



| | |
|--|-----------------------------------|
| Referencia: RTC2019-007041-4 | |
| Título del proyecto: TrackBest-3S. Herramienta para la Gestión Segura, Sostenible e Inteligente de Rutas de Autobús | |
| Solicitante: ALSA GRUPO SLU | |
| Participantes: ALSA GRUPO SLU UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID – CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE TRANSyT | |
| Coordinador técnico del proyecto (Persona/Entidad): ALSA GRUPO SLU | |
| Final ejecución de la anualidad: 31/12/2022 | Final proyecto: 31/12/2022 |
| Actividades realizadas, resultados obtenidos y contingencias alternativas si las hubiese en la anualidad justificada, en relación con las Tareas/Hitos contemplados en la memoria de solicitud del proyecto. | |
| PT 0. Coordinación y gestión del proyecto | |
| <p>El paquete de trabajo PT 0 tenía como función principal facilitar la adecuada gestión del proyecto, permitiendo una correcta coordinación de los flujos de trabajo, datos y recursos (materiales y humanos). Durante el año 2022, ha existido una buena coordinación entre los socios del proyecto y una adecuada gestión por parte de la empresa coordinadora ALSA, lo que ha permitido concluir las actividades que conforman los diferentes paquetes de trabajo.</p> <p>Las diferentes actividades correspondientes a esta anualidad fueron realizadas entre todos los miembros del equipo y supervisadas por Andrés Monzón y Carlos Acha en su condición de representantes de TRANSyT y ALSA, respectivamente. Por su parte, Natalia Aldanondo y Adriana Cortez se han encargado de la coordinación diaria de los trabajos.</p> <p>Las desviaciones de carácter técnico correspondientes al año 2020 ocasionadas por la pandemia de COVID-19 fueron subsanadas en su mayoría, corrigiendo desfases anteriores en el cronograma.</p> <p><u>Participantes en el paquete de trabajo:</u> Carlos Acha Ledesma, Natalia Aldanondo Sánchez, Andrés Monzón y Adriana Cortez.</p> | |
| PT 1. Análisis técnico y de mercado | |
| T 1.1. Agenda de innovación | |
| <p>Durante la primera anualidad (2020) se realizó una búsqueda sistemática de programas, planes y estrategias relacionados con la reducción de la accidentalidad, con la eficiencia operacional, y con la sostenibilidad ambiental. Considerando siempre la integración de estos planes y su vinculación con la adopción de tecnologías de información, principalmente desde la perspectiva del usuario.</p> | |

Esta revisión incluyó estrategias de referencia a nivel mundial, a nivel europeo y a nivel nacional tanto para España como para Marruecos, donde se encuentran los casos de estudio. El entregable [E1.1 Informe de Análisis Técnico y de Mercado](#) presenta de manera detallada los diferentes planes considerados, sus principales objetivos y las conclusiones más relevantes.

T 1.2. Avances científicos

Dentro de esta tarea se realizó una revisión científica de más de 300 artículos en la “Web of Science” utilizando las palabras clave: “bus efficiency”, “bus operation”, “bus emission” y “bus safety”, además de otros términos relacionados con el proyecto. Con los resultados obtenidos se construyó una red bibliométrica que agrupa los 60 términos más frecuentes y relevantes de los artículos clasificados según los tres objetivos del proyecto TrackBest-3S. Durante la segunda anualidad (2021) se finalizó esta tarea con la selección de los 39 artículos científicos más relevantes centrados en diferentes metodologías de análisis de diferentes factores como la satisfacción del usuario, la reducción de tiempos de viaje o la calidad del servicio. Estos artículos se encuentran recogidos en una tabla resumen que incluye sus principales aportes (ver [E1.1 Informe de Análisis Técnico y de Mercado](#)).

T 1.3. Análisis de mercado

Durante la primera anualidad (2020) se realizó un análisis de mercado en el que se identificaron los productos más relevantes en el mercado nacional y europeo en cuanto a herramientas de geolocalización de flotas de autobús, para transporte público regular. En el entregable E1.1 se presentan las herramientas identificadas, un análisis de la competencia con otros operadores y la evaluación del potencial de la herramienta.

Participantes en el paquete de trabajo: Natalia Aldanondo Sánchez, Laura Fernández, Daniel Rubio, Isabel Del Portillo Aceituna, Iria López y Carlos Romero.

PT 2. Marco tecnológico y operativo

T 2.1. Caracterización de los casos de estudio

Se realizó una caracterización de los tres casos de estudio que sirvió para evaluar la herramienta. Cabe recordar que el proyecto se centró en estudiar dos redes urbanas (Oviedo-España y Tánger-Marruecos) y una ruta de largo recorrido (Madrid-Bilbao). Los casos urbanos fueron seleccionados por tratarse de ciudades de tamaño medio, en las que el autobús tiene mucha importancia. Por su parte, la ruta de largo recorrido fue seleccionada porque entraña dificultades de trazado y es una de las rutas de ALSA con mayor sobrepaso de los límites de velocidad establecidos.

Para la caracterización se partió del análisis del contexto y las condicionantes que limitan la operación del servicio. Además, se realizó una evaluación objetiva a través de diferentes indicadores que permitieron evaluar tanto la operación como el funcionamiento de diferentes líneas estudiadas. Para esto, se utilizaron datos proporcionados por ALSA, el operador del servicio.

Originalmente, se contemplaba la realización de encuestas ex-ante y ex-post para evaluar el impacto de la herramienta. Sin embargo, debido a las restricciones de movilidad ocasionadas por la pandemia del COVID-19 se realizó una campaña de encuestas más amplia y con mayor contenido en cada caso de estudio. Se añadió la cuarta “S” en el proyecto, evaluando además de los tres objetivos originales la satisfacción de los usuarios. En el caso de Tánger, las encuestas se realizaron durante el mes de marzo de 2022 cuando el país abrió las fronteras tras reducir las restricciones de movilidad por el COVID-19.

El detalle de la caracterización de los casos de estudio está disponible en los entregables [E 2.1 Marco Tecnológico](#) y [E4.1 Diagnóstico Inicial de los Casos de Estudio](#). Además, el informe técnico correspondiente a la anualidad 2020 contiene un resumen de los aspectos más relevantes para cada caso. Con relación a la caracterización y el diagnóstico de Tánger, el documento con los resultados del análisis fue traducido a francés ([L 4.1 Diagnostic Initial du Cas d'Étude de Tanger](#)) para compartirlo con la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de Tánger con quienes se realizó un acuerdo de colaboración para la realización del diseño y la campaña de encuestas.

T 2.2. Diseño de la base de datos

El diseño de la base de datos se realizó en dos etapas. En la primera, se evaluaron las diferentes fuentes disponibles para cada uno de los datos a utilizar. Este análisis consideró fuentes de datos abiertos y de pago. La segunda etapa, se centró en definir el método de recopilación de la información en formatos trabajables. La primera etapa se realizó en la primera anualidad (2020), mientras que la segunda etapa se llevó a cabo en 2021. El detalle sobre el diseño de la base de datos está recogido en el entregable [E2.2 Base de Datos](#). El documento incluye las fuentes seleccionadas, el formato y un ejemplo de los datos utilizados. Presenta el detalle para los datos de operación, de seguridad, de consumos, climatológicos y meteorológicos, de tráfico, y geográficos. Además, el documento incluye una tabla resumen con los datos correspondientes a cada categoría, y su relación con los diferentes módulos de la herramienta TrackBest-3S.

T 2.3. Coordinación e integración con la herramienta VISOR

Una vez definidas las fuentes de datos a utilizar, se realizó la integración de estas en un dashboard. Para esto se utilizó el software Tableau, del cual ALSA cuenta con la licencia de pago. Tableau permite realizar un análisis visual e intuitivo de diferentes variables. En el caso particular del proyecto, el dashboard se utilizó para centralizar y consultar de manera sencilla los diferentes indicadores que conforman los cuatro módulos de TrackBest-3S, Safe, Sustainable, Smart y Satisfaction. Para la realización y el diseño de este dashboard se contó con el apoyo de la empresa TECNOVA, especialista en integración visual de sistemas de telecomunicación e informáticos.

Participantes en el paquete de trabajo: Pablo Álvarez Menéndez, Inés León Sierra, Natalia Aldanondo Sánchez, Isabel Del Portillo Aceituna, María Eugenia San José, Andrea Alonso, Julio Soria, Alessandra Boggio-Marzet, Shaghayegh Rahnama, Adriana Cortez

PT 3. Desarrollo de TrackBest-3S

T 3.1. Desarrollo del módulo de fiabilidad

El primer objetivo de esta herramienta consiste en mejorar la operación del servicio, tomando como parámetros el tiempo de viaje, la puntualidad y la frecuencia. Este es uno de los aspectos clave para los operadores de transporte, pero también para los viajeros.

El desarrollo de este módulo tiene como objetivos: (1) Reducir tiempos de recorrido de los servicios de autobús; (2) Incrementar la puntualidad en origen y destino en servicios de larga distancia; (3) Garantizar frecuencias de paso en servicios urbanos; (4) Aumentar el número de viajeros; y (5) Mejorar la satisfacción con el servicio.

El módulo se desarrolló a partir de los datos proporcionados por el operador ALSA: línea, periodo, coordenadas GPS, hora y velocidad. Partiendo de los datos disponibles, se definió utilizar la metodología propuesta por la FHWA (Federal Highway Administration), la cual permite evaluar la fiabilidad del servicio a partir de los siguientes índices.

Travel Time Index (TTI), es una comparación entre el tiempo medio de viaje de una ruta y el tiempo de viaje en flujo libre, es decir, sin eventos de congestión.

$$TTI = \frac{\text{Tiempo Medio de Viaje}}{\text{Tiempo de viaje en flujo libre}}$$

Planning Time Index (PTI), es la relación entre el percentil 95 del tiempo de viaje y el tiempo de viaje en flujo libre. Un valor de **PTI** de 2 sugiere que los viajeros deberían emplear el doble del tiempo de viaje en flujo libre para llegar puntual el 95% de las veces. Dependiendo del operador y de las exigencias establecidas como mínimos de fiabilidad, este parámetro se podrá calcular para diferentes valores de percentil. A mayor fiabilidad exigida, mayor será el percentil utilizado.

$$PTI = \frac{\text{Percentil 95 del Tiempo de Viaje}}{\text{Tiempo de viaje en flujo libre}}$$

Finalmente, y como parámetro principal para evaluar la fiabilidad del servicio, se debe estimar el **Reliability Buffer Index (RBI)**. Este índice es la diferencia entre el **PTI** y el **TTI** y permite saber cuánto de probable es que una línea sufra retrasos. Este método, a partir de series históricas, permitirá calcular el rango de **RBI característico** para cada línea. De esta manera, se estudiará cuántas veces este indicador supera unos umbrales permitidos. Estos umbrales serán definidos por el operador, se ajustarán a cada línea y podrán reajustarse a necesidad.

$$RBI = PTI - TTI$$

El análisis de fiabilidad o la evaluación del **RBI** puede realizarse a tres niveles diferentes dependiendo de las necesidades de cada operador: análisis por servicio, análisis por franjas horarias (Figura 1), y análisis de fiabilidad entre paradas. En base a la evaluación realizada con los datos disponibles, se propuso hacer una evaluación periódica (semestral o anualmente), para saber cuáles son las líneas con mayor probabilidad de sufrir retrasos en base a un registro histórico de datos. Además, se deberá profundizar el análisis evaluando qué tramos horarios son los más conflictivos, es decir, con mayor probabilidad de retraso, para evaluar las posibles causas y si tienen un margen de mejora.

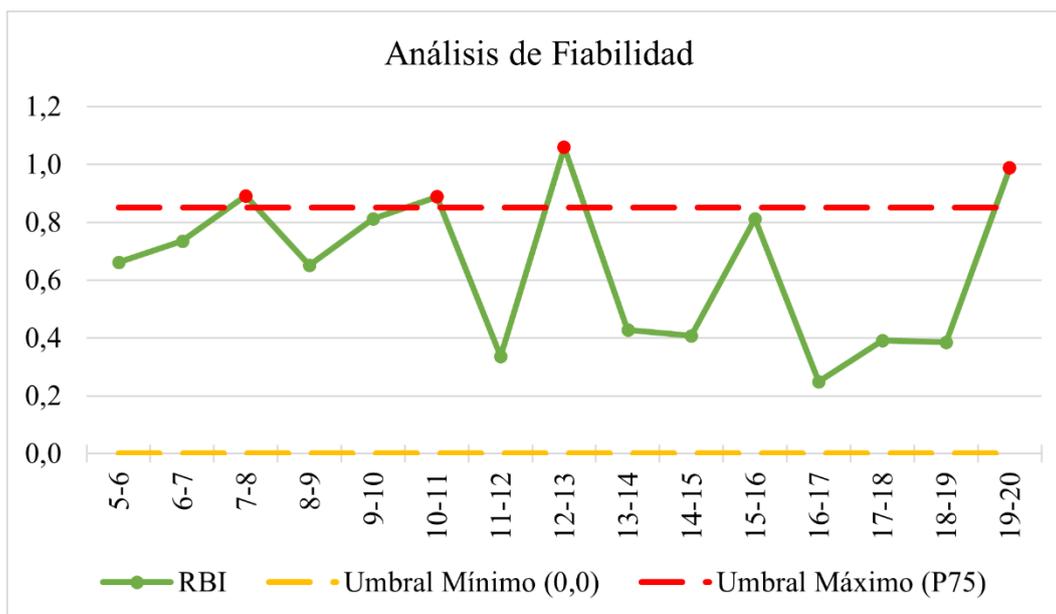


Figura 1. Análisis del módulo de fiabilidad de TrackBest-3S

Como se ha mencionado, el operador deberá definir umbrales de tolerancia para este indicador. De esta manera, la herramienta lanzará una alarma en el caso de que el umbral se vea superado. El límite inferior del umbral debe asumirse como 0, ya que un $RBI < 0$ implicaría que el autobús va más rápido de lo permitido. Con relación al límite superior, se definió utilizar el percentil 75, por lo que, cuanto más amplia sea la base de datos y mayor el registro histórico, mayor será la precisión del percentil característico para cada línea.

[TrackBest-3S](#), presenta los tres índices TTI, PTI y RBI analizados por franjas horarias en el caso de servicios urbanos (ver Figura 2) y diariamente para los servicios de larga distancia (ver Figura 3). Además, incluye el umbral de tolerancia para el RBI en cada caso. La herramienta permite realizar el análisis separado para cada caso de estudio, o combinar los casos que se deseen analizar. Finalmente, permite ver la evolución histórica de estos índices. La Figura 2 muestra que la fiabilidad en Tánger empeoró en 2021 comparado con 2019, sobrepasando el umbral permitido en cuatro franjas horarias diferentes. También es interesante ver el cambio en las horas menos fiables entre un año y el otro.

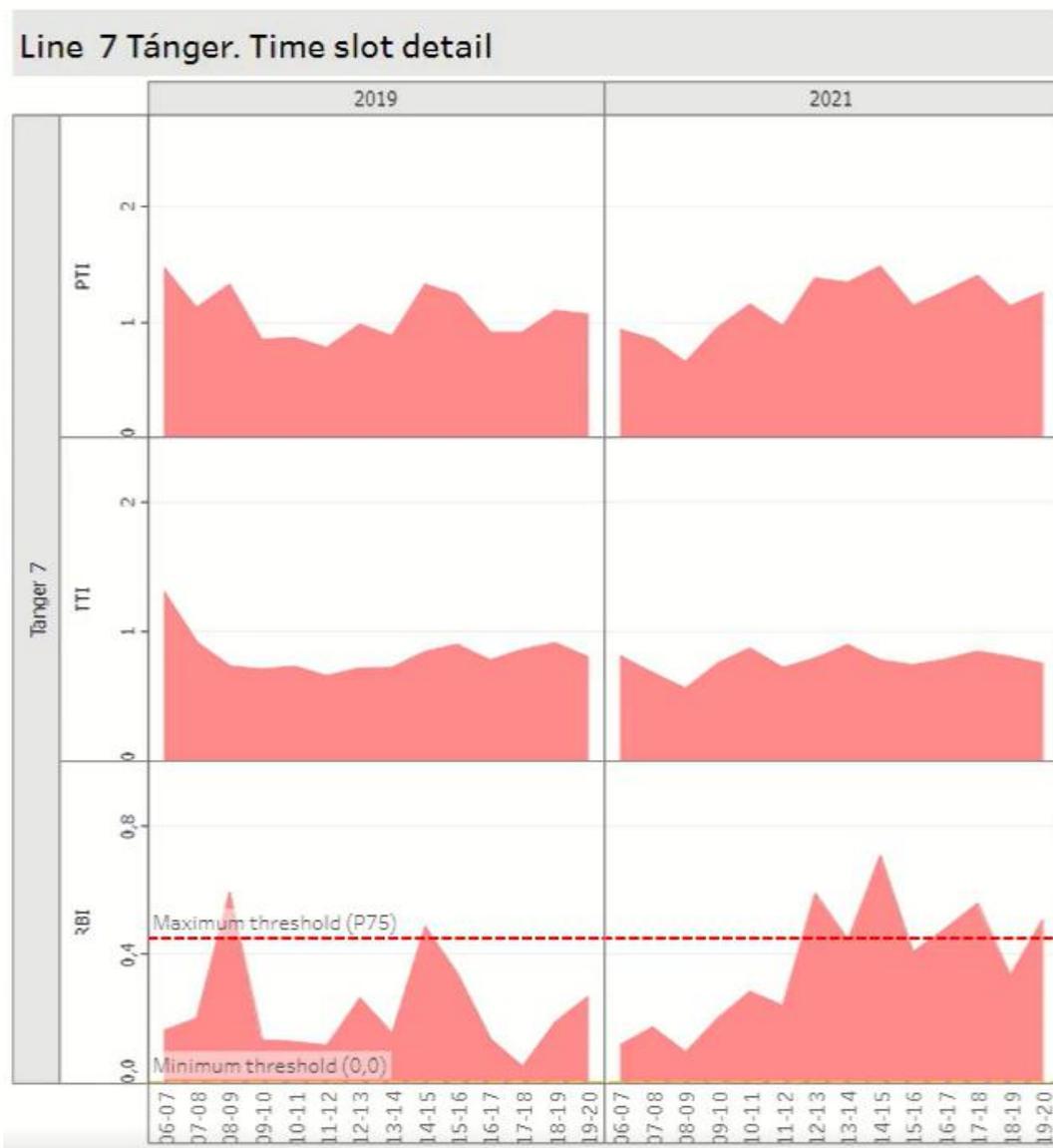


Figura 2. Captura del módulo "Smart" de la herramienta TrackBest-3S. Ej.: Urbano Tánger

Por otro lado, la Figura 3 muestra el análisis para los servicios larga distancia Madrid-Bilbao. En este caso la evaluación se realizó por día de la semana y diferenciando entre si el origen del viaje era Madrid o Bilbao. Se observa la evolución de la fiabilidad entre 2019 y 2021. Se ve que, en 2021, la fiabilidad del servicio es mejor entre Bilbao y Madrid que entre Madrid y Bilbao.

Safe Sustainable Smart Satisfaction

TrackBest - Smart

Line Madrid - Bilbao. Day Detail

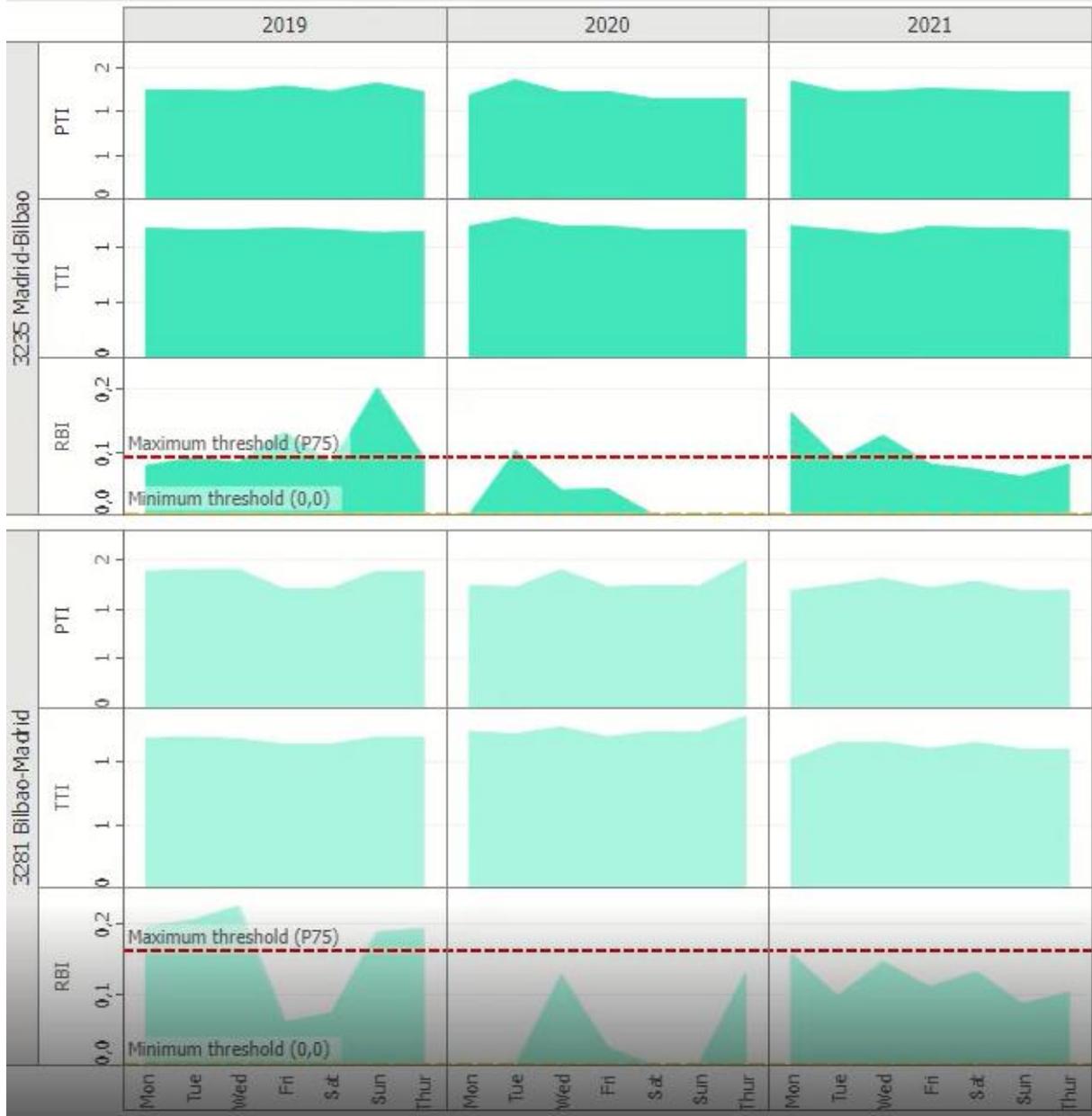


Figura 3. Captura del módulo "Smart" de la herramienta TrackBest-3S. Ej.: Madrid-Bilbao

T 3.2. Desarrollo del módulo de consumo y emisiones

El segundo objetivo de TrackBest-3S es lograr que las rutas sean más eficientes, reduciendo la energía consumida y las emisiones emitidas. El consumo depende principalmente de las características del autobús, el trazado y la velocidad. El desarrollo de este módulo tiene como objetivos: (1) Reducir el consumo de combustible; (2) Disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de gases contaminantes; y (3) Promover la adopción de patrones de conducción eficiente.

Este módulo, fue desarrollado a través de dos ejes de acción. Uno centrado en consumos y otro en emisiones. En cuanto al consumo, se definió que el mecanismo de evaluación consistirá en la comparación del registro de consumos mensuales, teniendo en cuenta las características de la flota de ALSA, con los estándares de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

Con relación a la estimación de las emisiones, inicialmente se planteó utilizar la herramienta SUMI (Sustainable Urban Mobility Indicators) desarrollada por la Comisión Europea para estimar las emisiones de los vehículos de la flota. Esta herramienta incluye todas las normas europeas sobre emisiones y se basa en un conjunto de indicadores prácticos y fiables que ayudan a las ciudades a realizar una evaluación normalizada de su sistema de movilidad. Sin embargo, esta metodología fue descartada por no contar con los inputs necesarios.

Como alternativa, se decidió utilizar la herramienta [COPERT](#) desarrollada por EMISIA (2022) que sirve para calcular las emisiones de vehículos estándar de la Unión Europea. A partir de datos como la flota, los kilómetros recorridos y la velocidad, COPERT calcula las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos y sustancias tóxicas incluyendo GEI para un determinado país o región. En este caso, se utilizó COPERT para evaluar las emisiones de CO₂ y PM2.5, estimando los kilogramos cada 100 km y la huella de la flota (gramos por viajero y kilómetro).

Se propone utilizar TrackBest-3S para realizar este análisis de manera periódica (anualmente). Esto permitirá analizar la evolución de los consumos y emisiones en el tiempo. Al igual que en el módulo anterior, se fijarán umbrales admisibles. Estos umbrales deberán actualizarse con los años registrando una tendencia descendente con el paso del tiempo debido a la renovación de la flota y a la incorporación de equipos y patrones de conducción que permitan la reducción de las emisiones.

La Figura 4 muestra las características principales del módulo "Sustainable". Éste permite filtrar la información a visualizar, incluyendo: lugar, año, y el tipo de emisiones, como se puede observar en el [demo](#):



Figura 4. Captura del módulo "Sustainable" de la herramienta TrackBest-3S

La Figura 5 presenta la evaluación del módulo "Sustainable" a los tres casos de estudio para los años 2019-2021. El tamaño de los cuadros es proporcional al valor de los indicadores, lo que facilita la interpretación de forma visual.

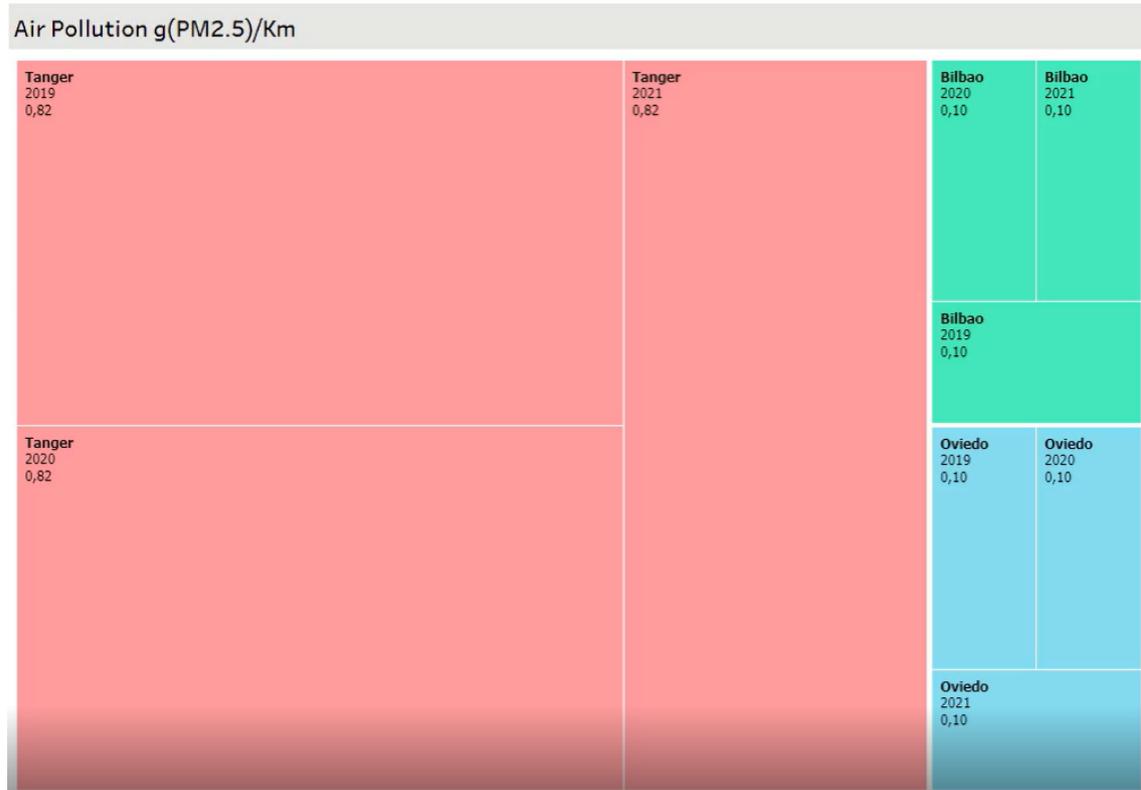


Figura 5. Captura del módulo “Sustainable” aplicada a los tres casos de estudio

T 3.3. Desarrollo del módulo de seguridad vial

El último objetivo de la herramienta es mejorar la seguridad, para reducir los accidentes y las situaciones de peligro en las rutas. Para ello, no solo es importante que el autobús sea objetivamente más seguro que otros modos, sino que también la sociedad perciba el transporte en autobús como un modo extremadamente seguro.

El desarrollo de este módulo tiene como objetivos: (1) Reducir el número de accidentes de tráfico; (2) Reducir el número de víctimas; (3) Garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad; y (4) Mejorar la seguridad percibida a bordo.

Para evaluar este módulo se propuso utilizar la Tasa de Accidentes de Tráfico (VAR por sus siglas en inglés):

$$VAR = \frac{\text{Número de accidentes} \times 10^6}{\text{Kilómetros rodados}}$$

La Figura 6 muestra los resultados correspondientes a la evaluación de los tres casos de estudio en los años 2019, 2020 y 2021.



Figura 6. Captura del módulo "Safe" de la herramienta TrackBest-3S

Adicionalmente, se ha diseñado una herramienta de categorización de los accidentes para evaluar este módulo con mayor profundidad. Esta herramienta complementaria permite estimar el VAR para los accidentes agrupados por causa principal dentro de tres categorías: (1) Velocidad o modo de conducción, (2) Características de la vía, y (3) Condiciones meteorológicas. Para esto, esta herramienta analizará tres factores: fecha, localización y velocidad en el momento del siniestro. A partir de la fecha, se analizarán las condiciones de visibilidad y meteorológicas. Las condiciones meteorológicas que se analizarán son aquellas que más relevancia en la seguridad tienen: lluvia, nieve y niebla. Para cada una de ellas se fijará un umbral, a partir del cual se considera que la conducción puede verse afectada. Por otro lado, se analizará la localización, para así estudiar el trazado, la pendiente o el estado de la vía. Finalmente, se revisarán los datos de velocidad. Este análisis permitirá definir la causa principal del accidente.

Si el operador considera necesario, y de manera complementaria al análisis global de la Figura 6, una vez categorizados los accidentes, se calculará el VAR para cada categoría.

T 3.4. Integración de los módulos para la obtención del Track Óptimo

Los módulos descritos en los apartados anteriores se integraron en la herramienta como se puede observar en el demo incluido en la página web del proyecto. Además de los tres módulos originalmente contemplados, se añadió una cuarta “S” que permite evaluar la evolución de la satisfacción de los usuarios con el servicio. La herramienta integra los cuatro módulos para analizarlos por separado. Además, permite filtrar los casos de estudio y los años que se desean evaluar.



Figura 7. Integración módulos “Safe”, “Sustainable”, “Smart” y “Satisfaction” en TrackBest-3S

Participantes en el paquete de trabajo: Isabel Del Portillo Aceituna, Natalia Aldanondo Sánchez, Inés León Sierra, Pablo Álvarez Menéndez, Andrés Monzón, Julio Soria, Andrea Alonso, Carlos Romero, Adriana Cortez, Abid Al Akioui, y Shaghayegh Rahnmana.

PT 4. Aplicación y Evaluación de TrackBest-3S

T 4.1. Evaluación del módulo de fiabilidad

En el año 2021 se han realizado campañas de encuestas en Oviedo y en la línea Madrid-Bilbao a usuarios, conductores y técnicos de servicio. Estas encuestas se diseñaron para identificar los indicadores más importantes desde la perspectiva del usuario que influyen en la fiabilidad del servicio, para considerarlos en el desarrollo de este módulo. Con los resultados se evaluó la situación inicial para identificar el potencial de mejora de los servicios en cuanto a fiabilidad.

En la anualidad 2022 se realizó la campaña de encuestas a usuarios en Tánger y se aplicó el mismo análisis previamente realizado en los casos anteriores. Además, durante esta anualidad, se realizó la validación de los indicadores propuestos para evaluar el módulo de fiabilidad. Para esto, se comprobó la disponibilidad de datos del operador y la interoperabilidad entre las diferentes fuentes de información seleccionadas.

Para la evaluación y validación del módulo de fiabilidad se estimaron los indicadores propuestos a los datos correspondientes al mes de agosto de 2019 de la línea B de Oviedo. Al tratarse de un servicio urbano, la evaluación se hizo por franjas horarias. Utilizando la base de datos disponible, se calculó el tiempo medio de viaje discretizado por horas, para así identificar la hora punta, en la que el tiempo medio es mayor, y la hora valle, en la cual el tiempo medio de viaje es mínimo. Se fijaron los límites del umbral establecido como admisible para comprobar que la herramienta emita las alarmas correspondientes en caso de excederlos. El proceso de evaluación y validación del módulo se encuentra detallado en el entregable [E 4.2 Informe de Evaluación de los Módulos](#).

T 4.2. Evaluación del módulo de consumo y emisiones

Con relación al módulo de consumo y emisiones, se realizaron las encuestas ex-ante en Oviedo y en la línea Madrid-Bilbao a usuarios, conductores y técnicos de servicio. En el diseño de estas encuestas se incluyeron preguntas relacionadas con la importancia que le dan los diferentes actores involucrados a la sostenibilidad al momento de elegir un modo de transporte y, en el caso de los conductores, la conciencia sobre la importancia del modo de conducción en los consumos y emisiones generadas. Se realizó un diagnóstico de la situación actual identificando el potencial de mejora de los servicios en cuanto a consumo y emisiones.

Para validar la metodología propuesta dentro de este módulo se ha aplicado a los datos de consumos de 2019 y 2020 de las redes de Oviedo y Tánger y de la línea de larga distancia Madrid-Bilbao. Con relación a las emisiones, se ha utilizado la herramienta COPERT para los tres casos de estudio con datos correspondientes a 2019. El detalle de los datos utilizados junto a los resultados obtenidos se presenta en el entregable [E 4.2](#).

T 4.3. Evaluación del módulo de seguridad vial

Al igual que con los dos módulos anteriores, dentro de las encuestas ex-ante de Oviedo y en la línea Madrid-Bilbao a usuarios, conductores y técnicos de servicio se incluyeron preguntas relacionadas al módulo de seguridad vial que sirvieron como punto de partida para el desarrollo de este módulo. La evaluación inicial permitió identificar ámbitos en los que se deben centrar esfuerzos para mejorar la seguridad de los servicios proporcionados. Estas mismas preguntas fueron incluidas en las encuestas realizadas en Tánger y analizadas utilizando el mismo procedimiento.

La evaluación y validación de este módulo se detalla en el entregable [E 4.2](#). Para calibrar y validar la formulación se calculó el VAR global para los años 2019, 2020, y 2021 para los tres casos de estudio. Además, se validó la metodología complementaria incluyendo la categorización de los siniestros aplicando la metodología a los accidentes de la redes de Oviedo y Tánger correspondientes a 2019.

T 4.4. Evaluación integral del sistema TrackBest-3S: indicadores y encuestas

El sistema TrackBest-3S se evaluó en dos fases diferentes. La primera consistió en una evaluación ex-ante a partir de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas en los tres casos de estudio. El análisis de estos resultados permitió identificar el potencial de mejora de los servicios en los diferentes módulos de la herramienta. Debido a las restricciones de movilidad ocasionadas por la pandemia del COVID-19, solamente se realizó una campaña de encuestas en cada caso de estudio, más amplia que la considerada inicialmente en la propuesta.

La segunda evaluación del sistema consistió en la validación de los diferentes módulos de la herramienta, comprobando la disponibilidad de los datos necesarios para medir los indicadores seleccionados. Se aplicó la metodología propuesta para cada módulo a los casos reales de estudio y se comprobó el correcto funcionamiento global de la herramienta, verificando todas las funcionalidades asignadas.

Las campañas de encuestas de Oviedo y Madrid-Bilbao se realizaron a través de una subcontratación. Se sacó a concurso una oferta a la que se presentaron tres empresas, siendo la ganadora la Fundación Agustín de Betancourt (FAB). Una vez adjudicado el contrato, en el mes de octubre de 2021 se realizó la campaña de la línea Madrid-Bilbao, y un mes más tarde, en noviembre de 2021, se realizó la correspondiente a los usuarios de Oviedo. Adicionalmente, se realizaron entrevistas a los conductores y a los técnicos de servicio de ambos casos, para así obtener también su percepción del funcionamiento del servicio, completando la evaluación ex-ante que permitió identificar debilidades y fortalezas del servicio.

Por su parte, las encuestas de Tánger se realizaron en marzo de 2022, para esto se contrató a la Fundación Universidad-Sociedad de la UEX y se firmó un acuerdo de colaboración con la Faculté des Sciences et Techniques (FST) de Tánger. La Figura 8 muestra un reporte fotográfico de la campaña realizada en Tánger.



Figura 8. Campaña de encuestas en Tánger

Participantes en el paquete de trabajo: Carlos Acha Ledesma, Isabel Del Portillo Aceituna, Natalia Aldanondo Sánchez, Andrés Monzón, Julio Soria, Shaghayegh Rahnama, Andrea Alonso, Abid Al Akioui, Adriana Cortez.

PT 5. Impactos y Transferencia de resultados

T 5.1. Innovación e industrialización

La integración de todas las vertientes del desarrollo sostenible, S1- Fiabilidad inteligente (Smart), S2- Consumo y emisiones (Sustainable) y S3- Seguridad (Safety), ha permitido obtener como resultado una herramienta multifuncional con un carácter innovador e integrador que permite la gestión eficiente del transporte de pasajeros por carretera atendiendo a las problemáticas de la movilidad urbana y de larga distancia existentes. Entre las principales ventajas de la herramienta, destacan los múltiples beneficios que ofrece a tres niveles: operador, pasajeros y sociedad. El entregable [E 5.3 Modelo de Utilidad](#) presenta en detalle la innovación y su posible industrialización.

T 5.2. Impactos económicos, sociales y ambientales y calidad percibida

Gracias al carácter innovador e integrador de la herramienta desarrollada, ésta mejorará la gestión eficiente del transporte de pasajeros por carretera beneficiando a el operador, los pasajeros y la sociedad. Con la ayuda de TrackBest-3S, se espera mejorar la fiabilidad del servicio e identificar líneas o rutas menos fiables para determinar las causas que comprometen su fiabilidad y tomar las acciones que se consideren necesarias. Además, la herramienta permitirá realizar un seguimiento detallado de los consumos y emisiones de la flota, y de la seguridad del servicio. Los impactos económicos, sociales y ambientales de la herramienta podrán apreciarse más claramente a largo plazo. Por lo que se recomienda evaluar el desarrollo de los diferentes indicadores incluidos en los tres módulos de la herramienta con una frecuencia anual. Además, se recomienda el reajuste al menos anual de los límites fijados como admisibles para cada indicador, de manera que sean cada vez más restrictivos y exigentes con la calidad del servicio ofertado.

Con relación a la evaluación de la calidad percibida por los usuarios, se realizó una campaña de encuestas en cada caso de estudio. Las encuestas evaluaron las características socioeconómicas de los encuestados para poder tener claramente identificados los diferentes perfiles de usuario. Además, la sección principal del cuestionario se centró en evaluar la satisfacción de los usuarios con diferentes atributos del servicio, incluyendo su satisfacción general con el mismo. Esto permitió en una evaluación posterior identificar qué atributos influyen más en la satisfacción general de los usuarios para así enfocar las mejoras a aplicar. Los resultados se incluyeron en artículos científicos que actualmente se encuentran en revisión para su publicación. El entregable [E 5.1 Informe de Calidad Percibida](#) incluye el análisis de los resultados obtenidos en los tres casos. Incluyendo características socioeconómicas de los encuestados, las características de su viaje y su satisfacción con los diferentes atributos del servicio.

Como el objetivo último de la herramienta es mejorar, o al menos mantener, los niveles de satisfacción del usuario con el servicio ofertado por ALSA se decidió incluir un cuarto módulo transversal a los tres anteriores, aportando la cuarta “S” que contempla la satisfacción de los usuarios con el servicio. Para medir estos niveles de satisfacción se definió utilizar dos indicadores: Customer Satisfaction Score (CSS) y Net Promoter Score (NPS). El Customer Satisfaction Score (CSS) representa el porcentaje de los usuarios que están satisfechos (4/5) o muy satisfechos (5/5) sobre la muestra total de encuestados. Por otro lado, el Net Promoter Score (NPS) es el porcentaje de los usuarios que recomiendan el servicio menos el porcentaje de detractores, es decir, los que no lo recomiendan. Estos indicadores fueron incluidos en la herramienta y evaluados para los casos de estudio.

T 5.3. Difusión comercial

A partir de los resultados de la tarea T 1.3, se ha investigado el potencial de la herramienta TrackBest-3S en el mercado, estudiando los factores que influirán sobre su valor añadido. Además, se han analizado las herramientas de gestión de las que disponen las empresas operadores de servicios de autobús en España, principales competidores de ALSA. De esta manera, se completó el perfil de los consumidores clave o potenciales clientes de la herramienta.

Todas las actividades realizadas, los principales resultados, los entregables y el demo de la herramienta desarrollada están disponibles en la página web del proyecto: <https://blogs.upm.es/trackbest-3stransyt-projects/>

T 5.4. Difusión de la innovación

Los resultados del proyecto se han presentado en diez comunicaciones orales, siete de las cuales fueron en congresos internacionales. Los resultados parciales del proyecto se incluyeron en la realización de dos Trabajos Fin de Máster del Máster de Caminos, Canales y Puertos de la UPM. Además, actualmente se están desarrollando dos tesis doctorales a partir de los resultados del proyecto. El detalle se presenta a continuación:

Comunicaciones orales:

Nombre del Congreso: XIV Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2021), Burgos, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Adriana Cortez, Andrés Monzón, Abid Al Akioui

Año: 2021

Título: Cross-Case Analysis of bus operation in different context: Oviedo (Spain) and Tangier (Morocco)

Nombre del Congreso: I Jornada Científica En el Programa de Doctorado en Sistemas de Ingeniería Civil, Madrid, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shireen Al Suleiman

Título: Towards safer, sustainable, and smart public transport. Oviedo Case Study

Nombre del Congreso: 16ª Conferencia Internacional de NECTAR "Mobilizing Justice: Moving Toward Action for an Equitable Transportation Future", Toronto, Canadá

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2022

Título: Towards safer, sustainable, and smart public transport. Oviedo Case Study

Nombre del Congreso: IV Campus Científico del Foro de Ingeniería del Transporte, Cercedilla, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shireen Al Suleiman, Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2022

Título: A multi-dimensional evaluation of urban bus service performance in different contexts. The cases of Oviedo (Spain) and Tangier (Morocco)

Nombre del Congreso: IV Campus Científico del Foro de Ingeniería del Transporte, Cercedilla, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shaghayegh Rahnama, Andrés Monzón, Adriana Cortez

Año: 2022

Título: Holistic Evaluation of Long-Distance Bus Services Performance

Nombre del Congreso: 3ème Conférence Internationale ICESAS, Tánger, Marruecos

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Abid Al-Akioui, Andrés Monzón, Adriana Cortez

Año: 2022

Título: Boosting bus usage. An analysis of travel behaviour and user satisfaction in Tangier

Nombre del Congreso: Transport Research Arena (TRA) Conference, Lisboa, Portugal

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shaghayegh Rahnama, Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2022

Título: An expert tool for investigating key explanatory factors for safer bus operation

Nombre del Congreso: XV Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2021), La Laguna, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shireen Al Suleiman, Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2023

Título: Evaluation of urban bus service quality in a medium-sized city: Case study Oviedo

Nombre del Congreso: XV Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2021), La Laguna, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2023

Título: Assessing urban bus users' satisfaction in Tangier, a developing medium-sized city

Nombre del Congreso: XV Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2021), La Laguna, España

Tipo de comunicación: Comunicación Oral

Autores: Shaghayegh Rahnama, Adriana Cortez, Andrés Monzón

Año: 2023

Título: Is bus passengers' satisfaction influenced by company's application and website features in long-distance bus services?

Trabajos Fin de Máster:

Nombre: Ignacio David Pérez Abellán

Tutor: Andrés Monzón de Cáceres

Título: Optimización de la operación de líneas de autobús urbano mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Oviedo (Asturias)

Año: 2020

Organismo: ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid

Nombre: Abid Al Akioui Sanz

Tutores: Andrés Monzón de Cáceres y Adriana Cortez

Título: Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)

Año: 2021

Organismo: ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid

Tesis doctorales (en desarrollo):

Nombre: Shireen Al Suleiman

Directores: Andrés Monzón de Cáceres y Antonio Lara

Título: Perceived service quality of bus transit service in two different contexts medium-sized cities Oviedo and Tangier

Organismo: ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid

Nombre: Shaghayegh Rahnama

Directores: Emilio Larrodé Pellicer, Victoria Muerza y Andrés Monzón de Cáceres

Título: Analysis of relevant factors for the improvement of freight and passenger transport operation

Organismo: Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza

Artículos científicos (en revisión):

Autores: Shireen Al Suleiman, Adriana Cortez, Andrés Monzón y Antonio Lara

Revista: European Transport Research Review

Título: How to improve PT usage in a medium-sized city. Key factors from a successful bus system

Autores: Shaghayegh Rahnama, Adriana Cortez, Andrés Monzón

Revista: European Transport Research Review

Título: The role of information channels and service attributes for intercity bus services

T 5.5. Internacionalización

Como operador integral, ALSA es capaz de atender las diferentes necesidades de movilidad de los ciudadanos mediante un amplio abanico de servicios de transporte de ámbito regional, nacional, internacional, urbano, discrecional (alquiler de autocares) y turístico. En el año 2000, se inicia la gestión de la red urbana de Marrakech dando lugar a la integración posterior de líneas en Khourigba, Agadir, Tánger, Rabat y Casablanca, apostando por un crecimiento internacional en el Norte de África.

En la actualidad, se está produciendo un importante crecimiento internacional, con la adjudicación de nuevas operaciones en Lisboa y Oporto, así como la integración de seis nuevas líneas urbanas en Ginebra y 27 líneas interurbanas en Arabia Saudí. Por este motivo, se ha tenido en cuenta a Tánger en este estudio con el fin de extrapolar esta realidad a cualquier otro ámbito. La situación preferente de ALSA en el mercado internacional también facilita la introducción rápida, eficaz e inmediata de esta herramienta evitando plazos largos en las licitaciones y trámites administrativos favoreciendo la apertura de la actividad comercial y de introducción de nueva tecnología en el ámbito internacional.

Participantes en el paquete de trabajo: Carlos Acha Ledesma, Natalia Aldanondo Sánchez, Andrés Monzón, Shaghayegh Rahnama, Adriana Cortez, Abid Al Akioui.

Grado de ejecución de las Tareas/Hitos en la anualidad justificada (en %):

PT 0. Coordinación y Gestión del proyecto

Tarea realizada al 100 %. Se ha realizado una adecuada coordinación y gestión del proyecto en la anualidad 2022 y a lo largo del mismo.

PT 1. Análisis técnico y de mercado

T 1.1. Agenda de innovación. Tarea realizada al 100%. Se han analizado los diferentes planes, programas y guías prácticas a nivel mundial, europeo y nacional para los diferentes casos de estudio relacionados con los tres objetivos principales del proyecto.

T 1.2. Avances científicos. Tarea realizada al 100%. Se ha realizado la revisión de las bases de datos científicas e identificado las publicaciones más relevantes relacionadas con los objetivos del proyecto. Se ha realizado una fase de selección y se han organizado las publicaciones más relevantes en una tabla.

T 1.3. Análisis de mercado. Tarea realizada al 100%. Se han identificado los productos existentes en el mercado a nivel nacional e internacional. Además, se han analizado los sistemas de gestión de flotas y seguridad de los principales competidores de ALSA a nivel nacional.

PT 2. Marco tecnológico y operativo

T 2.1. Caracterización de los casos de estudio. Tarea realizada al 100%. Se ha realizado un diagnóstico de la situación inicial de los casos de estudio, identificando las principales fortalezas y debilidades de cada uno.

T 2.2. Diseño de la base de datos. Tarea realizada al 100%. Una vez seleccionada y recopilada la información necesaria para el desarrollo de la herramienta, se ha procedido al diseño de la base de datos en la que se apoyará TrackBest-3S.

T 2.3. Coordinación e integración con la herramienta VISOR. Tarea realizada al 100%. Se ha elaborado un dashboard o panel de control que muestra los diferentes indicadores definidos para cada uno de los módulos de la herramienta.

PT 3. Desarrollo de TrackBest-3S

T 3.1. Desarrollo del módulo de fiabilidad. Tarea realizada al 100%. Se han definido la metodología y los indicadores para evaluar este módulo. A partir de los datos procedentes de los equipos embarcados en los vehículos, se calcularon diferentes parámetros relativos a los tiempos de viaje. El módulo fue validado aplicándolo a la base de datos de los casos de estudio.

T 3.2. Desarrollo del módulo de consumo y emisiones. Tarea realizada al 100%. Se ha desarrollado la metodología en la que se basará el análisis de consumos y emisiones, con un ajuste a la primera versión por no contar con todos los datos necesarios para la alternativa propuesta en el reporte de la anterior anualidad.

T 3.3. Desarrollo del módulo de seguridad vial. Tarea realizada al 100%. Se definieron los indicadores a evaluar en este módulo. Además, se propuso una metodología complementaria de clasificación de los incidentes para un análisis más pormenorizado de la seguridad de los servicios.

T 3.4. Integración de los módulos para la obtención del Track Óptimo. Tarea realizada al 100%. Se han integrado los diferentes módulos de la herramienta en un dashboard que permite evaluar los diferentes indicadores seleccionados. El [demo](#) está disponible en la página web del proyecto.

PT 4. Aplicación y Evaluación de TrackBest-3S

T 4.1. Evaluación del módulo de fiabilidad. Tarea realizada al 100%. Se realizaron tres campañas de encuestas para analizar la situación actual y así comprobar cuál es el potencial de mejora de los servicios en cuanto a fiabilidad. Además, se estimaron los indicadores del módulo con una aplicación a los datos de la línea B de Oviedo para validar la metodología propuesta.

T 4.2. Evaluación del módulo de consumo y emisiones. Tarea realizada al 100%. Se realizaron identificó el potencial de mejora de los servicios en cuanto a consumo y emisiones a partir de los resultados obtenidos en las encuestas. Además, se validó el módulo de emisiones aplicándolo a los tres casos de estudio.

T 4.3. Evaluación del módulo de seguridad vial. Tarea realizada al 100%. Se evaluó la situación inicial, se identificó el potencial de mejora y se validó la metodología propuesta para analizar este módulo en la herramienta.

T 4.4. Evaluación integral del sistema TrackBest-3S: indicadores y encuestas. Tarea realizada al 100%. Se han realizado las campañas de encuestas en los tres casos de estudio. Se ha integrado los diferentes módulos, incluido el nuevo (satisfacción) en una sola herramienta. Se validó la funcionalidad de la herramienta aplicándola a los casos de estudio.

PT 5. Impactos y Transferencias de resultados

T 5.1. Innovación e industrialización. Tarea realizada al 100%. Se ha desarrollado la herramienta incluyendo los tres módulos originalmente propuestos y un cuarto módulo adicional que incluye la satisfacción de los usuarios.

T 5.2. Impactos económicos, sociales y ambientales y calidad percibida. Tarea realizada al 100%. Se realizaron tres campañas de encuestas para analizar la situación inicial en los tres casos de estudio e identificar el potencial de mejora de los servicios en cuanto a calidad. De forma complementaria a los objetivos iniciales del proyecto, se han propuesto indicadores para evaluar la satisfacción de los usuarios, para los cuales se fijarán umbrales admisibles, añadiéndose una nueva S al proyecto: Safe, Sustainable, Smart, Satisfaction.

T 5.3. Difusión comercial. Tarea realizada al 100%. Se ha realizado el estudio de mercado para definir el modelo de negocio y comercial de la herramienta TrackBest-3S. El blog del proyecto incluye un registro de las actividades y reportes obtenidos, ofreciendo información libre y abierta a quien pueda interesar. Además, se han presentado los resultados del proyecto en 10 conferencias nacionales e internacionales.

T 5.4. Difusión de la innovación. Tarea realizada al 100%. Los resultados del proyecto se han presentado en diez conferencias nacionales e internacionales. Además, se han incluido en artículos científicos que actualmente se encuentran en revisión.

T 5.5. Internacionalización. Tarea realizada al 100%. ALSA he evaluado el potencial de internacionalización de la herramienta. Además, los resultados obtenidos en el proyecto fueron presentados en siete conferencias internacionales.

Justificación de las desviaciones de carácter técnico, etc.:

Las desviaciones en el cronograma ocasionadas por las restricciones de movilidad derivadas de la pandemia del COVID-19, fueron subsanadas durante las anualidades 2021 y 2022.

Originalmente, se contemplaba la realización de encuestas en dos etapas del proyecto, ex-ante y ex-post. La primera para identificar el potencial de mejora del servicio y considerarlo en el desarrollo de la herramienta y la segunda para evaluar el impacto de ésta. Sin embargo, al existir restricciones de movilidad hasta el año 2022 en algunos casos (Tánger) se decidió realizar una sola encuesta en cada caso de estudio. Al tratarse de una sola recogida de datos, los cuestionarios incluyeron las secciones necesarias para evaluar el servicio y la satisfacción de los usuarios. Para esto, se realizaron campañas más extensas que permitieron obtener una muestra mayor.

Conclusiones del proyecto, destacando las principales innovaciones y productos obtenidos (a rellenar solo en la última anualidad del proyecto):

- Se ha desarrollado una herramienta que integra todas las vertientes del desarrollo sostenible: S1- Fiabilidad inteligente (Smart), S2- Consumo y emisiones (Sustainable) y S3- Seguridad (Safety).
- Se ha añadido un cuarto módulo, considerado transversal a los tres anteriores S4- Satisfacción (Satisfaction).
- Los indicadores seleccionados para el desarrollo de cada módulo son fáciles de estimar, con datos abiertos o disponibles del operador.
- Se ha comprobado la disponibilidad e interoperabilidad de los datos utilizados.
- La herramienta se caracteriza por permitir un análisis visual sencillo e intuitivo.
- TrackBest-3S puede utilizarse en la gestión de servicios urbanos e interurbanos.
- Permite realizar el seguimiento de los diferentes módulos centrado en un caso de estudio o de varios a la vez.
- TrackBest-3S incluye un registro histórico para cada caso lo que permite analizar la evolución de los diferentes indicadores.
- Se ha realizado una amplia difusión de los resultados del proyecto en conferencias nacionales e internacionales.
- Los resultados se incluyeron en artículos científicos que se encuentran en proceso de revisión para su publicación.
- Los resultados del proyecto se han incluido parcialmente en dos trabajos de Fin de Máster del Máster de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Los resultados del proyecto están siendo utilizados en el desarrollo de dos tesis doctorales en la Universidad Politécnica de Madrid y en la Universidad de Zaragoza.

Patentes/modelos de utilidad y creación de empleo como consecuencia de la realización del proyecto (a rellenar solo en la última anualidad del proyecto):

No se ha realizado ninguna patente.

Se ha desarrollado el modelo de utilidad que se encuentra detallado en el entregable [E 5.3 Modelo de Utilidad](#) desarrollado por ALSA.

Incidencia del proyecto en cada una de las entidades participantes (a rellenar solo en la última anualidad del proyecto):

ALSA

La integración de los cuatro módulos de TrackBest-3S en una sola herramienta facilita a ALSA la gestión eficiente del transporte de pasajeros. Permite realizar un seguimiento a los diferentes servicios y evaluarlos de manera sencilla, visual e intuitiva. Además, al contar con un registro de datos históricos, permitirá evaluar la evolución de los diferentes indicadores e identificar alternativas de mejora. Por otra parte, la evaluación de la satisfacción permitirá al operador identificar los atributos del servicio más influyentes en la satisfacción general de los usuarios para una adecuada asignación de recursos.

UPM – TRANSyT

El desarrollo de las diferentes actividades realizadas en el proyecto permitió trabajar en diferentes líneas de investigación para cubrir los diferentes aspectos de la movilidad sostenible. Se realizaron estudios y análisis para el desarrollo de cada módulo. Los diferentes análisis realizados se incluyeron en los entregables del proyecto. Asimismo, los resultados más relevantes en cada ámbito de conocimiento fueron presentados en simposios y congresos internacionales de alto nivel, respetando siempre la protección de datos. Además, algunos de estos resultados se plasmaron en artículos científicos enviados a revistas indexadas y se encuentran en revisión. Algunos de los resultados fueron utilizados para la elaboración de dos Trabajos Fin de Máster del Máster de Caminos, Canales y Puertos de la UPM. Finalmente, los resultados del proyecto están siendo utilizados en la realización de dos tesis doctorales en la Universidad Politécnica de Madrid y en la Universidad de Zaragoza.

Previsión de explotación/comercialización de los resultados del proyecto (a rellenar solo en la última anualidad del proyecto):

En la actualidad, existe un gran número de sistemas de geolocalización disponibles en el mercado, pero ninguno que incluya los tres objetivos de fiabilidad, emisiones y accidentalidad como lo hace la herramienta TrackBest-3S. Esto hace posible que el producto irrumpa en el mercado como un elemento innovador y de calidad que se puede extrapolar a los diferentes mercados de negocio, tanto nacionales como internacionales, de servicios regulares en autobús aumentando la optimización y puesta en marcha de modelos de negocio más eficientes y competitivos.

El esfuerzo por impulsar los pagos digitales a través de los canales de venta disponibles en ALSA (web, aplicaciones móviles y máquinas auto venta) hace posible la implementación rápida de estos modelos en nuevas explotaciones y en los diversos ámbitos de actuación de ALSA, mejorando de la cartera de productos, servicios y las colaboraciones externas con terceros, atrayendo a nuevos clientes e intentando obtener viajeros recurrentes.