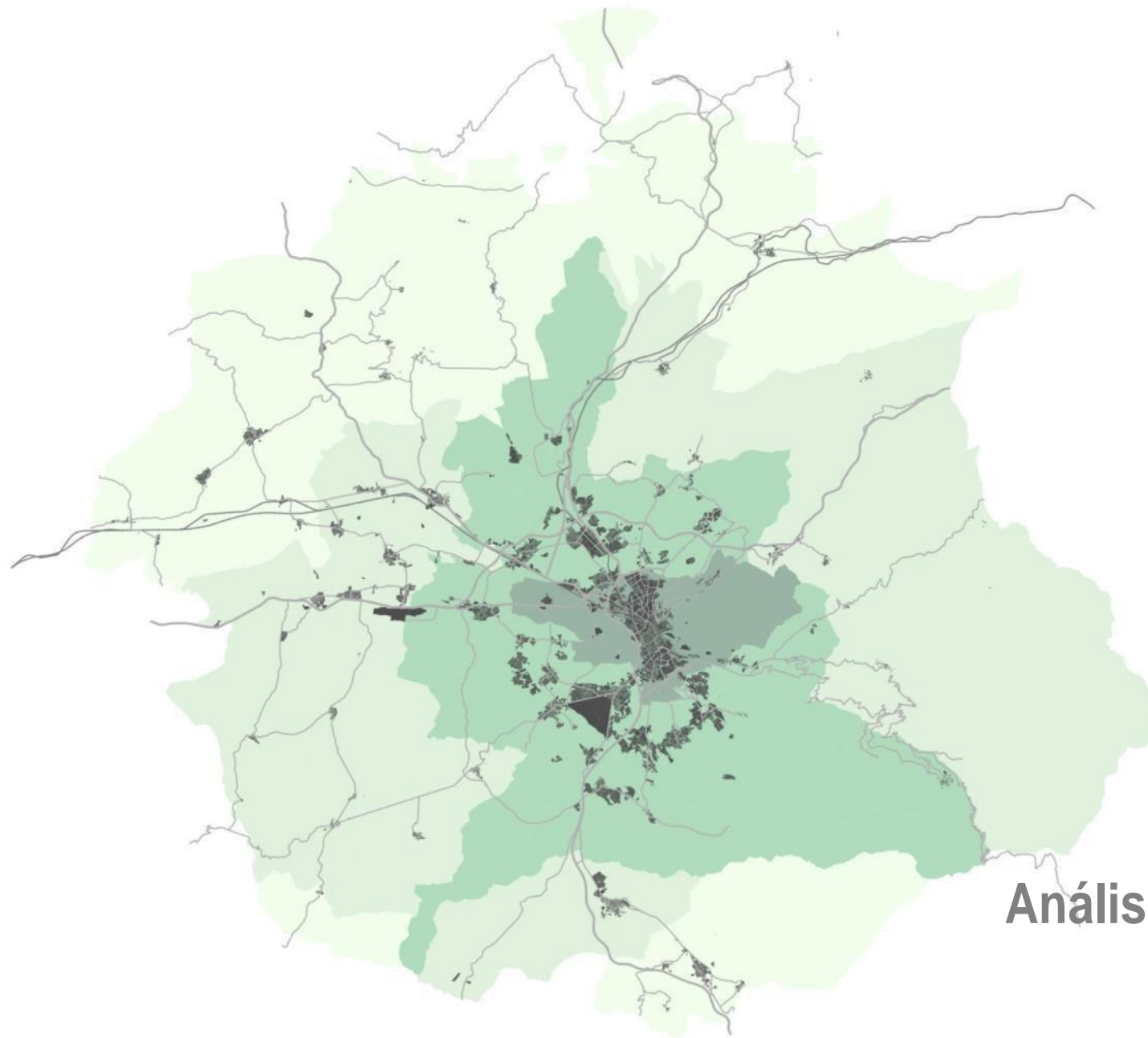


Plan de Transporte Metropolitano del Área de Granada

Plan de Movilidad Sostenible



Anexo I:
Análisis Coste – Beneficio y Multicriterio

Noviembre 2022



Índice:

1. INTRODUCCIÓN	4
2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	4
2.1. ESCENARIO 1.....	4
2.2. ESCENARIO 2.....	4
2.3. ESCENARIO 3.....	5
2.4. ESCENARIO 4.....	5
3. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO	7
3.1. DATOS DE PARTIDA	7
3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA	9
4. ANÁLISIS MULTICRITERIO	15
4.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS DURANTE EL PROCESO	15
4.2. VALORACIÓN DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS Y CRITERIOS.....	16
5. JUSTIFICACIÓN DEL ESCENARIO SELECCIONADO	29
APÉNDICE 1. INVERSIONES Y COSTES.....	30
APÉNDICE 2. DEMANDA EXPANDIDA.....	33
APÉNDICE 3. ANÁLISIS ECONÓMICO	36
APÉNDICE 4. CÁLCULO DE EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO Y CONSUMO ENERGÉTICO	41
APÉNDICE 5. CÁLCULO DE EMISIONES PARA LA CALIDAD DEL AIRE	47

Índice de Tablas:

Tabla 1. Períodos de referencia de la Comisión Europea por sector.....	7
Tabla 2. Expansión poblacional.....	8
Tabla 3. Reparto modal futuro.....	8
Tabla 4. Kilómetros recorridos totales (veh*km y viaj*km).....	9
Tabla 5. Tiempo de recorrido.....	9
Tabla 6. Inversiones y costes para cada escenario.....	9
Tabla 7. Tiempos de recorrido.....	10
Tabla 8. Coste monetario en transporte público.....	10
Tabla 9. Coste monetario en vehículo privado.....	11
Tabla 10. Excedentes por ahorros de tiempo y monetarios.....	11
Tabla 11. Costes promedios por externalidades en modos terrestres de transporte de pasajeros en la UE.....	11
Tabla 12. Externalidades para el escenario 1 en un DLT.....	12
Tabla 13. Externalidades para el escenario 2 en un DLT.....	12
Tabla 14. Externalidades para el escenario 3 en un DLT.....	12
Tabla 15. Externalidades para el escenario 4 en un DLT.....	12
Tabla 16. Ahorro de las externalidades (E1-E2).....	13
Tabla 17. Ahorro de las externalidades (E1-E3).....	13
Tabla 18. Ahorro de las externalidades (E1-E4).....	13
Tabla 19. Resultados del análisis coste beneficio.....	14
Tabla 20. Distribución del parque de vehículos en el municipio de Granada 2017.....	17
Tabla 21. Resumen de la distribución del parque móvil en 2017.....	17
Tabla 22. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 1.....	17
Tabla 23. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 2.....	17
Tabla 24. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 3.....	17
Tabla 25. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 4.....	18
Tabla 26. Vehículos-kilometro por día en transporte privado.....	18
Tabla 27. Vehículos-kilómetro por día en transporte público.....	18
Tabla 28. Distribución de vehículos para el Escenario 1.....	18
Tabla 29. Distribución de vehículos para el Escenario 2.....	18
Tabla 30. Distribución de vehículos para el Escenario 3.....	18
Tabla 31. Distribución de vehículos para el Escenario 4.....	18
Tabla 32. Antigüedad del parque vehicular en el municipio de Granada (2017).....	19
Tabla 33. Categorías Euro.....	19
Tabla 34. Valores medios de consumo de combustible y energía.....	19
Tabla 35. Consumos medios.....	20
Tabla 36. Cantidad de emisiones GEI para cada escenario.....	20
Tabla 37. Cantidad de consumo de energía para cada escenario.....	20
Tabla 38. Puntuaciones para el criterio " Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO ₂ equivalente)".....	20
Tabla 39. Puntuaciones para el criterio " Consumo de energía".....	20
Tabla 40. Puntuaciones para el criterio " Nivel de riesgo del sistema de transporte".....	21
Tabla 41. Factores de emisión para vehículos ligeros.....	23
Tabla 42. Factores de emisión para vehículos pesados.....	23
Tabla 43. Factores de emisión para autobuses.....	23
Tabla 44. Cantidad de emisiones contaminantes para cada escenario.....	23
Tabla 45. Puntuación para el criterio "Calidad del aire".....	24
Tabla 46. Variables para calcular la contaminación acústica.....	24
Tabla 47. Puntuaciones para el criterio "Contaminación acústica".....	24
Tabla 48. Cálculo de áreas.....	25
Tabla 49. Superficie ocupada por las actuaciones en cada escenario.....	25
Tabla 50. Puntuaciones para el criterio "Ocupación del suelo".....	25
Tabla 51. Puntuaciones para el criterio "Accidentabilidad".....	26
Tabla 52. Puntuaciones para el criterio " Riesgo de incidentes de violencia y acoso".....	26
Tabla 53. Puntuaciones para el criterio " Facilidad de acceso al transporte".....	26
Tabla 54. Tiempos de recorrido.....	27

Tabla 55. Puntuaciones para el criterio "Tiempos de recorrido".....	27
Tabla 56. Puntuaciones para el criterio " Accesibilidad"	27
Tabla 57. Ingresos por tarifas.....	27
Tabla 58. Costes de operación y mantenimiento.....	27
Tabla 59. Puntuación para el criterio "Ratio ingresos/costos".....	28
Tabla 60. Puntuaciones para el criterio "Asequibilidad del sistema de transporte" .	28
Tabla 61. Pesos considerados para las distintas variables.....	28
Tabla 62. Puntuaciones finales.	29
Tabla 63. Resultados de la puntuación final de los escenarios.	29

Índice de imágenes:

Imagen 1. Sistema de transporte futuro en el escenario 4.....	6
---	---

Índice de gráficos:

Gráfico 1. Proyección de la población en el ámbito de estudio.	8
---	---

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en los planes y programas se debe incluir un examen de alternativas técnica y medioambientalmente viables, abordando en el análisis los potenciales impactos de cada una de ellas y presentando razonadamente la solución finalmente adoptada.

Por ello, en este anexo se llevará a cabo una evaluación de los diferentes escenarios propuestos para el Plan de Transporte Metropolitano del Área de Granada, a través de diversas metodologías y criterios, con el fin de conocer el impacto que tendrá cada uno de ellos sobre la sociedad en su conjunto.

Primeramente, se llevará a cabo un análisis coste-beneficio, el cual identifica beneficios tanto directos como indirectos, así como los posibles costes que se generan a lo largo de la vida útil de la política para la cual se ha realizado una inversión.

Uno de los mayores beneficios de este tipo de análisis es la posibilidad de comparar variables con diferentes unidades de medida al traducirlo a valores económicos, como la accidentabilidad, contaminación atmosférica o ahorros de tiempo. Sin embargo, hay variables que quedan fuera del alcance de esta metodología, o que no se les da la importancia que deberían para alcanzar los objetivos de este plan. Es por esta razón que se llevará a cabo un análisis complementario para el estudio de los 4 escenarios.

Esta evaluación será un análisis multicriterio desarrollado mediante el método PATTERN con ponderación, donde se evaluarán criterios ambientales, funcionales y económicos para cada alternativa técnicamente viable, dándoles puntuaciones y pesos a cada uno. Finalmente se obtendrá una puntuación que indicará que escenario es el óptimo para el área metropolitana de Granada.

2. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

A partir de los resultados del diagnóstico realizado, se han definido los diferentes escenarios, correspondiente cada uno de ellos a una alternativa, en base a los Objetivos Estratégicos y las Líneas Estratégicas establecidas. Así pues, los escenarios están formados por una serie de programas de actuación que están enmarcados dentro de las Líneas Estratégicas.

La principal diferencia entre ellos se basa en el alcance de la Zona de Bajas Emisiones (ZBE) y sus implicaciones en el resto de medidas. Estas implicaciones se muestran principalmente en:

- Número de afectados de la ZBE.
- Renovación del parque de vehículos.
- Alternativa de calidad por parte del transporte público en personas usuarias afectadas por la ZBE.
- Localización de estacionamientos disuasorios.
- Efecto frontera que provocará la ZBE.

En consecuencia, se plantean 4 escenarios de actuación, partiendo de un Escenario 1 que tiene en cuenta las mejoras en movilidad, consideradas ya ejecutadas, en el ámbito de estudio hasta la implementación de una Zona de Bajas Emisiones que abarque un área metropolitana que vaya más allá de los límites de la

ciudad de Granada (Escenario 4), pasando por dos escenarios intermedios que presentan diferentes alcances de la ZBE en el ámbito metropolitano.

Escenario 1

Este primer escenario viene definido por las actuaciones en materia de movilidad en el ámbito de estudio que se considera que estarán ejecutadas en el horizonte del Plan por las distintas administraciones y actores y, por tanto, se considera el escenario tendencial. Se resume en las siguientes:

Actuaciones propuestas por el Ministerio o la Junta de Andalucía (Dirección General de Movilidad y Transportes):

- Acceso desde la GR – 30 hacia Asegra y Maracena en los enlaces 122 y 123.
- Ejecución del último tramo de autovía GR – 43 dirección Atarfe – Granada.
- Construcción de un vial que conecte la A-44 con la GR-3313 y con la A-385.
- Ejecución del último tramo de la VAU – 05 que une los municipios de Armilla, Churriana y Las Gabias.
- Ejecución de un ramal de la GR-30 a Camino de Camaura que da acceso a la GR-3303 hasta Churriana de la Vega.

Otras:

- LE1 – P5.1: Extensión del Metro de Granada.
- LE1 – P6.1: Plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3211 La Zubia – Granada.
- LE2 – P1: Zona de Bajas Emisiones: núcleo más urbano de la ciudad de Granada.

Escenario 2

Además de las actuaciones propuestas por el MITMA y la Junta explicadas en el Escenario 1, se incluye lo siguiente:

Programas de actuación relacionados con la LE1:

- LE1 – P1: Ampliación y mejora de aceras.
- LE1 – P2.1: Creación de red ciclopeatonal
- LE1 – P2.2: Zonas de estacionamiento seguro para bicicletas/VMP.
- LE1 – P3: Eliminación/Reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- LE1 – P4: Mejora del arbolado y zonas de sombra.
- LE1 – P5.1: Extensión del Metro de Granada.
- LE1 – P5.2: Corredores de altas prestaciones.
- LE1 – P6.1: Inversiones en infraestructura vial: Priorización del Transporte Público (Plataformas reservadas carril BUS-VAO + carril bus) y creación de servicios coordinados
- LE1 – P6.2: Inversiones en infraestructura vial: Evitar la concentración del tráfico de las zonas centro y norte de la ciudad de Granada.
- LE1 – P7: Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride).
- LE1 – P8: Intercambiadores – en función de la definición de la red de transporte público.
- LE1 – P9: Infraestructura de combustibles alternativos.
- LE1 – P10: Renovación de la flota de transporte público (cero y bajas emisiones).

- LE1 – P11: Renovación del parque vehicular privado.
- LE1 – P12: Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte respecto al cambio climático.
- LE1 – P13: Infraestructura de mercancía.
- LE1 – P14: Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada.

Programas de actuación relacionados con la LE2:

- LE2 – P1: Zona de Bajas Emisiones: núcleo más urbano de la ciudad de Granada.
- LE2 – P2: Estacionamiento regulado en la ciudad de Granada.
- LE2 – P3.1: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la accesibilidad a los principales equipamientos metropolitanos.
- LE2 – P3.2: Reestructuración de la red de transporte público: Necesidades de las mujeres.
- LE2 – P3.3: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la frecuencia y velocidades comerciales.
- LE2 – P3.4: Reestructuración de la red de transporte público y mejora de su eficiencia
- LE2 – P4: Control del transporte público e información a la persona usuaria en tiempo real.
- LE2 – P5: Medidas operativas y de conservación que reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático.

Programas de actuación relacionados con la LE3:

- LE3 – P1: Revisión del marco tarifario, integración billetes y medios de pago.
- LE3 – P2: Marco legal para la implantación de Zonas de Bajas Emisiones a nivel metropolitano.
- LE3 – P3: Mejora de la coordinación entre los distintos organismos a cargo de la movilidad.
- LE3 – P4: Medidas de apoyo a la adquisición de vehículos de bajas/cero emisiones.
- LE3 – P5: Medidas de fomento del uso de la bicicleta, incluyendo eléctricas y micro – movilidad.

Escenario 3

Además de las actuaciones propuestas por el MITMA y la Junta explicadas en el Escenario 1, se incluye lo siguiente:

2.4.

Programas de actuación relacionados con la LE1:

- LE1 – P1: Ampliación y mejora de aceras.
- LE1 – P2.1: Creación de red ciclopeatonal.
- LE1 – P2.2: Zonas de estacionamiento seguro para bicicletas/VMP.
- LE1 – P3: Eliminación/Reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- LE1 – P4: Mejora del arbolado y zonas de sombra.
- LE1 – P5.1: Extensión del Metro de Granada.
- LE1 – P5.2: Corredores de altas prestaciones.
- LE1 – P6.1: Inversiones en infraestructura vial: Priorización del Transporte Público (Plataformas reservadas carril BUS-VAO + carril bus) y creación de servicios coordinados
- LE1 – P6.2: Inversiones en infraestructura vial: Evitar la concentración del tráfico de las zonas centro y norte de la ciudad de Granada.
- LE1 – P7: Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride).

- LE1 – P8: Zonas de intercambio – en función de la definición de la red de transporte público.
- LE1 – P9: Infraestructura de combustibles alternativos.
- LE1 – P10: Renovación de la flota de transporte público (cero y bajas emisiones).
- LE1 – P11: Renovación del parque vehicular privado.
- LE1 – P12: Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte respecto al cambio climático.
- LE1 – P13: Infraestructura de mercancía.
- LE1 – P14: Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada.

Programas de actuación relacionados con la LE2:

- LE2 – P1: Zona de Bajas Emisiones: totalidad de la ciudad de Granada junto a los municipios de Albolote, Maracena y Armilla.
- LE2 – P2: Estacionamiento regulado en la ciudad de Granada.
- LE2 – P3.1: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la accesibilidad a los principales equipamientos metropolitanos.
- LE2 – P3.2: Reestructuración de la red de transporte público: Necesidades de las mujeres.
- LE2 – P3.3: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la frecuencia y velocidades comerciales.
- LE2 – P3.4: Reestructuración de la red de transporte público y mejora de su eficiencia
- LE2 – P4: Control del transporte público e información a la persona usuaria en tiempo real.
- LE2 – P5: Medidas operativas y de conservación que reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático.

Programas de actuación relacionados con la LE3:

- LE3 – P1: Revisión del marco tarifario, integración billetes y medios de pago.
- LE3 – P2: Marco legal para la implantación de Zonas de Bajas Emisiones a nivel metropolitano.
- LE3 – P3: Mejora de la coordinación entre los distintos organismos a cargo de la movilidad.
- LE3 – P4: Medidas de apoyo a la adquisición de vehículos de bajas/cero emisiones.
- LE3 – P5: Medidas de fomento del uso de la bicicleta, incluyendo eléctricas y micro – movilidad.

Escenario 4

Además de las actuaciones propuestas por el MITMA y la Junta explicadas en el Escenario 1, se incluye lo siguiente:

Programas de actuación relacionados con la LE1:

- LE1 – P1: Ampliación y mejora de aceras.
- LE1 – P2.1: Creación de red ciclopeatonal.
- LE1 – P2.2: Zonas de estacionamiento seguro para bicicletas/VMP.
- LE1 – P3: Eliminación/Reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- LE1 – P4: Mejora del arbolado y zonas de sombra.
- LE1 – P5.1: Extensión del Metro de Granada.
- LE1 – P5.2: Corredores de altas prestaciones.
- LE1 – P6.1: Inversiones en infraestructura vial: Priorización del Transporte Público (Plataformas reservadas carril BUS-VAO + carril bus) y creación de servicios coordinados

Imagen 1. Sistema de transporte futuro en el escenario 4.

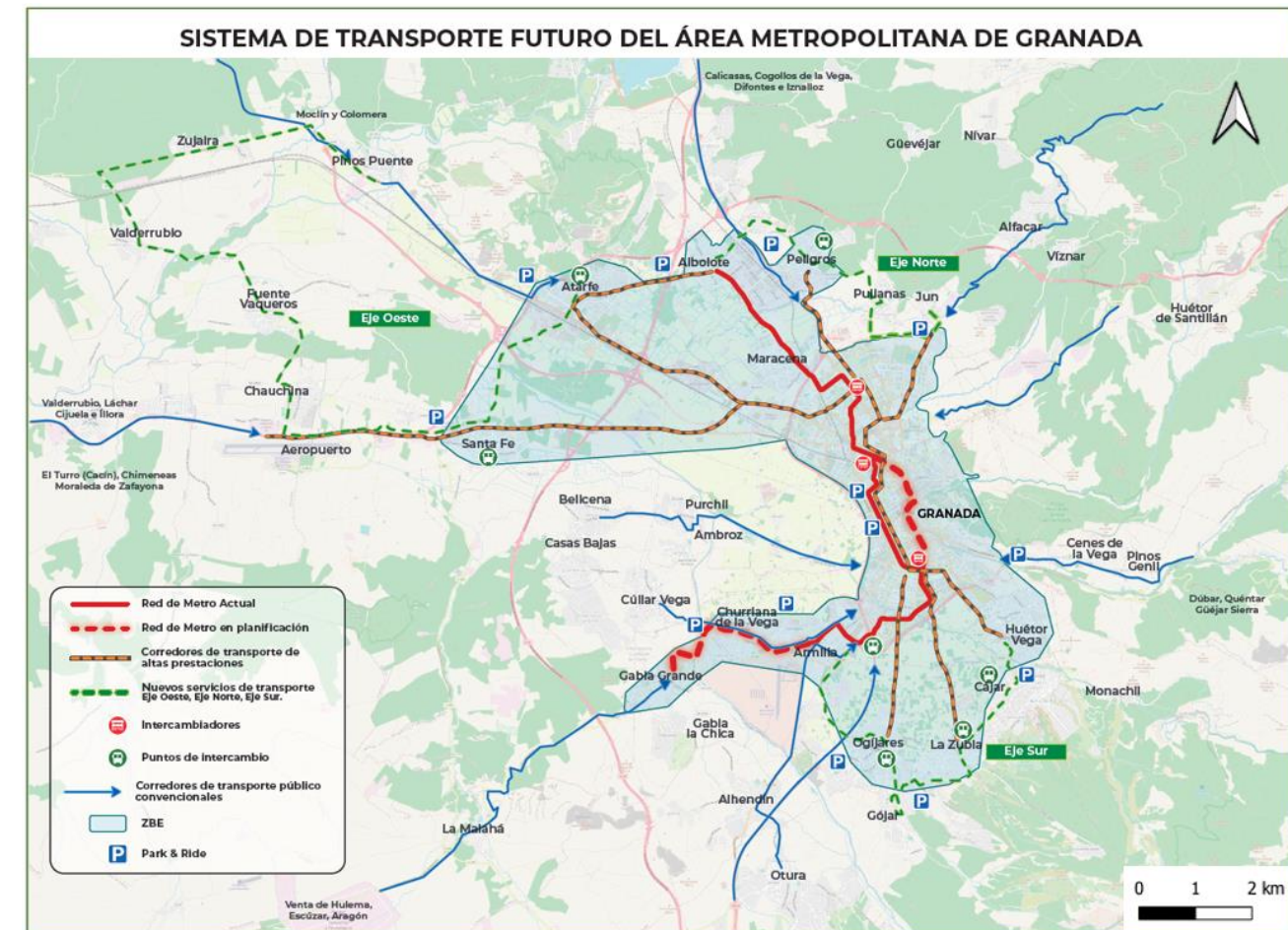
- Plataformas reservadas.
- LE1 – P6.2: Inversiones en infraestructura vial: Evitar la concentración del tráfico de las zonas centro y norte de la ciudad de Granada.
- LE1 – P7: Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride).
- LE1 – P8: Zonas de intercambio – en función de la definición de la red de transporte público.
- LE1 – P9: Infraestructura de combustibles alternativos.
- LE1 – P10: Renovación de la flota de transporte público (cero y bajas emisiones).
- LE1 – P11: Renovación del parque vehicular privado.
- LE1 – P12: Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte respecto al cambio climático.
- LE1 – P13: Infraestructura de mercancía.
- LE1 – P14: Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada.

Programas de actuación relacionados con la LE2:

- LE2 – P1: Zona de Bajas Emisiones: Granada, Albolote, Maracena, Armilla, junto con Churriana de la Vega, Gabia Grande, Ogijares, La Zubia, Huétor Vega, Peligros, Atarfe y Santa Fe.
- LE2 – P2: Estacionamiento regulado en la ciudad de Granada.
- LE2 – P3.1: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la accesibilidad a los principales equipamientos metropolitanos.
- LE2 – P3.2: Reestructuración de la red de transporte público: Necesidades de las mujeres.
- LE2 – P3.3: Reestructuración de la red de transporte público: Mejorar la frecuencia y velocidades comerciales.
- LE2 – P3.4: Reestructuración de la red de transporte público y mejora de su eficiencia.
- LE2 – P4: Control del transporte público e información a la persona usuaria en tiempo real.
- LE2 – P5: Medidas operativas y de conservación que reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático.

Programas de actuación relacionados con la LE3:

- LE3 – P1: Revisión del marco tarifario, integración billetes y medios de pago.
- LE3 – P2: Marco legal para la implantación de Zonas de Bajas Emisiones a nivel metropolitano.
- LE3 – P3: Mejora de la coordinación entre los distintos organismos a cargo de la movilidad.
- LE3 – P4: Medidas de apoyo a la adquisición de vehículos de bajas/cero emisiones.
- LE3 – P5: Medidas de fomento del uso de la bicicleta, incluyendo eléctricas y micro – movilidad.



Elaboración propia.

3. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

Una vez definidos los cuatro escenarios posibles para el PTMAGR, se procede a realizar un análisis económico para cada uno de ellos. El objetivo es estudiar la viabilidad económica de cada uno y sus repercusiones sociales, para finalmente proporcionar un recurso en el que basar la toma de decisiones.

Para definir la metodología se han seguido una serie de referencias bibliográficas especializadas en la evaluación económica de proyectos de inversión en el sector del transporte, entre ellas:

- Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, publicado por la dirección general de política regional y urbana de la Comisión Europea en diciembre de 2014.
- Handbook on the external costs of transport (HEATCO), publicado por la dirección general de movilidad y transporte de la Comisión Europea en enero de 2019.
- Manual de evaluación económica de proyectos del transporte publicado por el CEDEX en agosto de 2010.
- Herramienta para la evaluación previa de infraestructuras de transporte público de la Junta de Andalucía (2015).
- Nota de Servicio 3/2014 sobre Prescripciones y Recomendaciones Técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los Estudios de Rentabilidad de los Estudios Informativos o Anteproyectos de la Subdirección General de Estudios publicada por el Ministerio de Fomento (actual MITMA).

3.1. Datos de partida

3.1.1. Horizonte temporal

Para realizar este tipo de análisis es necesario definir un periodo de estudio, ya que las cuantías monetarias de cada año valen menos para los individuos cuanto más alejadas están de ellas en el tiempo. En este sentido, se necesita una medida que sea capaz de actualizar los beneficios netos generados durante la ejecución del plan y en el año horizonte, que es el Valor Actual Neto (VAN) y que se explicará detalladamente más adelante.

Para definir el horizonte temporal de evaluación, se recurre a la guía de la Comisión Europea "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects" de 2014. En ella se definen diversos periodos temporales en función del sector en el que se quiera desarrollar la inversión. El PTMAGR se engloba dentro del sector del transporte, por tanto, el periodo de evaluación considerado será de 30 años.

Tabla 1. Períodos de referencia de la Comisión Europea por sector.

Sector	Reference period (years)
Railways	30
Roads	25-30
Ports and airports	25
Urban transport	25-30
Water supply/sanitation	30
Waste management	25-30
Energy	15-25
Broadband	15-20
Research and Innovation	15-25
Business infrastructure	10-15
Other sectors	10-15

Source: ANNEX I to Commission Delegated Regulation (EU) No 480/2014.

Fuente: Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects

Por tanto, teniendo en cuenta que el horizonte del Plan es 2030 y el periodo de evaluación son 30 años, el horizonte temporal de análisis será 2059.

3.1.2. Factor de aumento anual

Considerando que el Análisis Coste-Beneficio se realiza a un horizonte temporal de 30 años, y los datos obtenidos de los modelos de transporte para los diferentes escenarios corresponden al año 2030, será necesario expandirlos hasta el año 2059.

Para ello se obtendrá un factor de crecimiento anual, calculado a partir del crecimiento poblacional. Para ello se seguirá la metodología utilizada para la proyección de población en municipios en estudio hasta 2030 explicada en el Anexo II: Modelización. Una vez obtenida la población año a año hasta 2059, se calculará el factor de crecimiento anual desde el 2029 hasta el horizonte temporal de análisis.

En resumidas cuentas, el proceso a seguir es el siguiente:

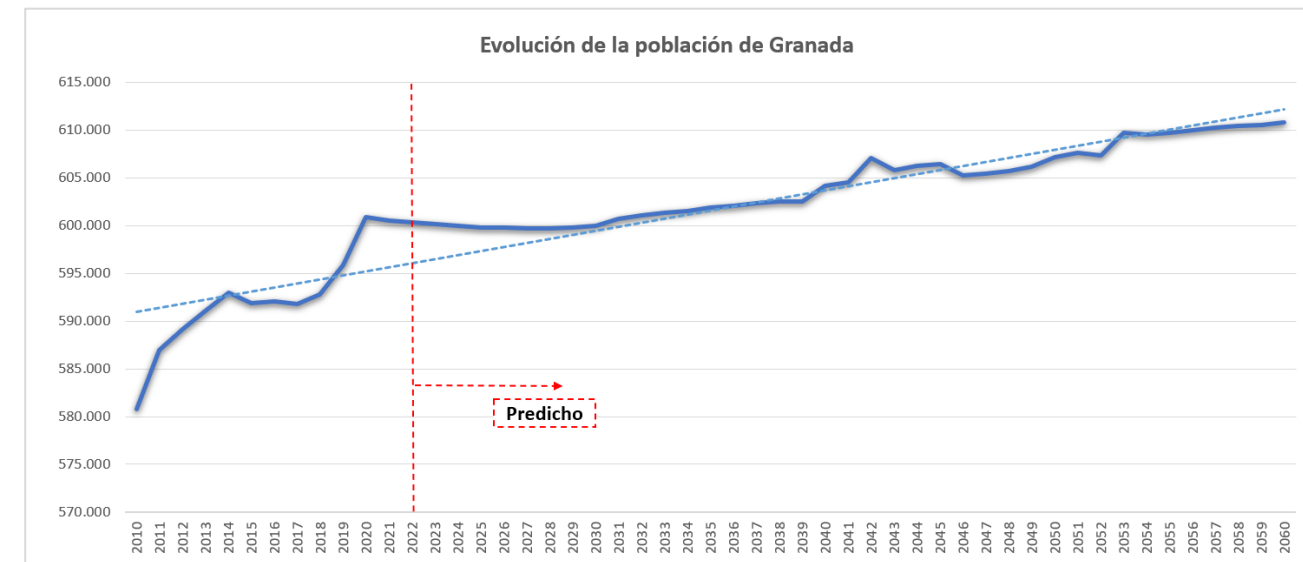
- Recopilación de datos de población actuales e históricos para la provincia de Granada a través del Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA).
- Recopilación de datos de las proyecciones de población para el mismo ámbito para el periodo 2022-2035 del INE.
- Estimación de la población para el periodo 2022-2059 en base a las tendencias obtenidas de los datos anteriores.
- Cálculo del factor de crecimiento anual

A continuación, se muestra tanto la población estimada para el ámbito de estudio hasta 2059 como el factor de aumento que se utilizará.

Tabla 2. Expansión poblacional.

EXPANSIÓN POBLACIONAL			
Año		Población	Factor de aumento
2029	0	919.848	1
2030	1	920.224	1,0004090
2031	2	920.742	1,0005629
2032	3	921.408	1,0007233
2033	4	922.196	1,0008544
2034	5	923.083	1,0009626
2035	6	924.020	1,0010151
2036	7	923.607	0,9995524
2037	8	924.004	1,0004299
2038	9	924.401	1,0004297
2039	10	924.798	1,0004295
2040	11	925.195	1,0004294
2041	12	925.592	1,0004292
2042	13	925.989	1,0004290
2043	14	926.386	1,0004288
2044	15	926.783	1,0004286
2045	16	927.180	1,0004284
2046	17	927.577	1,0004283
2047	18	927.975	1,0004281
2048	19	928.372	1,0004279
2049	20	928.769	1,0004277
2050	21	929.166	1,0004275
2051	22	929.563	1,0004273
2052	23	929.960	1,0004272
2053	24	930.357	1,0004270
2054	25	930.754	1,0004268
2055	26	931.151	1,0004266
2056	27	931.548	1,0004264
2057	28	931.945	1,0004263
2058	29	932.342	1,0004261
2059	30	932.739	1,0004259
Valores promedio:		1,0005934	

Gráfico 1. Proyección de la población en el ámbito de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Demanda de viajes y resultados del modelo

Para el cálculo de diversas variables del estudio, será necesario recurrir a los datos del estudio de demanda futura, así como a algunos datos extraídos del modelo de transporte. Son los siguientes:

- El reparto modal resultante en los escenarios futuros es:

Tabla 3. Reparto modal futuro

	Vehículos ligeros (viajes)	Transporte público	No motorizado (pie y bicicleta)
Escenario 1	844.775	220.118	674.000
Escenario 2	819.854	225.903	727.050
Escenario 3	755.674	285.371	708.169
Escenario 4	699.823	307.167	708.072

Fuente: Elaboración propia.

- De los modelos de transporte, se obtienen los kilómetros recorridos totales, tanto de los vehículos ligeros como del total de personas viajeras en transporte público:

Tabla 4. Kilómetros recorridos totales (veh*km y viaj*km)

	Vehículos ligeros (veh-km)	Bus urbano (viajeros-km)	Bus interurbano (viajeros-km)	Metro (viajeros-km)
Escenario 1	7.683.887,06	111.118,61	293.390,49	196.590,06
Escenario 2	7.473.344,96	107.137,58	321.083,91	210.391,34
Escenario 3	7.174.088,19	129.287,31	337.731,53	268.635,21
Escenario 4	6.792.291,00	152.758,32	465.276,13	346.481,42

Fuente: Elaboración propia.

- El tiempo total recorrido en cada modo de transporte por el total de personas usuarias es:

Tabla 5. Tiempo de recorrido

	Vehículos ligeros (h)	Transporte público (h)
Escenario 1	203.848	20.134
Escenario 2	197.934	21.793
Escenario 3	188.045	24.368
Escenario 4	172.605	32.392

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos han sido obtenidos para un día laborable tipo (DLT), ya que es la medida de tiempo utilizada para modelizar los escenarios. Sin embargo, tanto para el análisis coste – beneficio como para el análisis multicriterio, se utilizan valores anuales. Por ello habrá que estimar un valor de conversión anual de la siguiente manera:

$$\text{Conversión anual} = n^{\circ} \text{ días laborables anuales} + \frac{1}{3} \text{ días en fin de semana}$$

Considerando que existen un total de 250 días laborables en un año y 104 sábados y domingos, la conversión que se utilizará será de 285 días.

3.2. Evaluación económica

La valoración económica tiene en cuenta los beneficios y costes que se generan en el conjunto de la sociedad donde se implanta el plan. Es por ello que este análisis trata de evaluar el impacto que causan las nuevas actuaciones en el bienestar de los individuos. Para cuantificar la variación de bienestar social que supondría la implantación del Plan, se comparará la situación tendencial o de referencia (escenario 1) con las otras 3 alternativas técnicamente viables (escenarios 2, 3 y 4). Se empleará el enfoque del cambio de los excedentes de los diferentes agentes sociales, tal y como recomienda la *Nota de servicio 3/2014*. Gracias a este método, es posible desglosar los ganadores y perdedores con la ejecución del plan. La fórmula que permite calcular el cambio en el bienestar social es:

$$\Delta BS = \Delta EU + \Delta EP + \Delta EG + \Delta ERS$$

Donde:

- ΔBS el cambio de bienestar social.
- ΔEC el cambio en el excedente de las personas usuarias.
- ΔEP el cambio en el excedente de los productores.
- ΔEG el cambio en el excedente de los contribuyentes.
- ΔERS el cambio en el excedente del resto de la sociedad.

En los siguientes apartados se explicará como calcular estas variables.

3.2.1. Inversiones y costes

A continuación, se identifican y cuantifican las inversiones necesarias para llevar a cabo las actuaciones de cada escenario, tanto inversiones iniciales en infraestructura, material móvil, etc., como costes de mantenimiento, explotación y operación para el resto de años en estudio.

Únicamente para este ACB se considerará que todas las actuaciones se llevarán a cabo en 2029, es decir, toda la inversión se dará en ese año y, a partir del año 2030, se incluirán los costes de mantenimiento y explotación, así como los beneficios.

Para la cuantificación de estas inversiones y costes se han tomado de referencia otros planes, proyectos e informes del sector, así como la experiencia de la empresa consultora en este tipo de trabajos. Algunos ejemplos son el Plan de Transporte Metropolitano del Área de Málaga o el informe sobre el coste de mantenimiento del Metro de Zaragoza. Os valores unitarios y las fuentes de información se detallan en el *Tomo II* del Plan.

El desglose de los costes para cada actuación y escenario se pueden ver en el Apéndice 1. A continuación únicamente se muestra el resumen de ellos y la diferencia de los escenarios 2, 3 y 4 respecto al escenario 1, ya que es la que se utilizará para el análisis:

Tabla 6. Inversiones y costes para cada escenario

	Inversiones	Costes de mantenimiento anuales	Variación en las inversiones	Variación en los costes de mantenimiento
Escenario 1	244.570.000 €	8.324.000 €	-	-
Escenario 2	439.825.700 €	39.916.700 €	195.255.700 €	31.592.700 €
Escenario 3	517.509.900 €	49.801.400 €	272.939.900 €	41.477.400 €
Escenario 4	665.055.400 €	67.314.600 €	420.485.400 €	58.990.600 €

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Identificación de agentes sociales afectados

Antes de entrar en la determinación de los beneficios y costes sociales que supone cada alternativa estudiada, será conveniente identificar los distintos agentes sociales que se verán afectados, ya sea de forma directa como indirecta. En el contexto del estudio se tienen:

- **Personas usuarias o consumidoras del servicio:** Este colectivo estará formado tanto por las nuevas personas viajeras del transporte público, como por las generadas e inducidas por la implantación de actuaciones del escenario a considerar.
- **Productores del servicios o infraestructura del transporte:** Dentro de este agente se engloban:
 - Personas trabajadoras: suponiendo que las personas trabajadoras del servicio de infraestructura seguirán siendo los mismos tanto en la situación sin plan como con plan, el excedente para este agente será nulo. No obstante, podrá generarse empleo, pero no se espera que produzca un cambio sustancial en este aspecto en fase de operación y mantenimiento. Además, el beneficio en los trabajadores por la generación de empleo será, a su vez, el mismo coste para los propietarios de capital, no resultando, por tanto, en ningún excedente neto para este agente social.
 - Propietarios del capital (administraciones y empresas gestoras del servicio): el cambio del excedente se verá explicado en mayor medida por los ingresos provenientes del cambio de la demanda. Además, muchos de los costes asociados al propietario, como salarios de posibles nuevos trabajadores, también constituirían el mismo beneficio en este agente social, por lo que no supondría ningún excedente neto significativo.
- **Contribuyentes:** Al cobrarse un impuesto sobre el billete, la recaudación de los impuestos será un ingreso para las arcas públicas. Al considerar el excedente como la variación entre la situación tendencial y un escenario futuro con diversas actuaciones, el beneficio en las arcas públicas vendrá a través de los impuestos pagados por las personas usuarias nuevas del servicio.
- **Resto de la sociedad:** al conjunto de la sociedad le afectarán de una forma indirecta las diferentes actuaciones. Se consideran los siguientes efectos externos no internalizados:
 - Accidentabilidad
 - Contaminación del aire
 - Cambio climático
 - Ruido
 - Congestión

3.2.3. Cuantificaciones de beneficios y costes sociales

Los principales cambios que supone cada alternativa vendrán dados, fundamentalmente, por la variación en los tiempos de viaje y por la modificación de las externalidades negativas, como son la contaminación (aire, acústica, entre otras), la accidentalidad o la congestión. A continuación, se cuantifican los beneficios y costes de cada uno de los agentes sociales.

A. Personas usuarias

La variación en el excedente de la persona consumidora supone estimar el cambio que se va a producir, tras las actuaciones del Plan, en los costes de transporte y tiempos de viaje en los tráficos existentes, y captados o transferidos, para las personas usuarias de coche y transporte público.

Se identifican los cambios en la utilidad del viaje, al medir los costes monetarios y no monetarios. Por una parte, se estima el valor no monetario del viaje a través del valor del tiempo de las personas en los

diferentes modos de transporte. Por otra, se estiman los costes monetarios del viaje, tanto en coche como en transporte público.

El excedente, por tanto, vendrá dado principalmente por el exceso de tiempo generado por el aumento de viajes en transporte público y por el ahorro monetario que supone para las personas viajeras el uso de este modo. Se explica a continuación la metodología para calcular ambos.

Ahorro de tiempo

Esta variable se calculará teniendo en cuenta el tiempo total recorrido por las personas viajeras en cada modo de transporte, y el valor de tiempo que se estima para cada uno de ellos.

Los tiempos considerados para viajes en vehículo ligero y transporte público en un día laborable tipo son los obtenidos del modelo de transporte, ya mostrados en el apartado 3.1.3:

Tabla 7. Tiempos de recorrido.

	Vehículos ligeros (h)	Transporte público (h)
Escenario 1	203.848	20.134
Escenario 2	197.934	21.793
Escenario 3	188.045	24.368
Escenario 4	172.605	32.392

Fuente: Elaboración propia.

Para los desplazamientos en modos no motorizados (pie, bici, VMP), al no obtener valores de tiempo en el modelo, se considera lo siguiente: una velocidad de 6,5 km/h como media para los diferentes modos y una distancia de 2,5 km, con lo que se obtiene un tiempo medio de 23,08 minutos por viaje.

En cuanto al valor del tiempo, se considera 12€/h.

Ahorro monetario

El coste del viaje según los modos de transporte se calcula de la siguiente manera:

- Transporte público: se considera el precio medio del billete (1,11€) y el total de viajes realizados en transporte público en un DLT

Tabla 8. Coste monetario en transporte público.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
€/billete	1,11 €	1,11 €	1,11 €	1,11 €
Viajes/día	220.118	225.903	285.371	307.167
€/día	244.330,98 €	250.752,33 €	316.761,30 €	340.955,34 €
€/año	69.634.329,30 €	71.464.414,05 €	90.276.970,25 €	97.172.271,75 €

Fuente: Elaboración propia.

- Vehículo privado: el coste medio por kilómetro recorrido se obtiene del Informe Captio 2022, utilizando la media de los dos últimos años estudiados (2020-2021). El valor a utilizar será 0,22 €/km multiplicado por el total de kilómetros recorridos.

Tabla 9. Coste monetario en vehículo privado.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
€/km	0,22	0,22	0,22	0,22
vh-km	7.683.887	7.473.345	7.174.088	6.792.291
€/día	1.690.455 €	1.644.136 €	1.578.299 €	1.494.304 €
€/año	481.779.719 €	468.578.729 €	449.815.330 €	425.876.646 €

Fuente: Elaboración propia.

- No motorizados: se realiza la hipótesis de que este modo no genera coste monetario.

Excedente

Para calcular este excedente se calcula el ahorro respecto al escenario tendencial (E1):

Tabla 10. Excedentes por ahorros de tiempo y monetarios.

	Ahorro de tiempo	Ahorro monetario	Excedente
Escenario 1	-	-	-
Escenario 2	-55.225.416,89 €	11.370.904,98 €	-43.854.511,91 €
Escenario 3	-5.379.322,49 €	11.321.748,14 €	5.942.425,65 €
Escenario 4	20.111.035,17 €	28.365.130,88 €	48.476.166,06 €

Fuente: Elaboración propia.

La expansión de estos datos hasta el año 2059 se puede ver en el apéndice 3.

B. Propietarios de capital

En este apartado se estiman básicamente las variaciones en costes de operación del operador, así como las variaciones en los ingresos operativos de estos. El cambio del excedente, por tanto, se verá explicado en mayor medida por los ingresos provenientes del cambio de la demanda.

$$\Delta EP = q * p$$

Siendo:

- p: precio del billete. Dado que el propietario del capital debe aportar los impuestos incluidos en los precios del billete a las administraciones correspondientes, en este apartado solo se considera el precio neto del billete, es decir, se descuenta el 10% de IVA del precio medio.
- q: aumento de la demanda en transporte público.

C. Contribuyentes

Considerando que el precio del billete se mantiene constante, existirá un cambio en las arcas públicas propiciado por la variación de la demanda esperada, generada y transferida.

$$\Delta EC = q * r$$

Siendo:

- r: impuestos incluidos en el precio de cada billete. El IVA de los gastos de transporte público corresponde al 10% de la tarifa.
- q: aumento de la demanda en transporte público.

D. Resto de la sociedad

Las externalidades son costes/beneficios para la sociedad, que se manifiestan más allá del ámbito de actuación del plan e influyen en el bienestar de terceros sin que exista compensación monetaria explícita. Dichos efectos deben cuantificarse y luego monetizarse para ser incluidos en el análisis. Además, y suponiendo que el uso del transporte privado se altere, supondrá una modificación en la congestión y accidentabilidad de las vías públicas. La variación de la demanda de transporte público, supone un cambio en la utilización de los modos de transporte con mayor emisión de contaminantes y como consecuencia, una variabilidad en la contaminación del aire, acústica, y paisajística.

Para la estimación monetaria del ahorro por la reducción de las externalidades negativas se han utilizado los valores medios obtenidos del "Handbook on the external costs of transport" (UE, 2019). El cálculo de externalidades se realiza multiplicando las ratios (cent/pkm) por los pasajeros-kilometro por el valor correspondiente en los 4 escenarios, obteniendo como resultado un valor monetario para cada externalidad. Finalmente, se obtendrá la diferencia entre los Escenarios 2, 3 y 4 respecto al Escenario 1, con el fin de incluir el incremento/decremento de estas externalidades en el análisis.

Para poder realizar la medición por persona, y no por vehículo, se utiliza la ocupación media del vehículo ligero en el área de estudio, es decir, 1,41 personas por vehículo. Como nota, para el cálculo de las externalidades producidas por el metro, se tomarán los valores para el tren eléctrico, ya que en la guía no tienen en cuenta este modo de transporte como tal.

A continuación, se muestran las externalidades y las ratios a utilizar en el análisis, extraídas del "Handbook on the external costs of transport" (UE, 2019).

Tabla 11. Costes promedios por externalidades en modos terrestres de transporte de pasajeros en la UE

Cent/pkm	ACCIDENTALIDAD	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	CAMBIO CLIMÁTICO	RUIDO	CONGESTIÓN
Coche	5,10	0,81	1,35	0,64	5,83
Bus urbano	1	0,76	0,47	0,4	0
Bus interurbano	1	0,73	0,44	0,2	0,82
Metro	0,5	0,01	0	0,8	0

Fuente: Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – 1.1

Los resultados monetarios obtenidos para cada una de ellas son:

Tabla 12. Externalidades para el escenario 1 en un DLT.

Escenario 1 - Día	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	391.674,24 €	62.015,09 €	103.358,48 €	48.959,28 €	448.249,41 €	1.054.256,50 €
Bus urbano	1.111,19 €	844,50 €	522,26 €	444,47 €	- €	2.922,42 €
Bus interurbano	2.933,90 €	2.141,75 €	1.290,92 €	586,78 €	171,84 €	7.125,20 €
Metro	982,95 €	19,66 €	- €	1.572,72 €	- €	2.575,33 €
TOTAL	396.702,28 €	65.021,00 €	105.171,66 €	51.563,26 €	448.421,25 €	1.066.879,45 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Externalidades para el escenario 2 en un DLT.

Escenario 2 - Día	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	380.942,19 €	60.315,85 €	100.526,41 €	47.617,77 €	435.967,17 €	1.025.369,38 €
Bus urbano	1.071,38 €	814,25 €	503,55 €	428,55 €	- €	2.817,72 €
Bus interurbano	3.210,84 €	2.343,91 €	1.412,77 €	642,17 €	188,06 €	7.797,75 €
Metro	1.051,96 €	21,04 €	- €	1.683,13 €	- €	2.756,13 €
TOTAL	386.276,36 €	63.495,04 €	102.442,73 €	50.371,62 €	436.155,23 €	1.038.740,98 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 Externalidades para el escenario 3 en un DLT.

Escenario 3 - Día	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	365.688,04 €	57.900,61 €	96.501,01 €	45.711,00 €	418.509,64 €	984.310,30 €
Bus urbano	1.292,87 €	982,58 €	607,65 €	517,15 €	- €	3.400,26 €
Bus interurbano	3.377,32 €	2.465,44 €	1.486,02 €	675,46 €	197,81 €	8.202,05 €
Metro	1.343,18 €	26,86 €	- €	2.149,08 €	- €	3.519,12 €
TOTAL	371.701,40 €	61.375,49 €	98.594,68 €	49.052,70 €	418.707,45 €	999.431,72 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Externalidades para el escenario 4 en un DLT.

Escenario 4 - Día	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	346.226,51 €	54.819,20 €	91.365,33 €	43.278,31 €	396.237,01 €	931.926,37 €
Bus urbano	1.527,58 €	1.160,96 €	717,96 €	611,03 €	- €	4.017,54 €
Bus interurbano	4.652,76 €	3.396,52 €	2.047,21 €	930,55 €	272,52 €	11.299,56 €
Metro	1.732,41 €	34,65 €	- €	2.771,85 €	- €	4.538,91 €
TOTAL	354.139,27 €	59.411,33 €	94.130,51 €	47.591,75 €	396.509,53 €	951.782,38 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Ahorro de las externalidades (E1-E2)

Variación Escenario 2 – Escenario 1	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	3.058.636,40 €	484.284,10 €	807.140,16 €	382.329,55 €	3.500.439,43 €	8.232.829,64 €
Bus urbano	11.345,96 €	8.622,93 €	5.332,60 €	4.538,38 €	- €	29.839,86 €
Bus interurbano	-78.926,26 €	-57.616,17 €	-34.727,55 €	-15.785,25 €	-4.622,82 €	-191.678,06 €
Metro	-19.666,82 €	-393,34 €	- €	-31.466,92 €	- €	-51.527,08 €
TOTAL	2.971.389,27 €	434.897,52 €	777.745,21 €	339.615,76 €	3.495.816,61 €	8.019.464,37 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Ahorro de las externalidades (E1-E3)

Variación Escenario 3 – Escenario 1	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	7.406.069,23 €	1.172.627,63 €	1.954.379,38 €	925.758,65 €	8.475.834,79 €	19.934.669,69 €
Bus urbano	-51.780,78 €	-39.353,39 €	-24.336,97 €	-20.712,31 €	- €	-136.183,45 €
Bus interurbano	-126.371,96 €	-92.251,53 €	-55.603,66 €	-25.274,39 €	-7.401,79 €	-306.903,33 €
Metro	-95.948,47 €	-1.918,97 €	- €	-153.517,54 €	- €	-251.384,98 €
TOTAL	7.131.968,03 €	1.039.103,74 €	1.874.438,75 €	726.254,41 €	8.468.433,00 €	19.240.197,93 €

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Ahorro de las externalidades (E1-E4)

Variación Escenario 4 – Escenario 1	Accidentes	Contaminación del. Aire	Cambio climático	Ruido	Congestión	Total
Coche	12.952.602,67 €	2.050.828,76 €	3.418.047,93 €	1.619.075,33 €	14.823.534,17 €	34.864.088,86 €
Bus urbano	-118.673,17 €	-90.191,61 €	-55.776,39 €	-47.469,27 €	- €	-312.110,43 €
Bus interurbano	-489.874,09 €	-357.608,08 €	-215.544,60 €	-97.974,82 €	-28.692,63 €	-1.189.694,21 €
Metro	-213.595,19 €	-4.271,90 €	- €	-341.752,31 €	- €	-559.619,41 €
TOTAL	12.130.460,22 €	1.598.757,16 €	3.146.726,94 €	1.131.878,94 €	14.794.841,54 €	32.802.664,81 €

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Cálculo de indicadores

Para determinar la contribución de cada alternativa, se requiere actualizar al presente los ingresos y costes que se generan durante la vida útil del plan o proyecto, por medio del VAN. Es el coste de oportunidad de capital, que reflejará la pérdida del valor del dinero cuanto más alejado está del momento de la inversión. Se calculará tanto para el análisis económico como para el financiero. Además, se calcularán otros indicadores como son la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Ratio de Beneficio-Coste (B/C):

- Valor Actual Neto financiero (VAN): Será la suma del VAN calculado para cada año, menos la cantidad monetaria invertida para el escenario.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Siendo:

- I: Inversión necesaria para la ejecución de cada escenario
- i=número de año de estudio
- Q_i: Diferencia entre los ingresos recibidos y los costes de mantenimiento y explotación en el año i
- k=tipo de actualización (o tasa de descuento). Se adopta una tasa de descuento económico del 3%, que es la tasa de referencia para el coste de oportunidad real del capital a largo plazo propuesta por la Comisión Europea en la *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020 (Edición diciembre de 2014)*.
- Tasa Interna de Retorno (TIR): Tasa de descuento que genera un VAN igual a cero y que por tanto deja al plan/alternativa en la frontera de rentabilidad.
- Ratio de Beneficio-Coste (B/C): Cociente de los beneficios y costes descontados al año de referencia.

A continuación, se muestra un resumen de los resultados. Para mayor detalle se puede consultar el apéndice 3.

Tabla 19. Resultados del análisis coste beneficio.

	VAN	TIR	B/C
Escenario 1	-	-	-
Escenario 2	-1.486.238.743,59 €	*	-0,82
Escenario 3	-180.534.815,24 €	-3,65%	0,83
Escenario 4	650.027.620,50 €	11,52%	1,36

*No se encuentra solución. No es viable económicamente.

Fuente: Elaboración propia.

4. ANÁLISIS MULTICRITERIO

4.1. Metodología para la evaluación de alternativas y dificultades encontradas durante el proceso

De acuerdo a la Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en los planes y programas se debe incluir un examen de alternativas técnicamente y medioambientalmente viables, abordando en el análisis los potenciales impactos de cada una de ellas y presentando razonadamente la solución finalmente adoptada.

Para ello se realizará un análisis multicriterio mediante el método PATTERN, analizando cada uno de los escenarios definidos anteriormente. Se ha decidido hacer uso de este método ya que permite tener en cuenta variables con diferentes unidades de medida, como emisiones contaminantes (Tn/año) o tiempos de recorrido (h).

El **proceso** a seguir es el siguiente:

1. Establecimiento de los criterios e indicadores cuantitativos y cualitativos que permitan una comparación entre los escenarios.
2. Valoración y ponderación de cada criterio. Se dará una puntuación entre 0 y 1 a cada uno, siendo 0 el escenario peor valorado y 1 el mejor.
3. Se adjudicarán pesos a cada criterio, según sus efecto e importancia en el plan.
4. Finalmente, considerando las puntuaciones y los pesos, se obtendrá una valoración final para cada escenario/alternativa. El que obtenga mayor puntuación será el elegido para llevarse a cabo.

4.1.1. Definición de criterios

Para el primer paso en este proceso se ha recurrido nuevamente a la Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. Por una parte, se estable que las alternativas deberán tener en cuenta los objetivos estratégicos (OE) de aplicación al plan o programa, con el fin de prevenir o minimizar los efectos adversos sobre el medio ambiente. Por otra, se mencionan los factores ambientales sobre los cuales se debe evaluar la incidencia del PTMAGR.

Por ello, partiendo de los **objetivos estratégicos** del Plan, se establecen los siguientes criterios:

OE1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo energético (mitigación del cambio climático).

1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂ equivalente)
2. Consumo de energía

OE2. Reducir el nivel de riesgo del sistema de transporte metropolitano respecto a las amenazas climáticas (adaptación al cambio climático).

3. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas

OE3. Contribuir al logro de estándares de calidad del aire y ruido.

4. Calidad del aire
5. Contaminación acústica

OE4. Mejorar la seguridad vial y reducir los incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos.

6. Accidentabilidad
7. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos

OE5. Mejorar la accesibilidad metropolitana, considerando la perspectiva de género y las personas con discapacidad (discapacidad visual, personas sordas o con discapacidad auditiva, personas con dificultades cognitivas, etc.).

8. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles
9. Tiempos de recorrido
10. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano

OE6. Asegurar la sostenibilidad financiera del sistema de transporte metropolitano.

11. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de operación y mantenimiento

OE7. Garantizar la asequibilidad del sistema de transporte metropolitano.

12. Asequibilidad del sistema de transporte

Además, para evaluar la incidencia del PTMAGR sobre los **factores ambientales** establecidos en la Ley GICA, también se utilizarán algunos de los criterios recién definidos. Se detallan a continuación los factores y su relación con estos criterios:

- **La población y la salud humana:**

La población es tenida en cuenta en prácticamente todos los criterios, ya que es la principal afectada/beneficiada por las actuaciones. Entre ellos, se estudia el *Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos*, la *Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles* o la *Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano*.

En cuanto a la salud humana, también se estudia con diversos criterios como la *Calidad del aire*, la *Contaminación acústica* o la *Accidentabilidad*.

- **La biodiversidad, prestando especial atención a las especies y hábitats protegidos en virtud de la Directiva 92/43/CEE y la Directiva 2009/147/CEE:**

Para evaluar la mínima afección que se pueda dar a la biodiversidad, se definirá un nuevo criterio que será la *Ocupación del suelo*, teniendo en cuenta las nuevas actuaciones que impliquen una ocupación de terreno, como pueden ser las duplicaciones de calzada o el nuevo sistema de transporte público de Sierra Nevada.

- **La tierra, el suelo, el agua, el aire y el clima:**

Al igual que el punto anterior, la mínima afección que pueda existir a la tierra y al suelo serán las duplicaciones de calzada o el nuevo sistema de transporte público de Sierra Nevada. En cuanto a la afección al agua será debido a la ocupación de suelo de la creación y mejora de la red ciclopeatonal.

Por otra parte, la mitigación y adaptación al cambio climático forman parte de los objetivos estratégicos de este plan, por ello se han propuesto diversas variables referentes a ello, como son las *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, el *Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas* o la *Calidad del aire*.

- **Los bienes materiales, el patrimonio cultural y el paisaje:**

Los impactos sobre el patrimonio histórico tienen dos perspectivas. Por un lado, a través de la planificación de la movilidad se puede conseguir que el patrimonio cultural sea más accesible para la población y el turismo y, por otro lado, la mejora de la calidad del aire consigue un mejor mantenimiento de dicho patrimonio.

Por ello, para incluir este factor dentro de la evaluación se utilizarán los criterios relacionados con la accesibilidad metropolitana, que son: *Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles*, *Tiempos de recorrido* y *Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano*.

Además, como la contaminación atmosférica no solo afecta a la salud humana y al medioambiente, sino que también puede dañar edificaciones, monumentos o estatuas al aire libre, la *Calidad del aire* servirá también como criterio para medir el impacto en el patrimonio.

Una vez establecidos todos los criterios, se dividen en **tres bloques** para una mejor comprensión y para establecer los pesos con mayor facilidad:

VARIABLES AMBIENTALES:

1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂ equivalente): se calcula el dióxido de carbono (CO₂) equivalente debido al consumo de combustible de los vehículos, así como el CO₂ que provoca la creación de la energía que consumen los vehículos eléctricos.
2. Consumo de energía: se calcula la energía consumida por los vehículos, ya sean ligeros, pesados o autobuses. Se tiene en cuenta tanto los vehículos de combustión como los eléctricos.
3. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas: se evalúa la capacidad de adaptación del transporte al cambio climático para cada escenario.
4. Calidad del aire: se tendrán en cuenta las emisiones derivadas del transporte que afecten a la salud de las personas, es decir, las que contribuyan a aumentar los niveles de ozono (O₃), de dióxido de nitrógeno (NO₂), y las partículas en suspensión menores a 10 y 2,5 micras (PM10 y PM2,5).
5. Contaminación acústica: se estudian las emisiones de ruido relacionadas con el transporte en cada escenario.
6. Ocupación del suelo: se compara la superficie de suelo ocupada por las nuevas actuaciones que impliquen ocupación de terreno.

VARIABLES FUNCIONALES Y SOCIALES:

1. Accidentabilidad: a mayor uso del vehículo, existirá mayor probabilidad de accidente, lo que implica más muertes, heridos y costes sociales, por ello se valorará negativamente el uso de este modo.
2. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos: en función del escenario y de las medidas propuestas para cada uno, se evaluará el riesgo de incidentes de violencia.
3. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles: se valorará positivamente aquellas alternativas que faciliten el acceso a otros modos de transporte distintos al transporte privado, al igual que se valorará la facilidad en la intermodalidad.
4. Tiempo de recorrido: a menor tiempo de recorrido, mejora la valoración del escenario, ya que implica una mejor accesibilidad a centros atractores y a equipamientos sociales como son centros sanitarios o educativos.
5. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano: se estudian las medidas propuestas en cada escenario para mejorar la accesibilidad al transporte público con perspectiva de género y para las personas con discapacidad.

VARIABLES ECONÓMICAS:

1. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de operación y mantenimiento: se calcula el ratio del ingreso estimado por los viajes en transporte público frente a los gastos de operación y mantenimiento de los autobuses y el metro.
2. Asequibilidad del sistema de transporte: se asegura que el transporte sea asequible para los usuarios, modificando el marco tarifario según el escenario.

4.2. Valoración de las distintas alternativas y criterios

En los siguientes subapartados se explicará detalladamente la forma en la que cada criterio se ha tenido en cuenta para evaluar cada uno de los escenarios, divididos en tres bloques (variables ambientales, funcionales y sociales, y económicas).

Para poder evaluar las diferencias entre cada alternativa y posteriormente ponderar cada factor condicionante, es necesario puntuar cada una de ellas, en cada criterio, con una puntuación entre 0 y 1, siendo 0 la puntuación del escenario con peor valoración y 1 la puntuación del mejor.

Además, existen datos de entrada que son necesarios para cuantificar más de un criterio, como son los vehículos-kilómetro según el tipo de carburante o la categoría Euro del vehículo. Por ello, esto se calculará para cada escenario previo al análisis de los diferentes criterios.

4.2.1. Tipología de vehículos

Según el portal estadístico de la Dirección General de Tráfico (DGT), la distribución de vehículos en el municipio de Granada para diciembre del año 2017 era la siguiente:

Tabla 20. Distribución del parque de vehículos en el municipio de Granada 2017.

TIPO DE VEHÍCULO	CARBURANTE							
	Diesel	Gasolina	Eléctrico	Sin especificar	Gas Licuado de Petróleo	Otros	Biodiesel	Butano
Autobuses	339*	-	-	-	-	-	-	-
Camiones hasta 3500kg	5.864	155	1	-	-	-	-	-
Camiones más de 3500kg	1.038	12	-	-	-	-	-	-
Ciclomotores	144	15.500	15	1	-	-	-	-
Furgonetas	7.327	1.994	2	-	1	2	-	-
Motocicletas	11	26.651	36	-	-	1	-	-
Otros vehículos	868	216	3	52	-	2	-	-
Remolques	-	-	-	452	-	-	-	-
Semirremolques	-	-	-	382	-	-	-	-
Tractores industriales	381	-	-	-	-	-	-	-
Turismos	60.266	51.251	24	-	14	7	3	1

*: Se ha actualizado el dato con el número de autobuses que operan en el ámbito, estudiados en el análisis del Plan (del Consorcio y del Ayuntamiento)

Fuente: DGT.

Teniendo en cuenta los vehículos ligeros (ciclomotores, motocicletas y turismo), los vehículos pesados que nos interesan (camiones de más de 3.500kg) y los autobuses, se extrae la siguiente distribución según el tipo de carburante:

Tabla 21. Resumen de la distribución del parque móvil en 2017.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Pesados		Autobuses	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Diesel	60.421	39,26%	1.038	98,86%	339	100,00%
Gasolina	93.402	60,69%	12	1,14%	0	0,00%
Eléctrico	75	0,05%	0	0,00%	0	0,00%
Total	153.898	100,00%	1.050	100,00%	339	100,00%

Fuente: DGT.

A partir de los porcentajes obtenidos en la tabla anterior, se estima la distribución que se dará en 2030 (año de comparación de escenarios), teniendo en cuenta que los vehículos eléctricos aumentarán.

Por un lado, considerando que la renta media en la provincia de Granada es menor a la estatal, se estimará que en cualquiera de los escenarios el porcentaje de vehículos eléctricos será menor al esperado por el Gobierno de España para ese año (un 16% y un total de 5.000.000 de vehículos eléctricos). Además, este porcentaje variará en función del escenario ya que a mayor ZBE, más personas adquirirán un vehículo eléctrico.

Por otro parte, la Directiva (UE) 2019/1161 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019 modifica la Directiva (UE) 2009/33/CE Parlamento Europeo y el Consejo, de 23 de abril de 2009 relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes establece que en 2030 se espera conseguir que el 65% de autobuses sean vehículos limpios. Además, se actualiza el número de autobuses según el escenario.

Finalmente, se estima que el porcentaje de vehículos eléctricos pesados no aumente.

A partir de estas estimaciones se recalculan los porcentajes para los vehículos con combustible diésel y gasolina para el año 2030:

Tabla 22. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 1.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Ligeros Multietapa		Vehículos Pesados		Autobuses	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Diesel	58.032	37,71%	60.450	39,28%	1.038	98,86%	119	35,00%
Gasolina	89.710	58,29%	93.448	60,72%	12	1,14%	0	0,00%
Eléctrico	6.156	4,00%	0	0%	0	0,00%	222	65,00%
Total	153.898	100%	153.898	100%	1.050	100%	341	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 2.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Ligeros Multietapa		Vehículos Pesados		Autobuses	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Diesel	58.032	37,71%	60.450	39,28%	1.038	98,86%	123	35,00%
Gasolina	89.710	58,29%	93.448	60,72%	12	1,14%	0	0,00%
Eléctrico	9.234	6,00%	0	0%	0	0,00%	228	65,00%
Total	153.898	100%	153.898	100%	1.050	100%	350	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 3.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Ligeros Multietapa		Vehículos Pesados		Autobuses	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Diesel	58.032	37,71%	60.450	39,28%	1.038	98,86%	155	35,00%
Gasolina	89.710	58,29%	93.448	60,72%	12	1,14%	0	0,00%
Eléctrico	12.312	8,00%	0	0%	0	0,00%	287	65,00%
Total	153.898	100%	153.898	100%	1.050	100%	442	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Nuevos porcentajes para la distribución de vehículos en el Escenario 4.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Ligeros Multietapa		Vehículos Pesados		Autobuses	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Diesel	54.405	35,35%	60.450	39,28%	1.038	98,86%	166	35,00%
Gasolina	84.103	54,65%	93.448	60,72%	12	1,14%	0	0,00%
Eléctrico	15.390	10,00%	0	0%	0	0,00%	309	65,00%
Total	153.898	100%	153.898	100%	1.050	100%	475	100%

Fuente: Elaboración propia

Teniendo estos porcentajes estimados para el año 2030, se recurre a los modelos de transporte creados con el software VISUM para cada escenario, en los cuales se modela un Día Laborable Tipo de octubre de 2019. El modelo nos proporciona información, para cada alternativa, sobre los vehículos por kilometraje recorrido en un día en las diferentes vías, diferenciando si son ligeros o pesados:

Tabla 26. Vehículos-kilometro por día en transporte privado

	Vehículos ligeros (veh*km)	Vehículos ligeros multietapa (veh*km)	Vehículos pesados (veh*km)
Escenario 1 (2030)	7.503.075,42	180.811,64	1.099.498,19
Escenario 2 (2030)	7.295.269,71	178.075,25	1.099.766,65
Escenario 3 (2030)	6.999.919,57	174.168,62	1.099.426,75
Escenario 4 (2030)	6.713.873,85	78.417,14	1.096.991,81

Elaboración propia

Además, para el transporte público, se facilita el número de viajeros por kilómetro recorrido. Sin embargo, para el cálculo de emisiones, se necesita el mismo dato que para los vehículos ligeros y pesados, es decir, los vehículos-kilómetro.

Para estimar este valor se recurre al Análisis de la Situación Actual del plan, en el cual se muestran las ocupaciones medias de los autobuses urbanos e interurbanos. Teniendo este valor y el proporcionado por el modelo, es posible calcular los vehículos-kilómetros para los autobuses:

Tabla 27. Vehículos-kilómetro por día en transporte público

	Viajes-km	Ocupación media/bus	Veh-km
Escenario 1 (2030)	404.509	22,26	18.173
Escenario 2 (2030)	428.221	22,26	19.238
Escenario 3 (2030)	467.019	22,26	20.981
Escenario 4 (2030)	618.034	22,26	27.766

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de las tablas anteriores, se estima la distribución del parque móvil según el tipo de carburante para cada escenario:

Escenario 1:

Tabla 28. Distribución de vehículos para el Escenario 1

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Pesados		Vehículos ligeros multietapa		Autobuses	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Diesel	37,71%	2.829.288	39,28%	71.022	98,86%	1.086.932	35,00%	6.361
Gasolina	58,29%	4.373.664	60,72%	109.790	1,14%	12.566	0,00%	0
Eléctrico	4,00%	300.123	0,00%	0	0,00%	0	65,00%	11.812
Total	100,00%	7.503.075	100,00%	180.812	100,00%	1.099.498	100,00%	18.173

Elaboración propia

Escenario 2:

Tabla 29. Distribución de vehículos para el Escenario 2.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Pesados		Vehículos ligeros multietapa		Autobuses	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Diesel	37,71%	2.750.928	39,28%	69.947	98,86%	1.087.198	35,00%	6.733
Gasolina	58,29%	4.252.531	60,72%	108.128	1,14%	12.569	0,00%	0
Eléctrico	6,00%	437.716	0,00%	0	0,00%	0	65,00%	12.505
Total	100,00%	7.295.270	100,00%	178.075	100,00%	1.099.767	100,00%	19.238

Elaboración propia

Escenario 3:

Tabla 30. Distribución de vehículos para el Escenario 3.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Pesados		Vehículos ligeros multietapa		Autobuses	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Diesel	37,71%	2.639.556	39,28%	68.413	98,86%	1.086.862	35,00%	7.343
Gasolina	58,29%	4.080.367	60,72%	105.756	1,14%	12.565	0,00%	0
Eléctrico	8,00%	559.994	0,00%	0	0,00%	0	65,00%	13.638
Total	100,00%	6.999.920	100,00%	174.169	100,00%	1.099.427	100,00%	20.981

Elaboración propia

Escenario 4:

Tabla 31. Distribución de vehículos para el Escenario 4.

Carburante	Vehículos Ligeros		Vehículos Pesados		Vehículos ligeros multietapa		Autobuses	
	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº
Diesel	35,35%	2.373.462	39,28%	30.802	98,86%	1.084.455	35,00%	9.718
Gasolina	54,65%	3.669.024	60,72%	47.615	1,14%	12.537	0,00%	0
Eléctrico	10,00%	671.387	0,00%	0	0,00%	0	65,00%	18.048
Total	100,00%	6.713.874	100,00%	78.417	100,00%	1.096.992	100,00%	27.766

Elaboración propia

Finalmente, para obtener la tipología Euro del vehículo, y saber así los factores de emisión que habrá que utilizar para el cálculo de las emisiones contaminante y los consumos, se recurre a la antigüedad media de los vehículos en el municipio de Granada en diciembre de 2017 (DGT):

Tabla 32. Antigüedad del parque vehicular en el municipio de Granada (2017).

Antigüedad	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total	1.801	1.737	1.825	1.276	1.484	1.403	1.743	2.275	3.128	5.450	8.059	8.459	6.940	7.331	9.263
Antigüedad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Antes 1990	
Total	10.558	11.151	10.481	7.497	6.472	6.024	4.573	3.749	3.807	4.347	5.568	6.209	6.178	24.456	

Fuente: DGT.

Haciendo un promedio, se calcula que la edad media del parque vehicular en el municipio de Granada en el año 2017 era de 13,66 años. Por tanto, realizando la hipótesis de que esta media se mantiene, se estima que, en el año 2030, la media de adquisición del vehículo será el año 2016.

En la guía *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021*, se establecen las categorías Euro según el año de adquisición, categoría de vehículo y tipo de carburante, obteniendo categorías Euro 6 a/b/c y Euro VI A/B/C:

Tabla 33. Categorías Euro

Vehicle category	Type	Euro Standard	Start Date	End Date
Passenger Cars	All Petrol	Open Loop	1985	1990
		Euro 1	1992	1996
		Euro 2	1996	1999
		Euro 3	2000	2004
		Euro 4	2005	2009
		Euro 5	2011	2014
		Euro 6 a/b/c	2014	2016
		Euro 6 d-temp	2019	2020
	Euro 6 d	2021 and later		
	All Diesel	Conventional		up to 1992
		Euro 1	1992	1996
		Euro 2	1996	2000
		Euro 3	2000	2005
		Euro 4	2005	2010
		Euro 5	2010	2014
		Euro 6 a/b/c	2014	2019
		Euro 6 d-temp	2019	2020
Euro 6 d		2021 and later		
Heavy Duty Trucks	All Diesel	Conventional		
		Euro I	1992	1995
		Euro II	1996	2000
		Euro III	2000	2005
		Euro IV	2005	2008
		Euro V	2008	2013
		Euro VI A/B/C	2013	2019
Euro VI D/E	2019 and later			

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Obtenidos estos datos ya se puede proceder al estudio de las variables.

4.2.2. Variables Ambientales

A. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂ equivalente) y consumo de energía

Para la obtención tanto del CO₂ equivalente que conlleva la implantación de cada escenario como el consumo de energía se ha utilizado el documento “*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021*”, donde se detallan los factores a aplicar por tipología de vehículo. Multiplicando este dato por los veh*km/día calculados anteriormente, se obtendrá el resultado deseado para cada alternativa.

Los factores de emisión se obtienen de la siguiente tabla, donde FC hace referencia al consumo medio de combustible y EC al consumo medio de energía:

Tabla 34. Valores medios de consumo de combustible y energía.

Table 3-27: Tier 2 average fuel/energy consumption values

Vehicle category	Sub-category	Technology	FC (g/km)	EC (MJ/km)*
Passenger cars	Petrol Mini	Euro 4 and later	49	2.14
	Petrol Small	PRE-ECE to open loop	65	2.85
		Euro 1 and later	56	2.45
	Petrol Medium	PRE-ECE to open loop	77	3.37
		Euro 1 and later	66	2.89
	Petrol Large-SUV-Executive	PRE-ECE to open loop	95	4.16
		Euro 1 and later	86	3.76
	Diesel Small	Euro 4 and later	38	1.62
	Diesel Medium	Conventional	63	2.69
		Euro 1 and later	55	2.35
	Diesel Large-SUV-Executive	Conventional	75	3.2
		Euro 1 and later	73	3.12
	LPG	Conventional	59	2.75
		Euro 1 and later	57	2.65
	2-stroke	Conventional	82	3.59
	Hybrid Petrol Small	Euro 4 and later	34	1.49
	Hybrid Petrol Medium	Euro 4 and later	34	1.49
	Hybrid Petrol Large-SUV-Executive	Euro 4 and later	34	1.49
	PHEV Petrol Small	Euro 6 and later	34	1.49
	PHEV Petrol Medium	Euro 6 and later	34	1.49
PHEV Petrol Large-SUV-Executive	Euro 6 and later	34	1.49	
PHEV Diesel Large-SUV-Executive	Euro 5 and later	73	3.12	
E85	Euro 4 and later	87	3.33	
CNG	Euro 4 and later	63	3.02	

Category	Weight	Emissions		
		Conventional	Euro I and later	EEV
Heavy-duty trucks	Petrol > 3.5 t	177	7.75	
	<=7.5 t	Conventional	125	5.34
		Euro I and later	101	4.31
	7.5-16 t	Conventional	182	7.77
		Euro I and later	155	6.62
	16-32 t	Conventional	251	10.72
Euro I and later		210	8.97	
> 32 t	Conventional	297	12.68	
	Euro I and later	251	10.72	
Buses	Urban CNG buses	HD Euro I	555	26.64
		HD Euro II	515	24.72
		HD Euro III	455	21.84
		EEV	455	21.84
	Urban buses, standard	Conventional	366	15.63
		Euro I and later	301	12.85
	Coaches, standard	Conventional	263	11.23
		Euro I and later	247	10.55
	Urban Diesel Hybrid	Euro VI	301	12.85

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Resumiendo la tabla anterior:

Tabla 35. Consumos medios.

Carburante	Veh-km ligeros		Veh-km pesados		Autobuses	
	FC (g/km)	EC (MJ/km)	FC (g/km)	EC (MJ/km)	FC (g/km)	EC (MJ/km)
Diesel	55	2,35	210	8,97	301	12,85
Gasolina	66	2,89	177	7,75	301	12,85

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Además, del mismo documento, se obtiene un factor de equivalencia entre los kilogramos de combustible consumido y kilogramos de CO₂. Es igual para vehículos con combustible diésel y gasolina. Es el siguiente: 3,169 kg CO₂/kg of fuel.

En cuanto a los vehículos eléctricos, se tendrá en cuenta el CO₂ emitido por la producción de energía, así como la energía consumida durante los trayectos Tomando de fuente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Secretaría de Estado de Energía, el valor medio de las emisiones de los vehículos eléctrico en la generación de la energía necesaria para propulsarlos es de 108 gramos de dióxido de carbono (CO₂). Teniendo en cuenta que, según la Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico (Aedive), un vehículo eléctrico consume de media 15 kWh de electricidad cada 100 kilómetros (0,54 MJ/km), las emisiones generadas para obtenerla equivaldrían a 58 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido.

En cuanto a los autobuses, el consumo medio ronda los 1.504 kwh/km (5,414 MJ/km), por tanto equivaldría a 581.54 gr CO₂/km.

➤ Resultados obtenidos para cada alternativa:

Utilizando la fórmula $Consumo = Factor\ de\ emisión\ según\ tipo\ de\ combustible \times Número\ de\ vehículos\ por\ kilometraje\ recorrido [veh-km]$, siendo los factores de emisión los mostrados en las tablas anteriores y el

número de vehículos, tanto ligeros, pesados como autobuses, mostrados anteriormente también para cada escenario, se obtienen los consumos de combustible y energía para cada alternativa. Los cálculos detallados se muestran en el Apéndice 4.

Los resultados resumidos para cada escenario son los siguientes:

Tabla 36. Cantidad de emisiones GEI para cada escenario.

	FC(g/día)	Kg CO ₂ /día	Tn CO ₂ /año
Escenario 1	687.819.490,09	2.197.929,61	626.409,94
Escenario 2	675.514.608,99	2.166.964,07	617.584,76
Escenario 3	657.897.730,76	2.118.307,16	603.717,54
Escenario 4	610.412.418,91	1.974.594,11	562.759,32

Elaboración propia.

Tabla 37. Cantidad de consumo de energía para cada escenario.

	EC (MJ/día)	EJ (TJ/año)
Escenario 1	29.927.835,86	9.460,69
Escenario 2	29.471.531,48	8.529,43
Escenario 3	28.778.750,36	8.399,39
Escenario 4	26.800.973,99	8.201,94

Elaboración propia.

➤ Valoración de cada alternativa según las emisiones GEI y el consumo energético:

Para valorar estos dos criterios, cuanto mayor sea el valor calculado, se penalizará el escenario:

Tabla 38. Puntuaciones para el criterio " Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂ equivalente)".

	Tn CO ₂ /año	Puntuación
Escenario 1	626.409,94	0,0000
Escenario 2	617.584,76	0,1387
Escenario 3	603.717,54	0,3565
Escenario 4	562.759,32	1,0000

Elaboración propia.

Tabla 39. Puntuaciones para el criterio " Consumo de energía"

	MJ	Puntuación
Escenario 1	29.927.835,86	0,0000
Escenario 2	29.471.531,48	0,1459
Escenario 3	28.778.750,36	0,3675
Escenario 4	26.800.973,99	1,0000

Elaboración propia.

B. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas

El cambio climático es un fenómeno que afecta en gran medida en nuestro día a día, incluido en el transporte a través de cambios bruscos o graduales. Entre los factores que puedan causar posibles alteraciones se incluyen las modificaciones en las lluvias, la temperatura, el viento, las heladas o la niebla.

En este sentido, se busca una reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura del transporte (autovías, vías de tren, estaciones metro, etc.) identificando los riesgos y priorizando las medidas de adaptación.

Por ello el objetivo de este criterio es evaluar el nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas, evaluando cualitativamente las propuestas escogidas en cada escenario y su nivel de desarrollo.

Por una parte se tienen cuenta aquellas actuaciones que mejoren la movilidad peatonal, ya que con ello se fomentará una movilidad más sostenible y una reducción del uso del vehículo privado, buscando como resultado reducir las emisiones GEI.

Por otra, se estudiarán aquellas propuestas específicas para la adaptación y mitigación al cambio climático, con medidas como la mejora de los drenajes longitudinales y transversales o la redacción de planes de emergencias.

Algunas de estas propuestas son:

- Ampliación y mejora de aceras.
- Creación de red ciclopeatonal.
- Zonas de estacionamiento seguro para bicicletas/VMP.
- Eliminación/reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- Mejora del arbolado y zonas de sombra.
- Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte respecto al cambio climático.
- Medidas operativas y de conservación que reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático.

La puntuación asignada de manera cualitativa para cada escenario, en función del nivel de desarrollo de las propuestas, queda de la siguiente manera:

Tabla 40. Puntuaciones para el criterio " Nivel de riesgo del sistema de transporte"

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,20
Escenario 3	0,45
Escenario 4	1

Elaboración propia.

C. Calidad del aire

El transporte es la principal fuente de contaminación atmosférica en áreas urbanas debido a sus emisiones nocivas, teniendo consecuencias sobre la salud humana o el patrimonio material. Por ello es necesario cuantificarlos en cada escenario y valorar positivamente aquellas alternativas que consigan reducir estas emisiones.

Los agentes contaminantes considerados para el cálculo han sido los siguientes:

- CO₂: Dióxido de carbono
- CO: Monóxido de carbono
- COVNM: Compuestos orgánicos volátiles a excepción del metano
- NOx: Monóxido de nitrógeno
- N₂O: Óxido nitroso
- NH₃: Amoníaco
- Pb: Plomo
- PM_{2.5}: Partículas en suspensión

Las emisiones de contaminantes de una categoría de vehículos en un tramo y en un periodo de tiempo, son igual al producto de emisión asociado a la categoría, por el número de vehículos de dicha categoría que circulan por el tramo, por la longitud del tramo.

Siendo la fórmula la siguiente:

$$\text{Emisiones por periodo de tiempo [g]} = \text{Factor de emisión según tipo de combustible [g/km]} \times \text{Número de vehículos por kilometraje recorrido [veh-km]}$$

Para obtener los factores de emisión, se seguirá la guía europea "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021", donde se diferencian según la categoría de vehículo, el tipo de combustible y la categoría EURO. En este apartado se despreciarán los vehículos eléctricos ya que estos no emiten gases contaminantes.

Para vehículos ligeros se obtiene lo siguiente:

Table 3-17: Tier 2 exhaust emission factors for passenger cars, NFR 1.A.3.b.i

Type	Technology	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂ lube
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes			Given as THC-CH ₄	Given as NO ₂ equivalent				due to lube oil
Petrol Medium	PRE ECE	37.3	2.8	2.53	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	ECE 15/00-01	29.6	2.19	2.53	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	ECE 15/02	21.7	2.060	2.40	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	ECE 15/03	21.1	2.06	2.51	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	ECE 15/04	13.4	1.68	2.66	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	Open Loop	6.49	0.29	1.29	0.01	0.0020	1.82E-05	0.663
	Euro 1 - 91/441/EEC	3.92	0.530	0.485	0.01	0.0922	1.82E-05	0.596
	Euro 2 - 94/12/EEC	2.04	0.251	0.255	0.006	0.1043	1.82E-05	0.530
	Euro 3 - 98/69/EC I	1.82	0.119	0.097	0.002	0.0342	1.82E-05	0.464
	Euro 4 - 98/69/EC II	0.62	0.065	0.061	0.002	0.0342	1.82E-05	0.398
	Euro 5 - EC 715/2007	0.62	0.065	0.061	0.0013	0.0123	1.82E-05	0.398
	Euro 6 a/b/c	0.62	0.065	0.061	0.0013	0.0123	1.82E-05	0.398
Euro 6 d-temp	0.62	0.065	0.061	0.0013	0.0123	1.82E-05	0.398	
Euro 6 d	0.62	0.065	0.061	0.0013	0.0123	1.82E-05	0.398	
Diesel Medium	Conventional	0.688	0.159	0.546	0.00	0.0010	1.82E-05	0.663
	Euro 1 - 91/441/EEC	0.414	0.047	0.690	0.003	0.0010	1.82E-05	0.596
	Euro 2 - 94/12/EEC	0.296	0.035	0.716	0.005	0.0010	1.82E-05	0.530
	Euro 3 - 98/69/EC I	0.089	0.02	0.773	0.007	0.0010	1.82E-05	0.464
	Euro 4 - 98/69/EC II	0.092	0.014	0.58	0.01	0.0010	1.82E-05	0.398
	Euro 5 - EC 715/2007	0.040	0.0080	0.55	0.004	0.0019	1.82E-05	0.398
	Euro 6 up to 2016	0.049	0.0080	0.45	0.004	0.0019	1.82E-05	0.398
	Euro 6 2017-2019	0.049	0.0080	0.35	0.004	0.0019	1.82E-05	0.398
	Euro 6 2020+	0.049	0.0080	0.17	0.004	0.0019	1.82E-05	0.398

Table 3-18: Tier 2 exhaust emission factors for passenger cars, NFR 1.A.3.b.i

Type	Technology	PM2.5	ID(1,2,3,cd)P	B(k)F	B(b)F	B(a)P
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes		PM2.5=PM10=TS P				
Petrol Medium	PRE ECE	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	ECE 15/00-01	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	ECE 15/02	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	ECE 15/03	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	ECE 15/04	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	Open Loop	0.0022	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
	Euro 1 - 91/441/EEC	0.0022	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 2 - 94/12/EEC	0.0022	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 3 - 98/69/EC I	0.0011	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 4 - 98/69/EC II	0.0011	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 5 - EC 715/2007	0.0014	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 6 a/b/c	0.0014	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 6 d-temp	0.0016	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Euro 6 d	0.0016	3.90E-07	2.60E-07	3.60E-07	3.20E-07
	Diesel Medium	Conventional	0.2209	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06
Euro 1 - 91/441/EEC		0.0842	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 2 - 94/12/EEC		0.0548	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 3 - 98/69/EC I		0.0391	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 4 - 98/69/EC II		0.0314	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 5 - EC 715/2007		0.0021	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 6 a/b/c		0.0015	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 6 d-temp		0.0015	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06
Euro 6 d		0.0015	1.62E-06	1.53E-06	1.95E-06	1.74E-06

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Para vehículos pesados se consultan las siguientes tablas:

Table 3-21: Tier 2 exhaust emission factors for heavy-duty vehicles, NFR 1.A.3.b.iii

Type	Technology	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂ lube
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes			Given as THC-CH ₄	Given as NO ₂ equivalent				due to lube oil
Petrol >3.5 t	Conventional	59.5	5.25	6.60	0.006	0.0019	5.84E-06	1.99
Diesel 16 - 32 t	Conventional	1.93	0.486	10.7	0.029	0.0029	1.31E-05	4.86E-01
	Euro I - 91/542/EEC I	1.55	0.449	7.52	0.008	0.0029	1.14E-05	4.86E-01
	Euro II - 91/542/EEC II	1.38	0.29	7.91	0.007	0.0029	1.11E-05	4.86E-01
	Euro III - 2000	1.49	0.278	6.27	0.004	0.0029	1.13E-05	4.86E-01
	Euro IV - 2005	0.105	0.010	3.83	0.012	0.0029	1.06E-05	4.86E-01
	Euro V - 2008	0.105	0.010	2.18	0.034	0.011	1.06E-05	4.86E-01
	Euro VI A/B/C	0.105	0.010	0.422	0.032	0.009	1.06E-05	4.86E-01
Euro VI D/E	0.105	0.010	0.422	0.032	0.009	1.06E-05	4.86E-01	

Type	Technology	PM2.5	ID(1,2,3,cd)P	B(k)F	B(b)F	B(a)P
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes		PM2.5=PM10=TS P				
Petrol >3.5 t	Conventional	0.000	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
Diesel 16 - 32 t	Conventional	0.418	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro I - 91/542/EEC I	0.297	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro II - 91/542/EEC II	0.155	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro III - 2000	0.13	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro IV - 2005	0.0239	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro V - 2008	0.0239	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0012	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Euro VI D/E	0.0012	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07	

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Finalmente, para autobuses:

Table 3-24: Tier 2 exhaust emission factors for buses, NFR 1.A.3.b.iii

Type	Technology	PM2.5	ID(1.2.3.cd)P	B(k)F	B(b)F	B(a)F
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes		PM2.5=PM10=TSP				
Urban CNG Buses	Euro I - 91/542/EEC I	0.0200	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Euro II - 91/542/EEC II	0.0100	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Euro III - 2000	0.0100	3.00E-08	4.00E-08	8.00E-08	5.00E-08
	EEV	0.0050	1.00E-08	1.00E-08	1.00E-08	3.00E-08
Urban Buses Standard	Conventional	0.9090	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro I - 91/542/EEC I	0.4790	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro II - 91/542/EEC II	0.2200	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro III - 2000	0.2070	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro IV - 2005	0.0462	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro V - 2008	0.0462	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Urban Hybrid Buses	Euro VI D/E	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Coaches Standard	Conventional	0.4700	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro I - 91/542/EEC I	0.3620	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro II - 91/542/EEC II	0.1650	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro III - 2000	0.1780	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro IV - 2005	0.0354	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro V - 2008	0.0354	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0018	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07

Table 3-24: Tier 2 exhaust emission factors for buses, NFR 1.A.3.b.iii

Type	Technology	PM2.5	ID(1.2.3.cd)P	B(k)F	B(b)F	B(a)F
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes		PM2.5=PM10=TSP				
Urban CNG Buses	Euro I - 91/542/EEC I	0.0200	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Euro II - 91/542/EEC II	0.0100	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Euro III - 2000	0.0100	3.00E-08	4.00E-08	8.00E-08	5.00E-08
	EEV	0.0050	1.00E-08	1.00E-08	1.00E-08	3.00E-08
Urban Buses Standard	Conventional	0.9090	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro I - 91/542/EEC I	0.4790	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro II - 91/542/EEC II	0.2200	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro III - 2000	0.2070	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro IV - 2005	0.0462	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro V - 2008	0.0462	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Urban Hybrid Buses	Euro VI D/E	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0023	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Coaches Standard	Conventional	0.4700	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro I - 91/542/EEC I	0.3620	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro II - 91/542/EEC II	0.1650	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro III - 2000	0.1780	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro IV - 2005	0.0354	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro V - 2008	0.0354	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
	Euro VI A/B/C	0.0018	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Como resumen de las tablas anteriores, se utilizarán los siguientes factores de emisión:

Para vehículos ligeros:

Tabla 41. Factores de emisión para vehículos ligeros.

Combustible	CO (g/km)	NM VOC (g/km)	NO _x (g/km)	N ₂ O (g/km)	NH ₃ (g/km)	Pb (g/km)	CO ₂ (g/km)	PM2.5 (g/km)
Diesel	0,049	0,008	0,45	0,004	0,0019	0,0000182	0,398	0,0015
Gasolina	0,62	0,065	0,061	0,0013	0,0123	0,0000182	0,398	0,0014

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Para vehículos pesados:

Tabla 42. Factores de emisión para vehículos pesados.

Combustible	CO (g/km)	NM VOC (g/km)	NO _x (g/km)	N ₂ O (g/km)	NH ₃ (g/km)	Pb (g/km)	CO ₂ (g/km)	PM2.5 (g/km)
Diesel	0,105	0,01	0,422	0,032	0,009	0,0000106	0,486	0,0012
Gasolina	59,5	5,25	6,6	0,006	0,0019	0,00000584	1,99	0

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

Para autobuses:

Tabla 43. Factores de emisión para autobuses.

Combustible	CO (g/km)	NM VOC (g/km)	NO _x (g/km)	N ₂ O (g/km)	NH ₃ (g/km)	Pb (g/km)	CO ₂ (g/km)	PM2.5 (g/km)
Diesel	0,223	0,22	0,597	0,04	0,009	0,0000154	0,265	0,0023
Gasolina	0,223	0,22	0,597	0,04	0,009	0,0000154	0,265	0,0023

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2021

➤ Resultados obtenidos para cada alternativa:

Utilizando la fórmula explicada anteriormente (*Emisiones por periodo de tiempo [g] = Factor de emisión según tipo de combustible [g/km] x Número de vehículos por kilometraje recorrido [veh-km]*), siendo los factores de emisión los mostrados en las tablas anteriores y el número de vehículos los vehículos totales equivalentes calculados en el apartado "Tipología de vehículos", se obtienen las emisiones para los diferentes agentes contaminantes y para cada alternativa. Se muestran los datos tanto en gramos como en toneladas, así como para un día y para un año (multiplicando por 285 días=días laborables +1/3 fin de semana). Se explican detalladamente en el Apéndice 4

El resumen de los resultados obtenidos es el siguiente:

Tabla 44. Cantidad de emisiones contaminantes para cada escenario.

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Escenario 1 (Tn/año)	1.044,90	108,32	587,07	14,77	19,40	0,04	961,66	3,28
Escenario 2 (Tn/año)	1.023,11	106,00	575,35	14,65	18,94	0,04	939,73	3,20
Escenario 3 (Tn/año)	991,99	102,68	558,61	14,47	18,30	0,04	908,46	3,09
Escenario 4 (Tn/año)	951,12	98,42	536,81	14,23	17,46	0,04	867,58	2,94

Elaboración propia.

➤ Valoración de cada alternativa según la calidad del aire:

Una vez obtenidas las toneladas de emisiones emitidas, se puntuará cada escenario considerando únicamente aquellas emisiones que afecten a la calidad del aire y a la salud de las personas, es decir:

- Ozono (O3): se traduce en los contaminantes CO, VOC y Nox
- Dióxido de Nitrógeno (NO2): estudiado como Nox
- Partículas en suspensión

A mayor valor de emisiones se penalizará la puntuación de la alternativa.

Tabla 45. Puntuación para el criterio "Calidad del aire".

	Tn/año	Puntuación
Escenario 1	1.799,47	0
Escenario 2	1.762,01	0,1593
Escenario 3	1.708,52	0,3867
Escenario 4	1.564,28	1,000

Elaboración propia.

D. Contaminación acústica

La Directiva Europea sobre ruido recomienda, para el tráfico rodado, el empleo de las fórmulas del método francés "Guide du bruit des transports terrestres". La fórmula de aplicación queda recogida en la publicación: "Reducción del ruido en el entorno de las carreteras" del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, y es la siguiente:

$$L_{eq} = 20 + 10 \cdot \log(Q_{vl} + E \cdot Q_{vp}) + 20 \cdot \log V - 12 \cdot \log\left(d + \frac{l_c}{3}\right) + 10 \cdot \log \frac{\theta}{180}$$

Donde:

- L_{eq} = Nivel de presión sonora equivalente dB (A).
- Q_{vl} , Q_{vp} = Número de vehículos ligeros y pesados.
- E = Factor de corrección por equivalencia entre vehículos ligeros y pesados.
- V = Velocidad en km/h.
- d = Distancia del borde de la carretera.
- l_c = Anchura de la carretera.
- θ = Ángulo de visión.

La ecuación anterior está diseñada para una carretera o una actuación concreta, por ello se realizará una comparativa de los niveles de ruido de una manera relativa. La fórmula planteada muestra como a mayor número de vehículos y velocidad, se obtienen valores mayores de ruido.

Es por ello que para la comparativa de alternativas uno de los criterios que se tendrá en cuenta es la cantidad de vehículos circulando en términos de vehículos-kilómetro. Se observará tanto la diferencia de

vehículos ligeros como vehículos pesados entre las alternativas. Además, se verán beneficiadas aquellas alternativas que lleven asociadas una mayor superficie para la Zona de Bajas Emisiones, ya que dentro de ellas se verá reducido considerablemente el número de vehículos privados y aumentarán los modos no motorizados (a pie o en bicicleta).

Finalmente, se asignará a cada alternativa un índice de ruido entre 0 y 1 en función de los parámetros mencionados.

➤ Resultados obtenidos para cada alternativa

Se resume los valores que se tendrán en cuenta para la valoración:

Tabla 46. Variables para calcular la contaminación acústica.

	Q_{vl}	Q_{vp}	Superficie ZBE
Escenario 1	7.503.075	1.099.498	460,02
Escenario 2	7.295.270	1.099.767	460,02
Escenario 3	6.999.920	1.099.427	3.174,03
Escenario 4	6.713.874	1.096.992	8.993,07

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el escenario 1 es el que más vehículos-kilómetro presenta y, el escenario 4, con diferencia, el que menos. Por tanto, en este sentido, la alternativa que menos niveles de ruido presentará será esta última.

En cuanto a la superficie de la ZBE, el escenario con menor nivel de presión sonora será el 4, ya que presenta mayor área de actuación y por tanto menor ruido dentro de ella.

➤ Valoración de cada alternativa según el ruido

Teniendo en cuenta lo anterior, se asigna un valor entre 0 y 1 para cada escenario, de una manera orientativa.

Tabla 47. Puntuaciones para el criterio "Contaminación acústica".

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,5
Escenario 3	0,8
Escenario 4	1

Elaboración propia.

E. Ocupación del suelo

En términos de afección al suelo, tierra, agua y biodiversidad, son las actuaciones que implican una ocupación de terreno las que podrían afectar negativamente a estos factores. En el caso de los diferentes escenarios, las actuaciones serían:

Escenario 1:

- Extensión del Metro de Granada
- Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3211 La Zubia – Granada

Escenario 2, 3 y 4:

- Creación de red ciclopeatonal.
- Extensión del Metro de Granada
- Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3211: La Zubia – Granada
- Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3209: Ogjares-Granada
- Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride)
- Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada

La longitud de las redes peatonales varía en función del escenario, al igual que el tamaño de los Park & Rides como se verá a continuación.

Por otra parte, la mayoría de estas actuaciones se ejecutarán sobre caminos existentes o colindantes a infraestructuras ya en servicio, además de no encontrarse en espacios protegidos, por lo que la afección al medio será mínima.

➤ Resultados obtenidos para cada alternativa

Para estimar la superficie que implicaría la ejecución de todas las actuaciones en cada escenario, se recurre al *Plan de Acción* y a las actuaciones en formato Shape con el objetivo de conseguir las áreas y las longitudes ocupadas por cada una.

Igualmente, estas medidas son aproximadas ya que hasta la redacción del proyecto de cada una de ellas no se definirán los detalles técnicos como el trazado o los anchos. Se realiza esta estimación simplemente a modo de comparación entre escenarios, para poder asignarles una puntuación y finalmente incluir el criterio de *Ocupación de suelo* como una variable más en la evaluación final del análisis multicriterio.

A continuación se muestra una tabla con el cálculo de la superficie ocupada por cada una de las actuaciones:

Tabla 48. Cálculo de áreas.

ACTUACIONES	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Creación de red ciclopeatonal en el Escenario 2	54.470	5	272.350
Creación de red ciclopeatonal en el Escenario 3	70.810	5	354.050
Creación de red ciclopeatonal en el Escenario 4	161.500	5	807.500
Extensión del Metro de Granada	8.200	25	205.000
Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3211: La Zubia – Granada	3.100	10	31.000
Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3209: Ogjares-Granada	1.870	10	18.700
Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada	896	12	10.752

Resumiendo las superficies ocupadas por cada escenario:

Tabla 49. Superficie ocupada por las actuaciones en cada escenario

ACTUACIONES	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Creación de red ciclopeatonal	-	272.350 m ²	354.050 m ²	807.500 m ²
Extensión del Metro de Granada	205.000 m ²	205.000 m ²	205.000 m ²	205.000 m ²
Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3211: La Zubia – Granada	31.000 m ²	31.000 m ²	31.000 m ²	31.000 m ²
Duplicación de calzada y plataforma reservada para BUS-VAO en la GR-3209: Ogjares-Granada	-	18.700 m ²	18.700 m ²	18.700 m ²
Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride)	-	15.000 m ²	18.000 m ²	33.000 m ²
Nuevo sistema de transporte público en Sierra Nevada	-	10.752 m ²	10.752 m ²	10.752 m ²
TOTAL (m ²)	236.000 m ²	552.802 m ²	637.502 m ²	1.105.952 m ²
TOTAL (km ²)	23,6 km ²	55,28 km ²	63,75 km ²	110,60 km ²

Elaboración propia.

➤ Valoración de cada alternativa según la ocupación del suelo

Teniendo en cuenta lo anterior, se asigna un valor entre 0 y 1 para cada escenario, puntuando negativamente a aquellos escenarios con mayor ocupación de suelo:

Tabla 50. Puntuaciones para el criterio "Ocupación del suelo".

	Área	Puntuación
Escenario 1	23,6 km ²	1
Escenario 2	55,28 km ²	0,6358
Escenario 3	63,75 km ²	0,5385
Escenario 4	110,60 km ²	0

Elaboración propia.

4.2.3. Variables Funcionales y Sociales

A. Accidentabilidad

A la hora de realizar actuaciones en transporte y movilidad hay que tener presente la accidentabilidad que ello puede conllevar, intentando reducir tanto el número de accidentes como el número de víctimas. Llevando a cabo actuaciones que fomenten el transporte público y el uso de modos no motorizados se consigue un traspaso modal desde el vehículo privado hacia estos modos.

Este tipo de vehículo es el que implica una mayor probabilidad de accidente, por tanto, si los kilómetros finales recorridos por el total de vehículos en este modo se ven reducidos debido a las actuaciones de los escenarios, esto conllevará una automáticamente una reducción en esta probabilidad.

Además, en todos los escenarios se plantean actuaciones para la eliminación de barreras, como la instalación de pasarelas peatonales o pasos inferiores, aumentando la seguridad vial.

➤ Valoración de cada alternativa según la accidentabilidad

A mayor número de kilómetros recorridos, peor valoración.

Tabla 51. Puntuaciones para el criterio "Accidentabilidad".

	Veh-km	Puntuación
Escenario 1	7.683.887	0
Escenario 2	7.473.345	0,2361
Escenario 3	7.174.088	0,5718
Escenario 4	6.792.291	1

Elaboración propia.

B. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos

Este aspecto se ha estudiado de forma cualitativa, tomando como referencia las propuestas escogidas relacionadas con los incidentes de violencia y acoso y su nivel de desarrollo para cada alternativa. El principal objetivo de estas actuaciones es aumentar la seguridad y el confort para los peatones y personas usuarias del transporte público, con medidas como el aumento de la iluminación o aumento del espacio público destinado a peatones.

Algunas de estas propuestas son:

- Ampliación y mejora de aceras.
- Eliminación/reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- Mejora del arbolado y zonas de sombra.
- Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride).
- Intercambiadores – en función de la definición de la red de transporte público.
- Reestructuración de la red de transporte público: necesidades de las mujeres.

La puntuación asignada para cada escenario, en función del nivel de desarrollo de las propuestas, queda de la siguiente manera:

Tabla 52. Puntuaciones para el criterio "Riesgo de incidentes de violencia y acoso"

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,20
Escenario 3	0,50
Escenario 4	1

Elaboración propia.

C. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles

Al igual en criterios anteriores, este aspecto se ha estudiado de forma cualitativa, teniendo en cuenta las propuestas escogidas relacionadas con la capacidad de acceso a modos de transporte sostenible y su nivel de desarrollo para cada alternativa.

El principal objetivo de estas actuaciones es facilitar el uso del transporte público, así como el fomento de modos no motorizados (pie, bicicleta, VMP) y la intermodalidad.

Entre las propuestas más importantes se encuentran:

- Zonas de estacionamiento seguro para bicicletas/VMP.
- Eliminación/reducción de barreras que dificultan la movilidad de modos activos entre áreas conurbadas.
- Inversiones en infraestructura vial: priorización del transporte público y creación de servicios coordinados
- Aparcamientos disuasorios ligados al transporte público (Park & Ride).
- Intercambiadores – en función de la definición de la red de transporte público.
- Zona de bajas emisiones.
- Reestructuración de la red de transporte público: mejorar la accesibilidad a los principales equipamientos metropolitanos.
- Reestructuración de la red de transporte público: mejorar la frecuencia y velocidades comerciales.
- Control del transporte público e información a la persona usuaria en tiempo real.
- Revisión del marco tarifario, integración billetes y medios de pago.
- Medidas de fomento del uso de la bicicleta, incluyendo eléctricas y micro-movilidad.

La puntuación asignada para cada escenario, en función del nivel de desarrollo de las propuestas, queda de la siguiente manera:

Tabla 53. Puntuaciones para el criterio "Facilidad de acceso al transporte"

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,60
Escenario 3	0,80
Escenario 4	1

Elaboración propia.

D. Tiempos de recorrido

El objetivo de este criterio es valorar la accesibilidad al territorio y a los centros atractores de las diferentes alternativas a través de la reducción en la congestión. Esto se evaluará con la suma de tiempos de todos los trayectos en cada uno de los escenarios, para un Día Laborable Tipo (DLT, periodo modelizado). Del modelo se obtienen los siguientes datos:

Tabla 54. Tiempos de recorrido.

	Transporte público (h)	Vehículos ligeros (h)	Total (h)
Escenario 1	20.133,83	203.848,15	223.981,98
Escenario 2	21.792,57	197.933,59	219.726,16
Escenario 3	24.367,90	188.045,14	212.413,04
Escenario 4	32.392,33	172.604,65	204.996,98

Elaboración propia.

➤ Valoración de cada alternativa según el tiempo de recorrido:

Se puntuará positivamente una reducción en los tiempos de recorrido, ya que ello facilitará el acceso a centros atractores como son centros sanitarios o educativos, beneficiando especialmente a las personas cuidadoras:

Tabla 55. Puntuaciones para el criterio "Tiempos de recorrido".

	Horas totales	Puntuación
Escenario 1	223.981,98	0
Escenario 2	219.726,16	0,2242
Escenario 3	212.413,04	0,6094
Escenario 4	204.996,98	1

Elaboración propia.

E. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano

Al igual que en criterios anteriores, este aspecto se ha estudiado de forma cualitativa, teniendo en cuenta las propuestas escogidas relacionadas con la mejora de la accesibilidad al transporte público y en el espacio urbano para personas con discapacidad y con perspectiva de género, y su nivel de desarrollo para cada alternativa.

El principal objetivo de estas actuaciones es conseguir un espacio urbano accesible y seguro para toda persona, con medidas como la modificación de las paradas de autobús, el rebaje de bordillos o pasos de cebra, la ampliación de aparcamientos para personas con discapacidad o la mejora en la iluminación.

Entre las propuestas más importantes se encuentran:

- Ampliación y mejora de aceras.
- Zona de bajas emisiones.
- Estacionamiento regulado.
- Reestructuración de la red de transporte público: mejorar la accesibilidad a los principales equipamientos metropolitanos.
- Reestructuración de la red de transporte público: necesidades de las mujeres.
- Control del transporte público e información a la persona usuaria en tiempo real.

La puntuación asignada para cada escenario, en función del nivel de desarrollo de las propuestas, queda de la siguiente manera:

Tabla 56. Puntuaciones para el criterio "Accesibilidad"

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,50
Escenario 3	0,80
Escenario 4	1

Elaboración propia.

4.2.4. Variables Económicas

A. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de operación y mantenimiento

El objetivo de este criterio es asegurar la sostenibilidad financiera del sistema de transporte metropolitano. Para ello se calculará la relación existente entre el ingreso por las tarifas de transporte, proveniente de los usuarios, y los costes de mantenimiento y operación de la flota que existirá en el futuro, tanto para autobuses como para el metro y su ampliación. En estos costes no se han tenido en cuenta ni las inversiones respectivas a las actuaciones del plan, ni los costes de mantenimiento y operación del resto de actuaciones relacionadas con el transporte público.

Para calcular este ratio, por una parte se estiman los ingresos para cada escenario, tomando una media del billete de transporte de 1,11€:

Tabla 57. Ingresos por tarifas.

	Viajes en transporte público	Ingresos por día	Ingresos por año
Escenario 1	220.118	244.330,59 €	69.634.219,56 €
Escenario 2	225.903	250.751,94 €	71.464.301,90 €
Escenario 3	285.371	316.761,30 €	90.276.970,25 €
Escenario 4	307.167	340.955,34 €	97.172.271,75 €

Elaboración propia.

Por otra, se estiman los costes para la operación y mantenimiento anuales de la flota de transporte público:

Tabla 58. Costes de operación y mantenimiento

	Costes Metro	Número de autobuses	Coste Buses	Coste Total
Escenario 1	20.577.000 €	341	27.253.194 €	47.830.194 €
Escenario 2	20.577.000 €	350	27.969.445 €	48.546.445 €
Escenario 3	20.577.000 €	442	35.332.282 €	55.909.282 €
Escenario 4	20.577.000 €	475	38.030.883 €	58.607.883 €

Elaboración propia.

Finalmente, con estos valores, se calcula el ratio Ingresos por tarifas/Costos de operación y mantenimiento y se le asigna una puntuación:

Tabla 59. Puntuación para el criterio "Ratio ingresos/costos".

	Ingresos/costos	Puntuación
Escenario 1	1,46	0,00
Escenario 2	1,47	0,08
Escenario 3	1,61	0,79
Escenario 4	1,66	1

Elaboración propia.

B. Asequibilidad del sistema de transporte

El objetivo de este criterio es asegurar el acceso, económicamente hablando, de la mayoría de personas al transporte público. Para ello, se revisará el marco tarifario que está ahora vigente en el área. En función del número de personas afectadas y del alcance territorial, se asigna una puntuación para cada escenario, de una forma cualitativa:

- Valoración de cada alternativa según la asequibilidad

Tabla 60. Puntuaciones para el criterio "Asequibilidad del sistema de transporte".

	Puntuación
Escenario 1	0
Escenario 2	0,30
Escenario 3	0,90
Escenario 4	1

Elaboración propia.

4.2.5. Pesos asignados a cada criterio

Para calcular las puntuaciones finales para cada alternativa, hará falta asignar un peso a cada criterio en función de su importancia. Debido a que muchos de los objetivos estratégicos están relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático, así como la reducción de la contaminación, se les ha dado mayor peso a las variables ambientales. Así mismo, los aspectos funcionales y sociales también están incluidos en diversos objetivos, por ello se les ha otorgado un peso del 40%, y el 10% restante se le asigna a las variables económicas, ya que el objetivo principal de este plan no es la rentabilidad económica.

Dentro de cada bloque, se le ha asignado el mismo peso a cada criterio, teniendo una importancia ligeramente superior los criterios ambientales, seguidos de los funcionales y sociales, y finalmente los económicos.

Tabla 61. Pesos considerados para las distintas variables

OE	VARIABLES AMBIENTALES	PESOS
1	1. Emisiones GEI (CO2 eq)	8,33%
1	2. Consumo de energía	8,33%
2	3. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas	8,33%
3	4. Calidad del aire	8,33%
3	5. Contaminación acústica	8,33%
-	6. Ocupación del suelo	8,33%
VARIABLES FUNCIONALES Y SOCIALES		40%
4	7. Accidentabilidad	8,0%
4	8. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos	8,0%
5	9. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles	8,0%
5	10. Tiempos de recorrido	8,0%
5	11. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano	8,0%
VARIABLES ECONÓMICAS		10%
6	12. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de mantenimiento	5,0%
7	13. Asequibilidad del sistema de transporte	5,0%
Total		100%

Elaboración propia

5. JUSTIFICACIÓN DEL ESCENARIO SELECCIONADO

Una vez establecidos y calculados los criterios a evaluar para cada alternativa, se procede a realizar la comparación entre ellos. A modo resumen, las puntuaciones quedan de la siguiente manera:

Tabla 62. Puntuaciones finales.

	E1	E2	E3	E4
VARIABLES AMBIENTALES				
1. Emisiones GEI (CO2 eq)	0,000	0,139	0,357	1,000
2. Consumo de energía	0,000	0,146	0,367	1,000
3. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas	0,000	0,200	0,450	1,000
4. Calidad del aire	0,000	0,159	0,387	1,000
5. Contaminación acústica	0,000	0,500	0,800	1,000
6. Ocupación del suelo	1,000	0,636	0,538	0,000
VARIABLES FUNCIONALES Y SOCIALES				
7. Accidentabilidad	0,000	0,236	0,572	1,000
8. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos	0,000	0,200	0,500	1,000
9. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles	0,000	0,600	0,800	1,000
10. Tiempos de recorrido	0,000	0,224	0,609	1,000
11. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano	0,000	0,500	0,800	1,000
VARIABLES ECONÓMICAS				
12. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de mantenimiento	0,000	0,080	0,786	1,000
13. Asequibilidad del sistema de transporte	0,000	0,300	0,900	1,000

Elaboración propia

Multiplicando por los pesos correspondientes:

Tabla 63. Resultados de la puntuación final de los escenarios.

	E1	E2	E3	E4
VARIABLES AMBIENTALES				
1. Emisiones GEI (CO2 eq)	0,000	0,012	0,030	0,083
2. Consumo de energía	0,000	0,012	0,031	0,083
3. Nivel de riesgo del sistema de transporte respecto a las amenazas climáticas	0,000	0,017	0,038	0,083
4. Calidad del aire	0,000	0,013	0,032	0,083
5. Contaminación acústica	0,000	0,042	0,067	0,083
6. Ocupación del suelo	0,083	0,053	0,045	0,000
VARIABLES FUNCIONALES Y SOCIALES				
7. Accidentabilidad	0,000	0,019	0,046	0,080
8. Riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y los espacios públicos	0,000	0,016	0,040	0,080
9. Facilidad de acceso a modos de transporte sostenibles	0,000	0,048	0,064	0,080
10. Tiempos de recorrido	0,000	0,018	0,049	0,080
11. Accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad al transporte público y en el espacio urbano	0,000	0,040	0,064	0,080
VARIABLES ECONÓMICAS				
12. Ratio Ingresos por tarifas/Costos de mantenimiento	0,000	0,004	0,039	0,050
13. Asequibilidad del sistema de transporte	0,000	0,015	0,045	0,050
	0,083	0,308	0,588	0,917

Elaboración propia

Como se puede observar, el escenario con mayor puntuación y, por tanto, el elegido, es el **Escenario 4**. En esta alternativa se incluyen las actuaciones más ambiciosas en cuanto a la mejora del transporte público de altas prestaciones, así como una Zona de Bajas Emisiones metropolitana y acciones asociadas, consiguiendo con ello una reducción de viajes totales y un nuevo reparto modal perjudicando al vehículo privado y beneficiando a modos de transporte más sostenibles. Con ello se consigue una reducción considerable de la contaminación atmosférica y acústica, del consumo de combustible o de la accidentabilidad, entre otros aspectos.

Además, con este escenario, se reduce el riesgo de incidentes de violencia y acoso en el transporte y en los espacios urbanos, se facilita el acceso a otros modos de transporte distintos al vehículo privado, o se mejora la accesibilidad con perspectiva de género y para las personas con discapacidad.

En definitiva, el escenario 4 es el que contribuirá en mayor medida a la consecución de los objetivos estratégicos del Plan de Transporte Metropolitano del Área de Granada.

APÉNDICE 1. INVERSIONES Y COSTES

DPROGRAMAS DE ACTUACIÓN		ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4	
		INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)
LE1 – MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA Y VEHÍCULOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METROPOLITANO									
P1	AMPLIACIÓN Y MEJORA DE ACERAS	-	-	20.000.000 €	2.000.000 €	28.000.000 €	2.800.000 €	60.000.000 €	6.000.000 €
P2.1	CREACIÓN DE RED CICLOPEATONAL	-	-	10.000.000 €	500.000 €	13.000.000 €	650.000 €	29.650.000 €	1.482.500 €
P2.2	ZONAS DE ESTACIONAMIENTO SEGURO PARA BICICLETAS/VMP	-	-	100.000 €	5.000 €	500.000 €	25.000 €	1.650.000 €	82.500 €
P3	ELIMINACIÓN/REDUCCIÓN DE BARRERAS QUE DIFICULTAN LA MOVILIDAD DE MODOS ACTIVOS ENTRE ÁREAS CONURBADAS	-	-	50.000 €	2.500 €	24.300.000 €	1.215.000 €	40.300.000 €	2.015.000 €
P4	MEJORA DEL ARBOLADO Y ZONAS DE SOMBRA	-	-	5.000.000 €	750.000 €	10.000.000 €	1.500.000 €	25.000.000 €	3.750.000 €
P5.1	EXTENSIÓN DEL METRO DE GRANADA	236.500.000 €	6.984.000 €	236.500.000 €	6.984.000 €	236.500.000 €	6.984.000 €	236.500.000 €	6.984.000 €
P5.2	CORREDORES DE ALTAS PRESTACIONES	-	-	160.000 €	-	160.000 €	-	160.000 €	-
P6.1	INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA VIAL: PRIORIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO Y CREACIÓN DE SERVICIOS COORDINADOS	2.670.000 €	770.000 €	2.670.000 €	770.000 €	2.670.000 €	770.000 €	26.915.000 €	6.298.000 €
P6.2	INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA VIAL: EVITAR LA CONCENTRACIÓN DEL TRÁFICO DE LAS ZONAS CENTRO Y NORTE DE LA CIUDAD DE GRANADA	-	-	6.000.000 €	900.000 €	6.000.000 €	900.000 €	6.000.000 €	900.000 €
P7	APARCAMIENTOS DISUASORIOS LIGADOS AL TRANSPORTE PÚBLICO (PARK & RIDE)	2.400.000 €	120.000 €	2.400.000 €	120.000 €	4.080.000 €	204.000 €	7.920.000 €	400.000 €
P8	INTERCAMBIADORES – EN FUNCIÓN DE LA DEFINICIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO	-	-	-	-	3.000.000 €	162.500 €	3.000.000 €	162.500 €
P9	INFRAESTRUCTURA DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	-	-	1.200.000 €	120.000 €	1.200.000 €	120.000 €	1.200.000 €	120.000 €
P10	RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE TRANSPORTE PÚBLICO (CERO Y BAJAS EMISIONES)	-	-	90.900.700 €	18.180.200 €	114.829.900 €	22.965.900 €	123.600.400 €	24.720.100 €
P11	RENOVACIÓN DEL PARQUE VEHICULAR PRIVADO	-	-	500.000 €	-	1.000.000 €	-	3.000.000 €	-
P12	REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE RESPECTO AL CAMBIO CLIMÁTICO	-	-	1.000.000 €	100.000 €	2.000.000 €	200.000 €	10.000.000 €	1.000.000 €
P13	INFRAESTRUCTURA DE MERCANCÍA	-	-	15.000 €	-	20.000 €	-	30.000 €	-
P14	NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN SIERRA NEVADA	-	-	30.000.000 €	1.500.000 €	30.000.000 €	1.500.000 €	30.000.000 €	1.500.000 €

DPROGRAMAS DE ACTUACIÓN		ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4	
		INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)	INVERSIÓN	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Anual)
LE2 – MEJORA DE LAS OPERACIONES Y EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METROPOLITANO									
P1	ZONA DE BAJAS EMISIONES	3.000.000 €	450.000 €	3.000.000 €	450.000 €	8.000.000 €	1.200.000 €	20.000.000 €	3.000.000 €
P2	ESTACIONAMIENTO REGULADO	-	-	-	-	-	-	-	-
P3.1	REESTRUCTURACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO: MEJORAR LA ACCESIBILIDAD A LOS PRINCIPALES EQUIPAMIENTOS METROPOLITANOS	-	-	1.000.000 €	150.000 €	1.000.000 €	150.000 €	1.000.000 €	150.000 €
P3.2	REESTRUCTURACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO: NECESIDADES DE LAS MUJERES	-	-	1.000.000 €	150.000 €	1.000.000 €	150.000 €	1.000.000 €	150.000 €
P3.3	REESTRUCTURACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO: MEJORAR LA FRECUENCIA Y VELOCIDADES COMERCIALES	-	-	10.000.000 €	1.500.000 €	10.000.000 €	1.500.000 €	10.000.000 €	1.500.000 €
P3.4	REESTRUCTURACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO Y MEJORA DE SU EFICIENCIA	-	-	2.010.000 €	2.010.000 €	2.010.000 €	2.010.000 €	2.010.000 €	2.010.000 €
P4	CONTROL DEL TRANSPORTE PÚBLICO E INFORMACIÓN A LA PERSONA USUARIA EN TIEMPO REAL	-	-	13.750.000 €	1.375.000 €	13.750.000 €	1.375.000 €	13.750.000 €	1.375.000 €
P5	MEDIDAS OPERATIVAS Y DE CONSERVACIÓN QUE REDUZCAN LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	-	-	200.000 €	10.000 €	800.000 €	40.000 €	1.500.000 €	75.000 €
LE3 – MEJORA DE LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METROPOLITANO									
P1	REVISIÓN DEL MARCO TARIFARIO, INTEGRACIÓN BILLETES Y MEDIOS DE PAGO	-	-	1.170.000 €	2.340.000 €	1.690.000 €	3.380.000 €	1.820.000 €	3.640.000 €
P2	MARCO LEGAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE ZONAS DE BAJAS EMISIONES A NIVEL METROPOLITANO	-	-	200.000 €	-	400.000 €	-	3.000.000 €	-
P3	MEJORA DE LA COORDINACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS ORGANISMOS A CARGO DE LA MOVILIDAD	-	-	300.000 €	-	500.000 €	-	1.550.000 €	-
P4	MEDIDAS DE APOYO A LA ADQUISICIÓN DE VEHÍCULOS DE BAJAS/CERO EMISIONES	-	-	500.000 €	-	700.000 €	-	2.500.000 €	-
P5	MEDIDAS DE FOMENTO DEL USO DE LA BICICLETA, INCLUYENDO ELÉCTRICAS Y MICRO-MOVILIDAD	-	-	200.000 €	-	400.000 €	-	2.000.000 €	-
	TOTAL	244.570.000 €	8.324.000 €	439.825.700 €	39.916.700 €	517.509.900 €	49.801.400 €	665.055.400 €	67.314.600 €

APÉNDICE 2. DEMANDA EXPANDIDA

EXPANSIÓN POBLACIONAL		Demanda anual expandida E1	Demanda anual expandida E2	Demanda anual expandida E3	Demanda anual expandida E4	
Año	Factor aumento	Transporte público (viajes)	Transporte público (viajes)	Transporte público (viajes)	Transporte público (viajes)	
2029	0	1	62.733.531	64.382.254	81.330.604	87.542.587
2030	1	1,0002710	62.750.530	64.399.700	81.352.642	87.566.309
2031	2	1,0011983	62.825.723	64.476.869	81.450.126	87.671.238
2032	3	1,0006515	62.866.652	64.518.873	81.503.187	87.728.352
2033	4	1,0004018	62.891.913	64.544.798	81.535.937	87.763.604
2034	5	1,0003816	62.915.914	64.569.430	81.567.054	87.797.097
2035	6	1,0004857	62.946.470	64.600.789	81.606.668	87.839.737
2036	7	1,0003407	62.967.913	64.622.796	81.634.468	87.869.660
2037	8	1,0004554	62.996.586	64.652.222	81.671.640	87.909.671
2038	9	1,0003561	63.019.016	64.675.242	81.700.720	87.940.973
2039	10	0,9999612	63.016.574	64.672.735	81.697.553	87.937.564
2040	11	1,0027660	63.190.877	64.851.619	81.923.528	88.180.798
2041	12	1,0005177	63.223.590	64.885.192	81.965.938	88.226.448
2042	13	1,0041984	63.489.030	65.157.609	82.310.067	88.596.861
2043	14	0,9980314	63.364.048	65.029.342	82.148.035	88.422.453
2044	15	1,0006647	63.406.164	65.072.565	82.202.636	88.481.225
2045	16	1,0003694	63.429.589	65.096.605	82.233.005	88.513.913
2046	17	0,9980617	63.306.643	64.970.428	82.073.612	88.342.346
2047	18	1,0002522	63.322.608	64.986.812	82.094.309	88.364.624
2048	19	1,0004391	63.350.415	65.015.350	82.130.360	88.403.428
2049	20	1,0007431	63.397.493	65.063.666	82.191.394	88.469.124
2050	21	1,0016519	63.502.222	65.171.147	82.327.169	88.615.270
2051	22	1,0007094	63.547.268	65.217.377	82.385.570	88.678.131
2052	23	0,9996236	63.523.349	65.192.830	82.354.560	88.644.753
2053	24	1,0038790	63.769.754	65.445.710	82.674.010	88.988.602
2054	25	0,9996609	63.748.130	65.423.517	82.645.975	88.958.426
2055	26	1,0003893	63.772.946	65.448.986	82.678.148	88.993.056
2056	27	1,0003966	63.798.237	65.474.941	82.710.936	89.028.349
2057	28	1,0004504	63.826.972	65.504.432	82.748.191	89.068.449
2058	29	1,0003390	63.848.611	65.526.640	82.776.245	89.098.645
2059	30	1,0001555	63.858.537	65.536.826	82.789.112	89.112.496
Valores promedio:	1,000593416	63.329.126	64.993.502	82.102.760	88.373.720	

Año		Diferencia anual E2-E1	Diferencia anual E3-E1	Diferencia anual E4-E1
		Transporte público (viajes)	Transporte público (viajes)	Transporte público (viajes)
2030	0	1.648.723	18.597.073	24.809.056
2031	1	1.649.170	18.602.112	24.815.779
2032	2	1.651.146	18.624.403	24.845.515
2033	3	1.652.221	18.636.536	24.861.701
2034	4	1.652.885	18.644.024	24.871.691
2035	5	1.653.516	18.651.139	24.881.183
2036	6	1.654.319	18.660.198	24.893.266
2037	7	1.654.883	18.666.554	24.901.746
2038	8	1.655.636	18.675.054	24.913.086
2039	9	1.656.226	18.681.704	24.921.956
2040	10	1.656.162	18.680.979	24.920.990
2041	11	1.660.742	18.732.651	24.989.921
2042	12	1.661.602	18.742.348	25.002.858
2043	13	1.668.578	18.821.037	25.107.831
2044	14	1.665.294	18.783.987	25.058.405
2045	15	1.666.401	18.796.472	25.075.060
2046	16	1.667.016	18.803.416	25.084.324
2047	17	1.663.785	18.766.969	25.035.703
2048	18	1.664.205	18.771.702	25.042.016
2049	19	1.664.935	18.779.945	25.053.013
2050	20	1.666.173	18.793.901	25.071.631
2051	21	1.668.925	18.824.948	25.113.048
2052	22	1.670.109	18.838.301	25.130.862
2053	23	1.669.480	18.831.211	25.121.403
2054	24	1.675.956	18.904.256	25.218.848
2055	25	1.675.388	18.897.846	25.210.296
2056	26	1.676.040	18.905.202	25.220.110
2057	27	1.676.705	18.912.700	25.230.112
2058	28	1.677.460	18.921.218	25.241.476
2059	29	1.678.029	18.927.633	25.250.034
2060	30	1.678.290	18.930.576	25.253.959
Valores promedio:		1.663.871	18.767.939	25.036.996

APÉNDICE 3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tasa actualización 3,00%

Año	Factor de crecimiento	Inversión	Costes	Usuarios			Propietarios	Contribuyentes	Externalidades						VAN ECONÓMICO	
		Escenario 2	Escenario 2	Ahorro tiempo	Ahorro monetario	Excedente	Excedente	Excedente	Accidentes	Cont. Aire	C. climático	Ruido	Congestión	Excedente	ESCENARIO 2	
2029	0	1,00000	-195.255.700	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-195.255.700,00 €
2030	1	1,00027	0	-31.592.700	-55.225.417	11.370.905	-43.854.512	1.647.523	183.058	2.971.389	434.898	777.745	339.616	3.495.817	8.019.464	-63.686.569,79 €
2031	2	1,00120	0	-31.592.700	-55.291.593	11.384.531	-43.907.062	1.649.497	183.277	2.974.950	435.419	778.677	340.023	3.500.006	8.029.074	-61.870.029,08 €
2032	3	1,00065	0	-31.592.700	-55.327.613	11.391.947	-43.935.666	1.650.571	183.397	2.976.888	435.702	779.184	340.244	3.502.286	8.034.305	-60.088.286,43 €
2033	4	1,00040	0	-31.592.700	-55.349.845	11.396.525	-43.953.320	1.651.235	183.471	2.978.084	435.877	779.498	340.381	3.503.693	8.037.533	-58.350.304,74 €
2034	5	1,00038	0	-31.592.700	-55.370.968	11.400.874	-43.970.094	1.651.865	183.541	2.979.221	436.044	779.795	340.511	3.505.030	8.040.600	-56.662.000,64 €
2035	6	1,00049	0	-31.592.700	-55.397.859	11.406.411	-43.991.449	1.652.667	183.630	2.980.668	436.255	780.174	340.676	3.506.732	8.044.505	-55.025.518,37 €
2036	7	1,00034	0	-31.592.700	-55.416.731	11.410.297	-44.006.435	1.653.230	183.692	2.981.683	436.404	780.440	340.792	3.507.927	8.047.246	-53.432.281,50 €
2037	8	1,00046	0	-31.592.700	-55.441.965	11.415.492	-44.026.473	1.653.983	183.776	2.983.041	436.603	780.795	340.947	3.509.524	8.050.910	-51.888.266,97 €
2038	9	1,00036	0	-31.592.700	-55.461.706	11.419.557	-44.042.149	1.654.572	183.841	2.984.103	436.758	781.073	341.069	3.510.774	8.053.777	-50.386.274,13 €
2039	10	0,99996	0	-31.592.700	-55.459.556	11.419.114	-44.040.442	1.654.508	183.834	2.983.987	436.741	781.043	341.056	3.510.638	8.053.464	-48.917.727,76 €
2040	11	1,00277	0	-31.592.700	-55.612.957	11.450.699	-44.162.257	1.659.084	184.343	2.992.241	437.949	783.203	341.999	3.520.348	8.075.740	-47.561.175,72 €
2041	12	1,00052	0	-31.592.700	-55.641.746	11.456.627	-44.185.119	1.659.943	184.438	2.993.790	438.176	783.608	342.176	3.522.171	8.079.921	-46.188.332,12 €
2042	13	1,00420	0	-31.592.700	-55.875.355	11.504.727	-44.370.628	1.666.912	185.212	3.006.359	440.016	786.898	343.613	3.536.958	8.113.844	-44.940.990,35 €
2043	14	0,99803	0	-31.592.700	-55.765.361	11.482.079	-44.283.282	1.663.631	184.848	3.000.441	439.150	785.349	342.936	3.529.996	8.097.871	-43.587.253,60 €
2044	15	1,00066	0	-31.592.700	-55.802.426	11.489.711	-44.312.715	1.664.736	184.971	3.002.435	439.441	785.871	343.164	3.532.342	8.103.254	-42.332.370,84 €
2045	16	1,00037	0	-31.592.700	-55.823.042	11.493.956	-44.329.086	1.665.351	185.039	3.003.544	439.604	786.162	343.291	3.533.647	8.106.247	-41.107.299,57 €
2046	17	0,99806	0	-31.592.700	-55.714.840	11.471.677	-44.243.163	1.662.123	184.680	2.997.723	438.752	784.638	342.626	3.526.797	8.090.535	-39.869.690,65 €
2047	18	1,00025	0	-31.592.700	-55.728.890	11.474.570	-44.254.320	1.662.543	184.727	2.998.479	438.862	784.836	342.712	3.527.687	8.092.575	-38.713.519,27 €
2048	19	1,00044	0	-31.592.700	-55.753.362	11.479.609	-44.273.754	1.663.273	184.808	2.999.795	439.055	785.180	342.862	3.529.236	8.096.129	-37.594.534,50 €
2049	20	1,00074	0	-31.592.700	-55.794.795	11.488.140	-44.306.655	1.664.509	184.945	3.002.025	439.381	785.764	343.117	3.531.859	8.102.146	-36.513.673,30 €
2050	21	1,00165	0	-31.592.700	-55.886.965	11.507.118	-44.379.847	1.667.258	185.251	3.006.984	440.107	787.062	343.684	3.537.693	8.115.530	-35.480.675,46 €
2051	22	1,00071	0	-31.592.700	-55.926.609	11.515.280	-44.411.329	1.668.441	185.382	3.009.117	440.419	787.620	343.928	3.540.203	8.121.287	-34.459.997,46 €
2052	23	0,99962	0	-31.592.700	-55.905.559	11.510.946	-44.394.613	1.667.813	185.313	3.007.984	440.254	787.324	343.798	3.538.870	8.118.230	-33.449.740,66 €
2053	24	1,00388	0	-31.592.700	-56.122.414	11.555.597	-44.566.817	1.674.282	186.031	3.019.652	441.961	790.378	345.132	3.552.597	8.149.720	-32.541.162,45 €
2054	25	0,99966	0	-31.592.700	-56.103.383	11.551.678	-44.551.705	1.673.715	185.968	3.018.628	441.811	790.110	345.015	3.551.393	8.146.957	-31.587.765,00 €
2055	26	1,00039	0	-31.592.700	-56.125.223	11.556.175	-44.569.048	1.674.366	186.041	3.019.803	441.983	790.417	345.149	3.552.775	8.150.128	-30.673.968,68 €
2056	27	1,00040	0	-31.592.700	-56.147.481	11.560.758	-44.586.723	1.675.030	186.114	3.021.001	442.159	790.731	345.286	3.554.184	8.153.360	-29.786.722,05 €
2057	28	1,00045	0	-31.592.700	-56.172.771	11.565.965	-44.606.806	1.675.785	186.198	3.022.361	442.358	791.087	345.442	3.555.785	8.157.033	-28.925.953,73 €
2058	29	1,00034	0	-31.592.700	-56.191.815	11.569.886	-44.621.929	1.676.353	186.261	3.023.386	442.508	791.355	345.559	3.556.990	8.159.798	-28.088.426,16 €
2059	30	1,00016	0	-31.592.700	-56.200.550	11.571.685	-44.628.865	1.676.613	186.290	3.023.856	442.577	791.478	345.612	3.557.543	8.161.067	-27.272.532,60 €
Valores totales:			-195.255.700 €	-947.781.000 €	-1.672.038.797 €	344.272.535 €	-1.327.766.262 €	49.881.410 €	5.542.379 €	89.963.615 €	13.167.226 €	23.547.494 €	10.282.416 €	105.841.501 €	242.802.251 €	-1.486.238.743,59 €

TIRe: -No hay solución

Plan de Transporte Metropolitano del Área de Granada
Anexo I: Análisis Coste-Beneficio y Multicriterio

Tasa actualización

3,00%

Año	Factor de crecimiento	Inversión Escenario 3	Costes Escenario 3	Usuarios			Propietarios	Contribuyentes	Externalidades					VAN ECONÓMICO		
				Ahorro tiempo	Ahorro monetario	Excedente	Excedente	Excedente	Accidentes	Cont. Aire	C. climático	Ruido	Congestión	Excedente	Escenario 3	
2029	0	1	-272.939.900	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	- 272.939.900,00 €
2030	1	1,0002710	0	-41.477.400	-5.379.322	11.321.748	5.942.426	18.583.411	2.064.823	7.131.968	1.039.104	1.874.439	726.254	8.468.433	19.240.198	4.226.658,39 €
2031	2	1,0011983	0	-41.477.400	-5.385.768	11.335.315	5.949.546	18.605.679	2.067.298	7.140.514	1.040.349	1.876.685	727.125	8.478.581	19.263.253	4.155.317,63 €
2032	3	1,0006515	0	-41.477.400	-5.389.277	11.342.699	5.953.422	18.617.800	2.068.644	7.145.166	1.041.027	1.877.907	727.598	8.484.104	19.275.802	4.061.645,09 €
2033	4	1,0004018	0	-41.477.400	-5.391.443	11.347.257	5.955.814	18.625.281	2.069.476	7.148.037	1.041.445	1.878.662	727.891	8.487.513	19.283.548	3.959.737,33 €
2034	5	1,0003816	0	-41.477.400	-5.393.500	11.351.588	5.958.087	18.632.389	2.070.265	7.150.765	1.041.842	1.879.379	728.169	8.490.752	19.290.907	3.859.526,48 €
2035	6	1,0004857	0	-41.477.400	-5.396.120	11.357.101	5.960.981	18.641.438	2.071.271	7.154.238	1.042.348	1.880.292	728.522	8.494.876	19.300.276	3.765.803,23 €
2036	7	1,0003407	0	-41.477.400	-5.397.958	11.360.969	5.963.012	18.647.789	2.071.977	7.156.675	1.042.703	1.880.932	728.770	8.497.770	19.306.851	3.668.853,73 €
2037	8	1,0004554	0	-41.477.400	-5.400.416	11.366.143	5.965.727	18.656.280	2.072.920	7.159.934	1.043.178	1.881.789	729.102	8.501.639	19.315.642	3.578.525,24 €
2038	9	1,0003561	0	-41.477.400	-5.402.339	11.370.190	5.967.851	18.662.923	2.073.658	7.162.483	1.043.550	1.882.459	729.362	8.504.666	19.322.520	3.486.852,24 €
2039	10	0,9999612	0	-41.477.400	-5.402.129	11.369.749	5.967.620	18.662.199	2.073.578	7.162.205	1.043.509	1.882.386	729.334	8.504.337	19.321.771	3.383.965,87 €
2040	11	1,0027660	0	-41.477.400	-5.417.071	11.401.198	5.984.126	18.713.819	2.079.313	7.182.016	1.046.396	1.887.592	731.351	8.527.860	19.375.214	3.377.371,71 €
2041	12	1,0005177	0	-41.477.400	-5.419.876	11.407.100	5.987.224	18.723.506	2.080.390	7.185.734	1.046.937	1.888.570	731.729	8.532.274	19.385.245	3.295.759,22 €
2042	13	1,0041984	0	-41.477.400	-5.442.631	11.454.992	6.012.361	18.802.116	2.089.124	7.215.903	1.051.333	1.896.499	734.802	8.568.096	19.466.632	3.331.781,47 €
2043	14	0,9980314	0	-41.477.400	-5.431.917	11.432.442	6.000.525	18.765.103	2.085.011	7.201.698	1.049.263	1.892.765	733.355	8.551.230	19.428.311	3.174.390,86 €
2044	15	1,0006647	0	-41.477.400	-5.435.527	11.440.041	6.004.514	18.777.575	2.086.397	7.206.485	1.049.961	1.894.023	733.843	8.556.913	19.441.225	3.101.676,50 €
2045	16	1,0003694	0	-41.477.400	-5.437.535	11.444.267	6.006.732	18.784.513	2.087.168	7.209.147	1.050.348	1.894.723	734.114	8.560.075	19.448.407	3.021.997,96 €
2046	17	0,9980617	0	-41.477.400	-5.426.996	11.422.085	5.995.089	18.748.102	2.083.122	7.195.173	1.048.313	1.891.051	732.691	8.543.483	19.410.710	2.879.650,65 €
2047	18	1,0002522	0	-41.477.400	-5.428.364	11.424.965	5.996.601	18.752.830	2.083.648	7.196.988	1.048.577	1.891.527	732.875	8.545.637	19.415.605	2.802.626,46 €
2048	19	1,0004391	0	-41.477.400	-5.430.748	11.429.982	5.999.234	18.761.065	2.084.563	7.200.148	1.049.037	1.892.358	733.197	8.549.390	19.424.131	2.732.578,74 €
2049	20	1,0007431	0	-41.477.400	-5.434.784	11.438.476	6.003.693	18.775.008	2.086.112	7.205.499	1.049.817	1.893.764	733.742	8.555.743	19.438.566	2.672.026,92 €
2050	21	1,0016519	0	-41.477.400	-5.443.762	11.457.372	6.013.610	18.806.023	2.089.558	7.217.402	1.051.551	1.896.893	734.954	8.569.877	19.470.677	2.635.318,18 €
2051	22	1,0007094	0	-41.477.400	-5.447.623	11.465.499	6.017.876	18.819.363	2.091.040	7.222.522	1.052.297	1.898.238	735.476	8.575.956	19.484.489	2.575.731,81 €
2052	23	0,9996236	0	-41.477.400	-5.445.573	11.461.184	6.015.611	18.812.280	2.090.253	7.219.803	1.051.901	1.897.524	735.199	8.572.728	19.477.155	2.491.858,82 €
2053	24	1,0038790	0	-41.477.400	-5.466.696	11.505.641	6.038.945	18.885.252	2.098.361	7.247.809	1.055.981	1.904.884	738.051	8.605.981	19.552.706	2.507.811,41 €
2054	25	0,9996609	0	-41.477.400	-5.464.842	11.501.740	6.036.898	18.878.848	2.097.650	7.245.351	1.055.623	1.904.238	737.800	8.603.063	19.546.076	2.427.225,32 €
2055	26	1,0003893	0	-41.477.400	-5.466.970	11.506.217	6.039.248	18.886.197	2.098.466	7.248.172	1.056.034	1.904.980	738.088	8.606.412	19.553.685	2.364.933,80 €
2056	27	1,0003966	0	-41.477.400	-5.469.138	11.510.780	6.041.643	18.893.687	2.099.299	7.251.046	1.056.453	1.905.735	738.380	8.609.825	19.561.439	2.304.368,01 €
2057	28	1,0004504	0	-41.477.400	-5.471.601	11.515.965	6.044.364	18.902.197	2.100.244	7.254.312	1.056.929	1.906.593	738.713	8.613.703	19.570.250	2.246.423,69 €
2058	29	1,0003390	0	-41.477.400	-5.473.456	11.519.869	6.046.413	18.908.605	2.100.956	7.256.771	1.057.287	1.907.240	738.963	8.616.623	19.576.885	2.187.700,40 €
2059	30	1,0001555	0	-41.477.400	-5.474.307	11.521.660	6.047.353	18.911.544	2.101.283	7.257.900	1.057.452	1.907.536	739.078	8.617.963	19.579.928	2.126.967,58 €
Valores totales:			-272.939.900 €	-1.244.322.000 €	-162.867.687 €	342.784.232 €	179.916.546 €	562.642.821 €	62.515.869 €	215.931.865€	31.460.546 €	56.751.664 €	21.988.527 €	256.395.503 €	582.528.104 €	- 180.534.815,24 €

TIRe:

-3,65%

Tasa actualización 3,00%

Año	Factor de crecimiento	Inversión	Costes	Usuarios			Propietarios	Contribuyentes	Externalidades						VAN ECONÓMICO	
		Escenario 4	Escenario 4	Ahorro tiempo	Ahorro monetario	Excedente	Excedente	Excedente	Accidentes	Cont. Aire	C. climático	Ruido	Congestión	Excedente	Escenario 4	
2029	0	1	-420.485.400	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-420.485.400,00 €
2030	1	1,0002710	0	-58.990.600	20.111.035	28.365.131	48.476.166	24.790.864	2.754.540	12.130.460	1.598.757	3.146.727	1.131.879	14.794.842	32.802.665	48.382.170,27 €
2031	2	1,0011983	0	-58.990.600	20.135.134	28.399.120	48.534.254	24.820.571	2.757.841	12.144.996	1.600.673	3.150.498	1.133.235	14.812.570	32.841.972	47.095.897,44 €
2032	3	1,0006515	0	-58.990.600	20.148.251	28.417.621	48.565.872	24.836.740	2.759.638	12.152.908	1.601.716	3.152.550	1.133.974	14.822.220	32.863.367	45.789.128,72 €
2033	4	1,0004018	0	-58.990.600	20.156.347	28.429.040	48.585.387	24.846.720	2.760.747	12.157.791	1.602.359	3.153.817	1.134.429	14.828.176	32.876.572	44.494.388,56 €
2034	5	1,0003816	0	-58.990.600	20.164.039	28.439.889	48.603.929	24.856.202	2.761.800	12.162.431	1.602.971	3.155.020	1.134.862	14.833.835	32.889.119	43.234.340,66 €
2035	6	1,0004857	0	-58.990.600	20.173.832	28.453.702	48.627.534	24.868.274	2.763.142	12.168.338	1.603.749	3.156.553	1.135.413	14.841.039	32.905.092	42.019.467,31 €
2036	7	1,0003407	0	-58.990.600	20.180.705	28.463.395	48.644.099	24.876.746	2.764.083	12.172.483	1.604.296	3.157.628	1.135.800	14.846.094	32.916.301	40.825.836,10 €
2037	8	1,0004554	0	-58.990.600	20.189.894	28.476.355	48.666.249	24.888.073	2.765.341	12.178.026	1.605.026	3.159.066	1.136.317	14.852.855	32.931.290	39.675.987,31 €
2038	9	1,0003561	0	-58.990.600	20.197.083	28.486.495	48.683.578	24.896.935	2.766.326	12.182.362	1.605.598	3.160.191	1.136.722	14.858.143	32.943.015	38.550.189,68 €
2039	10	0,9999612	0	-58.990.600	20.196.300	28.485.390	48.681.690	24.895.970	2.766.219	12.181.890	1.605.535	3.160.068	1.136.678	14.857.567	32.941.738	37.424.216,35 €
2040	11	1,0027660	0	-58.990.600	20.252.163	28.564.181	48.816.343	24.964.832	2.773.870	12.215.585	1.609.976	3.168.809	1.139.822	14.898.663	33.032.855	36.552.566,25 €
2041	12	1,0005177	0	-58.990.600	20.262.647	28.578.968	48.841.615	24.977.756	2.775.306	12.221.908	1.610.810	3.170.449	1.140.412	14.906.376	33.049.955	35.527.718,81 €
2042	13	1,0041984	0	-58.990.600	20.347.718	28.698.955	49.046.673	25.082.623	2.786.958	12.273.221	1.617.573	3.183.760	1.145.200	14.968.959	33.188.714	34.806.397,79 €
2043	14	0,9980314	0	-58.990.600	20.307.663	28.642.460	48.950.122	25.033.247	2.781.472	12.249.061	1.614.388	3.177.493	1.142.945	14.939.492	33.123.380	33.649.323,35 €
2044	15	1,0006647	0	-58.990.600	20.321.161	28.661.497	48.982.658	25.049.885	2.783.321	12.257.202	1.615.461	3.179.605	1.143.705	14.949.422	33.145.396	32.716.126,73 €
2045	16	1,0003694	0	-58.990.600	20.328.668	28.672.086	49.000.754	25.059.140	2.784.349	12.261.731	1.616.058	3.180.779	1.144.128	14.954.945	33.157.641	31.788.545,42 €
2046	17	0,9980617	0	-58.990.600	20.289.265	28.616.510	48.905.775	25.010.567	2.778.952	12.237.964	1.612.926	3.174.614	1.141.910	14.925.957	33.093.371	30.733.665,09 €
2047	18	1,0002522	0	-58.990.600	20.294.381	28.623.727	48.918.108	25.016.875	2.779.653	12.241.050	1.613.333	3.175.415	1.142.198	14.929.722	33.101.717	29.854.772,87 €
2048	19	1,0004391	0	-58.990.600	20.303.293	28.636.297	48.939.590	25.027.861	2.780.873	12.246.425	1.614.041	3.176.809	1.142.700	14.936.278	33.116.253	29.012.717,97 €
2049	20	1,0007431	0	-58.990.600	20.318.382	28.657.578	48.975.959	25.046.460	2.782.940	12.255.526	1.615.240	3.179.170	1.143.549	14.947.378	33.140.863	28.212.892,26 €
2050	21	1,0016519	0	-58.990.600	20.351.946	28.704.918	49.056.864	25.087.835	2.787.537	12.275.772	1.617.909	3.184.422	1.145.438	14.972.070	33.195.609	27.488.789,52 €
2051	22	1,0007094	0	-58.990.600	20.366.383	28.725.280	49.091.664	25.105.631	2.789.515	12.284.480	1.619.056	3.186.681	1.146.250	14.982.690	33.219.157	26.728.916,02 €
2052	23	0,9996236	0	-58.990.600	20.358.717	28.714.468	49.073.186	25.096.182	2.788.465	12.279.856	1.618.447	3.185.481	1.145.819	14.977.051	33.206.654	25.929.385,81 €
2053	24	1,0038790	0	-58.990.600	20.437.688	28.825.851	49.263.538	25.193.529	2.799.281	12.327.489	1.624.725	3.197.838	1.150.263	15.035.146	33.335.461	25.384.375,66 €
2054	25	0,9996609	0	-58.990.600	20.430.758	28.816.076	49.246.833	25.184.986	2.798.332	12.323.309	1.624.174	3.196.753	1.149.873	15.030.048	33.324.157	24.627.114,15 €
2055	26	1,0003893	0	-58.990.600	20.438.711	28.827.293	49.266.004	25.194.790	2.799.421	12.328.106	1.624.806	3.197.998	1.150.321	15.035.899	33.337.130	23.929.775,52 €
2056	27	1,0003966	0	-58.990.600	20.446.817	28.838.726	49.285.542	25.204.782	2.800.531	12.332.995	1.625.451	3.199.266	1.150.777	15.041.862	33.350.350	23.252.537,37 €
2057	28	1,0004504	0	-58.990.600	20.456.026	28.851.715	49.307.741	25.216.134	2.801.793	12.338.550	1.626.183	3.200.707	1.151.296	15.048.637	33.365.372	22.597.060,53 €
2058	29	1,0003390	0	-58.990.600	20.462.961	28.861.497	49.324.458	25.224.683	2.802.743	12.342.733	1.626.734	3.201.792	1.151.686	15.053.739	33.376.684	21.954.818,18 €
2059	30	1,0001555	0	-58.990.600	20.466.142	28.865.983	49.332.126	25.228.604	2.803.178	12.344.652	1.626.987	3.202.290	1.151.865	15.056.079	33.381.872	21.322.449,08 €
Valores totales:			-420.485.400 €	-1.769.718.000€	608.894.110 €	858.800.205 €	1.467.694.314€	750.583.497 €	83.398.166 €	367.269.298 €	48.404.958 €	95.272.246 €	34.269.465 €	447.937.751 €	993.153.720 €	573.076.170,74 €

TIRe: 11,52%

		B/C económico					
Año		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
		Beneficios	Costes	Beneficios	Costes	Beneficios	Costes
2029	0		195.255.700,00 €		272.939.900,00 €		420.485.400,00 €
2030	1	- 33.014.045,52 €	30.672.524,27 €	44.495.978,78 €	40.269.320,39 €	105.654.597,45 €	57.272.427,18 €
2031	2	- 32.090.879,30 €	29.779.149,78 €	43.251.745,19 €	39.096.427,56 €	102.700.195,67 €	55.604.298,24 €
2032	3	- 31.176.490,53 €	28.911.795,90 €	42.019.341,75 €	37.957.696,66 €	99.773.884,29 €	53.984.755,57 €
2033	4	- 30.280.599,98 €	28.069.704,76 €	40.811.870,01 €	36.852.132,68 €	96.906.772,61 €	52.412.384,05 €
2034	5	- 29.409.860,10 €	27.252.140,54 €	39.638.296,07 €	35.778.769,59 €	94.120.150,41 €	50.885.809,76 €
2035	6	- 28.567.129,49 €	26.458.388,88 €	38.502.472,74 €	34.736.669,51 €	91.423.166,10 €	49.403.698,79 €
2036	7	- 27.744.525,30 €	25.687.756,19 €	37.393.775,58 €	33.724.921,85 €	88.790.592,21 €	47.964.756,11 €
2037	8	- 26.948.697,85 €	24.939.569,12 €	36.321.167,82 €	32.742.642,58 €	86.243.711,68 €	46.567.724,38 €
2038	9	- 26.173.100,23 €	24.213.173,90 €	35.275.825,62 €	31.788.973,37 €	83.761.572,57 €	45.211.382,89 €
2039	10	- 25.409.791,93 €	23.507.935,83 €	34.247.046,82 €	30.863.080,95 €	81.318.762,85 €	43.894.546,50 €
2040	11	- 24.737.937,05 €	22.823.238,67 €	33.341.527,97 €	29.964.156,26 €	79.168.630,81 €	42.616.064,56 €
2041	12	- 24.029.847,98 €	22.158.484,14 €	32.387.173,07 €	29.091.413,84 €	76.902.538,77 €	41.374.819,96 €
2042	13	- 23.427.898,96 €	21.513.091,40 €	31.575.872,58 €	28.244.091,11 €	74.976.125,90 €	40.169.728,12 €
2043	14	- 22.700.757,10 €	20.886.496,50 €	30.595.838,54 €	27.421.447,68 €	72.649.059,38 €	38.999.736,04 €
2044	15	- 22.054.218,90 €	20.278.151,95 €	29.724.441,24 €	26.622.764,74 €	70.579.948,12 €	37.863.821,39 €
2045	16	- 21.419.773,41 €	19.687.526,16 €	28.869.342,37 €	25.847.344,40 €	68.549.537,07 €	36.760.991,64 €
2046	17	- 20.755.587,58 €	19.114.103,07 €	27.974.159,78 €	25.094.509,13 €	66.423.948,24 €	35.690.283,15 €
2047	18	- 20.156.137,65 €	18.557.381,62 €	27.166.227,56 €	24.363.601,10 €	64.505.533,21 €	34.650.760,34 €
2048	19	- 19.577.659,14 €	18.016.875,36 €	26.386.560,38 €	23.653.981,65 €	62.654.232,86 €	33.641.514,89 €
2049	20	- 19.021.561,30 €	17.492.112,00 €	25.637.057,65 €	22.965.030,73 €	60.874.557,21 €	32.661.664,94 €
2050	21	- 18.498.042,45 €	16.982.633,01 €	24.931.464,52 €	22.296.146,34 €	59.199.143,84 €	31.710.354,32 €
2051	22	- 17.972.004,25 €	16.487.993,21 €	24.222.475,83 €	21.646.744,02 €	57.515.667,78 €	30.786.751,76 €
2052	23	- 17.441.980,26 €	16.007.760,40 €	23.508.115,14 €	21.016.256,33 €	55.819.436,07 €	29.890.050,25 €
2053	24	- 16.999.647,50 €	15.541.514,95 €	22.911.943,77 €	20.404.132,36 €	54.403.841,92 €	29.019.466,27 €
2054	25	- 16.498.915,54 €	15.088.849,47 €	22.237.062,56 €	19.809.837,24 €	52.801.353,25 €	28.174.239,09 €
2055	26	- 16.024.600,26 €	14.649.368,42 €	21.597.785,49 €	19.232.851,69 €	51.283.405,70 €	27.353.630,19 €
2056	27	- 15.564.034,27 €	14.222.687,78 €	20.977.039,55 €	18.672.671,54 €	49.809.459,88 €	26.556.922,51 €
2057	28	- 15.117.518,99 €	13.808.434,74 €	20.375.231,02 €	18.128.807,32 €	48.380.480,44 €	25.783.419,92 €
2058	29	- 14.682.178,84 €	13.406.247,32 €	19.788.484,20 €	17.600.783,81 €	46.987.264,70 €	25.032.446,52 €
2059	30	- 14.256.758,50 €	13.015.774,10 €	19.215.107,20 €	17.088.139,62 €	45.625.795,22 €	24.303.346,14 €
Valores totales:		- 671.752.180,16 €	814.486.563,42 €	905.380.430,78 €	1.085.915.246,03 €	2.149.803.366,21 €	1.576.727.195,47 €
B/C:		-0,82		0,83		1,36	

APÉNDICE 4. CÁLCULO DE EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO Y CONSUMO ENERGÉTICO

ESCENARIO 1

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.829.288
Gasolina	4.373.664
Eléctrico	300.123
Total	7.503.075

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	155.610.846,88	6.648.827,09	493.130,77
Gasolina	288.661.842,48	12.639.889,77	914.769,38
Total	444.272.689,36	19.288.716,86	1.407.900,15

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITETAPA

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	71.022
Gasolina	109.790
Eléctrico	0
Total	180.812

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	3.906.211,11	166.901,75	12.378,78
Gasolina	7.246.115,04	317.292,01	22.962,94
Total	11.152.326,15	484.193,75	35.341,72

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.086.932
Gasolina	12.566
Eléctrico	0
Total	1.099.498

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	228.255.823,62	9.749.784,47	723.342,71
Gasolina	2.224.127,76	97.384,13	7.048,26
Total	230.479.951,38	9.847.168,59	730.390,97

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

	gr CO2 eq (total km)	kg CO2 eq	EC (MJ)
Vehículos Ligeros	34.814.269,96	34.814,27	162.066,43
Buses eléctricos	6.869.482,47	6.869,48	63.957,25

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km autobuses
Diesel	6.360,54
Gasolina	0,00
Eléctrico	11.812,44
Total	18.172,98

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	1.914.523,19	81.732,97	20,16
Gasolina	0,00	0,00	0,00
Total	1.914.523,19	81.732,97	20,16

ESCENARIO 2

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.750.927,96
Gasolina	4.252.530,96
Eléctrico	437.716,18
Total	7.295.269,71

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	151.301.037,85	6.464.680,71	479.472,99
Gasolina	280.667.043,66	12.289.814,49	889.433,86
Total	431.968.081,51	18.754.495,20	1.368.906,85

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITAPAS

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	69.947
Gasolina	108.128
Eléctrico	0
Total	178.075

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	3.847.094,74	164.375,87	12.191,44
Gasolina	7.136.452,75	312.490,13	22.615,42
Total	10.983.547,49	476.865,99	34.806,86

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.087.197,89
Gasolina	12.568,76
Eléctrico	0,00
Total	1.099.766,65

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	228.311.556,33	9.752.165,05	723.519,32
Gasolina	2.224.670,82	97.407,90	7.049,98
Total	230.536.227,15	9.849.572,95	730.569,30

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

	gr CO2 eq (total km)	kg CO2 eq	EC (MJ)
Vehículos Ligeros	33.850.051,47	33.850,05	236.366,74
Buses eléctricos	7.272.172,60	7.272,17	67.706,43

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km autobuses
Diesel	6.733,40
Gasolina	0,00
Eléctrico	12.504,88
Total	19.238,28

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	2.026.752,84	86.524,17	21,34
Gasolina	0,00	0,00	0,00
Total	2.026.752,84	86.524,17	21,34

ESCENARIO 3

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.529.575
Gasolina	3.910.351
Eléctrico	559.994
Total	6.999.920

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	139.126.608,61	5.944.500,55	440.892,22
Gasolina	258.083.186,26	11.300.915,28	817.865,62
Total	397.209.794,87	17.245.415,83	1.258.757,84

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITETAPA

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	68.413
Gasolina	105.756
Eléctrico	0
Total	174.169

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	3.762.696,87	160.769,78	11.923,99
Gasolina	6.979.892,68	305.634,69	22.119,28
Total	10.742.589,55	466.404,47	34.043,27

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.086.862
Gasolina	12.565
Eléctrico	0
Total	1.099.427

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	228.240.993,09	9.749.150,99	723.295,71
Gasolina	2.223.983,25	97.377,80	7.047,80
Total	230.464.976,34	9.846.528,79	730.343,51

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

	gr CO2 eq (total km)	kg CO2 eq	EC (MJ)
Vehículos Ligeros	32.479.626,83	32.479,63	302.396,53
Buses eléctricos	7.931.039,56	7.931,04	73.840,71

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km autobuses
Diesel	7.343,45
Gasolina	0,00
Eléctrico	13.637,84
Total	20.981,29

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	2.210.378,91	94.363,35	23,27
Gasolina	0,00	0,00	0,00
Total	2.210.378,91	94.363,35	23,27

ESCENARIO 4

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.373.462
Gasolina	3.669.024
Eléctrico	671.387
Total	6.713.874

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	130.540.420,62	5.577.636,15	413.682,59
Gasolina	242.155.602,19	10.603.480,16	767.391,10
Total	372.696.022,80	16.181.116,31	1.181.073,70

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITAPAS

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	30.802
Gasolina	47.615
Eléctrico	0
Total	78.417

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	1.694.105,07	72.384,49	5.368,62
Gasolina	3.142.605,42	137.608,03	9.958,92
Total	4.836.710,49	209.992,51	15.327,54

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.084.455
Gasolina	12.537
Eléctrico	0
Total	1.096.992

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	227.735.498,93	9.727.559,17	721.693,80
Gasolina	2.219.057,71	97.162,13	7.032,19
Total	229.954.556,64	9.824.721,30	728.725,99

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

	gr CO2 eq (total km)	kg CO2 eq	EC (MJ)
Vehículos Ligeros	31.152.374,68	31.152,37	362.549,19
Buses eléctricos	10.495.627,49	10.495,63	97.717,91

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km autobuses
Diesel	9.718,04
Gasolina	0,00
Eléctrico	18.047,78
Total	27.765,82

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	kg CO2 /kg of fuel
Diesel	2.925.128,98	124.876,77	30,80
Gasolina	0,00	0,00	0,00
Total	2.925.128,98	124.876,77	30,80

RESUMEN (Tn/año)

	FC (g/km)	EC (MJ/km)	EJ (TJ/AÑO)	kg CO2/ kg of fuel	tn CO2 /año
Escenario 1	687.819.490,09	29.927.835,86	8.529,43	2.197.929,61	626.409,94
Vehículos ligeros	444.272.689,36	19.288.716,86	5.497,28	1.407.900,15	401.251,54
Vehículos ligeros multietapa	11.152.326,15	484.193,75	138,00	35.341,72	10.072,39
Vehículos pesados	230.479.951,38	9.847.168,59	2.806,44	730.390,97	208.161,43
Autobuses	1.914.523,19	81.732,97	23,29	20,16	5,74
Ligeros eléctricos		162.066,43	46,19	17.407,13	4.961,03
Autobuses eléctricos		63.957,25	18,23	6.869,48	1.957,80
Escenario 2	675.514.608,99	29.471.531,48	8.399,39	2.166.964,07	617.584,76
Vehículos ligeros	431.968.081,51	18.754.495,20	5.345,03	1.368.906,85	390.138,45
Vehículos ligeros multietapa	10.983.547,49	476.865,99	135,91	34.806,86	9.919,96
Vehículos pesados	230.536.227,15	9.849.572,95	2.807,13	730.569,30	208.212,25
Autobuses	2.026.752,84	86.524,17	24,66	21,34	6,08
Ligeros eléctricos		236.366,74	67,36	25.387,54	7.235,45
Autobuses eléctricos		67.706,43	19,30	7.272,17	2.072,57
Escenario 3	657.897.730,76	28.778.750,36	8.201,94	2.118.307,16	603.717,54
Vehículos ligeros	414.479.785,95	17.995.216,52	5.128,64	1.313.486,44	374.343,64
Vehículos ligeros multietapa	10.742.589,55	466.404,47	132,93	34.043,27	9.702,33
Vehículos pesados	230.464.976,34	9.846.528,79	2.806,26	730.343,51	208.147,90
Autobuses	2.210.378,91	94.363,35	26,89	23,27	6,63
Ligeros eléctricos		302.396,53	86,18	32.479,63	9.256,69
Autobuses eléctricos		73.840,71	21,04	7.931,04	2.260,35
Escenario 4	610.412.418,91	26.800.973,99	7.638,28	1.974.594,11	562.759,32
Vehículos ligeros	372.696.022,80	16.181.116,31	4.611,62	1.181.073,70	336.606,00
Vehículos ligeros multietapa	4.836.710,49	209.992,51	59,85	15.327,54	4.368,35
Vehículos pesados	229.954.556,64	9.824.721,30	2.800,05	728.725,99	207.686,91
Autobuses	2.925.128,98	124.876,77	35,59	30,80	8,78
Ligeros eléctricos		362.549,19	103,33	38.940,47	11.098,03
Autobuses eléctricos		97.717,91	27,85	10.495,63	2.991,25

APÉNDICE 5. CÁLCULO DE EMISIONES PARA LA CALIDAD DEL AIRE

ESCENARIO 1:

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.829.288
Gasolina	4.373.664
Eléctrico	300.123
Total	7.503.075

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	138.635,12	22.634,31	1.273.179,66	11.317,15	5.375,65	51,49	1.126.056,67	4.243,93
Emisiones Gasolina (g/día)	2.711.671,85	284.288,18	266.793,52	5.685,76	53.796,07	79,60	1.740.718,38	6.123,13
Total (g/día)	2.850.306,97	306.922,48	1.539.973,18	17.002,92	59.171,72	131,09	2.866.775,06	10.367,06
Total (Tn/día)	2,85	0,31	1,54	0,02	0,06	0,00	2,87	0,01
Total (Tn/año)	812,34	87,47	438,89	4,85	16,86	0,04	817,03	2,95

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITETAPA:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	71.022
Gasolina	109.790
Eléctrico	0
Total	180.812

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	3.480,08	568,18	31.959,91	284,09	134,94	1,29	28.266,76	106,53
Emisiones Gasolina (g/día)	68.069,57	7.136,33	6.697,17	142,73	1.350,41	2,00	43.696,27	153,71
Total (g/día)	71.549,64	7.704,50	38.657,08	426,81	1.485,35	3,29	71.963,03	260,24
Total (Tn/día)	0,07	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Total (Tn/año)	20,39	2,20	11,02	0,12	0,42	0,00	20,51	0,07

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.086.932
Gasolina	12.566
Eléctrico	0
Total	1.099.498

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	114.127,91	10.869,32	458.685,51	34.781,84	9.782,39	11,52	528.249,19	1.304,32
Emisiones Gasolina (g/día)	747.658,77	65.969,89	82.933,58	75,39	23,87	0,07	25.005,73	0,00
Total (g/día)	861.786,68	76.839,22	541.619,09	34.857,23	9.806,27	11,59	553.254,92	1.304,32
Total (Tn/día)	0,86	0,08	0,54	0,03	0,01	0,00	0,55	0,00
Total (Tn/año)	245,61	21,90	154,36	9,93	2,79	0,00	157,68	0,37

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km bus
Diesel	6.361
Gasolina	0
Eléctrico	11.812
Total	18.173

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	1.418,40	1.399,32	3.797,24	254,42	57,24	0,10	1.685,54	14,63
Emisiones Gasolina (g/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (g/día)	1.418,40	1.399,32	3.797,24	254,42	57,24	0,10	1.685,54	14,63
Total (Tn/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Tn/año)	0,40	0,40	1,08	0,07	0,02	0,00	0,48	0,00

ESCENARIO 2:

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.750.928
Gasolina	4.252.531
Eléctrico	437.716
Total	7.295.270

	CO	NMVOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	134.795,47	22.007,42	1.237.917,58	11.003,71	5.226,76	50,07	1.094.869,33	4.126,39
Emisiones Gasolina (g/día)	2.636.569,20	276.414,51	259.404,39	5.528,29	52.306,13	77,40	1.692.507,32	5.953,54
Total (g/día)	2.771.364,67	298.421,94	1.497.321,97	16.532,00	57.532,89	127,46	2.787.376,65	10.079,94
Total (Tn/día)	2,77	0,30	1,50	0,02	0,06	0,00	2,79	0,01
Total (Tn/año)	789,84	85,05	426,74	4,71	16,40	0,04	794,40	2,87

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITAPA:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	69.947
Gasolina	108.128
Eléctrico	0
Total	178.075

	CO	NMVOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	3.427,41	559,58	31.476,23	279,79	132,90	1,27	27.838,98	104,92
Emisiones Gasolina (g/día)	67.039,40	7.028,32	6.595,81	140,57	1.329,98	1,97	43.034,97	151,38
Total (g/día)	70.466,82	7.587,90	38.072,04	420,36	1.462,87	3,24	70.873,95	256,30
Total (Tn/día)	0,07	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Total (Tn/año)	20,08	2,16	10,85	0,12	0,42	0,00	20,20	0,07

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.087.198
Gasolina	12.569
Eléctrico	0
Total	1.099.767

	CO	NMVOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	114.155,78	10.871,98	458.797,51	34.790,33	9.784,78	11,52	528.378,17	1.304,64
Emisiones Gasolina (g/día)	747.841,32	65.986,00	82.953,83	75,41	23,88	0,07	25.011,84	0,00
Total (g/día)	861.997,10	76.857,98	541.751,34	34.865,74	9.808,66	11,60	553.390,01	1.304,64
Total (Tn/día)	0,86	0,08	0,54	0,03	0,01	0,00	0,55	0,00
Total (Tn/año)	245,67	21,90	154,40	9,94	2,80	0,00	157,72	0,37

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km bus
Diesel	6.733
Gasolina	0
Eléctrico	12.505
Total	19.238

	CO	NMVOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	1.501,55	1.481,35	4.019,84	269,34	60,60	0,10	1.784,35	15,49
Emisiones Gasolina (g/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (g/día)	1.501,55	1.481,35	4.019,84	269,34	60,60	0,10	1.784,35	15,49
Total (Tn/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Tn/año)	0,43	0,42	1,15	0,08	0,02	0,00	0,51	0,00

ESCENARIO 3:

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.529.575
Gasolina	3.910.351
Eléctrico	559.994
Total	6.999.920

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	123.949,16	20.236,60	1.138.308,62	10.118,30	4.806,19	46,04	1.006.770,73	3.794,36
Emisiones Gasolina (g/día)	2.424.417,81	254.172,83	238.531,43	5.083,46	48.097,32	71,17	1.556.319,82	5.474,49
Total (g/día)	2.548.366,97	274.409,43	1.376.840,05	15.201,76	52.903,51	117,21	2.563.090,55	9.268,85
Total (Tn/día)	2,55	0,27	1,38	0,02	0,05	0,00	2,56	0,01
Total (Tn/año)	726,28	78,21	392,40	4,33	15,08	0,03	730,48	2,64

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITETAPA:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	68.413
Gasolina	105.756
Eléctrico	0
Total	174.169

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	3.352,22	547,30	30.785,70	273,65	129,98	1,25	27.228,24	102,62
Emisiones Gasolina (g/día)	65.568,69	6.874,14	6.451,11	137,48	1.300,80	1,92	42.090,87	148,06
Total (g/día)	68.920,91	7.421,44	37.236,81	411,13	1.430,78	3,17	69.319,11	250,68
Total (Tn/día)	0,07	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Total (Tn/año)	19,64	2,12	10,61	0,12	0,41	0,00	19,76	0,07

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.086.862
Gasolina	12.565
Eléctrico	0
Total	1.099.427

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	114.120,50	10.868,62	458.655,71	34.779,58	9.781,76	11,52	528.214,87	1.304,23
Emisiones Gasolina (g/día)	747.610,19	65.965,60	82.928,19	75,39	23,87	0,07	25.004,11	0,00
Total (g/día)	861.730,69	76.834,22	541.583,90	34.854,97	9.805,63	11,59	553.218,98	1.304,23
Total (Tn/día)	0,86	0,08	0,54	0,03	0,01	0,00	0,55	0,00
Total (Tn/año)	245,59	21,90	154,35	9,93	2,79	0,00	157,67	0,37

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km bus
Diesel	7.343
Gasolina	0
Eléctrico	13.638
Total	20.981

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	1.637,59	1.615,56	4.384,04	293,74	66,09	0,11	1.946,01	16,89
Emisiones Gasolina (g/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (g/día)	1.637,59	1.615,56	4.384,04	293,74	66,09	0,11	1.946,01	16,89
Total (Tn/día)	0,0016	0,0016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Tn/año)	0,47	0,46	1,25	0,08	0,02	0,00	0,55	0,00

ESCENARIO 4:

VEHÍCULOS LIGEROS:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	2.373.462
Gasolina	3.669.024
Eléctrico	671.387
Total	6.713.874

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	118.884,08	19.409,65	1.091.792,61	9.704,82	4.609,79	44,16	965.629,91	3.639,31
Emisiones Gasolina (g/día)	2.325.346,05	243.786,28	228.784,05	4.875,73	46.131,87	68,26	1.492.722,14	5.250,78
Total (g/día)	2.444.230,14	263.195,93	1.320.576,66	14.580,55	50.741,66	112,42	2.458.352,05	8.890,09
Total (Tn/día)	2,44	0,26	1,32	0,01	0,05	0,00	2,46	0,01
Total (Tn/año)	696,61	75,01	376,36	4,16	14,46	0,03	700,63	2,53

VEHÍCULOS LIGEROS MULTITAPA:

Carburante	Veh-km ligeros
Diesel	30.802
Gasolina	47.615
Eléctrico	0
Total	78.417

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	1.509,29	246,42	13.860,86	123,21	58,52	0,56	12.259,16	46,20
Emisiones Gasolina (g/día)	29.521,44	3.094,99	2.904,53	61,90	585,67	0,87	18.950,86	66,66
Total (g/día)	31.030,74	3.341,41	16.765,39	185,11	644,19	1,43	31.210,02	112,86
Total (Tn/día)	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Total (Tn/año)	8,84	0,95	4,78	0,05	0,18	0,00	8,89	0,03

VEHÍCULOS PESADOS:

Carburante	Veh-km pesados
Diesel	1.084.455
Gasolina	12.537
Eléctrico	0
Total	1.096.992

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	113.867,75	10.844,55	457.639,91	34.702,55	9.760,09	11,50	527.045,01	1.301,35
Emisiones Gasolina (g/día)	745.954,43	65.819,51	82.744,52	75,22	23,82	0,07	24.948,73	0,00
Total (g/día)	859.822,18	76.664,06	540.384,43	34.777,77	9.783,91	11,57	551.993,74	1.301,35
Total (Tn/día)	0,86	0,08	0,54	0,03	0,01	0,00	0,55	0,00
Total (Tn/año)	245,05	21,85	154,01	9,91	2,79	0,00	157,32	0,37

AUTOBUSES:

Carburante	Veh-km bus
Diesel	9.718
Gasolina	0
Eléctrico	18.048
Total	27.766

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Emisiones Diesel (g/día)	2.167,12	2.137,97	5.801,67	388,72	87,46	0,15	2.575,28	22,35
Emisiones Gasolina (g/día)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (g/día)	2.167,12	2.137,97	5.801,67	388,72	87,46	0,15	2.575,28	22,35
Total (Tn/día)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Tn/año)	0,62	0,61	1,65	0,11	0,02	0,00	0,73	0,01

RESUMEN (Tn/año)

	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂	PM2.5
Escenario 1	1.078,74	111,97	605,35	14,97	20,10	0,04	995,70	3,40
Tn/año ligeros	812,34	87,47	438,89	4,85	16,86	0,04	817,03	2,95
Tn/año multietapa	20,39	2,20	11,02	0,12	0,42	0,00	20,51	0,07
Tn/año pesados	245,61	21,90	154,36	9,93	2,79	0,00	157,68	0,37
Tn/año autobuses	0,40	0,40	1,08	0,07	0,02	0,00	0,48	0,00
Escenario 2	1.056,02	109,54	593,13	14,84	19,63	0,04	972,83	3,32
Tn/año ligeros	789,84	85,05	426,74	4,71	16,40	0,04	794,40	2,87
Tn/año multietapa	20,08	2,16	10,85	0,12	0,42	0,00	20,20	0,07
Tn/año pesados	245,67	21,90	154,40	9,94	2,80	0,00	157,72	0,37
Tn/año autobuses	0,43	0,42	1,15	0,08	0,02	0,00	0,51	0,00
Escenario 3	1.023,56	106,08	575,67	14,66	18,95	0,04	940,22	3,20
Tn/año ligeros	757,86	81,61	409,46	4,52	15,73	0,03	762,24	2,76
Tn/año multietapa	19,64	2,12	10,61	0,12	0,41	0,00	19,76	0,07
Tn/año pesados	245,59	21,90	154,35	9,93	2,79	0,00	157,67	0,37
Tn/año autobuses	0,47	0,46	1,25	0,08	0,02	0,00	0,55	0,00
Escenario 4	935,97	96,79	528,62	14,14	17,14	0,04	852,35	2,89
Tn/año ligeros	681,46	73,38	368,18	4,07	14,15	0,03	685,40	2,48
Tn/año multietapa	8,84	0,95	4,78	0,05	0,18	0,00	8,89	0,03
Tn/año pesados	245,05	21,85	154,01	9,91	2,79	0,00	157,32	0,37
Tn/año autobuses	0,62	0,61	1,65	0,11	0,02	0,00	0,73	0,01



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía

Consejería de Fomento,
Articulación del Territorio y Vivienda

CONSORCIO DE TRANSPORTE METROPOLITANO
DEL ÁREA DE GRANADA