

MADRID



Hoja de ruta hacia la neutralidad climática en 2050

Actualización 2022



MADRID

MADRID

Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática en 2050

- 1** Visión y compromiso
- 2** Situación de partida
- 3** Objetivos de reducción de emisiones
- 4** Sectores y palancas de transformación
- 5** Análisis económico
- 6** Coordinación entre administraciones y colaboración público-privada
- 7** Acciones clave del ámbito municipal
- 8** Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
- 9** Seguimiento y comunicación
- 10** Amenazas y barreras
- 11** Anexos y documentación relacionada

1

Visión y compromiso

El Cambio Climático es el mayor reto ambiental al que se enfrenta el planeta. Sin embargo, sus consecuencias trascienden este ámbito incidiendo directa e intensamente en la sociedad y la economía. La crisis climática se manifiesta en diferentes formas y magnitudes tanto a escala global como local.

Las ciudades son un elemento clave en esta crisis. Constituyen núcleos de alta intensidad energética y, por consiguiente, son responsables de gran parte de los volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero que se vierten a la atmósfera. Pero a su vez, son objeto de los impactos derivados de las alteraciones climáticas, que ponen en riesgo los sistemas urbanos, desde los relacionados con el abastecimiento de recursos esenciales como el agua, la energía o los alimentos, a aquellos concernientes a la salud, los flujos migratorios o la actividad económica. En todo caso, la solución a este reto pasa por las ciudades, por el desarrollo de su potencial de recursos, conocimiento y acción.

La Estrategia de Sostenibilidad Ambiental Madrid 360, presentada en septiembre de 2019, ya apuntaba en su introducción que *“la necesidad imperiosa de frenar el cambio climático llevó a la Unión Europea a establecer límites más claros y ambiciosos en la emisión de gases dentro de las ciudades”*. En este contexto, en 2020, el Consejo Europeo ha refrendado el nuevo objetivo, vinculante para la UE, de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero de la Unión en, al menos, un 55% para 2030 con respecto a los valores de 1990 (Pacto Verde Europeo). En consecuencia, la Estrategia Madrid 360 desarrolla esta Hoja de Ruta, que no solo responde a este llamamiento, sino que establece un nivel de ambición mayor, como corresponde a aquellas ciudades que quieren situarse a la vanguardia de la lucha frente al Cambio Climático.

Así, la acción climática que se refleja en esta Hoja de Ruta deriva del objetivo general establecido por la Estrategia Ambiental Madrid 360 de transformar Madrid en una ciudad más sostenible desde el punto de vista ambiental, incidiendo de forma directa sobre una mejora en la calidad de vida, en el desarrollo de una economía baja en carbono y en una mayor seguridad y resiliencia frente a los riesgos climáticos. En ella se identifican y desarrollan aquellas acciones especialmente relevantes de Madrid 360 en materia de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de detener, revertir y mitigar los efectos derivados del Cambio Climático.

La [Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática para 2050 de la Ciudad de Madrid](#), alinea las políticas municipales con las europeas y estatales, y hace propios los retos más ambiciosos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta Hoja de Ruta tiene por metas [reducir las emisiones de la ciudad de Madrid el 65% en 2030, respecto a 1990 y alcanzar la neutralidad climática en el año 2050](#) (escenario sostenible).

Pero este viaje no comienza ahora, Madrid ya tiene un camino hecho en esta dirección. Esta Hoja de Ruta se suma a un conjunto de compromisos, planes e instrumentos que constituyen la planificación climática de la ciudad de Madrid, un plan vivo que va actualizando, ampliando y añadiendo nuevas iniciativas.

La Hoja de Ruta constituye, por tanto, un análisis de carácter técnico que tiene por objeto dar soporte al compromiso político de acción frente al Cambio Climático de la ciudad de Madrid. Este compromiso responde, en primer término, a movimientos y herramientas de carácter internacional entre los que destacan:

■ **Pacto verde europeo (Green Deal).** El 11 de diciembre de 2019, la Comisión presentó su Comunicación sobre el **Pacto Verde Europeo**. Se trata de una nueva estrategia de crecimiento para la UE tendente a transformarla en una sociedad climáticamente neutra, equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva. En la reunión del Consejo Europeo de diciembre de 2019, los dirigentes de la UE reiteraron su empeño en ejercer un papel motor en la lucha mundial contra el cambio climático, confirmando el objetivo de la neutralidad climática para 2050. En diciembre de 2020, el Consejo Europeo ha refrendado el nuevo objetivo, vinculante para la UE, de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero de la Unión en al menos un 55% para 2030 con respecto a los valores de 1990, lo que representa 15 puntos porcentuales por encima del objetivo de 2030 acordado en 2014. Los dirigentes de la UE han instado al Consejo y al Parlamento a que reflejen este nuevo objetivo en la propuesta de Ley Europea del Clima y a que adopten rápidamente esta ley.

■ **Fondos de recuperación, transformación y resiliencia** (Next Generation EU). Ambicioso Plan de financiación que recoge, como uno de los principales objetivos en el programa de España, “Un país que apuesta por la descarbonización, que invierte en infraestructuras verdes y que transita desde las energías fósiles hasta un sistema energético limpio”, siendo la transición ecológica uno de los cuatro ejes transversales. La variable climática es, por tanto, uno de los ejes para destinar los fondos asociados al Plan.

■ **El Acuerdo de París** alcanzado en el marco de la Conferencia de las Partes (COP21, diciembre 2015) de la Convención sobre el Cambio Climático, que establece conforme a las conclusiones de la comunidad científica (IPCC) el objetivo de limitar el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2 °C, recomendando mantener incluso por debajo de los 1,5 °C este incremento para evitar consecuencias irreversibles y que, en términos de reducción de emisiones, deberá traducirse en la especificación de contribuciones determinadas a nivel nacional. A destacar también el papel relevante de Madrid en la celebración de la **COP 25** (diciembre 2019) en la que se reiteró la visión y ambición climática de nuestra ciudad.

■ El reto asumido por el Ayuntamiento de Madrid como miembro de la Red de Liderazgo de ciudades frente al Cambio Climático **C40**, que requiere la elaboración de una Hoja de Ruta antes de 2020 (Iniciativa Deadline 2020) para alcanzar la neutralidad en emisiones de gases de efecto invernadero antes de 2050, con un objetivo intermedio en 2030.

■ **Pacto de Alcaldías por el Clima y la Energía**, del que Madrid forma parte desde su fundación en 2008 con el propósito de reunir a los gobiernos locales que voluntariamente se comprometen a alcanzar y superar los objetivos de la UE en materia de clima y energía.

La Hoja de Ruta desarrolla la acción climática ya reflejada de forma genérica en la **Estrategia Ambiental Madrid 360** y en el **Plan de calidad del aire y cambio climático**, que también se recoge específicamente en distintas declaraciones institucionales como:

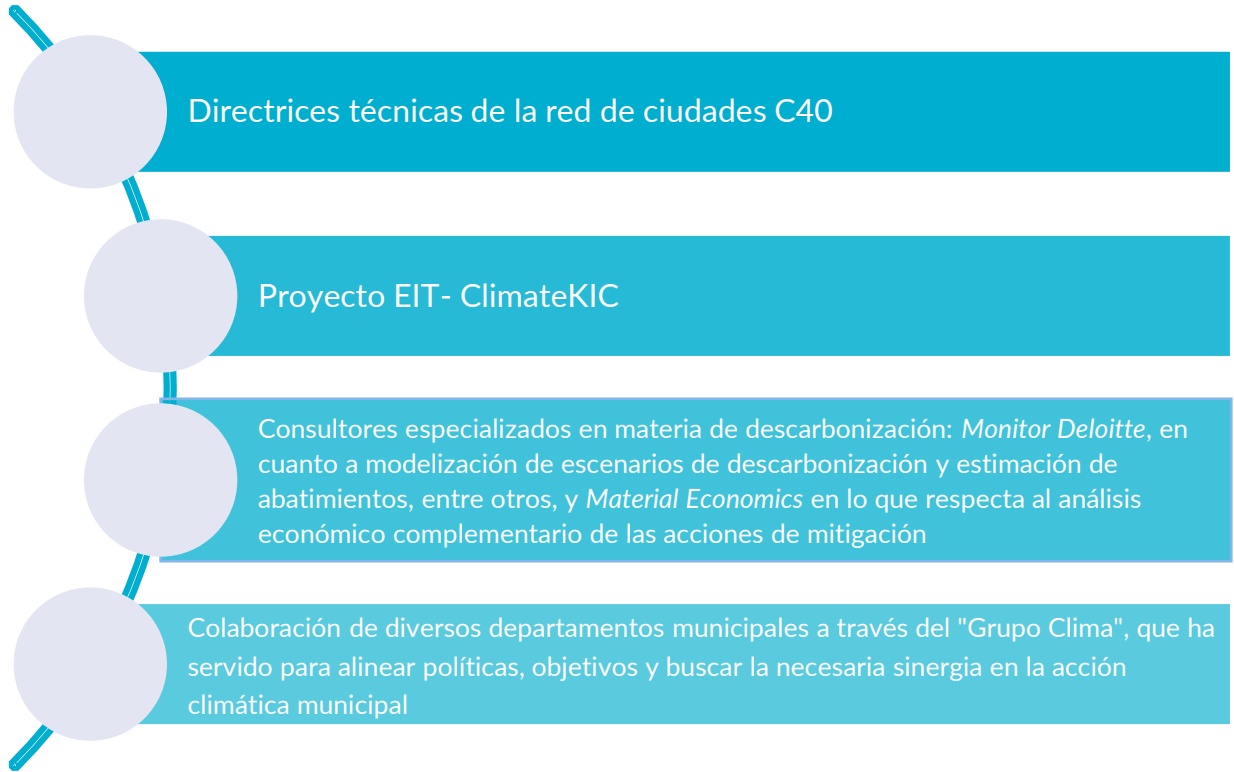
■ Acuerdos de la Villa 2020, en cuyo Acuerdo MEC.GT1.067/274 se señala la necesidad de acciones municipales específicas de lucha contra el Cambio Climático, con el fin de alcanzar como mínimo los objetivos nacionales y europeos para los años 2030 y 2050 sobre descarbonización y neutralidad climática.

■ Declaración de Emergencia Climática (25/09/2019), por la que el Pleno municipal aprobó la necesidad de establecer los compromisos políticos, normativas y recursos necesarios para garantizar la reducción progresiva de gases de efecto invernadero.

La Hoja de Ruta pone a Madrid ante un gran desafío que implica una transformación urbana y la integración transversal de la acción climática en las políticas municipales. Con este fin, la ciudad ha participado en el proyecto del Instituto Europeo de Innovación y Tecnología **Deep Demo Climate-KIC**. Esta participación, aprobada por el Pleno municipal en Julio de 2020, supone evaluar e innovar en los procesos y mecanismos de colaboración que permitan acelerar la transición hacia la neutralidad climática.

Así mismo y bajo este enfoque de innovación climática, Madrid ha presentado en 2022 su propuesta para formar parte de la **Misión Europea de ciudades inteligentes y climáticamente neutras**, uno de los componentes que estructuran el nuevo Programa Marco Europeo de Investigación e Innovación “Horizonte Europa” previsto para el periodo 2021-2027 y cuyo objeto es apoyar, promover y mostrar la transformación de cien ciudades europeas hacia la neutralidad climática de aquí a 2030 para convertirlas en centros de experimentación e innovación para todas las demás. En este contexto, en septiembre de 2021, el alcalde de Madrid firmó la declaración institucional de la iniciativa “**citiES 2030 de ciudades climáticamente neutras**”, junto con Barcelona, Sevilla y Valencia. Esta iniciativa se configura como el referente a escala nacional de la Misión UE y, por tanto, posiciona a Madrid en la vanguardia de ciudades que ya están actuando para establecer una herramienta de colaboración con el Estado español y otras administraciones para avanzar en la descarbonización urbana.

El documento que se desarrolla a continuación es el resultado de un análisis, coordinado desde el Área de Medio Ambiente y Movilidad, que ha contado con la contribución de distintas fuentes:



2

Situación de partida

En los últimos años la ciudad de Madrid ha puesto en marcha políticas, planes y acciones para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Habitualmente estas acciones se han asociado a otros planes municipales como los de calidad del aire, movilidad o regeneración urbana, aprovechando recursos, desarrollando sinergias y tratando de orientar en la misma dirección las distintas políticas municipales.

Para conocer el estado y la evolución de estas emisiones a la atmósfera, el Ayuntamiento de Madrid elabora anualmente el Inventario de GEI de la ciudad de Madrid. El inventario ofrece información de las emisiones directas (alcance 1) e indirectas por consumo eléctrico y pérdidas por la distribución (alcances 2 y 3), desagregadas por sectores de actividad.

El Inventario sigue la metodología del proyecto europeo CORINAIR, coordinado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y cumple los requisitos establecidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Grupo de Trabajo sobre Inventarios y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera de la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas (TFEIP - UNECE). La recopilación, análisis y consolidación de información implica un desfase en la publicación del inventario, de forma que el último informe corresponde al año 2019. Los valores del Inventario de emisiones de GEI 2019 arrojan un volumen total de emisiones de **10.048 ktCO₂eq**, de las cuales **7.208 ktCO₂eq** (71,7%) son emisiones directas y **2.840 ktCO₂eq** (28,3%) indirectas.

Desagregación sectorial del total de emisiones de GEI (año 2019)

Sector	Emisiones kt CO ₂ eq	Contribución (%)
Residencial, Comercial e Institucional	4.630,0	46,1
Industria*	596,3	5,9
Transporte por carretera	2.591,3	25,8
Otros modos de transporte	1.093,3	10,9
Tratamiento y eliminación de residuos**	744,7	7,4
Otros***	392,0	3,9
TOTAL	10.047,6	100

(*) Incluye emisiones industriales derivadas o no de procesos de combustión (grupos SNAP 03 y 04)

(**) Incluye tratamiento de residuos y tratamiento de aguas residuales

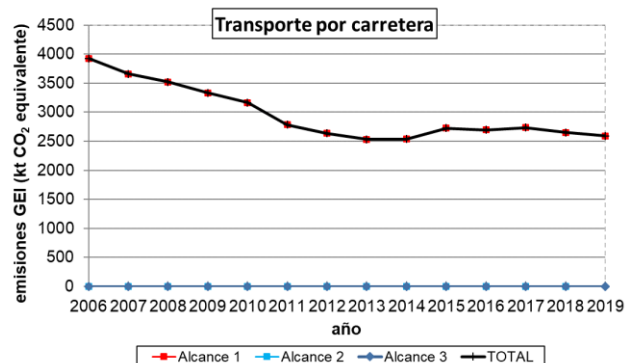
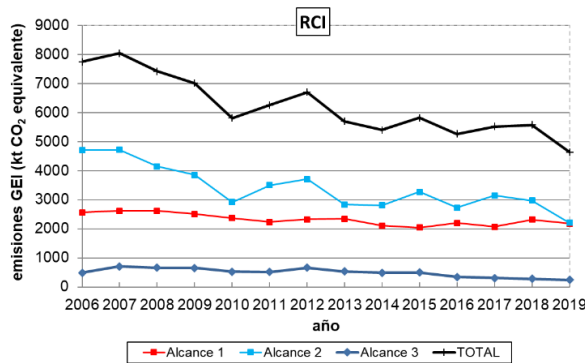
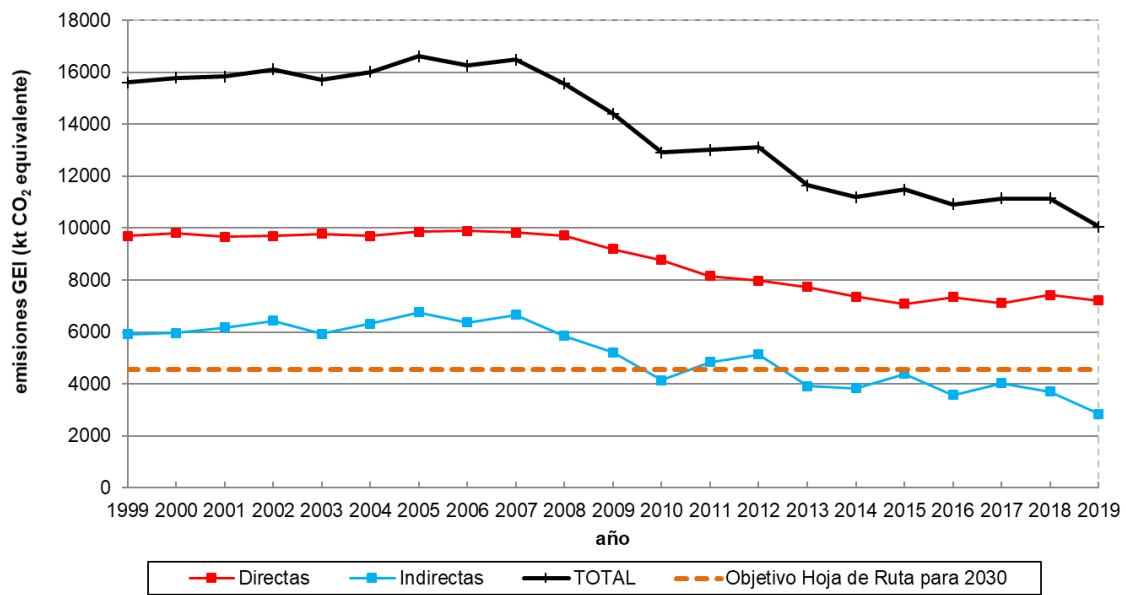
(***) Incluye la Extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes y otros productos, la agricultura y la naturaleza (exceptuando los sumideros)

Emisiones directas e indirectas de GEI (año 2019)

Año 2019	Emisiones kt CO ₂ eq	Contribución (%)
Directas	7.207,7	71,7
Indirectas	2.839,6	28,3
TOTAL	10.047,6	100

Por sectores de actividad, el Residencial, Comercial e Institucional (RCI) es el que tiene una mayor contribución de emisiones **4.630 ktCO₂eq** (46,1%), seguido por el de Transporte por carretera **2.591 ktCO₂eq** (25,8%) y otros modos de transporte **1.093 ktCO₂eq** (10,9%), dada la influencia del aeropuerto de Barajas en el cómputo global municipal.

Respecto a 1990, en el año 2019 las emisiones directas de GEI del municipio han disminuido un 14% y las emisiones indirectas un 39,2%, lo que implica una reducción del total de emisiones del 23%. En el periodo 1999-2019, las emisiones directas del sector “RCI” han disminuido un 11,9% (pese al crecimiento experimentado en el último año) y las del “Transporte por carretera” un 34%.



Los indicadores muestran un cifra muy inferior de emisiones per capita en el municipio de Madrid en relación a la media nacional, así como una mayor intensidad energética.

En 2019 el municipio de Madrid acogió el 7% de la población nacional y generó el 3% de las emisiones totales de GEI. Así, la emisión per cápita municipal fue un 54% inferior a la media nacional (3,1 frente a 6,7 t/habitante). Del mismo modo, Madrid generó el 13% del PIB nacional, por lo que su “intensidad de emisión por unidad de PIB” fue un 75% inferior al valor nacional (70 frente a 275 t/M€₂₀₁₀). Estas importantes diferencias se deben, en gran medida, a la estructura productiva del municipio, cuya actividad económica se basa en el sector terciario (servicios) y no en la industria que, al consumir más energía, genera más emisiones.

Indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (año 2019)

Año 2019	Emisión per cápita (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₁₀)
Madrid	3,1	70
España	6,7	275
Ratio Madrid/España	0,46	0,25

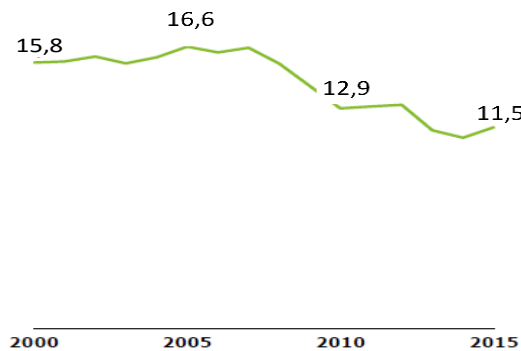
En el periodo evaluado (2000-2019), la emisión per cápita municipal ha tenido un mayor descenso que en el conjunto nacional (44% frente al 30 % nacional) y, desde el punto de vista de las emisiones por unidad de PIB, este indicador muestra en Madrid una reducción del 58% en el periodo 2000-2019.

Los esfuerzos de mitigación se han centrado en los sectores más emisores, el transporte y la edificación asociados al desarrollo de políticas convergentes como las de Calidad del Aire, la rehabilitación de edificios o la eficiencia energética.

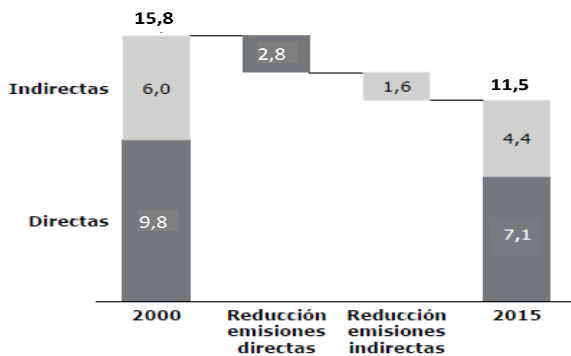
En general, la ciudad de Madrid, gracias al conjunto de acciones municipales y de otras instituciones y sectores, está siguiendo una senda acertada en la reducción de emisiones. Si bien, las tendencias muestran la necesidad de acelerar e incrementar los ritmos de reducción.

Respecto al periodo 2000 – 2015. La evolución de las emisiones de GEI muestra una tendencia de reducción, pasando de las 15,8 MtCO₂eq al comienzo de ese periodo, hasta alcanzar las 11,5 MtCO₂eq en 2015. La reducción de las emisiones indirectas (las asociadas al consumo de energía eléctrica y a las pérdidas en su distribución) supera 26,4%, mientras que el de las directas ha alcanzado el 27,7%

Evolución de emisiones GEI totales en Madrid
(Mt CO₂eq; 2000-2015)



Evolución de emisiones directas e indirectas en Madrid entre el 2000 y el 2015
(Mt CO₂eq; 2000-2015)



Fuente: Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del municipio de Madrid

En todo caso, la consecución de los objetivos que se establecen en esta Hoja de Ruta incide en la necesidad de continuar e intensificar las políticas de mitigación de emisiones, afrontando retos como el **desacoplamiento del crecimiento económico del incremento en el consumo energético y de emisiones**, y promoviendo un desarrollo inclusivo que cuente con la implicación de la ciudadanía y ayude a la cohesión social, impulsando la transformación urbana hacia modelos sostenibles.

Contexto socio económico

El cumplimiento de los objetivos de la Hoja de Ruta estará estrechamente ligado a la evolución del contexto socio-económico que acompañe al proceso. La puesta en práctica de muchas de las medidas requerirá inversiones económicas, tanto desde el ámbito público como privado, y un objetivo explícito de cohesión social y desarrollo inclusivo.

El Ayuntamiento publica anualmente el informe [Madrid Economía](#), un análisis de la situación socio-económica de la ciudad que ofrece un panorama general de la situación actual y tendencias. La [edición 2021](#) expone una situación de crecimiento económico mantenido en los últimos años, en una clara senda de recuperación desde la crisis producida a finales de la primera década de este siglo. Sin embargo, la crisis sanitaria provocada por la pandemia presenta una gran incertidumbre y un freno a esta tendencia en el corto plazo, debido a la caída del empleo y de la actividad de algunos sectores estratégicos.

En términos demográficos, la población de la ciudad ha encadenado cinco años de crecimiento, alcanzando en 2020 la cifra de 3.334.730 habitantes, habiéndose registrado un descenso del 0,8 % en 2021, hasta los 3.305.408, según los datos definitivos de la Estadística del Padrón continuo, publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). La llegada de personas desde fuera de España ha permitido la incorporación de trabajadores a la actividad productiva, con un ensanchamiento de la pirámide de población en los tramos de edad más activos laboralmente y un rejuvenecimiento de ésta.

La estructura productiva de la ciudad está dominada por los servicios (88,3%), seguida de la industria (7,4%) y la construcción (4,3%). Dentro de los servicios, las ramas más destacadas son Información y comunicaciones, Actividades profesionales, científicas y técnicas, Actividades inmobiliarias y Actividades financieras. Estos cuatro grupos concentran el 40% del valor añadido total generado por la economía de Madrid.

La economía de Madrid ha destacado en los últimos años por una relativa fortaleza, acompañada de una dinámica empresarial al alza. El PIB creció un 2019 un 2,4 %, el mayor de España. La pandemia ha provocado que la actividad económica madrileña retrocediera un 10,5 % el pasado año 2021, ligeramente menos de lo que hizo el conjunto de España, aunque las previsiones son de un crecimiento y se espera que en 2022 se supere el nivel de actividad anterior a la pandemia. El análisis destaca la importancia en la ciudad de sectores estratégicos como el turismo, las infraestructuras en transporte, la investigación y formación o el sector financiero y la exportación. Más allá de esta imagen general, la Hoja de Ruta tiene como principio incorporar, en el desarrollo de las acciones y medidas, metodologías de análisis del contexto socio-económico. Este análisis resulta fundamental, tanto en el ámbito de la mitigación como en el de la adaptación, si bien tiene especial relevancia en este último y de manera específica en acciones localizadas en barrios y áreas con alta vulnerabilidad. El Ayuntamiento dispone de numerosas herramientas que permiten acercarse a un diagnóstico urbano, tales como el análisis socio-económico, Informes de diagnóstico por distrito, índices de vulnerabilidad por distritos, o el diagnóstico de ciudad realizado con motivo de los trabajos de Revisión PGOUM, entre otros. La elaboración de esta Hoja de Ruta y la estimación de potenciales de abatimiento ha incorporado el contexto socio-económico a través del análisis de las siguientes variables.



3 Objetivos de reducción de emisiones

La urgencia por acelerar los procesos de reducción de emisiones ha provocado la necesidad de aumentar el nivel de ambición en cuanto a objetivos de descarbonización y reducir los plazos para alcanzar la neutralidad en carbono.

El Acuerdo de París y los objetivos planteados por la Unión Europea en el Marco sobre Clima y Energía para 2030 son las referencias a nivel europeo. En el ámbito local, el Ayuntamiento de Madrid adopta inicialmente los objetivos recogidos en el Plan A, Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de la ciudad de Madrid. Sin embargo, con el fin de alcanzar las metas europeas más avanzadas y observando el contexto del Pacto Verde Europeo, la ciudad de Madrid no solo asume el reto de la Comisión Europea para intensificar la ambición climática de Europa para 2030, sino que apuesta por un compromiso más ambicioso dentro de su Estrategia Ambiental Madrid 360:

Reducción del 65% en las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 (respecto 1990), superando la ambición europea en 10 puntos y posicionando a Madrid en la senda de la neutralidad climática para 2050

Así pues, considerando que las emisiones en el año 1990 fueron **12.954 ktCO_{2eq} (13 MtCO_{2eq})** y que, conforme a la evolución experimentada hasta la fecha y la previsible trayectoria (escenario tendencial) no es posible alcanzar los objetivos planteados, se plantean los siguientes escenarios de reducción de emisiones GEI de la ciudad de Madrid:

Siguiendo el **escenario sostenible**, que implica acentuar las medidas de reducción con mayor capacidad de abatimiento y establecer herramientas innovadoras de implementación tal y como se describe más adelante, el volumen de emisiones previsto para **2030** será de **4,5 MtCO_{2eq}** lo que supone una reducción de **65,3% MtCO_{2eq}** respecto al año 1990, llegando a las **1,4 MtCO_{2eq}** en **2050**, y alcanzando la neutralidad a través de mecanismos de compensación.

Siguiendo el **escenario extendido**, que requiere cambios socioeconómicos no probables, aunque técnicamente viables, el volumen de emisiones previsto para **2030** será de **3,4 MtCO_{2eq}** lo que supone una reducción de **73,8% MtCO_{2eq}** respecto al año 1990, llegando a las **0,6 MtCO_{2eq}** en **2050**, y alcanzando la neutralidad a través de mecanismos de compensación.

Escenarios de reducción de emisiones

Alcanzar los objetivos planteados implica el desarrollo de políticas, planes y acciones que, desde todos los ámbitos de la sociedad pero especialmente desde las distintas administraciones, promuevan una transformación de los sectores y palancas responsables de las emisiones.

La neutralidad en emisiones de carbono para el año 2050 supone una reducción anual paulatina que deberá cumplir con unos objetivos parciales hasta ese momento. La intensidad en la reducción de emisiones será determinada por el conjunto de medidas que se apliquen, tanto desde el ámbito local como del contexto supramunicipal.

En función de la aplicación de medidas y de las condiciones de contexto se definen 3 trayectorias para la ruta de descarbonización:

**ESCENARIO
TENDENCIAL**

Se considera el crecimiento económico pronosticado, la reducción de emisiones de acuerdo con los ritmos actuales de evolución de la demanda energética, la penetración de tecnologías y los patrones de actividad y consumo actuales

Evolución tendencial de las palancas de reducción de emisiones (ej. renovación de equipos al final de vida útil por otros más eficientes, pero de igual tecnología).

Reducción del factor de emisión asociado al mix eléctrico del 60% aprox. (2030 vs 2015) y del 100% de acuerdo con las proyecciones recogidas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PENIEC).

Tendencia de crecimiento económico según lo esperado.

**ESCENARIO
SOSTENIBLE**

Al crecimiento económico esperado y la evolución tendencial, dada por las condiciones de contexto, se suma la aplicación de medidas ambiciosas y más intensivas en la reducción de emisiones

Tendencia de crecimiento económico según lo esperado y aplicación de medidas sobre los patrones de actividad y consumo reduciendo la demanda energética (ej. esquemas urbanos de proximidad, teletrabajo...).

Aplicación de medidas ambiciosas que intensifican la reducción de emisiones GEI (ej. renovación de equipos adelantada a su vida útil, impulso a la penetración de nuevas tecnologías, bomba de calor, vehículo eléctrico, rehabilitaciones, etc.).

Incremento de la ambición en la reducción del factor de emisión asociado al mix eléctrico hasta alcanzar 85% aprox. (2030 vs 2015) y del 100% de acuerdo con las proyecciones recogidas en el PENIEC

**ESCENARIO
EXTENDIDO**

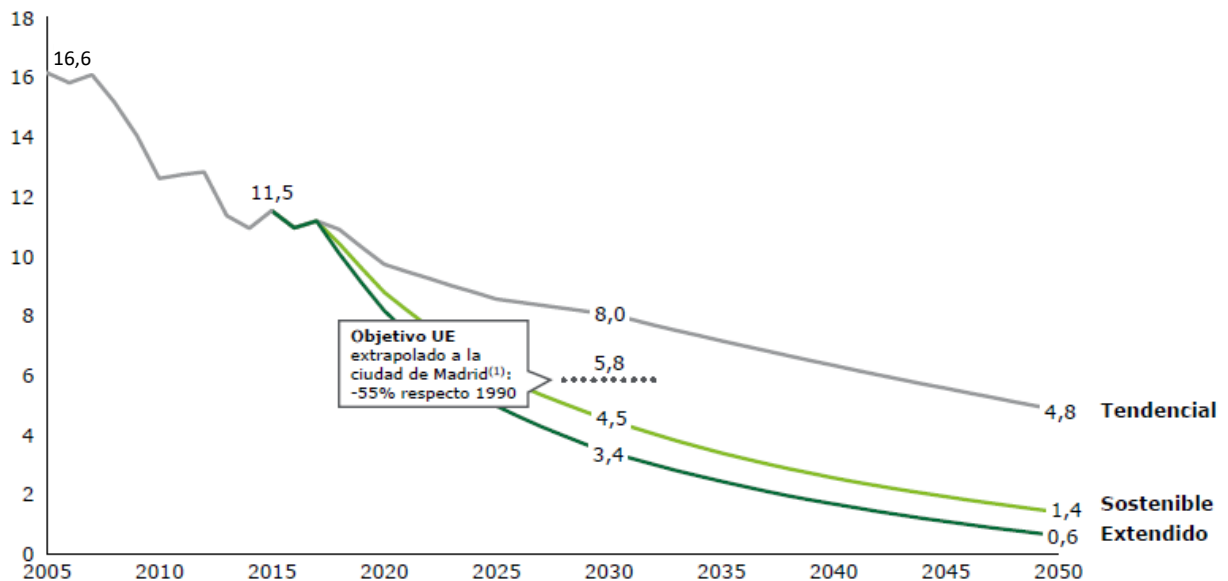
Sobre las proyecciones esperadas del escenario sostenible se aplican medidas adicionales y más intensivas respecto a la reducción de la demanda y la penetración de nuevas tecnologías, aunque se incrementa el grado de incertidumbre al proyectar contextos políticos, sociales o técnicos menos definidos

Se mantienen las proyecciones económicas del escenario tendencial pero se incide con mayor intensidad en medidas de reducción de la demanda energética

Las medidas aplicadas en el escenario tendencial se intensifican para alcanzar mayores reducciones, pero sobre supuestos menos fiables de contexto político, social, y tecnológico

Reducción del factor de emisión asociado al mix eléctrico hasta alcanzar 85% aprox. (2030 vs 2015) y del 100% de acuerdo con las proyecciones recogidas en el PENIEC.

Emisiones por escenario 2005-2050
(Mt CO₂eq)



De acuerdo con el desarrollo de las trayectorias, tanto en el escenario sostenible, como en el extendido, se cumplen los objetivos ambiciosos de la UE para el año 2030. El escenario sostenible muestra un nivel de emisiones en ese año de **4,5 MtCO₂eq**, reduciendo un 61% el volumen de toneladas respecto al año 2015 y del 65,3% respecto a 1990, mejorando así las metas propuestas por la UE.

El escenario extendido incrementa esta ambición llegando a 3,4 MtCO₂eq en 2030, un 70,4% menos que en 2015 y del 73,8% respecto a 1990.

En el año 2050 aún quedarían emisiones residuales **1,4 MtCO₂eq** en el escenario sostenible y **0,6 MtCO₂eq** en el extendido, que deberían neutralizarse a través de medidas de compensación complementarias como la absorción por medio de plantaciones forestales.

Como se pone de manifiesto en la gráfica, el periodo 2020-2030 tiene una especial relevancia en las trayectorias de descarbonización, siendo necesaria una marcada intensidad en la aplicación de medidas y en la creación de las condiciones para provocar una descarbonización inercial en el segundo periodo 2030 -2050.

Co-beneficios de las políticas de mitigación

El camino hacia la neutralidad implica una evolución de muchos de los modelos urbanos actuales y una transformación social y económica. En este proceso, debe destacarse la importancia de los co-beneficios que van a producirse de manera asociada a las acciones de descarbonización.

Las actuaciones en materia de eficiencia energética sobre el parque edificado tendrán como efecto asociado la mejora de la calidad habitacional, especialmente en aquellos edificios y zonas más vulnerables de la ciudad, y mejorarán también las condiciones de acceso a la energía, reduciendo las situaciones de pobreza energética.

La evolución en la movilidad tendrá un efecto directo en la calidad del aire de la ciudad y en el impacto acústico, debido a la reducción de la demanda y a la penetración de nuevas tecnologías. La incorporación de conductas como el teletrabajo o el desarrollo de un urbanismo de proximidad provocarán la reducción de la demanda de desplazamientos y ampliará la presencia de modos no motorizados como el peatonal y el ciclista.

El desarrollo de mecanismos de compensación, como la creación de bosques sumideros de carbono, incrementará sustancialmente la presencia de naturaleza y biodiversidad en la ciudad con todos los beneficios asociados que esto supone.

A las acciones de mitigación se sumarán las de Adaptación al Cambio Climático en la ciudad. A la reducción de los impactos climáticos que producen estas medidas se añaden los múltiples beneficios que proporcionan, desde la mejora en salud de los ciudadanos, de la calidad de los espacios públicos, del estímulo de economías locales, de la gestión del agua o de la reducción de costes en seguros, entre un sinfín de otros efectos.

PALANCAS DE DESCARBONIZACIÓN

Reducción de la demanda de turismo privado

Cambio modal

Nuevas tecnologías del transporte

Rehabilitación energética

Electrificación de sistemas de calefacción

Reducción volumen de residuos

Incremento de tasas de recuperación

Compensación de emisiones

BENEFICIOS ASOCIADOS EN ...

Salud

Biodiversidad

Naturación urbana

Calidad del aire

Equidad e inclusión social

Gestión del agua

Accesibilidad energética

Energía limpia

Acústica

Crecimiento económico

Economías locales. Nuevos modelos de negocio

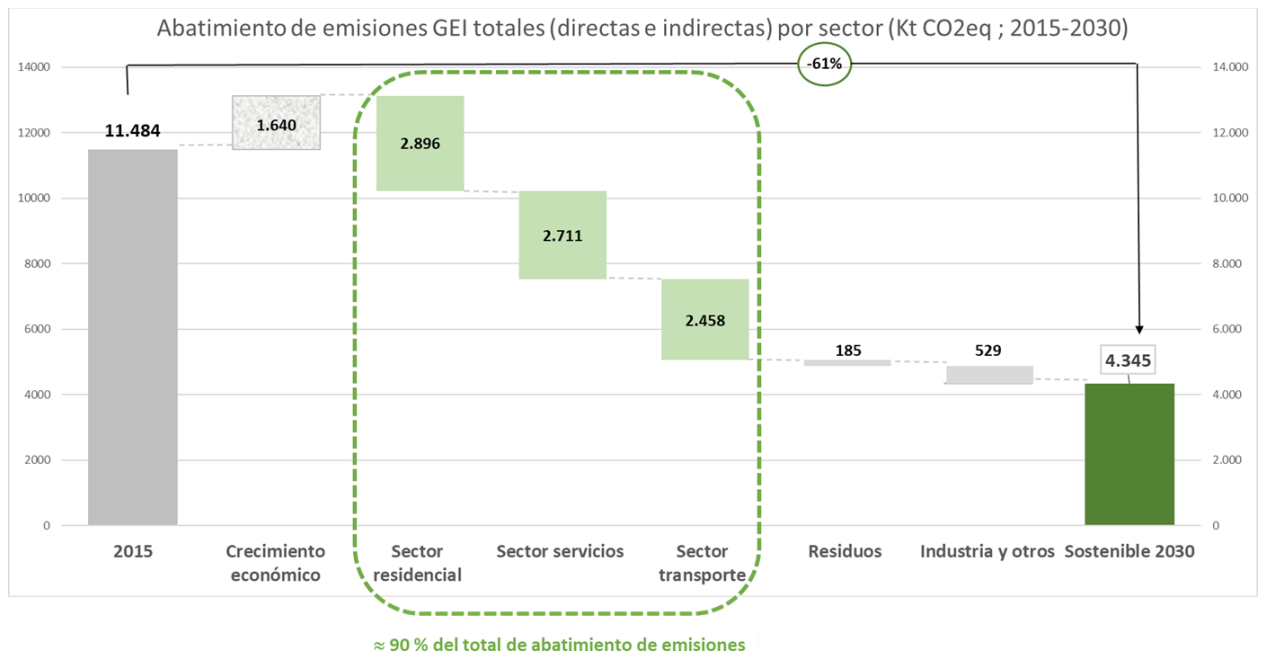
Fomento economía circular

...

4

Sectores y palancas de transformación

El objetivo global de reducción de las emisiones de GEI se alcanzará por la suma de los abatimientos producidos en cada uno de los sectores. La trayectoria marcada por el escenario sostenible muestra una contribución por sector en el periodo 2015-2030 según el gráfico siguiente.



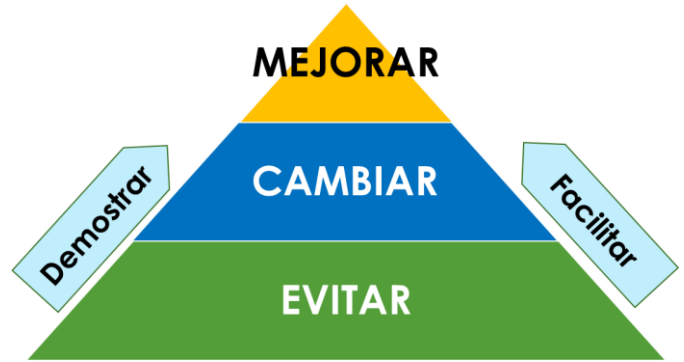
La suma de los abatimientos sectoriales entre el periodo 2015-2030 equivale a una reducción de emisiones del 61%, y del 65,3% respecto a 1990. (Cumplimiento de objetivos de UE).

El **sector residencial** es el que debe contribuir con el mayor volumen de reducciones (**2,9 MtCO₂eq**), seguido del sector servicios (**2,7 MtCO₂eq**) y el de transporte (**2,4 MtCO₂eq**). Como se aprecia en el gráfico, la suma de las emisiones abatidas de los sectores de transporte, residencial y servicios aglutina la mayor parte de las emisiones a reducir, más del 91%.

Es, por tanto, en estos sectores donde deberá intensificarse la acción, aunque sin dejar de actuar en las otras áreas, ya que las estrategias de descarbonización deben ser integrales entendiendo las interrelaciones y la complejidad del sistema urbano.

Si bien el objetivo primordial de la Hoja de Ruta es identificar y acelerar aquellas medidas que tienen un potencial de reducción más significativo es importante señalar que el marco genérico de la misma no puede desestimar la necesaria **jerarquía de intervención** hacia un nuevo modelo urbano y el desarrollo de políticas emblemáticas, independientemente del potencial de reducción a corto plazo de las palancas de transformación. Esta jerarquía de políticas hacia la sostenibilidad adopta el enfoque de **EVITAR - CAMBIAR - MEJORAR**:

1-EVITAR: las acciones de aislamiento, rehabilitación y eficiencia energética en el sector de la edificación, la reducción en la demanda de viajes motorizados o la reducción de generación de residuos son ejemplos básicos de un modelo urbano sostenible, aunque su impacto en términos de emisiones de GEI sea paulatino o difícil de cuantificar.



2-CAMBIAR: la selección del modo u opción más eficiente es el segundo escalón en esta jerarquía. Así, la adopción de modos de movilidad activa (peatonal, ciclista) o transporte público, tecnologías de alta eficiencia como la bomba de calor o esquemas para la reutilización de materiales serían ejemplos de acciones

3-MEJORAR: la incorporación de tecnologías mejoradas que reduzcan el impacto en emisiones constituye el tercer paso en la transformación, una vez implementadas acciones dirigidas a evitar consumos y a adoptar las modalidades más eficientes. Como ejemplos de esta mejora cabe destacar la movilidad eléctrica, la generación eléctrica y térmica con fuentes renovables o la recuperación de materiales a partir del reciclaje y la valorización de los residuos.

El papel del Ayuntamiento en esta jerarquía de acciones es doble, por una parte facilitar su desarrollo a través de normativas habilitantes, una planificación urbana alineada con los objetivos y unos servicios municipales que favorezcan su escalado y, por otra, actuar como elemento demostrador que sirva de ejemplo y de experimentación de las soluciones climáticas innovadoras.

A continuación se analizan las principales palancas de abatimiento de emisiones para los principales sectores. Al final del apartado se incluye una tabla resumen y las acciones clave a desarrollar asociadas a dichas palancas de reducción. Así mismo en el apartado 7 se profundiza en las acciones y procesos clave desde la perspectiva municipal.

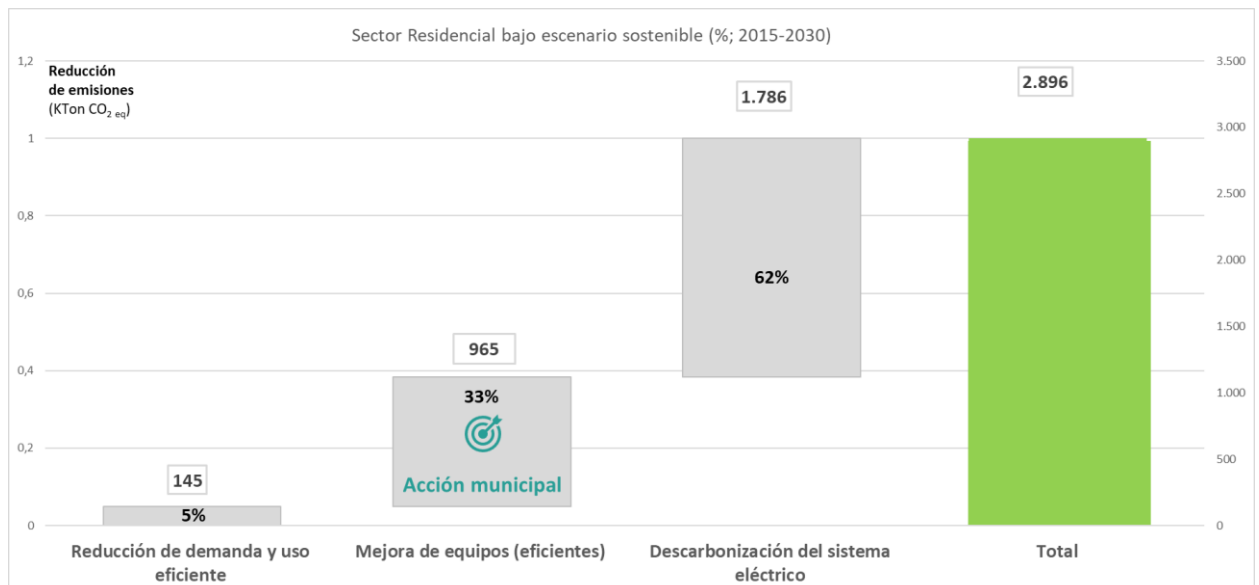
Análisis de la reducción de emisiones en los principales sectores en el periodo 2015-2030

Sector residencial

Dada la mayoritaria contribución de emisiones indirectas, derivadas del consumo eléctrico, en el sector residencial y la progresiva electrificación de la demanda energética del mismo para satisfacer necesidades de climatización, tiene especial relevancia la reducción de emisiones asociadas a la descarbonización del mix eléctrico por incorporación de fuentes renovables en la generación. En el escenario sostenible, la descarbonización esperada de la matriz energética en el periodo 2015-2030 implica una reducción de emisiones de **1,8 MtCO₂eq**, más del 60% en este sector.

En segundo lugar, la renovación de equipos térmicos a calderas de condensación de GN y preferentemente a sistemas eléctricos basados en bomba de calor, con la consiguiente mejora de los rendimientos y eficiencia energética, permitirá reducir **1 MtCO₂eq**, el 33% de las emisiones de este sector en el periodo 2015-2030.

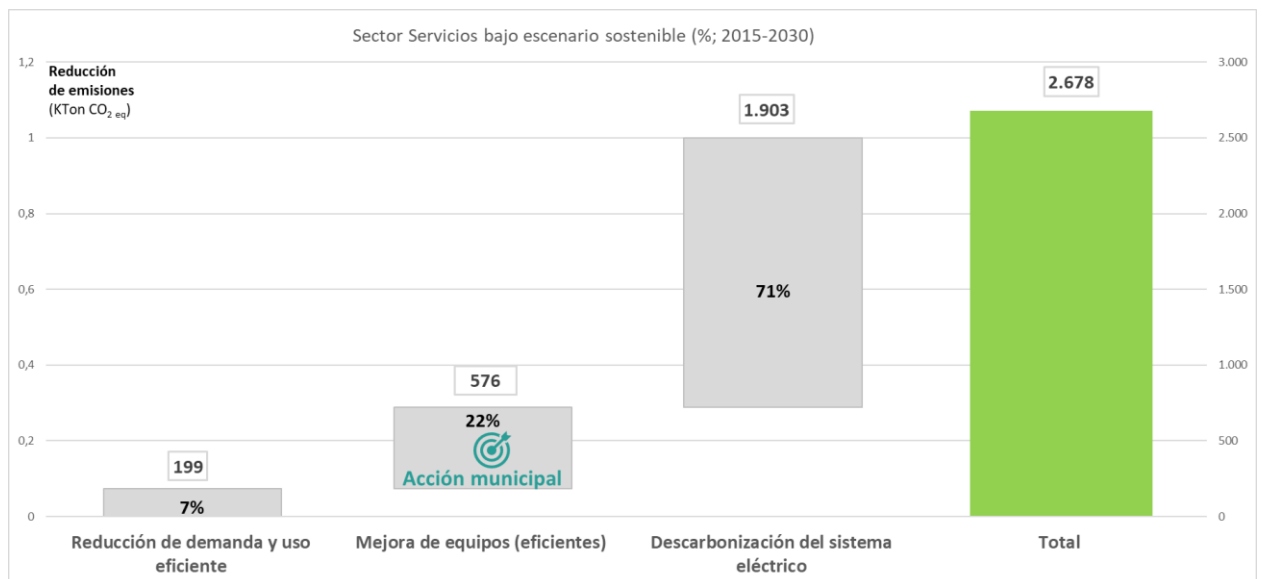
Otras actuaciones de eficiencia energética (renovación de electrodomésticos, iluminación...) y rehabilitación y aislamiento participan en menor proporción a la descarbonización del sector en este limitado marco temporal, sin embargo, la acción en estos ámbitos resulta imprescindible por los beneficios adicionales que aportan en la dirección del uso eficiente de la energía, confort y calidad estancial en los edificios, así como por constituir el pilar fundamental en la jerarquía descrita anteriormente para un modelo urbano sostenible.



Sector servicios

El sector servicios comprende los edificios comerciales, administrativos, culturales y deportivos tanto del sector privado como de las distintas administraciones e instituciones, así como los elementos fijos de los servicios de la ciudad (alumbrado público, túneles, semáforos, fuentes...etc.). Este sector tiene asignada una contribución muy significativa en reducción de emisiones (**2,7 MtCO₂eq.**) en el periodo 2015-2030. De manera análoga al sector residencial, la incidencia de las emisiones indirectas explica que los volúmenes mayores de abatimiento se producen a través de la descarbonización del mix eléctrico **1,9 MtCO₂eq** (71%) y la renovación/sustitución de equipos térmicos **0,6 MtCO₂eq.** (22%).

El mayor grado de electrificación de este sector, con una capacidad de integrar equipos eléctricos eficientes como la bomba de calor, implica una mayor incidencia de la mejora del factor de emisión del mix eléctrico en la reducción de emisiones y otorga a este sector un papel muy relevante en la demostración de soluciones electrificadas para la edificación exentas de todo tipo de emisiones locales, papel en el que los edificios y servicios municipales deben ser protagonistas por su capacidad tractora y deber ejemplificador.



Sector transporte

La estrategia de reducción de emisiones del sector transporte constituye un claro ejemplo del enfoque Evitar-Cambiar-Mejorar (Avoid-Shift-Improve, ASI). En esta jerarquía se conjuga la acción combinada de la reducción de la demanda (urbanismo de proximidad, teletrabajo, eficiencia, etc.) **0,6 MtCO₂eq.** (23%), el trasvase de trayectos del vehículo privado a otros modos sostenibles, **0,3 MtCO₂eq.** (14%) y la penetración de nuevas tecnologías menos emisoras como la movilidad eléctrica.

La renovación del parque circulante se incluye dentro de la estrategia de mejora. Esta palanca contribuye con la mayor reducción de emisiones **1,2 MtCO₂eq.** (50%), si bien el escenario tendencial ya incluye gran parte de la renovación del parque y, por tanto, el escenario sostenible abordará una parte menor de ese cambio. Por otra parte, que el escenario tendencial contemple esta acción indica un alto grado de certidumbre en su consecución.

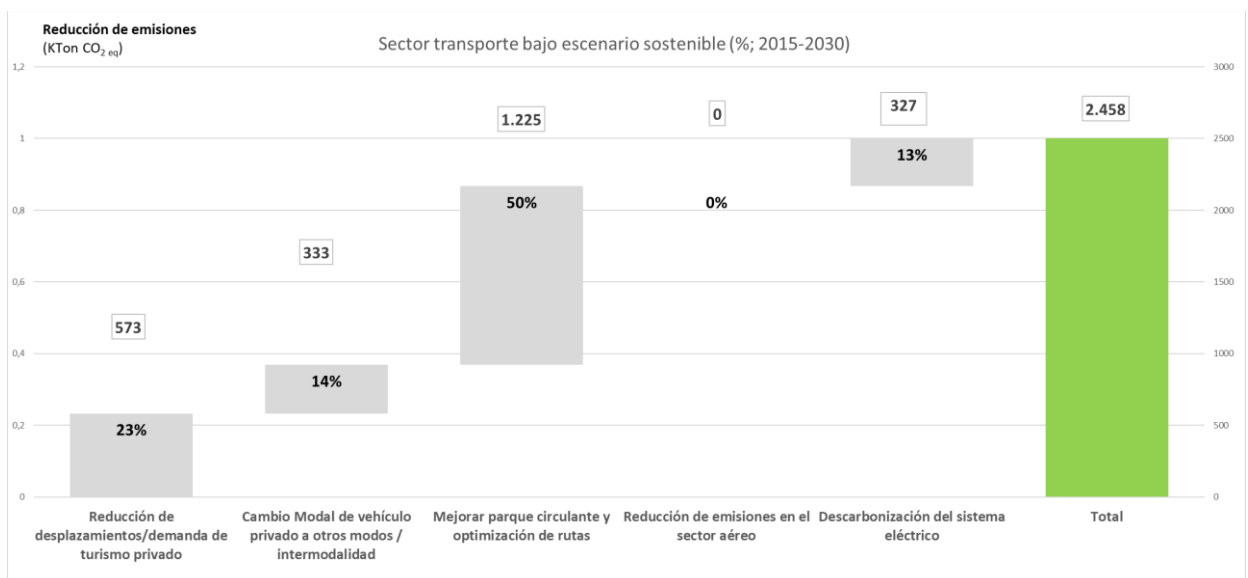


Respecto al cambio modal, la distribución modal de Madrid actual muestra una realidad equilibrada, por lo que se refiere al uso del coche, muy similar a la de otras ciudades europeas de parecido tamaño. No obstante, si se baja a un análisis por zonas la situación cambia evidenciándose desiguales distribuciones modales; muy equilibrada dentro de la almendra central y un reparto modal muy desequilibrado a favor del uso del coche, tanto en la movilidad transversal dentro la periferia, como en la penetración desde su Área Metropolitana. Si desagregamos por ámbito territorial, el objetivo más ambicioso se plantea en la mejora de la sostenibilidad de los desplazamientos en la periferia de la ciudad, en la que se plantea que los desplazamientos en coche de los residentes pasen de un 30% a un 22%.

Fuente: PMS Madrid (2021) Pirámide multimodal.

Reparto de viajes por modo de transporte según corona de residencia (PMS 2021)

Corona de Residencia	A Pie	Transporte Público	Vehículo Privado	Otros
Madrid Almendra	40,0%	34,8%	20,3%	4,9%
Madrid Periferia	32,2%	32,8%	32,4%	2,6%
Corona Metropolitana	34,0%	16,4%	47,7%	1,9%
Corona Regional	29,6%	10,8%	56,2%	3,4%
Comunidad de Madrid	34,0%	24,3%	39,0%	2,7%



En este sector es destacable la capacidad municipal de actuar en múltiples palancas con impacto en los patrones de movilidad urbana y la tendencia decreciente en términos de

emisiones que ha quedado patente en estos últimos años. Mención aparte merecen las emisiones derivadas del sector aéreo, que, teniendo en cuenta el volumen asociado a las operaciones del aeropuerto Adolfo Suárez-Barajas representan una contribución significativa en el transporte y para las que no es previsible una reducción importante a corto plazo.

Sector residuos

Atendiendo a las emisiones directas de gases de efecto invernadero (como metano y dióxido de carbono), en este sector cobra especial relevancia la recogida y tratamiento de la fracción orgánica. La minimización de residuos orgánicos, en la que también entran en consideración aspectos éticos relacionados con el desperdicio de alimentos, la correcta separación y recogida selectiva de la fracción orgánica y su tratamiento en el complejo tecnológico de Valdemingomez, son las palancas fundamentales para la consecución de importantes reducciones de emisión. Este tratamiento de la fracción orgánica debe orientarse a la digestión anaerobia y posterior refino del biogas para generar biometano para su incorporación a la red de gas, junto con el aprovechamiento del material sólido procedente de la digestión (digestato) por compostaje. Así mismo, es importante el control y aprovechamiento del metano procedente del vertedero.

La Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática, no obstante, también comprende acciones que, si bien no tienen un reflejo directo en los inventarios de emisiones de GEI dada la metodología y ámbito de los mismos, sí inciden en un nuevo modelo de ciudad más sostenible y respetuoso con los recursos y materiales. En este sentido cabe destacar la minimización de residuos de construcción, con un importante contenido de carbono embebido como resultado de su producción y transporte, y otras acciones de consumo responsable integradas en una estrategia de economía circular y de conocimiento sensibilización sobre la huella de carbono asociada a productos y materiales.

Sector industrial y sumideros de carbono (naturaleza)

El sector industrial tiene una escasa participación en las emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad, por lo que su capacidad de contribuir a los objetivos de reducción es muy limitada. Como acciones principales cabe destacar la necesaria reducción del impacto de gases refrigerantes y la progresiva electrificación de procesos industriales.

En cuanto a otras fuentes y sumideros (naturaleza) es importante señalar la capacidad de secuestro de emisiones por parte de las masas forestales urbanas. Las zonas verdes cobran un especial protagonismo en Madrid donde aproximadamente un tercio de su superficie es zona verde forestal o ajardinada, con una capacidad actual como sumidero de carbono estimada en 30.000 t/año (Fuente: "El Valor del Bosque Urbano" AG Medio Ambiente y Movilidad, 2018).

Abatimientos por palancas y ejes de acción 2030/2050

Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 1: Descarbonización del sistema eléctrico; energía 100 % renovable Objetivos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fomentar la implantación de energía renovable en sector residencial, comercial y transportes 2. Mejorar los objetivos nacionales de producción de energía eléctrica renovable consumida en la ciudad 3. Facilitar a la ciudadanía el acceso a este tipo de energía (comunidades energéticas municipales) 					
Instar al gobierno nacional a aumentar la producción de energía renovable en el mix eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - En el sector residencial - En el sector del transporte - En el sector servicios, comercial e institucional 	3.997		Administración autonómica y nacional. Sector privado	Plan nacional
Estudiar e investigar nuevas fórmulas de consumo: comunidades energéticas	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiar el potencial de instalación y las fórmulas jurídicas para definir los roles de las comunidades energéticas 	N/A	N/A	Administración autonómica y nacional.	Presupuesto y plan ordinario
Acciones locales para la descarbonización del sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de generación de energía de origen renovable en edificios e instalaciones municipales - Facilitar la generación de energía renovable distribuida para autoconsumo en la ciudad: Madrid autosuficiente - Colaborar con otras administraciones (autonómica y nacional) para trabajar en los edificios de la ciudad como consumidores energéticos casi nulo y autoconsumidores de su propia energía. 	19	19	Administración autonómica. Empresas energéticas	Planes nacionales específicos. Financiación privada. Plan 'Madrid rehabilita' (subvenciones)


Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 2: Edificios residenciales cero emisiones					
<u>Objetivos:</u>					
1. Concienciar a la ciudadanía sobre el consumo de energía de fuentes renovables y uso de sistemas e instalaciones más eficientes 2. Impulsar la electrificación de la demanda climatización y agua caliente sanitaria (ACS) económica y socialmente accesible. 3. Fomentar la generación de energía eléctrica distribuida en la ciudad mediante el impulso del autoconsumo					
Reducir la demanda de consumo de los edificios existentes mejorando el aislamiento y la eficiencia energética	Mejorar el aislamiento y la eficiencia energética de los edificios mediante:	145	134	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Planes nacionales específicos. Financiación privada. Plan 'Madrid rehabilita' (subvenciones)
	- rehabilitación de cubiertas, fachadas y ventanas, - implantación de nuevos sistemas de control como por ejemplo en la climatización				
Cambio de equipos e instalaciones más eficientes	Mejoras en climatización: - Sustitución a bomba de calor - Renovación caldera gas natural de condensación Otros equipos: - Otras instalaciones como sistemas de ventilación de garajes o ascensores - Renovación electrodomésticos más eficientes (A+++ vs A++) e iluminación	965	751	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Planes nacionales específicos. Financiación privada. Plan 'Cambia 360' (subvenciones)
Acciones locales para la descarbonización del sistema eléctrico (ver Eje 1)	Generación de energía renovable distribuida para autoconsumo en la ciudad: Madrid autosuficiente	Ver 'Eje 1'			



Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 3: Transporte cero emisiones Objetivos:					
1. Sensibilizar sobre la necesidad de reducir desplazamientos privados motorizados 2. Animar a las/los ciudadanos a utilizar modos de transporte sostenible 3. Mejorar el transporte público y flota municipal hacia la electrificación					
Reducción de desplazamientos/demanda de turismo privado	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir desplazamientos laborales (turismos) - Reducir desplazamientos domésticos fomentando políticas de urbanismo de proximidad (ciudad 15 minutos) - Promover políticas disuasorias como el servicio restringido de estacionamiento regulado (SER) o creación de nuevas zonas de bajas emisiones (ZBE) y especial protección (ZEE) 	573	296	Administración autonómica y nacional	Presupuesto y plan ordinario Planes nacionales específicos.
Cambio Modal de vehículo privado a otros modos / intermodalidad	<ul style="list-style-type: none"> - Priorizar la movilidad peatonal en los nuevos desarrollos urbanísticos y modificación de ciudad consolidada - Potenciar el uso del transporte público colectivo (autobús, tren y metro) - Continuar con la creación de nuevas vías ciclistas para fomentar la movilidad en bicicleta y vehículos de movilidad personal (VMP) - Fomentar los modos de movilidad compartida como carpooling, carsharing o motosharing. 	333	389	Administración autonómica. Empresas privadas modos compartidos	Presupuesto y plan ordinario Planes nacionales específicos.

Acción (Cont.)	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Renovación y electrificación del parque circulante. Optimización de servicios (Transporte público y distribución urbana de mercancías)	<p>Mejorar y electrificar del parque circulante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gradualmente se renovará el parque de vehículos por tecnologías más eficientes (Turismos, Mercancías, flota taxi/VTC y flota municipal) - Impulsar de la electrificación del parque (Turismos, Mercancías, flota taxi/VTC, flota municipal y autobuses transporte público) <p>Innovación y mejora de tecnología:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimizar los servicios de distribución urbana de mercancías - Desarrollar hubs logísticos y optimizar procesos logísticos (logística inversa) - Impulsar la innovación- Futuro de la movilidad: <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de transporte público bajo demanda y optimización de rutas - Mejorar la eficiencia del transporte público no colectivo como Taxi o vehículos transporte colectivo (VTC) 	1225	884	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Planes nacionales específicos. Plan 'Cambia 360' (subvenciones)
Reducir emisiones en el sector aéreo	Instar al gobierno nacional a lanzar planes y programas dirigidos a la reducción de emisiones en aviación, mediante la reducción de vuelos de corta duración y alternativa viaria, uso de combustibles alternativos o mejorando las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves.	-	-	Nacional	Programas nacionales

Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 4: Edificios y locales del sector servicios cero emisiones					
<u>Objetivos:</u>					
1. Impulsar el uso de sistemas e instalaciones más eficientes en instituciones y actividades 2. Fomentar la generación de energía eléctrica distribuida en la ciudad mediante el impulso del autoconsumo 3. Compartir la visión de edificios municipales e institucionales como nodos de generación de energía distribuida en la ciudad					
Reducir la demanda de consumo de los edificios existentes mejorando el aislamiento y la eficiencia energética	Mejorar el aislamiento y la eficiencia energética de los edificios mediante: - Acciones enfocadas a edificios e instalaciones comerciales e institucionales fuera de alcance municipal - Acciones enfocadas a edificios e instalaciones de alcance municipal -Smart heating y smart lighting en instalaciones y edificación	232	145	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Presupuesto y plan ordinario Planes nacionales específicos.
Cambio de equipos e instalaciones más eficientes	Mejoras en climatización: - Sustitución/incorporación de bomba de calor - Mejora eficiencia equipos actuales Otros equipos: - Otras instalaciones como sistemas de ventilación de garajes o ascensores - Renovación electrodomésticos más eficientes (A+++ vs A++) e iluminación	576	253	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Planes nacionales específicos. Financiación privada. Plan 'Cambia 360' (subvenciones)
Acciones locales para la descarbonización del sistema eléctrico	- Generación de energía renovable distribuida en la ciudad: Madrid autosuficiente - Colaborar con otras administraciones (autonómica y nacional) para trabajar en los edificios de la ciudad como consumidores energéticos casi nulo y autoconsumidores de su propia energía.	Ver 'Eje 1'			

Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 5: Reducir el impacto de los residuos					
<u>Objetivos:</u>					
	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Sensibilizar sobre la necesidad de reducir en origen 2. Mejorar los procesos de recuperación 3. Mejorar la eficiencia de los tratamientos 				
Reducción en la generación	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanismos, plataformas y procedimientos de reutilización de productos para el ciudadano. - Reducción de envases e identificación procesos de logística inversa en cadenas de suministro. - Reducción del desperdicio de alimentos - Minimización de Residuos de demolición y Construcción en obras en el municipio 	37	36	Administración autonómica y nacional. Sector privado	Presupuesto y plan ordinario. Planes nacionales específicos. Financiación privada
Incremento tasas de recuperación en sectores residencial, servicios y municipal	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización y revisión de pliegos de contratación de las plantas de tratamiento con objetivos de recuperación ambiciosos - Mejorar la tasa en los puntos limpios y de proximidad 	19	18	Administración autonómica	Presupuesto y plan ordinario
Recogida y tratamiento de materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar la cantidad de residuos tratados mediante la creación de una nueva planta de compostaje de digesto de fracción orgánica de recogida selectiva (FORS) y fracción vegetal 2022 - Reducir emisiones por valorización energética de residuos, mejorando el proceso de biometanización y aumentando la generación de energía eléctrica para autoconsumo de las plantas. - Mejorar la pureza de FORS a través de campañas de sensibilización ciudadana - Aumentar tasa de biogás inyectado a la red de gas natural 	129	125	Administración autonómica Sector privado	Presupuesto y plan ordinario. Planes nacionales específicos. Financiación privada

Acción	Descripción	Reducción de emisiones en 2030 (kton CO2 -e)	Reducción de emisiones adicionales en 2050 (kton CO2 -e)	Colaboradores y alianzas	Fuente de financiación
Eje 6: Reducir emisiones en otros sectores					
<u>Objetivos:</u>					
1. Reducir el impacto de gases refrigerantes y disolventes					
2. Reducir emisiones en sector industrial					
3. Impulsar y apoyar la reforestación en el municipio					
Reducción en impacto de gases refrigerantes y disolventes	- Apoyar fórmulas de investigación para reducir el impacto de gases refrigerantes y disolventes en la atmósfera. Por ejemplo: sustitución de estos gases por elementos menos contaminantes	426	171	Administración autonómica y nacional Sector privado	Planes nacionales específicos. Financiación privada
Reducción de las emisiones en el sector industrial	- Mejora de eficiencia de procesos industriales - Electrificación de los consumos derivados de los procesos y de las fuentes necesarias para llevar a cabo la actividad	100	120	Administración autonómica y nacional Sector privado	Planes nacionales específicos. Financiación privada
Naturalizar y reforestar el municipio	- Plantación de árboles: impulso de la iniciativa Madrid compensa como programa de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero. - Integración de la naturaleza en proyectos de urbanización y regeneración (aplicación de Soluciones basadas en la naturaleza SBN)	3	3	Administraciones y sector privado	Presupuesto y plan ordinario

Principales hipótesis

La Hoja de Ruta de la ciudad de Madrid hacia la neutralidad climática establece seis bases de acción para la drástica reducción de emisiones:

- Establecer modelos de gobernanza y financiación acordes con los objetivos de sostenibilidad climática
- Impulsar fuentes de origen renovable en la generación eléctrica (descarbonización del mix eléctrico), incrementando la generación distribuida escala local
- Fomentar la eficiencia energética y la electrificación de la demanda en la edificación residencial y los servicios
- Favorecer el transporte sostenible de personas y mercancías
- Mejorar la sostenibilidad de la gestión de residuos y la industria
- Contribuir desde la administración municipal con el ejemplo de modelos energéticos sostenibles

A partir de estos ejes, la ruta de neutralidad se plantea de acuerdo con hipótesis estratégicas para cada uno de los sectores de análisis. Estas hipótesis se aplican a las principales palancas de reducción de emisiones.

Hipótesis sector eléctrico

La **evolución del sector eléctrico** es determinante en la consecución de los objetivos de descarbonización. La reducción del factor de emisiones del mix eléctrico por la penetración de energías renovables y el cierre paulatino de centrales térmicas convencionales (centrales de carbón y ciclo combinado) son las hipótesis principales de su evolución.

PALANCAS	ESCENARIOS				
	TENDENCIAL	SOSTENIBLE		EXTENDIDO	
		2030	2050	2030	2050
Factor de emisión del sector eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del ~60% (2030 vs. 2015) (según el escenario tendencial del PNIEC) • Reducción del 100% (2050 vs. 2030) • Generación eléctrica a partir de fuentes renovables: 51% en 2030 y 100% en 2050 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del ~85% (2030 vs. 2015) (según el escenario objetivo del PNIEC) • Generación eléctrica a partir de fuentes renovables: 73% 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción 100% de emisiones en 2050 • Generación eléctrica neutra en emisiones GEI 100% 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del ~85% (2030 vs. 2015) (según el escenario objetivo del PNIEC) • Generación eléctrica a partir de fuentes renovables: 73% 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción 100% de emisiones en 2050 • Generación eléctrica neutra en emisiones GEI 100%
Reducción anual de emisiones en otros	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del 5,9% anual de emisiones (según el escenario tendencial del PNIEC, coincidente con el escenario objetivo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del 5,9% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del 5,9% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del 5,9% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del 5,9% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC)

Hipótesis sector residencial

La penetración de **bomba de calor** en sustitución de los sistemas convencionales de climatización (de combustión y eléctricos) resulta fundamental dado el superior rendimiento energético de estos sistemas ($\approx 200-300\%$ frente a $90-100\%$ calentadores eléctricos). El escenario tendencial contempla la sustitución en el corto plazo de las calderas térmicas convencionales, tanto de gas como de otros combustibles (productos petrolíferos, carbón) a **calderas de gas natural de condensación eficientes**, mejorando significativamente el rendimiento de estos equipos ($\approx 110\%$ frente a $70-90\%$ calderas convencionales).

La rehabilitación energética de edificios es otra de las palancas clave. Estas intervenciones comprenden cambio de ventanas (ahorros $10-15\%$), rehabilitación de fachadas (ahorros $30-50\%$) y rehabilitación de cubiertas (ahorros $5-15\%$). La intervención integral de un edificio que recoja todas estas actuaciones puede llegar a alcanzar ahorros en el consumo de calefacción del $60-70\%$ ¹.

PALANCAS	ESCENARIOS				
	TENDENCIAL	SOSTENIBLE		EXTENDIDO	
		2030	2050	2030	2050
Penetración Bomba de Calor	Solo renovaciones, no instalaciones adicionales	Incremento superficie anual $\sim 0,9\%$ 12.000 nuevas unidades/año	Entre 2030-2050 Incremento superficie $\sim 0,9\%$ 14.000 nuevas unid. año	Incremento superficie anual $\sim 1,2\%$ 17.000 nuevas unidades/año	Entre 2030-2050 Incremento superficie $\sim 1,5\%$ 24.000 nuevas unid. año
Renovación de calderas de gas natural	Renovación al final de vida útil (~ 15 años) ~ 40.000 calderas/año	Renovación cada ~ 13 años. ~ 50.000 calderas/año	Renovación cada ~ 13 años. ~ 50.000 calderas/año	Renovación cada ~ 12 años. ~ 60.000 calderas/año	Renovación cada $\sim 8-9$ años. ~ 80.000 calderas/año
Rehabilitación	No se consideran rehabilitaciones	Rehabilitación $\sim 1\%$ superf/año 13.000 rehab./año	Rehabilitación $\sim 1\%$ superf/año hasta 2050 16.000 rehab./año	Rehabilitación $\sim 1,5\%$ superf/año 20.000 rehab./año	Rehabilitación $\sim 1,5\%$ superf/año hasta 2050 24.000 rehab./año

¹ Estimaciones sobre edificios de viviendas anteriores a 1980.

Hipótesis sector servicios

La **bomba de calor** puede tener una penetración más rápida en el sector servicios que en el residencial, dadas las circunstancias más favorables de este tipo de edificación con mayores demandas de climatización y mejores condiciones constructivas de instalación.

En este sector también se espera una mejora de la eficiencia debida a la **sustitución de equipos térmicos convencionales por los de gas natural de alta eficiencia**. El **control inteligente de iluminación y sistemas de calefacción** permite alcanzar reducciones de consumo del 15 al 30%.

De manera análoga al sector residencial, la **rehabilitación energética de edificios dedicados a servicios**, con actuaciones en ventanas (ahorros 10-15%), fachadas (ahorros 30-50%) y cubiertas (ahorros 5-15%) pueden alcanzar ahorros en el consumo de calefacción del 60 al 70%.

PALANCAS	ESCENARIOS				
	TENDENCIAL	SOSTENIBLE		EXTENDIDO	
		2030	2050	2030	2050
Penetración Bomba de Calor	Ritmo actual de penetración	Instalación anual del 2,7% de la superficie	Instalación anual del 2,7% de la superficie	Instalación anual del 3% de la superficie	Instalación anual del 3% de la superficie
Smart heating & cooling. Smart lighting	No se consideran instalaciones	Instalación anual del 2,7% de la superficie	Instalación anual del 2,7% de la superficie	Instalación anual del 3% de la superficie	Instalación anual del 3% de la superficie
Rehabilitaciones	No se realizan rehabilitaciones	Instalación anual del 1,5% de la superficie	Instalación anual del 1,5% de la superficie	Instalación anual del 1,5% de la superficie	Instalación anual del 1,5% de la superficie

Hipótesis sector transporte

La descarbonización debe ser consecuencia también de la transformación de los esquemas de movilidad actuales y los estilos de vida. Estos nuevos modelos deben orientarse a la **reducción de la demanda del transporte** a través del fomento del teletrabajo, el desarrollo de un urbanismo de proximidad o el cambio de comportamientos de transporte y consumo.

El **cambio modal de transferencia de viajes del vehículo particular** ($\approx 180-200$ gCO₂/pasajero-km) **al transporte público**, permite la reducción de GEI por pasajero-km que puede llegar al 70% en el caso de producirse al autobús convencional (≈ 50 gCO₂/pasajero-km) y más de un 90% si esta se produce al tren o metro (≈ 5 gCO₂/pasajero-km).

El **cambio modal a transporte motorizado** (a pie, bicicleta, ...) se considera que se ve fomentado por el desarrollo de carriles específicos, impulso de aparcamiento dedicado, impulso a sistemas de alquiler, etc.

La **penetración del vehículo eléctrico, en sustitución del vehículo de tecnologías convencionales**, implica una reducción de emisiones. Las emisiones GEI del vehículo eléctrico son de 6 a 7 veces inferiores a las de un vehículo convencional EURO III, de 4 a 5 veces inferiores a las de uno EURO IV y de 2 a 3 veces a las de uno EURO VI.

La **renovación del parque de vehículos antiguos convencionales por otros más eficientes y menos contaminantes** es la palanca de mayor potencial de abatimiento de emisiones en el periodo 2030-2050. La mayor parte de esta renovación ya está contemplada en el escenario tendencial, al que se suma el esfuerzo adicional en el escenario sostenible. Un vehículo antiguo diésel Euro III emite 2 veces más que un vehículo diésel Euro VI nuevo.

Se prevé que el **sector aéreo** crezca de manera proporcional al crecimiento anual de trayectos y pasajeros. Se contemplan acciones de reducción de emisiones en el escenario extendido de 2050 por el uso de combustibles menos emisores aún no disponibles comercialmente.

PALANCAS	ESCENARIOS				
	TENDENCIAL	SOSTENIBLE		EXTENDIDO	
		2030	2050	2030	2050
Reducción de la demanda en el transporte	Crecimiento anual de los trayectos 0.5 %	Reducción anual de trayectos 1.5%	Reducción anual de trayectos 1.5%	Reducción anual de trayectos 1.5%	Reducción anual de trayectos 1.5%
Cambio modal pasajeros	No motorizado 31% Transporte público 32% Vehículo privado 37%	No motorizado 30% Transporte público 40% Vehículo privado 30%	No motorizado 46% Transporte público 45% Vehículo privado 9%	No motorizado 46% Transporte público 45% Vehículo privado 9%	No motorizado 47% Transporte público 45% Vehículo privado 8%
Penetración vehículo eléctrico	Penetración actual ≈ 0%	≈ 20% ≈290.000	≈ 100% ≈1.450.000	≈ 40% ≈ 580.000	≈ 100% ≈1.450.000
Renovación del parque de vehículos	Incremento de la edad actual del parque hasta 11-12 años	Disminución de la edad media del parque hasta 9-10 años	Disminución de la edad media del parque hasta 6-7 años	Disminución de la edad media del parque hasta 6-7 años	Disminución de la edad media del parque hasta 6-7 años
Sector aéreo	Crecimiento de emisiones 0.5% anual hasta 2030 y 0.25% hasta 2050 Tasas de crecimiento proporcional al crecimiento de trayectos	Reducción anual de emisiones 1,50% Tasas de crecimiento proporcional al crecimiento de trayectos	Reducción anual de emisiones 1,50% Tasas de crecimiento proporcional al crecimiento de trayectos	Reducción anual de emisiones 1,50% Tasas de crecimiento proporcional al crecimiento de trayectos	Reducción anual de emisiones 5,10% Posibilidad de uso de combustibles no contaminantes, fase piloto

Hipótesis otros sectores (sector tratamiento de residuos, industria, forestal)

La reducción de emisiones derivadas del tratamiento de residuos se aborda a través del descenso de su generación mediante el fomento de la prevención y la aplicación de esquemas de economía circular, la mejora de la recogida selectiva e incremento de las tasas de recuperación de materiales y, fundamentalmente dada su contribución en las emisiones locales, la mejora en la recogida y tratamiento de la materia orgánica.

La **reducción de emisiones en el sector industrial** se alcanzará mejorando la eficiencia energética por mejoras en las tecnologías y sistemas de gestión de procesos industriales, y el incremento de la electrificación en el mix de consumos finales.

En el escenario extendido se considera la descentralización de la industria como factor de descarbonización en el municipio. La sustitución de gases fluorados de alto potencial de calentamiento por gases de menor o nulo efecto se considera en la hipótesis de descarbonización.

Respecto a sumideros de carbono, las hipótesis se establecen en función del incremento de la masa forestal, con el consiguiente crecimiento de la capacidad de absorción.

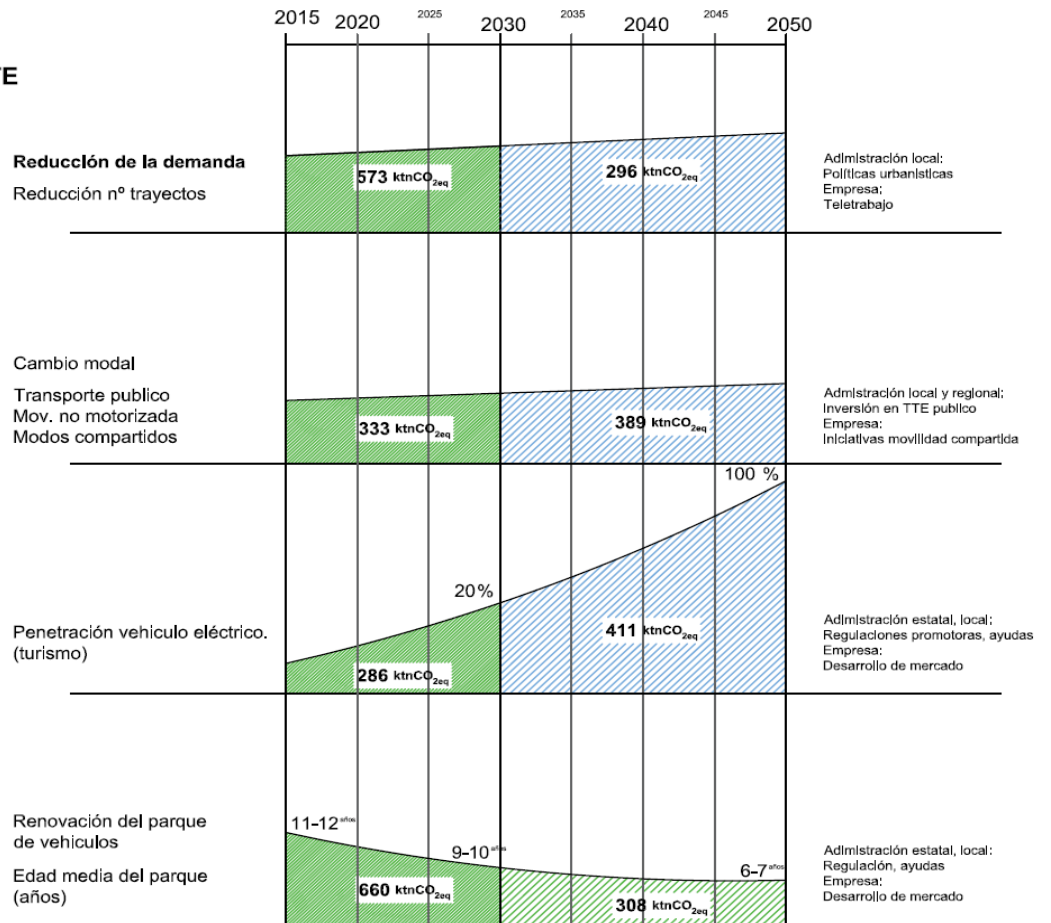
PALANCAS	ESCENARIOS				
	TENDENCIAL	SOSTENIBLE		EXTENDIDO	
		2030	2050	2030	2050
Reducción anual de emisiones en residuos	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 1,1% anual de emisiones (según el escenario tendencial del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 2,6% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 2,6% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 2,6% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 5,2% anual de emisiones Se considera el uso de tecnologías avanzadas de tratamiento de residuos y tasas ambiciosas de reciclaje y economía circular
Reducción anual de emisiones en industria	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 0,7% anual de emisiones (según el escenario tendencial del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 1,3% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 1,3% anual de emisiones (según el escenario objetivo del PNIEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 8,3% anual de emisiones Se considera cierta descentralización de la actual industria del Ayto. de Madrid hacia zonas circundantes 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 6,7% anual de Se considera cierta descentralización de la actual industria del Ayto. de Madrid hacia zonas circundantes
Reforestación	<ul style="list-style-type: none"> No se considera una plantación adicional 	<ul style="list-style-type: none"> Se considera un incremento del 10 % de la masa forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Se considera un incremento del 20 % de la masa forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Se considera un incremento del 15 % de la masa forestal 	<ul style="list-style-type: none"> Se considera un incremento del 25 % de la masa forestal

ABATIMIENTO DE EMISIONES DE LAS PRINCIPALES PALANCAS

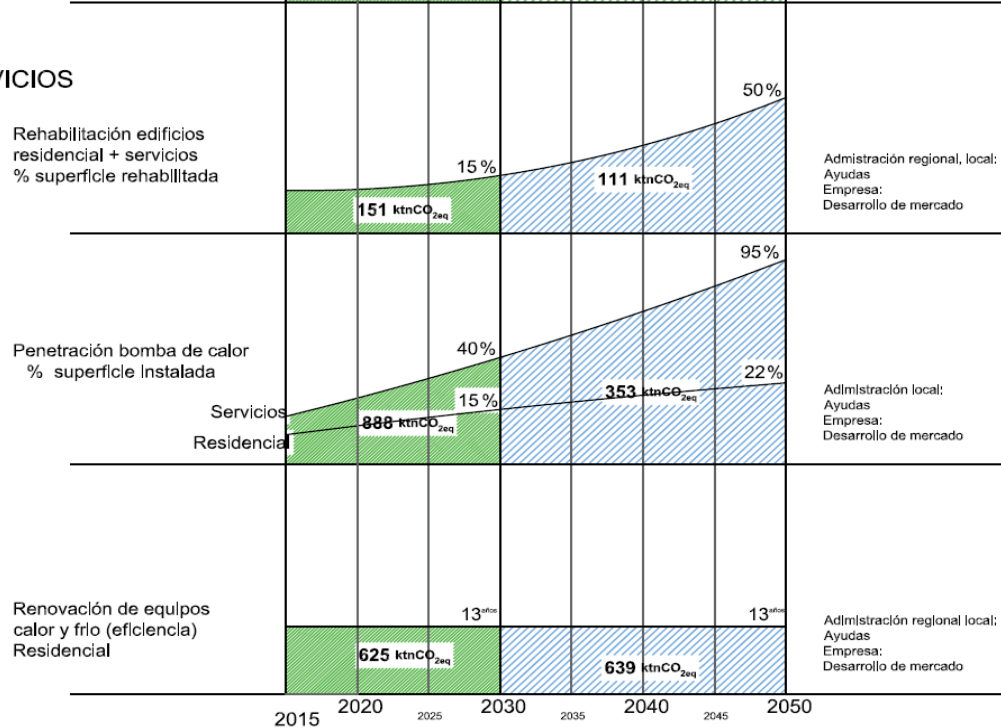
Periodo 2015 - 2030

Periodo 2030 - 2050

SECTOR TRANSPORTE



SECTOR RESIDENCIAL + SERVICIOS



5 Análisis económico

La herramienta utilizada para relacionar la eficiencia de las palancas y medidas propuestas, tanto por su potencial de reducción de emisiones (CO₂ eq) como por su coste (€2016) es la Curva de Abatimiento. Este análisis nos proporciona una visión de conjunto de las palancas propuestas en la Hoja de Ruta de la ciudad de Madrid hacia la neutralidad y permite dar prioridad a la ejecución de las medidas que, con un menor coste, ofrecen un mayor potencial de reducción de emisiones directas de CO₂ eq. El coste de abatimiento se define como los costes adicionales (o beneficios percibidos) de reemplazar una tecnología de referencia (de uso común) por una alternativa de bajas emisiones.

Algunas de las actuaciones propuestas que ofrecen un mayor potencial para la reducción de emisiones directas en el periodo 2015-2030 requerirán un impulso por parte de las Administraciones competentes que permita incentivar los cambios de equipos o de hábitos.

El 24% de la reducción de emisiones para el año 2030 se consigue con medidas económicamente viables, mientras que el 22% con medidas que requieren del apoyo financiero de las administraciones competentes.

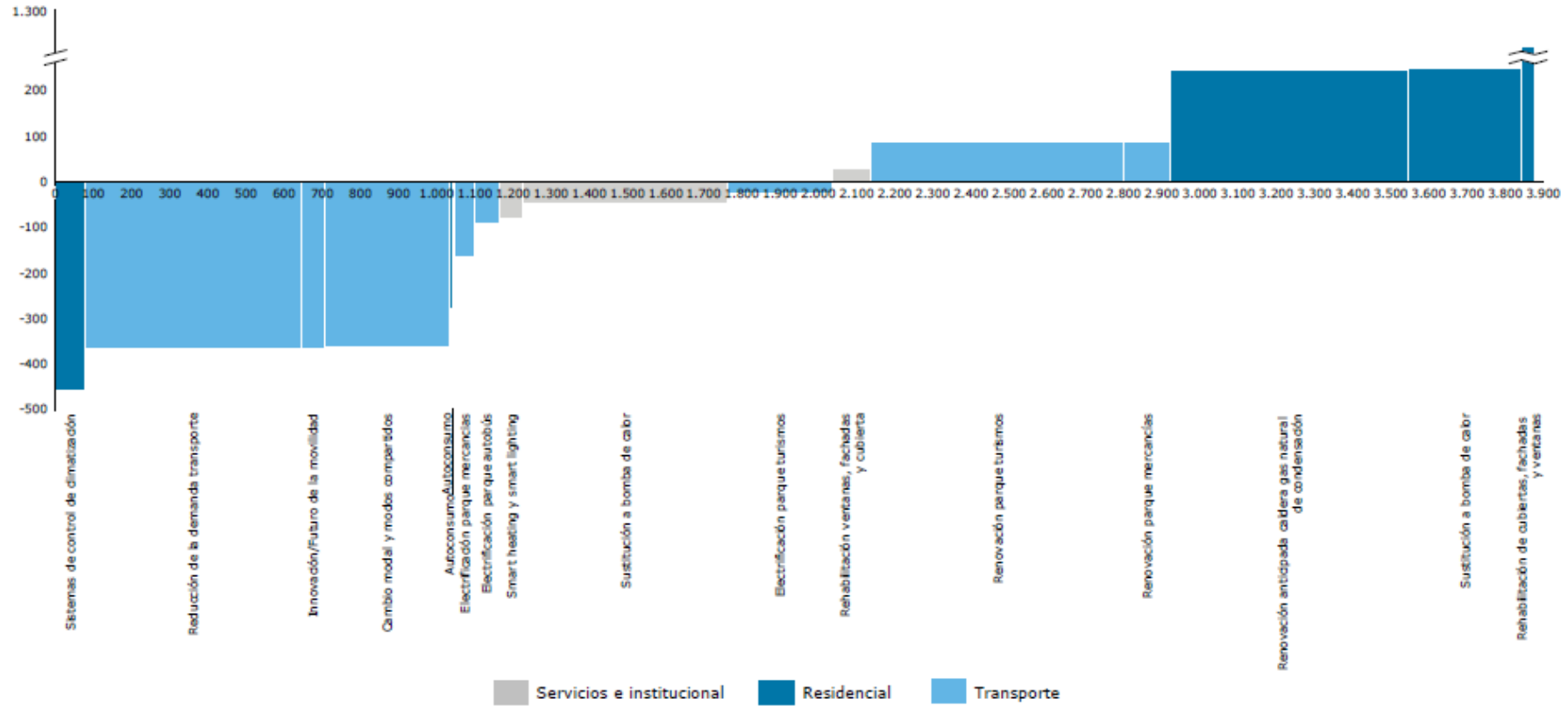
Es importante hacer un análisis a nivel de sector o palanca para identificar qué medidas ofrecen un mayor potencial.

En la palanca transporte, la acción que ofrece un mayor potencial de reducción de emisiones es la renovación del parque circulante, que permitirá dejar de emitir 0,9 Mt CO₂eq en el periodo 2015-2030. Su coste de abatimiento es positivo (100 €₂₀₁₆/ tCO₂eq), lo que significa que para su implementación es necesaria la articulación de programas de ayudas e incentivos que fomenten la renovación del parque de vehículos incorporando las tecnologías más eficientes en automoción. La electrificación del parque de vehículos, con un coste de abatimiento negativo, también jugará un importante papel en la descarbonización del transporte y permitirá alcanzar un ahorro acumulado de emisiones directas de 0,3 Mt CO₂eq en el periodo 2015-2030.

Las actuaciones que permiten reducir un mayor volumen de emisiones directas de GEI con un menor coste son las centradas en la reducción de la demanda de transporte, el cambio modal y el fomento de los modos compartidos de movilidad, con un potencial de reducción conjunto que alcanza las 0,9 Mt CO₂eq en el periodo 2015-2030.

En el sector residencial, las acciones que tienen un mayor potencial de reducción de emisiones directas (1 Mt CO₂eq) tienen un coste de abatimiento positivo (≈ 200 €₂₀₁₆/tCO₂eq). Para su puesta en marcha será necesario articular programas de incentivos para la sustitución de calderas y equipos de climatización y permitan incorporar calderas modernas de gas natural de condensación y bombas de calor que incorporen tecnología basada en aerotermia. Medidas como la rehabilitación de edificios ofrecen un escaso potencial de reducción de emisiones directas y un coste de abatimiento elevado, aun así, la ciudad de Madrid seguirá articulando programas de ayudas centrados en la renovación del parque de viviendas.

Curva de abatimiento (emisiones directas) para la ciudad de Madrid entre 2030 y 2015⁽¹⁾ (€₂₀₁₆/tCO₂eq)

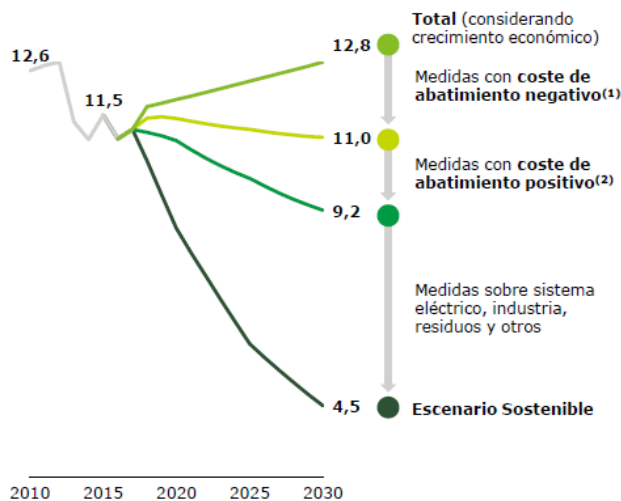


(1): No incluye el abatimiento de emisiones directas de los sectores residuos, industria ni otros
Fuente: Ayuntamiento de Madrid

La acción que mayor impacto generará en la reducción de emisiones en el sector residencial es la reducción de emisiones del sector eléctrico a nivel nacional, contemplada en el PNIEC, con un potencial de 1,8 Mt CO₂eq. Ésta no se ha incluido en el análisis de abatimiento debido a que las emisiones del sector eléctrico entran bajo la categoría de las emisiones indirectas.

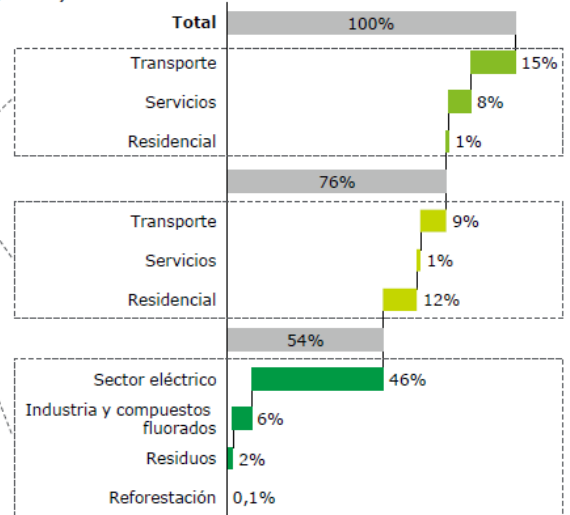
En el sector servicios hay que destacar el enorme potencial que ofrece la tecnología de la bomba de calor, con una estimación de reducción de las emisiones directas para el periodo 2015-2030 que alcanza las 0,5 Mt CO₂eq y un coste de abatimiento negativo, que permitirá al sector acometer la renovación del parque de edificios amortizando las inversiones en un breve periodo de retorno.

Evolución de emisiones 2010-2030 según el tipo de medidas aplicadas (económicas, técnicas o sobre el sistema eléctrico) (Mt CO₂eq; 2010-2030)



(1): Medidas a través de las cuales se genera un ahorro económico
 (2): Medidas a través de las cuales se genera un coste económico
 Fuente: Ayuntamiento de Madrid

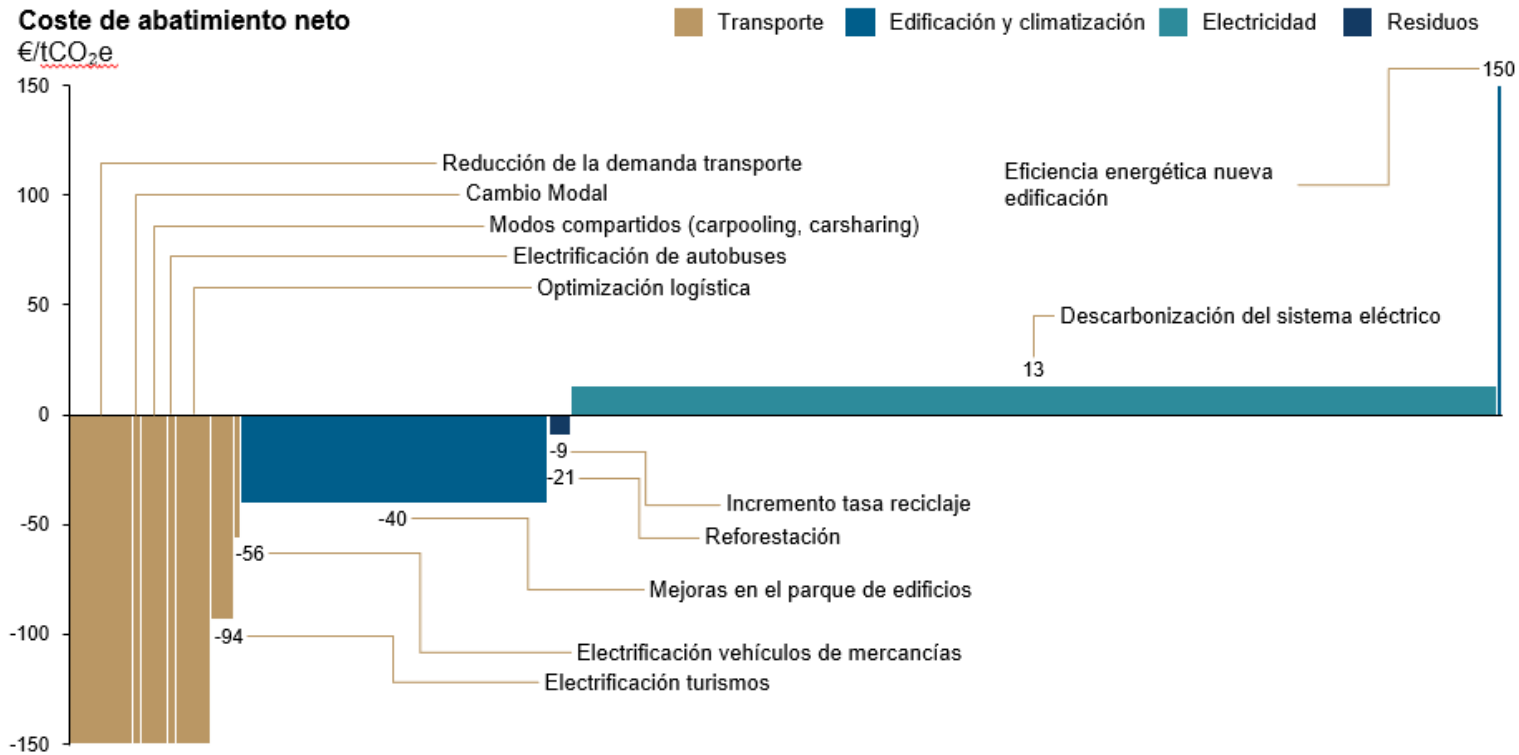
Abatimiento de emisiones por sector según tipología de medidas (%; 2030)



De forma complementaria se ha llevado a cabo un análisis económico en el marco de proyecto demostrador (Madrid Deep Demo) de Climate-KIC. Dicho estudio “*Economic case for decarbonisation in Madrid*”, se ha realizado por parte de la consultora *Material Economics* aplicando una metodología común en varias ciudades europeas de forma que permita cierta comparabilidad de los distintos escenarios económicos y siempre con las mismas premisas de análisis del potencial de abatimiento de las palancas propuestas en el ámbito de las emisiones totales de CO₂ eq en el periodo 2020-2050. Como principal conclusión hay que destacar que la descarbonización del sistema eléctrico se configura como la actuación más relevante en la Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática de la ciudad de Madrid. Su reducido coste de abatimiento en términos de €/tCO₂eq y su elevado potencial de reducción de las emisiones de GEI la convierten en una palanca estratégica de la que depende el éxito de otras medidas. La descarbonización de los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria en el sector residencial y servicios, y la incorporación de dispositivos eficientes energéticamente, jugarán también un papel relevante con bajos costes de abatimiento y un elevado potencial de reducción de emisiones.

Curva de abatimiento

Emissiones kton CO₂e en 2030, abatimiento de costes y beneficios anualizados basados en inversiones en 2020-2030, costes/ahorros recurrentes y co-beneficios en 2020-2050



“Economic case for decarbonisation in Madrid” Julio 2021

Madrid Deep Demonstration, Material Economics- EIT Climate-KIC

6

administraciones y

La neutralidad en carbono no puede abordarse actuando exclusivamente sobre los focos de emisión, si no que requiere una transformación social que cambie paradigmas y estilos de vida actuales. Se trata de una labor coral en la que deben implicarse numerosos actores, desde las administraciones, al sector privado, la academia y los ciudadanos.

La visión estratégica, el marco legal y normativo y el impulso económico de las administraciones resultan cruciales. La acción local de los ayuntamientos se encuentra en muchos casos condicionada por los contextos que ofrecen administraciones de mayor rango. En este sentido, políticas de la EU como el European Green Deal, o como la comunicación de la Comisión europea para intensificar la ambición climática de Europa para 2030, proponiendo una reducción de emisiones del 55% para 2030 (vs 1990), sin ser vinculantes marcan el camino de las políticas municipales.

Las políticas estatales son determinantes para la consecución de los objetivos y el desarrollo de los planes locales. Son fundamentales en el desarrollo de cuerpos legales, normativas y directrices técnicas y, de manera específica en la configuración del mix energético y eléctrico sobre el que reposan el nuevo modelo energético y las estrategias de neutralidad. Las políticas estatales para los próximos años se proyectan en la Ley Estatal de Cambio Climático, el PNIEC o la Estrategia a Largo Plazo (ELP), coincidentes todas ellas en el objetivo de la neutralidad para el año 2050.

Esta Hoja de Ruta integra los planes estatales en la acción local. Integra el objetivo de incremento de la presencia de fuentes renovables en la generación de electricidad hasta el 74%, o el principio de la eficiencia energética en el horizonte temporal de 2030, según recoge el PNIEC y la neutralidad en carbono para 2050 de la ELP.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y la Oficina Española de Cambio Climático, responsables del desarrollo de las políticas estatales, son actores clave en este proceso con los que desde el ámbito local se mantiene comunicación continua con el fin de alinear acciones.

La academia es otro de los pilares de la acción climática en la ciudad de Madrid. La relación con este actor se produce en varios niveles, llegando a constituir un auténtico binomio universidad-ciudad. La Universidad Politécnica de Madrid por encargo del Ayuntamiento elabora anualmente los inventarios de emisiones de la ciudad y otros estudios sectoriales como el estudio del parque circulante que dan base a los inventarios. En un contexto más estratégico, la relación con la universidad se ha consolidado con la aprobación, en Pleno Municipal de julio de 2020, de la adhesión del municipio a la iniciativa europea para la innovación en acción climática Climate-KIC y el proyecto Deep Demo. Esta iniciativa, que convoca a numerosos actores de diversos ámbitos, tiene el objetivo de investigar y ensayar acciones para alcanzar la neutralidad en carbono antes del 2050. Formar parte de ella ha permitido la creación de una plataforma de trabajo en la que existe representación de la

administración local, empresas privadas de referencia en sectores estratégicos, especialmente el energético y la planificación urbana, y la propia academia. En este espacio la universidad, a través del Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo (ITD), actúa de conector de la relación público-privada, con los grupos de investigación e innovación en múltiples ámbitos.

Una de las primeras acciones de esta plataforma ha sido la creación de una herramienta de colaboración interdepartamental (“Grupo Clima 360”) que conecta distintos servicios de la estructura municipal considerados claves en el desarrollo de la acción climática, como medio ambiente, planificación urbana, innovación, gestión presupuestaria y económica, energía, movilidad, patrimonio, cultura, etc. Este equipo de trabajo permite abordar de manera integral los retos climáticos y conectar proyectos en desarrollo.

La Hoja de Ruta implica también un profundo cambio social, por ello, la ciudadanía debe tomar parte en el proceso, evolucionar en hábitos y estilos de vida, pero también participar en las decisiones. La participación ciudadana tiene antecedentes en numerosas experiencias asociadas a proyectos, pero a través de la plataforma creada en torno a Climate-KIC se pretende sistematizar esa implicación de las personas, establecer canales directos de relación y crear marcos de colaboración estables.

La dimensión global y compleja de la crisis climática requiere el trabajo en red. En este sentido el la Hoja de Ruta muestra un camino que no puede recorrerse de manera aislada. Resulta fundamental la conexión con otras ciudades compartiendo conocimiento y experiencia. En el ámbito estatal, Madrid forma parte de la iniciativa ‘citiES 2030’ creada en 2021 como plataforma espejo de la Misión de ciudades de la UE a escala nacional y también de la Red de Ciudades por el Clima de la Federación Española de Municipios y Provincias, y en la escena internacional se integra en iniciativas como el Pacto de Alcaldías por la Energía el Clima, la red EUROCITIES y el Grupo de Ciudades por el Liderazgo Climático C40.

7

Acciones y procesos clave del ámbito municipal

Una vez identificadas las principales palancas de transformación y analizado el marco competencial, es necesario establecer prioridades de acción en el ámbito municipal que permitan maximizar el impacto en aquellas áreas en las que el Ayuntamiento puede intervenir de forma más directa. En ese sentido, pueden distinguirse dos niveles de actuación: identificación de palancas clave de acción municipal y procesos habilitadores de implementación y escalado

Para la priorización desde el ámbito municipal de estas acciones hay que tener en cuenta, evidentemente, el peso en términos de potencial de reducción de emisiones, pero este no debe ser el criterio único, sino que hay que incidir especialmente en actuaciones transformadoras que impliquen una modificación en el modelo establecido de

comportamiento (“business as usual”) hacia otros esquemas más sostenibles acordes con el escenario ambicioso que se persigue.

Acciones clave

A partir del contenido del Capítulo 4, relativo a las palancas de transformación por sectores, y teniendo en cuenta los análisis económicos y competenciales de los capítulos 5 y 6, se puede establecer un criterio de priorización en la actuación a escala municipal.

Sector transporte

Si bien la renovación del parque de vehículos es la acción que reporta una mayor reducción de emisiones, hay que tener en cuenta que tiene un carácter incremental y no transformador, ya impulsado de forma natural por el escenario tendencial, por lo que únicamente se contemplan medidas habituales para acortar los ciclos de renovación como líneas de subvenciones, políticas fiscales incentivadoras para vehículos menos contaminantes y fomento de normativa exigente relativa a los valores máximos de emisiones para vehículos.

Por el contrario, la Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática asigna un peso importante a otros ejes de acción para los que es necesario generar políticas innovadoras y que siguen el concepto jerárquico de acciones de movilidad A-S-I (Avoid-Shift-Improve: Evitar-Cambiar-Mejorar).

REDUCCIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

Las acciones dirigidas a reducir la necesidad de viajes motorizados y la longitud de los recorridos a través de un urbanismo a escala humana, con usos mixtos y de proximidad, la flexibilización de horarios y el teletrabajo, así como herramientas innovadoras de gestión de la demanda resultan fundamentales en la Hoja de Ruta

CAMBIO MODAL MODOS COMPARTIDOS

Madrid parte de una situación privilegiada en lo referente a red de transporte público, contribución de la movilidad peatonal en la distribución modal e iniciativas de movilidad compartida. Esta situación es, sin embargo, frágil y debe ser impulsada mediante acciones decididas hacia la movilidad activa, la mejora del servicio del transporte público y la accesibilidad generalizada a esquemas compartidos

ELECTRIFICACIÓN

El impulso de la movilidad eléctrica, fundamentalmente aquel asociado a flotas clave como transporte público, distribución urbana de mercancías o modelos de movilidad compartida, es crucial y será objetivo principal de las acciones municipales de la Hoja de Ruta.

Sector residencial

La prioridad municipal a corto plazo se dirige a las acciones de transformación tecnológica hacia elementos de bajas emisiones, impulsando de forma paralela un programa de rehabilitación energética residencial a gran escala, cuyos efectos tendrán un impacto a medio/largo plazo. La renovación por equipos más eficientes es, sin duda, una línea de acción necesaria en términos de reducción de emisiones, pero es la transformación estructural y de hábitos la que precisa de una mayor atención y destino de recursos. Conforme a este enfoque multicriterio merece destacar tres objetivos prioritarios:

INTEGRACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR

Promover la electrificación de la demanda en la climatización doméstica es el principal objetivo a escala municipal, ello implica herramientas que permitan incrementar la accesibilidad a sistemas de calor/frío tanto desde la perspectiva técnica, con un necesario impulso en la innovación tecnológica, como desde la económica para permitir su implantación de una forma generalizada.

El acompañamiento del sector privado es fundamental.

SISTEMAS DE CONTROL DE CLIMATIZACIÓN

La incorporación de herramientas de control de consumos conlleva una concienciación, por parte del ciudadano, de su capacidad en lo relativo a la gestión, consumos e incluso generación.

La información en línea de forma accesible y clara sobre consumos y costes permitirá crear una cultura de la eficiencia y empoderar al consumidor.

RENOVACIÓN DE CALDERAS DE GAS NATURAL

Diversas acciones de apoyo municipal pueden acortar los ciclos de renovación hacia modelos más eficientes. Dado el uso generalizado del gas natural en calefacción doméstica, la renovación con calderas de condensación de alta eficiencia tiene un significativo impacto potencial en emisiones.

No obstante, el gas natural debe considerarse como un combustible de transición hacia otras opciones tecnológicas que permitan alcanzar la neutralidad climática.

Sector servicios

La acción en el sector comercial, administrativo e institucional es clave en la ciudad de Madrid, con un impacto prácticamente equivalente al residencial en lo relativo a la reducción de emisiones. Las principales palancas de descarbonización a priorizar a escala municipal incluyen la renovación de equipos, la rehabilitación y la eficiencia energética. Los principales ejes de acción municipal a destacar dentro de estas palancas son:

SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS QUE UTILIZAN COMBUSTIBLES FÓSILES (GASÓLEO Y GAS NATURAL) POR BOMBA DE CALOR U OTRAS TECNOLOGÍAS DE BAJAS EMISIONES

El sector comercial e institucional debe liderar la transformación de la electrificación de la demanda en el parque edificado y, en lo que se refiere a las instalaciones municipales (edificios y complejos sanitarios, culturales y deportivos), cumplir el papel ejemplificador que se le exige a la administración

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

El concepto de iluminación inteligente (smart lighting) en los servicios de alumbrado público es una acción de alto impacto. Asimismo, la implicación del sector comercial en la implementación de sistemas eficientes de iluminación constituye también una prioridad, por lo que se establecerán canales de colaboración específicos para el sector servicios.

EFICIENCIA, RENOVABLES Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS MUNICIPALES

El ahorro y la eficiencia energética en instalaciones municipales es un objetivo ineludible que se abordará a través de herramientas de monitorización, renovación de equipos y líneas de inversión para la rehabilitación energética integral de edificios e integración de energías renovables.

Otros sectores

Junto con la movilidad y la edificación como principales sectores emisores de fuentes difusas de GEI, la Hoja de Ruta identifica otras acciones de significativo impacto que deben ser abordadas a escala municipal, en particular en la gestión urbana de los residuos dada la capacidad de actuación local:

GESTIÓN DE RESIDUOS

Se fomentarán acciones conforme a la jerarquía de reducción en la generación de residuos, incremento de la recuperación de materiales y mejora de los procesos de tratamiento.

La gestión y tratamiento de los biorresiduos adquiere una especial importancia a escala municipal por lo que se seguirá avanzando en la optimización de procesos para la reducción de las emisiones de metano en el complejo tecnológico de Valdemingómez (PTV). Con eso objeto se potenciará el proceso de tratamiento de la materia orgánica mediante su biometanización (digestión anaerobia) y aprovechamiento del biogás por transformación en biometano inyectable en la red de gas natural.

La generación de biometano y electricidad de origen renovable, a partir de los residuos que producen los ciudadanos y que se tratan en el PTV o en las plantas de tratamiento de aguas residuales permite contribuir a la reducción del consumo de combustibles fósiles tanto en el sector de la automoción como el residencial, industrial o de servicios en general, por ello se seguirá avanzando en la mejora de los procesos de transformación de estas fuentes renovables de energía y en la aplicación de las mejores técnicas disponibles para la reducción de emisiones a la atmósfera.

El Ayuntamiento avanzará en el autoconsumo de la electricidad y biometano generados en el PTV, de manera que estos podrán jugar un papel fundamental en la neutralidad de servicios municipales, tales como flotas de autobuses de la EMT, de recogida de residuos o los propios edificios municipales.

REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE GASES REFRIGERANTES

Muchos de los gases utilizados en refrigeración y climatización (fluorados) poseen un elevado potencial de calentamiento atmosférico y su uso se ha incrementado notablemente en los últimos años-. Madrid pretende incentivar tecnologías alternativas a los gases fluorados de efecto invernadero, que utilicen otros gases con menor potencial de calentamiento atmosférico, así como mejorar el mantenimiento y recuperación de estos gases en aquellos equipos existentes.

Procesos impulsores de implementación y escalado

Las palancas de transformación estructuran la Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática pero no hay que olvidar que se hace necesaria una transformación sistémica, es decir, no sólo innovación tecnológica, sino también social, política, económica, financiera e institucional. Por ello, es fundamental crear nuevas herramientas habilitadoras que

favorezcan la implementación y escalado. La ciudad de Madrid ha planteado para el desarrollo de su Hoja de Ruta las siguientes acciones dirigidas al impulso de procesos:

- EQUIPO DE TRABAJO INTERDEPARTAMENTAL (**Grupo Clima 360**): constituido por representantes de distintas áreas municipales (Medio Ambiente y Movilidad, Desarrollo Urbano, Economía, Innovación, Hacienda, Cultura, Internacional, etc.) que aportan las múltiples visiones que exige la Hoja de Ruta.
- REVISIÓN NORMATIVA: procesos de revisión de regulaciones, ordenanzas y planes municipales bajo la perspectiva de la neutralidad climática. Oportunidad de generar espacios de innovación regulatoria (“sandbox” regulatorios) que permitan experimentar modelos de descarbonización no contemplados o de difícil implementación con el marco normativo existente. A destacar la figura de **“Áreas demostradoras de acción climática”** contemplada en la Ordenanza de Calidad del Aire y Sostenibilidad de marzo de 2021, en las que se desarrollarán medidas dirigidas a acelerar la descarbonización y que permitan cumplir con los objetivos de neutralidad climática. Dichas áreas contarán con un plan de acción que recogerá las medidas necesarias para lograr una reducción de emisiones superior a la exigida por la normativa vigente, de manera que supongan un impulso de mejora adicional de la calidad del aire del ámbito y puedan ser extensibles a toda la ciudad.
- FINANCIACIÓN CLIMÁTICA: puesta en marcha de esquemas de financiación que permitan desarrollar la Hoja de Ruta a partir del análisis económico. Integración de la variable climática en los presupuestos municipales.
- PLATAFORMA DE COLABORACIÓN MULTIACTOR: a partir de la experiencia de Madrid como ciudad demostradora del programa de Climate-KIC “Ciudades limpias y saludables”, consolidación de una plataforma que promueva la innovación sistémica, acelerando carteras de proyectos transformadores. En esta plataforma se integran el Ayuntamiento, la comunidad científica, el sector privado y la ciudadanía.
- REDES DE COLABORACIÓN A ESCALA NACIONAL E INTERNACIONAL

8

Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

Reducir las emisiones de GEI debe ser el objetivo prioritario de la acción climática. Sin embargo, las consecuencias del calentamiento global obligan a dar una respuesta a las amenazas e impactos que ya se están produciendo. La modificación del sistema climático global genera unos efectos en cadena que llegan a la escala local, y que no se limitan a aspectos ambientales, sino que impactan social y económicamente.

Esta Hoja de Ruta pretende orientar la ciudad de Madrid hacia el cumplimiento del Acuerdo de París, reduciendo sus emisiones con el objetivo de alcanzar la neutralidad en 2050, pero también incorpora los objetivos planteados en su artículo 2. *'Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima'*.

El Pacto Verde Europeo que manifiesta el compromiso político de transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, también incorpora en sus metas proteger, mantener y mejorar el capital natural de la UE, así como proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos frente a los riesgos y efectos medioambientales.

En el ámbito nacional, la Ley de Cambio Climático y Transición Energética ofrece el marco institucional para el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París y refuerza el papel de la adaptación en el desarrollo de esas políticas. De manera más específica, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) supone una referencia que permite orientar los planes y actuaciones locales.

Debe destacarse la dimensión local que supone la adaptación al Cambio Climático. Los impactos derivados de la alteración del clima se convierten en riesgos reales y cercanos que afectan a los sistemas urbanos, desde la provisión de recursos, la gestión del agua, la demanda energética o la degradación de los espacios naturales, pero sobre todo tienen efecto en los grupos sociales más vulnerables y en la actividad económica.

Escenarios climáticos y evaluación de riesgos

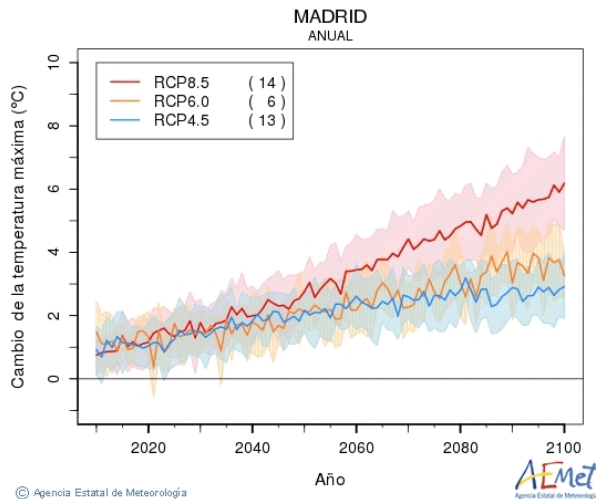
La evolución del clima en Madrid se infiere a partir de los escenarios climáticos regionalizados. A pesar de la influencia de la ciudad en determinadas variables meteorológicas, su clima depende del regional. A partir de las proyecciones regionalizadas ofrecidas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y de la plataforma AdapteCCa (Plataforma sobre Adaptación de la Oficina Española de CC), se pueden conocer los escenarios futuros a los que se enfrenta la ciudad.

Respecto a las temperaturas, la tendencia que se observa es el incremento de las temperaturas máximas, el aumento de los días cálidos y de las noches tórridas o cálidas, aquellas que superan los 20° de mínima, y aumento de la duración de los episodios de ola

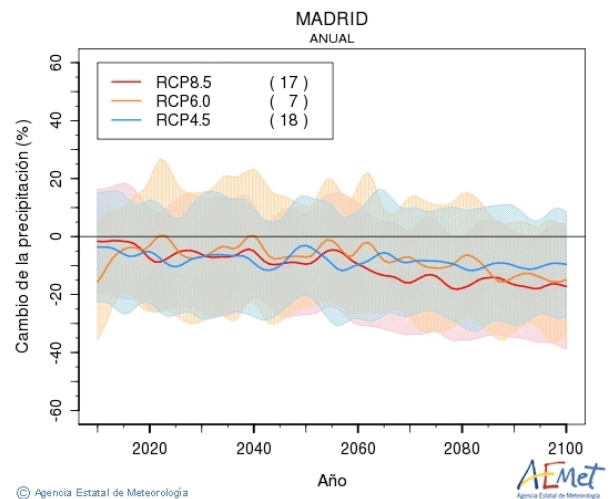
de calor. La evolución de estas variables se hace más acusada en la trayectoria de concentración representativa (RCP 8.5) con incrementos superiores a 5°C en las temperaturas máximas a finales de este siglo o el incremento de los episodios de ola de calor.

Respecto a las precipitaciones, existe una tendencia decreciente en el volumen y en el número de días de lluvia, y los periodos secos muestran una evolución creciente.

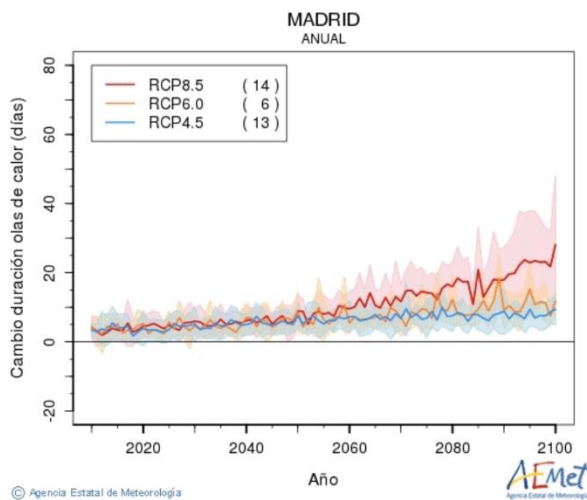
Cambio en la temperatura máxima



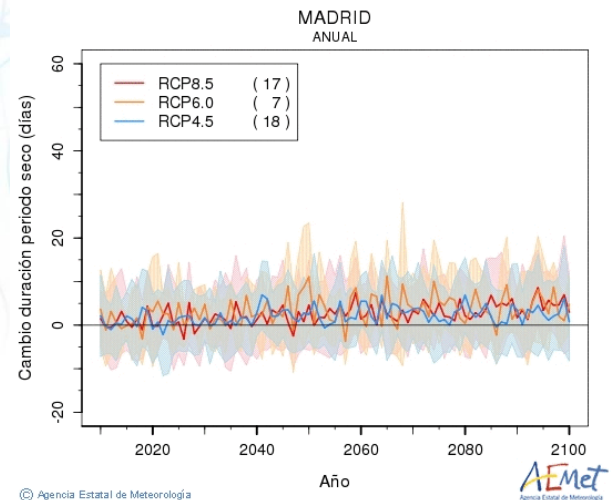
Cambio en la precipitación



Cambio duración olas de calor



Cambio duración periodo seco



Resultados gráficos de las proyecciones regionalizadas de cambio climático (temperatura y precipitaciones).

Fuente: AEMET.

Disponible en: http://www.aemet.es/en/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos

La alteración de las condiciones climáticas mostradas en los escenarios previstos está en el origen de una serie de cadenas de impactos. Según el estudio municipal: “*Análisis de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático del municipio de Madrid*”, la ciudad está afectada por los siguientes impactos:

- **Olas de calor:** efectos directos sobre la salud, mortalidad y morbilidad, incremento de la demanda energética, aumento del consumo de agua, reducción de rendimientos de trabajo, efectos sobre turismo, etc.
- **Sequías:** restricciones de abastecimiento de agua potable, reducción de la calidad, impacto en economía, negocios y turismo, degradación de espacios naturales, etc.
- **Eventos climáticos extremos:** Inundaciones, tormentas, vendavales, nevadas, granizadas...: daños personales impacto sobre infraestructuras y edificios, reducción de la calidad del agua, incremento de incidencias en seguridad y emergencias, incidencias en movilidad.
- **Degradación ambiental:** alteración o modificación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, incremento de vectores contagiosos, plagas y enfermedades.

Estas cadenas de impacto generan un efecto en cascada con incidencia en múltiples aspectos de la vida y actividad de la ciudad, desde la salud a la calidad del aire, las condiciones laborales o la economía. Este mismo análisis valora, a escala distrital, las áreas de Madrid más vulnerables, mostrando la coincidencia espacial de la vulnerabilidad climática con la social y económica.

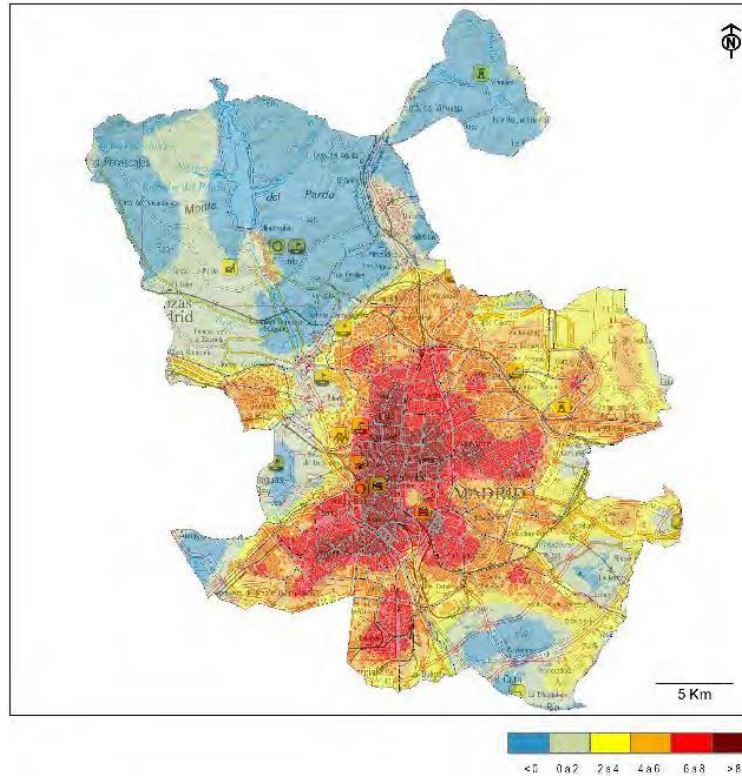
Aunque el clima de la ciudad de Madrid se enmarca en el regional, al igual que otras grandes metrópolis, la morfología urbana, los materiales y la actividad urbana, provocan condiciones climáticas particulares a microescala y fenómenos como el efecto de “Isla de Calor Urbana”.

El “*Estudio de Detalle del Clima Urbano de Madrid*”, realizado por el grupo de investigación del clima urbano de la Universidad Autónoma de Madrid por encargo del Ayuntamiento, profundiza en el conocimiento del efecto de Isla de Calor Urbana, estrechamente relacionado con el impacto de las olas de calor. El estudio, integra las tendencias de los escenarios climáticos regionales y elabora un plano de la huella de calor en la ciudad que permite ubicar los lugares más expuestos, “puntos calientes”.

Objetivos de adaptación

El clima en Madrid está cambiando y, en base a las proyecciones ambientales, es de esperar que continúe evolucionando con la misma tendencia durante las próximas décadas. Los cambios en las condiciones ambientales están generando riesgos sobre la salud pública, la economía y el equilibrio de los sistemas naturales y urbanos.

Para hacer frente a los impactos climáticos actuales y futuros Madrid debe adaptarse, **transformándose en una ciudad más resiliente, sostenible y saludable**. La adaptación es una transformación conjunta y transversal, que debe alinear políticas sectoriales y el esfuerzo coordinado de múltiples actores de todos los sectores de la sociedad.



Distribución de la isla de calor fisiológica en verano.

Detalle del Clima Urbano de Madrid. Abril 2016. Ayuntamiento de Madrid. Felipe Fernandez et al. UAM.

MÁS CALOR. Temperaturas más altas, olas de calor más frecuentes e intensas

Se espera que las temperaturas mínimas y máximas continúen aumentando a lo largo del siglo. Las olas de calor serán más frecuentes, largas e intensas, agravando el efecto de la isla de calor urbano.

Objetivo estratégico: Refrescar la ciudad

Implementar iniciativas sostenibles, tanto desde el punto de vista ambiental como económico y social, que refresquen la ciudad y eviten su sobrecalentamiento durante los meses cálidos. Proteger del calor excesivo a las poblaciones más expuestas, más sensibles o con menor capacidad de respuesta. Incorporar **infraestructuras verdes y azules** en el tejido de la ciudad aprovechando la vegetación y el agua para mejorar el espacio público mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).

Objetivos específicos

- Incrementar la superficie de áreas verdes y el dosel arbóreo (cobertura arbórea) orientadas a mejorar la regulación térmica en los espacios libres urbanos.

- Incrementar la superficie de cubiertas verdes en los edificios de la ciudad.
- Mitigar el impacto en los grupos de población más vulnerables, personas mayores, población infantil y juvenil, personas con enfermedades sensibles al calor.
- Fomentar el uso de materiales constructivos con alto Índice de Reflectancia Solar tanto en edificación como en urbanización.
- Integración de la infraestructura verde urbana en la planificación urbanística: edificación, movilidad, energía, etc.
- Mejorar los instrumentos de detección temprana y protocolos de actuación en emergencias

A continuación se realiza un análisis de las principales barreras en la consecución del objetivo 'Refrescar la ciudad' y las medidas que será necesario llevar a cabo para superar dichas barreras.

Tabla 1: Barreras a la adaptación y medidas para el objetivo 'Refrescar la ciudad'

Barreras a la adaptación frente al incremento de Temperatura		Medidas para superarlas
1	Limitación en la capacidad de actuar sobre materiales y morfología de la ciudad consolidada .	Desarrollar medidas innovadoras para la aplicación de las SBN en la rehabilitación urbana.
2	Existencia de grandes bolsas residenciales con condiciones de habitabilidad deficitarias para afrontar episodios de calor.	Promover actuaciones de rehabilitación energética de edificios. Impulsar una red de equipamientos públicos resilientes. Creación de una red de refugios climáticos.
3	Amplias áreas urbanas con espacio público en condiciones inadecuadas frente a olas de calor.	Inclusión de criterios de adaptación al cambio climático en rehabilitación y nuevas intervenciones de urbanización. Incremento de la infraestructura verde Red de equipamientos resilientes. Refugios climáticos.
4	Condiciones climáticas exigentes para el establecimiento, progreso y mantenimiento de infraestructura verde.	Investigación de especies adaptadas y mejora de técnicas de revegetación.
5	Déficit de conocimiento en la población sobre los impactos derivados del calor.	Mejora de los sistemas de comunicación y alerta temprana.

MENOS AGUA, MÁS CONCENTRADA. Periodos de sequía más frecuentes y prolongados, precipitaciones anuales ligeramente menores, pero con una distribución irregular.

Las proyecciones climáticas apuntan a un descenso continuado de las precipitaciones anuales, periodos más largos sin lluvia y más días de lluvias intensas al año.

Objetivo estratégico: Reducir y reaprovechar

Maximizar la **eficiencia en la gestión del agua** en la ciudad. Aprovechar recursos hídricos alternativos reduciendo la demanda de agua potable. Minimizar pérdidas auditando, reparando, modificando y manteniendo las redes de abastecimiento, riego y saneamiento.

Objetivo estratégico: Asegurar el acceso

Continuar fomentando el **consumo responsable y garantizar la calidad y el acceso** con atención especial a los grupos más vulnerables.

Objetivos específicos

- Reducir la demanda de agua y fomentar el uso responsable.
- Sustitución de superficies pavimentadas impermeables por permeables o naturales.
- Extender la red de agua regenerada para el riego de parques.
- Reducir pérdidas por abastecimiento.
- Explorar nuevas fuentes de aprovechamiento y alternativas de reutilización.

Se resumen en la siguiente tabla las barreras para la consecución de los objetivos 'Reducir y reaprovechar' y 'Asegurar el acceso' y las medidas identificadas para su superación.

Tabla 2: Barreras a la adaptación y medidas para 'Reducir y reaprovechar' y 'Asegurar el acceso'

Barreras frente a la escasez de agua		Medidas para superarlas
1	Hábitos de demanda elevados	Sensibilización de la población y de grandes sectores consumidores de recursos hídricos
2	Gestión ineficiente del agua	Impulsar mejoras en la reducción de la demanda, reutilización y regeneración. Promover redes separativas, sistemas de drenaje sostenible, extender las redes de agua regenerada para riego en sustitución de las de agua potable. Reducir pérdidas en redes de distribución.
3	Necesidades de inversión elevadas	Movilizar recursos para fomentar la gestión eficiente. Evaluar económicamente los impactos del cambio climático en la gestión de este recurso para justificar las inversiones económicas.

MÁS EVENTOS EXTREMOS. Aumento de la frecuencia de los eventos extremos, lluvias torrenciales, tormentas, vientos...

Los eventos climáticos extremos, tormentas, fuertes rachas de viento y lluvias torrenciales se producirán con mayor frecuencia. Aumentará el riesgo de inundación y daños a instalaciones e infraestructuras urbanas.

Objetivo estratégico: Proteger y asegurar

Implementar medidas para proteger a la ciudad frente a episodios extremos, borrascas, lluvias torrenciales, nevadas, calimas, etc., con especial atención a la población más vulnerable. Aumentar la capacidad de respuesta. Incrementar la resiliencia de infraestructuras y servicios.

Objetivo estratégico: Transformar la gestión de lluvia en Madrid

Aumentar la retención y permeabilidad del agua en la ciudad mediante Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible y la implantación de Soluciones Basadas en la Naturaleza que permitan reducir los caudales pico de llegada a los sistemas de depuración para minimizar el vertido de aguas contaminadas a los cauces naturales. Aprovechar el agua para mejorar el microclima urbano, recargar los acuíferos, promover la biodiversidad urbana y favorecer el bienestar de la ciudadanía.

Objetivos específicos

- Extender el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.
- Incrementar la retención e infiltración del agua de lluvia.
- Explorar la ampliación de usos de aguas grises.
- Mejorar la detección y comunicación de eventos extremos
- Mejorar los protocolos de coordinación y actuación en caso de emergencias

Algunas de las barreras y medidas identificadas para los objetivos estratégicos anteriormente expuestos se resumen en la tabla 3.

Tabla 3: Barreras a la adaptación y medidas para los objetivos 'Proteger y asegurar' y 'Transformar la gestión de lluvia en Madrid'

Barreras a la adaptación frente a los eventos extremos	Medidas para superarlas
--	-------------------------

1	Detección y previsión de impactos compleja	Desarrollar y mejorar mecanismos de detección temprana. Integrar los riesgos climáticos en planes de emergencia.
2	Sistemas e infraestructuras urbanas rígidos y poco adaptados	Incorporar mecanismos de flexibilización en el funcionamiento los sistemas e infraestructuras urbanas. Cambiar la gestión del agua en la ciudad hacia modelos más naturales. Implementación de Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDs)
3	Déficits de mecanismos de coordinación entre servicios	Creación de espacios e instrumentos de coordinación intersectorial
4	Falta de protocolos de respuesta frente a impactos climáticos	Desarrollo de planes de contingencia

DISMINUCIÓN BIODIVERSIDAD, NUEVOS RETOS. Degradación de los espacios naturales, alteración de los ecosistemas

Los cambios en las condiciones ambientales y la velocidad a la que éstos se producen están poniendo en peligro el equilibrio de los ecosistemas existentes en la ciudad. Además ligado a un clima más cálido, están apareciendo nuevos vectores de transmisión, plagas y enfermedades que aumentarán el riesgo para la salud de las personas, flora y fauna de la ciudad.

Objetivo estratégico: Promover la inclusión de la naturaleza en la ciudad

Proteger e incrementar la **biodiversidad** en la ciudad de forma sostenible mediante planteamientos estratégicos encaminados a la resiliencia y la adaptación. Promover infraestructuras verdes que faciliten el funcionamiento de servicios ecosistémicos, mejoren la conectividad, las condiciones micro climáticas, la calidad del aire, o la eficiencia energética entre otros co-beneficios.

Objetivo estratégico: Conocer y evaluar la biodiversidad y los ecosistemas

Adaptar los protocolos y mecanismos municipales para **anticipar, detectar y controlar** la aparición de nuevos vectores de transmisión de enfermedades. Estudiar y gestionar la aparición de nuevas plagas y riesgos para la vegetación y los animales de Madrid.

Objetivos específicos

- Incrementar la conectividad de zonas verdes urbanas y periurbanas.
- Incrementar la diversidad de especies vegetales en la ciudad.
- Generar condiciones atractivas y adecuadas para la fauna.

- Ensayar y extender el diseño de zonas verdes con criterios de hábitats naturales.
- Seguimiento de vectores, plagas y enfermedades asociados a los cambios en los ecosistemas

A continuación se muestra el análisis de las principales barreras frente a los objetivos 'Promover la inclusión de la naturaleza en la ciudad' y 'Conocer y controlar' además de las medidas que se establecen para superar dichas barreras.

Tabla 4: Barreras a la adaptación y medidas para los objetivos 'Promover la inclusión de la naturaleza en la ciudad' y 'Conocer y controlar'

Barreras a la adaptación para el fomento de biodiversidad		Medidas para superarlas
1	Incremento de vectores , plagas y enfermedades asociadas a la modificación de condiciones climáticas	Realizar estudios de seguimiento y evaluación de la incidencia. Establecer procedimientos de control compatibles con la conservación de ecosistemas y especies.
2	Simplificación y destrucción de hábitats	Promover nodos y conectores de biodiversidad entre zonas verdes y espacios naturales de la ciudad. Favorecer las condiciones para la aparición espontánea de fauna y flora.
3	Biofobia y falta de información sobre la importancia de la biodiversidad urbana	Desarrollar programas de sensibilización y establecer alianzas con entidades que fomenten el capital natural de la ciudad.
4	Prácticas inadecuadas de control vectores, plagas y enfermedades. Tratamientos fitosanitarios, control de plagas...	Revisar las prácticas actuales y desarrollar alternativas que respeten la conservación de especies y hábitats.

Al igual que en el desarrollo de las acciones de mitigación, la adaptación requiere una **respuesta transversal y coordinada**, obligada por la multiplicidad de factores que intervienen y de los efectos que derivan de la alteración climática. En este sentido, el equipo de trabajo interdepartamental Grupo Clima, permitirá abordar de manera integral algunos proyectos emblemáticos de la ciudad relacionados con el desarrollo de infraestructuras verdes y biodiversidad, a la vez que ejercerá una acción como plataforma para fomentar las necesarias alianzas estables con actores del sector privado, académico y ciudadano.

9

Seguimiento y comunicación

El seguimiento de la Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática se establece conforme a un triple sistema que cubre distintas necesidades y objetivos de monitorización:

- 1) Los avances de la ciudad de Madrid en su camino hacia la neutralidad podrán observarse anualmente a través de los resultados que se obtienen a partir del **Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**. Esta herramienta, que se lleva utilizando desde 2006, permite conocer año a año el volumen de emisiones de alcance 1 y 2 (directas e indirectas) que genera la ciudad, evolución histórica y tendencias. El inventario, realizado conforme a la metodología internacionalmente aceptada, ofrece datos de emisiones totales y desagregados por sectores de actividad y constituye el principal mecanismo de contraste de la acción climática en términos de objetivos de reducción.

La información base del inventario se obtiene a partir de encuestas directas dirigidas a las principales fuentes de emisión, a la que se añade información procedente de la administración regional y estatal, así como estudios específicos, como el Parque Circulante de la Ciudad de Madrid, el Modelo de Tráfico o el Balance Energético, entre otros.

El Anexo I recoge los indicadores identificados para realizar el seguimiento de esta Hoja de Ruta. El inventario de emisiones GEI aporta los indicadores generales de seguimiento que se pueden encontrar en dicho Anexo.

- 2) El inventario de emisiones presenta alguna limitación, como el desfase temporal de entre 1 y 2 años motivado por la metodología de recogida de datos o la dificultad de evaluar el impacto de emisiones a palancas de reducción concretos, por lo que se considera conveniente complementarlo con un sistema de indicadores de tendencias urbanas que permitan un análisis más detallado del cumplimiento de hipótesis y escenarios, el grado de implantación de medidas y el pronóstico de evolución en los siguientes años. Este seguimiento de tendencias integrará la evaluación de las acciones de adaptación a través de indicadores de resiliencia y/o vulnerabilidad.

Además de los indicadores generales de seguimiento, el Anexo I identifica por sectores una serie de indicadores que evalúen y muestren la tendencia y el impacto de las palancas y ejes establecidos en la Hoja de Ruta.

- 3) Por último, se prevé la generación de un sistema avanzado para el diagnóstico, y evaluación de fuentes emisoras de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos en la ciudad de Madrid que permita monitorizar, simular y evaluar el impacto sobre la emisión de contaminantes atmosféricos de distintas políticas ambientales y diferentes escenarios de evolución de las dinámicas urbanas. Esta herramienta, basada en la utilización de los múltiples datos urbanos de fuentes

públicas y privadas, ofrecerá una visualización geográfica de emisiones con un elevado grado de detalle.

La Hoja de Ruta, los datos de inventario y los informes de evaluación periódicos serán **publicados en la web municipal y en publicaciones específicas, de manera que la información será transparente y accesible para cualquier interesado.**

Estrategia de comunicación

La Hoja de Ruta es una guía para todas aquellas personas o entidades implicadas en la mitigación y adaptación de la ciudad. En este sentido, su divulgación se considera parte del proceso de implantación y desarrollo. La estrategia de comunicación adaptará sus contenidos en función de los destinatarios, canal de comunicación y objetivo de cada acción informativa.

Resulta relevante la difusión en el ámbito interno del Ayuntamiento de Madrid, con el fin de alinear las políticas de las diferentes áreas municipales, pero es especialmente necesaria la complicidad del sector privado, de la sociedad organizada y en general de la ciudadanía. A todos ellos deberá llegar este mensaje y ambición de la forma adecuada a su posición y capacidad de acción.

10 Amenazas, barreras

La crisis climática se define por su complejidad e interrelación entre múltiples factores de ámbitos aparentemente distantes. Por esta circunstancia, amenazas y barreras pueden originarse y aparecer de igual modo desde diversos lugares.

Respecto al cumplimiento de los objetivos de la Hoja de Ruta, la incertidumbre está en los ritmos y tiempos necesarios para alcanzar los objetivos.

Técnicamente, el grado de desarrollo alcanzado parece permitir acceder a escenarios de ciudades neutras en los horizontes temporales que plantea esta Hoja de Ruta y, aunque existen incertidumbres en algunos aspectos (evolución en el desarrollo de baterías, adaptación de redes de distribución, desarrollo de la tecnología del hidrógeno, técnicas de clasificación y tratamiento de residuos, así como los costes para su implantación, desarrollo de los mercados de materiales recuperados, etc.) no parecen que comprometan el fin.

En este ámbito, el éxito para alcanzar la neutralidad depende en un alto grado de la **descarbonización del mix eléctrico**, que de no cumplir con los ritmos e hitos establecidos ralentizaría todo el proceso.

La adecuación de infraestructuras, la transformación del parque circulante de la ciudad, la mejora de la eficiencia energética de edificios, la extensión de sistemas de climatización basados en energías limpias o la mejora de los procesos de recolección y tratamiento de

residuos, deben incorporar mejoras técnicas y requieren plazos de desarrollo amplios que podrían alterar el ritmo esperado.

Sin embargo, las mayores amenazas y barreras serán aquellas relacionadas con aspectos sociales y económicos. El objetivo de una ciudad neutra en carbono no podrá alcanzarse si no hay una **colaboración público – privada – social** en todos los aspectos del proceso. Este desarrollo urbano solo puede entenderse en una sociedad inclusiva en un contexto económico favorable y sostenible.

Los modelos de **gobernanza** son también un aspecto clave, la acción climática propone transformaciones integrales que, en ocasiones, son difíciles de desarrollar en esquemas administrativos y de organización excesivamente rígidos y compartimentados, y de normativa en cuyo diseño no se ha incorporado la variable climática.

También puede suponer una amenaza la **desconexión entre escalas**. La acción climática en la ciudad debe estar en relación con el contexto metropolitano, regional y estatal. Numerosas actividades y sistemas urbanos (movilidad, alimentación, energía, agua, etc.) están intensamente influenciados por estos otros ámbitos. De manera análoga, el proceso puede extraviarse o ralentizarse si no se produce un **alineamiento de las políticas** de las diferentes administraciones, local, regional, nacional y europea.

La **armonización entre políticas** será necesaria no solo en términos estratégicos y legales. La transformación urbana que se debe afrontar requerirá de políticas y estrategias financieras y presupuestarias que deberán ser ágiles y eficientes, para lo que la **coordinación institucional** resulta crucial.

La puesta en práctica de acciones va a requerir inversiones elevadas, en algunos casos con retornos económicos directos y en un plazo asumible por inversores, pero en muchos otros ese retorno se producirá en el largo plazo, tal y como se aprecia en el análisis económico, e incluso será inexistente en términos meramente económicos, caso de muchas acciones de resiliencia urbana. Un **contexto económico** favorable y un enfoque más amplio en la valoración de los retornos obtenidos facilitará, por tanto, la implantación de medidas.

El proceso hacia la neutralidad climática requiere una profunda transformación urbana, desde lo social, económico y ambiental. El reto está en vencer las inercias y posiciones inmovilistas que frenan esta evolución hasta alcanzar nuevos paradigmas e inercias que conduzcan de manera natural a una ciudad climáticamente neutra, económicamente próspera y socialmente inclusiva. En un análisis previo de barreras locales que condicionan la necesaria acción climática y de posibles acciones correctoras se identificaron las indicadas a continuación.

Tabla 5: Barreras locales a la Hoja de Ruta y medidas para superarlas

Barreras locales a la Hoja de Ruta	Medidas para superarlas
Ausencia de criterios climáticos en la normativa y planificación urbanística	Revisión normativa y de herramientas de gestión administrativa con perspectiva climática Zonas de experimentación e innovación climática (sandbox regulatorio) y modificación normativa. Sensibilización y formación de técnicos y profesionales del urbanismo y la construcción
Ausencia de presupuestos específicos e instrumentos de financiación de acciones climáticas	Evaluación económica de co-beneficios. Instrumentos de canalización de inversión privada
Excesiva compartimentación en la estructura y gestión municipal que dificulta acciones integrales	Creación de espacios de coordinación y grupos interdepartamentales. Modificación de competencias. Inclusión de la variable climática en los diferentes ámbitos y planes municipales
Dificultades de coordinación entre administraciones	Establecer mesas y cauces de coordinación de competencias y recursos
Inercias y rutinas de trabajo. Dificultades para incorporar innovaciones técnicas y organizativas.	Crear grupos de trabajo para transferencia de conocimiento y formación Desarrollar actividades formativas dentro de la propia organización municipal. Impulso de las redes y plataformas locales, nacionales e internacionales
Déficit en instrumentos de evaluación de riesgos e impactos. Evaluación económica, efectos en salud, consumo energético, etc.	Desarrollo de herramientas para el seguimiento de efectos del Cambio Climático, tanto de sus riesgos como de los co-beneficios de las medidas.
Desconocimiento entre la población de los riesgos climáticos y de las acciones de mitigación y adaptación disponibles. Dificultad de implicar agentes urbanos.	Informar sobre los efectos del cambio climático en los aspectos cercanos a la ciudadanía Facilitar la transformación hacia entornos y hábitos Integrar a los grupos de población, especialmente a los más vulnerables, en proyectos e iniciativas para afrontar los efectos del cambio climático

Anexo I.- Indicadores de monitorización de tendencias hacia la neutralidad climática

Documentación relacionada

- *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Ciudad de Madrid (2019).* Ayuntamiento de Madrid. 2021
- *The total economic case for decarbonisation in Madrid.* Material Economics. Noviembre 2020
- *Adaptación climática mediante soluciones basadas en la naturaleza: Madrid + Natural.* Ayuntamiento de Madrid 2020

Imagen portada:

Título: De Madrid al cielo (o hacia las cuatro torres)

Autor: Juan Carlos Rodán González

[V Concurso de fotografía municipal.](#)

Agradecimientos: Iconos Flaticon

A continuación, se exponen los indicadores identificados con los que se realizará el seguimiento de las diferentes palancas y ejes de acción.

1.- Indicadores generales de seguimiento			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Generales	Emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI)	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones directas de GEI	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones indirectas de GEI	Disponible	kt CO ₂ eq
	Intensidad emisiva del municipio (emisión/ud PIB)	Disponible	t CO ₂ eq/mill. €
	Intensidad energética del municipio (Consumo energético final/ud PIB)	Disponible	tep/mill. €
Residencial	Emisiones totales GEI en el sector residencial	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones directas GEI en el sector residencial	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones indirectas GEI en el sector residencial	Disponible	kt CO ₂ eq
Servicios	Emisiones totales GEI en el sector servicios	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones directas GEI en el sector servicios	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones indirectas GEI en el sector servicios	Disponible	kt CO ₂ eq

Transporte rodado	Emisiones totales GEI en el sector transporte rodado	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones directas GEI en el sector transporte rodado	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones indirectas GEI en el sector transporte rodado	Disponible	kt CO ₂ eq
Industrial	Emisiones totales de GEI en el sector industria	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones directas de GEI en el sector industria	Disponible	kt CO ₂ eq
	Emisiones indirectas de GEI en el sector industria	Disponible	kt CO ₂ eq
Absorción por sumideros	Evolución de las absorciones de CO ₂ (sumideros)	Disponible	kt CO ₂
Electricidad	Evolución del factor de emisión eléctrico (nivel nacional)	Disponible	kt CO ₂ /MWh
	Generación eléctrica renovable	Disponible	ktep
	Contribución de la energía eléctrica al total de consumo de energía final	Disponible	%
Energía térmica renovable	Evolución de la generación de energía térmica renovable	Disponible	ktep

2.- Sector residencial: Edificios residenciales cero emisiones			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Reducir la demanda de consumo de los edificios existentes mejorando el aislamiento y la eficiencia energética	Evolución del número de viviendas rehabilitadas	En desarrollo	Nº viviendas
	Evolución de la superficie rehabilitada	En desarrollo	m ²
Cambio de equipos e instalaciones más eficientes	Evolución del número de calderas de carbón	Disponible	Nº instalaciones
	Evolución del consumo de gas natural	Disponible	ktep
	Contribución de la energía eléctrica al total de consumo de energía final en los sectores residencial y servicios	Disponible	%
Acciones locales para la descarbonización del sistema eléctrico	Ver 'Indicadores generales de seguimiento'	-	-

3.- Sector Transporte cero emisiones			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Reducción de desplazamientos / demanda de turismo privado	Evolución de la intensidad de tráfico	Disponible	Miles vehículos/día
	Evolución de la movilidad de turismos privados	Disponible	Millones vehículos-km/año
	Evolución teletrabajo	En desarrollo	En desarrollo
	Evolución superficie total de zonas de bajas emisiones (ZBE)	En desarrollo	m ²
	Evolución del porcentaje de zonas de servicio estacionamiento regulado (SER)	En desarrollo	m ² SER/m ² urbanizados totales
Cambio modal de vehículo privado a otros modos / intermodalidad	Evolución de la movilidad peatonal (días laborables, sábados y domingos y festivos)	Disponible	Miles personas/día
	Evolución de la movilidad en el transporte público	Disponible	Nº usuarios (millones/año)
	Evolución de la movilidad ciclista (nº estaciones BiciMAD)	Disponible	Nº anclajes
	Evolución de la movilidad ciclista (utilización del servicio BiciMAD)	Disponible	Miles usos/año
	Evolución del vehículo compartido cero emisiones (<i>carsharing</i> o <i>carpooling</i>)	En desarrollo	Nº vehículos/año
Renovación y electrificación del parque circulante. Optimización de servicios (transporte público y distribución urbana de mercancías)	Evolución de matriculaciones de turismos CERO frente al total de matriculaciones	Disponible	%
	Evolución de taxis CERO frente al total de taxis	Disponible	%
	Evolución autobuses CERO frente al total autobuses (EMT)	Disponible	%
	Evolución de los distintivos ambientales DGT en parque matriculado (turismos)	Disponible	Nº turismos (miles)

	Evolución de los distintivos ambientales DGT en nuevas matriculaciones (turismos)	Disponible	Nº turismos
	Evolución de los distintivos ambientales DGT en parque matriculado (motocicletas)	Disponible	Nº motocicletas
	Evolución de los distintivos ambientales DGT en nuevas matriculaciones (motocicletas)	Disponible	Nº motocicletas
	Evolución de vehículos con distintivo CERO de la flota municipal	Disponible	% CERO
Reducir emisiones en el sector aéreo	Evolución del consumo de combustible de aviación (queroseno en ciclos de aterrizaje-despegue)	Disponible	ktep
	Evolución de las operaciones totales al año	Disponible	Miles operaciones/año

4.- Sector servicios: Edificios y locales del sector servicios, comercial e institucional cero emisiones			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Reducir la demanda de consumo de los edificios existentes mejorando el aislamiento y la eficiencia energética	Evolución del consumo energético de una muestra representativa de edificios municipales	En desarrollo	Consumo energético/m ²
	Evolución de número de bombas de calor	En desarrollo	Nº instalaciones
Cambio de equipos e instalaciones más eficientes	Evolución del consumo del alumbrado público vial	Disponible	kWh
	Evolución del número de puntos de alumbrado público (ciudad, monumentos, carreteras y túneles de más de 200 metros)	Disponible	Nº puntos
	Evolución de la relación consumo de alumbrado público vial y número de puntos de alumbrado	Disponible	kWh/nº puntos
	Evolución de la potencia del alumbrado público (ciudad, monumentos, carreteras y túneles de más de 200 metros)	Disponible	kWh
Acciones locales para la descarbonización del sistema eléctrico	Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en el municipio	Disponible	kWp
	Evolución de la generación de energía solar fotovoltaica en edificios y centros municipales	Disponible	MWh

5.- Sector residuos: Reducir el impacto de los residuos			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Reducción en la generación	Evolución de la tasa de generación per cápita	Disponible	kg/(habitante·año)
Incremento tasas de recuperación en sectores residencial, servicios y municipal	Evolución de la tasa de recuperación en sectores residencial, servicios y municipal	Disponible	%
Recogida y tratamiento de materia orgánica	Evolución de la masa total de biorresiduos recogidos selectivamente	Disponible	t/año
	Evolución de la relación entre el biogás generado en la biometanización y la materia orgánica que entra al proceso de biometanización	Disponible	Nm ³ /t
	Evolución de la relación entre el biometano inyectado a la red y el total de biogás generado en la biometanización	Disponible	Nm ³ biometano/Nm ³ biogás

6.- Sector industria y otros: Reducir emisiones en otros sectores			
Acción	Indicador	Tendencia	Unidad
Reducción en impacto de gases refrigerantes y disolventes	Evolución de las emisiones de gases fluorados	Disponible	t
Reducción de las emisiones en el sector industrial	Evolución del consumo energético final del sector industrial	Disponible	ktep
	Contribución de la energía eléctrica al total de consumo de energía final en el sector industria	Disponible	%
Naturalizar y reforestar el municipio	Evolución del dosel arbóreo	En desarrollo	En desarrollo
	Evolución del factor verde	En desarrollo	%