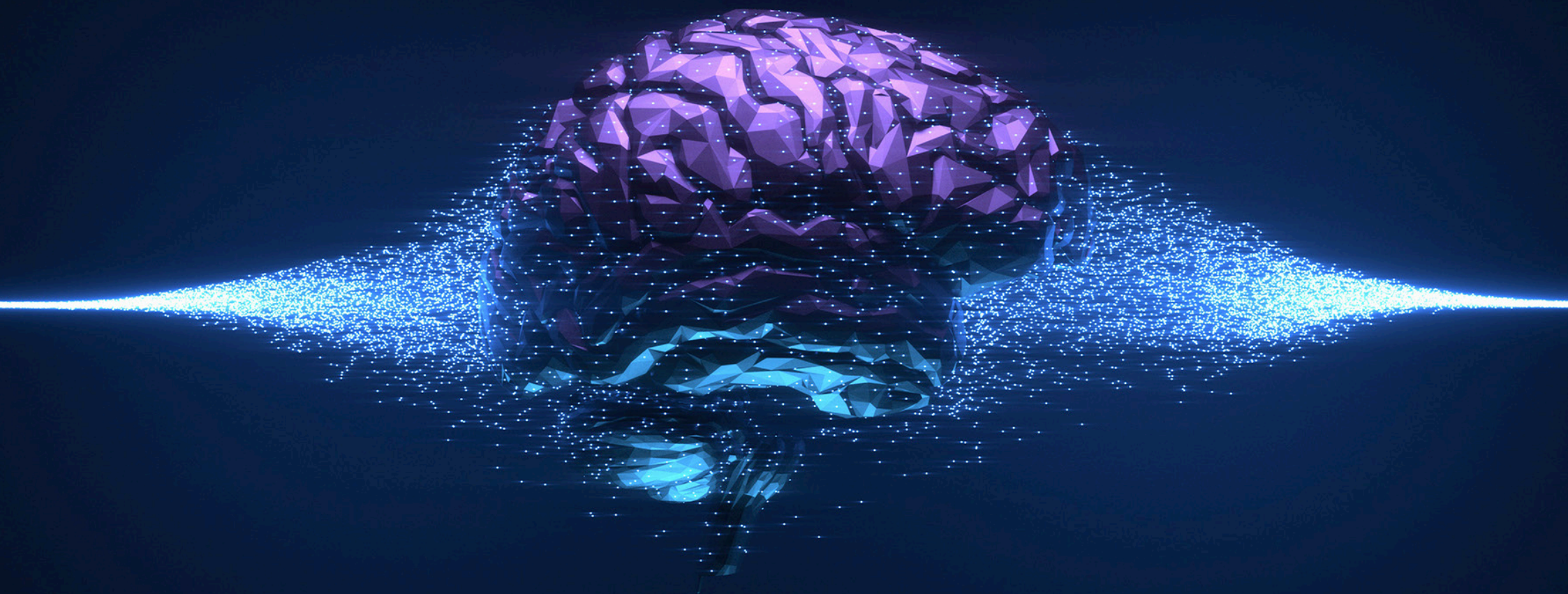
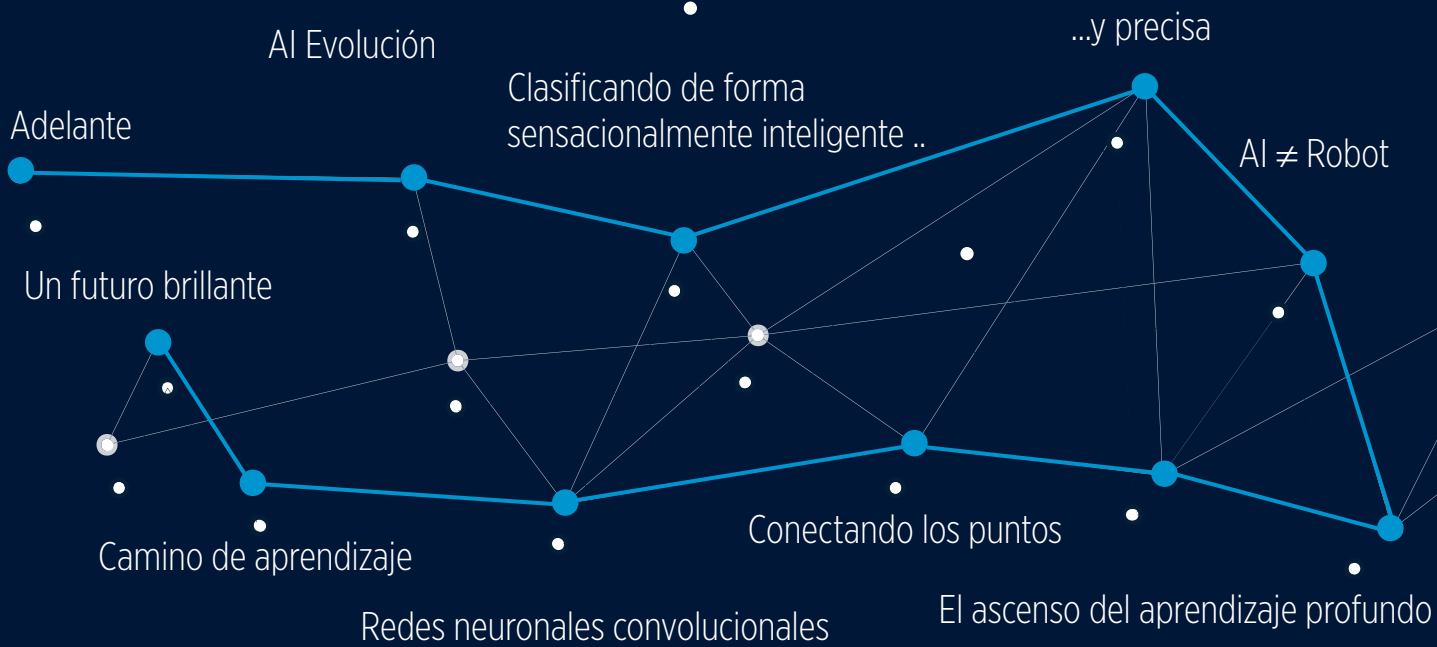




TOMRA LEADS eBook



Aprovechar el potencial de la IA



## CONTENIDO





---

## ADELANTE

La industria del reciclaje continúa siendo transformada por la inteligencia artificial (IA). La visión inicial de crear una máquina tan inteligente como un humano surgieron en la década de 1940, pero los primeros esfuerzos fueron excesivamente exagerados, ya que los pioneros de la IA subestimaron las dificultades de desarrollo y la capacidad de computación necesaria.

Hoy en día, con una mayor capacidad de computación combinada con el almacenamiento en la nube y una maquinaria conectada permiten la captura de cantidades masivas de datos, lo que sienta las bases para ofrecer

sobre la marcha avances en la clasificación basada en sensores con máquinas conectadas.

Las instalaciones a la vanguardia en la revolución de la IA pueden esperar ver un aumento en la pureza de la clasificación, mejorando la comerciabilidad de los productos reciclados. Aprovechando el potencial de la IA, estas empresas tienen una mejor oportunidad para aumentar la automatización de los procesos, reducir el trabajo manual, disminuir el costo de operación, mejorar la consistencia de la clasificación y elevar la seguridad.

---



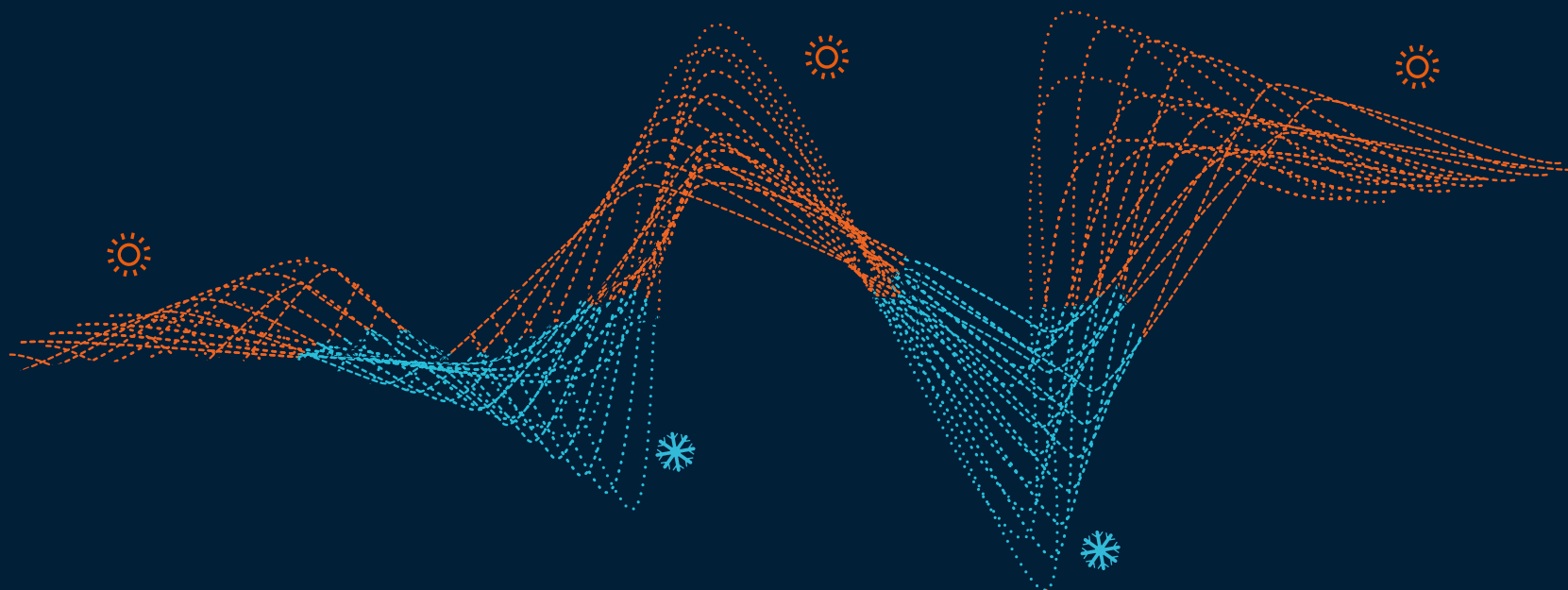
# AI EVOLUCIÓN

Inspirados por las investigaciones que mostraban que el cerebro es una red eléctrica de neuronas, los científicos en la década de 1940 comenzaron a contemplar la posibilidad de crear un „cerebro“ artificial. „Esto llevó al nacimiento del campo de la IA, la inteligencia demostrada por máquinas, a mediados de la década de 1950.

Se hicieron muchas promesas ambiciosas sobre la IA - máquinas con la inteligencia de los humanos; ordenadores que descubrieron y probaron un nuevo e importante teorema matemático - lo que llevó al primer verano de la IA, un período de inversión significativa. Sin embargo, la falta de capacidad de computación y otros problemas resultaron ser demasiado monumentales para superarlos, lo que llevó a un invierno de IA a mediados de la década de 1970, en el que los fondos se agotaron y la investigación se estancó.

A lo largo de la historia de la IA, ha habido varias transiciones de la inversión de verano al estancamiento de invierno. Los veranos de la IA han llevado a logros monumentales como el programa de IA „Deep Blue“ que venció al campeón mundial de ajedrez en 1997, y el programa de IA „AlphaGo“ que venció al mejor jugador humano en el juego de mesa más complejo, GO, 20 años después.

Hoy en día, con avances significativos en la potencia de computación y grandes cantidades de datos, la IA está experimentando otra temporada de verano de inversiones tanto del sector gubernamental como del privado, avanzando la tecnología para satisfacer las necesidades específicas del mercado en diversas industrias.







## CLASIFICANDO DE FORMA SENSACIONALMENTE INTELIGENTE ..

Se están dando pasos significativos en la IA para satisfacer las necesidades de las operaciones de reciclaje. La tecnología no es extraña al reciclaje, ya que los sensores ópticos de los procesos han empleado algoritmos de IA para clasificar el material durante más de 30 años. Inicialmente, la IA y la electrónica compararon los valores de gris o colores, y, basándose en las proporciones entre los colores, se tomó una decisión basada en reglas para mantener o rechazar el material.

La clasificación basada en píxeles de las imágenes de las cámaras en escala de grises y en color se introdujo a principios de los años 90, pero no fue hasta la aparición de los ordenadores personales (PC) que la tecnología de la IA pudo ser utilizada en la clasificación de imágenes. Los avances en la tecnología de las cámaras personalizadas adquirieron propiedades espectrales de materiales específicos (más allá del espectro rojo, verde, azul - RGB -) para avanzar aún más en la precisión de la IA con clasificadores ópticos.

---

## ...Y PRECISA



En la década de 2000, la imagen multispectral utilizó el aprendizaje clásico de la máquina para los problemas de clasificación en el procesamiento de datos. Con muestras previamente entrenadas para una aplicación específica, la IA combinó diferentes características y propiedades para hacer clasificaciones, lo que permitió detectar materiales más complejos y lograr una mayor precisión en la clasificación.

La red de Internet y la maquinaria del movimiento Industry 4.0, en constante evolución, recogen grandes datos de clasificación en la nube, lo que permite un nivel de aprendizaje más profundo para avanzar en el proceso de clasificación.

---



---

## AI $\neq$ ROBOT

A menudo se piensa erróneamente que la IA es sinónimo de robot. Los brazos robóticos se ven reemplazando tareas que, hasta ahora, se han realizado manualmente.

Aunque los robots pueden jugar un papel en la IA, son sólo un componente. La IA se trata de tomar decisiones basadas en criterios - propiedades materiales capturadas en una imagen en el caso de la clasificación. El software y los algoritmos constituyen el corazón de la IA, no el hardware. Puede ser sólo software, como en „Deep Blue“ contra el campeón de ajedrez, o software en una máquina.

---





---



## EL ASCENSO DEL APRENDIZAJE PROFUNDO

La combinación de cantidades masivas de datos y capacidades de computación significativamente mejoradas abre la oportunidad de resolver problemas de clasificación mucho más complejos que antes. El aprendizaje profundo, un poderoso componente de la IA, es una clase de algoritmos de aprendizaje automático que analizan múltiples capas para aislar progresivamente las características de nivel superior del dato en bruto.

El aprendizaje profundo promete traer nuevos caminos para resolver problemas que no se pueden resolver con el aprendizaje clásico de las máquinas. La nueva regla general con la clasificación basada en la cámara es que lo que el ojo humano puede distinguir también puede ser replicado por un aprendizaje profundo aplicado a las imágenes de la cámara con más consistencia y a veces incluso con mayor precisión.

---





## CONECTANDO LOS PUNTOS

El cerebro humano consiste en una red de células eléctricamente excitables, neuronas, que disparan en pulsos de todo o nada para comunicarse. En su núcleo, la IA consiste en construir un „cerebro“ electrónico que utiliza neuronas artificiales para comunicarse y aprender a realizar tareas.

El aprendizaje profundo ofrece actualmente los mejores resultados de clasificación y detección en aplicaciones complejas. Puede ser usado con cámaras de color RGB así como con sensores de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y otros sensores de imagen para cubrir una amplia gama de material reciclado. El enfoque clave para este éxito es una realización especial de redes de aprendizaje profundo conocidas como Redes Neuronales Convolucionales (CNN).

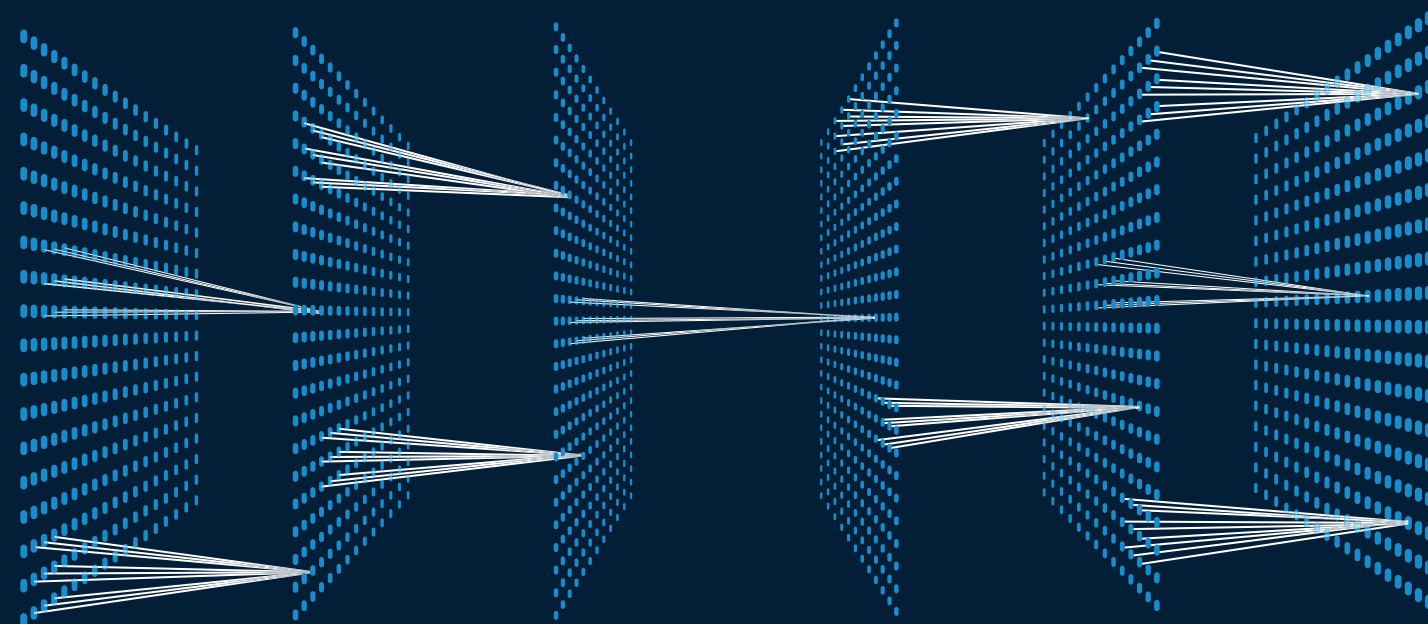




# REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

El aprendizaje profundo se basa en neuronas artificiales en múltiples capas, llamadas redes, y en una gran cantidad de datos para aprender a completar una tarea específica. Para las tareas de clasificación basadas en sensores, las CNN se utilizan principalmente para la detección y clasificación de objetos. La arquitectura de la red consta de tres tipos de capas: convolutiva, de agrupación y totalmente conectada.

Las capas convolucionales conectan píxeles vecinos como entradas para las siguientes capas y normalmente se apilan con capas de agrupación, que reducen la muestra de la imagen y condensan la información en las capas convolucionales. Los rasgos de la imagen se calculan apilando estas capas y se clasifican en las capas totalmente conectadas.



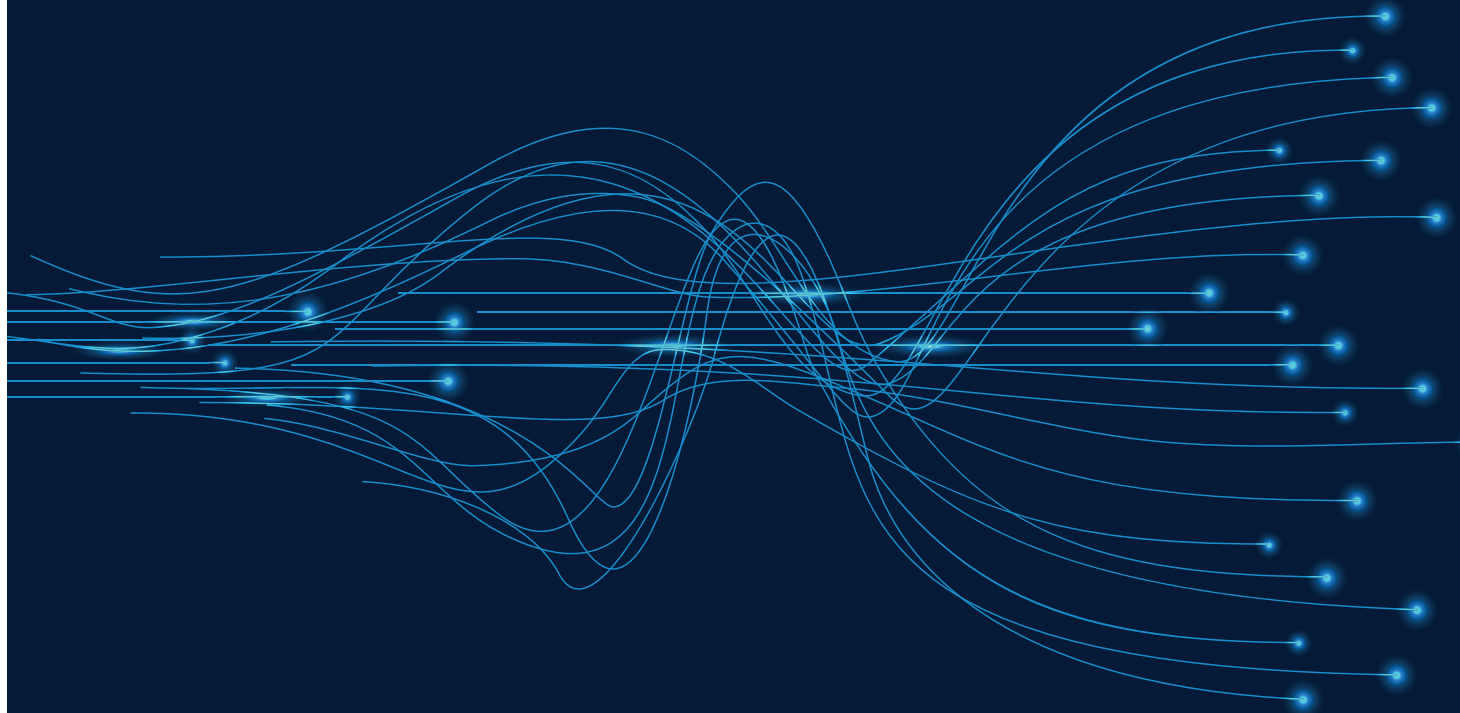


# CAMINO DE APRENDIZAJE

Los humanos hacen asociaciones con lo que han visto y lo que están viendo actualmente para distinguir entre diversos materiales. El aprendizaje profundo permite a los ordenadores imitar el aprendizaje humano, de modo que las máquinas pueden ser enseñadas a realizar las mismas tareas que un humano pero a un ritmo mucho más rápido.

En el reciclaje, el aprendizaje tradicional de la máquina requiere características diseñadas por un experto en la materia. El aprendizaje profundo rompe con la tradición al aprender de miles de imágenes capturadas de tipos de materiales específicos, que deben ser separados en la tarea de clasificación. El aprendizaje profundo imita la actividad de un gran número de capas de neuronas en el cerebro humano para aprender tareas complejas.

El aprendizaje profundo es prometedor para encontrar soluciones a los desafíos de clasificación donde no existen actualmente. Una vez aprendida la tarea, puede ofrecer tasas de detección más consistentes y una mejor solución que la clasificación manual. Esto ofrece la posibilidad de elevar la pureza del material clasificado y al mismo tiempo reducir los costos.





## UN FUTURO BRILLANTE

La industria del reciclaje está en el amanecer de un nuevo y brillante futuro con la tecnología de clasificación basada en el aprendizaje profundo. Ahora es posible automatizar aún más el proceso, mientras se aumenta la pureza material. Con sensores correctamente seleccionados que observan el flujo de material y evalúan esa información a través de las CNN, hay un potencial virtualmente ilimitado para abordar las tareas de clasificación más difíciles de la industria.

En el futuro, la IA permitirá potencialmente que las máquinas se adapten a los cambios en el flujo de materiales sin necesidad de reprogramación y que aprendan qué objetos deben ser retirados del flujo después de sólo unas pocas muestras. La conectividad de la nube contribuirá a un fondo común de información, permitiendo que las falsas detecciones se incorporen al proceso de aprendizaje a través de múltiples máquinas. El autodiagnóstico de los problemas de mantenimiento y el pedido anticipado de piezas de repuesto o de servicio técnico será una realidad para minimizar el tiempo de inactividad.

Mediante la adaptación del aprendizaje profundo, la IA en la industria del reciclaje seguirá ampliando los límites de las posibilidades de clasificación, lo que llevará a la recuperación de material que antes era inimaginable.





**Encuentra tu  
contacto local**

#### Recycling Headquarters

TOMRA Sorting GmbH  
Teléfono: +49 2630 9652 0  
Fax: +49 2630 9652 101  
[recycling-sorting@tomra.com](mailto:recycling-sorting@tomra.com)

#### China

TOMRA Sorting Technology Co., Ltd  
Teléfono: +86 592 5720780  
Fax: +86 592 5720779  
[recycling.china@tomra.com](mailto:recycling.china@tomra.com)

#### Italia

TOMRA Sorting Srl  
Teléfono: +39 0521 681082  
Fax: +39 0521 681085  
[info-italy@tomrasorting.com](mailto:info-italy@tomrasorting.com)

#### Corea del Sur

TOMRA Sorting Co., Ltd.  
Teléfono: +82 (0)31 938 7171  
Fax: +82 (0)31 938 7173  
[info-korea@tomrasorting.com](mailto:info-korea@tomrasorting.com)

#### Rusia

"TOMRA SORTING" LLC  
Teléfono: +7 495 970 45 98  
[info@tomrasorting.com](mailto:info@tomrasorting.com)

#### Turquía

TOMRA SORTING  
Teléfono: +90 216 526 3337  
Fax: +90 216 527 3394  
[TSS-info-turkey@tomra.com](mailto:TSS-info-turkey@tomra.com)

#### Emiratos Árabes Unidos

TOMRA Sorting DMCC  
Teléfono: +971 4 3745743  
[Info-UAE@tomra.com](mailto:Info-UAE@tomra.com)

#### Costa Oeste de EE.UU.

TOMRA Sorting Inc.  
Teléfono: +1 916 388 3900  
Fax: +1 916 388 3905  
[recycling.us@tomra.com](mailto:recycling.us@tomra.com)

#### Brasil

TOMRA Brasil Ltda  
Teléfono: +55 11 3476 3500  
Fax: +55 11 3294 3400  
[info-brasil@tomrasorting.com](mailto:info-brasil@tomrasorting.com)

#### Francia

TOMRA Sorting Sarl  
Teléfono: +33 4 67 56 39 66  
[tss-info-france@tomra.com](mailto:tss-info-france@tomra.com)

#### Japón

TOMRA Sorting K.K.  
Teléfono: +81 48 711 3135  
Fax: +81 48 829 9082  
[info-japan@tomrasorting.com](mailto:info-japan@tomrasorting.com)

#### Polonia

TOMRA Sorting Sp. z o.o.  
Teléfono: +48 32 352 60 93  
Fax: +48 32 352 60 94  
[info-poland@tomrasorting.com](mailto:info-poland@tomrasorting.com)

#### España y Portugal

TOMRA Sorting, SL  
Teléfono: +34 972 154 373  
Fax: +34 972 153 516  
[info-spain@tomrasorting.com](mailto:info-spain@tomrasorting.com)

#### Reino Unido e Irlanda

TOMRA House  
Teléfono: + 44 1509 23 22 39  
[info-uk@tomrasorting.com](mailto:info-uk@tomrasorting.com)

#### Costa Este de EE.UU.

TOMRA Sorting Inc.  
Teléfono: +1 916 388 3900  
Fax: +1 980 279 5650  
[recycling.us@tomra.com](mailto:recycling.us@tomra.com)