XIII EDICIÓN enerTIC AWARDS

DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO MEDIANTE CARGA INTELIGENTE

Aplicación en Fuencarral y escalabilidad a otros Centros de Operaciones de EMT Madrid

EMT MADRID

ÍNDICE

Datos de la candidatura	3
EMT Madrid	4
Principales magnitudes	4
Introducción	6
Electrificación de la flota de autobuses de EMT Madrid	8
Carga inteligente o Smart Charging	12
Descripción del proyecto: la instalación y automatización de la carga inteligente de 20 autobuses eléctricos en el Centro de Operaciones de Fuencarral	13
Escalabilidad a otros Centros de Operaciones de EMT Madrid: previsión de desarrollo y futuro	25
Impacto y resultados a nivel global	27
Conclusión	27
Documentación: vídeos	28

DATOS DE LA CANDIDATURA

EMPRESA	Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A.
C.I.F	A28046316
DOMICILIO	c/ Cerro de la Plata, 4 - 28007 Madrid
Teléfono	914 068 800
Correo electrónico	*gerencia@emtmadrid.es* *relaciones.institucionales@emtmadrid.es*
Proyecto	Descarbonización del transporte público mediante carga inteligente: aplicación en Fuencarral y escalabilidad a otros Centros de Operación de EMT Madrid

EMT MADRID

La Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT Madrid) es una entidad pública creada en el año 1947, cuya historia ha estado profundamente vinculada al desarrollo de la ciudad de Madrid y al bienestar de sus ciudadanos. EMT es una empresa de titularidad íntegramente municipal, perteneciente al Ayuntamiento de Madrid, y está integrada en el Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM), organismo responsable de la planificación del transporte público en toda la Comunidad de Madrid.

Desde su fundación, EMT ha experimentado una notable evolución, superando las dificultades iniciales propias de la época y adaptándose a las cambiantes necesidades de movilidad urbana. Entre los hitos más destacados figuran la implantación de los tranvías y trolebuses, la posterior incorporación de microbuses y líneas periféricas, la expansión de la red de autobuses, la creación de servicios especiales al aeropuerto y líneas nocturnas, hasta llegar a la moderna red de transporte que hoy conocemos, diseñada para dar respuesta a las nuevas demandas urbanas y demográficas del municipio.

Durante la última década, EMT ha ampliado significativamente su ámbito de actuación, asumiendo la gestión de los aparcamientos municipales, el servicio de grúa, el sistema de bicicleta pública (bicimad) y el teleférico de Madrid. Con una plantilla cercana a los 10.500 empleados, la empresa gestiona cinco centros de operaciones, una flota de 2.215 autobuses, 12.935 plazas de aparcamiento, 3 hubs de movilidad, 72 grúas, 7.735 bicicletas del servicio de bicimad y el teleférico, actualmente en proceso de reforma. Además, dispone de un departamento de Consultoría especializado.

Principales magnitudes

Empleados

- 10.408

Autobuses

- 2. 215 (100% flota verde limpia).
- 229 líneas, de las cuales 40 íntegramente electrificadas.
- 11.049 paradas.
- 4.123,3 km de red.
- 5 centros de operaciones.
- Viajeros transportados en autobús: 476 millones.

Aparcamientos

- 32 aparcamientos.
- 12.935 plazas.
- 3 hubs de movilidad.
- 257 puntos de recarga eléctricos.

Grúas

- 72 grúas.
- 4 bases y 3 centros.
- 56.772 servicios y 35.095 vehículos retirados.

Bicicletas

- 7.735 bicicletas eléctricas.
- 630 estaciones.
- 21 distritos.
- 4.524.620 viajes.

Teleférico

- Actualmente en proceso de reforma

Consultoría

- 8 asistencias técnicas.
- 6 proyectos financiados por la Unión Europea.

DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO MEDIANTE CARGA INTELIGENTE: APLICACIÓN EN FUENCARRAL Y ESCALABILIDAD A OTROS CENTROS DE OPERACIÓN DE EMT MADRID

Introducción

El Ayuntamiento de Madrid y EMT Madrid han establecido, entre sus principales compromisos a corto y medio plazo, **la descarbonización del servicio de transporte urbano en autobús** en la ciudad de Madrid —avanzando hacia una movilidad de cero emisiones—, así como la consecución de la neutralidad climática en sus operaciones e infraestructuras.

El Ayuntamiento de Madrid impulsa la descarbonización a través de la Estrategia de Sostenibilidad Madrid 360, aprobada en 2019. Esta estrategia se alinea con el Pacto Verde Europeo, el Acuerdo de París (2015) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Y, EMT Madrid, lo impulsa a través del Plan Estratégico EMT Madrid 2021–2025.

Compromisos institucionales:

- Acuerdos de la Villa (2020): Definen medidas municipales para alcanzar los objetivos climáticos de 2030 y 2050.
- Pacto de Alcaldías por el Clima y la Energía: Madrid participa desde 2008, comprometiéndose a cumplir y superar los objetivos climáticos de la UE.
- Red C40 de Ciudades:
    - Declaración de Calles Verdes y Saludables (2019): compromiso de adquirir solo autobuses cero emisiones desde 2023.
    - Declaración de Ciudades con Aire Limpio: medidas concretas para mejorar la calidad del aire.
    - Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática: establece un objetivo intermedio de reducción del 65% para 2030 y neutralidad total en 2050.

Instrumentos clave:

- Plan de Movilidad Sostenible: eje estratégico de las políticas de movilidad.
- Ordenanzas de Movilidad y Calidad del Aire: marco normativo que regula las acciones en transporte y medio ambiente.
- Estrategia DUM 360: orientada a una distribución urbana de mercancías más sostenible.
- **Plan Estratégico EMT Madrid 2021–2025:** la descarbonización es uno de los ejes prioritarios para EMT, apostando por una flota 100 % libre de emisiones. Entre sus acciones destaca la eliminación total de autobuses diésel, la incorporación progresiva de vehículos eléctricos e impulsados por hidrógeno verde, la implementación de cocheras inteligentes alimentadas con energía renovable y un sistema de carga automatizado.

EMT Madrid ha emprendido un profundo proceso de transformación energética y digital que busca redefinir el papel del transporte público en la movilidad urbana sostenible del siglo XXI. En un contexto marcado por los desafíos del cambio climático, el crecimiento urbano y las nuevas demandas ciudadanas, EMT Madrid ha adoptado un enfoque integral orientado a la electrificación de su flota, la digitalización de sus operaciones y la optimización del uso de la energía.

Este esfuerzo se materializa en una estrategia avanzada de carga inteligente o "smart charging" que va más allá de la simple instalación de puntos de recarga. Se trata de un ecosistema complejo y coordinado en el que convergen tecnologías IT (tecnologías de la información), OT (tecnologías de operación), ITS (sistemas de transporte inteligente), energías renovables, almacenamiento energético, plataformas en la nube y algoritmos de optimización. Todo ello con un enfoque integral que pone en primer plano la eficiencia energética, la calidad del servicio, la viabilidad económica y el bienestar de la ciudadanía.

Electrificación de la flota de autobuses de EMT Madrid

A lo largo de las últimas décadas, EMT Madrid ha avanzado de forma progresiva y decidida hacia un modelo de transporte urbano más limpio, eficiente y respetuoso con el medio ambiente. Entre los principales hitos alcanzados destacan:

- **Fin de la adquisición de autobuses diésel:** Desde el año 2010, EMT Madrid no ha adquirido ningún autobús con tecnología diésel, marcando así un punto de inflexión en su compromiso con la descarbonización y la mejora de la calidad del aire en la ciudad.
- **Apuesta temprana por el gas natural comprimido (GNC):** Desde 1994, y a lo largo de más de dos décadas, EMT ha incorporado de manera progresiva autobuses propulsados por GNC. Esta tecnología representó un paso clave en la transición hacia un sistema de transporte urbano más sostenible, al reducir significativamente las emisiones contaminantes respecto al diésel.

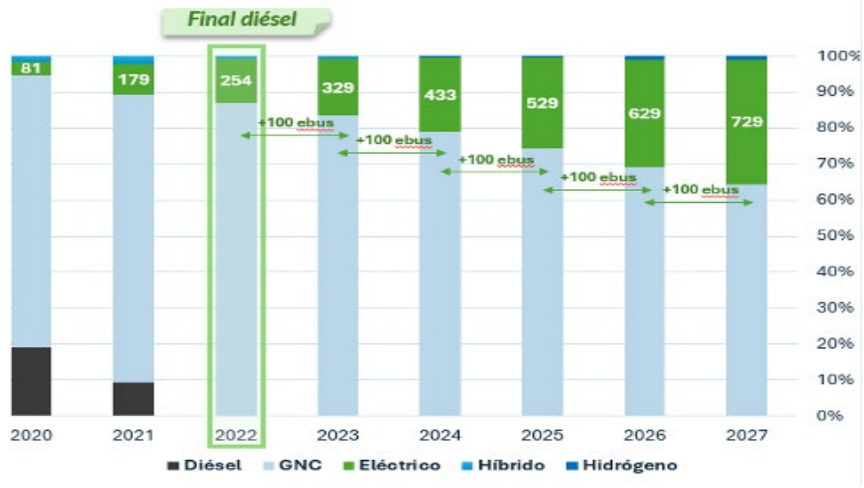
- **Centro de Operaciones de Sanchinarro, referente europeo:** En 2010, el Centro de Operaciones de Sanchinarro se convirtió en el primero de Europa en operar con una flota compuesta al 100% por autobuses de GNC, consolidando a Madrid como ciudad pionera en la implementación de tecnologías más limpias en el transporte público.
- **Introducción de los primeros autobuses eléctricos:** En 2007, EMT incorporó a su flota los primeros minibuses eléctricos, dando los primeros pasos hacia la electrificación total del servicio.
- **Despliegue de autobuses eléctricos estándar**: En 2018, EMT dio un paso más con la entrada en operación de los primeros autobuses eléctricos de 12 metros, lo que permitió comenzar la renovación de líneas completas con vehículos de cero emisiones.
- **Líneas "cero-cero" en el corazón de Madrid (cero coste y cero emisiones).** En 2020 EMT puso en marcha las líneas 001 y 002, Recorren el distrito Centro y están diseñadas para ofrecer una alternativa real, eficiente y no contaminante en zonas de alta sensibilidad ambiental, como las áreas de bajas emisiones. Posteriormente, en septiembre del mismo año, EMT incorporó la línea C03.

Un paso más en el camino hacia la consecución de la descarbonización y la neutralidad climática ha sido la **eliminación de los autobuses diésel de su flota**. El **31 de diciembre de 2022** prestaba servicio en las calles de la capital el último autobús municipal propulsado por gasóleo: Madrid se convertía así en la primera gran ciudad a nivel europeo en disponer de una flota de autobuses totalmente limpia o verde (es decir, compuesta exclusivamente por autobuses "cero" o bajas emisiones).

EMT Madrid y el Ayuntamiento de Madrid han puesto fin a los autobuses propulsados por gasóleo siete años antes del horizonte 2030 y con mucho adelanto de neutralidad ambiental fijado por la UE para 2050. Madrid es la primera gran capital europea en lograr este hito.

La flota de autobuses de EMT Madrid es de las más modernas de Europa y cuenta con vehículos que incorporan los últimos avances tecnológicos en materia de seguridad, confort, exigencias medioambientales y accesibilidad universal.

EMT ha pasado de 81 autobuses eléctricos en 2020 a 452 actualmente (julio 2025). En 2027 alcanzará las 729 unidades.



Flota limpia 100%

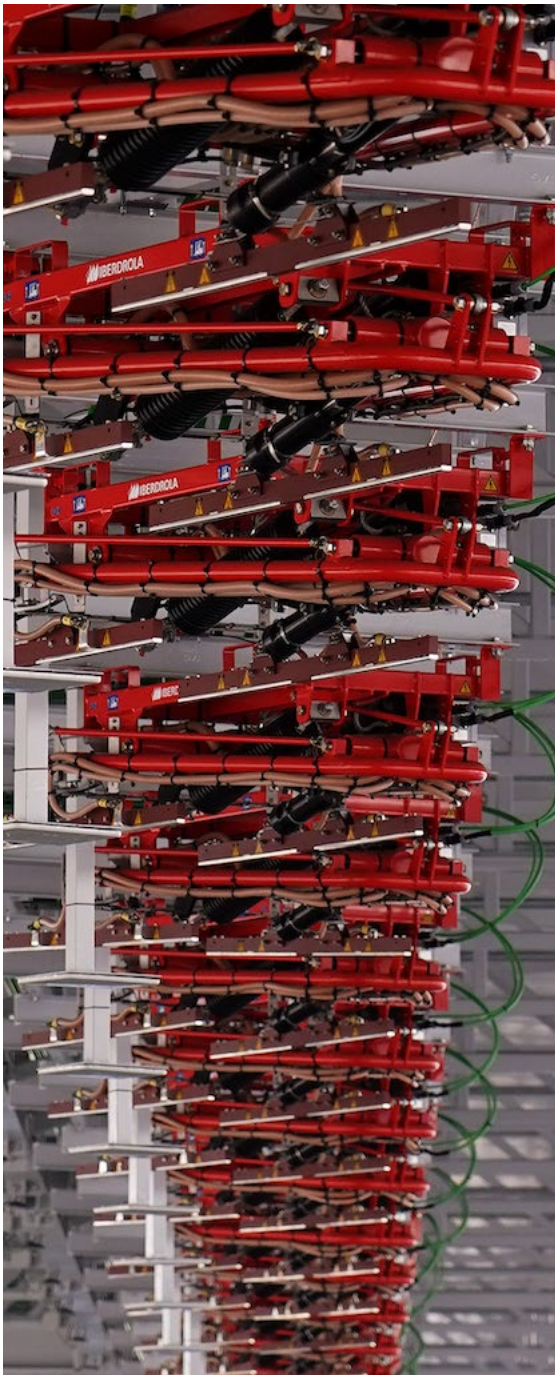
La flota 100% cero emisiones es un ejemplo de vanguardia en movilidad y una apuesta firme de EMT hacia la descarbonización inteligente del transporte público.

Combustible	Tipo	FU	CA	EV	SC	TOTAL
ELECTRIC	ESTANDAR	74	334	0	0	408
ELECTRIC	MIDIBUS	0	0	0	20	20
ELECTRIC	MINIBUS	0	24	0	0	24
CNG	ARTICULADO	52	34	0	0	86
CNG	ESTANDAR	669	127	413	442	1651
CNG	MICROBUS	0	0	0	16	16
HYDROGEN	ESTANDAR	0	0	10	0	10
ELECTRIC	TOTAL	74	358	0	20	452
CNG	TOTAL	721	161	413	458	1753
HYDROGEN	TOTAL	0	0	10	0	10
TOTAL		795	519	423	478	2215

Actualmente, EMT cuenta con 40 líneas cero emisiones. Madrid es la ciudad de España con más líneas eléctricas de autobús.

EMT Madrid está haciendo grandes esfuerzos para lograr una flota cero emisiones, lo que se traduce en un beneficio indudable no sólo para los habitantes de Madrid sino también para todos aquellos que por distintos motivos se desplazan hasta la capital (trabajo, estudios, ocio, visitas turísticas, etc).

Carga inteligente o smart charging



Con más de 2.200 autobuses, EMT Madrid gestiona una de las flotas más grandes de Europa. La transición hacia una flota de cero emisiones no solo requiere la incorporación progresiva de vehículos eléctricos, sino también la reestructuración y adaptación de las infraestructuras existentes.

La electrificación obliga a sustituir el concepto de "repostaje tradicional"' por un modelo de recarga inteligente que depende de múltiples factores: disponibilidad de potencia en la red, horarios tarifarios, programación de servicio, estado de los vehículos, necesidades de mantenimiento y variables climáticas. Para abordar esta complejidad, EMT ha desarrollado una plataforma de "Smart Charging" que permite tomar decisiones dinámicas basadas en datos y previsiones, evitando así sobrecostes y asegurando la continuidad del servicio.

La conversión de las cocheras tradicionales en centros de operaciones eléctricos inteligentes ha sido una prioridad estratégica. El Centro de Operaciones de Carabanchel, por ejemplo, representa un caso emblemático de esta transformación: cuenta con 329 puntos de recarga, incluyendo 234 pantógrafos invertidos, integrados en grandes marquesinas, albergan también 2.262 paneles fotovoltaicos (fase II: 613 + fase III: 1.055 + fase IV: 594).

En el Centro de Fuencarral, Madrid llevaba meses inmersa en un innovador proyecto de carga inteligente para autobuses eléctricos (smart charging). Esta iniciativa, que comenzó como un anteproyecto en 2020, desde 2024 está en funcionamiento y permite una recarga eficiente, rápida, sostenible y completamente automatizada para una flota de 20 autobuses eléctricos conectados.

Otros centros como Sanchinarro (actualmente instalando 115 pantógrafos), Las Tablas y La Elipa, se configurarán con un diseño y características similares al centro de operaciones de Carabanchel y Fuencarral, con los más avanzados y exigentes criterios operativos, logísticos, constructivos, energéticos y de sostenibilidad.

Descripción del proyecto: instalación y automatización de la carga inteligente de 20 autobuses eléctricos en Fuencarral

El objetivo principal del proyecto es la implementación de una plataforma tecnológica para la recarga eléctrica inteligente de autobuses, basada en el uso de pantógrafos invertidos y en la monitorización avanzada de las infraestructuras eléctricas asociadas.

La automatización de procesos a través de sistemas de inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real permite una transformación profunda del modelo operativo de EMT, orientada a mejorar la eficiencia energética, optimizar recursos y reducir al mínimo la intervención humana. En este contexto, la tecnología se consolida como un aliado estratégico para la toma de decisiones operativas, técnicas y de mantenimiento.

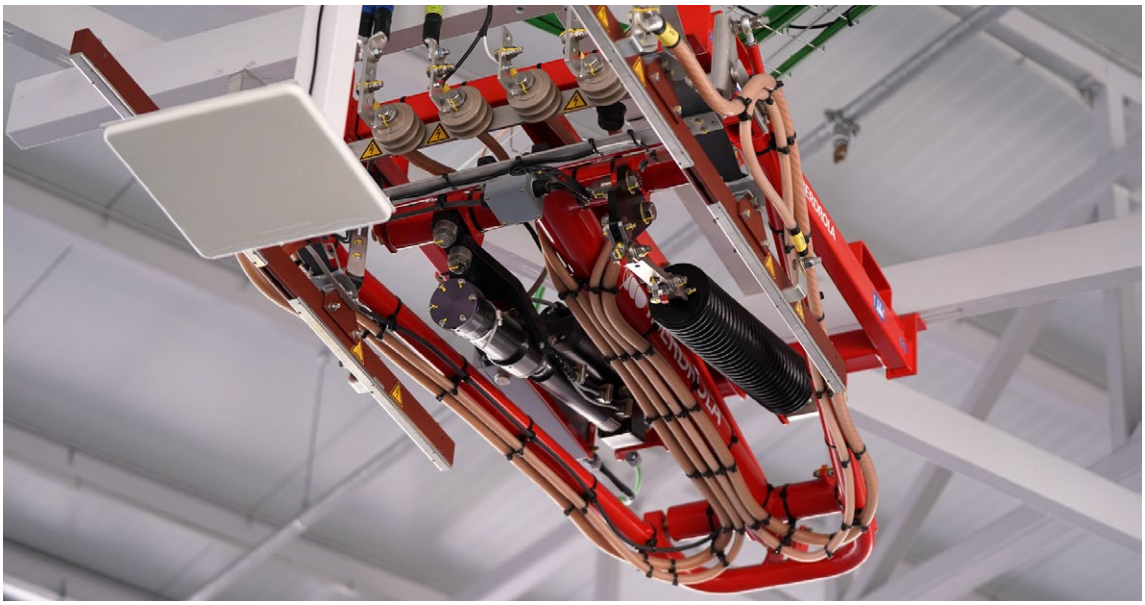
El proyecto, desarrollado e impulsado por EMT Madrid, contempla la puesta en marcha de un sistema automatizado para la recarga de 20 autobuses eléctricos en el Centro de Operaciones de Fuencarral. Su diseño tiene como finalidad principal la optimización de los recursos disponibles, la automatización del proceso de carga y la garantía de una operación segura, sostenible y eficiente.

La solución integra de forma nativa tecnologías IT, OT e ITS, conectando de forma coordinada los siguientes elementos: cargadores eléctricos y pantógrafos, autobuses y sus sistemas embarcados, sistemas de gestión de flota y mantenimiento, infraestructura eléctrica y energética, sistemas de protección contra incendios (PCI), plataformas en la nube para supervisión, análisis y control.

El sistema se articula en torno a tres ejes tecnológicos clave:

- Recarga eléctrica automatizada mediante pantógrafo invertido, asegurando la interoperabilidad con diferentes fabricantes y garantizando la eficiencia y seguridad del proceso.
- Comunicación directa vehículo-infraestructura, basada en protocolos estandarizados, que permite el intercambio de información crítica (estado de carga, disponibilidad, prioridad, diagnóstico).
- Condiciones inteligentes de recarga, con lógica de decisión basada en parámetros operativos, energéticos y económicos (estado de batería, programación de servicio, precios de energía, etc.).

Objetivos y principales características del proyecto



1. Optimización operativa y de recursos

- Reducción de costes operativos mediante la automatización del proceso de recarga y la eliminación de tareas repetitivas o penosas.
- Optimización del uso de recursos humanos, liberando al conductor de tareas no esenciales; su intervención se limita a accionar el freno de estacionamiento y una tecla para iniciar la carga.
- Disminución del número de operaciones manuales, reduciendo riesgos laborales y mejorando la seguridad y salud en el entorno de trabajo.
- Formación integral del personal operativo y técnico (conducción y mantenimiento), asegurando el uso responsable y eficiente de la infraestructura.

2. Automatización e inteligencia del sistema

- Automatización completa del proceso de recarga mediante pantógrafo invertido y sistemas de comunicación inalámbrica vehículo-infraestructura.
- Gestión dinámica de la carga basada en múltiples parámetros: estado de carga del vehículo, hora de salida, programación operativa y demanda energética total del centro.
- Priorización automática de vehículos con base en criterios operativos, manteniendo siempre la disponibilidad del autobús con:
  - Batería al 100%.
  - Presión neumática en condiciones de marcha.
  - Habitáculo climatizado previamente utilizando energía de red.
- Reducción de tiempos de carga gracias al aumento de potencia gestionada de forma inteligente (hasta 2.000 kW disponibles).
- Incremento de recargas diarias efectivas, minimizando los tiempos muertos de sistemas asistidos manualmente.
- Control del consumo eléctrico mediante monitorización avanzada de armónicos, factor de potencia, calidad de red y eliminación de parásitos eléctricos.
- Evita sobrecargas y penalizaciones eléctricas gracias al uso de algoritmos de optimización y predicción de demanda.
- Sistema de recarga inteligente adaptable y escalable, sin necesidad de modificación de hardware o software ante ampliaciones.

3. Interoperabilidad y monitorización

- Interoperabilidad con los principales modelos de pantógrafo invertido y cargadores del mercado, evaluados en banco de pruebas bajo condiciones controladas (interior y exterior).
- Verificación de compatibilidad con múltiples marcas de autobuses eléctricos, incluyendo funcionalidades críticas del sistema embarcado.
- Sistema de monitorización y control centralizado (SCADA y SOC) con supervisión en tiempo real de toda la infraestructura.
- Trazabilidad completa de procesos y consumos energéticos, con registro de datos por vehículo, cargador y jornada.
- Ciberseguridad e integridad del sistema garantizadas, cumpliendo normativa europea y local de referencia.

4. Gestión energética avanzada y sostenibilidad

- Maximización del aprovechamiento energético durante los periodos de inactividad de los autobuses.
- Integración de fuentes renovables como generación fotovoltaica y almacenamiento con baterías de segunda vida.
- Gestión del autoconsumo con previsiones dinámicas, adaptadas a las condiciones climáticas y de demanda.
- Compatibilización con estaciones de GNC existentes, adaptando la infraestructura eléctrica a las necesidades combinadas de ambos sistemas.
- Reducción de emisiones derivada de la electrificación progresiva de la flota y de la automatización de procesos.
- Transformación digital del modelo de operación del transporte público urbano, alineada con los principios de ciudad inteligente.

5. Diseño modular, escalabilidad y fiabilidad

- Instalación modular y desmontable, con posibilidad de reutilización en otros centros de operaciones.
- Escalabilidad prevista para flotas de hasta 450 autobuses, sin necesidad de cambios en la arquitectura base.
- Disponibilidad y fiabilidad mejoradas de la flota eléctrica, gracias a una infraestructura preparada para un ciclo de vida útil de 25 años, con mantenimiento preventivo, correctivo y evolutivo continuo.
- Modelo de implementación llave en mano, adaptable a las necesidades específicas de cada centro.

6. Seguridad avanzada

- Sistema de protección contra incendios (PCI) de nueva generación, que incluye:
  - Cámaras termográficas para detección temprana.
  - Sensores de gases.
  - Sistema automático de extinción mediante rociadores y agente extintor F-500.

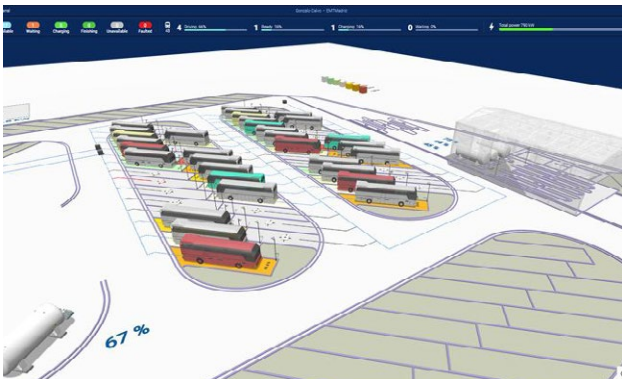
Objetivos y principales características del proyecto

- **5 Cargadores Jema modelo 2x1,** cada uno con capacidad para alimentar simultáneamente dos puntos de carga, proporcionando servicio a un total de 10 puntos de recarga.
- **6 Cargadores ABB monopuerto**, que abastecen de forma individual a 6 puntos de carga.
- **1 Cargador doble de la marca Ekoenergetyca,** que da servicio a 2 puntos de carga, instalado en sustitución de un equipo Heliox, el cual no cumplió con los requisitos técnicos del proyecto
- **2 Cargadores Power Electronics,** cada uno asociado a un punto de carga adicional.

- Compatibilidad e integración con los 4 modelos de pantógrafo invertido actualmente disponibles en el mercado, asegurando la interoperabilidad del sistema con múltiples fabricantes y tecnologías.

Gemelo digital

El gemelo digital es una representación virtual avanzada del Centro de Operaciones, diseñada para simular en tiempo real el proceso de recarga de los autobuses eléctricos. Esta innovadora herramienta permite a EMT monitorizar e interactuar de forma virtual con el sistema de recarga, facilitando la toma de decisiones informadas y optimizando tanto los recursos como el rendimiento de la infraestructura.



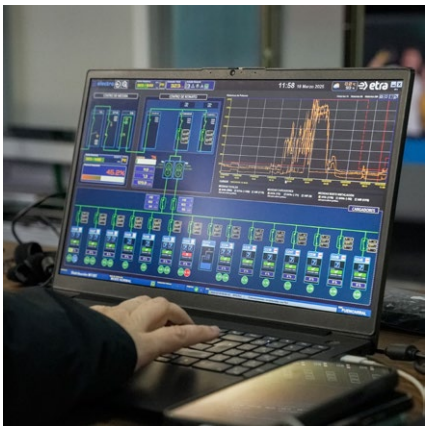
Cuenta con una interfaz visual e intuitiva, basada en un sistema de colores, que permite identificar de manera rápida y sencilla el estado de carga de cada autobús y de su cargador correspondiente. Además, proporciona acceso a información en tiempo real, lo que posibilita realizar consultas precisas sobre el funcionamiento del sistema y anticipar posibles incidencias.

Sistema de gestión inteligente de la carga

La recarga de los autobuses eléctricos se gestiona de forma dinámica e inteligente, en función de múltiples parámetros operativos, energéticos y económicos:

- Potencia disponible en la acometida eléctrica, para garantizar que no se superen los límites contratados ni se provoquen picos de demanda no controlados.
- Asignación de prioridad de carga a cada autobús, en función de su programación operativa (hora de salida, necesidades de mantenimiento, etc.).

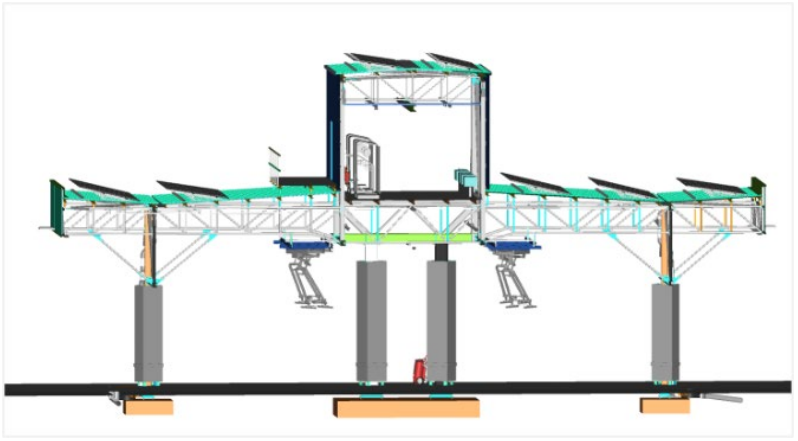
- Regulación dinámica de la potencia de carga, ajustada en tiempo real según la prioridad asignada, el estado de carga (SOC), la hora programada de inicio y fin de servicio y otras variables operativas.
- Monitorización y registro de la energía suministrada a cada vehículo, con trazabilidad completa por punto de carga y autobús.
- Activación opcional de la climatización del habitáculo durante la carga, permitiendo que el vehículo esté en condiciones óptimas de temperatura al inicio del servicio.
- Consideración del precio de la energía por tramos horarios, para optimizar la estrategia de carga en función de la tarifa eléctrica y reducir los costes operativos.



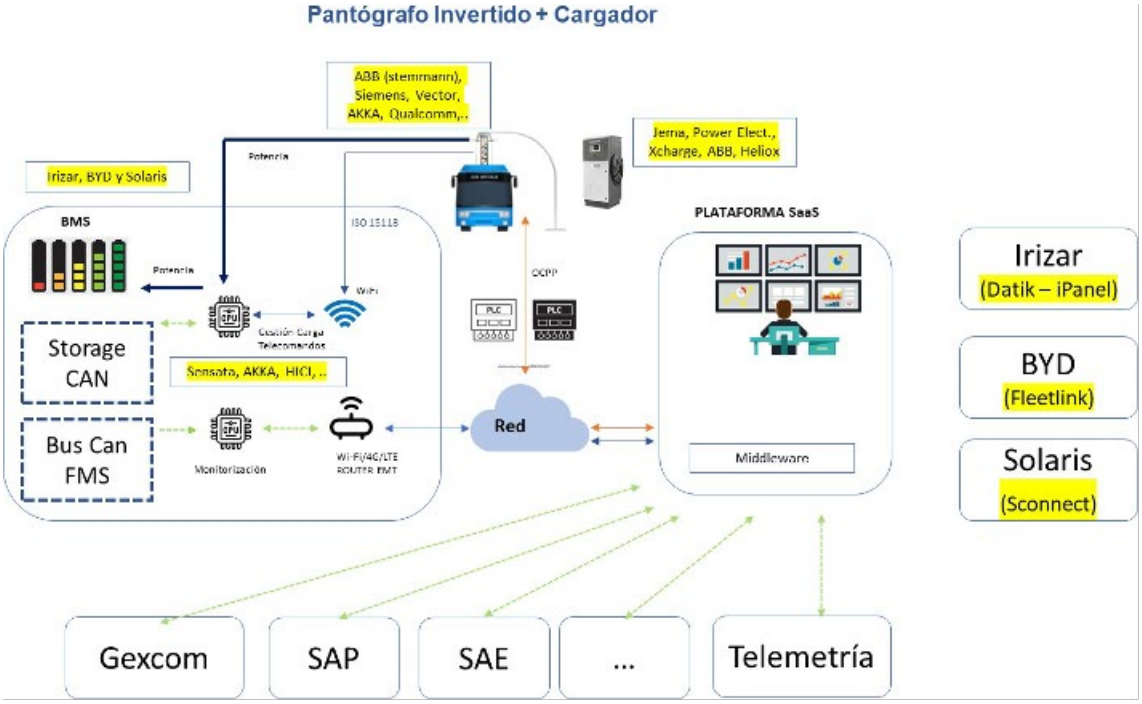
Gobernanza del sistema de recarga: Inteligencia y madurez

Se ha definido un modelo propio de 5 niveles de madurez en Smart Charging, desde un modelo sin integración hasta un sistema plenamente conectado con objetivos financieros y ambientales, integrando mantenimiento predictivo, algoritmos de IA, V2G/VPP y gestión dinámica de la demanda. Actualmente estamos en el nivel de madurez del nivel 5.

N1	Sin integración
N2	Integración embarcada con autobús y gestión de potencia
N3	Integración del servicio de autobuses y procesos de mantenimiento
N4	Integración con Infraestructura eléctrica, PCI y la compañía eléctrica
N5	Integración con objetivos financieros



La plataforma de Smart Charging está disponible en la nube como una solución SaaS que permite su integración con el sistema SCADA que gobierna la parte OT y tiene funciones de respaldo locales ante incidencias.



El éxito del Smart Charging se basa en una combinación de tecnologías avanzadas. Los cargadores utilizan el protocolo OPPCharge, asegurando interoperabilidad entre diferentes fabricantes. El sistema SCADA permite la supervisión en tiempo real de la infraestructura de media y baja tensión. Un sistema de PCI con sensores térmicos y detección de gases garantiza la seguridad operativa.

La ciberseguridad está gestionada a través del Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) de EMT, asegurando la protección de todos los flujos de datos críticos. Además, las plataformas SaaS utilizadas permiten flexibilidad, escalabilidad y resiliencia ante incidencias. Todo el ecosistema está preparado para integrar funcionalidades futuras como V2G, almacenamiento BESS, y modelos predictivos basados en inteligencia artificial.

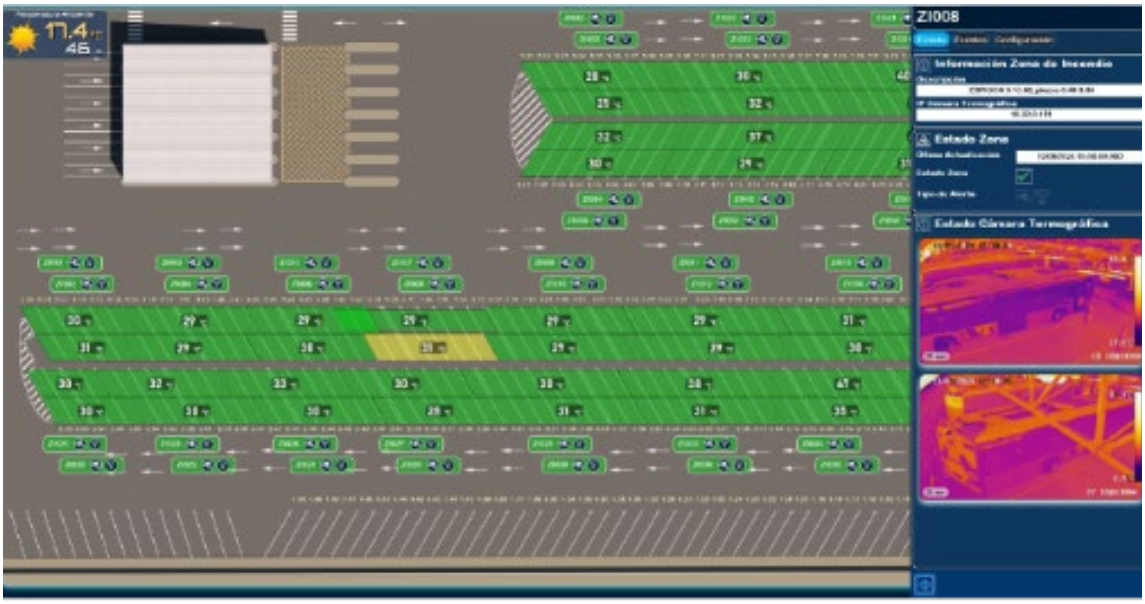
Las integraciones entre los diferentes fabricantes y resto de sistemas corporativos ha sido otros de los grandes retos. Tanto desde el punto de vista ITS, IT y OT como de plataformas tecnológicas en la nube. En su parte OT, la sensorización y monitorización de la infraestructura de carga de media y baja tensión también es un factor determinante para poder realizar una Recarga Inteligente. Si no sabes la potencia disponible en cada una de las líneas que alimentan los cargadores no puedes tener

una visión global para buscar la eficiencia o evitar producir una sobrecarga eléctrica en el Centro de Operaciones. Para ello, EMT ha implantado un sistema SCADA que recoge la información de dicha infraestructura y la pone a disposición de la Recarga Inteligente y los sistemas de notificación de incidencias para las personas de mantenimiento y operaciones. Toda la solución está integrada con el SOC de EMT para monitorizar la ciberseguridad de la solución.

EMT dispone de 6 franjas horarias con potencias eléctricas disponibles que debe tratar de no superar si no quiere pagar penalizaciones económicas a la Comercializadora. De este modo, la potencia contratada en cada franja horaria debe ser repartida entre todos los autobuses que están cargando de manera concurrente según los criterios y variables que el algoritmo tenga identificadas como prioritarias. La integración con el PCI mediante sensores de gases y cámaras termográficas también debe coordinarse con la recarga inteligente.

Los retos han sido muchos, Integración de estándares técnicos, coordinación empresas y profesionales de disciplinas diferentes (IT, OT, Alta/Baja/media tensión, fabricantes autobuses eléctricos, fabricantes cargadores, fabricantes pantógrafos, PCI, ..), gestión del cambio en procesos internos, gestión de las expectativas y el riesgo en su parte I+D, limitaciones en la contratación pública, escalabilidad a todo la flota, integraciones mediante “estándares técnicos”, alta disponibilidad ante incidencias, continuidad de negocio, etc.

➢ Reparto del 100% de la potencia disponible
➢ Actualización frecuente (medio minuto) para recálculo de nuevas conexiones
➢ Reparto inteligente en función del tiempo restante para la salida del día siguiente, autobús por autobús
➢ Optimización del coste total de la recarga y cuidado de las baterías


Z1008
Información Zona de Incendio
Estado Zona
Estado Cámara Termográfica

Contratos y financiación

- Procedimiento 20/125/3: servicios de realización de anteproyecto, asistencia técnica, dirección facultativa y coordinación de seguridad y salud de las obras para la instalación y automatización de la carga de 20 autobuses eléctricos, mediante pantógrafo invertido, en el centro de operaciones de Fuencarral de la EMT de Madrid.

Adjudicatario: EVECTRA MOBILITY SERVICES, S.L.,

- Procedimiento 22/052/2: proyecto para la automatización de la carga inteligente de 20 autobuses eléctricos en Fuencarral.

  El objeto del pliego es la automatización de la recarga inteligente mediante pantógrafo de 20 autobuses eléctricos, 15 de la marca BYD modelo K9 y 5 de IRIZAR modelo ieBus.

Adjudicatario: UTE ETRALUX-ENDESA

Tiempo de duración: 5 años (2024-2028)

- Procedimiento 22/150/3: servicio, integración y puesta en marcha de una plataforma de recarga inteligente para los cargadores de vehículos eléctricos en los centros de operaciones.

Adjudicatario: ETRALUX

Tiempo de duración: 3 años (2023-2026)

- Procedimiento 22/150/3: servicio, integración y puesta en marcha de una plataforma de recarga inteligente para los cargadores de vehículos eléctricos en los centros de operaciones.

Adjudicatario: ETRALUX

Tiempo de duración: 3 años (2025-2028)

Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (4.253.032,00 €) dentro del programa de ayudas a municipios para la implantación de zonas de bajas emisiones y la transformación digital y sostenible del transporte urbano en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Departamentos y empresas involucradas

En el proyecto de carga inteligente de los autobuses, la participación de todos los departamentos involucrados es esencial para alcanzar el éxito; sin embargo, este compromiso colectivo tiene su punto de partida en la implicación activa del director-gerente de EMT Madrid. Su liderazgo ha sido el motor que ha impulsado la coordinación entre áreas, garantizando el avance hacia los objetivos marcados y, al mismo tiempo, apostando con determinación por la incorporación de nuevas tecnologías que transforman el futuro del transporte urbano en superficie.

- Dirección – Gerencia.
- Dirección de Servicios de Transporte.
- Dirección de Tecnología Innovación.
- Dirección de Infraestructuras.
- Secretaría General.
- Dirección de Recursos Humanos.
- Dirección Financiera y de Estrategia.
- Dirección de Relaciones Institucionales, ESG y Gabinete de la Dirección Gerencia.
- Dirección de Comunicación.

- **Cargadores:** ABB, POWER ELECTRONICS, JEMA y EKOENERGETYCA

- **Pantógrafos:** SCHUNK Y STEMMANN

- **Autobuses:** IRIZAR, BYD Y SOLARIS

- **Empresas adjudicatarias:** ETRALUX, ENDESA Y EVECTRA

Escalabilidad a otros Centros de Operación de EMT Madrid: previsión de desarrollo y futuro

Centro de Operaciones de Carabanchel

EMT Madrid ha transformado una cochera de autobuses de diésel y GNC en un moderno e innovador centro de operaciones para autobuses eléctricos. Se trata del proyecto más grande y pionero de esta índole en Europa y más relevantes a nivel mundial.

Desde el año 2018, Carabanchel protagoniza un proceso de absoluto transformación en distintas fases:

- Fase I: se instalaron 25 cargadores para minibuses por enchufe y 65 cargadores por cable.
- Fase II: consistente en la puesta en servicio de la primera estación de carga eléctrica por pantógrafo invertido, que dispone de 52 puntos de carga de 100 kW (año 2023)
- Fase III: puesta en marcha de 118 pantógrafos invertidos (año 2024)
- Fase IV: instalación de 60 nuevos pantógrafos (año 2025).

Centro de Operaciones de Sanchinarro

El Centro de Operaciones de Sanchinarro hasta ahora dedicado exclusivamente a autobuses de gas, en 2025, contará con una instalación de 115 puntos de recarga mediante pantógrafos invertidos, en diseño y tipología similar a lo implementado en Carabanchel y Fuencarral.

Nuevos Centros de Operaciones: La Elipa y Las Tablas

El futuro Centro de Operaciones de **La Elipa** se convertirá en el centro de referencia para gestión de flota 100 % eléctrica. Tendrá una capacidad de aparcamiento de 318 autobuses cien por cien eléctricos. La característica más distintiva de esta nueva instalación es que será un centro completamente cubierto –que cumplirá exigentes requisitos de eficiencia energética y de integración en el entorno urbano–, lo que, además, permitirá la instalación de los sistemas aéreos de carga eléctrica mediante pantógrafos invertidos.

El nuevo centro de operaciones de **Las Tablas** tendrá una capacidad de aparcamiento de 680 autobuses, se configura con un diseño y características similares a los C.O. más recientes de la empresa (y responde a avanzados y exigentes criterios operativos, logísticos, constructivos, energéticos y de sostenibilidad.

Impacto y resultados a nivel global

- **Económico:**

Reducción en el coste operativo por kilómetro.

GNC: 33,98 €/100 km vs Eléctrico: 17,01 €/100 km.

Reducción del coste de mantenimiento.

GNC: 42,64 €/100 km vs Eléctrico: 31,37 €/100 km

- **Medioambiental:**

Con una flota eléctrica del 20,4% (452 buses), se han evitado por vehículo, teniendo en cuenta una media de 50.000 km por autobús y año (año 2024)

NOx: 370 mg/km – 18.502 kg/ kg/bus y año

Partículas: 3.53 mg/km 176,34 kg/bus y año

CO2: 1.20 kg/km, 59,85 Tm/bus y año

- **Social:**

Calidad del aire más alta en Madrid, menor ruido en las operaciones y mejor experiencia para el usuario.

CONCLUSIONES

Madrid se ha consolidado como una referencia europea en la descarbonización del transporte público urbano, siendo la primera gran ciudad del continente en eliminar por completo los autobuses diésel de su flota. Desde el 31 de diciembre de 2022, toda la flota de autobuses de la EMT es 100 % limpia, marcando un hito en sostenibilidad, innovación y compromiso climático.

Este proceso de transformación ha sido posible gracias a una estrategia de electrificación avanzada, apoyada por inversiones millonarias en flota cero emisiones, infraestructuras sostenibles y tecnologías de energías renovables. EMT ha orientado sus esfuerzos hacia un modelo operativo basado en la eficiencia energética, la automatización, el uso inteligente de los recursos y la economía circular, con el objetivo de alcanzar un balance energético neutro.

La implementación del sistema de Smart Charging en el Centro de Operaciones de Fuencarral representa un avance sin precedentes a nivel internacional. Este sistema, único en su clase, permite la recarga automatizada de hasta 20 autobuses eléctricos sin intervención humana, ajustando la potencia y el momento de carga según la prioridad del servicio y el coste de la energía. El resultado es una reducción de más del 30 % en costes energéticos, al tiempo que se garantiza la disponibilidad operativa de la flota.

Este modelo de carga inteligente, escalable y modular, está diseñado para ser replicado en el resto de Centros de Operaciones, consolidando a EMT como líder en movilidad urbana, eléctrica e inteligente. Su enfoque integral combina IT, OT, ITS, energías renovables, automatización y análisis en tiempo real convirtiendo a Madrid en una de las ciudades europeas más innovadoras y vanguardistas. En definitiva, este proyecto refuerza el posicionamiento de EMT Madrid como empresa transformadora de la movilidad sostenible, y sienta las bases para un transporte público más limpio, eficiente, seguro y preparado para los retos climáticos y urbanos del futuro.

Vídeos

- Madrid se convierte en la primera gran ciudad europea con una flota de autobuses 100 % limpia: *https://www.youtube.com/watch?v=qBYs2FiYuCs*
- EMT apuesta por la descarbonización: *https://www.youtube.com/watch?v=n7Jz3dhOyWo*
- Línea 001: *https://www.youtube.com/watch?v=Iukogxu8Yss*
- Línea 002: *https://www.youtube.com/watch?v=ou1w1OQ2Q3c*
- Línea perimetral 003: *https://www.youtube.com/watch?v=jXmKFlr7zlg*
- Smart Charging', la nueva carga inteligente para autobuses en Fuencarral *https://www.youtube.com/watch?v=s2mXvxql_-8*
- EMT Madrid da un paso más hacia la electrificación con la carga inteligente para autobuses en Fuencarral *https://www.youtube.com/watch?v=sTueTGxz9Yk*
- Madrid estrena un nuevo sistema de carga inteligente para autobuses eléctricos de la EMT en Fuencarral *https://www.youtube.com/watch?v=NExkjXcE36k*
- Nueva estación de carga del Centro de Operaciones de Carabanchel *https://www.youtube.com/watch?v=iLqHilEWUms*
- Arranca la nueva estación de carga eléctrica de EMT en Carabanchel *https://www.youtube.com/watch?v=N7GfCyVh_Ek*
- Modernización de las cocheras de La Elipa: *https://www.youtube.com/watch?v=181E0FzaX1w*
- Centro de operaciones de las Tablas: *https://www.youtube.com/watch?v=EdlrHonKwEA*

EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE MADRID

Madrid 2025

EMT MADRID