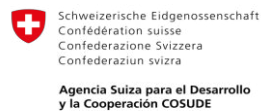




IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS E INSTRUMENTOS Y ACCIONES PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTE POR FUENTES MÓVILES DE USO FUERA DE CARRETERA EN BOGOTÁ



Versión: marzo 2024



Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ es un Programa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE, ejecutado por Swisscontact en Chile, Colombia, México y Perú.

Identificación de barreras e instrumentos y acciones para la reducción de emisiones contaminantes por fuentes móviles de uso fuera de carretera en Bogotá – Resumen ejecutivo

Documento elaborado en el marco del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ (Fase 2) financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico – Swisscontact. El documento se elabora con el objetivo de identificar de barreras e instrumentos y acciones para la reducción de emisiones contaminantes por fuentes móviles de uso fuera de carretera para nuestros socios en Colombia: la Secretaría Distrital de Ambiente de la alcaldía Mayor de Bogotá y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

El presente documento es de carácter informativo y no necesariamente refleja los puntos de vista u opiniones de las organizaciones y gobiernos participantes.

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material de esta publicación no implican en lo absoluto la expresión de ninguna opinión sobre el estatus legal de un país, territorio, ciudad o área, sobre sus autoridades.

Elaborado por:

Jorge Eduardo Pachón Quinche,
Líder del equipo consultor

Camila Andrea Valdés Oliveros
Asistente de la consultoría

Beatriz Elena Ortiz Gutiérrez
Líder componente normativo

Liseth Dayana Piñeros Peña
Auxiliar de la consultoría

Edder Alexander Velandia Durán
Líder componente económico

Julián Jair Botía Gaitán
Auxiliar de la consultoría

Revisado por:

Daniela García
Subdirectora de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

*Equipo Swisscontact
Programa CALAC+*

Joan Clavijo
Profesional de Secretaría Distrital de Ambiente

Jaime Rueda Gómez
Coordinador Colombia

Sergio Peña
Profesional de Secretaría Distrital de Ambiente

Helberth Santiago Morales Pinilla
Coordinador regional maquinaria

Francisco Javier Sichacá
Profesional de Secretaría Distrital de Ambiente

Adrián Montalvo Balarezo
Director Programa

Imagen de portada: CALAC+ | Bogotá, Colombia

Edición abril 2024

Este documento fue elaborado por el equipo consultor para el programa CALAC+ por lo que la propiedad del material es exclusiva de CALAC+, y está dirigido a la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

LOS TEXTOS PUEDEN SER MENCIONADOS TOTAL O PARCIALMENTE CITANDO LA FUENTE

El presente documento sintetiza los resultados de la consultoría “Identificación de barreras e instrumentos y acciones para la reducción de emisiones contaminantes por fuentes móviles de uso fuera de carretera en Bogotá”. En primer lugar, se presenta la metodología adoptada para la identificación de actores y recolección de información sobre tipologías y actividad vehicular en la ciudad de Bogotá, así como las condiciones de alquiler y/o compra de la MMNC. Posteriormente se describen las barreras o limitaciones y condiciones habilitantes en el ascenso tecnológico de la maquinaria, desde cada uno de los componentes técnico, económico y normativo.

Esta consultoría del programa CALAC+ tiene como propósito generar información e instrumentos de soporte para apoyar a la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en la ruta de ascenso tecnológico de la MMNC con la consecuente reducción de emisiones a la atmósfera. En la medida que dichos instrumentos son aplicables no sólo en Bogotá sino en todo el país, los resultados plasmados en este informe pueden ser de utilidad también para el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), así como autoridades ambientales regionales.

Como principales logros de esta consultoría se puede mencionar:

Se **identificaron los actores relacionados con la gestión de MMNC** como se observa en la Figura 1. Dentro de actores directos se encuentran fabricantes, importadores y distribuidores de maquinaria y de repuestos, entidades públicas y privadas gestoras de obras civiles, constructoras y consorcios, instituciones gubernamentales encargadas del registro y regulación de la maquinaria. Como actores indirectos se mencionan incubadoras de políticas a través de cooperación internacional, la academia, asociaciones y gremios de la construcción, entidades promotoras de la construcción sostenible.

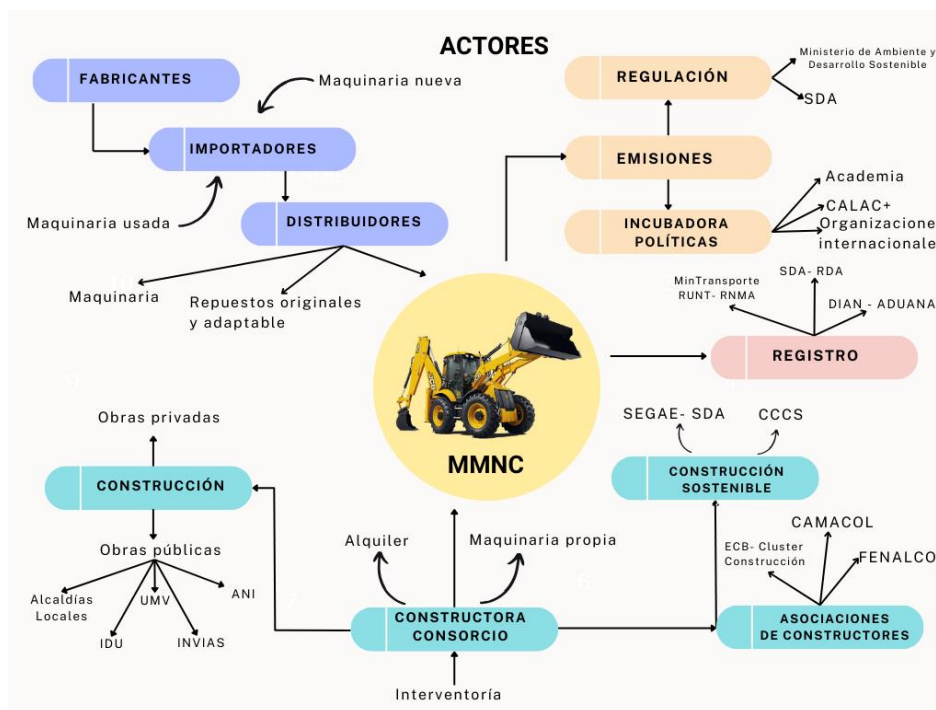


Figura 1 Actores identificados en la gestión de la MMNC

Se realizaron mesas de trabajo con diversos actores con el fin de recopilar información de bases de datos de maquinaria existente en el distrito y actividad vehicular, experiencias en la gestión de MMNC, estándares de emisión predominante en la ciudad, condiciones de alquiler y/o compra, preparación para el ascenso tecnológico contemplado en la Resolución 762 de 2022, lineamientos para la inclusión de la maquinaria en el marco de la construcción sostenible, entre otros.

Se acompañaron los pilotos de medición de opacidad en la maquinaria de construcción donde se tuvo la oportunidad de dialogar con distintas constructoras y consorcios, contratistas de obras, gestores de maquinaria, personal de auditoría, con quienes fue posible recuperar información técnica de las máquinas, condiciones de operación y mantenimiento, así como la logística del alquiler.

Se solicitó información a instituciones públicas como la ANLA, las Alcaldías Locales, el IDU, la UMV, la SDA, en relación con bases de datos, contratos de alquiler y/o compra de maquinaria e incentivos económicos y tributarios. Las condiciones contractuales para el alquiler o compra de la MMNC fueron también consultadas en el SECOP y el portal Colombia Compra Eficiente.

Se realizó un acercamiento al gremio de la construcción, en especial, a la iniciativa de construcción sostenible con el fin de identificar lineamientos que pudiera existir para la reducción de emisiones en maquinaria de construcción. También se hizo contacto con el programa C40, del cual Bogotá es firmante, con el fin de explorar la posibilidad de incluir la ciudad en la declaración de Construcción Limpia.

METODOLOGÍA

Para la consecución de los diversos hitos contemplados en esta consultoría se presenta a continuación la metodología.

1. Para la evolución tecnológica a nivel internacional:

- Participación en el Seminario Internacional *“Estrategias de calidad del aire y cambio climático en el uso de maquinaria móvil de construcción”* en Lima, Perú el 27 y 28 de septiembre de 2023.
- Consulta en la página web del programa CALAC+, en especial de los documentos, guías, herramientas y multimedia elaborados para la MMNC.
- Búsqueda por internet enfocada en países que han liderado la evolución de estándares de emisión en MMNC (Estados Unidos, Unión Europea) y otros del programa CALAC+ (Perú, México, Chile, Colombia).

2. Para consolidar la información sobre tipología y actividad vehicular:

- Revisión de los inventarios de maquinaria nacional y local disponibles en la SDA, el MADS y el programa CALAC+.
- Solicitud de información sobre tipología y actividad vehicular a entidades distritales como la SDA, UMV, IDU, Alcaldías Locales y al programa CALAC+
- Consulta de la tipología y características de la maquinaria disponible en portales de compraventa como tumaquinaria.com.co, Be-market.com y superbid.com.co

- Visita a los pilotos de medición de opacidad en maquinaria de construcción y entrevistas a gestores de maquinaria de las constructoras o consorcios, contratistas, interventores, profesionales del IDU e INVIAS.
3. Para recopilar información sobre procesos de alquiler o compra de MMNC:
- Realización de mesas de trabajo con importadores y distribuidores de maquinaria y de repuestos.
 - Simulación de un proceso de alquiler de maquinaria de construcción con empresas dedicadas a esta actividad.
 - Consulta de las condiciones de alquiler o compra de maquinaria disponible en portales de compraventa como tumaquinaria.com.co, Be-market.com y superbid.com.co.
 - Consulta de normatividad aplicable a los procesos estatales de alquiler y compra de MMNC con las diferentes instancias gubernamentales.
4. Para consolidar información de las barreras o limitantes y condiciones habilitantes desde los componentes tecnológico, económico y normativo
- Participación de expertos y asistentes en cada uno de los componentes encargados de discutir y analizar las barreras y condiciones habilitantes.
 - Generación de espacios de encuentro con los diversos actores donde se formularon interrogantes que permitieran identificar las principales barreras en el ascenso tecnológico de la MMNC.
 - Acercamiento a instituciones relacionadas con el sector de la construcción como son: la Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL, el clúster de la construcción de la Cámara de Comercio de Bogotá — CCB, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCS.

A continuación, se presentan las barreras o limitaciones, así como las condiciones habilitantes para el ascenso tecnológico de la MMNC en el Distrito desde los componentes técnico, económico y normativo.

1. COMPONENTE TÉCNICO

Se describen a continuación las barreras y condiciones habilitantes identificadas desde el componente técnico, haciendo énfasis en los siguientes temas: calidad del combustible, edad del parque vehicular, aclimatación de tecnologías, sistemas de control de emisiones y nuevas tecnologías.

1.1 Calidad del combustible

- De acuerdo con el Registro Nacional de Maquinaria Agrícola, Industrial y de Construcción Autopropulsada (RNMA), más del 90% de la maquinaria utiliza diésel como combustible. Actualmente en Colombia la Resolución 40103 de 2021 establece un máximo de 15ppm de azufre en el diésel. Sin embargo, para septiembre de 2023, Ecopetrol distribuía ya en el país diésel con azufre por debajo de 10ppm (Fig. 2). Este nivel de ultra bajo contenido de azufre es adecuado para la introducción de tecnología Tier 4 en la MMNC.



Figura 2. Calidad de diésel en Colombia con corte a septiembre de 2023

- A pesar de lo anterior, existe una aparente desconfianza en el gremio de distribuidores y operadores de MMNC por la calidad del combustible, quienes no siempre tienen conocimiento sobre el contenido de azufre en el diésel. Por otra parte, para la maquinaria fuera de ruta, el combustible debe ser transportado desde la estación de servicio o zona de almacenamiento hasta el lugar de operación, con posibles cambios en la calidad del combustible por riesgos operativos en canales de distribución. Muchas veces esta distribución se hace en canecas o tanques, no siempre en las mejores condiciones, pudiendo contaminarse el diésel con partículas y agua. La humedad en el combustible afecta la correcta operación de los sistemas de inyección y de control de emisiones.
- Es práctica común en grandes poseedores de maquinaria realizar la compra del combustible directamente al proveedor y no a través de estaciones de servicio o intermediarios. Se han detectado problemas de cristalización del diésel y formación de natas en tanques de almacenamiento, probablemente ocasionados por el contenido y calidad del biodiésel y las

temperaturas de los tanques. Lo anterior ha requerido la instalación de sistemas de precalentamiento en el almacenamiento.

1.2 Edad del parque vehicular

- A partir de la información registrada en portales de alquiler y venta y visitas a distribuidores de maquinaria, se pudo determinar que el parque de MMNC en el Distrito es antiguo, 70% de modelos tienen entre 6 y 17 años, y sólo un 24% es menor a 5 años (Fig. 3). Esto es consecuencia del modelo de negocio que involucra la maquinaria pesada. Como fruto de lo anterior, las tecnologías de estándares de emisión más comunes son Tier 2 (19%) y Tier 3 (52%). Un menor porcentaje (12%) tiene un estándar superior Tier 4i o Tier4f (Fig. 3).

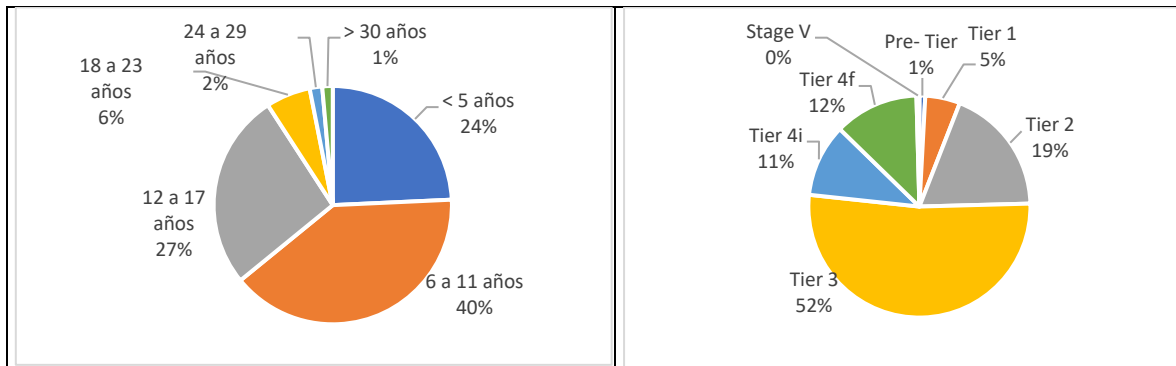


Figura 3. Edad promedio y estándares de emisión del parque vehicular de MMNC en Bogotá¹

- En visitas de campo e información recolectada por entidades distritales es posible observar que la maquinaria tiende a ser más moderna que en los inventarios y los portales web (Fig. 4). Esto puede deberse a una renovación asociada a la rápida depreciación que tiene este tipo de maquinaria y los altos costos de mantenimiento una vez superan determinados umbrales de uso.

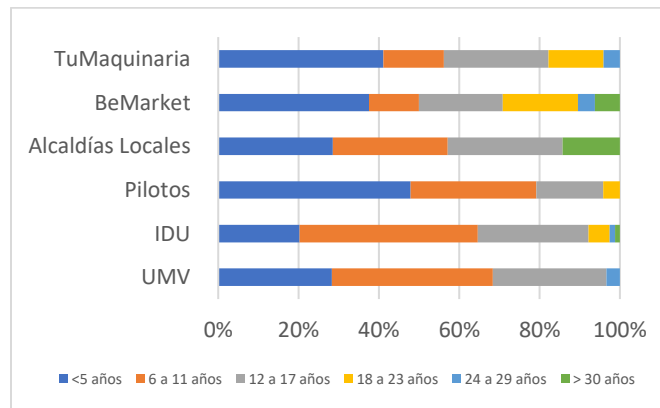


Figura 4. Edad de la maquinaria en el Distrito según fuente de información (TuMaquinaria y BeMarket son portales web; Alcaldías locales, IDU y UMV corresponde a información suministrada por estas entidades; Pilotos son las mediciones de opacidad desarrolladas por CALAC+).

¹ Los valores de estándares de emisión aquí reportados son indicativos y la representatividad para el caso de Bogotá puede variar debido a que la información fue tomada de catálogos en línea, y si bien corresponden a los mismos modelos de las unidades de maquinaria, no necesariamente son importados con los mismos estándares de emisión para Colombia que para otros países que cuentan con estándares de emisión como Estados Unidos o aquellos de la Unión Europea.

- Existe un aparente subregistro dentro del Registro Distrital Automotor (RDA) de la maquinaria de construcción en Bogotá, en el cual, se reportan 1.136 unidades. Sin embargo, para el país se han estimado 60.500 unidades, de las cuales, para Bogotá se podrían asignar 10.587 unidades de acuerdo con el indicador de construcción (MADS & COSUDE, 2022). La razón de este subregistro puede estar relacionada con la obligación de reportar la maquinaria sólo a partir del año 2012 en el país y la falta de identificación (placa) armonizada para todo el parque automotor, así como también los movimientos de maquinaria que se desarrollan en el territorio nacional.
- No hay consenso sobre la vida útil de la MMNC, del motor o de sus componentes y de los procesos de overhaul. Se pueden encontrar en funcionamiento máquinas con edad superior a los 20 años o actividad cercana a las 20.000 horas de uso. Por encima de este rango, la depreciación en el valor de la máquina es alto, por lo que su precio de venta será muy bajo. La vida de operación se extiende aprovechando la existencia de un mercado de repuestos, tanto originales como adaptables, e incluso piezas de máquinas en desuso. No existe regulación para la disposición, destrucción y eliminación de maquinaria usada y sus piezas.

1.3 Adaptación de tecnologías más limpias de MMNC a condiciones locales

- Es común dentro del gremio de distribuidores y usuarios de la MMNC la necesidad de adaptación de la tecnología al país, lo que comúnmente se conoce como “tropicalización” de la máquina. Este proceso puede suponer la instalación de equipos específicos dependiendo de las condiciones ambientales como calentadores de arranque en climas fríos o refrigerantes especiales en climas cálidos.
- Las tecnologías que se importan al país no siempre poseen las mismas características del país de origen, a falta de regulación pueden ser importadas máquinas sin sistemas de control de emisiones propios al estándar que manejan. Por otra parte, la falta de conocimiento en la operación de nuevas tecnologías puede llevar a reprogramar o suprimir sistemas de control para poder evitar fallas en la operación.

1.4 Sistemas de control de emisiones en tecnología Tier 4

- La tecnología Tier 4 es de mayor desempeño tecnológico por lo que cuenta con sistemas avanzados de inyección y ahorro de combustible. Brinda una mayor vida útil a los componentes y los aceites lubricantes. Permite tiempos más largos entre mantenimiento preventivo, todo lo que se traduce en menores costos de operación. Sin embargo, el consumo de combustible depende de una gran cantidad de variables, como la región geográfica, el peso, la velocidad y carga del motor, la aplicación, la calidad del combustible, etc.
- En cuanto a sistemas de tratamiento requeridos en maquinaria Tier 4 son similares a los implementados en vehículos pesados (buses y camiones) que cumplen con estándares de emisión Euro VI (obligatorio en Colombia a partir de 2023 por la Ley 1712 de 2019) donde se requiere sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR), filtros de partículas diésel (DPF) y catalizadores oxidativos (DOC). A pesar de que se tienen experiencias previas con sistemas de control de emisiones en algunas flotas cautivas, en general para el sector automotriz (de carretera y fuera de carretera) sigue siendo una limitante el conocimiento y operación de sistemas de control de emisiones.
- Para la operación de los SCR se requiere de Urea automotriz, que actúa como agente reductor de emisiones de óxidos de nitrógeno, de la cual hay varios proveedores en el país y el mercado existe desde hace unos años para el caso de vehículos en carretera. Sin embargo, la logística para

su distribución podría conllevar riesgos operativos en canales de distribución por la falta de experiencia, similar a lo que sucede con el diésel.

- Previendo la entrada en vigencia de la Resolución 762 de 2022 a partir del mes de agosto de 2024, algunos distribuidores de maquinaria planean importar maquinaria con tecnología Tier 3 o inferior durante el primer semestre de 2024 con el fin de poder ofrecer a sus clientes unidades de menor valor y con tecnologías ya reconocidas. Esto podría retrasar aún más el ascenso tecnológico de la maquinaria.

1.5 Incertidumbre sobre las nuevas tecnologías

- Existe preferencia del mercado por tecnologías Tier 3, Tier 4i o superiores que ya están operativas. La operación de maquinaria con tecnología Tier 4 implica capacidades técnicas en servicios y mantenimiento de nuevos sistemas tecnológicos y de control de emisiones que genera incertidumbre. Dicha capacidad en el sector de autopartes y mantenimiento postventa no está actualmente disponible.
- En los catálogos de distribuidores de MMNC no es concluyente el menor consumo de combustible por ascenso tecnológico. En algunos casos, tecnologías más modernas como Tier 4f/Stage V implican un mayor consumo de diésel por la operación de sistemas de postratamiento. Por ejemplo, Caterpillar² señala un incremento del 2 a 3 % de combustible diésel en el uso del DEF (fluido de escape diésel). En forma similar, el estándar Stage V presenta un incremento del 9% en las emisiones de CO₂ en comparación del Stage IIIB. Una mayor emisión de CO₂ es el resultado de un mayor consumo de combustible.
- Los distribuidores de maquinaria pesada más representativos en el país se encuentran interesados en incentivar el ascenso tecnológico de la MMNC, pero no todos están igualmente preparados. Sobresale por su gestión, la empresa Komatsu Colombia, quienes no sólo han organizado espacios de discusión³ sobre el impacto tecnológico y económicos de una tecnología más moderna, sino que tienen pensado traer máquinas Tier 4 en prueba durante el primer semestre de 2024.

Tabla 1. Resumen de barreras y condiciones habilitantes identificadas en el componente técnico

Barreras o limitaciones	Condiciones habilitantes
<ul style="list-style-type: none"> • Parque vehicular antiguo (70% entre 6 y 17 años) con tecnologías Tier 2 (19%) o Tier 3 (52%). • Problemas experimentados con la distribución del combustible y su almacenamiento. • Tecnologías importadas de menor rango y reversión de tecnología por fallas en la operación. • Adaptación o “tropicalización” de la maquinaria e inexperiencia con la operación de tecnología Tier 4. • No hay consenso sobre la vida útil de una máquina por antigüedad u horas de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidad de marcas y tipologías de máquinas en la ciudad, así como canales de difusión (portales web). • Contenido de azufre en el combustible es adecuado para la tecnología Tier IV. • Experiencia con sistemas de postratamiento en flotas cautivas (buses y vehículos pesados Euro VI). • Reducción en el consumo de combustible por sistemas avanzados de inyección en Tier 4 . • Mayor vida útil de componentes y lubricantes. • Períodos más largos entre cada mantenimiento (500 horas).

² Caterpillar. Manual de rendimiento 46.

³ Como ejemplo está el foro “Caminando hacia un Futuro Sostenible: Tecnología Tier IV” organizado por Komatsu Colombia y disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=aA-Lilyzp0>

<ul style="list-style-type: none"> Inexistencia de lineamientos para la disposición, destrucción y eliminación de maquinaria usada y sus piezas. Expectativa de incremento de estándar Tier 3 antes de entrada en vigor de la Res. 762 de 2022. 	<ul style="list-style-type: none"> Pilotos de maquinaria Tier 4 en el primer semestre de 2024.
---	---

2. COMPONENTE ECONÓMICO

Se describen a continuación las barreras y condiciones habilitantes identificadas desde el componente económico, haciendo énfasis en: mercado de MMNC, costos de adquisición y operativos, incentivos económicos, modelo de negocio y fuentes de financiamiento.

2.1 Mercado de MMNC

- Se encuentra en el mercado una gran diversidad de marcas y tipologías de MMNC, de respaldo internacional, en capacidad de realizar una actualización tecnológica. En cuanto a marcas fue posible identificar hasta 128 distintos tipos y 21 tipologías en la ciudad. La Tabla 2 ilustra algunas de las tipologías vehiculares disponibles para alquiler y/o venta en las principales distribuidoras de la ciudad, así como portales web (tumaquinaria.com.co, superbid.com.co, be-market.com). Estos canales permiten una mayor interacción entre compradores y vendedores de maquinaria y un dinamismo en el mercado. Sobresalen las líneas de mayor uso en obras de construcción, como son excavadoras, retroexcavadoras, cargadores y niveladoras.

Tabla 2. Compilación de tipologías ofertadas por cada una de las distribuidoras y páginas web

Línea o actividad	Tipología	Moto Mart S.A.	SANY	SK RENTAL	BeMarkert	RYLSA	RENSOL	Gecolsa-CAT	Navitrans	Komatsu	Tu Maquinaria
Movimiento de tierra	Miniexcavadoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Excavadoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Retroexcavadoras			X		X		X	X	X	
	Retrocargadoras	X		X	X	X	X				X
	Cargadoras frontales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Minicargadores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Bulldozer			X	X	X					X
Equipo de carretera	Pavimentadores		X		X	X		X			X
	Fresadoras		X			X		X			X
	Motoniveladoras	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Vibrocompactadores	X	X	X	X	X	X				X
	Recicladora							X			
Equipos de construcción	Mezcladoras o camión hormigonero		X		X	X	X				
	Dumper		X			X					
Perforación	Piloteadoras		X			X					
Carga y transporte	Telehandler		X			X		X			
	Montacargas		X	X	X	X		X			
	Manipulador telescópico		X	X	X	X	X				
	Tractores		X					X		X	

- En cuanto a la cadena de repuestos para la MMNC existe un mercado de piezas de reemplazo tanto originales como adaptables, de reconocidas marcas mundiales, para los sectores de construcción, agricultura y minería. Sin embargo, para maquinaria de tecnología Tier 4 o superior, no existe aún disponibilidad de repuestos originales, los cuales deberán ser importados a un alto costo y posibles tiempos de espera. Es común en el gremio el uso de partes y repuestos

homologados o adaptables y algunas veces provenientes de maquinaria en desuso, lo que abarata los costos. Junto con la llegada de la tecnología, debe tenerse un stock amplio de repuestos, de lo contrario, será el comprador de la máquina quien tenga que importarlos.

2.2 Costos de adquisición y operativos

- El costo de la maquinaria nueva en Colombia es determinado en primera medida por: i) la potencia o capacidad de la maquinaria, seguido de ii) la reputación y posicionamiento de la marca fabricante y el nivel tecnológico de la misma. El estándar de emisión no es un criterio clave, y al contrario, influye negativamente al aumentar el costo de la maquinaria. Se estima un mayor costo de inversión por un estándar Tier 4 entre un 20 a 30% con respecto a las tecnologías Tier 2 y Tier 3 (Fig. 5), lo que desincentiva su compra, sumado a la disponibilidad y costo de repuestos de alta calidad, la operación de sistemas sofisticados de control de emisiones y la actualización en los procesos de mantenimiento de la maquinaria.

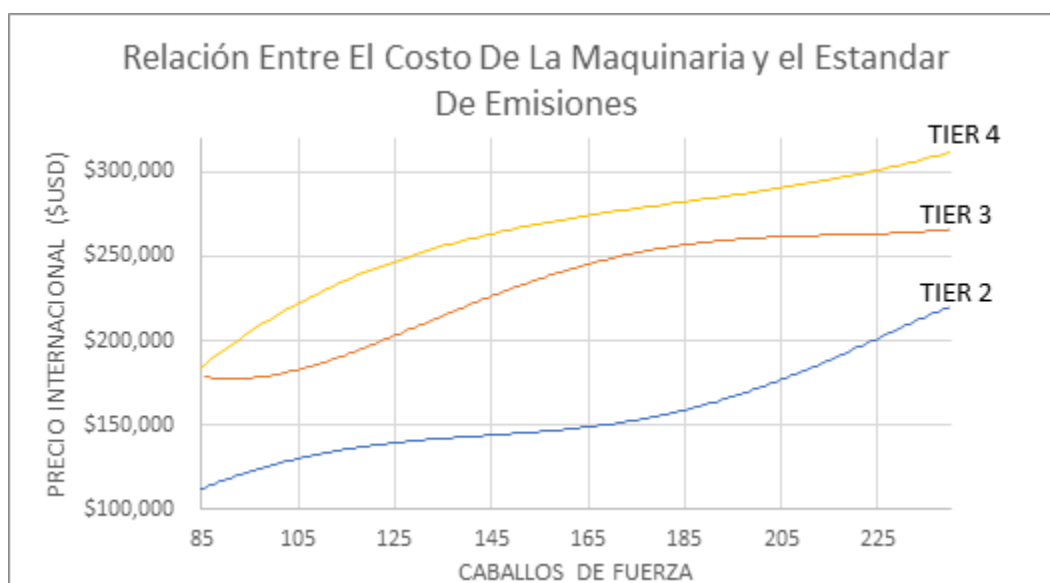


Figura 5. Relación entre el costo de la maquinaria y el estándar de emisiones en Colombia

- Como condiciones habilitantes desde el punto de vista económico se tienen menores costos de operación en la maquinaria moderna al contar con sistemas más eficientes de consumo de combustible y menor mantenimiento. Sin embargo, como se comentó anteriormente la reducción en el consumo de combustible no es concluyente debido a la operación de sistemas de control. Algunas marcas, especialmente chinas, están fabricando máquinas más sencillas que cumplan con estándares Tier 4 a un costo 20 a 30% menor al de otras marcas, lo que podría compensar el incremento en el costo de inversión.
- Con respecto a los costos de operación, éstos no son fáciles de determinar pues dependen de la tipología y estado de la maquinaria y no son datos abiertos al público por parte de los distribuidores u operadores de las máquinas. Sin embargo, Komatsu Colombia⁴ sostiene que “la compra de maquinaria Tier 4 cuesta un 25-30% más con respecto a la tecnología actual, pero a

⁴ Foro “Caminando hacia un Futuro Sostenible: Tecnología Tier IV” organizado por Komatsu Colombia y disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=aA-Lilyzp0>

pesar de la diferencia en el costo inicial de inversión, también se tiene una reducción en el costo de operación ya que hay un rediseño de la estructura con una diferencia del 30% aproximadamente, por lo que el punto de equilibrio se logra al tercer año teniendo de esta forma los beneficios y mejora en la rentabilidad en la inversión.”

- El costo de la maquinaria usada es determinado principalmente por: i) la potencia o capacidad de la maquinaria, así como sus características operativas; ii) la cantidad de horas que el equipo haya estado en servicio; iii) confiabilidad propia de la marca fabricante; iv) el año de fabricación de la máquina; v) reputación de la marca. En portales de venta es posible observar el desgaste de la maquinaria, pudiendo en algunos casos acumular hasta 20.000 horas de uso. Es decir, que se encuentra para la venta (aunque no necesariamente en Bogotá) maquinaria sin estándar de emisiones.
- El costo de alquiler de la maquinaria en Colombia es determinado en primera medida por la potencia o capacidad de la maquinaria. Al momento de la negociación del alquiler de una maquinaria factores como el fabricante, horas de uso o año de fabricación no representa un concepto que influye en el costo de alquiler, debido a que estos factores no hacen parte de la negociación, ya que el proveedor es responsable de los mantenimientos, fallas o problemas que pueda presentar el equipo alquilado.
- La determinación de los costos directos asociados a una obra se realiza a través de la metodología de Análisis de Precios Unitarios (APU), que permite estimar el costo de una obra por área de construcción, a partir de costos directos de mano de obra, equipos y maquinaria, transporte, materiales y costos indirectos. Con el fin de determinar la influencia que tiene la maquinaria pesada en un proyecto de infraestructura vial, se planteó un escenario de rehabilitación de 1 kilómetro de vía de doble sentido, con dos carriles y una velocidad de circulación de 40km/h, además de la construcción de andenes.
- A partir de las APU de actividades asociadas a esta construcción, se pudo determinar un costo aproximado de 1500 millones de pesos, de los cuales el 76% corresponde al rubro de materiales, el 16% a la maquinaria de construcción, el 6% a la mano de obra, el 1% al transporte, y el 1% restante a otros equipos (Tabla 3). Estos porcentajes pueden variar dependiendo de la configuración o tipo de infraestructura a realizar.

Tabla 3. Distribución de costos unitarios (pesos colombianos) para la rehabilitación de 1 kilómetro de vía de doble sentido, con dos carriles y una velocidad de circulación de 40km/h, además de la construcción de andenes

SUBTOTAL MAQUINARIA AMARILLA	SUBTOTAL EQUIPOS	SUBTOTAL MATERIALES	SUBTOTAL TRANSPORTE	SUBTOTAL MANO DE OBRA	COSTO TOTAL
\$ 242.599.872	\$ 16.754.438	\$ 1.196.392.791	\$ 19.335.644	\$ 91.522.475	\$ 1.566.605.223
16%	1%	76%	1%	6%	100%

- Dentro de estos rubros el de mayor posibilidad de minimizar es la maquinaria, al comprar unidades usadas o alquilar unidades de mayor antigüedad y, por ende, menores estándares de emisión. Pocas veces se exige a un contratista contar con maquinaria específica para la realización de los trabajos, quedando a criterio del contratista, el cual, se sesga a intereses económicos.

- En cuanto a los costos del subtotal de maquinaria, en promedio, un 40% corresponde al combustible, del 25 al 30% al mantenimiento, y el restante 30 a 35% al operador y costos administrativos como pólizas, impuestos, seguros, etc. Esta información fue proveída por el coordinador de equipos de Concreto, una firma colombiana de desarrollo de proyectos de infraestructura, edificaciones, vivienda e inversión.

2.3 Incentivos económicos

- El estatuto tributario muestra dos tipos de incentivos aplicados a maquinaria pesada de industrias básicas⁵. El primero son incentivos no sujetos a autorizaciones previas que incluye el descuento del IVA y la exclusión de la importación temporal. El segundo son incentivos sujetos a autorizaciones previas que incluye la exención en importación para proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE).
- El sector de la construcción no hace parte de las industrias básicas, por lo cual no aplica a los incentivos mencionados. En efecto, en respuesta a una solicitud realizada a la ANLA, se confirma que esta entidad no ha expedido hasta el momento certificaciones ambientales para acceder al beneficio tributario de exclusión del IVA y descuento del impuesto sobre la Renta relacionadas con la importación de “maquinaria amarilla”.
- A pesar de lo anterior habría la posibilidad de acceder al beneficio tributario para la maquinaria pesada por su destinación, por ejemplo, en obras de mitigación del impacto ambiental (ej. rellenos sanitarios) o en determinadas zonas del país (ej. San Andrés). Igualmente, si la maquinaria se destina a proyectos o actividades que sean exportadores de certificados de reducción de emisiones de carbono y que contribuyan a reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Esto se podría dar en el marco de la construcción sostenible, cuyo objetivo principal es minimizar el impacto negativo de la construcción en el ambiente y favorecer la acción por el clima.
- Adicionalmente, la UPME mediante la Resolución 319 de 2022, contempla incentivos de deducción de renta, exclusión del IVA, exención de derechos arancelarios y depreciación acelerada para proyectos de generación de energía eléctrica a partir de FNCE, acciones o medidas de gestión eficiente de la energía (GEE) y proyectos de hidrógeno verde o azul, donde eventualmente podría participar el sector de MMNC.
- La maquinaria que se importa puede ser entregada en el sitio de trabajo o en zona franca. En el primer caso, al cliente se le trasladan los costos de nacionalización y el IVA del 19%. En el segundo caso, en la zona franca se puede optar por hacer una importación temporal y diferir el IVA a cinco años. Según la destinación de la maquinaria o la zona del país donde vaya a operar, podría existir una reducción del IVA al 16%, 8%, 5% o 0%.

2.4 Modelo de negocio

- El modelo de negocio que involucra la maquinaria pesada se caracteriza por buscar una rápida recuperación de la inversión. Los principales compradores son empresas que buscan maquinaria con bajo costo de adquisición y con la capacidad de ser usada en cualquier tipo de actividad, terreno o condición, que no se vea afectada por la calidad del combustible y que sus mantenimientos sean sencillos y con repuestos homologables. Este funcionamiento del mercado dificulta la entrada de equipos con niveles de tecnología y emisiones superiores.

⁵ Industrias básicas: minería, hidrocarburos, química pesada, siderurgia, metalurgia extractiva, generación y transmisión de energía eléctrica y, obtención, purificación y conducción de óxido de hidrógeno.

- Si bien algunas constructoras o consorcios poseen cierta maquinaria de construcción, es común que alquilen las máquinas a terceros, en contratos donde el costo de alquiler por hora incluye no sólo la máquina, sino también el combustible, el mantenimiento y, en algunas ocasiones, el operador y la vigilancia. No se maneja una tasa diferencial, es decir que el precio de alquiler va a ser el mismo para las tipologías independientemente de su año modelo o estándar de emisión u horómetro, sin embargo, el alquiler de la maquinaria depende de la disponibilidad de los modelos que se necesiten al momento de llevar a cabo el alquiler. Al estar todos los costos incluidos, no hay motivación para incentivar maquinaria más moderna y menos contaminante.
- El concepto de vida útil de un equipo está determinado por el criterio del comprador y vendedor respectivamente; es decir, mientras que para un vendedor un equipo bajo su propiedad ha alcanzado su vida útil, ya que se ha obtenido los beneficios esperados y su depreciación y costos de mantenimiento lo convierten en un equipo que empezará a generar gastos; ese mismo equipo para un posible comprador es una oportunidad de inversión a la cual puede obtener beneficios económicos.
- Se destaca que la maquinaria al iniciar el proceso de obsolescencia es desplazada de las principales ciudades a las regiones con menores controles o mayores dificultades para cubrir los costos de adquisición/uso de equipos. Se observa en la Figura 6, como en Bogotá, la proporción de maquinaria menor a 5 años es mayor que a nivel nacional y a su vez maquinaria entre 5 y 15 años en Bogotá es menor que a nivel nacional.

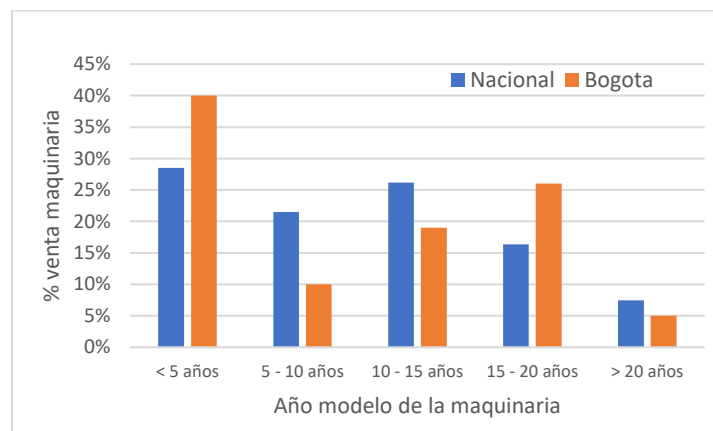


Figura 6. Relación entre la venta de maquinaria en Bogotá y a nivel nacional
Fuente: obtenido a partir de tumaquinara.com.co

2.5 Fuentes de financiamiento

- Gracias a la amplia oferta de marcas y distribuidores de MMNC, existen líneas de financiación directa con las compañías y con bancos para la compra y actualización de la maquinaria de construcción. Así mismo, la gran mayoría de distribuidores tienen la opción de “retoma” o recepción de maquinaria usada como parte de pago para una nueva. Sin embargo, la financiación con créditos bancarios está supeditada a las tasas de interés que podría tener un impacto en la recuperación de la inversión.
- En entidades públicas como la UMV, que posee maquinaria propia, el reemplazo está supeditado al presupuesto otorgado por la Secretaría de Hacienda, el cual es muy limitado para la compra de tecnología de punta, y donde se debe comprar al menor costo posible, con muy pocas condiciones tecnológicas. La opción de tercerización de la maquinaria se muestra como atractiva para una entidad distrital en estas condiciones. Sin embargo, hay ventajas de tener maquinaria

propia, como es la versatilidad para atención de imprevistos y menores costos cuando las máquinas están no operativas.

Tabla 4. Resumen de barreras y condiciones habilitantes identificadas en el componente económico

Barreras o limitaciones	Condiciones habilitantes
<ul style="list-style-type: none">• Mayor costo de inversión por ascenso tecnológico (~20%).• Repuestos más costosos para maquinaria de mejor tecnología.• Ausencia de incentivos económicos por recambio.• Costo de maquinaria puede representar hasta un 16% del costo de la obra, siendo el rubro con mayor posibilidad de minimizar.• El modelo de negocio que involucra la maquinaria pesada dificulta el ingreso de nueva tecnología.• El precio de alquiler es independiente del año modelo, horas de uso o estándar de emisión.• Bajo presupuesto para compra de maquinaria en entidades distritales.	<ul style="list-style-type: none">• Menores costos de operación con tecnología más moderna.• Posibilidad de importación temporal en zona franca y manejo especial del IVA.• Importación exenta de IVA en zonas especiales (San Andrés).• Financiación directa con distribuidores o a través de los bancos.• Retomas de maquinaria usada por los distribuidores.• Ingreso de marcas chinas al mercado con costo 20 o 30% por debajo del promedio.

3. COMPONENTE NORMATIVO

Se describen a continuación las barreras y condiciones habilitantes identificadas desde el componente normativo, haciendo énfasis en los siguientes temas: procedimientos y nuevos trámites, lineamientos de contratación, políticas públicas ambientales y reglamentación, y acciones sectoriales.

3.1 Procedimientos y nuevos trámites

- La expedición de la Resolución 762 de 2022 ha promovido la gestión del recambio de maquinaria, y la respuesta de casas matrices a nivel internacional para responder al mercado con máquinas Tier 4. Desde la autoridad ambiental se han generado diversos espacios de socialización de la norma⁶, así como mesas de discusión con actores interesados, tales como Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), gremios, industria automotriz, autoridades ambientales, entre otros. Sin embargo, el nivel de preparación de todos los actores no es el mismo y algunos podrían no estar adecuadamente informados, como agentes de aduana o importadores independientes.
- Con respecto a la expedición de los Certificados de Emisiones en Prueba Dinámica (CEPD), que serán exigidos para la MMNC que ingrese al país a partir de agosto de 2024, también se han realizado jornadas de socialización⁷ y tutoriales disponibles en la página web de la autoridad

⁶ Como ejemplo está la primera socialización de la Resolución 762 de 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=yUrcVAIr0m0>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=S8fg9IUGUsM>

ambiental⁸. El procedimiento para la generación de los CEPD contempla un plazo de 30 días hábiles una vez se radiquen los documentos exitosamente. Los importadores y distribuidores de maquinaria han manifestado su preocupación por estos tiempos, dado los altos costos que implica el proceso de nacionalización de maquinaria de gran volumen.

- Para la MMNC hay ausencia de reglamentación técnica que defina el estado de su mantenimiento (similar a la revisión técnico-mecánica de fuentes móviles de carretera). Es necesaria la estandarización de pruebas de inspección técnica periódica y lineamientos de inspección y diagnóstico de estado de mantenimiento. El certificado de condición técnica que se pide a la maquinaria no está regulado, por lo cual no hay parámetros ni lineamientos estandarizados que indiquen un buen estado de mantenimiento de la maquinaria.

3.2 Lineamientos de contratación

- A nivel nacional, la contratación pública está regida por la Agencia Nacional de Contratación Pública -Colombia Compra Eficiente. En el caso de la adquisición de MMNC se tienen acuerdos marco de precios con siete distribuidores nacionales (vigente hasta 2025) para algunas tipologías vehiculares. En los requerimientos mínimos se incluyen características técnicas de las máquinas y su costo, pero no se hace alusión al estándar de emisión, ni al año modelo u horas de uso en caso de ser maquinaria usada.
- Sin embargo, el factor técnico adicional sí contempla el componente ambiental. Sobre un total de 100 puntos⁹, al factor técnico adicional le corresponde 45 puntos, y de éstos 10 puntos van para el componente ambiental según el estándar de la maquinaria (Tier 1: 5 puntos, Tier 2: 8 puntos, Tier 3: 10 puntos). De acuerdo a lo anterior, en los catálogos que presentan los distribuidores se incluye información de la norma ambiental que cumple el equipo.
- En la revisión de contratos de obra a nivel distrital entre el 2019 y el 2022, se evidenció que tanto el IDU como la UMV contemplaban puntaje en las licitaciones por maquinaria de menor edad (<10 o 20 años). Sin embargo, al exigirse a estas entidades adoptar Pliegos Tipo de contratación, el incentivo fue suprimido debido a una menor participación de oferentes por falta de capacidad de cumplimiento. Otras entidades distritales que poseen maquinaria como el IDIGER y algunas alcaldías locales, no contemplan ningún incentivo en sus contratos para maquinaria más moderna o condiciones mínimas de operación.
- Las exigencias en los contratos revisados frente a los requisitos y condiciones de la MMNC son mínimas, pues solo se conmina al contratista a demostrar: i. copia del Registro Nacional de Maquinarias Agrícola, Industrial y de Construcción Autopropulsada (RNMC), ii. protocolos y manuales de operación y mantenimiento; iii. certificación del último mantenimiento realizado vigente según las especificaciones de la maquinaria, iv. certificación expedida por un profesional idóneo, en el que se manifieste, que la maquinaria, equipo y vehículo, se encuentra en óptimas condiciones técnico-mecánicas de acuerdo con los parámetros establecidos por el fabricante para garantizar una operación segura. Esta última certificación carece de regulación, no hay parámetros ni lineamientos estandarizados que indiquen un buen estado de mantenimiento de la maquinaria.
- En trece de los contratos revisados en el SECOP, si bien se mencionan las características que debe cumplir la maquinaria en términos del registro documental exigido por la normatividad que se deben remitir a la interventoría para revisión y aprobación, no hacen mención específica de

⁸ <https://www.anla.gov.co/tramites-y-servicios-sipta/certificaciones-ambientales/cepd-y-visto-bueno-por-protocolo-de-montreal/cepd-tutoriales>

⁹ Colombia Compra Eficiente – factores de ponderación en pliegos Acuerdo Marco
(<https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/OpportunityDetail/Index?noticeUID=CO1.NTC.2137892&isFromPublicArea=True&isModal=False>)

condiciones técnicas propias de las fuentes móviles de uso fuera de carretera como: características del motor en relación con control de emisiones contaminantes, potencia requerida, capacidad, horas de uso o mejor tecnología (flota eléctrica).

- A pesar de la imposibilidad de modificar pliegos tipo, se podrían incorporar criterios ambientales en los contratos de obra, sin la necesidad directa de realizar ajustes sobre los pliegos de contratación, mediante una definición acertada de condiciones en las fichas técnicas de la maquinaria. Esto bajo la autonomía de las entidades públicas y con el cumplimiento de los principios de contratación pública contemplados en la Ley 80 de 1993.
- Si bien la mayoría de los contratos de adquisición de maquinaria se presenta bajo la modalidad de Selección Abreviada de Subasta Inversa en donde el criterio fundamental se presenta bajo el menor precio ofertado y no sobre condiciones ambientales, se permite en este tipo de compras y adquisiciones, mención frente al estándar de emisión de la maquinaria

3.3 Políticas públicas ambientales y reglamentación

- Los compromisos de Colombia frente a la disminución de emisiones de GEI, contemplados en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), así como políticas distritales de calidad del aire y disminución de la huella de carbono podrían promover el ascenso tecnológico de la MMNC, toda vez que se logra reducción de contaminantes criterio, CO₂ y carbono negro, un contaminante climático de vida corta.
- Así mismo, en Bogotá la definición y declaración de zonas por un mejor aire ZUMAs, reglamentadas por la SDA mediante el Decreto 492 de 2023, podría promover la operación de obras de construcción con maquinaria moderna para disminuir las emisiones a la atmósfera. Este ejercicio sería similar a las zonas de bajas emisiones (LEZ) en Londres, donde se exige que en el centro de la ciudad se debe cumplir como mínimo el estándar Stage IV.
- Por otra parte, la Política Pública de Acción Climática Bogotá 2050 podría enfatizar en la implementación de maquinaria con mejores estándares de emisión o cero emisiones, a través de la consolidación de los instrumentos que se empleen para dar cumplimiento a las metas de esta política.
- A pesar de tener compromisos firmados y políticas en materia de calidad del aire y cambio climático, hay una carencia en acciones concretas para la mitigación de emisiones en el sector de MMNC, en especial para las máquinas en uso. Es de interés revisar la experiencia de instalación de filtros DPF (retrofit) en máquinas amarillas en Chile y los proyectos de electrificación de maquinaria en Chile o Noruega.

3.4 Acciones sectoriales

- Con respecto a incentivos de participación voluntaria, en el país se viene impulsando la construcción sostenible en respuesta a las necesidades del cuidado ambiental y la mitigación del cambio climático. Se promueve la disminución y reciclaje de residuos sólidos, la eficiencia energética y, el ahorro de agua, como principales indicadores ambientales. Si bien las emisiones asociadas a la maquinaria de construcción no están implícitamente contempladas en la matriz de impactos, en los últimos años se ha buscado incorporar el impacto de la maquinaria de construcción dentro de las responsabilidades de la obra.
- El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), en la última actualización de la certificación CASA, versión 3.0, incluyó como requerimiento opcional la gestión avanzada de impactos durante la construcción, en especial, la reducción de emisiones contaminantes por

maquinaria de construcción cumpliendo los umbrales de estándares Tier3/Stage IIIA o superiores.

- Algunos instrumentos de participación voluntaria identificados tienen que ver con políticas ambientales de casas matrices distribuidoras de maquinaria. Las metas de reducción de la huella de carbono o la carbono neutralidad, incluyen algunas veces las emisiones de la maquinaria que se buscan reducir mediante el ascenso tecnológico o la sustitución de motores de combustión por motores eléctricos.

Tabla 5. Resumen de barreras y condiciones habilitantes identificadas en el componente normativo

Barreras o limitaciones	Condiciones habilitantes
<ul style="list-style-type: none">• Mínima exigencia normativa de parámetros técnicos a la maquinaria.• Falta de interés por algunos distribuidores con respecto a la entrada de la regulación.• Pliegos tipo no permite puntaje por menor edad o tecnologías cero emisiones (eléctrica).• Número limitado de acuerdos marco de precios en Colombia Compra Eficiente.• Imposibilidad de restringir alquiler de maquinaria por edad en Colombia Compra Eficiente.	<ul style="list-style-type: none">• Jornadas de socialización del proyecto normativo por parte de la autoridad ambiental.• Inclusión de puntaje por ascenso tecnológico en contratos del Distrito y en Colombia Compra Eficiente• Modalidades de contratación pueden incluir ascenso tecnológico en las fichas técnicas de la maquinaria.• Políticas de calidad del aire y reducción de huella de carbono pueden promover el ascenso tecnológico de la maquinaria.• Posibilidad de acceder a beneficios tributarios en proyectos que contribuyan al desarrollo sostenible.

Referencias

MADS, & COSUDE. (2022). *Inventario de emisiones de fuentes móviles de uso fuera de carretera en Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/INVENTARIO-DE-EMISIONES-DE-FMFC.pdf>



Es un Programa de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**

calac@swisscontact.org.pe

www.programacalac.com

Facebook: @CALACplus

Twitter: @Calacplus

Ejecutado por:



Calle José Gálvez N° 692 - Piso 7, Miraflores

Lima 15073, Perú,

Teléfonos: +51 (0)1 500 5075

www.swisscontact.org