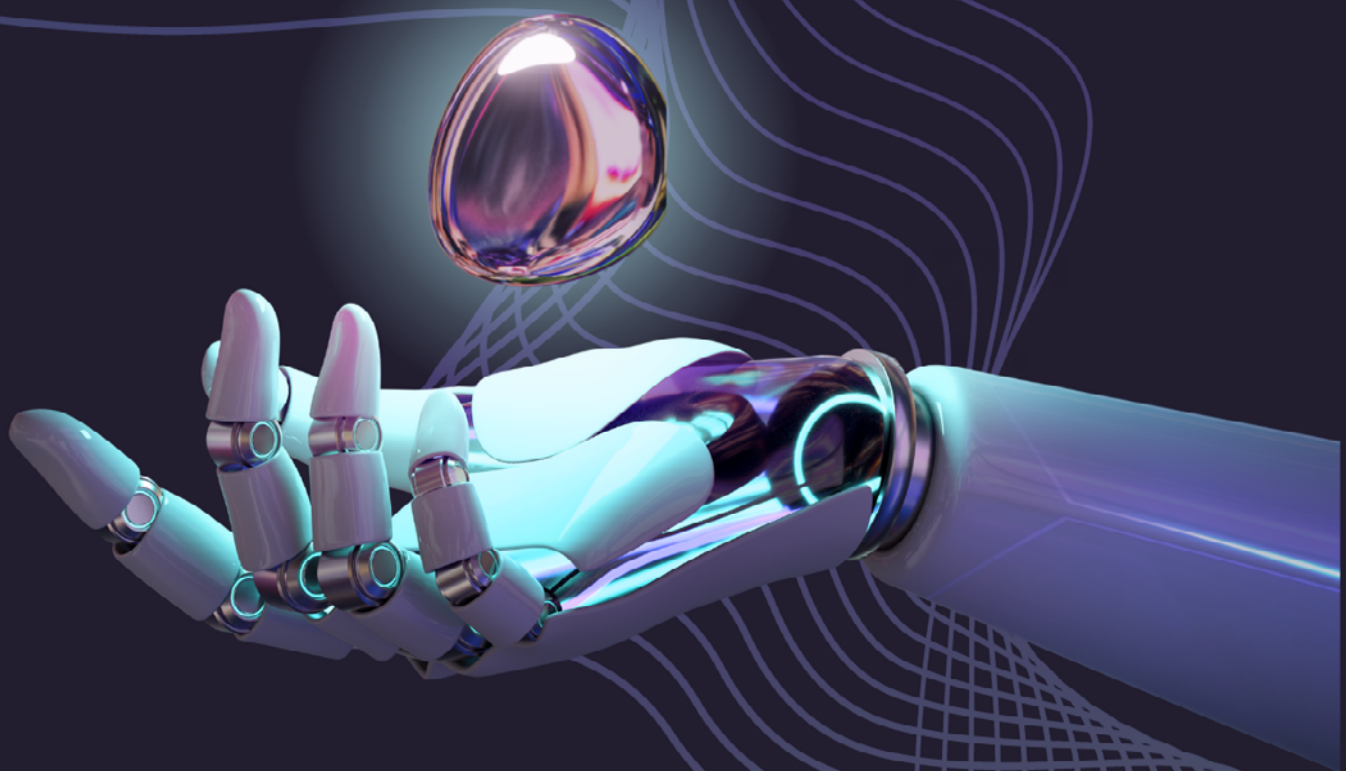



CEF.- udima

JORNADAS INTELIGENCIA ARTIFICIAL



 **13, 14 y 15 de julio de 2023**

 **Sede del CEF.-**
Paseo del General Martínez Campos, 5,
Madrid



Visita la web

13 DE JULIO

9:30H Inauguración de las Jornadas

10:00H Inteligencia Artificial: una mirada al futuro

11:00H Inteligencia Artificial en la informática médica

12:00H Descanso

12:30H Inteligencia Artificial en Ciencias Económicas, Finanzas y Hacienda (SESIÓN PARALELA I)

12:30H Inteligencia Artificial y soluciones tecnológicas (SESIÓN PARALELA II)

13:30H Descanso

16:00H Inteligencia Artificial en Ciberseguridad

17:00H Inteligencia Artificial en el tejido empresarial, productivo y de servicios español

18:00H Cierre

14 DE JULIO

9:30H Apertura

10:00H Desafíos de la Inteligencia Artificial en la medicina y la salud: entre lo calculado, lo explicado y lo predicho

11:00H Inteligencia Artificial en Gobierno y Ayuntamientos

12:00H Descanso

12:30H Inteligencia Artificial y Servicio Público (SESIÓN PARALELA I)

12:30H Inteligencia Artificial y Administración Pública (SESIÓN PARALELA II)

13:30H Descanso

16:00H Inteligencia Artificial e Ingeniería

17:00H Inteligencia Artificial en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

18:00H Cierre

15 DE JULIO

9:30H Apertura

10:00H Inteligencia Artificial en la investigación académica

11:00H Descanso

11:30H Inteligencia Artificial, desafíos y oportunidades

12:30H Inteligencia Artificial en educación

13:30H IA en Biomedicina: algunos avances recientes

14:00H Clausura de las Jornadas

Participan profesionales punteros de empresas como:

¿Por qué no? Innovar. Diseñar. Crecer | ADIF | AEAT | Ayuntamiento de Alcobendas | Ayuntamiento de Madrid | Banco de España | CEF.- | CSIC | Escuela de Hacienda Pública | Fábrica de Moneda y Timbre | Fortinet | Google | Grupo DIA | Hospital Universitario de A Coruña | IBM | Instituto Geográfico Nacional | Integra | Ministerio de Hacienda y Función Pública | NANFOR IBÉRICA | Oracle | SEPE | Telefónica S.A. | Trend Micro | UDIMA | Universidad de Rutgers | Universidad de Sevilla | Universidad de Zaragoza | Universidad Politécnica de Madrid | Universidad Politécnica de Valencia | Vodafone Business

Inteligencia Artificial: Visión y aplicación a la red ferroviaria española

José Conrado Martínez Acevedo¹; Miguel Ríos Reyes²

Subdirector de Innovación Estratégica (CTO), Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), España, jcmartinez@adif.es¹; Gerente del Centro de Tecnologías Ferroviarias (CTF), Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, España, mrrios@adif.es²

1. Introducción

Al igual que se ha hecho y se está haciendo en otros sectores, el ferroviario debe aprovechar la nueva revolución digital y posicionarse para no perder ventaja competitiva frente a otros modos de transporte. Particularizando en su caso concreto, puede afirmarse que esta nueva etapa de transformación digital se afronta como una cuarta revolución tecnológica comparable a lo que en su momento fue la introducción de la locomotora de vapor o de la tracción eléctrica.

En el caso del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF, esta revolución, o transformación digital, se está planteando como una estrategia en su proceso de innovación con el objetivo de integrar nuevas tecnologías habilitadoras o transformadoras en las distintas áreas de gestión, cambiando la manera de realizar los distintos procesos internos y aportando valor a los usuarios del sistema ferroviario. Así, al igual que se está haciendo con el concepto de *Industria 4.0*, el nuevo *Ferrocarril 4.0* promoverá una nueva manera de organizar la planificación, el diseño y la producción del sistema ferroviario nacional, introduciendo un impacto positivo en cuanto a la eficiencia y el aumento de la productividad.

Son varios los ámbitos tecnológicos que se verán beneficiados de esta transformación digital (**Figura 1**):

- gestión de la energía eléctrica de tracción;
- gestión de la conservación y el mantenimiento de la infraestructura;
- gestión de la seguridad operacional;
- gestión del tráfico;
- gestión de las estaciones de viajeros;
- gestión de la logística ferroviaria.

En todo este proceso, la Inteligencia Artificial tiene y tendrá un papel fundamental.

2. Planteamiento de partida

En términos generales puede afirmarse que la aplicación de la Inteligencia Artificial en el sector ferroviario debe posicionar el uso del dato como una primera acción de partida. De acuerdo a la Unión Internacional de Ferrocarriles¹, UIC, tradicionalmente las empresas ferroviarias no han gestionado de manera adecuada toda la información recogida en sus sistemas. En este sentido la definición de una estrategia de recopilación, análisis y activación de los datos para la

¹ En su grupo de investigación, desarrollo e innovación (RIGG).

generación de conocimiento que permita la toma de decisiones se posiciona como uno de los grandes habilitadores de la transformación del sector.

Con todo lo anterior, los fundamentos de este *Ferrocarril 4.0* podrían resumirse en los siguientes:

- monitorización remota de variables y parámetros a lo largo de la infraestructura o en zonas concentradas específicas mediante sensores y sistemas adecuados a cada fin;
- almacenamiento, seguimiento y análisis de esta información en tiempo real, garantizando una mejor toma de decisiones (basada en el análisis de los datos obtenidos con o sin asistencia humana);
- análisis off-line de la información para identificar patrones de comportamiento y relaciones causales de los diferentes procesos;
- descentralización de la recepción de la información, de acuerdo a las necesidades de cada ámbito de trabajo;
- integración de los diferentes sistemas afectados.



Figura 1. Ámbitos tecnológicos del ferrocarril afectados por la transformación digital. Fuente: autores.

3. Objetivos

La Inteligencia Artificial (IA) va a permitir dar solución, de forma total o parcial, a las distintas necesidades identificadas en cada ámbito ferroviario reseñado. Partiendo de los datos obtenidos en cada uno de ellos, con la IA se debe plantear el diseño e implementación de sistemas y algoritmos avanzados que permitan tomar decisiones a los diferentes agentes ferroviarios involucrados.

Respecto a la **gestión de la energía eléctrica de tracción**, la IA se plantea como un potente instrumento para reducir su consumo² y hacer más eficiente a la propia red eléctrica ferroviaria. Esta red de tracción es un sistema complejo, similar al resto de redes eléctricas, pero con cargas que son variables en el espacio y en el tiempo y perfiles de consumo muy irregulares. Considerando que está formada por un gran número de nodos, y partiendo de los datos de consumo eléctrico en todos ellos, el objetivo de la IA sería predecir el consumo de energía en cada uno de ellos, en función de los diferentes parámetros de control previamente determinados. Con ello se podrán establecer rutinas automáticas de control a los operadores de la red y a los trenes, con el objetivo de minimizar el consumo previsto. Del mismo modo se podrán generar esquemas de conexión eficientes en función de las predicciones de consumo realizadas. La IA

² Los administradores y compañías ferroviarias son uno de los principales consumidores de energía eléctrica en los países desarrollados. Cualquier reducción de este consumo, por pequeño que sea, tendrá un impacto directo en la cuenta de resultados de estas organizaciones.

también posibilitará el aumento de la seguridad de la red, optimizando el funcionamiento de los activos involucrados mediante la mejora de su supervisión y mantenimiento.

Del mismo modo, la IA puede aportar actualmente muchas ventajas a la **gestión de la seguridad operacional**. Las necesidades en este ámbito pasan por controlar en tiempo real los diferentes eventos en la infraestructura que pueden afectar a la seguridad de la circulación de los trenes. Partiendo de este control, la IA debe predecir la ocurrencia de esos eventos para poder reaccionar a tiempo desde los centros de control de tráfico y de mantenimiento. Otro aspecto de interés sería el control y predicción de nuevos fenómenos meteorológicos que pueden afectar a la seguridad de la infraestructura ferroviaria.

Un ejemplo destacable de aplicación de la IA se basaría en el empleo de cámaras *inteligentes* de video para identificar, en base a patrones previamente caracterizados, posibles amenazas para la seguridad en pasos a nivel, en andenes de estaciones o en zonas de desmonte con orografía compleja (**Figura 2**).

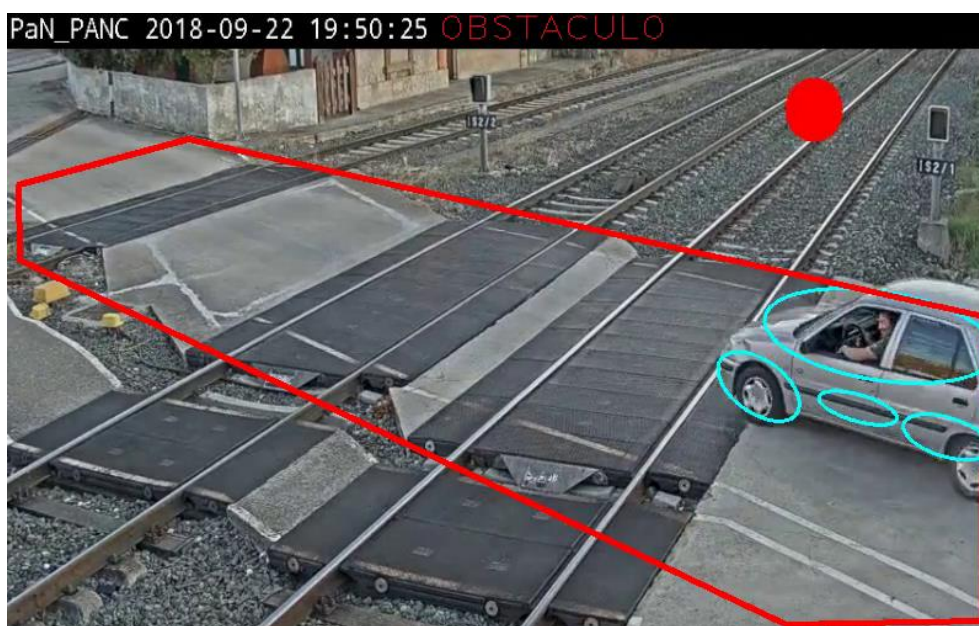


Figura 2. La tecnología AI aplicada a cámaras ópticas está teniendo un gran número de aplicaciones en el sector ferroviario. En este caso se puede observar la imagen de una cámara que supervisa un paso a nivel en el que se emplea un algoritmo basado en AI para detectar posibles objetos que queden detenidos en las vías (un vehículo en movimiento se interpreta como una situación de *no riesgo* mientras que un vehículo u objeto detenido sí activaría una alarma pasado un tiempo determinado). Fuente: autores.

La **gestión de la conservación y el mantenimiento de la infraestructura** es otro importante ámbito de uso de la IA. La reducción del coste de mantenimiento de los activos y la predicción de ocurrencias de fallo en cada uno de ellos, son los principales objetivos para la aplicación de la Inteligencia Artificial. Ambos objetivos están asociados al empleo de un mantenimiento predictivo o CBM, basado en la condición del activo. Precisamente el proceso actual consiste en migrar a ese tipo de mantenimiento CBM desde el tipo empleado en este momento, esto es, un mantenimiento preventivo o TBM, basado en la periodicidad de inspecciones independientemente del estado del activo (**Figura 3**).

El mantenimiento CBM posibilitará la generación de información que, junto a las técnicas de IA, permitirá predecir la ocurrencia de un fallo y así poder reaccionar a tiempo desde los centros de control de tráfico y de mantenimiento. Por su parte, la mejora del diagnóstico de las inspecciones, a través de un mejor uso de la información adquirida, permitirá hacer más eficiente las actuaciones de mantenimiento.

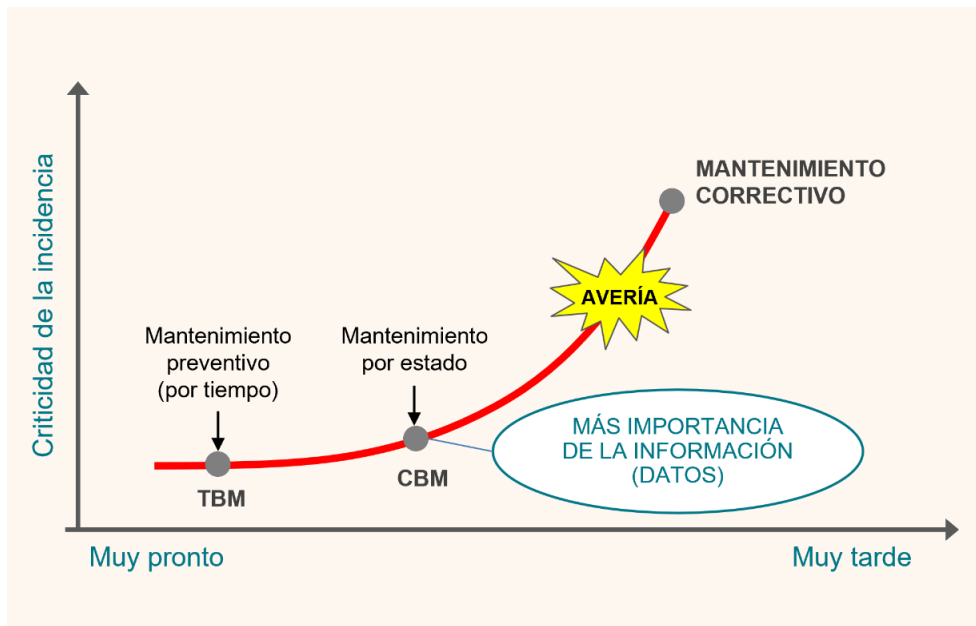


Figura 3. Diferentes tipos de mantenimiento empleados en el ámbito ferroviario. Actualmente se ha abandonado el mantenimiento correctivo y se ha adoptado el mantenimiento preventivo (TBM), debiendo evolucionar a un mantenimiento predictivo o basado en el estado del activo (CBM). Éste último está íntimamente ligado a la aplicación y uso de la IA. Fuente: autores.

Un ámbito fundamental para la aplicación de la IA en el ferrocarril es la **gestión de las estaciones de viajeros**. Aspectos como:

- la mejora de la atención e información al cliente, de manera que éste encuentre todo lo necesario para conocer la estación y su entorno;
- la implantación del posicionamiento y guiado *indoor* para que los usuarios sean capaces de orientarse dentro de la estación, a través de su dispositivo móvil, pudiendo acceder a cualquier información relevante de la estación;
- la disposición de información en tiempo real de la oferta de otros modos de transporte (taxis, autobuses urbanos, metropolitanos, etcétera);
- y el control en tiempo real y previsión del aforo de la estación,

podrán ser gestionados mediante la tecnología IA. Un aspecto de gran interés será el uso de robots que permitan ayudar al usuario de la estación en determinadas funciones: orientación, recogida de basura, acceso al tren, etcétera (**Figura 4**).

En el caso de la **gestión de la logística ferroviaria** la IA va a plantear un cambio sustancial de las operaciones realizadas en las terminales ferroviarias de mercancías. Una funcionalidad de gran interés es la aplicación de la conducción autónoma de los vehículos que se desplazan por la terminal, mejorando el rendimiento y la seguridad de las terminales al poder anticiparse a comportamientos inesperados. En este sentido, la creciente escasez de conductores, así como los continuos desafíos de seguridad y eficiencia, están llevando a las empresas de logística y almacenamiento a considerar la automatización de los vehículos empleados para el transporte interno de las distintas cargas.

Otras aplicaciones gran interés de la IA serían:

- empleo de cámaras *inteligentes* distribuidas por la terminal a través de las cuales se puedan detectar, mediante las imágenes correspondientes, contenedores de carga en mal estado o posición inadecuada en el lugar de almacenamiento;
- empleo de grúas automáticas, sin operarios, que realicen los procesos de carga y descarga desde las composiciones ferroviarias a los camiones y viceversa.

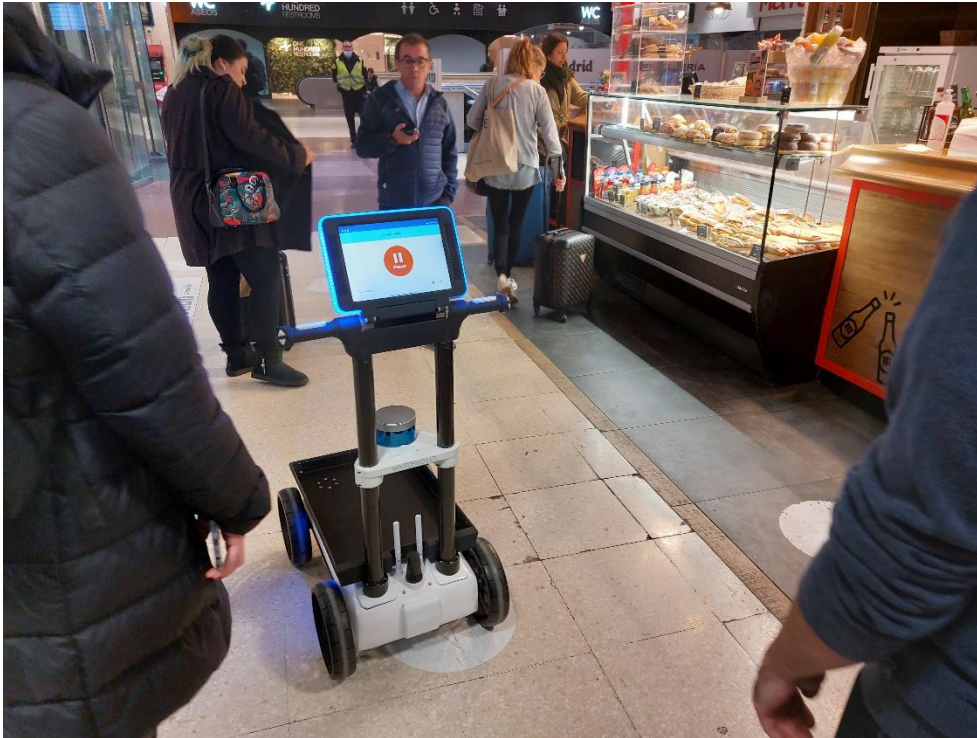


Figura 4. Robot desarrollado por la Fundación ONCE para el guiado *indoor* en la estación de personas con discapacidad visual o de otro tipo. Fuente: autores.

Por último, la transformación digital en el ámbito de la **gestión del tráfico** será objeto de importantes líneas de trabajo en el ámbito de la IA. De forma concreta, la Inteligencia Artificial podrá optimizar la operación del tráfico ferroviario desde los puestos de control al poder, por ejemplo, asistir y recomendar a los agentes de tráfico, de una manera automática, cómo deben proceder en caso de existir incidencias que afecten a la explotación. Igualmente se podría predecir la existencia de estas incidencias, permitiendo con ello prever con tiempo las posibles acciones. En general la IA permitirá la incorporación y explotación de nuevas herramientas que analizarán, diagnosticarán y predecirán las condiciones de operación de la red (**Figura 5**).

Un objetivo estratégico con la IA aplicada a este ámbito, sería la resolución automática de itinerarios³. La IA debe permitir establecer de manera automática qué itinerarios son los más eficientes y efectivos en caso de producirse una incidencia determinada o simplemente para optimizar la planificación del tráfico en un espacio temporal determinado. Aunque estos itinerarios no se establecieran de forma automática, sí podría implantarse un sistema que recomendara al agente de circulación qué hacer en caso de producirse una incidencia que afecte a la circulación regular de los trenes.

4. Conclusiones

La optimización de los distintos procesos empleados en el sector ferroviario mediante la adopción de nuevas tecnologías habilitadoras como la Inteligencia Artificial, es una acción puesta en marcha por el sector en los últimos años y que continuará potenciándose en los siguientes. Este es el planteamiento seguido por ADIF en su estrategia de digitalización e innovación.

El desarrollo de proyectos tecnológicos demostrativos con estas nuevas tecnologías -que permitirán probar prototipos en un entorno real de operación (por tanto, hasta un nivel de

³ El itinerario, en terminología ferroviaria, es la ruta que establece el *enclavamiento* para que un tren se desplace desde un punto inicial a otro final.

madurez de la tecnología -TRL- de 7/8)- es una de las principales acciones a poner en marcha (Figura 5).

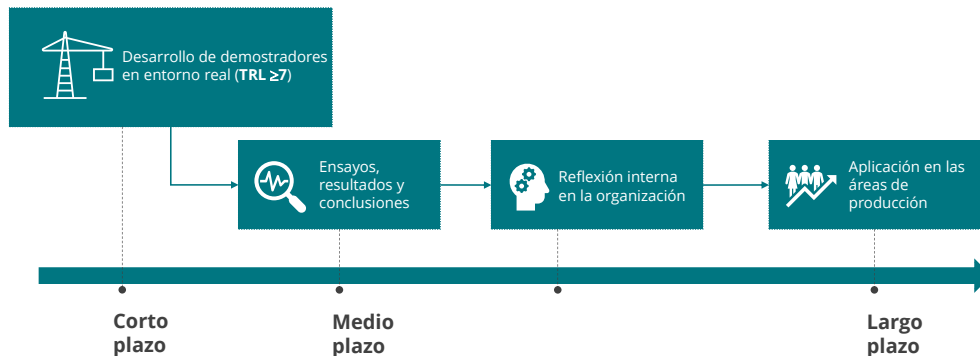


Figura 5. Planteamiento asociado al desarrollo de demostradores en entornos reales de operación. En función de sus resultados, la tecnología probada será objeto de nuevos proyectos o de aplicación final en el ciclo de producción. Fuente: autores.

Cabe destacar que ADIF desarrolla en el momento actual cerca de 20 demostradores propios de este tipo relacionados con la Inteligencia Artificial y que está permitiendo analizar su comportamiento en las distintas áreas identificadas. Estos demostradores se distribuyen a lo largo de toda la extensión geográfica de la red ferroviaria, tanto en las líneas de alta velocidad como en las líneas clásicas y de ancho métrico. Así por ejemplo, se desarrollan proyectos para aplicar la IA al comportamiento y evolución de desvíos, puentes y viaductos o para crear un prototipo de red eléctrica ferroviaria inteligente (*Railway Smart Grid*). Debe reseñarse que en todos estos proyectos ADIF colabora con una gran número de empresas tecnológicas, centros de investigación y universidades.

Por otra parte, en el ámbito europeo también se está priorizando el desarrollo de este tipo de proyectos bajo el soporte del nuevo programa de investigación e innovación ferroviaria *Europe's Rail Joint Undertaking* (ERJU), del cual ADIF es miembro fundador. ERJU es el mayor programa de este tipo hasta la fecha. Ofrecerá hasta 2030 (y desde 2022) actividades por un valor mínimo de 1.236 millones de euros realizadas por sus miembros fundadores y otros beneficiarios. El objetivo de ERJU es ofrecer una red ferroviaria europea integrada de alta capacidad eliminando las barreras a la interoperabilidad y proporcionando soluciones sistémicas al sector con el objetivo de acelerar el desarrollo y despliegue de proyectos e innovaciones. Esta iniciativa trata de aprovechar el enorme potencial de la digitalización y la automatización para reducir los costes del sistema ferroviario, aumentar su capacidad y mejorar su flexibilidad y fiabilidad. En este sentido, la Inteligencia Artificial es una de las principales tecnologías transversales a todos los desarrollos.

Una conclusión de gran importancia en el desarrollo de este tipo de proyectos se refiere al rediseño y capacitación de la fuerza de trabajo. La adopción de nuevas tecnologías para la optimización de los procesos y la definición de una nueva estrategia de datos está exigiendo a las compañías contar con nuevos perfiles profesionales con las habilidades necesarias para dar respuesta a estas necesidades organizativas (por ejemplo, nuevos especialistas en el tratamiento de datos). Por otra parte, teniendo en cuenta la naturaleza tan conservadora de las organizaciones ferroviarias, será preciso realizar un cambio de mentalidad interna con los equipos de trabajo ya existentes, orientándolos a la conveniencia de uso de estos nuevos procedimientos.