



**DOMINAR LA ELECTRIFICACIÓN
EN LA EXPLOTACIÓN DE AUTOBUSES:**

Guía completa para la planificación y programación de vehículos eléctricos



Incluye:

listas de comprobación fáciles de usar y
ejemplos del mundo real que muestran las
mejores prácticas.





Índice

Introducción	3
Electrificación de las operaciones de autobuses: superando retos y optimizando resultados a través de Planificación y Programación eficiente	4
Lista de comprobación: determinar el número adecuado de autobuses	6
Lista de comprobación: determinar la infraestructura de recarga adecuada	7
Toma de decisiones equilibrada: adecuación del tamaño de la flota de autobuses correspondiente y la infraestructura de recarga	8
Software avanzado de Planificación y Programación: estrategias para optimizar la flota y la infraestructura de carga	9
Cómo el software simplifica la complejidad de la planificación de vehículos eléctricos	10
La solución Optibus: nativa de la nube e integral	10
Casos reales	12
Optimización de la compra de vehículos eléctricos: cómo Optibus ayudó a una agencia de transportes ahorrar 2,5 millones de dólares	12
Movimientos inteligentes, grandes ahorros: la API de Optibus y la recarga inteligente resultan en grandes victorias	13
Conclusión	14
Acerca de Optibus	15



Introducción

A medida que las ciudades de todo el mundo se enfrentan a retos relacionados con la contaminación, la congestión y el cambio climático, la adopción de vehículos eléctricos (VE) ha surgido como un punto de inflexión para el sector del transporte.

Los gobiernos y organismos reguladores de todo el mundo están exigiendo normas de emisiones y normativas ambientales cada vez más estrictas para los servicios de transporte público. Para seguir cumpliendo esas normas y evitar sanciones, los operadores deben cumplir los plazos regionales para la transición hacia flotas libres de emisiones.

Más allá de los vehículos eléctricos personales, las operaciones de transporte público eléctrico tienen importantes implicaciones para la sostenibilidad, tanto de manera medioambiental como comercial. Con la transición de flotas enteras a soluciones electrificadas, los operadores de transporte pueden, entre otras cosas, reducir las exigencias de mantenimiento de los vehículos y crear un viaje más silencioso y suave para los pasajeros, todo mientras luchan contra el cambio climático cambiando a fuentes de energía renovables, protegiendo la salud pública y el medioambiente al reducir las emisiones nocivas de los vehículos.

Los vehículos eléctricos son un componente crucial en el camino hacia flotas de cero emisiones, sin embargo, presentan una serie de retos que hacen que la transición sea compleja. La planificación, la programación y los procesos operativos deben incorporar nuevos parámetros, como los tiempos y lugares de carga, y la autonomía de las baterías, entre muchos otros, para que los servicios se desarrollen sin problemas.

Al principio, es imprescindible formar a los planificadores y programadores sobre las particularidades de los vehículos eléctricos, formación que debe extenderse a los conductores y al personal de mantenimiento. Un personal bien formado desempeña un papel importante en el cuidado de los autobuses eléctricos. Se aseguran de que todo funcione correctamente, mantienen la seguridad y ayudan a fomentar el uso del transporte eléctrico.



A día de hoy, al menos el **45%** de los vehículos de nueva adquisición para contratos de servicio público deben ser de baja emisión o cero emisiones según la Directiva de la Unión Europea . A partir de 2026, la proporción aumentará al **65%**.

Este informe profundiza en los aspectos críticos de la planificación y programación de la electrificación de flotas que los operadores deben tener en cuenta durante este momento histórico de cambio. Ofrece valiosas listas de comprobación para abordar las preguntas clave que surgen en el proceso, explora nuevas tecnologías que están facilitando la planificación y gestión de flotas eléctricas y presenta casos reales de implementaciones exitosas.



Electrificación de las operaciones de autobuses:

superando retos y optimizando resultados a través de Planificación y Programación eficiente Scheduling

La transición a los vehículos eléctricos plantea varios retos a los operadores. Entre los principales obstáculos cabe mencionar la falta de conocimiento y experiencia generalizados sobre los autobuses eléctricos, los elevados costes de inversión inicial, el alcance limitado de la batería, las restricciones a la flexibilidad operativa, la necesidad de desarrollar una amplia infraestructura de recarga, así como la necesidad de adaptar los procesos de trabajo y la manera en que la industria aborda la planificación y la programación en su conjunto.

Entonces, ¿cómo se consigue una transición exitosa a flotas de autobuses eléctricos? Se trata de una pregunta importante porque no está garantizado que la transición se produzca sin contratiempos, ni promete no interrumpir los servicios ni las operaciones comerciales.. Una forma de medir el éxito de la transición es desde un punto de vista operativo. ¿Con qué eficiencia se distribuyen los recursos, principalmente el equilibrio entre vehículos eléctricos y cargadores? ¿Es eficiente y asequible el uso de la energía? ¿Los autobuses se quedan sin carga a mitad de

ruta o la autonomía de las baterías permite un servicio fiable?

La planificación y la programación son componentes vitales en el despliegue correcto de los autobuses eléctricos y la gestión de la infraestructura de carga. Un horario bien diseñado puede integrar sin problemas los tiempos de carga en las operaciones diarias con cero o mínimas interrupciones del servicio al optimizar las rutas para adaptarse a las ubicaciones de los cargadores y tener en cuenta el tiempo de inactividad del vehículo durante la carga. Pero esto, por supuesto, es una hazaña complicada que solo se puede lograr si los planificadores y programadores tienen acceso a las herramientas adecuadas y pueden responder a esta pregunta clave: ¿cuántos autobuses eléctricos necesita la operación y qué infraestructura de carga se necesita para apoyar a los autobuses?

En las siguientes secciones proporcionamos listas de comprobación, basadas en escenarios potenciales, con pasos específicos para responder a estas preguntas clave y estar en el camino hacia el éxito de la implementación de tu flota eléctrica.

Lista de comprobación:

determinar el número adecuado de autobuses

CASO DE USO: Un operador de transporte público debe electrificar dos rutas.

PREGUNTA: ¿Cuántos autobuses se necesitan para operar las dos rutas electrificadas?

Análisis de rutas y usuarios

- ☐ Analizar los datos de usuarios y patrones de demanda de pasajeros para determinar la capacidad de los autobuses y la frecuencia necesaria del servicio
- ☐ Determinar la longitud de cada ruta y las horas de operación para estimar la cantidad de autobuses que se necesitan para una cobertura eficaz
- ☐ Diferenciar entre las horas punta y las horas valle para determinar el número óptimo de autobuses necesarios para cumplir con los diferentes niveles de demanda de pasajeros a lo largo del día

Especificaciones del autobús eléctrico

- ☐ Investigar y elegir el modelo de autobús eléctrico adecuado a las necesidades operativas, teniendo en cuenta factores como la autonomía, los tiempos de carga y la capacidad de pasajeros
- ☐ Analizar el rendimiento de la batería para garantizar que los autobuses eléctricos puedan cubrir cómodamente la distancia requerida para las rutas sin comprometer la eficiencia operativa
- ☐ Evaluar si los autobuses eléctricos seleccionados se pueden usar indistintamente en las dos rutas, optimizando la utilización de la flota y la logística de mantenimiento

Consideraciones sobre la infraestructura de carga y la autonomía de baterías

- ☐ Calcular el tiempo medio de carga necesario para que los autobuses eléctricos completen una ruta y garantizar que se ajusta a los horarios operativos
- ☐ Evaluar la disponibilidad y capacidad de la infraestructura de carga a lo largo de las rutas y en las cocheras para satisfacer las necesidades de carga de los autobuses eléctricos

Optimización de la flota

- ☐ Basándose en la demanda de la ruta, el tiempo de carga y los horarios operativos, calcular la cantidad mínima necesaria de autobuses eléctricos para asegurar un servicio puntual y eficiente
- ☐ Tener en cuenta la necesidad de autobuses de sustitución para cubrir las paradas de mantenimiento o los problemas operativos imprevistos, garantizando la prestación ininterrumpida del servicio

Consideraciones financieras

- ☐ Comparar la inversión inicial y los costes operativos de los autobuses eléctricos con los de los autobuses convencionales para evaluar el impacto financiero global de la electrificación
- ☐ Explorar los incentivos o subvenciones disponibles para la adopción de autobuses eléctricos, que pueden ayudar a compensar la inversión inicial y promover prácticas sostenibles
- ☐ Analizar los posibles ahorros a largo plazo derivados de la reducción de los costes de combustible y mantenimiento asociados a los autobuses eléctricos para determinar la viabilidad económica de la transición

Lista de comprobación

determinar la infraestructura de carga adecuada

CASO DE USO: Un operador de transporte público debe electrificar una de sus cocheras.

PREGUNTA: ¿Qué infraestructura (de carga) requiere la cochera electrificada?

Evaluación de la infraestructura

- ☐ Determinar la capacidad de la infraestructura eléctrica existente y evaluar si puede soportar la carga adicional de las estaciones de carga de autobuses eléctricos
- ☐ Realizar un estudio exhaustivo del emplazamiento para identificar las ubicaciones adecuadas para las estaciones de carga, teniendo en cuenta factores como la disponibilidad de espacio, la accesibilidad y los requisitos de seguridad
- ☐ Garantizar que el sistema eléctrico y la red del depósito son compatibles con la tecnología de carga elegida (por ejemplo, cargadores rápidos frente a cargadores lentos) y que se realicen las actualizaciones o modificaciones necesarias en caso necesario

Selección de la tecnología de carga

- ☐ Explorar las diferentes tecnologías de carga disponibles en el mercado (por ejemplo, carga por pantógrafo, carga por enchufe) y evaluar sus ventajas y desventajas en el contexto de las necesidades operativas del depósito
- ☐ Determinar la velocidad y capacidad de carga necesarias en función del consumo de energía, el kilometraje diario y los tiempos de carga para asegurar operaciones eficientes y puntuales
- ☐ Anticipar la futura expansión de la flota y las demandas de carga para seleccionar una infraestructura de carga escalable que pueda adaptarse al crecimiento potencial

Consideraciones operativas

- ☐ Desarrollar un programa de carga que optimice el consumo de electricidad y reduzca al mínimo los picos de demanda, teniendo en cuenta la estructura de precios de la electricidad del depósito y las limitaciones de la red
- ☐ Analizar el número de autobuses eléctricos y sus necesidades de carga para determinar la proporción óptima entre autobuses y cargadores, garantizando que haya suficientes puntos de carga disponibles para operaciones eficientes
- ☐ Evaluar la necesidad de sistemas de energía de reserva (por ejemplo, almacenamiento en baterías o generadores) para asegurar una carga ininterrumpida durante cortes de energía o emergencias

Factores financieros y normativos

- ☐ Llevar a cabo un análisis detallado de costes y beneficios, teniendo en cuenta la inversión inicial, los gastos continuos de mantenimiento y el ahorro potencial de energía asociado a las diferentes tecnologías de recarga
- ☐ Investigar los incentivos o subvenciones disponibles para proyectos de electrificación que puedan ayudar a contrarrestar la inversión inicial y fomentar la adopción de prácticas sostenibles
- ☐ Asegurarse de que la infraestructura de recarga elegida cumpla con todos los estándares normativos, medioambientales y reglamentarios pertinentes

Participación y formación de las partes interesadas

- ☐ Colaborar con los conductores de autobuses, el personal de mantenimiento y otro personal pertinente para obtener información sobre los requisitos de la infraestructura de recarga y abordar las posibles inquietudes

Toma de decisiones equilibrada: adecuación del tamaño de la flota de autobuses correspondiente y la infraestructura de recarga

El número de autobuses eléctricos necesarios depende de varios factores como la demanda del servicio, los perfiles de las rutas y el volumen de pasajeros. A su vez, el número de autobuses eléctricos determinará las necesidades de infraestructura de carga, ya que cada autobús debe tener acceso a un cargador adecuado. Si ha planificado su infraestructura de carga de forma eficiente y ha alineado la velocidad y la ubicación de los cargadores con las demandas de la flota, estará mejor posicionado para minimizar el tiempo de inactividad de los vehículos y garantizar unas operaciones fluidas y fiables. Tener en cuenta las necesidades de los autobuses y de los cargadores durante el proceso de toma de decisiones permitirá una transición más fluida hacia el transporte público eléctrico.

Para lograr esto, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Antes de iniciar la electrificación, se debe evaluar la demanda de transporte, incluido el volumen de pasajeros, las horas punta y los patrones de viaje, para determinar el número necesario de autobuses. Analizar los perfiles de las rutas, incluidas las distancias y los terrenos, para identificar los requisitos de carga de los autobuses eléctricos.
- Elegir los autobuses eléctricos en función de la autonomía de la batería y la velocidad de carga. Las rutas más largas con alta demanda de pasajeros necesitan baterías de mayor capacidad para una cobertura de carga única. Las rutas más cortas pueden utilizar baterías más pequeñas para reducir costes sin comprometer la eficiencia.
- La velocidad de carga es importante para el tiempo de inactividad y la disponibilidad del autobús. La carga rápida se adapta a las rutas más cortas, minimizando el tiempo fuera de la carretera. La carga lenta estratégica durante las paradas es adecuada para las rutas largas.
- Ten en cuenta cómo afectará la velocidad del cargador a tu presupuesto. Los cargadores rápidos son más caros que los lentos, pero también son más fáciles de instalar.
- Alinea el número de autobuses eléctricos con la disponibilidad de infraestructura de carga, basándote en las necesidades operativas y el presupuesto. Cuando el número de autobuses supera la capacidad de la infraestructura de carga, la carga será ineficaz y los autobuses pueden quedar infrautilizados. Muy pocos autobuses con muy poca carga interrumpen las operaciones y comprometen la fiabilidad del servicio.
- Analizar los datos históricos y las proyecciones de crecimiento para determinar el tamaño óptimo de la flota y la infraestructura de carga. Utilizar software avanzado para optimizar la asignación de la flota y la ubicación de la infraestructura de carga.
- Planifica la escalabilidad y los futuros avances tecnológicos. Es importante estar preparado para las mejoras en la tecnología de las baterías y la infraestructura de carga. Las soluciones de carga escalables y las estrategias de flota adaptables garantizan la sostenibilidad y la rentabilidad a largo plazo.

Software avanzado de programación y planificación: estrategias para optimizar la flota y la infraestructura de carga

Las soluciones de software avanzadas pueden hacer que la complejidad de la electrificación de la flota sea más manejable al apoyar la toma de decisiones estratégicas y el análisis de datos. Las innovaciones en visualización de datos, inteligencia artificial y algoritmos de optimización están creando nuevas oportunidades para que los profesionales del transporte evalúen la demanda, los perfiles de las rutas y otros factores críticos que ayudan a determinar el tamaño óptimo de la flota. Mediante simulaciones y análisis de escenarios, los planificadores pueden incluso experimentar y visualizar el impacto de diversas configuraciones de flota en el rendimiento operativo y los costes.

Cuando se trata de flotas eléctricas, eso significa que los operadores pueden comprender y evaluar mejor cómo factores como la autonomía de la batería, la velocidad y la ubicación de la carga, la distancia de la ruta y la demanda de pasajeros afectarán a las operaciones. Además de esa mayor visibilidad, cuanto más avanzado sea el software, más fácil será para los planificadores y programadores tomar decisiones inteligentes y rentables sobre la alineación de las especificaciones de los autobuses eléctricos con los perfiles de las rutas. Este nivel de toma de decisiones estratégicas permitirá a los operadores de flotas electrificar sus rutas con una interrupción mínima de los horarios y servicios existentes, lo que sin duda agradecerán los pasajeros y conductores.



Cómo el software simplifica la complejidad de la planificación de vehículos eléctricos

La programación de vehículos ya tiene sus retos. Ahora, los vehículos eléctricos la han hecho aún más compleja, incluso cuando sólo se añaden unos pocos autobuses eléctricos a la flota. También existe el reto transitorio de programar flotas mixtas compuestas por autobuses diésel y eléctricos.

Cuando se trata de la explotación de una flota de vehículos eléctricos, los operadores se enfrentan a muchas incógnitas. ¿Cuánto costará operar una flota de vehículos eléctricos? ¿Dónde deben ubicarse los cargadores? ¿Cuánta electricidad se necesita para mantener la infraestructura? ¿Cuántos autobuses y cargadores deben comprarse?

La solución especializada de Programación para vehículos eléctricos de Optibus utiliza métricas específicas de vehículos eléctricos para ayudar a los operadores a crear planes operativos y de carga optimizados que tengan en cuenta todas estas complejas consideraciones, no sólo en términos de operaciones, sino también en términos de planificación estratégica.

La solución Optibus: nativa de la nube e integral

Optibus es una plataforma de software nativa en la nube que aporta una innovación muy necesaria al modo de movilidad esencial en el corazón de nuestras ciudades: el transporte público.

Aprovechando las últimas tecnologías, como la inteligencia artificial, los algoritmos de optimización y la computación distribuida en la nube, para crear herramientas de planificación y programación fáciles de usar, el software de Optibus facilita a los profesionales del transporte ofrecer servicios de transporte público mejores y más eficientes.

Los usuarios pueden modelar con precisión su red de transporte y optimizar las rutas, los horarios, los horarios de los vehículos (eléctricos) y de la tripulación, y las listas de turnos para mejorar tanto los servicios a los pasajeros como los turnos de trabajo de los conductores, lo que conduce a una mayor retención y satisfacción de los conductores. El resultado es una reducción de costes, una mayor eficiencia y unas operaciones más sostenibles con sólo pulsar un botón.

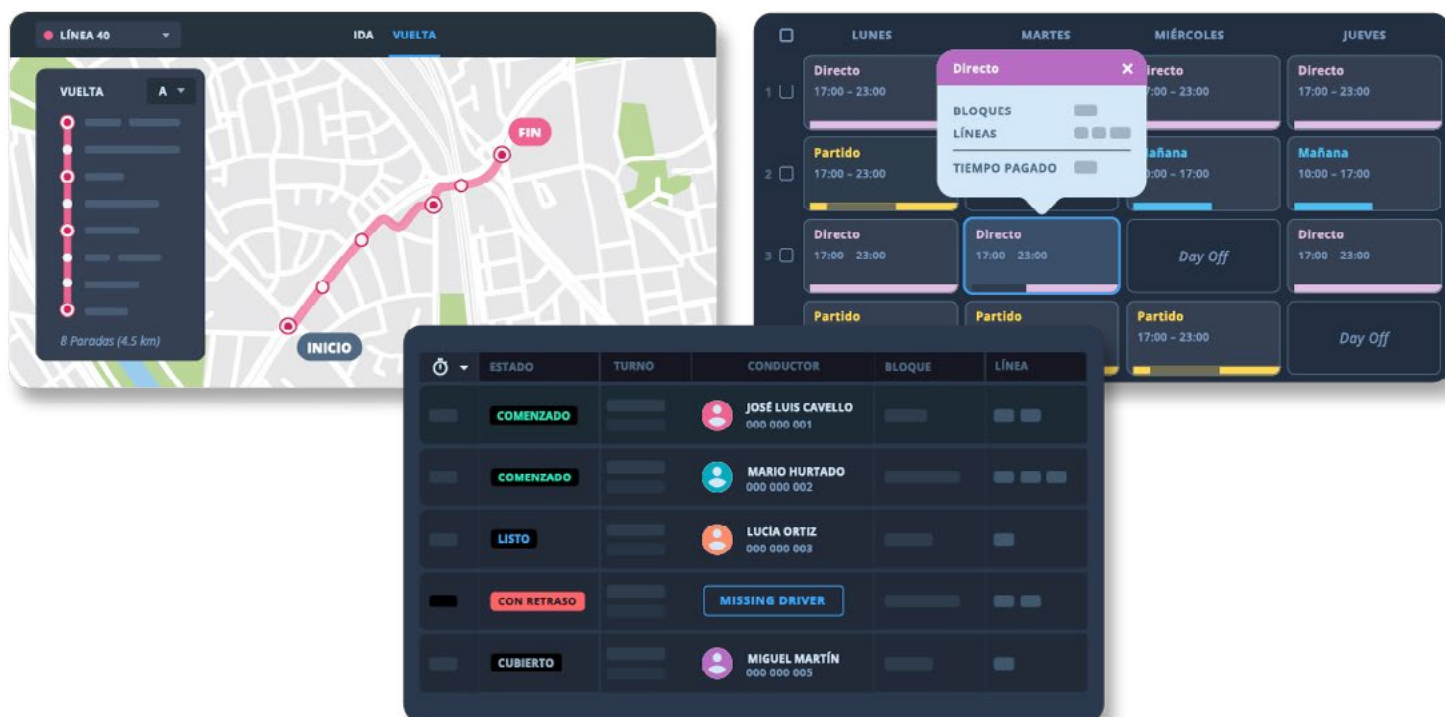
Algunos de los beneficios de usar la plataforma Optibus:

- Una plataforma integral y sin fisuras que da soporte a todos los procesos de trabajo, desde la planificación de rutas hasta las operaciones, pasando por todo lo demás.
- Una oferta de Software as a Service o Software como Servicio (SaaS) nativa de la nube que no requiere servidores locales ni gestión remota de servidores.
- No requiere administración de bases de datos, ya sea de forma remota o en la nube.
- Mejor colaboración: varios usuarios pueden trabajar simultáneamente en el mismo programa, independientemente de su ubicación física.

- Seguridad avanzada líder en el sector, que incluye autenticación, autorización y acceso seguros.
- Los usuarios pueden iniciar sesión desde cualquier lugar: sólo necesitan un navegador de Internet.
- Acceso a potentes herramientas respaldadas por las tecnologías más avanzadas de hoy en día, incluida la inteligencia artificial (IA) y los algoritmos de optimización.
- El software se actualiza de forma automática y continua a través de la nube, lo que significa que los usuarios obtienen acceso a las últimas tecnologías y herramientas sin necesidad de migraciones ni procesos informáticos, y sin necesidad de volver a introducir preferencias, reglas o cualquier otro dato tras la actualización.
- Interfaz de usuario fácil de aprender y

adoptar para profesionales de todos los niveles de experiencia y formación técnica.

- Acceso a Optibus Academy, una biblioteca de materiales educativos que permite a los usuarios aprender de forma remota e independiente y dominar rápidamente el software.
- Asistencia en línea 24 horas al día, 7 días a la semana, disponible a través del Centro de ayuda de Optibus y acceso al equipo de atención al cliente durante el horario laboral.
- Integración con proveedores a través de protocolos como GTFS, BODS, VDV, EBSR, TXC, Ticketer, etc. El equipo de Optibus añade continuamente nuevas funciones para permitir integraciones adicionales.
- Creación de informes personalizados para las principales partes interesadas de toda la organización.



Electric Bus

Casos reales

Este capítulo profundiza en dos casos de uso en los que el software de Optibus desempeñó un papel fundamental en la optimización de los esfuerzos de electrificación de las agencias y operadores de transporte público. Estos ejemplos reales demuestran el poderoso impacto de la tecnología a la hora de agilizar la planificación y la carga de vehículos eléctricos, haciendo que el sector del transporte público sea más sostenible y eficiente.



Optimización de la compra de vehículos eléctricos: cómo Optibus ayudó a una agencia de transporte a ahorrar 2,5 millones de dólares

En respuesta a un concurso convocado por una agencia de transporte público, Optibus colaboró con un OEM que buscaba optimizar el tamaño de su flota. La integración de los vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga, pese a ser prácticas habituales en el sector, era un aspecto crucial. En particular, nuestra intervención permitió mejorar los resultados en comparación con los esfuerzos iniciales y, con la introducción de la optimización de horarios (TTO), se pudieron lograr reducciones aún mayores en los requisitos de infraestructura.



Situación

Necesidad de electrificar 2 rutas

La empresa de autobuses OEM propuso la indicación de 25 PVR (1 cargador de depósito + 2 pantógrafos)



Solución

Optibus ejecutó 3 escenarios:

- 23 cargadores de depósito + 23 PVR
- 22 cargadores de depósito + 2 pantógrafos: 22 PVR
- 20 cargadores de depósito + 1 pantógrafo + optimización de horarios: 20 PVR



Impacto

- Ahorro total de 2,5 millones de dólares
- 5 vehículos eléctricos ahorrados
- 5 cargadores de depósito ahorrados
- 1 pantógrafo ahorrado



Movimientos inteligentes, grandes ahorros: la API de Optibus y la recarga inteligente resultan en grandes victorias

Inicialmente escéptico sobre la planificación de vehículos eléctricos debido a las complejidades operativas, un operador adquirió un software de carga inteligente pero no optimizó su uso, lo que provocó problemas de carga. La situación cambió durante el invierno cuando el rendimiento de las baterías se resintió. Esto llevó al operador a buscar una solución más eficaz, incluyendo la reducción de costes y la integración con Optibus para planes de carga sin interrupciones y sin intervención manual.



Situación

Problemas con el sistema antiguo

- Los autobuses no se cargaban lo suficiente
- Los horarios no se comunicaban bien a los interesados



Solución

API de Optibus integrada con un proveedor de recarga inteligente



Impacto

- Ahorro total de 63.000 dólares por depósito al año
- Rendimiento de la inversión del 340%
- 4.6% menos de kilómetros recorridos con diésel: los autobuses eléctricos realizan rutas más largas



Conclusión

A medida que la apuesta por el transporte sostenible cobra impulso, los operadores se enfrentan al reto de realizar la transición a los autobuses eléctricos garantizando al mismo tiempo la máxima rentabilidad de sus inversiones.

La solución para vehículos eléctricos de Optibus ayuda a experimentar un apoyo integral al proceso de trabajo, permitiendo la planificación colaborativa de rutas, operaciones y seguridad avanzada, respaldada por IA y optimización de vanguardia. La plataforma ayuda a los operadores al principio del proceso de electrificación con la programación de flotas mixtas de vehículos diésel y eléctricos, y crece con ellos con el tiempo a medida que añaden más vehículos eléctricos a la flota.

Los operadores pueden utilizar Optibus para obtener una mayor visibilidad de sus operaciones y asegurarse de que sus inversiones en vehículos eléctricos son comercialmente viables. Esta transparencia financiera también es clave para garantizar la financiación de autobuses y cargadores eléctricos, y para conseguir más concesiones relacionadas con vehículos eléctricos a través de licitaciones.

Optibus está aquí para ayudarte en tu transición hacia flotas de cero emisiones. Ponte en contacto con nosotros para obtener más información sobre cómo nuestra solución de software puede ayudarte en tus operaciones y realizar una consulta con nuestro equipo.

Solicitar una demo →

Acerca de Optibus

Optibus, una empresa SaaS nativa en la nube fundada en 2014, es una solución de software integral para la planificación, programación, asignación de turnos, operaciones e información al pasajero en el transporte público. Organismos públicos, operadores privados, ciudades y consultoras de más de 4.000 ciudades de 35 países utilizan nuestra plataforma de software para planificar y gestionar complejas redes de transporte público, aprovechando nuestra sólida combinación de inteligencia artificial, algoritmos de optimización avanzados y computación distribuida en la nube para mejorar la calidad del servicio, promover la equidad y el acceso al transporte, reducir las emisiones y los costes y modernizar las operaciones.

Optibus impulsa 3.000 millones de viajes de pasajeros al año para clientes del sector público y privado, incluidos TransDev, RATP, Arriva, Abellio UK, Stagecoach y AVTA, la mayor flota de autobuses eléctricos de Estados Unidos. En 2022, Optibus fue valorada en 1.300 millones de dólares, lo que nos convirtió en la primera start-up unicornio dedicada al sector del transporte público. Optibus fue seleccionada por el Foro Económico Mundial como Pionera Tecnológica 2020 y cuenta con más de 350 empleados en todo el mundo repartidos por Europa, Oriente Medio y África, Latinoamérica, Norteamérica y Asia-Pacífico.

Saber más →

