

# IA para una dosis significativamente menor y una mejor calidad de imagen

## Precise Image

### Resumen

Precise Image es un nuevo enfoque de Philips que utiliza Inteligencia Artificial (IA)\* para imágenes con una apariencia que se asemeja más a la de las imágenes típicas de retroproyección filtrada al tiempo que conserva las capacidades de reducción de ruido de los métodos avanzados de reconstrucción iterativa. De esta manera se obtienen imágenes de alta calidad con una apariencia familiar y en dosis bajas.

### Antecedentes

La retroproyección filtrada (FBP) fue el estándar de la industria para la reconstrucción de imágenes por TC durante décadas. Si bien es un método muy rápido, la FBP es una opción de algoritmo subóptima para datos obtenidos de forma incorrecta o para casos en los que el ruido sobrepasa la señal de la imagen, como es el caso de imágenes obtenidas con baja dosis o con potencia limitada del tubo. Con el tiempo, se han realizado mejoras incrementales en la FBP para superar algunas de sus limitaciones inherentes.

Philips introdujo un enfoque híbrido (iDose<sup>4</sup>) y un enfoque basado en modelos (IMR) para la reconstrucción iterativa con el fin de ayudar a personalizar la calidad de la imagen en función de las necesidades individuales del paciente a dosis bajas.

Este contenido no está destinado a un público estadounidense



Cuando se utiliza en combinación con las tecnologías avanzadas de los sistemas de TC de Philips, la reconstrucción iterativa ha ofrecido un enfoque único para gestionar factores importantes en la atención al paciente, como imágenes con baja energía, baja radiación y dosis bajas

Los algoritmos tradicionales para la reconstrucción iterativa suelen penalizar las imágenes ruidosas de alguna manera, por lo general mediante una función de diferencias entre vóxeles adyacentes en la imagen. Si bien son efectivas para reducir el ruido, estas funciones de penalización pueden producir una apariencia de imagen o textura ruidosa que difiere sustancialmente de la apariencia de las imágenes FBP tradicionales, que han resultado familiares para muchos radiólogos a lo largo de los años. Esta apariencia de imagen no familiar es una barrera significativa para la adopción de la tecnología para reducir la dosis en una amplia gama de aplicaciones clínicas. Si bien Philips IMR ha abordado la carga computacional de la reconstrucción basada en modelos y sus efectos sobre el tiempo de reconstrucción, la carga computacional sigue siendo un obstáculo para muchos fabricantes.

Ahora la inteligencia artificial ha ofrecido los avances que hacen posible el siguiente nivel de tecnologías de reducción de dosis, al combinar dosis bajas con una apariencia de imagen más familiar.

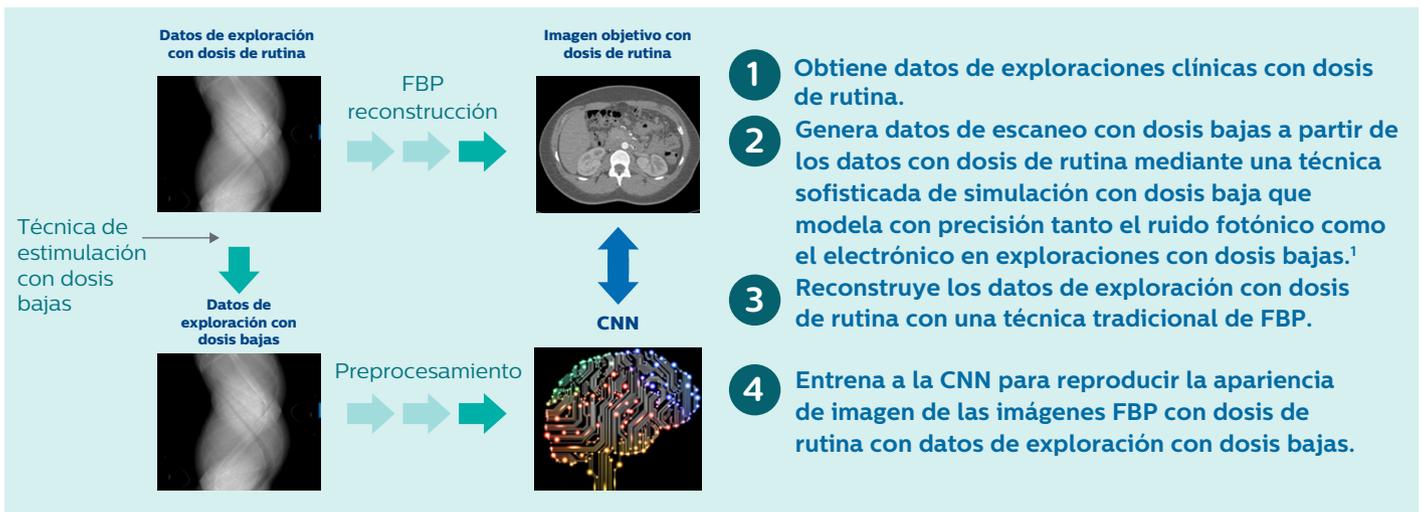
La reconstrucción de aprendizaje profundo de IA se entrena para obtener rápidamente imágenes de bajo ruido a partir de exploraciones con dosis bajas al compararlas con imágenes de dosis convencionales en un proceso de aprendizaje de IA. Este aprendizaje supervisado hace posible una imagen con una textura de ruido que se asemeja más a una imagen FBP típica, al tiempo que conserva las capacidades de reducción de ruido de los métodos de reconstrucción iterativos.

## Precise Suite

Precise Image es una de las muchas herramientas habilitadas para IA de Precise Suite de Philips, que incluye la inteligencia artificial integrada en las herramientas que usa el personal de salud todos los días para poder aplicar su experiencia al paciente, no al proceso.

## Cómo Precise Image entrena las redes neuronales

Precise Image sigue un proceso de aprendizaje supervisado para entrenar una red neuronal convolucional (CNN) de una manera específica.



**Figura 1** El proceso de entrenamiento para la reconstrucción de Precise Image AI.

### Un vistazo más detallado al aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo es una subcategoría del aprendizaje automático y la inteligencia artificial. Una red neuronal profunda (DNN) es una red neuronal artificial con neuronas artificiales o nodos dispuestos en múltiples capas entre las capas de entrada y salida de manipulación matemática. Las DNN complejas, como las de Precise Image, tienen muchas capas y la capacidad de modelar relaciones no lineales complejas. El diseño de una DNN actúa como la base que permitirá que la red alcance su objetivo de optimización de manera eficiente. Con Precise Image, la red se diseñó para abordar los desafíos específicos de la reconstrucción de imágenes y ha optimizado el número de nodos y capas dentro de la red para responder a la necesidad de una menor latencia y un tiempo de ejecución rápido al tiempo que resuelve el complejo desafío de optimización.

### Entrenamiento de la red neuronal

Si bien una DNN bien diseñada representa una gran promesa para la resolución de problemas complejos de optimización, es importante tener en cuenta que su eficiencia depende del entrenamiento que ha recibido. Si se realiza correctamente, una estrategia de entrenamiento supervisado implica ensamblar un conjunto de entradas y salidas que permitan una muestra suficiente del espacio problemático a resolver. Un enfoque bien razonado y exhaustivo en este punto es fundamental para lograr la robustez de la red. Para entrenar las redes neuronales de Precise Image, comenzamos con exploraciones con dosis de rutina con una apariencia de imagen clínicamente óptima. A partir de ahí, los datos exploratorios con dosis bajas se simulan de una manera que modela con precisión el ruido fotónico y electrónico.

A la red se le da la tarea de replicar la apariencia de las imágenes con dosis de rutina a partir de la entrada de dosis bajas. Al entrenar las redes de esta manera, son más resistentes a la variedad inherente a la TC producida por factores como la dosis de radiación aplicada, el tamaño y la anatomía del paciente.

### Validación de la red neuronal

Las redes neuronales entrenadas de Precise Image se validan mediante el uso de datos de pacientes obtenidos con una variedad de parámetros exploratorios a partir de una población diversa. Philips comienza proporcionando datos de dosis bajas simulados a partir de exploraciones con dosis de rutina como datos de entrada a las redes neuronales. Las imágenes con dosis bajas obtenidas de Precise Image se comparan con las imágenes con dosis de rutina reconstruidas mediante métodos estándar. Cuando la calidad de imagen de las imágenes con dosis bajas de Precise Image cumple o excede las reconstrucciones estándar con dosis de rutina, se confirma un entrenamiento suficiente de la red neuronal.

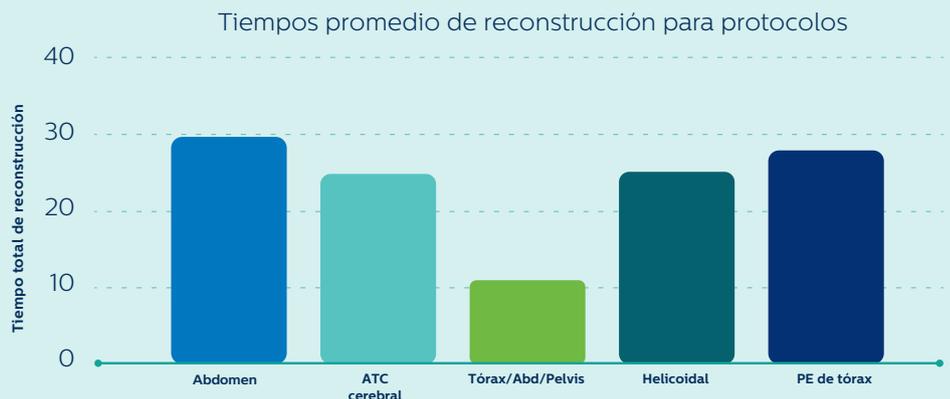
### La inferencia permite flujos de trabajo clínicos rápidos

Una vez entrenadas las redes, se fijan los pesos de los nodos y las capas de la DNN. Esto significa que las nuevas entradas en forma de datos de pacientes se pueden procesar rápidamente para respaldar los flujos de trabajo clínicos de alto rendimiento con la confianza diagnóstica mejorada que ofrece Precise Image.

Con el diseño inteligente de la red como base y el entrenamiento sólido completo, Precise Image ofrece la reconstrucción basada en inteligencia artificial más rápida de la industria.

## Reconstrucción de imágenes

Precise Image es el método más novedoso y robusto de reconstrucción de imágenes de TC de Philips, que utiliza los recientes saltos tecnológicos en la inteligencia artificial. Precise Image es una técnica de reconstrucción que utiliza una red neuronal entrenada de aprendizaje profundo. Precise Image ofrece la velocidad de reconstrucción más rápida de la industria al mantener la apariencia convencional de las imágenes FBP.



**Figura 2** Precise Image permite tiempos de reconstrucción promedio de 30 segundos o menos para protocolos comunes.

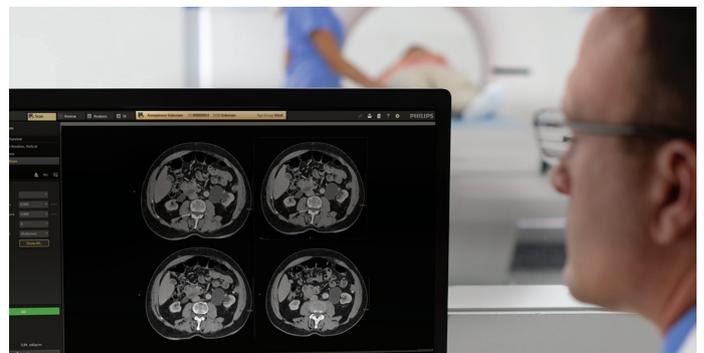
# Los datos clínicos, por sobre los estudios con fantasmas

Precise Image de Philips se ha probado ampliamente tanto en datos con fantasmas como en datos clínicos. Muchas estadísticas generales de calidad de imagen se calculan mediante el uso de imágenes con fantasmas. Sin embargo, Precise Image utiliza principalmente imágenes clínicas en el procedimiento de entrenamiento, en lugar de imágenes fantoma, para garantizar que las redes no se entrenen para simplemente dar buenos resultados sobre datos fantoma de rendimiento, sino para ofrecer imágenes clínicas mejoradas. Sin embargo, estos beneficios clínicos también se pueden medir sobre datos fantoma tradicionales con excelentes resultados, como se muestra en las siguientes secciones.

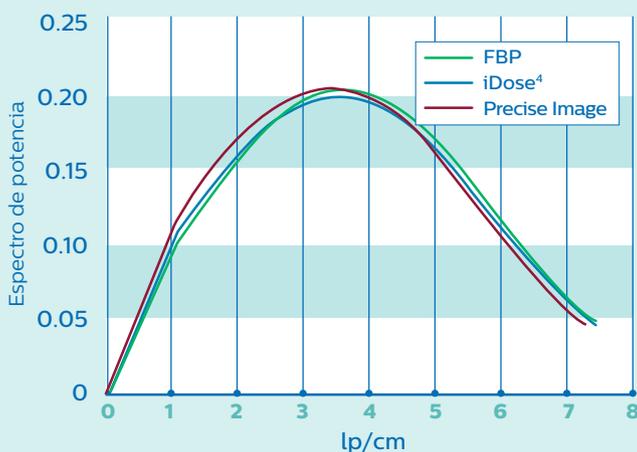
## Espectro de potencia del ruido

Un reclamo común con las imágenes de reconstrucción iterativa es que la textura del ruido difiere significativamente de las imágenes FBP. Precise Image se entrena para reproducir la textura de ruido de FBP, mientras ofrece reducciones de ruido significativas. Una estadística establecida para cuantificar la textura del ruido es el espectro de potencia del ruido (NPS). Para esta medición, se escaneó un dato fantoma de agua de 30 cm a 300 mAs, y de nuevo a 100 mAs. Las imágenes para Precise Image se generaron a partir del escaneo a 100 mAs con una reducción de ruido cada vez mayor para crear imágenes con alta calidad de imagen y menor ruido. A continuación, se calcularon una serie de valores de NPS normalizados para cada una de las imágenes para Precise Image, así como para la imagen de FBP con dosis alta (**Figura 3**).

Con Precise Image se puede mantener un NPS normalizado casi constante, independientemente de la magnitud de la reducción de ruido, que casi coincide con el NPS obtenido por la reconstrucción de FBP. Por lo tanto, la textura del ruido de la imagen se puede personalizar para que coincida estrechamente con el de las imágenes FBP, incluso para dosis bajas y niveles fuertes de reducción de ruido (**Figure 4**).

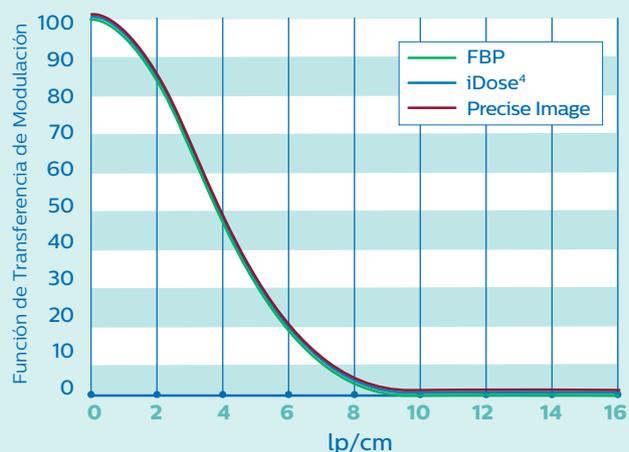


## Curva NPS



**Figura 3** Mediciones normalizadas del espectro de potencia del ruido a partir de un fantasma de agua de 30 cm.

## Curva MTF



**Figura 4** Resolución expresada como comparación de la función de modulación-transferencia de FBP y reconstrucción habilitada por IA.



## Detectabilidad de bajo contraste

Una prueba de detectabilidad de bajo contraste (LCD) es un método probado para medir las capacidades de reducción de dosis de los algoritmos de reconstrucción. A un observador humano o modelo se le presentan muchas imágenes ruidosas diferentes, algunas que contienen un objeto conocido de bajo contraste y otras sin ningún objeto presente, y para cada imagen el observador debe decidir si el objeto está presente o no. Se mide el éxito en la determinación correcta de cada imagen con ruido y estas puntuaciones se pueden utilizar para derivar un índice de detectabilidad (d-prima) que refleja el éxito estadístico de detectar el objeto con una dosis y un método de reconstrucción determinados.

Una d-prima = 0 equivale a una conjetura aleatoria ( $AUC = 0,5$ ), mientras que una d-prima = 4,38 corresponde a una detectabilidad casi perfecta ( $AUC = 0,999$ ). "AUC" es el área bajo la curva característica de operación del receptor y es una medida de la efectividad de un sistema a la hora de discriminar entre dos categorías.

La prueba LCD para Precise Image utiliza la CT 189 fantoma de bajo contraste MITA y se centra en el pin de contraste de 10 mm de diámetro de 3 HU. El observador modelo es un observador Hotelling canalizado (CHO) con canales 3-DOG, como se describe en la herramienta IQmodelo.<sup>2</sup> Utilizamos 200 pares de imágenes (objeto presente, objeto ausente) y comparamos la d-prima de FBP a una dosis de 10 mGy con Precise Image a 4 mGy y 2 mGy (60% y 80% de reducción de dosis, respectivamente). Se pueden comparar imágenes de ejemplo.

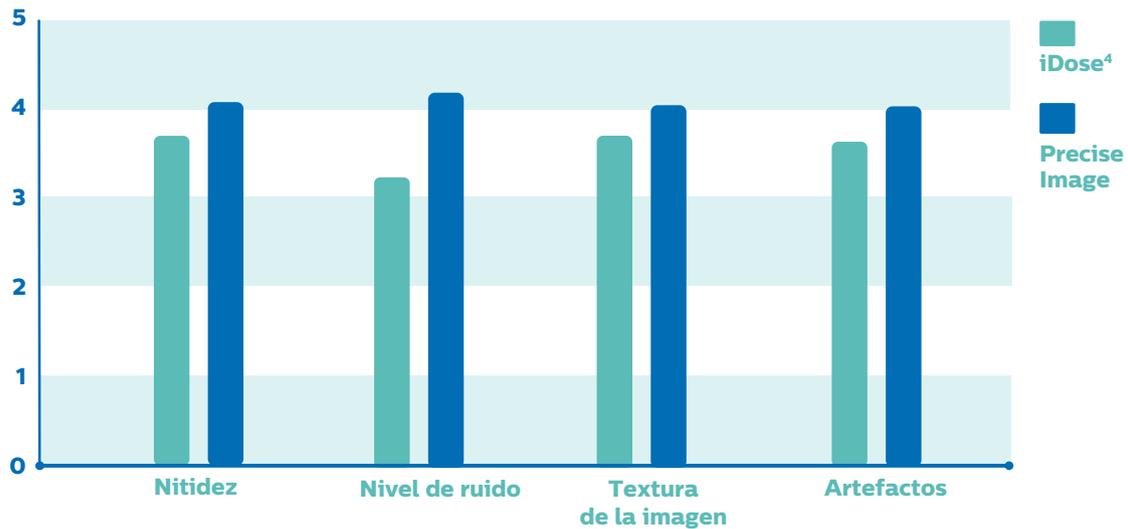
Los resultados de la prueba LCD muestran que la detectabilidad con Precise Image a 4 mGy es más de 80% mejor que con FBP a 10 mGy. La detectabilidad con Precise Image a 2 mGy es más de un 43% mejor que con FBP a 10 mGy. Esta prueba muestra que con Precise Image los usuarios pueden obtener una reducción significativa de la dosis y se puede mejorar considerablemente la imagenología de bajo contraste al mismo tiempo, mientras se conserva una textura de ruido más tradicional que con otras técnicas de reconstrucción recientes.

## Estudios clínicos e imágenes de ejemplo

Un equipo de radiólogos experimentados revisó las imágenes del tórax, abdomen y pelvis de 40 pacientes utilizando iDose<sup>4</sup> y Precise Image. Ambos conjuntos de imágenes para cada paciente se clasificaron en cuanto a confianza diagnóstica, nitidez, nivel de ruido, textura de la imagen y artefactos en una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 era el nivel pésimo y 5 era el óptimo. Todas las exploraciones se realizaron a niveles de dosis de rutina, y las imágenes de iDose<sup>4</sup> se reconstruyeron a la dosis adquirida. Las imágenes para Precise Image se reconstruyeron al 50% de la dosis adquirida de rutina utilizando técnicas de simulación de dosis bajas.

Para cada atributo evaluado, las calificaciones de los dos conjuntos de imágenes se compararon mediante una prueba t de Welch de dos muestras ( $\alpha=5\%$ ) para verificar las diferencias estadísticamente significativas en las calificaciones. Los resultados mostraron una mejora en cada atributo con imágenes de Precise Image reconstruidas al 50% de la dosis adquirida (**Figura 6**).

### Precise Image mejora la confianza diagnóstica a la mitad de la dosis



**Figure 6** Las calificaciones de calidad de imagen para las imágenes de Precise Image reconstruidas al 50% de la dosis de rutina fueron más altas que las de las imágenes de iDose<sup>4</sup> reconstruidas al 100% de la dosis de rutina.

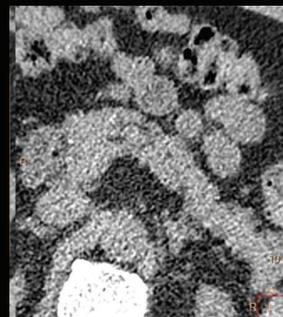
## Comparaciones de imágenes clínicas



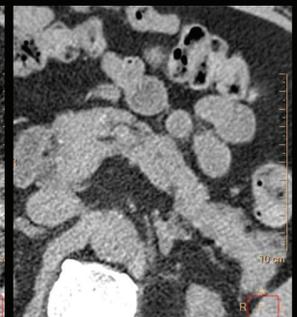
iDose<sup>4</sup> 7.4 mSv



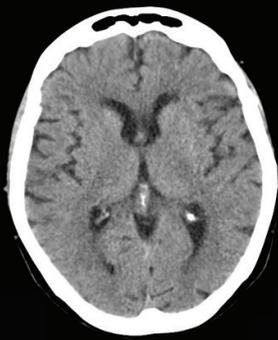
Precise Image 3.7 mSv



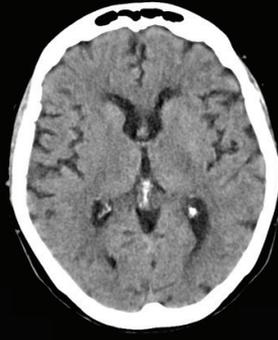
iDose<sup>4</sup> 6.6 mSv



Precise Image 3.3 mSv



iDose<sup>4</sup> 1.4 mSv



Precise Image 0.7 mSv



iDose<sup>4</sup> 5.1 mSv



Precise Image 2.6 mSv

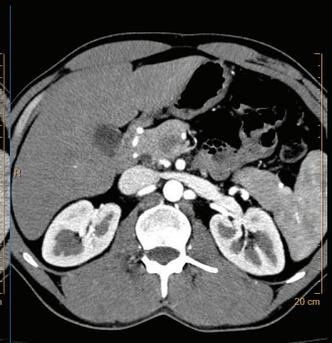


iDose<sup>4</sup> 1.5 mSv

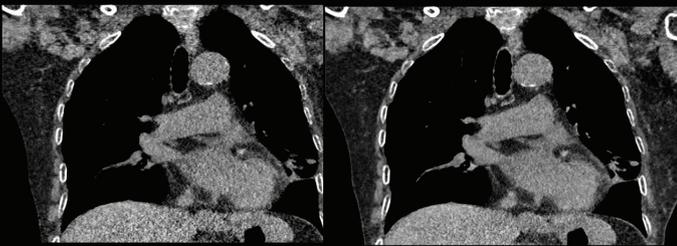
Precise Image 0.75 mSv



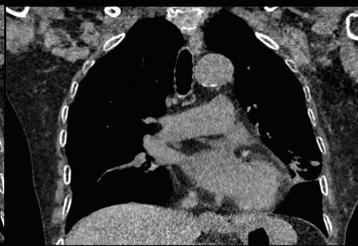
iDose<sup>4</sup> 5.4 mSv



Precise Image 2.6 mSv



iDose<sup>4</sup> 1.8 mSv



Precise Image 0.8 mSv



Precise Image CTA



## Conclusión

Precise Image ofrece un avance significativo en la velocidad de reconstrucción de imágenes por TC a dosis bajas, para producir imágenes con una textura de ruido que se asemeja más a una imagen FBP típica.

Los resultados de la evaluación clínica demostraron que las imágenes reconstruidas con Precise Image ofrecen un avance significativo en la reconstrucción de imágenes por TC a la mitad de la dosis, en comparación con las imágenes de iDose<sup>4</sup>.



\*Adoptamos la siguiente definición formal de IA (fuente: definición de IA de HLEG) Los sistemas de Inteligencia Artificial (IA) son sistemas de software (y posiblemente también de hardware) diseñados por seres humanos que, dado un objetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital percibiendo su entorno a través de la adquisición de datos, interpretando los datos recogidos (ya sean estructurados o no) y razonando este conocimiento o procesando la información derivada de ellos para decidir el mejor curso a seguir para lograr el objetivo.

Los sistemas de IA pueden usar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico y también pueden adaptar su comportamiento al analizar cómo sus acciones previas afectaron el entorno. Como disciplina científica, la IA abarca varios enfoques y técnicas como el aprendizaje automático (por ejemplo, el aprendizaje profundo y el aprendizaje de refuerzo), el razonamiento automático (que incluye la planificación, organización, representación del conocimiento y razonamiento, búsqueda y optimización) y la robótica (que incluye el control, la percepción, los sensores y los actuadores, así como también la integración de otras técnicas en los sistemas ciberfísicos).

## Referencias

- 1 Žabic S, Wang E, Morton T, Brown KM. A low dose simulation tool for CT systems with energy integrating detectors. *Med Phys*. 2013;40(3):1–14. DOI: 10.1118/1.4789628.
2. Wunderlich A, et al. Exact confidence intervals for channelized Hotelling observer performance in image quality studies. *IEEE Trans Med Imaging*. 2015;34.2:453–464. DOI: 10.1109/TMI.2014.2360496. PMID: PMC5542023.

Este contenido no está destinado a un público estadounidense.