virtuales puede ser la planificación del desarrollo de nuevas infraestructuras urbanas. Por ejemplo, puede ayudar a determinar qué efecto tendrá la ampliación de un barrio sobre los distintos aspectos de la ciudad (tráfico, transporte público, demanda energética...).

Digitalizando el cuerpo humano

Ya es de por sí un concepto vanguardista el crear copias digitales de las cosas, pero lo realmente disruptivo es poder hacer lo mismo con las personas. ¿Podremos tener algún día una copia digital exacta de nuestro organismo alimentada por millones de datos, históricos y recibidos en tiempo real, procedentes de nuestro "yo físico"? Hay quien piensa que algún día será posible.

Sin duda, estas personas virtuales serán uno de los grandes avances de la tecnología médica de los próximos tiempos. Se tratará de sistemas que permitirán al personal médico realmente llegar a conocer al paciente, al disponer de información completa y en tiempo real sobre su condición física, su nivel de respuesta a los tratamientos, el ecosistema en el que se desenvuelve, la reacción ante los medicamentos e incluso sobre sus valores y objetivos vitales.

El gemelo virtual de un ser humano nos puede aportar información instantánea sobre cómo afectan a su salud cambios en el entorno (por ejemplo, una nueva residencia u ocupación), en el estilo de vida (como puede ser una dieta alimenticia distinta) o en las costumbres (empezar a practicar un deporte podría ser un caso).

También nos permitirá establecer correlaciones entre los distintos episodios clínicos que experimenta el paciente (por ejemplo, entre una subida de la tensión arterial y la ingestión de un medicamento). Y, por supuesto, sería una herramienta para óptima para poder evaluar el resultado de un tratamiento día a día. Todos los cambios y la evolución del organismo físico quedarían reflejados en el virtual.

La recreación virtual de órganos

No nos engañemos, el organismo humano es infinitamente más complejo que el motor del avión más sofisticado o que la cadena de producción más automatizada. La creación de réplicas virtuales cada vez más perfectas de humanos depende en gran medida de lo profundo que sea nuestro conocimiento del cuerpo humano. Y existen aspectos, como el cerebro, que todavía albergan muchas incógnitas para la ciencia médica.

No obstante, poco a poco van surgiendo experiencias en torno a la recreación digital de partes del organismo. La empresa Dassault tiene en marcha el proyecto *Living Heart*[1], que se basa en construir modelos del corazón en 3D para monitorizar la circulación sanguínea y probar de forma virtual fármacos en proceso de desarrollo, así como predecir posibles arritmias producidas por medicamentos, incluso en pacientes que viven en la otra parte del mundo.

El centro de investigación DZNE y Hewlett Packard están utilizando la arquitectura computacional MDC (*Memory-Driven Computing*) para analizar a una población de 30.000 personas mayores de 30 años, en busca de las causas del Alzheimer. El objeto es analizar millones de datos para poder determinar qué biomarcadores indican la probabilidad de que una persona joven desarrolle enfermedades neurológicas más adelante en su vida[2].

Y otro ejemplo más: el proyecto *EPFL Blue Brain*[3] utiliza un supercomputador para reconstruir digitalmente el cerebro de un mamífero, de cara a comprender mejor su funcionamiento, realizando para ello simulaciones con el sistema.

Un gemelo digital para cada europeo

Sin duda, la iniciativa más ambiciosa en este campo es la emprendida por DigiTwins, que defiende la creación de un gemelo virtual que acompañe a cada europeo desde su nacimiento, evolucionando y reaccionando como lo hace la persona real. El filantrópico objetivo que inspira este programa es transformar el sector del cuidado de la salud y el bienestar personal, en beneficio de la sociedad y los ciudadanos.

Los modelos en detalle de cada paciente estarán asociados a la plataforma DigiTwins, un sistema de aprendizaje automático, para lograr una verdadera personalización de las terapias, la prevención y el bienestar. Supondrá –de acuerdo con sus responsables- una aproximación innovadora a la investigación biomédica, que será capaz de analizar mecanismos biológicos demasiado complejos para ser tratados con las herramientas convencionales.

En el momento actual, DigiTwins está poniendo en marcha proyectos piloto, como es el caso de *ITFoC*, en el que colaboran la Comisión Europea y algunos Estados miembros, que utiliza modelos de pacientes virtuales en oncología con el objeto de predecir la respuesta de la persona a un tratamiento. Se alimenta de datos moleculares (exoma, transcriptoma y metaboloma) de pacientes individuales y de tumores.

¿Llegaremos algún día a tener un doble virtual que crezca y envejezca con nosotros? La extrema complejidad del cuerpo y la mente humanos lo convierte en un sueño difícil de realizar, si no imposible. El organismo humano, a diferencia de las máquinas, no está compuesto de piezas que puedan analizarse por separado. Las profundas interacciones entre los distintos órganos y sistemas obligan a su estudio como un todo indivisible. Supone un reto descomunal para la ciencia.

Y, sin embargo, aunque no sea capaz de crear réplicas exactas, esta tecnología probablemente nos depare grandes sorpresas en el campo de la ciencia médica a medio plazo.

Imagen de Pixabay