

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Circular Tw**AI**n

IA y robótica para un reciclaje de
RAEEs más colaborativo y eficiente



CONAMA 2024

CIRCULAR TWAIN

Autores: Evaristo García García (RECYCLIA); Santiago Muiños Landín (AIMEN); Gabriel González (REVERTIA); Javier Romojaro Pérez (RECYCLIA)

ÍNDICE

Acrónimos	2
Introducción	3
Sobre Circular Twain.....	3
Organización y objetivos	3
Pruebas piloto	4
Piloto 1, deensamblaje y clasificación DE RAEE	5
Socios implicados	5
Casos de uso.....	7
Caso de uso A	8
Caso de uso B	10
Caso de uso C	11
Caso de uso D	11
Caso de uso E.....	12
Conclusiones	14
Conoce más del proyecto.....	15
Bibliografía	16

ACRÓNIMOS

EG	Etilenglicol.
EO	Óxido de etileno.
IA	Inteligencia Artificial.
LIB	Batería de ion de litio.
RAEE	Residuos de Aparatos eléctricos y Electrónicos.
SCRAP	Sistemas Colectivos de Responsabilidad Ampliada del Productor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo se generan en torno a 62.000 millones de kg de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), lo que supone una media de 7,8 kg per cápita, de los cuales sólo el 22,3% (13.800 millones de kg) se recogieron y reciclaron adecuadamente (Baldé et al., 2024). La previsión a nivel global es que, para 2030, la generación de RAEE alcance los 82.000 millones de kg. En Europa, la ratio crece hasta los 17,4 kg per cápita, siendo algo menos de la mitad gestionados a través de los canales formales de recogida y tratamiento (Eurostat, 2024).

En el caso particular de los equipos informáticos la cifra asciende a algo menos de 5.000 millones de kg generados a nivel mundial, de los cuales solo se documentaron 1.000 millones como gestionados de manera formal (WEEE Forum, 2020). Uno de los principales obstáculos para aumentar el porcentaje de recogida de estos productos es el limitado beneficio que se extrae de ellos, pese al valor que retienen tanto para reutilización, como para extracción de subcomponentes o, en su defecto, recuperación de metales valiosos. Además, se añade que son equipos que contienen datos personales y por tanto los consumidores pueden ser reacios a devolverlos.

Debido a la naturaleza modular del hardware moderno, hay una gran variabilidad en los componentes (discos duros, RAM, periféricos), lo que dificulta evaluar su reutilización. A esto se suma la falta de datos estructurados y de predicciones del mercado. Así mismo, el proceso de desmantelamiento es complicado y requiere habilidades especializadas que la automatización no puede ofrecer, lo que representa un obstáculo en la industrialización del proceso.

En el marco de esta problemática, el proyecto Circular TwAIIn propone aunar el empleo de inteligencia artificial (IA) y gemelos digitales con sistemas productivos basados en la economía circular y el ecodiseño. Con esta novedosa estrategia, se pretende no solo revolucionar tratamiento de RAEEs sino proveer a todos los sectores industriales de herramientas robustas y confiables basadas en IA que eleven los niveles de sostenibilidad en toda la cadena productiva (CORDIS, 2022).

SOBRE CIRCULAR TWAIN

Organización y objetivos

El proyecto Circular TwAIIn se centra en crear una plataforma de IA para la fabricación sostenible y circular integrada. Financiado bajo el programa europeo “Horizon Europe”, su presupuesto supera los 7 millones de euros y tiene una duración de 3 años que dieron comienzo en julio de 2022. El consorcio, liderado por la entidad italiana Engineering Group y con la coordinación a nivel técnico del Politecnico di Milano (POLIMI), está formado por un total de 21 socios de 11 países distintos (Circular TwAIIn, 2022).

Los objetivos del proyecto, entre otros, son:

- Desarrollar la metodología para la implementación modular de aplicaciones colaborativas basadas en IA para fabricación circular, y su puesta en valor mediante tres pruebas piloto en sectores clave.

- Crear gemelos digitales interoperables y espacios de datos seguros para poder ofrecer servicios de IA avanzados que cuenten con la confianza de los productores y demás usuarios.

Pruebas piloto

El proyecto consta de tres pruebas piloto en las que se aplicarán las tecnologías desarrolladas durante el proyecto a tres procesos de la industria:

1. Desensamblaje y clasificación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

El objetivo es superar las limitaciones en el desmantelamiento y la remanufactura de los RAEE mediante la introducción en el proceso de IA y robótica colaborativa. El piloto se centrará en equipos de informática y telecomunicaciones por los desafíos particulares que presentan y su potencial valor. Adicionalmente, se desarrollará un asistente basado en IA para la toma de decisiones que optimizará el valor e impacto de los productos recuperados.

Este piloto, liderado por AIMEN en colaboración con Revertia y Recyclia es presentado en profundidad en las siguientes secciones.

2.Desmontaje de baterías usadas de vehículo eléctrico

La importancia estratégica de este piloto radica en el tratamiento al final de la vida útil de las baterías de iones de litio (LIB) del sector automotriz. Con una estrategia similar al primer piloto, se espera lograr que las celdas desensambladas obtengan una segunda vida como almacenaje estacionario. Las celdas de batería no aptas para reutilización se reciclan para así recuperar materiales de alto valor como son el Li, Co, Ni, Mn, Fe, C y otros metales.

3.Producción de óxido de etileno y etilenglicol

Este proyecto piloto se centra en reducir las emisiones de CO₂ y el consumo de energía derivados de la producción de óxido de etileno (EO) y etilenglicol (EG) mediante la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático para permitir el uso óptimo de los datos en las instalaciones de producción. La planta de EO/EG es una instalación de producción con un alto consumo de energía. Con la optimización energética que se realizará en este equipo, es posible reducir el consumo de vapor y, en consecuencia, reducir las emisiones de CO₂ y el costo unitario de producción.

PILOTO 1, DEENSAMBLAJE Y CLASIFICACIÓN DE RAEE

Socios implicados



AIMEN es un Centro Tecnológico asentado en O Porriño (Pontevedra) fundado en 1967 especializado en la investigación y prestación de servicios tecnológicos avanzados en el ámbito de las tecnologías de fabricación avanzada, la automatización y robotización de procesos industriales, el desarrollo de sistemas monitorización y control, inspección de calidad, así como en tecnologías avanzadas de procesado y analítica de datos e IA. AIMEN emplea en la actualidad a más de 300 trabajadores, sus ingresos en el último ejercicio (2023) fueron de 22M€. Cuenta con 72 empresas asociadas y más de 500 empresas clientes de media anual, dedicadas a actividades tanto industriales como mercantiles, en los campos de automoción, metalurgia, naval, aeronáutica y construcción, entre otros (AIMEN.es, n.d.).

Dada la importante actividad de transferencia tecnológica a la industria, AIMEN dispone de una Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. En sus instalaciones, dispone de plantas piloto de investigación y demostración y laboratorios de ensayos y caracterización para proporcionar servicios de asistencia científico-tecnológica en diferentes campos, entre los que destaca la digitalización de procesos industriales, desarrollo de herramientas de IA aplicadas a fabricación y el desarrollo de sistemas de control, monitorización y análisis de calidad en línea.

Dentro de Circular TwAI, AIMEN se encarga de coordinar la línea piloto de tratamiento de RAEE, así como del desarrollo de tecnologías de Inteligencia Artificial y robótica colaborativa con la que optimizar distintos puntos estratégicos en la gestión de equipos electrónicos tras el fin de su ciclo de vida. De esta forma AIMEN integra información sobre el origen, estado y potencial valor de productos. Desarrollando para ello tanto herramientas de procesado automático de imagen para la estimación del estado del producto como elaborando una planificación sobre el tratamiento que debe seguir ya sea desensamblado o reciclado basado en información extraída del histórico de distintos datos puestos en común entre Revertia y Recyclia así como de la interacción entre un operario y un robot. El resultado de estas herramientas se pone en común en un sistema de soporte a la decisión que AIMEN desarrolla para optimizar la transición hacia el modelo circular propuesto en Circular TwAI.



Revertia Reusing and Recycling, S.L. (en adelante REVERTIA) es una empresa constituida en el año 2010 orientada a la prestación de servicios en el ámbito de la economía circular, con sedes en O Porriño y en Madrid. La empresa fue pionera en los procesos de preparación para la reutilización de RAEE, siendo esta la mejor opción de tratamiento, de acuerdo con el principio de jerarquía en la gestión de residuos (prevención, reutilización, reciclaje, valoración, eliminación). El objetivo buscado ha sido que los dispositivos electrónicos puedan tener una segunda vida, reduciendo así, mediante su reacondicionamiento el notable impacto ambiental que este tipo de residuos genera. En caso de que no sea posible su reutilización se realiza un desmontaje del aparato para destinar los distintos componentes a su posterior fichaje (REVERTIA.es, n.d.).

Dentro del Circular Twain, Revertia presta sus instalaciones de Porriño como planta piloto para el ensayo de los distintos casos de uso aplicados al proyecto:

1. Identificación visual guiada por ordenador para el desmontaje de equipos de informática.
2. Caracterización y evaluación de componentes y subcomponentes.
3. Generación en tiempo real de las instrucciones de desensamblaje.
4. Robótica colaborativa para el apoyo de operaciones manuales.
5. Asistente integral orientado a mercado para la toma de decisiones sobre desmontaje o remanufactura.



Fundada en 2012, es la principal entidad dedicada a la gestión de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), pilas y baterías y más recientemente envases comerciales e industriales en España. Esta organización agrupa actualmente cuatro fundaciones medioambientales: **Ecopilas, Ecofimática, Ecoasimelec y Recyclia Envases**. Estas fundaciones, establecidas como Sistemas Colectivos de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCRAPs), proporcionan a más de 2.500 empresas productoras y a los consumidores la infraestructura necesaria para la correcta recogida y reciclaje de estos residuos al final de su vida útil, a través de su red de más de 95.000 puntos de recogida (RECYCLIA.es, n.d.).

Su posición central en la cadena de valor permite a Recyclia colaborar en Circular Twain mediante la comunicación y colaboración con agentes clave, facilitar datos globales del sector de los residuos electrónicos, el uso de su red logística y la promoción del proyecto en eventos nacionales.

En resumen, tal y como puede observarse en la Figure 1, AIMEN coordina el piloto y se asegura de su integración en la estructura de Circular Twain. Recyclia aportará material e información

CIRCULAR TWAIN

sobre el funcionamiento de la gestión de RAEE en España. Por último, Revertia aportará sus instalaciones, experiencia y recursos para llevar a cabo la parte práctica.

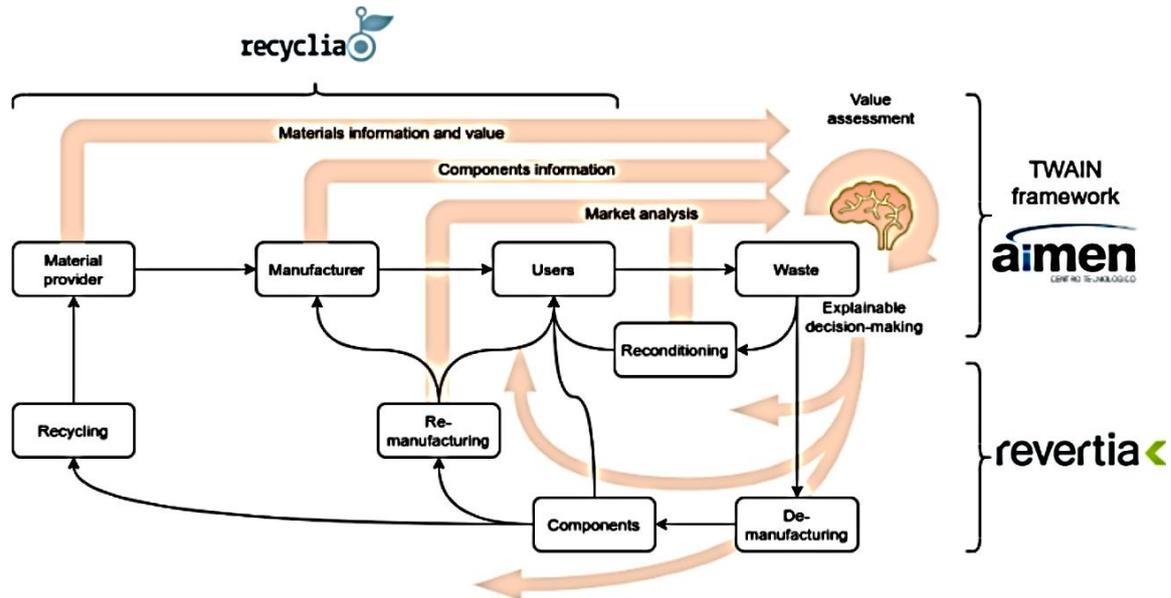


Figure 1. Diagrama de funciones de cada socio en el piloto de RAEE

Casos de uso

Esta sección resume las subfunciones que se busca mejorar dentro del piloto, dedicado al desensamblaje y clasificación de RAEE. Dado que al momento de escribir esta comunicación Circular TwAIN es un proyecto aún en desarrollo, el estado de progreso varía en cada caso de uso.

Caso de uso	Actividad	Progreso
A	Identificación visual automática para el desmontaje de equipos de informática.	Avanzado
B	Caracterización y evaluación de componentes y subcomponentes.	Avanzado
C	Generación en tiempo real de las instrucciones de desensamblaje.	Avanzado
D	Robótica colaborativa para el apoyo de operaciones manuales.	Avanzado
E	Asistente integral orientado a mercado para la toma de decisiones sobre desmontaje o remanufactura.	Medio

Figure 2. Casos de uso del piloto enfocado en tratamiento de RAEE y su progreso.

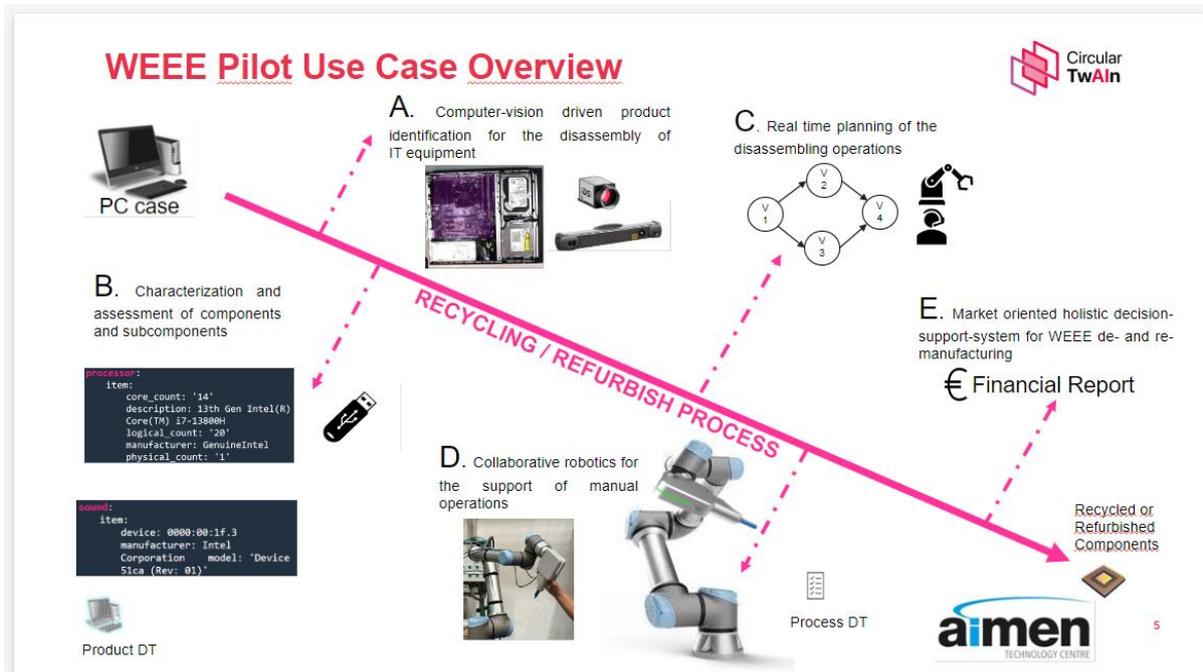


Figure 3. Flujo y orden de los casos de uso del piloto enfocado en tratamiento de RAEE.

Caso de uso A

Identificación visual automática para el desmontaje de equipos de informática.

El principal objetivo de esta fase es agilizar la clasificación de los productos recibidos y la recogida de información necesaria para su posterior desmontaje y clasificación por piezas, una actividad que en la actualidad es llevada a cabo de forma manual. Algunos condicionantes previos son que la solución facilite la actividad del operario sin sustituirle, y este seguirá al control del proceso. Además, no supondrá un riesgo de seguridad adicional. Estos dos requisitos también aplican a las soluciones propuestas para el resto de los casos de uso.

Escenario actual

El proceso, llevado a cabo en las instalaciones de Revertia, es enteramente manual, sin la intervención de mecanismos automatizados lo que supone altos costes de tiempo y mano de obra, y además supone un obstáculo a la digitalización. Con esta primera inspección se determina si el equipo será desmontado directamente o se le realizará un diagnóstico para intentar reacondicionarlo.



Figura 1. Desmontaje manual del equipo para su inspección preliminar.

Desafíos

Uno de los desafíos de cara a completar esta función es la extensa variedad de posibilidades que se pueden dar en la estructura y composición de un PC. Adicionalmente, los equipos a menudo sufren modificaciones durante su vida mediante la adición o sustitución de componentes. Estas alteraciones respecto de las especificaciones originales impiden crear instrucciones estándar a partir del número de modelo.

Escenario futuro

En este caso de uso se propone identificar y registrar tanto el modelo del equipo como los componentes del PC (placas base, discos duros, tarjetas gráficas, etc) mediante escaneo en 2D y 3D, apoyado por módulos de IA. Durante el proceso también se localizarían los tornillos y se identificarían sus cabezales. Si el proceso se completa con éxito, los datos registrados permitirán por un lado generar las instrucciones de desensamblaje (Caso de uso C) y por otro construir un gemelo digital que se usará para caracterizar el producto.

El flujo operativo propuesto consta de las siguientes acciones:

1. El operario coloca el producto abierto en la zona de inspección visual.
2. La cámara toma una fotografía y el algoritmo lo procesa para identificar el producto y sus componentes.
3. La información visual y las especificaciones registradas se combinan para generar el gemelo digital.
4. El gemelo digital y el resto de los resultados de la inspección se muestran al operario para su validación.

Resultados esperados

Se espera:

- Incrementar el porcentaje de equipos recuperados y la retención de valor al realizar una primera inspección más rigurosa y precisa.

CIRCULAR TWAIN

- Aumentar la productividad de los trabajadores al liberarlos de funciones rutinarias, y minimizar errores humanos.

Caso de uso B

Caracterización y evaluación de componentes y subcomponentes.

Tras la inspección preliminar del equipo, se procede a realizar un diagnóstico individual y exhaustivo de los componentes y subcomponentes que permite clasificarlos según sean reutilizables o en su defecto solo aptos para reciclar. Conociendo estos datos se procederá a realizar las modificaciones pertinentes en los equipos enviados a reacondicionamiento.

Escenario actual

Como ocurre con la inspección preliminar, el diagnóstico de los componentes es un proceso manual y costoso que se lleva a cabo conectando el equipo a una máquina de testeo. Algunos de los componentes inspeccionados son placa base, disco duro, fuente de alimentación, memoria, baterías, ventilador, así como las partes móviles y los puertos USB. Si la placa base y el disco duro obtuviesen una revisión positiva se procede a realizar una prueba de estrés.

Desafíos

Al igual que en el caso de uso A, la variabilidad en los productos inspeccionados es muy amplia lo que dificulta la estandarización de la tarea. El uso de software de diagnóstico es una vía aceptable pero que deja siempre abierta la posibilidad a que el estado de un equipo haga imposible la ejecución de dichos softwares. En estos casos la información en base a la cual se pueda tomar una decisión será siempre incompleta.

Escenario futuro

Se instalará una estación con fácil acceso y conexión a las herramientas de testeo de componentes. La herramienta proveerá al operario de un diálogo sencillo para dirigirle paso a paso. Mientras le irá mostrando los resultados de cada diagnóstico y le pedirá que los verifique. El sistema se servirá de la base de datos y los gemelos digitales generados para comparar los resultados obtenidos y así presentarlos al operario con información adicional.

Resultados esperados

Se espera:

- Reducir el tiempo empleado en evaluar los componentes y subcomponentes.
- Aumentar la precisión del análisis del estado de los componentes y subcomponentes y contextualizar los resultados con valores históricos.
- Reducir la carga de trabajo y esfuerzo de los operarios encargados del diagnóstico.

Caso de uso C

Generación en tiempo real de las instrucciones de desensamblaje.

El estado del producto llevará a una decisión inicial sobre su reciclaje o reacondicionamiento basado en el estado de los componentes detectados y (en otra capa) del potencial valor del producto atendiendo a valores de mercado. Este estado lleva consigo información sobre la posición de ciertos elementos clave para el desensamblado automático, así como los rangos de confianza de estas estimaciones que siempre están sometidas a un ruido intrínseco a un proceso tan variable. Este caso se dedica a la elaboración automática de un plan de desensamblado ejecutado de forma colaborativa entre un robot y una persona.

Escenario actual

La planificación dinámica depende directamente de la interacción entre el operario y el sistema de IA para poder establecer un nivel de confianza en la detección automática y en base a éste, el operario pueda decidir qué operaciones ejecuta él mismo y en cuales delega en el robot.

Desafíos

La fluidez en la interacción entre un sistema basado en IA y una persona resulta desafiante al basarse en principios de explicabilidad de la IA que aún siendo sencillos no son siempre intuitivos. Las tareas delegadas en el robot, son susceptibles de incurrir en error aún habiendo buenos ratios de detección, lo que lleva a un siguiente nivel de interacción donde el operario corrige las operaciones planificadas por el robot. Estas correcciones constituyen un valor en sí mismo de cara a futuras ejecuciones similares.

Escenario futuro

Una vez detectados los componentes clave para el desensamblado de un producto, el operario recibirá un mapa de objetos a desmontar cuya detección y capacidad de desensamblado automático tendrá unos rangos de confianza. En el futuro esta comunicación con el operario debe ser eficiente como para que éste decida qué tareas delega.

Resultados esperados

Se espera:

- Una planificación automática en base a los niveles de detección de componentes y subcomponentes confiable por parte del operario.

Caso de uso D

Robótica colaborativa para el apoyo de operaciones manuales.

Este caso de uso se centra en la definición del entorno de robótica colaborativa donde una vez detectados componentes y subcomponentes clave, el robot es capaz de dirigirse a lugares concretos en la geometría del producto para desmontar partes del mismo de forma automática ayudando al operario y liberando tiempo de éste para ejecutar otro tipo de tareas.

CIRCULAR TWAIN

Escenario actual

En la actualidad un robot colaborativo trabaja ya con una garra específica que cuenta con un destornillador automático. Este esquema de trabajo cuenta con la posibilidad de corrección manual por parte del operario para, dado el caso de una detección correcta, pero ejecución errónea (posicionamiento incorrecto del destornillador), el operario pueda corregir las acciones del robot guardando esta información y pudiéndose explotar en acciones similares futuras.

Desafíos

Los niveles de incertidumbre de los datos en base a los cuales se establece un plan hacen que las imprecisiones surjan con frecuencia. Los tiempos de ejecución son todavía largos al tratarse de estudios en una fase muy inicial por lo que mostrar el potencial de una herramienta basada en robótica colaborativa resulta todavía complicado.

Escenario futuro

Un robot y una persona ejecutarán las tareas de forma colaborativa delegando la persona en el robot las tareas más repetitivas y que puedan implicar ciertos esfuerzos físicos y movimientos repetitivos, pudiendo dedicar su tiempo a tareas de más valor añadido.

Resultados esperados

Se espera:

- Poder demostrar el valor de la colaboración entre el robot y el operario.
- Desarrollar un entorno eficiente en tareas de desensamblado automático confiable para éste.

Caso de uso E

Asistente integral orientado a mercado para la toma de decisiones sobre desmontaje o remanufactura.

Tras recopilar toda la información sobre el estado del equipo y sus componentes, el último paso es decidir a donde destinarlos. Para la toma de esta decisión se combina el diagnóstico anterior con datos de mercado. Cotejando dicha información se decide la opción más rentable para el reciclador, que puede ser, venderlo de forma aislada, instalado en un equipo reacondicionado, o reciclarlo para recuperar materiales valiosos. Cuanto mayor y más precisa sea la información disponible para esta decisión, más factible será maximizar el beneficio económico generado.

Escenario actual

En la actualidad el destino de los componentes se decide en base a la larga experiencia de un operario. Este conocimiento resulta difícil de transferir de forma rápida, lo que supone un riesgo importante para la empresa al depender de dicha persona. Por otro lado, aunque su experiencia sea muy amplia resulta complicado cotizar el valor de componentes menos habituales con el consiguiente riesgo de pérdida de oportunidades. La falta de datos objetivos en los que basar la

CIRCULAR TWAIN

decisión puede obligar al operario a acudir a apreciaciones subjetivas con un acierto muy variable.

Desafíos

El mercado de componentes electrónicos y equipos informáticos es muy amplio y cambiante con lo que un operario requiere de un conocimiento y experiencia muy amplios para tomar decisiones acertadas de forma continuada. Por otro lado, el valor de mercado de componentes de segunda mano es difícil de estimar ya que en muchos casos la demanda es muy reducida. De cara a crear un algoritmo robusto de toma de decisiones una dificultad será parametrizar aquellas apreciaciones más subjetivas o particulares de un producto muy concreto.

Escenario futuro

Gracias a una base de datos e información inmensamente más amplia y la capacidad analítica ampliada proporcionada por los módulos de IA, se podrán incluir en el proceso de decisión multitud de factores que afectan al valor económico de los componentes. El asistente aprovechará estas capacidades para decidir objetivamente y sugerir al operario la opción económicamente más rentable. Adicionalmente, se está valorando incorporar factores ambientales en la decisión, lo que contribuiría a mejorar el desempeño medio ambiental de la empresa. Finalmente, los productos recuperados podrán volver al mercado más fácilmente a través de una tienda cuyos precios serán coherentes con la demanda.

Resultados esperados

Se espera:

- Maximizar el rendimiento económico de los productos procesados en la planta.
- Reducir el desperdicio de materias primas valiosas y críticas como resultado de evaluaciones incorrectas.
- Crear nuevas oportunidades de negocio en la cadena logística inversa de los RAEE, al facilitar su vuelta al mercado. Complementariamente, se espera que este aumento de disponibilidad impulse el mercado de los componentes de segunda mano.

CONCLUSIONES

Durante los últimos años ha surgido un gran interés en la fabricación asistida mediante IA por su potencial para aumentar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas productivos. Sin embargo, queda un largo camino para que esta potente herramienta se integre holísticamente en todos los ámbitos de la industria de principio a fin. El proyecto Circular Twain ambiciona avanzar en la creación de esa plataforma que será clave para el avance de la Industria 4.0.

La digitalización será un reto previo a la implementación de herramientas basadas en IA. Este desafío conlleva un esfuerzo en identificar y organizar los flujos de información, y crear estándares de manejo de datos. Además, la actual falta de confianza en los sistemas de IA, a menudo percibidos como una caja opaca, también frenan su implementación. Circular Twain quiere romper estas barreras mediante la puesta en práctica de los avances en diferentes sectores de la industria, demostrando a su vez el afán por crear una solución escalable y transferible.

En el caso de la prueba piloto enfocada en RAEE, ésta se enfrenta a los desafíos específicos de un sector presionado por las ambiciones de circularidad de la Unión Europea y que, actualmente, sigue dependiendo en gran medida del trabajo manual. Además, la gran variabilidad y personalización de equipos y componentes dentro de los RAEE complica la estandarización y digitalización de los procesos.

Estos desafíos se reflejan en los casos de uso en que se divide el piloto, empezando por la identificación y caracterización de cada residuo mediante gemelos digitales. El trabajo manual no será sustituido por completo sino que se beneficiará de la robótica colaborativa para disminuir la carga y el esfuerzo físico. Se generarán instrucciones de desensamblaje que el brazo robótico podrá llevar a cabo, y mediante procesos de *machine learning*, las interacciones entre trabajador y máquina se irán haciendo cada vez más eficientes.

Finalmente, una vez se logre un nivel de digitalización mayor, el flujo de datos aumentará exponencialmente y deberá manejarse inevitablemente por sistemas digitales en los que la IA tendrá un gran protagonismo. Cotejando especificaciones y bases de datos sobre precios de mercado, la plataforma desarrollada dentro del piloto también podrá intervenir en la toma de decisiones relativas al destino de cada residuo, maximizando el valor recuperado de cada material que llegue a la planta.

En términos de negocio, se prevé que el reciclador se beneficie de la implementación al diferenciarse y obtener una ventaja competitiva al ser capaz de maximizar el valor retenido en cada residuo entrante. Los fabricantes de componentes mejoraran su desempeño ambiental al poder reintroducir componentes o equipos recuperados, a la vez que aprenden aspectos clave del ecodiseño potenciando aún más la circularidad. Por último, los usuarios finales podrán reducir su huella ecológica al acceder a productos más sostenibles.

En general, el proyecto Circular Twain, cofinanciado por el programa “Horizon Europe” de la Comisión Europea, espera crear un impacto positivo en la visión de la industria hacia la economía circular, demostrando su potencial para convertir residuos en recursos. Ampliará el tiempo de vida útil de los productos al evitar su descarte temprano y maximizará el valor extraído de cada material, potenciando la recuperación de los elementos críticos incluidos en ellos. La aplicación de robótica colaborativa permitirá una cooperación máquina-humano que facilite la realización de determinados trabajos físicos para el operario, mejorando además los tiempos de desempeño. Del mismo modo, demostrar como una plataforma de IA puede contribuir a todos estos objetivos elevará la confianza de la industria y potenciará su implementación en más sectores.

CONOCE MÁS DEL PROYECTO

Los progresos del proyecto Circular TwAIn pueden consultarse a través de sus redes sociales ([LinkedIn](#) y [X](#)) y de su página web (www.circular-twain-project.eu). También es posible suscribirse [aquí](#) a su newsletter para mantenerse al tanto de todas las novedades.



Figura 2. circular-twain-project.eu



**Cofinanciado por
la Unión Europea**

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grants agreement N° 101058585.

BIBLIOGRAFÍA

- AIMEN.es. (n.d.). *AIMEN Centro Tecnológico*. Aimen.es. <https://www.aimen.es/>
- Baldé, C., Kuehr, R., Yamamoto, T., Mcdonald, R., Angelo, E., Althaf, S., Bel, G., Deubzer, O., Fernandez-Cubillo, E., Forti, V., Gray, V., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., & Khatriwal, D. (2024). *THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024*. https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf
- Circular TwAIn. (2022). *Circular TwAIn*. Circular TwAIn. <https://www.circular-twain-project.eu/>
- CORDIS, cordis.europa.eu. (2022, September 4). *AI Platform for Integrated Sustainable and Circular Manufacturing*. CORDIS | European Commission. <https://cordis.europa.eu/project/id/101058585>
- Eurostat. (2024). Waste statistics - electrical and electronic equipment. *Electrical and Electronic Equipment (EEE) Put on the Market and WEEE Collected by Country*. env_waseleeos. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment#Electrical_and_electronic_equipment_.28EEE.29_put_on_the_market_and_WEEE_collected_by_country. DOI: 10.2908/env_waseleeos.
- RECYCLIA.es. (n.d.). *Recyclia, La mayor plataforma medioambiental en España*. Recyclia. <https://www.recyclia.es/>
- REVERTIA.es. (n.d.). *Revertia - Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE*. Revertia. <https://revertia.com/es/>
- WEEE Forum. (2020). *An enhanced definition of EPR and the role of all actors*. https://weee-forum.org/wp-content/uploads/2020/11/EPR-and-the-role-of-all-actors_final.pdf