

Mecanismos de bajo costo para la verificación y control de emisiones vehiculares en Colombia

Helmer Acevedo y Oscar Delgado

RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue patrocinado por la Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes Climáticos de Corta Vida (CCAC) y su iniciativa para la Reducción de Emisiones en Vehículos Pesados y Combustibles. Agradecemos por revisar este reporte a Leticia Pineda de *The International Council on Clean Transportation* (ICCT, por sus siglas en inglés), a profesionales de entidades públicas de Colombia, como Johanna Jiménez, Profesional del Ministerio de Medio Ambiente de Colombia, y Jaime Rueda, Profesional de la Secretaría Distrital de Ambiente de la ciudad de Bogotá, y al profesor Mauricio Osses, de la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile.

ACERCA DE CCAC

La Coalición Clima y Aire Limpio es una alianza mundial de carácter voluntario, integrada por gobiernos, organizaciones intergubernamentales, empresas, instituciones científicas y la sociedad civil. Está comprometida con la puesta en marcha de medidas concretas y sustanciales para reducir los contaminantes climáticos de corta vida (entre ellos, el metano, el carbono negro y sustancias fluorocarbonadas). La Coalición trabaja a través de iniciativas de colaboración para concientizar, movilizar recursos y encabezar acciones transformadoras en los principales sectores emisores de contaminantes.

ACERCA DE LA INICIATIVA PARA VEHÍCULOS PESADOS DE CCAC

La Iniciativa para Vehículos Pesados y Combustibles de la Coalición se centra en la virtual eliminación de las partículas finas y emisiones de carbono negro provenientes de los vehículos pesados y sus motores. Esta iniciativa apoya a sus aliados para que desplieguen e implementen un camino hacia la modernización tecnológica, que genere soluciones libres de hollín y bajas en carbono. Definimos como “libres de hollín”

www.theicct.org

communications@theicct.org

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

aquellas tecnologías capaces de cumplir con las normas Euro VI y equivalentes para reducir las emisiones de carbono negro hasta en un 99 %, si se compara con niveles no controlados. Para recursos sobre transporte libre de hollín visite <https://theicct.org/initiatives-partnerships/ccac/> (en inglés).

INTRODUCCIÓN

Colombia expidió la Ley 1772 en el año 2019, la cual estipula que, a partir de 2023, todo vehículo diésel que ingrese al país deberá cumplir con el estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior. Esta medida es un punto de quiebre para el mercado local, así como el regional, pues implica la preparación en temas regulatorios de la calidad del combustible diésel, la infraestructura de suministro y distribución de este, con bajo contenido de azufre y urea automotriz, la homologación vehicular y de mecanismos de verificación y control, entre otros. Este documento busca aportar, desde las experiencias internacionales en temas de homologación vehicular y mecanismos de verificación y control, recomendaciones de política pública que permitan a Colombia realizar el proceso de transición a tecnologías vehiculares más limpias, específicamente hacia la implementación de Euro VI para vehículos con motor diésel.

El documento está dividido en tres secciones. En esta introducción se detallan los compromisos derivados de la ley 1772 de 2019 y se enfatiza sobre algunas necesidades de mejora en aspectos claves para la apropiada implementación de las dos fases de verificación y control de emisiones vehiculares. La primera es previa a la comercialización de los vehículos y la segunda es la que comprende los mecanismos de vigilancia, control en vía pública y revisión técnico-mecánica. La segunda sección detalla las buenas prácticas internacionales de mecanismos de control y vigilancia que han sido adoptados por otros países resaltando las ventajas y desventajas para implementación en Colombia. La tercera sección comprende un conjunto de recomendaciones para Colombia sobre la regulación que permitiría implementar la tecnología Euro VI para vehículos diésel.

La Ley 1772¹ tiene por objeto “establecer medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes del aire provenientes de fuentes móviles que circulen por el territorio nacional, haciendo énfasis en el material particulado, con el fin de resguardar la vida, la salud y goce de un ambiente sano”. Esta ley enuncia cuatro acciones generales para fuentes móviles, de las cuales tres son específicas para cumplir con la obligatoriedad en la exigencia en el territorio colombiano del estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior. Estas son: (i) el contenido de azufre en el diésel que se importa o produce y distribuye en el territorio colombiano, exigiendo entre 10 y 15 ppm de azufre a partir del primero de enero de 2023, y 10 ppm de azufre a partir del primero de diciembre de 2035; (ii) a partir del primero de enero de 2023 los vehículos diésel que se comercialicen dentro del territorio colombiano deberán cumplir con los límites máximos permisibles en el estándar de emisiones Euro VI, equivalentes o superiores; y (iii) para el 2035, todos los vehículos diésel que circulen por el territorio nacional colombiano, deberán cumplir con los límites máximos permisibles en el estándar de emisiones Euro VI, equivalentes o superiores.

La misma ley 1772, en sus artículos 7 y 8, determina que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de la República de Colombia, en un plazo no superior a dos años a partir de su entrada en vigencia, reglamentará tres mecanismos. Los dos primeros están enfocados en la fase previa a la comercialización y el tercero en los procesos de vigilancia y control. Sobre los dos mecanismos previos a la

1 Gobierno Nacional de Colombia, “LEY 1772 de 2019, POR MEDIO DE LA CUAL SE ESTABLECE LA protección DE LOS DERECHOS A LA SALUD Y AL MEDIO AMBIENTE SANO ESTABLECIENDO MEDIDAS TENDIENTES A LA reducción DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES.”

comercialización, el primero se enfoca en verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes, mediante prueba dinámica, y el segundo en las normas que deben cumplir los Sistemas de Autodiagnóstico a Bordo (OBD, por sus siglas en inglés) de todos los vehículos con motor diésel que se comercialicen en el país. Por otro lado, el tercer mecanismo, que se debe aplicar durante los procesos de vigilancia y control de los automotores con motor diésel, consiste en regular la inspección de los vehículos usando el sistema OBD durante la revisión técnico-mecánica obligatoria que se lleva a cabo al parque automotor colombiano.

La regulación local colombiana, al igual que los principios de homologación, vigilancia y control que se aplican internacionalmente, indica que los vehículos que vayan a ingresar al país deben inicialmente cumplir con revisión documental de especificaciones técnicas. El fabricante o importador somete a revisión por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) el reporte de pruebas de emisiones, expedido por un organismo internacional acreditado. Con base en este, esta autoridad expide el certificado de emisiones bajo prueba dinámica (CEPD). Para los vehículos en uso, se debe cumplir con la regulación de vigilancia y control emitida por la autoridad ambiental², que en el país comprende la revisión técnico-mecánica obligatoria y la verificación de las emisiones (bajo la resolución 910 de 2008), cuando la autoridad ambiental ejecuta las operaciones de vigilancia en vía pública. A continuación, se detalla la regulación en cuanto a verificación documental, vigilancia y control, vigente en el país.

ESTADO ACTUAL DE LOS PROCESOS REGULATORIOS DE VEHÍCULOS PREVIAMENTE A LA COMERCIALIZACIÓN DENTRO DE COLOMBIA

Colombia, al igual que la mayoría de los países de la región que no fabrican vehículos, ha regulado la importación de estos a través de procesos de verificación con especificaciones técnicas, que se cumplen mediante revisión documental, tal como lo establece la Ley 769 de 2002³. Varias naciones firmantes que forman parte del Foro Mundial, denominado WP29 (*Working Party 29*)⁴, reglamentaron los procesos de verificación a través de revisión documental con el fin de comercializar vehículos en sus territorios⁵. Colombia no hace parte del grupo de naciones firmantes, sin embargo, parte de la adhesión a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) realizada en el año 2020, le vincula indirectamente a cumplir con dicha reglamentación. Una revisión del proceso de verificación de especificaciones técnicas vehiculares adoptado en Colombia, muestra que su aplicación es parcial con respecto a los lineamientos de WP29, ya que, entre otros, primero se lleva a cabo una verificación por “modelo-vehículo”⁶. Dentro de los acuerdos WP29, cada referencia, así cuente con el mismo motor, pero con transmisión diferente, debe ser verificada por separado, como si fueran dos vehículos totalmente diferentes. Segundo, se realiza una revisión documental basada en información suministrada por los representantes de los comercializadores de vehículos en el país, sin tener en cuenta que la información

2 Las autoridades ambientales que definen el alcance, los métodos y demás acciones para la revisión técnico-mecánica son el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

3 Gobierno Nacional de Colombia, “Ley 769 de 2002 por la cual se expide el código nacional de tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones”, https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf.

4 El Foro Mundial es un grupo de trabajo permanente de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.

5 Furas et al., “Adoption of UN Regulations and Consumer Information Systems Will Bring Improvements to Vehicle Safety Standards in Latin America and the Caribbean: Final Report of the Regional Public Goods (RPG) Project.”

6 La verificación de especificaciones técnicas a través de revisión documental por “modelo-vehículo” consiste en agrupar varios tipos de vehículos dentro de una misma categoría, descartando especificaciones técnicas como sistema de transmisión (automática o mecánica), sistemas de control de emisiones y especificaciones de la carrocería, entre otros.

documental debe ser emitida por organismos certificados y autorizados por WP29⁷. Tercero, no existe dentro del proceso de verificación un mecanismo de conformidad de producto que deba aplicarse a los vehículos una vez que ingresen al país y puedan ser verificados y contrastados contra las especificaciones presentadas por el fabricante o comercializador de los vehículos.

Las regulaciones internacionales exigen que, antes de ser comercializados en los países, los vehículos deben cumplir regulaciones de conformidad de producto⁸. Esta parte de los procedimientos para la introducción de vehículos nuevos es una etapa nueva en la regulación colombiana, y en general, de países de la región. Cuando se verifica la conformidad de producto en otras regiones, las regulaciones muestran, por ejemplo, que *California Air Resources Board* (CARB)⁹ ha desarrollado un variado programa de monitoreo que cuenta, entre otros, con pruebas en dinamómetro de chasis y sistemas portátiles de medición de emisiones (PEMS: *Portable Emission Measurement Systems*). La Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA: *Environmental Protection Agency*) ha desarrollado programas para ejercer control de emisiones en vehículos diésel, solicitando a los fabricantes seleccionar un grupo de vehículos usados que han recorrido cierto kilometraje para ser medidos bajo condiciones reales de operación con el uso de PEMS¹⁰. Bajo este esquema, los fabricantes deben enviar la información a la EPA para su revisión y análisis. En Europa, los mecanismos de control de conformidad exigen pruebas en ruta usando PEMS y ejerciendo este procedimiento durante un horizonte de tiempo que permita garantizar que el vehículo mantiene sus niveles de emisión por debajo de los máximos permisibles definidos por la autoridad.

Existen algunos métodos que aún no se contemplan en la regulación colombiana tendiente a implementar un método de conformidad de producto durante el proceso de validación de especificaciones técnicas. Los métodos usados internacionalmente indican pruebas bajo condiciones dinámicas para verificar los factores de emisión usando ciclos internacionales. Adicionalmente, se exige que la verificación se lleve a cabo usando tecnologías como PEMS. Colombia no cuenta con regulación sobre pruebas dinámicas locales (pruebas en dinamómetro), así como tampoco con pruebas usando PEMS. El único método de control exigible en el país para vehículos diésel es la opacidad de humos¹¹, la cual resulta poco práctica para efectos de medición de emisiones a nivel Euro VI o equivalente. La NTC 4231 determina que para vehículos diésel, la inspección de las emisiones deberá realizarse a través de la opacidad de humos con flujo parcial mediante aceleración libre. En la actualidad, países en Europa, América del Norte y Asia, realizan control de las emisiones de vehículos diésel bajo estrategias diferentes, tales como el conteo de partículas ultrafinas en condiciones estacionarias¹².

La calidad del combustible diésel para la entrada en vigencia de Euro VI en Colombia

La disminución del contenido de azufre en el diésel en Colombia fue materia de debate durante varios años por la exigencia de estándares de emisiones más estrictos. Se adoptó un contenido de azufre de 500 ppm para todo el combustible del país en

7 Los documentos técnicos suministrados por los fabricantes no necesariamente deben ser emitidos por los organismos autorizados definidos en el WP29.

8 Parlamento Europeo y del Consejo, "Reglamento (EU) 2018/858", <https://www.boe.es/doue/2018/151/L00001-00218.pdf>.

9 California Air Resources Board, "Truck and bus surveillance program," <https://ww2.arb.ca.gov/es/node/2717/about>.

10 Control of air pollution from new motor vehicles: heavy-duty engine standards, <https://www.federalregister.gov/d/2020-00542/p-405>.

11 Límites máximos permisibles se encuentran en la Resolución 910 de 2009 y los métodos de medición en la Resolución 3568 de 2013.

12 Regulation (EU) 64/2012

el año 2008 y 50 ppm para 2012¹³. Fue con la entrada en operación de la refinería de Cartagena, operada por la estatal petrolera colombiana Ecopetrol, que se logró implementar un contenido de azufre máximo de 50 ppm en todo el territorio nacional.

A partir del 1 de enero de 2023, el azufre en el diésel debe estar entre 10 y 15 ppm, mientras que, a partir del 1 de diciembre de 2025, deberá ser máximo de 10 ppm¹⁴. En la tabla 1 se resumen los estándares máximos de emisiones exigibles y el contenido de azufre del combustible diésel en Colombia.

Tabla 1. Contenido de Azufre del Diésel en Colombia y Estándares de Emisiones para Vehículos de Carga.

Año	Contenido de Azufre en el Diésel	Estándares de Emisiones
2021	50 ppm	Euro IV, equivalente o superior
2023	Entre 10 y 15 ppm	Euro VI, equivalente o superior
2025	Máximo 10 ppm	

La línea de tiempo descrita en la tabla 1 se puede comparar con las exigencias internacionales en cuanto a calidad del diésel, como se indica en la tabla 2. Los contenidos de azufre de los combustibles en diferentes regiones del mundo están por debajo de 15 ppm desde hace más de 10 años. Sin embargo, cabe resaltar que Colombia es líder regional en adopción del estándar de emisiones Euro VI.

Tabla 2. Niveles de azufre actuales en el diésel a nivel internacional.

Región / Regulación	Contenido de Azufre (ppm, máx.)	Año de entrada en vigencia
Euro VI	10	2013 ¹⁵
Euro V	10	2009 ¹⁶
EPA (Diésel Convencional)	15	2006 ¹⁷
CARB	15	2006 ¹⁸
Japón	10	2005 ¹⁹
Corea del Sur	10	2010 ²⁰
Colombia	15	2023
México	15	2018
Brasil	10	2019
Chile	15	2017 ²¹
Argentina	10	2016 ²²

13 Ley 1205 de 2008, <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31441#:~:text=Declarar%20de%20inter%C3%A9s%20p%C3%BAblico%20colectivo,par%C3%A1metros%20usuales%20de%20calidad%20internacional.>

14 Ley 1972 de 2019 reglamentada por la Resolución 40103 de 2021. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1972-2019.pdf>

15 EU: Fuels: Diesel and Gasoline, [transportpolicy.net](https://www.transportpolicy.net), <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-fuels-diesel-and-gasoline/>.

16 EU: Fuels: Diesel and Gasoline, [transportpolicy.net](https://www.transportpolicy.net), <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-fuels-diesel-and-gasoline/>.

17 EU: Fuels: Diesel and Gasoline, [transportpolicy.net](https://www.transportpolicy.net), <https://www.transportpolicy.net/standard/us-fuels-diesel-and-gasoline/>.

18 California: Fuels: Diesel and gasoline, [transportpolicy.net](https://www.transportpolicy.net), <https://www.transportpolicy.net/standard/california-fuels-diesel-and-gasoline/>.

19

20 "Regions: South Korea", <https://www.transportpolicy.net/region/asia/south-korea/>.

21 "Combustibles," Copec, <https://ww2.copec.cl/combustibles/products/diesel-ultra.>

22 "Argentina: Diesel fuel", DieselNet, <https://dieselnet.com/standards/ar/fuel.php>.

SISTEMA DE VIGILANCIA Y CONTROL DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS EN USO

En esta sección se detallan los métodos y procedimientos estipulados en la normatividad colombiana para la vigilancia y control de emisiones para vehículos en uso. El sistema de vigilancia está enfocado a operativos en vía pública, mientras que el sistema de control se ejecuta a través de la revisión técnico-mecánica²³. Cada uno de estos sistemas se detallarán a continuación.

Los operativos en vía pública a fuentes móviles aplicados en Colombia

Inicialmente se detallará el sistema definido en Colombia para vigilancia de las emisiones de los vehículos en uso en vía pública. Se establece que las autoridades locales deben realizar operativos para verificar las emisiones de fuentes móviles, con equipos y personal competente enmarcados por una autorización otorgada por el Ideam²⁴, donde esté presente la autoridad de tránsito para sancionar en caso de incumplir la norma²⁵.

Durante estos operativos de inspección en vía pública²⁶, los vehículos que incumplen la normativa acarrearán sanción por incumplimiento ambiental. Son inmovilizados, es decir, conducidos a un patio o garaje donde se mantienen bajo custodia de la autoridad de tránsito, con costo al usuario del vehículo y los conductores reciben una multa monetaria. Nótese que bajo este procedimiento no se establece que el usuario del vehículo deba corregir la falla para retirar el vehículo de los patios, sino que, por el contrario, luego de realizar el pago, el vehículo podrá volver a circular nuevamente. Esto indica un punto a mejorar dentro del sistema de vigilancia, ya que no se cumple con la misión de garantizar que este tipo de vehículos (algunos, grandes emisores) puedan ser llevados a un centro de diagnóstico automotriz, reparados y certificados antes de permitirles nuevamente su circulación dentro del territorio nacional.

Este sistema de vigilancia de emisiones en ruta tiene desventajas para las autoridades ambientales. Según la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) de la ciudad de Bogotá, estos operativos le cuestan en su presupuesto la suma de \$ 1750 millones de pesos al año, sin contar con el presupuesto de la Secretaría de Movilidad (SM), que debe destinar personal de la Policía de Tránsito de la ciudad. De acuerdo con los datos suministrados por la SDA de Bogotá, anualmente se logra medir en vía pública no más de 3000 vehículos. Esto representa una suma monetaria muy elevada por vehículo medido, de alrededor de 500 mil pesos. Usualmente los operativos en vía generan traumatismos en el tráfico de la ciudad, ya que se debe segregarse un carril para la logística. Adicionalmente, con las nuevas aplicaciones digitales de tráfico que existen a nivel global y que tienen cobertura en Colombia, un usuario de vehículo puede detectar donde se encuentran dichos operativos para evitarlos.

El sistema de control a fuentes móviles aplicado en Colombia

El método de verificación y control de emisiones para fuentes móviles se denomina la revisión técnico-mecánica que se lleva a cabo en un centro de diagnóstico automotor (CDA)²⁷. En la ley, se establece que es el CDA el organismo autorizado para realizar la revisión y que la información se centraliza en un registro único, con

23 Ideam: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

24 Ideam: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

25 Resolución 910 de 2008, Capítulo V. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_0910_2008.htm

26 En los operativos en vía pública se inspecciona que el vehículo presente emisiones visibles, con tonalidad azul o negro, durante 10 segundos estando el vehículo a una temperatura normal de operación. Específicamente para vehículos diésel, la autoridad está obligada a sancionar a los usuarios cuyos vehículos presenten emisiones visibles de acuerdo con el patrón No 4 de la escala de Ringelmann durante aceleración libre (tres repeticiones consecutivas), a temperatura normal de operación.

27 Los centros de diagnóstico automotor fueron creados y definidos en los artículos 52 y 53 de la ley 769 de 2002.

un formato definido por el Ministerio de Transporte. Todos los requerimientos que debe cumplir un CDA están definidos por el Ministerio de Transporte, mientras que los procedimientos de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes están definidos en la NTC 5385.

La revisión técnico-mecánica aplicada en Colombia se centra en definir el estado de mantenimiento del vehículo, más que los niveles reales de contaminación de este, bajo condiciones reales de operación²⁸. La resolución 3768 de 2013 indica que la inspección técnico-mecánica debe hacerse siguiendo la NTC 5375 y 5385, donde para la medición de emisiones refiere a la NTC 4983, 4231 y 5365. La NTC 4231 determina que, para vehículos diésel, la inspección de las emisiones deberá realizarse a través de la opacidad de humos, con flujo parcial, mediante aceleración libre.

El decreto 019 de 2012 exige que los vehículos de servicio público se sometan a revisión cada seis meses, comenzando en el segundo año de ser matriculados, mientras que los vehículos de servicio particular, cada 12 meses, comenzando en el sexto año de ser matriculados. La frecuencia está establecida en términos de tiempo, mas no de kilometraje recorrido por el vehículo. Esto representa que un vehículo particular o de servicio público, en sus primeros 100 o 120 mil kilómetros de uso, no estará obligado a realizar ninguna inspección técnico-mecánica, restringiendo a las autoridades locales de darles seguimiento durante esta ventana de tiempo.

En cuanto a la misión de un CDA y la frecuencia de inspección de los vehículos, presentan retos para las autoridades encargadas de su vigilancia y control (en este caso para el Ministerio de Transporte y la Superintendencia de Transporte). Ninguna de las dos entidades cuenta con los recursos necesarios para ejercer dicha función. Según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), existen en el país 407 CDA para operar a nivel nacional. La Superintendencia de Transporte, desde inicios de 2020 hasta finales de 2021, se han iniciado 26 investigaciones administrativas a CDA, de las cuales han dado como resultado la imposición de tres sanciones que corresponden a multas pecuniarias o suspensión de la habilitación²⁹. Las tres sanciones corresponden a incumplimientos de los requisitos de funcionamiento, protocolos de bioseguridad y a la variación de tarifas. Esto también indica que solo se ha investigado al 6.38 % de los CDA, de los que solo 1 % han sido por temas técnicos relacionados con las revisiones técnico-mecánicas.

Por último, algunas ciudades colombianas han desarrollado programas de auto regulación, en los cuales las empresas de transporte, a través de un plan aprobado por la autoridad ambiental local, se colocan como meta la reducción de las emisiones estipuladas en la regulación colombiana, en un cierto porcentaje, con el fin de poder evitar las restricciones de movilidad impuestas por las autoridades de la ciudad. La autoridad ambiental, a través de su equipo técnico, realiza una verificación de las emisiones de los vehículos a un porcentaje de la flota, como lo estipula el plan, en forma periódica y aleatoria (esto es, verifica ciertos vehículos aleatoriamente de la flota) para mantener los beneficios del programa de auto regulación.

COMENTARIOS FINALES DE LOS MECANISMOS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL APLICADOS EN COLOMBIA

El proceso de verificación de especificaciones técnicas vehiculares en Colombia, en miras de la entrada en vigencia de las tecnologías Euro VI, equivalentes o superiores, presenta la necesidad de ser actualizado, especialmente en el componente de emisiones. La regulación colombiana no exige el certificado de conformidad de

28 La revisión técnico-mecánica esta normada a través la resolución 3768 de 2013 del Ministerio de Transporte.

29 "Supertransporte imposes sanctions on three automotive diagnostic centers," Supertransporte, <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/comunicaciones-2021/supertransporte-impone-sanciones-a-tres-centros-de-diagnostico-automotor/>

producto en la fase previa a la comercialización. Con miras a la entrada en vigencia del estándar Euro VI para vehículos diésel, se debe actualizar la regulación para incluir este requisito para los vehículos que van a operar en el país.

En cuanto a los mecanismos de vigilancia y control, la vigilancia es un proceso costoso, difícil de ejecutar y poco efectivo. La coordinación con varias entidades locales (ambiental, movilidad y policía de tránsito, y transporte) conlleva a realizar operativos en ruta con poca cobertura, ya que solo un porcentaje muy reducido de vehículos pueden ser verificados. Esto es una gran restricción para las grandes ciudades de Colombia, en las cuales circulan más de seiscientos mil vehículos diariamente, donde no se pueden verificar de modo eficiente las emisiones del parque automotor. Por otro lado, los operativos en vía pública aplican, en algunas ocasiones, sanciones económicas al usuario sin garantizar que el vehículo ingrese a reparación para luego verificarlo en un CDA. Finalmente, el mecanismo de verificación de la contaminación de los vehículos diésel a través de la opacidad, no permite determinar los niveles de emisiones de un vehículo de manera que cumpla con la norma de emisiones Euro VI, equivalente o superior. A pesar de ello, hay programas que han mostrado adelantos significativos en algunas ciudades como Bogotá, donde la auto regulación ha servido como mecanismo eficiente para el control de la contaminación de los vehículos diésel.

Derivados de estos retos en los procesos de validación de especificaciones técnicas y para la vigilancia y control de fuentes móviles que se aplica en la actualidad en Colombia, el capítulo siguiente detalla buenas prácticas internacionales que pueden ser adaptadas por el país para mejorarlos. En él se aborda lo que concierne a vehículos diésel con estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior, que ingresarán al país a partir del año 2023 y se espera correspondan al 100 % de la flota circulante desde el año 2035.

MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES PARA VIGILANCIA Y CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES

En esta sección del documento se describirán las mejores prácticas internacionales en cuanto a estrategias para la verificación de especificaciones técnicas vehiculares. También para la vigilancia y control de emisiones. Inicialmente se detallan las mejores prácticas sobre la fase previa a la comercialización y posteriormente se detallarán las estrategias para ejercer un correcto mecanismo de vigilancia y control. Todo lo anterior con el objetivo de que se cumpla con los estándares Euro VI, equivalentes o superiores.

MEJORES PRÁCTICAS DESARROLLADAS PARA LA REVISIÓN PREVIA A LA COMERCIALIZACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

La conformidad de producto

Los esquemas de conformidad de producto son estrategias que se aplican a los vehículos previamente a su comercialización y cumplan con los estándares bajo los cuales fueron certificados. La regulación en Europa es la 2018/858, mientras que en Estados Unidos es la 40 CFR Part 86. Estos esquemas de conformidad de producto son previos a la autorización para la comercialización por parte de los países, y adicionalmente, se implementan para validación de vehículos en uso. En Estados Unidos, la metodología que se aplica para obtener la conformidad de producto, sigue un conjunto de pasos previos, como la verificación documental y los resultados de pruebas en laboratorio, que son evaluaciones a un grupo de vehículos bajo condiciones reales de operación y que, a través de reportes técnicos auditados por la Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA), puedan ser validados localmente³⁰.

³⁰ 40 C.F.R. § 86.007-30 (2018).

Los procesos para la obtención de un certificado de conformidad de producto en Estados Unidos se muestran en la figura 1. Todo fabricante, de forma previa a la comercialización de un vehículo diésel, deberá informar a la autoridad ambiental sobre el inicio del proceso de conformidad de producto para vehículos nuevos, abarcando una familia de motores con sus sistemas de tratamiento de gases de escape. Una vez hecha dicha notificación y con un plan de trabajo, el fabricante deberá someter un grupo de vehículos prototipo a una prueba de emisiones bajo el ciclo y los estándares definidos y aplicables para dicha tipología. Posteriormente el vehículo operará en forma regular, y sus tareas de mantenimiento serán realizadas de acuerdo con el manual definido por el mismo fabricante. Parte de las actividades que deben ejecutarse durante este proceso comprenden la verificación a través del sistema de diagnóstico a bordo, la determinación de los factores de degradación en emisiones y los factores de emisión, propiamente. La periodicidad de los monitoreos e inspecciones que el fabricante debe ejecutar, los define él mismo y los detalla en la solicitud inicial. En cualquier momento, la autoridad puede verificar la trazabilidad del proceso a través de pruebas de emisiones, inspecciones a través de OBD y verificación documental. Surtido este proceso y cumplido el plan propuesto, el fabricante solicita a la autoridad regulatoria el certificado de conformidad de producto para la familia de vehículos cobijados bajo las especificaciones sometidas a evaluación durante este proceso. Cualquier modificación en las especificaciones del vehículo, deberá ser sometida a un nuevo proceso de conformidad de producto. Finalmente, la familia de vehículos bajo esta certificación de conformidad deberá ser sometida a validaciones periódicas por el fabricante, con el fin de determinar los grados de deterioro en las emisiones y, así, obtener los certificados de conformidad de producto para vehículos en uso. Para esta última fase, la autoridad ambiental usualmente toma en forma aleatoria vehículos y los verifica de acuerdo con la normatividad vigente, usando sus propios recursos e infraestructura.

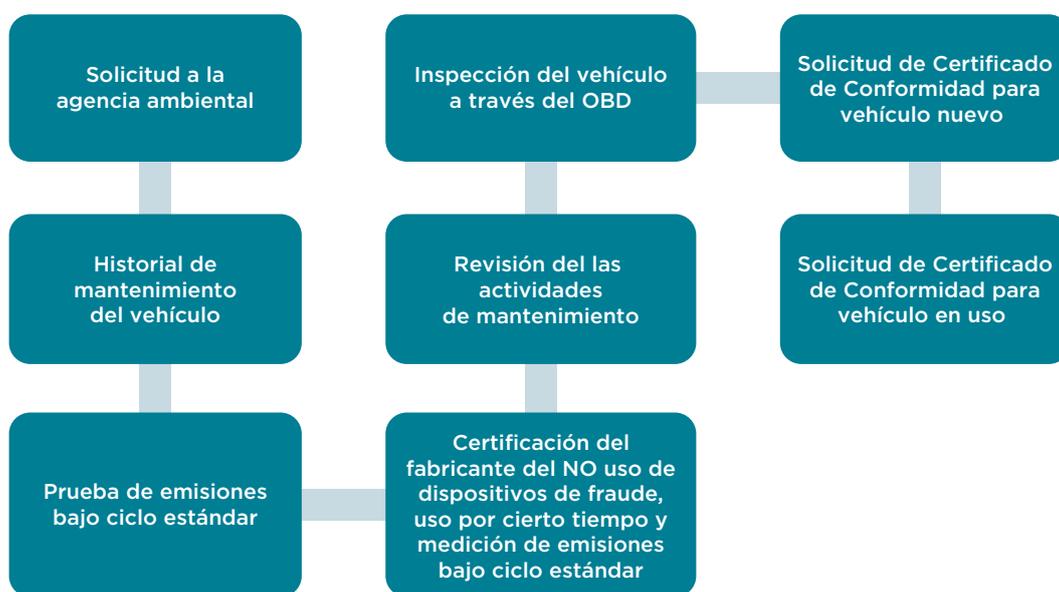


Figura 1. Procedimiento para expedición de certificado de conformidad para vehículos nuevos y usados de acuerdo con la Regulación 40 CFR Part 86.

Este procedimiento para obtener una conformidad de producto, es una herramienta valiosa para la autoridad ambiental, ya que le permite determinar a través de condiciones reales de operación el comportamiento ambiental del vehículo y la degradación de las emisiones en el tiempo. También le permite al fabricante desarrollar programas de mejora en sus tecnologías, ajustar sus sistemas de control de emisiones y brindar soluciones a los usuarios para disminuir las emisiones contaminantes.

Sin duda alguna la implementación de un mecanismo de conformidad de producto requiere recursos humanos y técnicos. A pesar de ello, la mayoría de las marcas representadas en el país que tienen plantas ensambladoras, llevan a cabo pruebas locales a sistemas específicos con el fin de garantizar su correcta funcionalidad bajo condiciones locales. Sistemas de freno, transmisión y sistemas de refrigeración, son algunos ejemplos de estas pruebas locales. De igual forma, los fabricantes representados localmente y las ensambladoras colocan a disposición de los potenciales clientes vehículos para realizar pruebas de manejo, que son usados por un tiempo, para finalmente ser vendidos a un menor costo. Finalmente, los procesos de garantía de los vehículos permiten que estos se lleven a los talleres autorizados frecuentemente para sus mantenimientos programados. Todas estas actividades pueden ser utilizadas para una implementación de conformidad de producto, que permita centrarse inicialmente en el correcto funcionamiento de los sistemas que controlan las emisiones vehiculares.

Como una de las consideraciones para Colombia, se considera que la conformidad de producto ejecutada por los fabricantes, siguiendo estándares internacionales, es una herramienta muy útil. Es claro que dentro de las ventajas de adaptar, a través de verificación documental que aplica Colombia de forma previa al ingreso de los vehículos al país, pueden estar: que es una estrategia de bajo costo, brinda una mayor comprobación en la verificación de las estrategias de control de emisión de los vehículos, de los sistemas de diagnóstico a bordo, de detección, almacenamiento y reporte de fallas en los diferentes componentes, y de trazabilidad a posibles alteraciones a los diferentes sistemas o componentes del motor y periféricos. Por otro lado, validar documentalmente los reportes derivados de la conformidad de productos es una tarea que requiere de conocimiento técnico, que parte de tener certeza sobre su legalidad, así como la de los métodos ejecutados y los laboratorios usados.

MEJORES PRÁCTICAS DESARROLLADAS PARA VIGILANCIA Y CONTROL DE LOS VEHÍCULOS EN USO

En esta sección se detallarán tecnologías para una efectiva estrategia de vigilancia y control de las emisiones de vehículos diésel que cumplan con el estándar Euro VI, equivalente o superior. Las herramientas desarrolladas en ciertos países son los sistemas de monitoreo portátil de emisiones, sistemas de diagnóstico a bordo, monitoreo remoto, etiquetado vehicular y conteo de partículas, y han permitido a las autoridades ejecutar una estricta vigilancia y control de las emisiones. A continuación, se realiza una explicación de estas tecnologías, sus potencialidades y las regulaciones a nivel global que han posibilitado implementarlas y usarlas para un correcto programa de vigilancia y control de las emisiones bajo el estándar Euro VI, equivalente o superior. Al final de cada apartado, se considera brevemente cómo cada tecnología podría ser utilizada en Colombia.

Sistemas de Monitoreo Portátil de Emisiones

Los equipos de monitoreo bajo condiciones dinámicas, denominados PEMS (*Portable Emission Measurement Systems*), son dispositivos capaces de medir las concentraciones gaseosas de contaminantes, provenientes de un vehículo dotado con motor de combustión interna. Por lo general, el uso de PEMS se ha desarrollado para tres aplicaciones: (i) test de aprobación; (ii) conformidad de producto; y (iii) otras, como la determinación de factores de emisión locales³¹. La lista de parámetros para ser monitoreados por los PEMS en el caso de la normatividad europea se encuentra especificada en la Regulación 2016/427 Apéndice 1 – Sección 3.2.

31 Victor Valverde and Pierre Bonnel, “On-Road Testing with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS)—Guidance note for light-duty vehicles”, EUR 29029 EN Publications office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77345-7, doi:10.2760/08294, JRC109812.

En septiembre de 2017, el Ministro de Protección del Medio Ambiente de China, promulgó el estándar nacional del uso de sistemas PEMS³² para vehículos de trabajo pesado. Es interesante notar que esta regulación surge como complemento a la regulación emitida por China para la implementación de Euro V, donde se incluye PEMS para determinar los factores de emisión de vehículos nuevos y en uso. Este enfoque de China para monitorear con PEMS los vehículos Euro V busca subsanar en cierta manera las deficiencias de este estándar, que ha sido altamente cuestionado a nivel internacional en ese país, sobre todo en términos de óxidos de nitrógeno.

La regulación europea expandió el uso de PEMS hacia sus programas de cumplimiento y control para vehículos en uso. Un aspecto clave de esta regulación es que la autoridad ambiental puede revisar vehículos en cualquier instante a lo largo de su vida útil y verificar, entre otros, el estado de los sistemas de tratamiento de gases de escape. Otro aspecto clave es el monitoreo de las emisiones de los vehículos en frío, que servirán para ir ajustando los niveles máximos permisibles de emisiones de arranque en frío dentro de la regulación europea.

Como consecuencia del descubrimiento de fraude por parte del Grupo Volkswagen en sus sistemas de control de emisiones, la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y la Junta de Recursos de Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés) en el año 2015 comenzaron a re-diseñar sus programas de conformidad de producto y monitoreo de vehículos en uso con tecnologías como PEMS y OBD. También diseñaron nuevos ciclos de manejo y condiciones de operación³³. Cabe anotar que este fraude sacó a la luz pública las vulnerabilidades en la regulación sobre los procesos de certificación y conformidad de producto de vehículos nuevos y en uso.

Para finalizar, es fundamental resaltar que en Estados Unidos los buses y camiones de trabajo pesado que cumplan los estándares de emisión EPA 2010 o Euro VI, deben ser sometidos a métodos de verificación bajo condiciones reales de operación por medio del uso de PEMS. Más aún, agencias regulatorias a nivel global revisan en forma aleatoria la forma de implementar programas de monitoreo con PEMS a vehículos, sin importar el tamaño o tipo de combustible, con el fin de garantizar que fraudes en los sistemas originales de control de emisiones de los vehículos o manipulaciones a los mismos no se estén llevando a cabo bajo condiciones de manejo y operación normales.

Bajo las consideraciones para Colombia, el uso del monitoreo portátil de emisiones se ve como una estrategia de bajo costo para monitorear las emisiones en condiciones reales de operación. Las ventajas de su implementación abarcan: (i) al ser un mecanismo de bajo costo, puede tener una cobertura importante en cuanto al número de vehículos a ser monitoreados; (ii) estas tecnologías brindarían información muy útil para actualizar los inventarios de emisiones de fuentes móviles; (iii) se puede determinar el impacto del combustible de calidad colombiano; (iv) sirve para diseñar programas de reducción de emisiones; y (v) sirve para realizar seguimiento, a través de los mecanismos de verificación y control, a los programas de auto regulación, entre otros. Como retos en Colombia para una implementación, se considera la adopción de estándares para su uso y la determinación de especificaciones de los equipos, personal y demás. Por las condiciones complejas del tráfico urbano en las ciudades colombianas, la implementación de estos sistemas enfrenta grandes retos, como una gestión de calidad que pueda garantizar la eficacia de estos.

32 Liuhanzi Yang, *China's First National Portable Emissions Testing Standard for Heavy-Duty Vehicles*, (ICCT: Washington, DC, 2017), <https://theicct.org/publication/chinas-first-national-portable-emissions-testing-standard-for-heavy-duty-vehicles/>.

33 Anup Bandivadekar, John German, y Peter Mock, *Policy Solutions to Reduce Vehicle Exhaust Emissions under Real-World Driving Conditions*, (ICCT: Washington, DC, 2015), <https://theicct.org/publication/policy-solutions-to-reduce-vehicle-exhaust-emissions-under-real-world-driving-conditions/>.

Sistemas de Autodiagnóstico a Bordo (OBD)

Los sistemas OBD (por sus siglas en inglés) son herramientas de diagnóstico que permiten revisar el desempeño de los motores y los sistemas de tratamiento de gases de escape de los vehículos, entre otros. Estos facilitan el control y seguimiento al desempeño y funcionamiento de los sistemas de post-tratamiento de gases de escape de los vehículos, por medio de sus interfaces de comunicación. También generan beneficios para los usuarios, ya que permiten diagnosticar preventivamente los diferentes componentes del motor que puedan colocar en riesgo su operación.

La regulación a nivel internacional de sistemas OBD se ha focalizado en establecer los requerimientos que deben cumplir los vehículos nuevos dotados de estos, así como la accesibilidad para diagnosticar la conformidad del producto y las tareas de vigilancia y control de los vehículos. Como primera parte, los fabricantes están obligados a certificar sus vehículos con estrictos protocolos para OBD³⁴. En el caso de Estados Unidos se regulan vehículos diésel con peso bruto vehicular inferior a 14 000 libras y superior a 14 000 libras³⁵. En Europa, la regulación contiene el marco normativo que deben cumplir los vehículos con estándar de emisiones Euro VI en cuanto a diagnóstico a bordo a través de OBD³⁶. Para la conformidad de producto y los sistemas de vigilancia y control, cada zona geográfica del mundo cuenta con regulaciones diferentes. Sin embargo, en general, la accesibilidad a la información del sistema es la misma.³⁷

La regulación de Estados Unidos EPA-HQ-OAR-2005-0047; FRL-8750-3 emitida por la EPA, indica que los sistemas OBD deben registrar y almacenar fallas de componentes, sistemas o parámetros, tales como los sistemas de inyección o encendido, las válvulas de recirculación de gases, la presión de aire de alimentación, los hidrocarburos no metánicos provenientes del catalizador, la operación del sistema SCR (*Selective Catalytic Reduction*), el sistema de inyección de urea automotriz, la operación del DPF (*Diesel Particle Filter*), los sensores de gases de escape, el sistema VVT (*Variable Valve Timing*) y el sistema de refrigeración, entre otros³⁸. Con base en información del OBD, la norma estadounidense establece una relación de desempeño, que es equivalente al número de eventos de falla que suceden durante el monitoreo y el número de eventos de conducción. En otras palabras, se busca una relación del número de fallas reportadas en relación con el uso del vehículo. Esta estrategia permite definir la operatividad de los sistemas de control de las emisiones de los vehículos y se puede realizar fácilmente en un esquema de vigilancia y control, como el establecido en Colombia dentro de la revisión técnico-mecánica en los CDA. En Estados Unidos, durante esta inspección y control vehicular, se ejecuta un programa de diagnóstico a través de OBD. El detalle del diagnóstico ejecutado incluye los parámetros del catalizador, filtros de partículas, sistema de inyección y sistema de refrigeración, entre otros.³⁹

El programa de OBD en Europa, regulado en la directriz 2019/129 del Parlamento Europeo, contiene elementos análogos a la regulación de Estados Unidos. En los sistemas EOBD (*European On-board Diagnostics*), se aplican con especificidad a los tres aspectos, que son, para comercializar (en este caso, en el territorio europeo), de conformidad de producto y vigilancia y control. En cuanto a motores diésel

34 Francisco Posada y Anup Bandivadekar, *Global Overview of On-Board Diagnostic (OBD) Systems for Heavy-Duty Vehicles* (ICCT: Washington, DC, 2015), <https://theicct.org/publication/global-overview-of-on-board-diagnostic-obd-systems-for-heavy-duty-vehicles/>.

35 §86.1806

36 La sección 5 del Anexo 9B de la Regulación EC 582/2011.

37 Posada y Bandivadekar, 2015.

38 US: On Board Diagnostics, [transportpolicy.net](https://www.transportpolicy.net/standard/us-on-board-diagnostics/), (n.d), <https://www.transportpolicy.net/standard/us-on-board-diagnostics/>.

39 US EPA, *Performing Onboard Diagnostic System Checks as Part of a Vehicle Inspection and Maintenance Program*, United States Environmental Protection Agency, June 2001, <http://surl.li/dibqm>.

especialmente de trabajo pesado, únicamente el EOBD arroja alarmas para determinar el estado del DPF y el SCR.

En las consideraciones para Colombia, se contempla que un programa de inspección y vigilancia con sistemas de diagnóstico a bordo presenta ventajas en cuanto a la facilidad de acceder a ellos, es de bajo costo, es una estrategia confiable y estandarizada, de diagnóstico rápido y puede llevarse a cabo en los CDA o en la vía pública, con personal capacitado. Los sistemas de diagnóstico a bordo son definitivamente fundamentales en tecnologías vehiculares con sistemas avanzados de control de emisiones, sin embargo, es importante tener presente que, a pesar de sus múltiples ventajas, pueden alterarse intencionalmente para arrojar información errada.

Monitoreo remoto

Los sistemas de monitoreo remoto se basan en la espectroscopia de absorción, así se miden las concentraciones de elementos contaminantes en los gases de escape de los vehículos en circulación⁴⁰. La concentración de material particulado se mide en forma indirecta, a través de la opacidad de la pluma.

El monitoreo remoto tiene múltiples aplicaciones, entre las cuales se encuentra la identificación de vehículos con emisiones elevadas, enfocándose, por ejemplo, en identificar si los vehículos presentan fallos o adulteraciones en los sistemas de control de emisiones. Otras aplicaciones que el monitoreo remoto ofrece son: obtener datos reales de emisiones para mejorar los modelos de calidad del aire y con los que se pueden diseñar políticas públicas, realizar seguimiento al impacto de estas, así como a la eficacia de diferentes tecnologías y realizar análisis segmentados a flotas específicas.

Las regulaciones para monitoreo remoto en el mundo han servido para normar sobre emisiones de vehículos diésel y a gasolina. En el año 2017, China adoptó la primera regulación sobre monitoreo remoto, la cual tiene por objetivo medir emisiones de vehículos diésel. Esta normatividad aplica a vehículos livianos y de trabajo pesado. Los niveles de óxidos de nitrógeno se usan para determinar grandes emisores y detectar sistemas de control de emisiones fraudulentos o en mal estado. Específicamente, valores de opacidad máxima de 30 % y en la tarjeta de Ringelman de nivel I (20 %) son exigibles en la norma China, mientras que, para óxidos de nitrógeno, los valores máximos son de 1500 ppm⁴¹.

En Hong Kong, la regulación de monitoreo remoto se enfoca en vehículos a gasolina y su objetivo es determinar grandes emisores. La regulación para esta clase de vehículos se centra en óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar. Con el fin de evitar mediciones erradas, la regulación impone la ubicación física de dos equipos separados que midan dentro de un intervalo menor a un segundo. Si ambas mediciones exceden los niveles máximos permisibles, se considera que el vehículo no cumple con la norma y es obligado a ser inspeccionado en un centro de diagnóstico dentro de los doce días después de sucedido el evento.

En Corea del Sur, el programa de sensores remotos se ha enfocado, al igual que en Hong Kong, en detectar grandes emisores y en un cubrimiento únicamente para vehículos con motor a gasolina. Hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono son los contaminantes criterio que se tienen en cuenta. Cuando un vehículo es detectado como alto emisor, la primera vez recibe un mensaje que lo alerta sobre dicha anomalía. La segunda vez, obliga al usuario del vehículo

40 Tim Dallmann, *Uso Del Sensor Remoto Para Monitoreo y Control de Emisiones Vehiculares*, (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/uso-del-sensor-remoto-para-monitoreo-y-control-de-emisiones-vehiculares/>.

41 Yang, 2017.

a desplazarse dentro de los siguientes quince días a un centro de inspección y mantenimiento, para su respectiva reparación y nueva certificación⁴².

En Estados Unidos, el programa no se encuentra adoptado en todos los estados, sin embargo, en algunos se ha implementado como obligatorio, para detectar grandes emisores y forzar su reparación y re-certificación. A diferencia de países como China y Corea del Sur, en Estados Unidos la regulación se basa por modelo-año. Vehículos más antiguos, tienen límites máximos de emisión más altos, y vehículos más nuevos, límites máximos permisibles más bajos⁴³. Es necesario precisar que la regulación en Estados Unidos no abarca a los vehículos diésel. Sin embargo, esta regulación tiene en cuenta emisores muy bajos de contaminantes, con el fin de validar programas voluntarios de reducción de emisiones.

En las consideraciones para Colombia se contempla que el monitoreo remoto para ejercer vigilancia a las emisiones vehiculares es una estrategia muy útil para las ciudades del país. Sus ventajas radican en la medición de un gran número de vehículos bajo condiciones reales de operación, con la que se brinda información para mantener actualizados los factores de emisión de fuentes móviles. También sirve para detectar grandes emisores en general y por categorías con el mismo estándar, y para el control de las zonas de bajas y cero emisiones de las ciudades. Entre las desventajas que se tienen, es que estos sistemas no son útiles en condiciones de tráfico elevado, esto es, baja velocidad por saturación vial, una característica muy común en las ciudades colombianas. Por los problemas de las bases de datos de los vehículos en el país, puede ser complicado correlacionar la nueva información con la contenida en dichas bases. Así mismo, las condiciones atmosféricas del país presentan retos en las temporadas de lluvias, que son extensas en el territorio nacional.

Etiquetado vehicular

El etiquetado vehicular es una estrategia que se ha venido desarrollando en varios países. Su fin es el de clasificar los vehículos de acuerdo con sus niveles de emisión e impacto en el medio ambiente. Es una medida que surge inicialmente con la intención de crear conciencia ambiental en la sociedad, indicándole que existen tecnologías que generan menores impactos en el medio ambiente que otras que cuentan con componentes de restricción vehicular en muchos casos. Posteriormente, estos programas se exigieron a través de la estandarización como elemento de cumplimiento obligatorio para los fabricantes.

La Unión Europea cuenta con una herramienta⁴⁴ sobre restricciones, etiquetado y otros elementos de emisiones vehiculares. El modelo alemán⁴⁵ ha sido adoptado por la Unión Europea con el uso de un semáforo verde, amarillo y rojo. Los esquemas de etiquetado que se basan en año-modelo no necesariamente garantizan menores emisiones. En Alemania, las tecnologías vehiculares Euro IV o superiores con DPF reciben verde, Euro III y II con filtro reciben amarillo, y Euro II o Euro I con filtro reciben rojo.

México tiene una propuesta basada en la revisión técnico-mecánica (inspección y mantenimiento) de acuerdo con las emisiones de los vehículos. Esta información se hace visible en los vehículos y las autoridades la usan especialmente durante las restricciones por calidad de aire⁴⁶.

42 Yang, 2017.

43 Posada and Bandivadekar, 2015.

44 "Urban access regulations in Europe", <https://urbanaccessregulations.eu/>.

45 "Plaketten zur Kennzeichnung emissionsarmer Fahrzeuge", ADAC Fahrzeugtechnik, <https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/plaketten.pdf?la=dede&hash=903879E4279B509C2F23E93777F2255995648590>

46 "Verificación Vehicular," SEDEMA, <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/verificacion-vehicular>.

Podría haber alternativas para añadir granularidad dentro de las categorías con base en algún “requerimiento objetivo”, como año-modelo o presencia de filtro de partículas. La tabla 3 muestra una propuesta de etiquetado vehicular basada en “requerimiento objetivo”, que para este caso, es año-modelo.

Tabla 3. Propuesta de Etiquetado Vehicular basado en “Requerimiento Objetivo”.

Etiquetado	Descripción
A	Emisiones Cero (todos los modelos)
B	Euro VI (todos los modelos)
C	Euro V y IV (C+ si son modelos X a Y, o C+ si tiene filtro)
D	Euro III (D+ si son modelos X a Y o D+ si tiene filtro)
E	Euro II (E+ si son modelos X a Y o E+ si tiene filtro)
F	Euro I (F+ si son modelos X a Y o F+ si tiene filtro)
G	Pre-Euro (modelos X a Y)

En este caso, las etiquetas desde la C hasta la G pueden delimitarse en año-modelo y, así, las ciudades pueden implementar una regulación más precisa de 15 años o menos.

Una de las principales ventajas de esta estrategia para Colombia es la sensibilización social sobre el impacto de las diferentes tecnologías vehiculares. Adicionalmente, tiene ventajas como la identificación para el control de las restricciones vehiculares que actualmente están implementadas en el país. Así mismo, ante las nuevas definiciones de zonas de bajas y cero emisiones que se implementan, es un aporte muy importante. Dentro de los tratados comerciales suscritos por el país, esta estrategia puede entrar en contravía con lo desarrollado en otras naciones y será una barrera que debe tener en cuenta el gobierno nacional para su implementación.

CONTEO DE PARTÍCULAS

Los motores de vehículos diésel no presentan emisiones visibles a raíz del desarrollo de las tecnologías avanzadas de control de emisiones y la masa de material particulado emitida es prácticamente despreciable. Sin embargo, partículas ultrafinas con tamaños entre 0 y 1000 nanómetros permanecen presentes en cantidades importantes en la combustión de los motores diésel. A partir de la entrada en vigencia del estándar de emisiones Euro VI en el año 2013, uno de los requerimientos de los niveles máximos de emisión fue precisamente el número de partículas ultrafinas, que debe ser inferior a 6.0×10^{11} #/km para vehículos livianos y para vehículos pesados menor a 8.0×10^{11} #/km para ciclo en estado estable y 6.0×10^{11} #/km para ciclo en estado transiente⁴⁷. El límite de número de partículas ultrafinas marcó un hito para identificar emisiones no visibles en vehículos. Es muy importante notar que los sistemas de tratamiento de gases de escape para el control de partículas se centran en los filtros de partículas, que requieren mantenimiento periódico para evitar su saturación. Estos filtros de partículas cuentan con sensores de presión diferencial, que registran los valores de presión entre la entrada y salida del filtro. Con este diferencial de presión se puede definir el momento de mantenimiento del filtro, información que es registrada dentro de los parámetros de inspección a dispositivos de control de emisiones, que se incluyen en los sistemas de diagnóstico a bordo. Por lo tanto, el conteo de partículas cuenta con un mecanismo de trazabilidad dentro del sistema de diagnóstico a bordo y, por ende, incluir estrategias de conteo de partículas es una alternativa de mucho interés para que la autoridad ejerza verificación y control a las emisiones vehiculares.

⁴⁷ Martin Williams and Ray Minjares, *A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards*, (ICCT: Washington, DC, 2016), https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Euro6-VI_briefing_jun2016.pdf.

Recientemente, se han desarrollado programas piloto para vigilancia y control de partículas ultrafinas. Se han usado contadores de partículas bajo condiciones de ralentí y aceleración a ciertas revoluciones por minuto del motor. Estos estudios se han desarrollado para encontrar alternativas a la medición de opacidad de los vehículos diésel, que actualmente es exigible en Colombia y varios países de la región. El objetivo del proyecto piloto es precisamente desarrollar un método que permita determinar el número de partículas por volumen de gas, para exigir a los vehículos con tecnologías que incluyan filtros de partículas y la acción se pueda replicar en la red de centros de diagnóstico automotor con que cuenta Colombia. La guía para desarrollar las mediciones ya se encuentra desarrollada⁴⁸. La norma europea para vehículos livianos, establecida en la Euro 5b, y para camiones y autobuses que cumplan la norma Euro VI, es de 250 000 #/cm³. Como se mencionó, esto opera para condiciones de ralentí o a velocidad de rotación de motor constante, en cualquier caso, bajo condiciones estacionarias sin estar cargado el motor.

Para Colombia, el conteo de partículas bajo condiciones de ralentí o aceleración libre presenta ventajas. Es un sistema de bajo costo, normado internacionalmente, con equipos estandarizados para su aplicación y métodos aprobados por entidades regulatorias internacionales, que pueden adaptarse relativamente fácil en el país. Además de lo anterior, existen vehículos en Colombia con filtros de partículas que cumplen con el estándar de emisiones Euro V, los cuales registran los valores de opacidad antes y después del mismo filtro, como estrategia de control de emisiones. Sin embargo, una medición en dichos puntos para registrar la concentración de partículas ultrafinas es una medida mucho más efectiva para determinar el grado de contaminación del vehículo, al margen de la eficiencia de remoción de filtros de partículas.

COMENTARIOS FINALES SOBRE LOS MECANISMOS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES

Las experiencias internacionales han mostrado que existen procedimientos para un control más estricto del ingreso de tecnologías nuevas a los mercados. Estos incluyen conformidad de producto para vehículos nuevos y usados, verificaciones locales bajo pruebas en ruta con equipos de monitoreo de emisiones portátiles, e inspección y validación a través de sistemas de diagnóstico a bordo. Lo importante para la aplicación de estos procedimientos es que se pueden flexibilizar y adaptar a las condiciones propias de cada país. Ante la entrada en vigencia de Euro VI para vehículos diésel, Colombia no tiene los recursos y el tiempo para desarrollar un laboratorio que permita certificar esta clase de vehículos. Por lo tanto, se deberá seguir fortaleciendo al ANLA para que continúe verificando los certificados de los fabricantes, ajustando procedimientos y requiriendo otra información documental, expedida por organismos internacionales certificados. A través de estas medidas, se conseguirá el mismo impacto que desarrollar un laboratorio de certificación vehicular, incurriendo en una inversión mucho menor y de manera más inmediata.

Algunos procedimientos que se pueden implementar son validaciones realizadas localmente, usando PEMS bajo condiciones reales de operación en ruta y verificación de la funcionalidad de los diferentes componentes directos, relacionados con el control de emisiones, usando sistemas de diagnóstico a bordo. Con estos procedimientos y requiriendo a los fabricantes el suministro de un certificado de conformidad de producto para validar por parte del ANLA, se podría fortalecer el proceso de introducción de nuevos vehículos Euro VI diésel al país.

48 "Guía técnica para la Inspección Técnica Periódica (ITP) de vehículos provistos con filtros de partículas diésel basado en el conteo de partículas", Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+), https://programacalac.com/wp-content/uploads/2021/03/Anexo1_Gu%C3%ADa-PN-PTI-Latinoamerica-final.pdf.

Por otro lado, para complementar los sistemas de vigilancia y control, son estrategias disponibles el uso de monitoreo remoto, para optimizar los recursos para el cumplimiento del mandato de vigilancia, y el uso de sistemas de diagnóstico a bordo durante la revisión técnico-mecánica. Finalmente, las restricciones vehiculares en Colombia pueden implementarse a través del etiquetado vehicular. En el siguiente capítulo, se consolida un conjunto de recomendaciones para una transición regulatoria acorde en miras de la entrada en vigencia del estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior, en Colombia para el año 2023.

RECOMENDACIONES DE ESTRATEGIAS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES DE BAJO COSTO

Habiendo detallado las buenas prácticas internacionales sobre mecanismos de bajo costo para la verificación y control de tecnologías vehiculares nuevas y en uso, en este capítulo se describirá un conjunto de recomendaciones de bajo costo que se podrían implementar en Colombia para la entrada en vigencia del estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior.

ESTRATEGIAS DE VERIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PREVIAMENTE A SU ENTRADA AL PAÍS

El gobierno colombiano, a través de los diferentes organismos, cuya responsabilidad es autorizar a los importadores y ensambladores locales para que puedan comercializar sus vehículos, tiene estrategias desarrolladas para verificar, a través de documentación técnica, aspectos específicos de las tecnologías vehiculares. En este sentido, se debe continuar fortaleciendo dichos organismos para que puedan implementar nuevos procedimientos.

Conformidad de producto

La conformidad de producto para vehículos nuevos se encuentra regulada en Estados Unidos, Europa y Asia, principales regiones de donde provienen los vehículos que se comercializan en Colombia. Puede ser adoptada a través de una verificación documental, como se hace en la actualidad, dentro del proceso de verificación de especificaciones técnicas y de pruebas de emisiones a través del ANLA. Estas verificaciones documentales son de bajo costo y fáciles de implementar, a través de las herramientas con las que cuentan el ministerio de transporte y el ministerio de medio ambiente, por ejemplo, con la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales (VITAL). Estas herramientas tienen la ventaja de ser muy familiares para los fabricantes de los vehículos. Son procedimientos bien regulados y solicitados por los fabricantes dentro de una herramienta sencilla. Se llevan a cabo adjuntando reportes validados por organismos certificados internacionalmente, que son verificados y validados por los funcionarios de los ministerios colombianos.

Verificar presencia y operabilidad del sistema OBD

Otra estrategia recomendada es la inspección y validación de los sistemas OBD en vehículos nuevos. Esta puede asemejarse a la que se aplica en la actualidad para verificar niveles de emisiones de los vehículos en las plantas ensambladoras y en las zonas de importación temporal. Así mismo, se puede implementar un proceso de verificación a través del OBD para diagnosticar los vehículos, verificar la funcionalidad de los diversos dispositivos de control de emisiones de estos y asegurar las especificaciones técnicas reportadas a través de la documentación. Esta estrategia es sin duda de bajo costo, requiriendo de un programa de capacitación al personal que ejecuta dichas actividades y la adquisición de equipos que puedan ser homologados para inspeccionar la información requerida a través del puerto OBD.

Pruebas de emisiones bajo condiciones reales de operación

Una estrategia recomendada para países como Colombia es la medición de las emisiones de los vehículos bajo condiciones reales de operación, haciendo uso de sistemas portátiles de medición de emisiones (PEMS). Estos sistemas son prácticos, versátiles y de bajo costo, y determinan los factores de emisión revisados por la autoridad ambiental. El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia puede regular la inspección de vehículos previamente a su comercialización, haciendo uso de los sistemas de monitoreo de emisiones, definiendo una ruta con procedimientos que incluyan las especificaciones de los sistemas de monitoreo y las competencias del personal que ejecute estas mediciones. Colombia cuenta con las capacidades para implementar pruebas de emisiones bajo condiciones dinámicas, usando sistemas portátiles de emisiones. Institucionalmente existen los organismos de acreditación que garantizan las especificaciones de los equipos y existe una red de CDA, que puede brindar apoyo para la ejecución de estas pruebas en todo el territorio nacional.

ESTRATEGIAS DE VERIFICACIÓN DE VEHÍCULOS EN USO

Una vez que los vehículos operen dentro del territorio colombiano, las autoridades ambientales deberán tomar medidas adicionales para la verificación y control de sus emisiones contaminantes. Las estrategias recomendadas en este documento se dividen en dos procesos. El primero es la inspección dentro de los CDA, que complementa la revisión técnico-mecánica, y el segundo, las estrategias para control en vía pública.

Estrategias complementarias para la revisión técnico-mecánica

Inspección a través del sistema de diagnóstico a bordo

Con la entrada en vigencia del estándar de emisiones Euro VI, equivalente o superior, es indispensable implementar el sistema de diagnóstico a bordo de los componentes asociados al control de emisiones de los vehículos. Se recomienda en especial adoptar las regulaciones internacionales, tales como Reglamento CFR 40 parte 86.1806-17 de Estados Unidos, 2017/1151 y UNECE R83 y R49 de Europa, *Bharat Stage* (BS) 6 para India y China, y 6 / VI, 4.1.1 del GB18352.6-2016 para China. Esta recomendación de adoptar diversas regulaciones parte de la diversidad de vehículos importados y distribuidos en el país. Todos los vehículos que ingresen a partir del 1 de enero de 2023, deberán ser inspeccionados con estos sistemas de diagnóstico a bordo.

Conteo de Partículas Ultrafinas

La estrategia de medición de partículas bajo condiciones de ralentí o aceleración libre, tal como se hace con la opacidad, debe ser implementada en forma paralela a la entrada de vehículos que cumplan el estándar de emisiones Euro VI. No existe una estrategia diferente para verificar la funcionalidad de los filtros de partículas con los que vienen dotados los vehículos. Los equipos de conteo de partículas están regularizados y son de bajo costo. Por su diseño, un filtro de partículas cuenta con un puerto de acceso antes y después del mismo, por lo que realizar mediciones en ambos puntos permite detectar su correcto funcionamiento. Complementariamente, el sistema de diagnóstico a bordo registra el diferencial de presión y las fallas del filtro de partículas. Por lo tanto, durante las inspecciones usando conteo de partículas, el vehículo deberá prepararse para su inspección, tomando medidas tales como la verificación de la válvula EGR e inspeccionado el tubo de escape, el filtro de partículas y las fugas de fluido del motor en general.

Estrategias para vigilancia y control en vía pública

Dos estrategias han sido identificadas para la vigilancia y control en vía pública. Estas dos son monitoreo remoto de emisiones y etiquetado vehicular.

Monitoreo remoto de emisiones

Los sistemas de monitoreo remoto de emisiones vehiculares en condiciones reales son estrategias de bajo costo para medir el desempeño de cientos de vehículos por hora. Detectan, entre otros, altos emisores y grupos de vehículos que aportan mayores emisiones de efecto local, pudiendo además integrar información sobre regulación vial, ya que registran velocidades de los vehículos y una fotografía de sus placas.

Se recomienda realizar un proceso por fases, iniciando por la instalación de los equipos en los principales ingresos de las ciudades, para registrar vehículos de carga, ya que son una problemática actual. Adicionalmente, las dinámicas de movilidad de las grandes ciudades colombianas indican que estas se han superpoblado en las zonas y municipios alrededor, por lo tanto, una gran población flotante ingresa y sale diariamente usando sistemas multimodales de transporte, tales como vehículos particulares, buses, motocicletas e incluso bicicletas. Monitorear en los puntos de acceso permitirá obtener un gran universo de información del tráfico que se desplaza dentro de las mismas. Una segunda fase corresponde a las ciudades que están diseñando zonas de bajas y cero emisiones. Usar monitoreo remoto es la mejor estrategia para vigilar y controlar el tráfico que circule por dichas zonas. Ahora bien, la recomendación, en cualquier caso, es usar esta tecnología para detectar grandes emisores y llevarlos a los CDA para verificar los niveles de emisiones a través de métodos estandarizados.

Etiquetado vehicular

Sobre el etiquetado vehicular, como medida complementaria a las iniciativas locales de las ciudades, la recomendación es regular un etiquetado basado en estándares de emisiones desde pre-Euro hasta Euro VI. En él se incluye a los vehículos cero emisiones, como los eléctricos. Una propuesta de regulación en etiquetado vehicular se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Propuesta de Etiquetado Vehicular.

Etiquetado	Descripción	Color
A	Emisiones Cero (todos los modelos)	Verde
B	Euro VI (todos los modelos)	Azul
C	Euro V y IV (C+ si son modelos X a Y o C+ si tienen filtro)	Amarillo
D	Euro III (D+ si son modelos X a Y o D+ si tienen filtro)	Naranja
E	Euro II (E+ si son modelos X a Y o E+ si tienen filtro)	Púrpura
F	Euro I (F+ si son modelos X a Y o F+ si tienen filtro)	Gris
G	Pre-Euro (modelos X a Y)	Rojo

Integrar un etiquetado vehicular basado en estándares de emisiones es una medida de bajo costo, que ya tiene antecedentes en el país. Algunas administraciones locales desarrollaron programas de identificación de vehículos para control vehicular, por ejemplo, se usaban distintivos para identificar aquellos vehículos que ya habían sido sometidos a revisión técnico-mecánica. Los programas de etiquetado vehicular parten del mismo principio, a través de la identificación visual, que con los desarrollos tecnológicos actuales se pueden extender con detección electrónica para garantizar la inviolabilidad de los sistemas e incluir etiquetas visibles en los vehículos. Esto permitirá a las autoridades locales desarrollar programas para que, de acuerdo con esta identificación, se permita la circulación de los vehículos en diferentes zonas y horarios dentro de las ciudades.