

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Noise and Emissions MONitoring and radical mitigation

Proyecto NEMO



Autor Principal: Dolores Hidalgo (Fundación CARTIF)

Otros autores: Sergio Sanz Bedate (Fundación CARTIF); Jose Feroso (Fundación CARTIF);
Javier Buhigas (OPUS RSE); Josefina de la Fuente (OPUS RSE)

ÍNDICE

1. Título
2. Resumen
3. Estrategia NEMO: si puede medirse, puede detectarse y reducirse
4. NEMO y sus grandes desafíos tecnológicos
5. Resultados esperados
6. Agradecimientos
7. Bibliografía

TÍTULO

Título original: Noise and Emissions MOnitoring and radical mitigation

Título en español: Medición y mitigación radical de ruido y emisiones

RESUMEN

El ruido y las emisiones procedentes del tráfico afectan gravemente la salud de las personas y los ecosistemas. Es, por ello, necesario implementar medidas de control y mitigación que realmente logren una reducción efectiva de ambos fenómenos en todos los modos de transporte.

En esta línea, el rápido desarrollo tecnológico en el campo de los sensores está abriendo la puerta a lograr la monitorización y control en tiempo real del ruido y las emisiones del tráfico en todas sus modalidades. El desarrollo de metodologías de medición armonizadas va a permitir aumentar la fiabilidad de los datos recopilados y la credibilidad de los consiguientes procedimientos de mitigación. La integración de los sistemas de medición en la infraestructura de transporte puede ayudar a identificar los vehículos que no respetan los límites prescritos y permitir al operador y al propietario del vehículo estar informados rápidamente de las deficiencias ambientales de un vehículo, o ayudar a las autoridades a identificar vehículos contaminantes, impidiendo su acceso a zonas de bajas emisiones (ZBE), mitigando así los efectos del incumplimiento de los límites de tolerancia. Por otro lado, la integración en la infraestructura de materiales absorbentes y la utilización de soluciones con emisiones negativas también pueden contribuir a una reducción efectiva de los efectos negativos de las emisiones y el ruido.

En este escenario es en el que ha irrumpido el **proyecto NEMO (www.nemo-cities.eu)**, liderado por entidades españolas y cuyo objetivo es crear una solución llave en mano a través de la cual se integrarán en infraestructuras existentes en ciudades, puertos y ferrocarriles, nuevos sistemas para medir empíricamente las emisiones y el ruido emitidos por vehículos individuales. Los nuevos sistemas de medición, junto con la implementación de nuevas

soluciones de mitigación, formarán una **solución global y escalable para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto del ruido en las ciudades europeas**. Estos nuevos sistemas representarán un instrumento de detección de vehículos altamente contaminantes, permitiendo controlar su entrada a ZBE u otras áreas sensibles.

ESTRATEGIA NEMO: SI PUEDE MEDIRSE, PUEDE DETECTARSE Y REDUCIRSE

Los efectos nocivos del sector del transporte son uno de los problemas más preocupantes en Europa. El transporte produce casi una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y es la principal causa de contaminación acústica y atmosférica en las ciudades. La exposición prolongada al ruido y la contaminación puede causar problemas de salud directos, como trastornos del sueño, estrés, problemas respiratorios, presión arterial alta y enfermedades cardíacas. Según la Agencia Medioambiental Europea y la Organización Mundial de la Salud, el ruido se asocia con más de 12.000 muertes prematuras cada año, mientras que la contaminación atmosférica provoca más de 550.000. Tampoco hay que olvidar, por otro lado, los costes asistenciales y de hospitalización que se generan. Por tanto, existe una clara necesidad de diseñar y gestionar el transporte y la movilidad de una forma más inteligente. Europa necesita con urgencia medir e identificar todas las fuentes de ruido y contaminación en el transporte para poder controlarlas y mitigarlas.

Los dispositivos de detección remota (conocidos como RSD de sus siglas en inglés, Remote Sensing Devices) pueden medir a distancia las emisiones de escape de vehículos individuales. Esta tecnología fue desarrollada en EEUU en la década de los 80 para transporte por carretera. Con el transcurso de los años han surgido diversas mejoras y tecnologías análogas, como las desarrolladas recientemente en el proyecto LIFE GySTRA [1], el cual ha introducido la medición remota de NO₂. Pese a ello, hoy en día aún existen importantes limitaciones que impiden su uso a gran escala. **En el proyecto NEMO se va a desarrollar e implementar una nueva generación de sensores de detección remota de emisiones y ruido, rápidos, precisos, autónomos, conectados, versátiles y portátiles, que permitirán una integración masiva en la infraestructura vial, ferroviaria y/o portuaria existente**, tal y como muestra la Figura 1 y Figura 2.

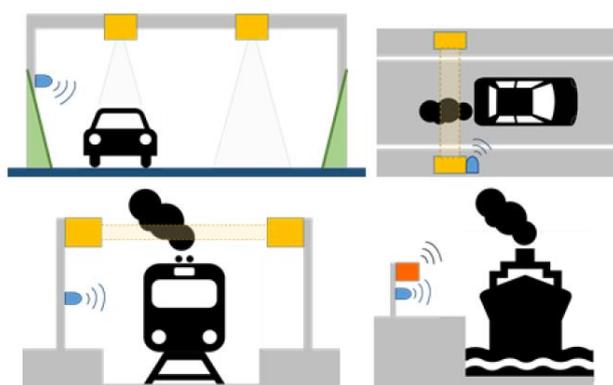


Figura 1. Integración de sensores de ruido y emisiones en infraestructuras



Figura 2. Detalle de la tecnología NEMO aplicada en carreteras de varios carriles

El uso de sensores integrados en la infraestructura para medir de forma remota las emisiones y el ruido del tráfico rodado es una opción que va a permitir identificar individualmente las emisiones de cada vehículo en particular. En estas condiciones, se va a estar en disposición de poder evitar la circulación de aquellos que sean altamente contaminantes o ruidosos, o aplicar penalizaciones en las tarifas (de peajes o de entrada a ZBE) a los que superen en un porcentaje prefijado los límites establecidos.

El conjunto de acciones para mejorar la calidad acústica y del aire en áreas urbanas NEMO sigue un enfoque de dos dimensiones:

1. La primera dimensión comprende tecnología RSD mejorada para determinar e identificar vehículos ruidosos y contaminantes en el tráfico existente, poniendo esta información a disposición de los gestores de sistemas de alerta, peaje o acceso, como se muestra en la Figura 3. Los sistemas desarrollados se integrarán completamente en la infraestructura vial y/o ferroviaria y tendrán las herramientas para comunicarse con la infraestructura de datos existente, tanto de los operadores de vehículos / trenes como de las autoridades viales / ferroviarias. También se adaptará un sistema especial (cámara multispectral) para el entorno del transporte marítimo, probando su eficacia en la medición de emisiones.

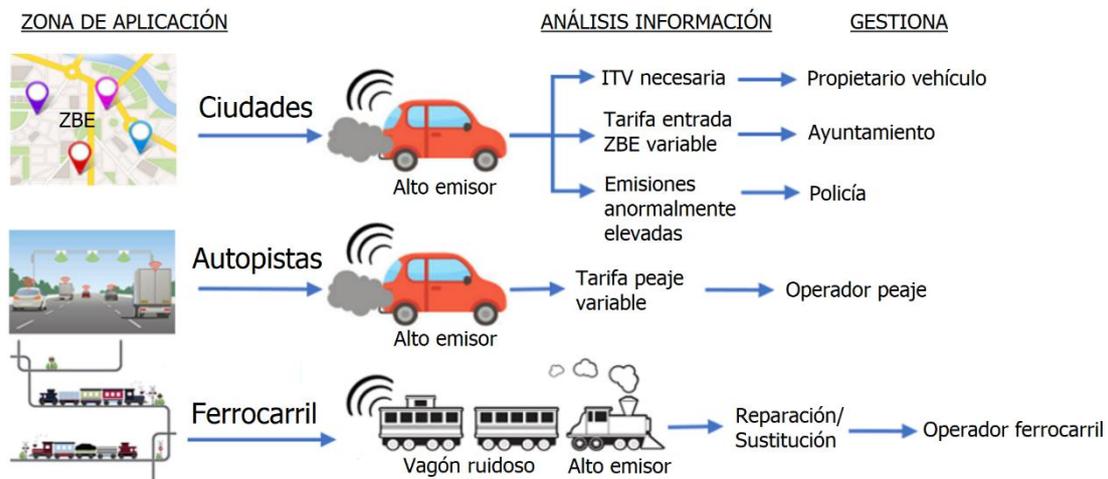


Figura 3. Opciones de uso de la información recogida en el caso de transporte por carretera o ferrocarril

2. La segunda dimensión desarrolla una solución holística para mitigar el ruido y las emisiones de los vehículos que circulan (NOx, partículas y microplásticos provenientes del desgaste de neumáticos, entre otros). Este enfoque implica la optimización de la textura de la carretera, el diseño de nuevas barreras verdes en los laterales de la misma y el uso de materiales fotocatalíticos y de recolección de microplásticos en la red de poros de la capa de asfalto.

El efecto combinado de las dimensiones 1 y 2 permitirá lograr una mejora estimada del 30% en la calidad del aire para el tráfico rodado y reducir un 20% el ruido. Esto se puede lograr identificando y reparando los vehículos altos emisores (AE) e instalando nuevas aceras y barreras con capacidad mitigante de ruido y gases en las carreteras europeas. Además, NEMO sentará las bases para soluciones más justas que puedan modular la circulación de los vehículos en función de sus emisiones, según las circunstancias. **El concepto general del proyecto NEMO será testado en cuatro ciudades europeas: Madrid, Valencia, Florencia y Susteren.**

NEMO Y SUS GRANDES DESAFÍOS TECNOLÓGICOS

NEMO busca crear una solución avanzada para reducir las emisiones y el ruido del transporte, monitorizando empíricamente vehículos individuales para aplicar tarifas personalizadas a los vehículos más emisores, o impedir su acceso a zonas sensibles.

Todo el concepto de NEMO se centra en el desarrollo (hardware, infraestructura y software) de un novedoso y fiable sistema de teledetección para medir las emisiones de tráfico y el ruido. El sistema se integrará en las infraestructuras viales, ferroviarias, marítimas y de comunicación existentes para que esté estandarizado, sea más fácil de usar y pueda operar continuamente sin supervisión humana para un monitoreo continuo. La Figura 4 muestra los principales elementos del concepto NEMO.

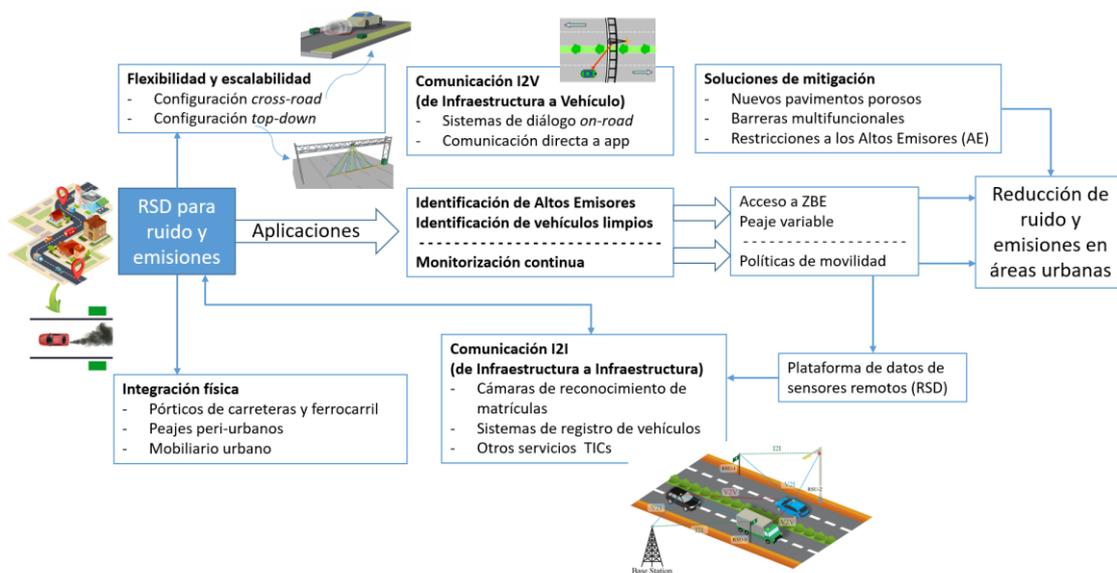


Figura 4. Representación esquemática del concepto NEMO

Para limpiar y silenciar el medio ambiente en zonas sensibles (como ZBE), se diseñará un enfoque de tres pasos: (1) la identificación de vehículos contaminantes y ruidosos a través de la detección remota de los gases de escape y el ruido, y el control del acceso a la ZBE de estos vehículos; (2) la verificación de las mediciones realizadas con una metodología armonizada con las ITVs, a fin de ampliar legalmente la solución y (3) una mayor limpieza activa y silenciamiento del tráfico dentro de la ZBE mediante soluciones innovadoras en el pavimento y en las inmediaciones de la carretera.

El concepto del proyecto está diseñado para identificar los vehículos transgresores y evitar su entrada a las ZBE, de manera que toda la implementación reduzca las emisiones y el ruido en esa zona.

La Figura 5 muestra el modelo de actuación propuesto, comenzando con la introducción de una red de dispositivos NEMO en la ciudad y finalizando con una reducción de las emisiones al final del proceso. Se observa que, antes de cualquier actuación, la situación es que circularán vehículos limpios y contaminantes conjuntamente, sin ningún control ni identificación (1). La red identificará vehículos que sean potencialmente altos emisores (2). En esta situación se enviará una notificación (I2V) al propietario del vehículo para que vaya a un sitio de validación especial en su ciudad (generalmente una instalación de ITV). El sitio de validación constará de una pista con varias RSD consecutivas, para medir el mismo vehículo varias veces. Además, se realizarán ensayos adicionales para evitar falsos positivos y, por lo tanto, se brindará así protección legal a los ciudadanos. El resultado será una asignación final de si el vehículo es un AE o no (3). A continuación, se notificará al propietario del vehículo si puede ingresar a la ZBE (4). Se implementarán medidas de mitigación (aceras y barreras) dentro de la ciudad (5). El resultado de negar la entrada a los AE y la implementación de la mitigación llevará a reducir las emisiones en el área de acción (6).



Figura 5. Cómo la implementación del concepto NEMO puede reducir ruido y emisiones en la ciudad (AE: alto emisor; I2V: información al vehículo; I2I: información a infraestructura)

El concepto NEMO se apoya, de forma global, en una serie de desafíos tecnológicos, que son los que se exponen a continuación.

Tecnología de medición de emisiones

Se pretende desarrollar un equipo de detección remota de nueva generación, el E-RSD, utilizando láseres de última tecnología para medir los principales contaminantes emitidos por

vehículos de combustión, con una precisión sin precedentes. Las tecnologías RSD actuales se prevé que no puedan medir con suficiente precisión los vehículos que aparecerán en los próximos años (post-Euro 6), radicalmente más limpios que los actuales. Por tanto, se requiere de un salto tecnológico importante para poder medir con mayor sensibilidad. Después de un exhaustivo trabajo de investigación previo, NEMO ha seleccionado láseres de cascada cuántica (QCL) para la vigilancia precisa, autónoma y con alta sensibilidad de las emisiones de escape de los vehículos en circulación. El E-RSD podrá medir, de cada vehículo individual, al menos el CO, CO₂, NO, NO₂, HC y PM emitidos en los gases de escape; así como la velocidad y aceleración del vehículo (junto con una estimación precisa de su potencia específica) y las condiciones ambientales, como temperatura, humedad y presión barométrica.

En paralelo, se tiene previsto realizar otro desarrollo en cámaras ultrarrápidas multiespectrales. Estas cámaras se utilizan, hoy en día, para medir de forma remota las emisiones de las fuentes emisoras mediante el análisis de una fotografía del penacho de escape en un amplio rango de longitudes de onda, con objeto cuantificar los contaminantes presentes en el penacho así como la temperatura en todos sus puntos. Estas cámaras están diseñadas para medir fuentes no móviles, como chimeneas industriales o incendios. El desafío es adaptarlas para medir fuentes móviles, como emisiones de barcos. La ventaja de esta nueva tecnología es que puede medir emisiones a gran distancia.

Tecnología de medición de ruido

La tecnología de medición de ruido a desarrollar, N-RSD, consistirá en una configuración de micrófono junto con sensores de proximidad y un radar Doppler, para medir con precisión las emisiones de ruido del tráfico por carretera o ferrocarril. El sistema podrá operar de forma autónoma, identificar señales de ruido de vehículos o vagones individuales y tendrá la capacidad de conectarse a diferentes infraestructuras para monitorización en continuo. El objetivo es tener un dispositivo lo más sencillo posible para que se pueda integrar fácilmente en las infraestructuras, como pórticos de autopistas, portales de peaje o farolas, pero que a su vez cubra las altas especificaciones requeridas.

La medición del ruido es completamente diferente para el tráfico por carretera y por ferrocarril. La ubicación, disposición, integración y software de los sensores para medir el ruido en ambos modos de transporte es única. Por tanto, los desarrollos se centrarán en dos configuraciones diferentes:

- Concepto de sensor para medir el ruido del tráfico rodado: el estado actual de la técnica puede medir el ruido del tráfico rodado con fines estadísticos, pero no puede contabilizar con precisión una única firma de ruido para cada vehículo individual. NEMO desarrollará una matriz de micrófonos para determinar la posición longitudinal y transversal de los vehículos que pasan. El sistema podrá medir de cada vehículo su emisión acústica diferenciada de la emisión del flujo total del tráfico, diferenciar entre ruido de rodadura y ruido de propulsión en función de la forma espectral de ambas señales y determinar el régimen del motor, entre otros parámetros.

- Concepto de sensor para medir el ruido del tráfico ferroviario: los actuales sistemas de monitoreo de ruido pueden medir la emisión de ruido total del paso del tren, pero no pueden distinguir entre vagones ruidosos y silenciosos en un mismo tren. Esto requiere tecnología con mayor resolución a nivel de vagones individuales y una mayor fiabilidad para reducir la ocurrencia de falsos positivos o falsos negativos. El N-RSD que se desarrollará en NEMO para el

tráfico ferroviario proporcionará la precisión necesaria para la aplicación. Consistirá en un sistema de micrófono combinado con sensores avanzados para la ubicación de fuentes acústicas, identificación de firmas de ruido y medición de velocidad. El sistema permitirá la identificación del tipo de tren y su configuración, así como la medición precisa de los niveles de ruido en toda la configuración del tren y la detección del ruido emitido por cada vagón de forma específica.

Integración de tecnologías en infraestructuras

Los sistemas desarrollados para la monitorización de emisiones y ruido, el E-RSD y el N-RSD, podrán integrarse en una infraestructura ferroviaria o vial específica en configuraciones acopladas, funcionando de forma simultánea, o desacopladas, para permitir que funcionen por separado. Esto permitirá ampliar el ámbito de uso de ambas tecnologías. Los portales y peajes son las ubicaciones más adecuadas para la instalación fija de estos sistemas. El concepto de integración debe diseñarse para que se implementen sensores en las infraestructuras con objeto de identificar en tiempo real los vehículos que superen ciertos límites de emisión y / o ruido y que el sistema sea capaz de comunicar esta información al vehículo, al conductor o al operador de la infraestructura.

Los sistemas podrán integrarse completamente en los Sistemas de Transporte Inteligente (STI) existentes que pueden ofrecer conexión eléctrica, Internet y otros servicios que pueden mejorar el rendimiento general del sistema, reducir el coste y facilitar un uso más amplio de las RSD. Todas las funciones de medición se podrán realizar sin intervención humana. La infraestructura de STI puede proporcionar capacidades para recuperar información de vehículos casi en tiempo real de las bases de datos de tráfico. La búsqueda de sistemas automáticos de reconocimiento de matrículas y registro de vehículos se integrará también en todo el sistema NEMO.

En el caso de carretera, la integración de hardware tendrá dos configuraciones, para adaptarse a todas las necesidades de Europa. La implementación horizontal transversal (cross-road) ha sido el estándar en la industria durante tres décadas debido a su implementación fácil, rápida y discreta. Las fuentes de luz láser y los detectores de un E-RSD se colocan en un lado de la carretera, mientras que el reflector, que puede ser un pequeño espejo, se coloca en el otro (Figura 1). Los módulos de medición de velocidad y aceleración y las cámaras de captura de matrículas pueden integrarse en estos módulos, a menos que la infraestructura existente proporcione ya estos sistemas. Los sensores de emisión se pueden desplegar también de manera vertical de arriba hacia abajo (top-down) para medir los vehículos que circulan en carreteras de varios carriles (Figura 2).

Tecnología de mitigación de ruido y emisiones

La implementación de medidas en la infraestructura puede ser muy eficaz para mejorar el entorno local en términos de ruido y calidad del aire. El concepto NEMO de mitigación consiste en la integración de sistemas de reducción de ruido, limpieza de aire y amortiguación de partículas pequeñas en las carreteras. La solución de mitigación propuesta en NEMO es una combinación de nuevos materiales asfálticos y barreras multifuncionales.

La barrera multifuncional es un novedoso sistema con capacidad para reducir el ruido, NOx y partículas provocados por los vehículos motorizados. Estas capacidades se integrarán en la misma infraestructura vial. El exterior de la barrera proporcionará la capacidad de reducción de

ruido (y reducción parcial de NOx gracias a un recubrimiento fotocatalítico) mientras que su interior contendrá un biofiltro para capturar NOx y partículas, aspirando y filtrando el aire contaminado. El dispositivo de reducción de ruido combinará elementos disipativos, donde la atenuación del sonido se logra al interferir con la onda acústica incidente con su propia reflexión y elementos reactivos, que transforman la energía acústica en calor. Esta infraestructura basada en la naturaleza también proporcionará beneficios adicionales: estética, amigable con los polinizadores, área foliar adicional para captura pasiva de partículas, etc.

Debido a las diferentes prioridades y requisitos técnicos de las vías urbanas y periurbanas, se proponen soluciones específicas de pavimentación vial novedosas para cada caso. En el caso de las carreteras periurbanas y rurales, la principal prioridad es la mitigación de los microplásticos provenientes del desgaste de los neumáticos seguida del ruido. Los neumáticos de los automóviles liberan partículas de desgaste a través de la abrasión mecánica que contribuye significativamente al flujo de microplásticos hacia el medio ambiente. Debido a la falta de sistemas de recolección y tratamiento de agua en estas zonas, estos contaminantes no están controlados. Se estima que la contribución relativa del desgaste de los neumáticos a la cantidad global total de plásticos que terminan en los océanos es de alrededor del 5-10%. En busca de posibles soluciones, se ha estimado que hasta un 95% de microplásticos podrían recolectarse y almacenarse dentro de las capas de un asfalto poroso. Dado que las vías urbanas ya cuentan con sistemas para la adecuada recogida y tratamiento de las aguas de escorrentía, la prioridad en esta zona no es abordar los microplásticos sino permitir la reducción del ruido como principal fuente de molestias.

Gestión de la información

NEMO creará la primera plataforma de detección integrada para mediciones de ruido y emisiones de escape para vehículos individuales. La clasificación de las emisiones de ruido y escape y la interconexión con los sistemas I2I e I2V se realizará con una nueva infraestructura de software denominada NAUTILUS (Nemo Autonomous Traffic and Infrastructure Emission evaluation System), que consta de 3 módulos principales:

- Sincronizador: integra las medidas de los diferentes sensores, sincronizando los datos de cada vehículo y la hora exacta de cada medida para agregar la información y enviarla compilada al centro de datos.
- Centro de datos: es la entidad central de NAUTILUS. Almacena la información y crea un registro completo para cada paso de vehículo. Marcará los altos emisores de acuerdo con una lógica de categorización personalizable.
- Informe de emisiones, contiene dos módulos: la plataforma de análisis de datos sirve para estudiar en detalle el ruido y las emisiones, lo que puede enriquecer la lógica para definir los límites de los AEs; la herramienta de informe de datos proporcionará indicadores relevantes (KPIs) para el operador de infraestructura y las autoridades.

NAUTILUS permitirá integrar los sensores y tecnologías de comunicación de NEMO (así como otros sistemas externos que puedan complementarlo en el futuro) en diferentes escenarios, independientemente del operador de la carretera o peaje. NAUTILUS permitirá la sincronización de diferentes sistemas inteligentes y sensores para la identificación y comunicación de vehículos individuales, siguiendo el flujo de datos que se recoge en la Figura 6.

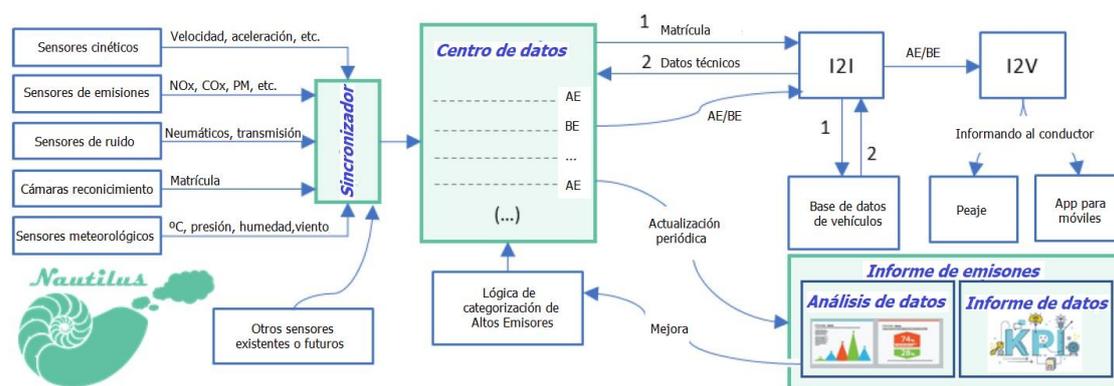


Figura 6. Flujo de datos en NEMO (AE: alto emisor; BE: bajo emisor; I2V: información al vehículo; I2I: información a infraestructura)

RESULTADOS ESPERADOS

El seguimiento y la mitigación del ruido y las emisiones contaminantes del transporte por carretera, ferrocarril, marítimo, e incluso aéreo, empleando la estrategia NEMO, tiene un gran alcance potencial:

- Para las emisiones del tráfico rodado, se ha demostrado que el 5% de la flota de la ciudad puede contribuir hasta el 60% del total de partículas y NOx del tráfico rodado. Esto significa que la búsqueda de altos emisores, la limitación de su circulación y la promoción de un mejor mantenimiento de la flota en general cubrirá la mayor parte de la reducción de emisiones esperada con el proyecto, que es del 30%.

- Para el ruido del tráfico rodado, la monitorización de la flota permitirá encontrar vehículos ruidosos, pero para lograr el objetivo de reducción de ruido, esta actividad deberá complementarse con una importante mitigación. Se proponen para ello barreras acústicas y pavimentos de bajo ruido específico.

- En el caso de los vehículos ferroviarios, el tema candente en la UE es el control de los vagones de mercancías, que suelen ser los que más ruido generan en sus desplazamientos. Estos serán identificados durante el proyecto.

- Las emisiones del tráfico marítimo son un gran problema, principalmente en el Mediterráneo. La mayor empresa de cruceros de lujo emite 10 veces más óxidos de azufre (SOx) que todos los coches europeos juntos. Para medir emisiones en estas "ciudades flotantes", debido a su enorme tamaño y al hecho de que se mueven sobre las aguas, la mejor solución es utilizar cámaras multispectrales, que pueden medir las emisiones a largas distancias. Estas soluciones se utilizan hoy en día principalmente en entornos industriales, pero en NEMO se adaptarán para controlar las emisiones en este tipo de transporte.

- Las emisiones del tráfico aéreo alrededor de los aeropuertos también son un problema grave, pero la limitación es similar al transporte marítimo. En el caso del ruido, los sensores tradicionales deben desplegarse para cubrir grandes áreas debido al rango del ruido.

- Los sensores denominados “low cost” no son una solución real a ninguno de estos problemas. Actualmente, ni siquiera pueden medir la calidad general del aire con suficiente precisión o distinguir entre vehículos, por lo que son inútiles para medir con precisión el ruido o las emisiones de cada vehículo individual. Se requieren tecnologías más avanzadas, como dispositivos de teledetección.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, NEMO propone una fuerte actualización tecnológica directa hacia una solución realista que podrá implementarse de manera masiva poco después de que el proyecto concluya en 2023.

AGRADECIMIENTOS

Este documento ha sido realizado con la colaboración de todos los miembros del consorcio NEMO:



Los autores agradecen el apoyo a este trabajo por parte de la Comisión Europea a través del Programa Horizonte 2020 y del acuerdo de subvención 860441 (proyecto NEMO, 2020-2023).

BIBLIOGRAFIA

[1] LIFE GySTRA – www.lifegystra.eu