Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO DE BRT ELÉCTRICO EN SANTANDER

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Trabajo realizado por:
Rubén Eraña Martínez

Dirigido:
Borja Alonso Oreña
M.ª Concepción Ortega Ortiz (Aula IDOM)

Titulación:
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

RESUMEN

Título: Evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en Santander.

Trabajo realizado por: Rubén Eraña Martínez.

Dirigido por: Borja Alonso Oreña y María Concepción Ortega Ortiz (IDOM).

Fecha: julio de 2023.

Palabras clave: BRT eléctrico, Sostenibilidad, Transporte público, Movilidad, Impacto ambiental, Huella de carbono, Viabilidad económica, Impacto social.

En la actualidad, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, lo que supone un aumento en la demanda de viajes y en el uso del vehículo privado. Sin embargo, esto ha ocasionado diversos impactos negativos como la contaminación del aire, el ruido, los accidentes de tráfico, la congestión, la pérdida de espacios urbanos, la afección a los hábitats naturales, la fragmentación urbana y el agotamiento de los recursos fósiles, entre otros.

En España, el parque automovilístico sigue en constante crecimiento mientras que la movilidad es responsable de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por tanto, es necesario promover el uso de modos de transporte alternativos al vehículo privado que reduzcan la dependencia del mismo y que fomenten la sostenibilidad.

En Santander, la movilidad urbana dentro de la ciudad y con los municipios colindantes presenta una alta demanda que genera numerosos punto críticos en la red vial existente. Además, existe una escasa oferta del transporte público poco competitiva respecto del automóvil y caracterizada por el solapamiento entre líneas, que contrasta con la demanda de mayores frecuencias y alternativas para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Por ello, con el objetivo principal de generar un efecto disuasorio de los vehículos privados en el interior del municipio y evitar la entrada de automóviles de otros municipios en la ciudad de Santander, se propone la implementación de un sistema de transporte público eficiente, como es el caso del Bus Rapid Transit (BRT) acompañado de aparcamientos disuasorios estratégicamente ubicados, lo que contribuirá a reducir la congestión, mejorar la calidad del aire, promover la accesibilidad y mejorar la calidad de vida de la población.

En concreto, el BRT es un sistema de transporte público de alta capacidad que presenta carriles reservados, autobuses eléctricos y articulados de gran capacidad, puntos de carga, validación sin contacto en las propias estaciones, priorización semafórica y una elevada velocidad comercial para ofrecer una alternativa flexible, rentable, y rápida al automóvil.

Por definición, un sistema de transporte sostenible se logra cuando es compatible tanto desde el punto de vista económico, social como ambiental. Por ello, en el presente estudio se desarrolla una metodología basada en un sistema de impactos con el objetivo de realizar la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad a través del análisis de tres alternativas de trazado propuestas entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés, atendiendo a su huella de carbono, viabilidad económica, opinión de los encuestados, etc.

De este modo, es posible valorar y considerar los criterios sostenibles desde las etapas más tempranas de un proyecto, en el que todavía se dispone de flexibilidad suficiente para el cambio y la adaptación a los nuevos objetivos del desarrollo sostenible, estos son, el respeto al medioambiente, la economía y la integración y la justicia social.

ABSTRACT

Title: Sustainability assessment of the electric BRT project in Santander.

Work carried out by: Rubén Eraña Martínez.

Directed by: Borja Alonso Oreña and María Concepción Ortega Ortiz (IDOM).

Date: July 2023.

Keywords: Electric BRT, Sustainability, Public transport, Mobility, Environmental impact, Carbon footprint, Economic viability, Social impact.

Nowadays, more than half of the world's population lives in cities, leading to an increase in travel demand and private car use. However, this has resulted in various negative impacts such as air pollution, noise, traffic accidents, congestion, loss of urban spaces, damage to natural habitats, urban fragmentation, and depletion of fossil resources, among others.

In Spain, the number of vehicles on the road continues to grow steadily, while mobility is responsible for a large part of greenhouse gas emissions. Therefore, it is necessary to promote the use of alternative modes of transportation to reduce dependence on private vehicles and foster sustainability.

In Santander, urban mobility within the city and with neighbouring municipalities presents a high demand, leading to numerous critical points in the existing road network. Moreover, there is a scarce supply of public transport which is not very competitive with the car and is characterized by overlapping between lines, which contrasts with the demand for greater frequencies and alternative options to meet user needs.

Therefore, with the main objective of generating a deterrent effect of private vehicles within the municipality and prevent the entry of cars from other municipalities in the city of Santander, it is proposed the implementation of an efficient public transport system, such as the Bus Rapid Transit (BRT) accompanied by strategically located park and ride facilities, which will help to reduce congestion, improve air quality, promote accessibility and improve the quality of life of the population.

Specifically, BRT is a high-capacity public transportation system with dedicated lanes, high-capacity electric and articulated buses, charging points, contactless validation at the stations, traffic signal priority, and high commercial speed, providing a flexible, cost-effective, and fast alternative to private vehicles.

By definition, a sustainable transportation system is achieved when it is economically, socially, and environmentally compatible. Therefore, this study develops a methodology based on impact assessment to evaluate the sustainability of the mobility project, considering three proposed route alternatives between the Sardinero Interchange and El Corte Ingles. The assessment includes carbon footprint, economic feasibility, survey respondents' opinions, among other factors.

In this way, by considering sustainable criteria from the early stages of a project, there is flexibility to adapt and align with the objectives of sustainable development, including environmental respect, economic viability, and social integration and justice.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN 1
1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 4
1.3. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA 5
2. MARCO TEÓRICO 6
2.1. CONCEPTOS CLAVE DE MOVILIDAD Y SOSTENIBILIDAD 6
2.2. INICIATIVAS Y ACUERDOS INTERNACIONALES 8
2.3. MARCOS LEGALES Y NORMATIVOS 10
2.4. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE BRT 14
2.5. DISEÑO DEL TRANSPORTE PÚBLICO 23
3. ANÁLISIS DE DEMANDA 30
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIUDAD DE SANTANDER 30
3.2. ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA 41
3.3. OPORTUNIDADES DE MEJORA 47
3.4. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS 53
3.5. CRITERIOS DE DISEÑO 55
4. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD 63
4.1. EVALUACIÓN AMBIENTAL 64
4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA 69
4.3. EVALUACIÓN SOCIAL 73
5. COMPARATIVA Y ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA 98
6. CONCLUSIONES 101
7. REFERENCIAS 105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ciudades y comunidades sostenibles. Fuente: Naciones Unidas. [1] 1
Ilustración 2. Enfoque del transporte sostenible. Fuente: Maarseveen, 2013. 2
Ilustración 3. Tráfico en la ciudad de Santander. Fuente: El Diario Montañés. [6] 3
Ilustración 4. Interdependencia-Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas. [1] 8
Ilustración 5. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas. [13] 9
Ilustración 6. Instrumentos para el desarrollo. Fuente: MITMA. [18] 10
Ilustración 7. Priorización de movilidad. Fuente: MITMA. [18] 12
Ilustración 8. Aparcamiento disuasorio propuesto. Fuente: PMS Santander. [25] 13
Ilustración 9. Sistema BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor. 14
Ilustración 10. Carril reservado en el Intercambiador del Sardinero. Fuente: Autor. 15
Ilustración 11. Anden y marquesina del BRT de Curitiba. Fuente: GoBRT. [28] 15
Ilustración 12. Anden y marquesina del BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor. 16
Ilustración 13. Puntos de carga del BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor. 16
Ilustración 14. Ejemplo de señalización. Fuente: Autor. 17
Ilustración 15. Sistema BRT de Curitiba. Fuente: Prefectura de Curitiba. [31] 20
Ilustración 16. Sistema BRT de Bogotá. Fuente: GGWash. [34] 20
Ilustración 17. Sistema BRT de Ahmedabad. Fuente: ITDP India. [36] 21
Ilustración 18. Sistema BRT de Estambul. Fuente: WRI. [37] 21
Ilustración 19. Sistema BRT de Nantes. Fuente: Global BRT Data. [40] 22
Ilustración 20. Atasco en la S-10 hacia Santander. Fuente: El Diario Montañés. [6] 23
Ilustración 21. Sección con sistema BRT. Fuente: Streetmix. [42] 24
Ilustración 22. Tipología de rutas. Fuente: Proyecto Curti. [42] 25
Ilustración 23. Criterios de diseño de las líneas. Fuente: ArchDaily. [43] 26
Ilustración 24. Parada TUS junto a la estación central. Fuente: Google Maps. [44] 27
Ilustración 25. Superposición de líneas (TUS). Fuente: TUS. [45] 28
Ilustración 26. Esquema de los modelos de simulación. Fuente: SUM+LAB. [46] 29
Ilustración 27. Localización de Santander. Fuente: PGOU de Santander. [22] 30
Ilustración 28. Ortofoto de Santander. Fuente: PGOU de Santander. [47] 31
Ilustración 29. Grabado de Santander. Siglo XVI. Fuente: Joris Hoefnagel. [48] 31
Ilustración 30. Santander actual. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49] 32
Ilustración 31. Playas del Sardinero. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49] 34
Ilustración 32. Dotaciones culturales. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 34
Ilustración 33. Espacios naturales. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 35
Ilustración 34. Equipamientos sanitarios. Fuente: Mapas Cantabria. [47] 37
Ilustración 35. Equipamientos deportivos. Fuente: Mapas Cantabria. [47] 38
Ilustración 36. Situación de Santander. Fuente: Carreteras de Cantabria. [53] 39
Ilustración 37. Estaciones de trenes y autobuses. Fuente: Google Maps. [44] 40
Ilustración 38. Puerto y aeropuerto de Santander. Fuente: Google Maps. [44] 40
Ilustración 39. Movilidad metropolitana. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 41
Ilustración 40. Tranvía eléctrico. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49] 43
Ilustración 41. Situación con MetroTUS. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49] 44
Ilustración 42. Red de transporte público (TUS). Fuente: TUS. [45] 45
Ilustración 43. Puntos críticos de la red. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 47
Ilustración 44. Extensión de las líneas TUS. Fuente: Visor GIS. [54] 48
Ilustración 45. Propuesta movilidad sostenible. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 49
Ilustración 46. Distribuidor La Marga. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49] 50
Ilustración 47. Reducción de carriles. Fuente: Google Maps. [44] 51
Ilustración 48. Ejemplo de punto de información. Fuente: Levante-EMV. 51
Ilustración 49. Accesibilidad universal. Fuente: MODII. [55] 52
Ilustración 50. Modelado de Santander mediante VISUM. Fuente: VISUM. 53
Ilustración 51. Aparcamiento disuasorio propuesto. Fuente: El Diario Montañés. [6] 55
Ilustración 52. Alternativas propuestas. Fuente: Autor. 56

Ilustración 53. Ruta de la Alternativa 1. Fuente: Autor....57
Ilustración 54. Demanda de la Alternativa 1. Fuente: VISUM. 58
Ilustración 55. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Fuente: ICASS. [52] 59
Ilustración 56. Ruta de la Alternativa 2. Fuente: Autor....59
Ilustración 57. Demanda de la Alternativa 2. Fuente: VISUM. 60
Ilustración 58. Ruta de la Alternativa 3. Fuente: Autor....61
Ilustración 59. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: VISUM. 62
Ilustración 60. Huella de carbono considerada. Fuente: Greendevelopment. [61] 66
Ilustración 61. Ruido derivado de la congestión. Fuente: El Diario Montañés. [6] 67
Ilustración 62. Plumero de la Pampa. Fuente: MITECO. [62] 68
Ilustración 63. Análisis de los datos. Fuente: Freepik. [64] 76
Ilustración 64. Recopilación de valoraciones. Fuente: Freepik. [64] 77
Ilustración 65. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: Autor....84
Ilustración 66. Afección en el reparto a negocios locales. Fuente: Autor. 97
Ilustración 67. Movilidad activa en Santander. Fuente: Autor....102
Ilustración 68. Alternativa 2. Fuente: Autor. 103
Ilustración 69. Sistema de BRT definido. Fuente: Autor....104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los sistemas BRT. Fuente: Global BRT Data. [40] 22
Tabla 2. Equipamientos educativos. Fuente: ICANE. [50] 36
Tabla 3. Equipamientos sociales. Fuente: ICANE. [50] 37
Tabla 4. Red viaria actual. Fuente: Carreteras de Cantabria. [53] 39
Tabla 5. Aparcamientos disuasorios propuestos. Fuente: Autor. 50
Tabla 6. Demanda de la Alternativa 1. Fuente: Autor. 58
Tabla 7. Demanda de la Alternativa 2. Fuente: Autor. 60
Tabla 8. Aparcamientos disuasorios propuestos. Fuente: Autor. 61
Tabla 9. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: Autor. 62
Tabla 10. Matriz de Sostenibilidad. Fuente: Autor. 63
Tabla 11. Emisiones e impactos. Fuente: Autor. 66
Tabla 12. Costes de implantación del proyecto. Fuente: Autor. 71
Tabla 13. Estimación de los costes del personal. Fuente: Autor. 72
Tabla 14. Balance de los costes de explotación. Fuente: Autor. 72
Tabla 15. Comparativa Pregunta 1 y 2. Fuente: Autor. 86
Tabla 16. Comparativa Pregunta 2 y 4. Fuente: Autor. 87
Tabla 17. Pregunta 6. Fuente: Autor. 88
Tabla 18. Comparativa Pregunta 10 y 16. Fuente: Autor. 93
Tabla 19. Acceso mejorado a servicios. Fuente: Mapas Cantabria. [47] 96
Tabla 20. Crecimiento de la vivienda y el empleo. Fuente: Mapas Cantabria. [47] 96
Tabla 21. Puntuaciones de sostenibilidad. Fuente: Aula IDOM. 99
Tabla 22. Matriz de evaluación de la sostenibilidad. Fuente: Autor. 99
Tabla 23. Matriz simplificada de evaluación de la sostenibilidad. Fuente: Autor. 100
Tabla 24. Matriz simplificada total. Fuente: Autor 100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Evolución del número de turismos en España. Fuente: ANFAC. [4] 2
Gráfica 2. Evolución de la población de Santander. Fuente: ICANE. [50] 32
Gráfica 3. Pirámide de población de Santander. Fuente: ICANE. [50] 33
Gráfica 4. Propósito del viaje. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 42
Gráfica 5. Demanda de paradas de autobús. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 46
Gráfica 6. Viajes por hora y modo. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51] 46
Gráfica 7. Resultados Pregunta 1. Fuente: Autor. 85
Gráfica 8. Resultados Pregunta 2. Fuente: Autor. 85
Gráfica 9. Resultados Pregunta 3. Fuente: Autor. 86
Gráfica 10. Resultados Pregunta 4. Fuente: Autor. 86
Gráfica 11. Resultados Pregunta 5. Fuente: Autor. 87
Gráfica 12. Resultados Pregunta 6. Fuente: Autor. 88
Gráfica 13. Resultados Pregunta 6. Fuente: Autor. 88
Gráfica 14. Resultados Pregunta 7. Fuente: Autor. 89
Gráfica 15. Resultados Pregunta 8. Fuente: Autor. 89
Gráfica 16. Resultados Pregunta 9. Fuente: Autor. 89
Gráfica 17. Resultados Pregunta 10. Fuente: Autor 90
Gráfica 18. Resultados Pregunta 11. Fuente: Autor 90
Gráfica 19. Resultados Pregunta 12. Fuente: Autor 91
Gráfica 20. Resultados Pregunta 13. Fuente: Autor 91
Gráfica 21. Resultados Pregunta 14. Fuente: Autor 92
Gráfica 22. Resultados Pregunta 15. Fuente: Autor 92
Gráfica 23. Resultados Pregunta 16. Fuente: Autor 93
Gráfica 24. Resultados Pregunta 17. Fuente: Autor 93

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se basa en la planificación y evaluación en base a la sostenibilidad de la propuesta de un BRT eléctrico en la ciudad de Santander. Para ello, a continuación se introduce el contexto del proyecto, la justificación para la implantación del sistema y los objetivos del mismo, siguiendo en todo momento una metodología lógica con una estructura acorde al estudio objeto del Trabajo Fin de Máster.

1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

Según el Objetivo 11 de la Organización de Naciones Unidas, que tiene como propósito lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, afirma que desde 2007 más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y que se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60% para 2030. [1]

Ilustración 1. Ciudades y comunidades sostenibles. Fuente: Naciones Unidas. [1]

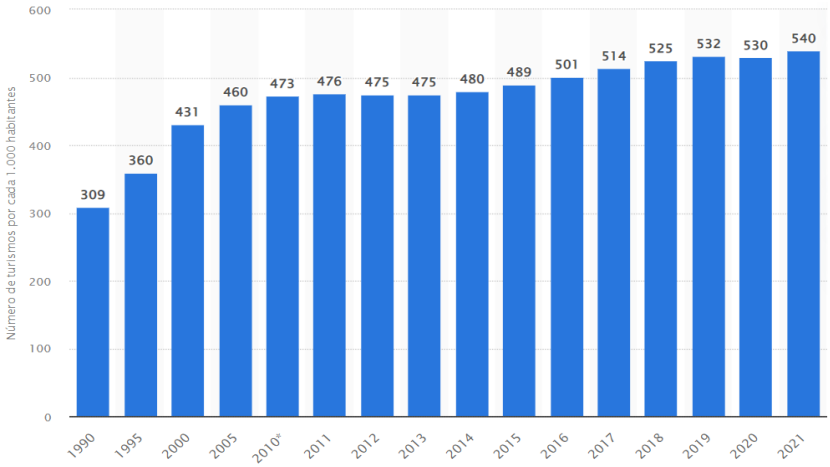
Dicho aumento supone un incremento constante en la demanda de viajes de las áreas urbanas y más concretamente en el uso del vehículo privado, lo que supone un impacto que puede verse reflejado en la contaminación a través de la calidad del aire, el ruido y las vibraciones, los accidentes de tráfico, la congestión, el consumo de recursos fósiles, el cambio climático, la fragmentación urbana, la afectación a los hábitats naturales, la intrusión visual, los residuos generados y la pérdida de espacio urbano.

En los últimos años, la movilidad en las ciudades ha presentado patrones difusos, con sendos desequilibrios entre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. De hecho, según la Comisión Europea de Medio Ambiente, más de la mitad de los europeos considera que los problemas medioambientales son una prioridad a abordar, y muchos de estos problemas se deben al uso excesivo del vehículo privado. [2]

Según datos del Ministerio de Medio Ambiente, el transporte es responsable del 27% de las emisiones totales de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en España, una cifra similar a la de otros países desarrollados europeos. Estas emisiones incluyen principalmente óxidos de nitrógeno (NO_X), dióxido de azufre (SO_2) y compuestos orgánicos volátiles (COV). [3]

Los efectos de dichas partículas el transporte es responsable del 27% de las emisiones totales de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en España.

El parque automovilístico en España ha alcanzado una tasa de motorización de 540 turismos por cada 1.000 habitantes en 2021. Además, este crecimiento se ha correlacionado con un aumento en el consumo de combustible. Por lo tanto, es necesario fomentar el uso de modos de transporte alternativos al vehículo privado que fomenten la sostenibilidad. [4]



Gráfica 1. Evolución del número de turismos en España. Fuente: ANFAC. [4]

Así, es fundamental reducir los impactos globales del transporte en el cambio climático y la calidad ambiental tanto en entornos naturales como urbanos, y mejorar la integración de los objetivos de sostenibilidad en las decisiones de políticas de transporte.

Además, el crecimiento de las áreas urbanas mencionado plantea un desafío para el transporte público, que debe adaptar su oferta a zonas de baja densidad y desarrollar nuevos servicios y modos alternativos de transporte, como el uso de bicicletas o la peatonalización, así como la implementación de restricciones al tráfico rodado.

Las claves para que el transporte público y los modos alternativos de transporte sigan siendo una alternativa fundamental al vehículo privado son la planificación urbana, el control y la gestión del tráfico, la oferta de transporte público y, en definitiva, la gestión en la demanda del transporte.

La gestión de la demanda del transporte tiene como objetivo principal maximizar la eficiencia del sistema de transporte urbano al desincentivar el uso innecesario del automóvil y promover alternativas de transporte más efectivas y sostenibles, como el transporte público y los medios no motorizados. [5]

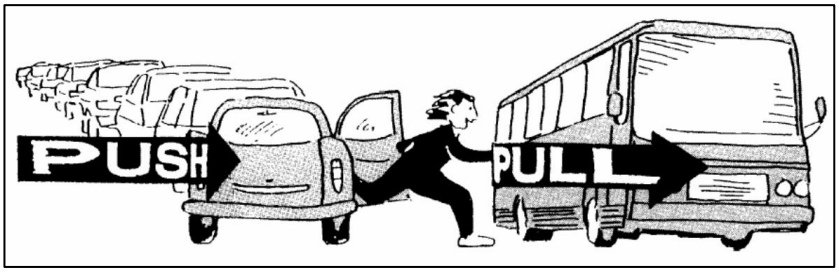


Ilustración 2. Enfoque del transporte sostenible. Fuente: Maarseveen, 2013.

Los beneficios de la planificación con la gestión de la demanda del transporte son diversos e incluyen tanto la reducción en la congestión, los costes de implantación, el mantenimiento de vías, los costes de estacionamiento, la segregación social, los costes para los usuarios, el consumo de energía y emisiones, como la mejora en las opciones de movilidad, la seguridad vial, la salud pública, la accesibilidad, el medio ambiente y el uso del suelo, entre otros.

Para lograr una exitosa gestión de la demanda en el transporte, es crucial mejorar las opciones de movilidad, implementar medidas económicas y aplicar políticas de crecimiento inteligente junto con políticas de uso del suelo. Estas estrategias tienen como objetivo promover el uso de modos de transporte más eficientes y sostenibles.

Por definición, un sistema de transporte sostenible se logra cuando es compatible tanto desde el punto de vista económico, social como ambiental. Es posible analizar cada una de estas dimensiones por separado, pero es importante tener en cuenta que las prioridades deben establecerse de manera conjunta, teniendo en cuenta metas a medio plazo.

La implementación de la gestión de la demanda de transporte en la ciudad de Santander busca abordar los desafíos específicos de movilidad que enfrenta esta área urbana. De hecho, la ciudad se enfrenta a problemas de congestión en ciertas zonas de las vías urbanas y estacionamientos, así como a un alto número de vehículos privados por hogar y a una insuficiente respuesta del transporte público a las necesidades de los habitantes.

Ilustración 3. Tráfico en la ciudad de Santander. Fuente: El Diario Montañés. [6]

Para evitar dichos impactos negativos y evadir el uso innecesario del automóvil, será necesario la implementación de diversas estrategias y medidas. En concreto, se propone la mejora de la movilidad a partir de la creación de una alternativa de transporte público junto con la implantación de aparcamientos disuasorios en puntos estratégicos de la ciudad, con el objetivo principal de generar un efecto disuasorio de los vehículos privados en el interior del municipio y evitar la entrada de automóviles de otros municipios en Santander.

Uno de los modos de transporte público que puede cumplir con el objetivo de promover una movilidad eficiente que atienda las necesidades de los usuarios en términos de accesibilidad, eficiencia energética y sostenibilidad es el sistema BRT eléctrico.

En concreto, el Bus Rapid Transit (BRT) es un sistema de transporte público de alta capacidad que utiliza una infraestructura y una flota de vehículos especialmente diseñada para ofrecer una alternativa flexible, rentable, confiable, sostenible y rápida al automóvil.

En suma, para lograr una gestión exitosa de la demanda de transporte y promover una movilidad sostenible, es necesario implementar medidas como la mejora del transporte público, la creación de aparcamientos disuasorios, la promoción del BRT eléctrico, el fomento del transporte no motorizado y la aplicación de políticas de uso del suelo adecuadas. Estas estrategias contribuirán a reducir la congestión, mejorar la calidad del aire, promover la accesibilidad y mejorar la calidad de vida de la población de Santander.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los modelos de movilidad deseables tienen como objetivo desarrollar ciudades sostenibles, habitables e inclusivas que satisfagan las necesidades y mejoren la calidad de vida de sus habitantes. A continuación, se detallan los objetivos contemplados en el presente estudio:

- **Social**. El proyecto debe tener como objetivo proporcionar un sistema de transporte inclusivo y equitativo, asegurando que todas las personas puedan tener acceso a este, independientemente de su situación o condición personal. Se busca eliminar barreras de movilidad y garantizar la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos, lo que repercutirá en la salud y el bienestar de la población.
- **Económico**. El proyecto se plantea como una alternativa de movilidad eficiente y rentable en términos económicos. Al ofrecer un sistema de transporte rápido y confiable, se promueve la eficiencia en los desplazamientos urbanos, la optimización de los recursos, la generación de empleo y se reducen los costos operativos en comparación con otros medios de transporte.
- **Ambiental**. El proyecto se alinea con la sostenibilidad ambiental al utilizar vehículos eléctricos, lo que contribuye a la reducción de emisiones de carbono y mejora la calidad del aire en la ciudad. Además, se promueve la resiliencia, el uso sostenible del suelo y de los recursos naturales, minimizando los impactos ambientales negativos.
- **Movilidad**. El proyecto se concibe como un sistema de movilidad accesible y conectado, brindando opciones de transporte público asequibles y de calidad para toda la población. Se busca mejorar la conectividad entre los barrios y facilitar la intermodalidad con otros medios de transporte, fomentando así la movilidad integrada y la accesibilidad universal.
- **Cultural**. El proyecto también considera la dimensión cultural de la movilidad urbana. Se busca preservar y promover la diversidad cultural de la ciudad, asegurando que el diseño y las características del sistema reflejen la identidad local y se integren armónicamente en el entorno urbano.
- **Uso del suelo**. En el diseño del proyecto se considera el uso eficiente del suelo y la compactación urbana. Se busca fomentar la compacidad urbana para reducir la dispersión y el consumo excesivo de suelo optimizando la distribución de las estaciones y de las infraestructuras del sistema, y promoviendo el desarrollo de áreas urbanas diversas, mixtas y de alta densidad.
- **Diseño urbano**. El proyecto se enmarca dentro de un enfoque de diseño urbano que promueva la habitabilidad, los espacios verdes, la calidad urbana y la atracción visual. Se tiene como objetivo incorporar elementos de diseño atractivos y funcionales en las estaciones, las áreas peatonales y las zonas de acceso al sistema, mejorando la experiencia de los usuarios y embelleciendo el entorno urbano.
- **Seguridad**. El proyecto tiene en cuenta la seguridad y el bienestar de los habitantes, usuarios y peatones. Se busca crear entornos urbanos seguros, con espacios públicos adecuados, iluminación adecuada y medidas de seguridad para promover la confianza y el confort durante los desplazamientos.

Al adoptar estos modelos de movilidad deseables, la ciudad de Santander puede aspirar a crear entornos urbanos más sostenibles, habitables y resilientes, que mejoren el bienestar de sus habitantes, promuevan la equidad y contribuyan a un futuro más sostenible.

1.3. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA

La metodología y estructura del presente documento, que tiene como objetivo la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander, se ha diseñado cuidadosamente para proporcionar un enfoque sistemático y comprensible.

En primer lugar, se presenta el contexto actual de la movilidad urbana y se justifica la relevancia de evaluar la sostenibilidad del proyecto, considerando los desafíos actuales en el transporte urbano. Además, se plantean los objetivos del estudio, enfocados en analizar los aspectos sociales, económicos y ambientales del mismo.

El marco teórico aborda los conceptos clave de movilidad y sostenibilidad, sentando las bases teóricas necesarias para comprender la evaluación del proyecto. También se examinan las iniciativas y acuerdos internacionales relevantes, así como los marcos legales y normativos que influyen en el desarrollo de proyectos de transporte público sostenible. Además, se realiza un análisis exhaustivo del estado del arte de los sistemas de BRT, destacando sus ventajas, inconvenientes y ejemplos exitosos en otras ciudades, así como la definición de los criterios para el diseño y dimensionamiento del transporte público.

Posteriormente, se analiza la demanda existente en la región mediante la caracterización de la ciudad de Santander, considerando diferentes aspectos como su ubicación, historia, demografía, economía, patrimonio cultural, medio ambiente, equipamientos y transporte existente. A continuación, se realiza un análisis detallado de la oferta y la demanda de transporte público, tanto a nivel del área metropolitana como del municipio de Santander, identificando patrones de movilidad y las necesidades de los usuarios. Así, se identifican las oportunidades de mejora y se proponen tres alternativas por medio de un modelo de simulación que permite evaluar su cometido.

La evaluación de la sostenibilidad se divide en tres aspectos fundamentales: ambiental, económico y social. El impacto ambiental del proyecto se evalúa a través de los riesgos ambientales, el cálculo de las emisiones de CO_2 equivalente emitidas derivadas del proyecto, el consumo de energía y la gestión de residuos, entre otros. Asimismo, se realiza una evaluación económica que abarca el análisis de los costes del ciclo de vida del proyecto junto con los riesgos y los beneficios económicos asociados al mismo. Finalmente, se evalúa el impacto social del proyecto, analizando aspectos como la accesibilidad, la equidad y el bienestar de la comunidad a través del análisis de los riesgos sociales y de la aplicación de una encuesta de preferencias reveladas y declaradas.

Consecutivamente, se realiza una comparativa de las alternativas propuestas en función de la evaluación de la sostenibilidad desarrollada en el apartado anterior y se selecciona la opción más adecuada para el proyecto de BRT eléctrico en Santander.

Finalmente, se realiza una valoración de los criterios sostenibles desde las etapas más tempranas del proyecto ya que se dispone de flexibilidad suficiente para el cambio y la adaptación a los nuevos objetivos del desarrollo sostenible, se presentan las conclusiones derivadas del estudio y se incluyen las referencias utilizadas para respaldar el trabajo.

En resumen, esta metodología y estructura proporciona un marco sólido y coherente para evaluar la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander, abarcando aspectos ambientales, económicos, sociales y técnicos, lo cual contribuye a la toma de decisiones y a la implementación de un sistema de transporte público sostenible y eficiente.

2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo tiene como objetivo establecer el marco teórico necesario para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en Santander.

En primer lugar, se abordan los conceptos clave relacionados con la movilidad y la sostenibilidad que se desarrollarán a lo largo del documento.

Posteriormente, se presentan algunas de las iniciativas y acuerdos internacionales más relevantes, así como la revisión de los marcos legales y normativos de aplicación.

Seguidamente, se presenta el estado del arte de los sistemas BRT mediante el análisis de sus principales características y beneficios, así como algunos casos de éxito en todo el mundo.

Finalmente, se define el diseño, la filosofía y la planificación que debe llevarse a cabo en el caso de una línea de transporte público colectivo.

2.1. CONCEPTOS CLAVE DE MOVILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

A continuación, se describen una serie de conceptos clave desarrollados y aplicados en los sucesivos apartados del presente documento.

- **Sostenibilidad**. Capacidad de un sistema o proceso para perdurar en el tiempo, manteniendo su funcionalidad, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer las futuras, minimizando los impactos negativos y garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado medioambiental y el bienestar social.
- **Indicadores de sostenibilidad**. Medidas cuantitativas o cualitativas utilizadas para evaluar la capacidad de un sistema o proceso en términos de sostenibilidad, y que pueden incluir aspectos ambientales, económicos y sociales.
- **Movilidad**. Conjunto de desplazamientos de personas y/o mercancías que se realizan en un entorno físico. Puede ser definida en términos de distancia, tiempo, accesibilidad, comodidad, seguridad, sostenibilidad y calidad de vida.
- **Movilidad inclusiva**. Garantía de acceso a los servicios de transporte ya la movilidad de toda la población independientemente de su edad, género, discapacidad, situación socioeconómica, lugar de residencia o cualquier característica discriminatoria.
- **Movilidad sostenible**. Conjunto de procesos y acciones destinados a obtener un uso racional de los medios de transporte que se basan en la reducción y limitación de los efectos adversos sobre el medioambiente y la salud.
- **Movilidad activa**. Tipo de movilidad realizada a pie, en bicicleta o en otros medios de transporte no motorizados, que promueve la actividad física y la salud.
- **Electromovilidad**. Uso de vehículos eléctricos, ya sean autobuses, coches, bicicletas, etc., como alternativa a los vehículos de combustión interna, con el fin de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.
- **Accesibilidad universal**. Condición a cumplir por los medios, infraestructuras y servicios de transporte con el objetivo de ser utilizados, comprendidos y practicados por todas la población, con independencia de sus circunstancias personales.

- **Intermodalidad**. Capacidad de utilizar al menos dos modos de transporte de forma integrada en el sistema, tales como el autobús y la bicicleta o el autobús y el tren.
- **Resiliencia**. Capacidad de los sistemas y personas para afrontar y superar situaciones adversas o cambios bruscos sin perder la funcionalidad o capacidades fundamentales. Es aplicable a la gestión de riesgos, al cambio climático, a la planificación urbana, etc.
- **Cambio climático**. Fenómeno por el cual los patrones climáticos están cambiando y la temperatura media de la Tierra está aumentando debido a la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono, producidos por la actividad humana.
- **Huella de carbono**. Cantidad de gases de efecto invernadero que se libera a la atmósfera como resultado de la actividad humana expresada en toneladas de dióxido de carbono emitidas. Unidad de medida o indicador ambiental utilizado con el objetivo de identificar las emisiones y reducirlas todo lo posible.
- **Evaluación de impacto ambiental**. Proceso utilizado para identificar, prever y evaluar los impactos ambientales que puede tener un proyecto o actividad, con el fin de minimizar los efectos negativos y maximizar los beneficios sociales y económicos.
- **Análisis del ciclo de vida**. Metodología utilizada para evaluar los impactos ambientales de un producto o proceso, desde su fabricación hasta su disposición final, que tiene en cuenta todas las etapas del ciclo de vida.
- **Economía circular**. Modelo de producción y consumo basado en la reducción, reutilización, reparación, recuperación y reciclaje de los materiales y recursos utilizados en los procesos productivos durante el mayor tiempo posible, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia de los recursos.
- **Gestión de residuos**. Proceso que recoge las actividades necesarias para hacerse cargo de los residuos generados por las actividades humanas, incluyendo su recogida, transporte, tratamiento y disposición final.
- **Eficiencia energética**. Optimización del uso de la energía, a través de medidas y tecnologías que permiten reducir el consumo energético y minimizar las emisiones de gases contaminantes, sin disminuir el nivel de servicios y productos.
- **Zona de bajas emisiones**. Área urbana en la que se aplican restricciones al tráfico de vehículos con altas emisiones contaminantes, con el objetivo de mejorar la calidad del aire y reducir los niveles de contaminación.
- **Gestión de Demanda del Transporte**. Políticas y medidas que influyen en la conducta de las personas para reducir o redistribuir la demanda de viajes con el fin de promover una movilidad sostenible y más eficiente.
- **Ordenación urbana**. Planificación y gestión del desarrollo de las ciudades, con el objetivo de promover la sostenibilidad, la eficiencia y la calidad de vida de las personas que viven en ellas.
- **Urbanismo regenerativo**. Filosofía de diseño y planificación urbana que busca la adaptación y transformación ecológica, económica y social a través de la creación de espacios verdes, la promoción de la biodiversidad, la inclusión social, etc.

2.2. INICIATIVAS Y ACUERDOS INTERNACIONALES

A continuación, se describen las iniciativas y acuerdos internacionales más relevantes tomados en cuenta en materia de sostenibilidad, movilidad y cambio climático.

- **Informe Brundtland**. También denominado como "Nuestro Futuro Común", fue publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, presidida por la primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland. Es la primera vez que se utiliza el término de desarrollo sostenible, definido como:

  "El desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades." [7]

  Dicho informe desarrolló la necesidad de alcanzar un equilibrio entre el crecimiento económico, la protección del medioambiente y la justicia social, destacando la interdependencia entre los tres aspectos mencionados, según de describe en la ilustración adjunta.

  Además, fue decisivo en la creación de la Cumbre de la Tierra de las Naciones Unidas en Río de Janeiro, donde se adoptó la Agenda 21.

  Por ello, es de señalar que se trata de un gran hito en la formulación de estrategias y políticas nacionales e internacionales con el objetivo de promover el desarrollo sostenible.

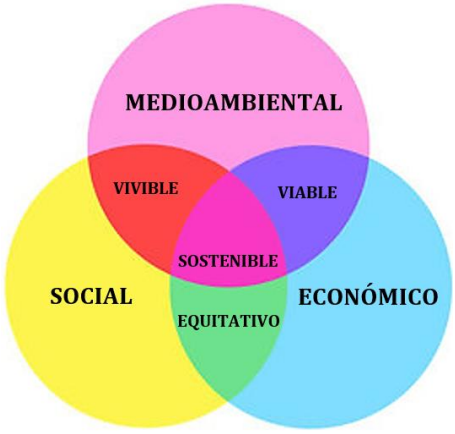


Ilustración 4. Interdependencia-Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas. [1]

- **Cumbre de Río de Janeiro**. También denominado como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, fue un evento realizado en 1992 que reunió 172 países para discutir la sostenibilidad y el futuro del planeta. [8]

  La cumbre supuso la aprobación de la Agenda 21 o Plan de Acción, esto es, un plan de gestión integral que propone medidas para el desarrollo sostenible en todo el mundo. Entre dichas medidas destaca la evaluación de la movilidad urbana sostenible.

  Además, entre otros documentos, también dio lugar a la creación del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que estableció un marco para la cooperación internacional para abordar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

- **Estrategia Territorial Europea (ETE).** También conocida como la Declaración de Potsdam (Alemania) de 1999, fue una decisión de la Unión Europea dirigida a impulsa la armonización y coordinación del desarrollo territorial en todo Europa. [9]

  Es de señalar que, entre las principales acciones propuestas, destaca el fomento de la planificación urbana sostenible y del desarrollo sostenible en todas las regiones de Europa, contemplando el carácter cultural, social y ambiental del continente.

  La ETE ha sido revisada en numerosas ocasiones desde su creación con el objetivo de adaptarse al contexto europeo y mundial. En concreto, la última actualización presentada en 2020 corresponde con la Agenda Territorial Europea 2030, con el objetivo de desarrollar una cohesión territorial más justa y verde. [10]

- **Protocolo de Kioto**. Se trata de un tratado internacional de la CMNUCC definido en 1997, aunque no que entró en vigor hasta el año 2005. Tiene como objetivo reducir las emisiones de los principales gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) y promover el crecimiento sostenible en países en vías de desarrollo. [11]

- **Acuerdo de París sobre el Cambio Climático**. En 2015 se llevó a cabo la Cumbre del Clima en París, donde se acordó sustituir el Protocolo de Kioto, con el objetivo de actualizar los objetivos en función del contexto mundial y de los resultados previos. [12]

  El acuerdo comenzó a aplicarse a partir de 2020 y conserva el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con el objetivo de reducir los efectos del cambio climático, proyectando que para el 2050 sean cero. Además, se propone limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C, en referencia a los niveles preindustriales.

- **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.** Es un plan de acción global adoptado por los estados miembros de las Naciones Unidas en 2015 y de aplicación hasta el año 2030 en el que se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas de carácter económico, social y ambiental.

Ilustración 5. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas. [13]

Entre los objetivos, el presente proyecto de movilidad puede ser evaluado en base a su contribución al ODS 7 (energía asequible y no contaminante), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (acción por el clima).

- **Agenda Urbana para la Unión Europea**. Se trata de una iniciativa definida en el Pacto de Ámsterdam en 2016 y apoyada en la Declaración de Bucarest de 2019 que tiene como objetivo promover tanto el desarrollo urbano sostenible como la movilidad eléctrica y consolidar las ciudades como seguras, inclusivas y resilientes, todo ello mediante un enfoque colaborativo y participativo. [14]

  Los temas prioritarios de la agenda son la calidad del aire, la economía circular, la adaptación al cambio climático, la transición digital y energética, la movilidad urbana y sostenible, la gestión de residuos, etc. Siendo todos ellos objeto del presente proyecto de movilidad y, por tanto, de consideración y aplicación.

2.3. MARCOS LEGALES Y NORMATIVOS

A continuación, se desarrolla la revisión llevada a cabo de los marcos legales y normativos más relevantes en el contexto nacional, autonómico y municipal, que regulan la planificación y la gestión de la movilidad urbana sostenible.

- **Normativa nacional:**
  - Ley de Cambio Climático y Transición Energética. La Ley 7/2021, de 20 de mayo, en conformidad con el Acuerdo de París, establece las medidas necesarias para actuar frente al cambio climático junto con el impulso hacia un modelo energético sostenible.

    Entre las medidas más importantes, se abordan cuestiones relativas a la movilidad sin emisiones y al transporte, en coherencia con los planes de calidad del aire.

    "3. Los municipios de más de 50.000 habitantes (…) adoptarán antes de 2023 planes de movilidad urbana sostenible que introduzcan medidas de mitigación que permitan reducir las emisiones derivadas de la movilidad incluyendo, al menos:

    a) El establecimiento de zonas de bajas emisiones antes de 2023.

    c) Medidas para la mejora y uso de la red de transporte público, incluyendo medidas de integración multimodal.

    d) Medidas para la electrificación de la red de transporte público y otros combustibles sin emisiones de gases de efecto invernadero, como el biometano." [15]

  - Anteproyecto de Ley de Movilidad Sostenible. El Anteproyecto de Ley, publicado el 13 de diciembre de 2022, no se encuentra aprobado y puede sufrir modificaciones previas a su entrada en vigor. Sin embargo, se establecen algunos objetivos para la promoción de la movilidad sostenible y segura que son interesantes contemplar. [16]

    La Ley contempla, entre otras, medidas enfocadas a la movilidad sostenible como el transporte público, la regulación de la circulación en zonas de bajas emisiones, la promoción de la intermodalidad, la movilidad inclusiva, los carriles reservados a determinados vehículos, el cálculo de la huella de carbono, etc. [17]

Ilustración 6. Instrumentos para el desarrollo. Fuente: MITMA. [18]

Es de señalar que la norma se desarrolla a partir de la Estrategia de movilidad, segura, sostenible y conectada 2030, aprobada el 10 de diciembre de 2021. Esta hoja de ruta presenta 9 ejes estratégicos, 40 líneas de actuación y más de 150 medidas. [19]

La estrategia, entre otros, contempla el fortalecimiento de alternativas al coche privado mediante la intermodalidad en entornos urbanos o soluciones de acceso a grandes ciudades, la financiación del transporte público colectivo urbano, el impulso a la gestión inteligente de infraestructuras, terminales y estaciones, etc.

Además, la norma cuenta con el apoyo del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, aprobado el 30 de abril de 2021, sufragado a través de los fondos europeos Next Generation EU. Este contempla la financiación para la recuperación económica y la transformación sostenible tras la pandemia. [20]

Es de destacar que, entre las medidas incluidas en el Plan, destaca la promoción del transporte público eléctrico y de bajo impacto ambiental, con la renovación de la flota de transporte público urbano y la mejora de la infraestructura y el equipamiento.

- **Normativa autonómica:**
  - Ley de Ordenación del Territorio y Urbanismo de Cantabria. La Ley 5/2022, de 15 de julio, se fundamenta en el principio de desarrollo sostenible, en base a la necesidad del cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030, entre otros. Uno de los principios inspiradores y fines de la ordenación territorial enunciados es el siguiente:

    "La localización de actividades y servicios en los núcleos de población de forma que sean fácilmente accesibles, integrando los usos residenciales, dotacionales, de equipamientos y de actividades, logrando una mayor cercanía a la ciudadanía fomentando el uso del transporte público, reduciendo así los costes económicos y medioambientales asociados al transporte, logrando una movilidad sostenible." [21]

    Además, entre los fines de la actuación pública, se pueden señalar los siguientes:

    "La lucha contra el cambio climático, favoreciendo la adopción de medidas de mitigación y adaptación aprovechando la ordenación del territorio y el urbanismo."

    "La accesibilidad de los servicios para toda la población y la movilidad sostenible que permitan la vertebración de todo el territorio."

    "Garantizar un desarrollo residencial diversificado, que asegure el acceso universal de las personas a los equipamientos y lugares de trabajo, cultura y ocio." [21]

    La evaluación de la sostenibilidad del presente proyecto de movilidad, por tanto, será analizado considerando aspectos relevantes contemplados en la Ley, tales como, la planificación territorial, el urbanismo, el impacto ambiental, la movilidad sostenible, el patrimonio cultural y arquitectónico, etc.

- **Normativa municipal:**
  - Plan General de Ordenación Urbana de Santander. El Plan, aprobado el 17 de abril de 1997, se encuentra aún vigente. Es de señalar que en el documento base no se hace uso de conceptos tales como la sostenibilidad o movilidad, introducidos con sus diversas modificaciones y adaptaciones puntuales posteriores. Destacar que, aunque el PGOU no se haya actualizado, se han presentado diversas propuestas. [22]

    En concreto, en el año 2012 se lleva a cabo un nuevo PGOU que terminó siendo anulado. Sin embargo, este nuevo Plan General sí que comienza a contemplar la movilidad y sostenibilidad entre sus objetivos y criterios generales:

    - *"Objetivo 3: El modelo territorial de desarrollo habrá de estar basado en principios de sostenibilidad."*
    - *"Objetivo 14: La previsión de un sistema integral de transporte en el que se favorezca el incremento de la accesibilidad y el desarrollo del transporte colectivo."* [23]

En cuanto a las actuaciones urbanísticas, el PGOU de 2012 plantea la elaboración de un Plan de Movilidad Sostenible que pueda incluir la creación de una red de metro ligero, la creación de aparcamientos disuasorios, la creación y consolidación de una red de itinerarios peatonales y carriles bici, etc. Destacar que todas estas propuestas son valoradas en el presente documento para la adecuada evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad.

También se propone fomentar el uso del transporte colectivo de viajeros a partir de:

- *"La coordinación, tanto física como tarifaria, de las redes de transporte urbano."*
- *"La creación de nodos de intercambio entre el vehículo privado y la red de transporte colectivo."*
- *"La generación de un sistema que conecte los centros de mayor generación/atracción de viajes."*
- *"La reorganización de la red de transporte urbano con el fin de aumentar las zonas accesibles, las frecuencias y los tiempos de recorrido, etc."* [23]

Además, se plantea el desarrollo de aparcamientos disuasorios gratuitos conectados con el centro de la ciudad mediante líneas rápidas de transporte colectivo que permitan disminuir el tráfico rodado, las plazas de aparcamiento de rotación, la congestión, los ruidos y las emisiones en el centro de la ciudad.

En el año 2020 se realiza una consulta pública ciudadana previa a la revisión del PGOU que incluye temas como la movilidad y la sostenibilidad, cambio climático y salud. Esta consulta vuelve a incidir en los aparcamientos disuasorios, en primar la movilidad tanto peatonal como ciclista y en impulsar el transporte público para reducir la dependencia del coche. Además, se añaden conceptos como introducir medidas para reducir la velocidad del tráfico, descentralizar la ciudad mediante la creación de barrios completos, resolver el acceso a Santander, etc. [24]

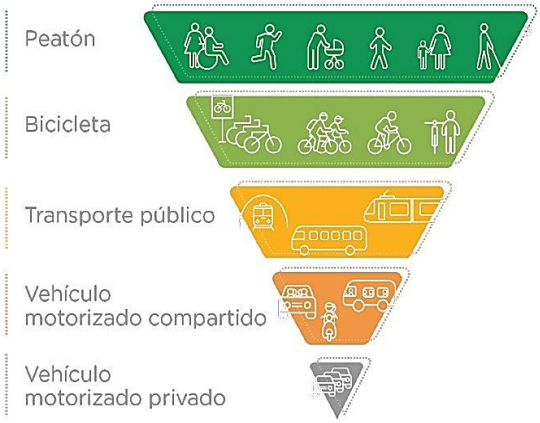


Ilustración 7. Priorización de movilidad. Fuente: MITMA. [18]

- Plan de Movilidad Sostenible de Santander. El documento estratégico que establece la planificación de las políticas de movilidad sostenible en el municipio fue redactado en 2010, revisado en 2016 y repasado por segunda vez en 2020.

  El objetivo principal del PMS es el de mejorar la movilidad en general y, en particular, disminuir la necesidad de movilidad del transporte privado y optimizar las condiciones de movilidad a pie, en bicicleta y del transporte público colectivo. [25]

  Los criterios más importantes que rigen los planes de actuación definidos en el PMS son la disminución de vehículos en el centro de Santander, el fomento del uso de transporte colectivo y la mejora del sistema de aparcamientos; facilitando el aparcamiento a los residentes y creando aparcamientos de larga duración en el exterior de la ciudad.

Por un lado, el Plan de Fomento del Transporte Colectivo plantea la ejecución de una red de metro ligero, la reorganización de la red de transporte urbano, el desarrollo de carriles Bus-Taxi, etc. Todos estos aspectos son recogidos, planteados y analizados en la posterior evaluación de las alternativas del presente documento.

Por otro lado, el Plan de Regulación del Sistema de Aparcamiento propone aparcamientos disuasorios, reservados para residentes y para la reducción de plazas sobre la vía pública. En este caso, se evalúa principalmente la disposición, tipología y características de los aparcamientos dirigidos a proporcionar el acceso a las paradas y estaciones de transporte público colectivo, estos son, los aparcamiento disuasorios.

Ilustración 8. Aparcamiento disuasorio propuesto. Fuente: PMS Santander. [25]

- Ordenanza reguladora del servicio de transporte público urbano de Santander. En octubre de 2022 se aprobó la ordenanza que tiene como objetivo regular el servicio de Transportes Urbanos de Santander, además de regular los derechos y obligaciones de los usuarios y las relaciones entre ambos. [26]

  En la misma, se indica que es el Ayuntamiento, a través del órgano competente, el encargado de reservar los carriles que considere adecuados para la circulación predominante del transporte público urbano, tal y como ya se encuentra implementado en algunas de las principales vías de la ciudad.

  Para la fase de diseño de los vehículos es imprescindible tener en cuenta que, según la orden, se deberán reservar un máximo de dos espacios para personas en silla de ruedas o cochecito de bebé en vehículos con plataforma central ampliada y un mínimo de cuatro asientos para personas con movilidad reducida.

  Además, entre las principales medidas de calidad del servicio destaca que el 100% de los autobuses deberán ser accesibles para personas de movilidad reducida, que el 85% de los usuarios deberá acceder al autobús sin esperas superiores al 25% del intervalo establecido, que más del 80% de los usuarios viajará con una ocupación inferior a 4,5 personas de pie por cada metro cuadrado, etc.

En suma, todos los marcos legales y normativos analizados en el presente apartado tienen como fundamentos principales la sostenibilidad, la protección ambiental, la accesibilidad, la movilidad, la eficiencia energética, la reducción de emisiones y la cohesión territorial, entre otros. Por ello, todos estos conceptos son considerados como condicionantes del presente trabajo para la correcta y adecuada evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad en Santander.

2.4. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE BRT

Retomando la justificación del proyecto, la ciudad de Santander necesita de una alternativa innovadora y efectiva para poder solucionar sus problemas de transporte a corto, medio y largo plazo, ya que el actual e incesante incremento de los vehículos privados supone la congestión diaria y el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero en la capital.

Para solventar dicha problemática, siguiendo las medidas tanto físicas como técnicas para la gestión de demanda del transporte y atendiendo a la sostenibilidad del proyecto, se propone la implantación del sistema BRT eléctrico. [5]

El sistema denominado bus de tránsito rápido, bus rápido, bus expreso o en inglés Bus Rapid Transit (BRT) se trata de un término extenso para sistemas de transporte público de alta capacidad que utiliza autobuses especialmente diseñados con el objetivo de proveer una alternativa al transporte privado y una calidad de servicio análoga a la del transporte público sobre raíles pero con mayor flexibilidad y menor coste.

Ilustración 9. Sistema BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor.

El estado del arte de los sistemas BRT son muy variados en función del municipio y contexto en el que se implantan. Por ello, a continuación se presentan las características principales, infraestructura, ventajas e inconvenientes y algunos de los ejemplos más relevantes de aplicaciones exitosas.

2.4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Para que un sistema BRT ideal sea definido como tal debería presentar características concretas. Sin embargo, existe una multitud de sistemas BRT alrededor del mundo que no comparten o presentan las mismas características. [27] Es por ello por lo que la definición del sistema BRT no debe limitarse al éxito acontecido en una ciudad concreta y puede cumplir parcial o completamente las siguientes características:

- Disponer de carril reservado para autobuses o carril segregado del tráfico mixto.
- Hacer uso de autobuses articulados de gran capacidad especialmente diseñados.
- Realizar la validación o pago del billete de forma previa a la entrada en el autobús.
- Localizar puntos de parada fijos con andenes o plataformas.
- Proyectar andenes o plataformas elevadas en las estaciones.
- Presentar una estructura de corredores troncales y alimentadores.
- Priorización y preferencia del sistema BRT en los cruces o intersecciones.
- Incorporar tecnologías que permita maximizar la eficiencia operativa.

Además, en cuanto a las características de la infraestructura de los sistemas BRT eléctricos, se pueden enunciar los siguientes:

- **Carril reservado**. Una de sus particularidades consiste en carriles segregados del tráfico mixto con el uso exclusivo de autobuses BRT para mejorar la fluidez, la velocidad y la seguridad de los vehículos de transporte público colectivo.

  También es posible encontrar aplicaciones tanto nacionales como internacionales en las que el carril reservado es compartido con el resto de las líneas de autobús, tranvías, bicicletas, vehículos con un número mínimo de ocupantes o de bajas emisiones, etc.

Ilustración 10. Carril reservado en el Intercambiador del Sardinero. Fuente: Autor.

  Para ello, entre las soluciones más habituales se encuentran las demarcaciones del carril mediante señalización tanto horizontal como vertical, con pintura de distinto color respecto al resto de carriles o por medio de separadores físicos entre carriles. Señalar que la última opción es la más adecuada para asegurar su funcionalidad.

- **Estaciones**. Las estaciones tienen como finalidad acoger de forma confortable y accesible a los usuarios y dotar de todos los sistemas de información y ticketing requeridos para el óptimo funcionamiento del sistema de transportes.

Ilustración 11. Anden y marquesina del BRT de Curitiba. Fuente: GoBRT. [28]

  Para facilitar la accesibilidad universal y la movilidad inclusiva, los andenes presentan bordillos con altura suficiente para que quede enrasada la cota entre el andén y el autobús. Además, es de señalar que esta solución puede ser flexible teniendo en cuenta que los autobuses también disponen del habitual sistema de arrodillamiento.

Señalar que, dependiendo del proyecto, las estaciones habitualmente se disponen cerradas completamente mediante tornos de pago y puertas automáticas que se abren justo cuando llega el autobús o abiertas con marquesinas y canceladoras.

Además, estas se pueden ubicar en ambos lados de la vía o en el separador de la misma. Es de destacar, que la opción más eficiente en términos de operación y uso del espacio es la segunda opción, bastando una estación por parada para ambos sentidos.

Ilustración 12. Anden y marquesina del BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor.

Las estaciones habitualmente presentan una estructura e iluminación propia, bancos amplios para amenizar la espera, amplios paneles de información al usuario sobre frecuencias de paso, terminales de información en parada (TIP) donde se muestra el tiempo estimado de llegada de los siguientes autobuses, bloques técnicos para la auto-venta o recarga de billetes o abonos, canceladoras para facilitar y agilizar la validación de títulos en la propia marquesina, etc.

- **Intercambiadores**. En zonas de gran demanda, inicio y fin de las líneas se crean habitualmente terminales con el objetivo de facilitar el transbordo o cambiar de un modo de transporte a otro. Algunos intercambiadores pueden contar con instalaciones adicionales, como servicios de información al usuario, zonas de descanso, espacios comerciales, etc., que mejoran la calidad y experiencia de los usuarios.
- **Puntos de carga**. Al tratarse de vehículos eléctricos, en determinadas estaciones ubicadas en la línea del BRT se disponen elementos para la recarga de las baterías eléctricas de los autobuses durante las paradas programadas.

Ilustración 13. Puntos de carga del BEI/BEA de Vitoria. Fuente: Autor.

Los puntos de carga pueden ser de varios tipos dependiendo de la tecnología que presente el vehículo. Las tres tecnologías actualmente más comunes son: las estaciones de carga de los autobuses eléctricos enchufables a través de un cable de carga rápida o lenta, las placas de inducción bajo el pavimento que permite la carga inalámbrica de forma estática o móvil y los brazos articulados a los que se conectan los pantógrafos que dispone el vehículo en la parte superior, como se muestra en la ilustración anterior.

- **Centro de control**. Desde el centro de control es posible realizar la gestión y monitoreo del sistema BRT en tiempo real. Este centro es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad que el servicio requiere a través de la supervisión y coordinación de los distintos elementos del sistema como autobuses, estaciones, semáforos, etc.
- **Semaforización**. La priorización semafórica supone equipar a los autobuses con transmisores que se comunican con los semáforos. De esta forma, el semáforo sabe que el bus se está aproximando y cambia a verde o extiende su duración permitiendo su circulación. Su implementación es útil ya que permite reducir tiempos, evitar retrasos, garantizar la seguridad, asegurar la fluidez y la puntualidad del sistema, etc.
- **Señalización**. Los autobuses del sistema BRT disponen de señalización tanto vertical como horizontal exclusiva, tales como, señales de carril exclusivo, señales de precaución, semáforos especiales, señalización de parada obligatoria en las estaciones, entre otros.

Ilustración 14. Ejemplo de señalización. Fuente: Autor.

Por todo ello, la infraestructura de sistema BRT es fundamental y debe ser diseñado y construido de manera adecuada para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad del servicio ofrecido a los usuarios.

2.4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Los sistemas BRT eléctrico presentan un gran número de ventajas relacionadas con las características presentadas previamente y, entre ellas, destacan las siguientes: [5]

- **Rapidez**. Dado que cuenta con carriles reservados, validación de los billetes en el exterior y presenta prioridad semafórica en las intersecciones, el BRT puede circular con mayor velocidad comercial que el resto de los autobuses convencionales (15 km/h de media), pudiendo alcanzar velocidades entre los 20 y 50 km/h, similares a las de los metros ligeros o tranvías, lo que supone una considerable reducción en el tiempo de viaje. De hecho, el estudio estadounidense *Mass Transit* [29] concluyó en que los sistemas BRT lograban velocidades promedio superiores a las de los metros ligeros.
- **Capacidad**. Los autobuses presentan altas capacidades, existiendo casos con más de 40.000 pasajeros por hora y sentido en vehículos articulados con capacidades de hasta 300 pasajeros, tratándose de cifras comparables a la de los aviones, metros ligeros o tranvías convencionales, lo que reduce la necesidad de utilizar varios vehículos en un mismo recorrido.

- **Eficiencia**. Teniendo en cuenta los sistemas de gestión de demanda del transporte, los autobuses del sistema BRT pueden circular de forma más eficiente, lo que supone la puntualidad y la concreción de tiempos de llegada del siguiente autobús.
- **Comodidad**. El BRT puede ofrecer mayor nivel de comodidad a los usuarios ya que tanto las estaciones como los autobuses pueden presentar asientos cómodos, aire acondicionado, tiempos de espera reducidos, etc. Además, el trazado habitual planteado reduce la incomodidad generada en las curvas o glorietas.
- **Confianza**. Al circular por carriles exclusivos, apartado de los vehículos privados y presentar prioridad de paso, es posible operar de forma confiable y puntual, lo que aporta confianza y seguridad en los usuarios. Además, durante la espera, las estaciones disponen de luz propia y cubierta, lo que aporta mayor sensación de seguridad y protección ante situaciones de clima adversas.
- **Flexibilidad**. El sistema BRT presenta la versatilidad que no puede presentar el metro ligero o tranvía, ya que permite presentar más de un trazado, ampliar la ruta existente o dar respuesta ante imprevistos, pudiendo proporcionar tanto servicios de alimentación como a los corredores urbanos de alta densidad. Además, tanto la aplicación del sistema como los cambios en el mismo se pueden realizar con mayor rapidez.
- **Accesibilidad**. El embarque se realiza en andenes o plataformas a la misma altura que el suelo del bus, por lo que el embarque es más rápido y cómodo para todos, especialmente para las personas más vulnerables. Además, la accesibilidad supone un atractivo indudable, lo que supone el incremento económico del mercado inmobiliario.
- **Sostenibilidad**. La utilización del sistema BRT supone la reducción del número de vehículos privados en las carreteras urbanas, lo que incrementa la calidad del aire de las ciudades, la limpieza, la calidad de vida de la población y la eficiencia del transporte. También supone la reducción de la contaminación acústica y ambiental, el número de accidentes y, por lo tanto, los costes sanitarios y sociales. Además, es de destacar la aptitud para cumplir y aprovechar la circularidad de los materiales así como la eficiencia de los recursos, tal y como se demuestra en apartados posteriores.
- **Económico**. La flexibilidad del sistema ofrece bajos costes de inversión y construcción en comparación con los sistemas ferroviarios. Su despliegue se realiza más rápido que cualquier otra alternativa similar y, por ello, supone menores costos y el sistema puede ampliarse y ajustarse gradualmente a la demanda.
- **Sencillez**. El proceso de validación mediante la tarjeta inteligente sin contacto sobre las canceladoras presentes en las estaciones es rápido, sencillo y seguro para los usuarios. De hecho, la validación exterior permite a los usuarios verificar su tarifa en el exterior del vehículo, lo que incrementa la confianza en el usuario, la reducción de tiempos en el embarque y la eficiente velocidad del sistema. Además, facilita los transbordos, ya que no es necesario pagar billetes adicionales o en caso de hacerlo, no tienen coste adicional.
- **Electromovilidad**. Contar con tecnologías de propulsión eléctrica supone reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero e incrementar la eficiencia energética. Además, supone el ahorro de costos en mantenimiento y combustible en comparación a los vehículos con motor de combustión interna, ya que la electromovilidad tiende a presentar precios más estables y predecibles.

- **Intermodalidad**. La integración modal permite la mejora de la eficiencia del transporte público, ya que facilita que los pasajeros se desplacen de manera más rápida y cómoda entre los distintos modos de transporte. Además, como es posible integrar los servicios de transporte público en un sistema unificado, pueden facilitar la coordinación entre los mismos, favoreciendo los transbordos y reduciendo los tiempos de espera.
- **Éxito**. La experiencia de aplicaciones previas demuestra que los sistemas BRT son beneficiosos. Algunos ejemplos de su exitosa implementación son ciudades como Bogotá, Curitiba, Manila, Beijing, Changzhou, Vitoria, Bayona, etc. Señalar que los resultados en Bogotá y Curitiba permiten demostrar cómo el BRT puede estimular el desarrollo urbano alrededor de las estaciones si se promociona su uso y se les da el apoyo necesario.

Por otro lado, el sistema BRT eléctrico presenta algún inconveniente o característica a mejorar, tal y como se define a continuación:

- **Compromiso**. Las insuficientes y recientes políticas de movilidad sostenible suponen uno de los principales inconvenientes en los sistemas BRT, ya que hasta ahora se primaba la planificación de usos del suelo orientados hacia el transporte de vehículos privados, la necesidad de uso de los mismos o la estigmatización del transporte público.
- **Hábitos**. El sistema BRT eléctrico puede requerir un cambio en la cultura y los hábitos de transporte de la población local, lo que puede ser difícil de lograr y puede llevar tiempo para lograr la adaptación al nuevo sistema.
- **Infraestructura**. Para operar adecuadamente, el sistema BRT eléctrico requiere de una infraestructura específica, que aunque es menor que la que presentan los sistemas ferroviarios, supone un costo de construcción y mantenimiento.
- **Limitaciones**. Si bien el BRT puede transportar a un gran número de pasajeros a velocidades superiores que los autobuses convencionales, la capacidad y velocidad del sistema es limitada en comparación con otros sistemas de transporte, como el metro. Además, la geometría y morfología urbana puede suponer una limitación del sistema.
- **Dependencia**. Aunque el BRT presente carriles segregados, en las intersecciones puede verse afectado por el tráfico y/o las condiciones de la vía, lo que puede afectar a su eficiencia y tiempo de viaje programado.
- **Mantenimiento**. Aunque los costes de construcción e infraestructuras de los sistemas BRT sean menores que las infraestructuras de los sistemas ferroviarios, los autobuses y los carriles presentan menor vida útil, lo que supone mayores costes de conservación.
- **Residuos**. La implantación de un BRT puede generar mayores residuos que un sistema ferroviario, como son los neumáticos, pavimento en mal estado, baterías estropeadas, etc., que suponen un condicionante en la evaluación de la sostenibilidad del sistema.
- **Rentabilidad**. En caso de presentar marquesinas y canceladoras sin vigilancia de pago o validación, pueden suceder impagos que afecten a la rentabilidad del sistema implantado, lo que motiva la contratación de revisores y/o personal de seguridad.

Por todo ello, los sistemas BRT eléctrico suponen una alternativa atractiva a los sistemas de metro ligero y tranvía en las ciudades debido a su rapidez, menores costes y tiempos de construcción, aunque su eficacia, mantenimiento y sostenibilidad dependen de una adecuada planificación y diseño, tal y como se desarrolla en el presente documento.

2.4.3. APLICACIONES EXITOSAS

Existen más de 180 ciudades en las que se ha aplicado el sistema BRT de forma exitosa. Entre ellas destacan Curitiba, Bogotá, Quito, Manila, Bangkok, Yakarta, Beijing, Guangzhou, Changzhou, Ahmedabad, Estambul, Helsinki, París, Nantes, Barcelona, Vitoria, etc. A continuación, se describen algunas de las más interesantes:

– **Curitiba (Brasil)**. La Red Integrada de Transporte entró en servicio en 1974 e incluye el primer sistema BRT implantado en el mundo. El sistema BRT presenta 74 km de carriles exclusivos para una flota de 2.160 autobuses articulados en los cinco principales ejes de la ciudad, siendo uno de los sistemas más conocidos y exitosos del mundo, ya que ha permitido reducir la congestión del tráfico y mejorar la calidad del aire de la ciudad. [30]

Ilustración 15. Sistema BRT de Curitiba. Fuente: Prefectura de Curitiba. [31]

Según la Prefectura de Curitiba, en 2019 la red transportó una media de 721.500 pasajeros al día a una velocidad media de 19 km/h, lo que supone que más del 85% de la población utiliza las 106 estaciones de la ciudad. [32]

- **Bogotá (Colombia)**. El TransMilenio de 1998 tomó como base la experiencia acumulada en Curitiba. El sistema BRT presenta una longitud de 114,4 km de carriles para una flota de más de 3.200 autobuses en las 98 líneas troncales y 105 alimentadoras, de los cuales, 655 ya son eléctricos. [33]

Ilustración 16. Sistema BRT de Bogotá. Fuente: GGWash. [34]

En 2018, la red transportó más de 49.000 pasajeros por hora y sentido, lo que supone 2,2 millones de pasajeros al día entre las 138 estaciones, con una velocidad comercial de 26 km/h y con una frecuencia media de 7 minutos, mejorando la movilidad en la ciudad y ayudando a reducir los tiempos de viaje. [33]

– **Ahmedabad (India)**. Ahmedabad Bus Rapid Transit System se inauguró en 2009 y a lo largo de los años ha logrado numerosos reconocimientos por su diseño, implementación y mantenimiento. Entre ellos, destaca el Premio de Transporte Sostenible 2010 de Ashden, el Premio de Transporte Sostenible 2011 de Transporte Limpio de Asia, y el Premio de Movilidad Sostenible 2013 de la UITP. [35]

Ilustración 17. Sistema BRT de Ahmedabad. Fuente: ITDP India. [36]

El sistema BRT presenta 89 km para una flota de 380 autobuses, de los cuales 150 son eléctricos, en las 33 líneas de la ciudad. Según el propio sistema, en 2017 la red transportó una media superior a los 130.000 pasajeros diarios a una velocidad superior a 24 km/h a lo largo de las 162 estaciones de la ciudad. Señalar que aunque los resultados obtenidos parezcan reducidos, para el contexto económico, ambiental y social de la ciudad, supone un "proyecto faro" de referencia según las Naciones Unidas. [35]

- **Estambul (Turquía)**. El sistema BRT Metrobús de 2007 fue resultado de un largo e importante proceso de reformas, inversiones y medidas para mejorar el transporte público. El sistema presenta una longitud de 52 km de carriles entre troncales alimentadores para una flota de más de 415 autobuses en las 7 líneas troncales. [37]

Ilustración 18. Sistema BRT de Estambul. Fuente: WRI. [37]

En 2015, la red transportó más de 30.000 pasajeros por hora y sentido, lo que supone más de 800.000 de pasajeros al día entre las 44 estaciones, con una velocidad comercial de 35 km/h, mejorando la movilidad en la ciudad y ayudando a reducir los tiempos de viaje y las emisiones de gases de efecto invernadero. [38]

– **Nantes (Francia)**. Nantes Metropole inauguró BusWay en 2006 para completar la arteria principal de la red de tranvías de la ciudad y con el objetivo de obtener como mínimo el mismo nivel de servicio pero a menor coste. En 2022, UITP premió el sistema de e-bus por su excelencia operativa y tecnológica. [39]

Ilustración 19. Sistema BRT de Nantes. Fuente: Global BRT Data. [40]

El sistema BRT presenta 7 km para una flota de 20 autobuses articulados eléctricos de 24,5 m de longitud con infraestructura de recarga en algunas estaciones. Según el propio sistema, en 2019 la red transportó una media superior a los 42.000 pasajeros diarios a una velocidad superior a 21 km/h a lo largo de las 15 estaciones de la ciudad. [39]

A continuación, se adjunta una tabla resumen comparativa de los ejemplos de aplicación exitosa descritos previamente.

Ciudad	Población (hab)	Pasajeros	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Estaciones
Curitiba	1.963.726 (2021)	20.500 pax/h/sentido 721.500 pax/d	74,1	19,0	106
Bogotá	7.968.065 (2023)	49.000 pax/h/sentido 2.200.000 pax/d	114,4	26,0	138
Ahmedabad	8.651.693 (2023)	1.780 pax/h/sentido 130.000 pax/d	89,0	24,0	162
Estambul	15.519.267 (2021)	30.000 pax/h/sentido 800.000 pax/d	52,0	35,0	44
Nantes	318.808 (2019)	2.000 pax/h/sentido 42.000 pax/d	6,9	21,0	15

Tabla 1. Características de los sistemas BRT. Fuente: Global BRT Data. [40]

A partir de la tabla anterior, se puede afirmar que la implantación del sistema no presenta una clara correlación de pasajeros, que es habitual una distancia entre estaciones de entre 450 y 1.200 m y que las velocidades comerciales oscilan entre los 20 y 35 km/h.

Por todo ello, es importante señalar que, para obtener los resultados óptimos descritos en los ejemplos, es necesario que presenten una frecuencia y seguridad adecuada para hacer frente a problemas como la congestión o hacinamiento. Además, deben presentar una adecuada planificación y diseño para que estas soluciones sean sostenibles.

2.5. DISEÑO DEL TRANSPORTE PÚBLICO

La planificación y gestión de los sistemas de transporte urbano es fundamental para garantizar una movilidad eficiente, sostenible y accesible en las ciudades. En la actualidad, según el Banco Mundial, más del 56% de la población mundial, aproximadamente 4.400 millones de personas, reside en áreas urbanas. Se prevé que esta tendencia se mantenga en aumento, ya que se espera que la población urbana se duplique para el año 2050, lo que significa que casi siete de cada diez personas vivirán en ciudades en ese momento. [41]

El crecimiento de la población urbana presenta desafíos importantes en la planificación y gestión de los sistemas de transporte. Uno de los principales objetivos es llevar a cabo la correcta gestión del tráfico rodado, especialmente de vehículos privados, ya que suponen el mayor consumo de espacio público, generan las congestiones en la movilidad y emiten las mayores emisiones contaminantes en las ciudades.

Ilustración 20. Atasco en la S-10 hacia Santander. Fuente: El Diario Montañés. [6]

Por ello, es esencial adoptar enfoques integrales y sostenibles que promuevan el transporte público, para garantizar ciudades habitables y sostenibles. De hecho, las Autoridades Públicas, responsables de la planificación, regulación, supervisión y sanción de los servicios de transporte público en entornos urbanos, desempeñan un papel fundamental en la gestión de la movilidad. Estas entidades gubernamentales tienen la responsabilidad de coordinar y garantizar el funcionamiento adecuado de los servicios de transporte público, así como de promover medidas que fomenten una movilidad eficiente.

Los automóviles ocupan cada vez más espacio en las áreas urbanas. Como perspectiva comparativa, si se necesita transportar a 50.000 personas por hora y sentido, se requerirían aproximadamente 175 metros de ancho vial, 35 metros para los autobuses convencionales y solo 9 metros para una línea de metro o ferrocarril.

Asimismo, el estacionamiento de los automóviles es otro factor que contribuye a la ocupación del espacio público en las ciudades. Los espacios destinados al estacionamiento de vehículos ocupan una porción significativa del espacio urbano, lo que supone un impacto en la disponibilidad de áreas para peatones, áreas verdes, infraestructuras de transporte público y otros usos urbanos más deseables.

El sistema Bus Rapid Transit es una de las soluciones que permiten fomentar una movilidad sostenible en las ciudades, ya que ofrece un servicio con capacidad similar o superior a los modos tranviarios con unos costes de implementación considerablemente más bajos. El BRT eléctrico supone la integración de una serie de medidas de protección y priorización del autobús encaminadas a la consecución de un servicio más regular, rápido, limpio y confortable que lo configuren como un sistema competitivo.

Señalar que, aunque la implantación de un sistema BRT supone la ocupación de una plataforma exclusiva, no requiere necesariamente la construcción de un nuevo trazado, ya que puede aprovechar la infraestructura existente. Además, la alta capacidad del sistema y el uso de carriles exclusivos permite mejorar el tráfico en la ciudad de Santander, reducir el número de carriles destinados a vehículos privados y disminuir la necesidad de disponer de amplias áreas de estacionamiento en las calles de la ciudad.

Además, la disposición de aparcamientos disuasorios en lugares estratégicos puede complementar la implementación del sistema de BRT. Estos aparcamientos, ubicados en las entradas de la ciudad y conectados con el centro a través del transporte público, fomentan el uso combinado de vehículos privados y transporte público. Esto puede reducir la necesidad de estacionamiento en las calles del centro de Santander y contribuir a mejorar la fluidez del tráfico, alentando a los conductores a dejar sus vehículos en los aparcamientos disuasorios y utilizar el transporte público para sus desplazamientos internos en la ciudad.

Según se ha desarrollado en el apartado anterior y para el correcto dimensionamiento de la línea es fundamental atender a sus componentes clave que, en resumen, son vehículos de alta capacidad articulados o biarticulados que circulan mediante neumáticos sobre una plataforma reservada, que presentan paradas más espaciadas y de alta capacidad con múltiples dársenas y canceladoras, accesibilidad a nivel a través de los andenes, información en tiempo real, prioridad en intersecciones y elevada frecuencia de paso.

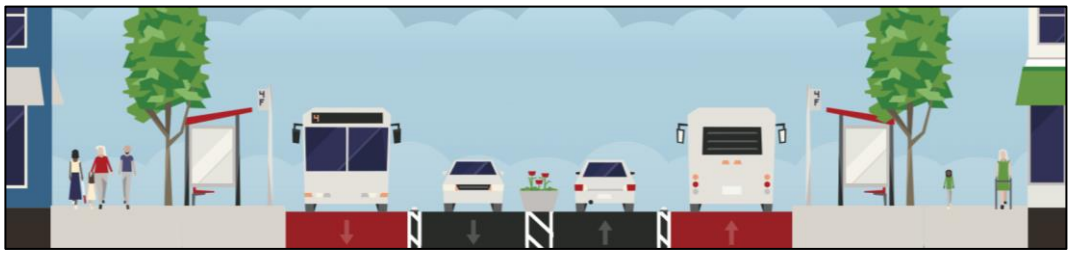


Ilustración 21. Sección con sistema BRT. Fuente: Streetmix. [42]

Para llevar a cabo una planificación adecuada del sistema BRT, es fundamental realizar un análisis de la tipología de las rutas de transporte público existentes, los criterios para la determinación del recorrido de las líneas para obtener la mayor eficiencia posible y la aplicación de los métodos más comunes para su análisis.

En primer lugar, señalar que las redes de transporte público colectivo destacan respecto del resto de modos de transporte masivos debido a que presenta una mayor flexibilidad y no requiere de una infraestructura tan costosa. Estas se pueden clasificar en diferentes formas principales, entre las cuales se destacan las siguientes:

- **Radiales**. Este tipo de red se caracteriza por tener líneas principales que se extienden desde el centro de la ciudad hacia los suburbios y áreas periféricas. Estas líneas suelen seguir una ruta en forma de radios, conectando el centro con diferentes puntos externos. Las líneas radiales son comunes en ciudades con un fuerte enfoque en el centro y una distribución urbana dispersa en las áreas circundantes.
- **Ortogonales o cuadrícula**. En este tipo de red, las líneas de autobús se organizan en una estructura de cuadrícula, donde las rutas principales siguen ejes perpendiculares. Este enfoque facilita los desplazamientos en direcciones este-oeste y norte-sur, creando una red de conexiones interconectadas. Las redes ortogonales son comunes en ciudades con una estructura urbana ordenada y calles en forma de cuadrícula.

- **Mixtas**. Algunas ciudades utilizan una combinación de líneas radiales y ortogonales para diseñar su red de autobuses. Esta combinación permite una mayor cobertura de las áreas periféricas y una mejor conectividad tanto hacia el centro como entre los diferentes barrios y distritos. Las redes mixtas se adaptan a las necesidades específicas de cada ciudad, considerando su estructura urbana, patrones de viaje y demanda de transporte.

En el caso de las rutas o líneas del transporte público colectivo también se pueden clasificar en diferentes formas principales, entre las cuales se destacan las siguientes:

- **Rutas radiales**. Las rutas radiales son aquellas que se extienden desde el centro de la ciudad hacia las áreas periféricas en forma de radios. Estas rutas tienen como objetivo principal conectar el centro urbano con los suburbios y otras zonas externas de la ciudad.
- **Rutas diametrales**. Estas rutas se extienden de un extremo a otro de la ciudad, conectando áreas periféricas o satélites con el centro urbano. Su trayectoria cruza la ciudad de manera transversal, atravesando diferentes zonas y barrios. Las rutas diametrales son útiles para facilitar los desplazamientos directos entre extremos de la ciudad, evitando la necesidad de realizar transbordos en el centro.
- **Rutas tangenciales**. Estas rutas siguen una trayectoria paralela a los límites de la ciudad o a las principales vías de circunvalación. Conectan diferentes áreas periféricas o barrios en el mismo nivel o en niveles adyacentes, permitiendo desplazamientos laterales entre ellos sin tener que pasar por el centro. Las rutas tangenciales son particularmente útiles para aliviar la congestión en el centro y mejorar la conectividad entre áreas suburbanas.
- **Rutas con lazo en un extremo**. Estas rutas tienen un trazado que forma un lazo o bucle en uno de sus extremos, permitiendo a los pasajeros realizar recorridos circulares. Estas rutas son comunes en áreas turísticas, parques industriales o zonas de interés particular donde los usuarios pueden querer realizar un recorrido completo y regresar al punto de partida sin necesidad de cambiar de autobús.
- **Rutas circulares**. Estas rutas siguen una trayectoria cerrada en forma de anillo, recorriendo una determinada área o barrio en un sentido circular. Las rutas circulares son útiles para brindar servicios de transporte público dentro de un área específica sin necesidad de tener paradas finales o de retorno. Son comunes en áreas residenciales, centros comerciales u otras zonas con alta concentración de demanda.

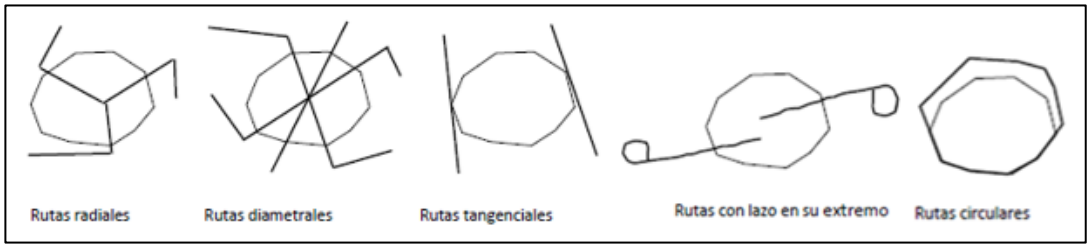


Ilustración 22. Tipología de rutas. Fuente: Proyecto Curti. [42]

Las rutas también pueden clasificarse según la continuidad horaria, a parte de las operaciones en horario habitual, destacan dos opciones alternativas:

- **Servicio continuo**. Son aquellas que funcionan durante todo el día, sin interrupción, ofreciendo servicios de transporte público las 24 horas. Son especialmente importantes en áreas urbanas que tienen una demanda constante de transporte público, como centros urbanos densificados, aeropuertos o áreas con actividades nocturnas.

- **Servicio a horario/día**. Presentan horarios de funcionamiento limitados y específicos. Estas rutas suelen operar en momentos de alta demanda, como las horas pico de la mañana y la tarde, cuando la mayoría de las personas están viajando hacia o desde el trabajo o la escuela. También pueden adaptarse a eventos o actividades específicas que requieren un servicio de transporte público temporal.

Asimismo, es de destacar que existen varios criterios que influyen en el diseño de las líneas:

- **Demanda de transporte**. Es importante tener en cuenta la demanda de transporte en un área determinada al diseñar las líneas. Esto implica analizar el número de pasajeros, los patrones de viaje y las necesidades de movilidad de la población para determinar la frecuencia y capacidad requerida en cada línea.
- **Cobertura**. El diseño de las líneas debe asegurar una cobertura adecuada de las zonas residenciales, comerciales e industriales, así como de los puntos de interés y las áreas de actividad económica, asegurando la existencia de una parada de autobús a menos de 300 metros de la población objetivo.
- **Accesibilidad**. La red de transporte público debe ser accesible para todos los ciudadanos, y los tiempos de viaje en transporte público deben ser compatibles con los tiempos de desplazamiento en vehículo privado. Por lo que se debe garantizar la accesibilidad para personas con movilidad reducida, considerando la ubicación de paradas, la conexión con otros modos de transporte y

Ilustración 23. Criterios de diseño de las líneas. Fuente: ArchDaily. [43]

- **Integración con otros modos de transporte**. Es esencial considerar la integración del transporte público con otros modos de transporte, como trenes, tranvías, bicicletas y peatones. Esto implica identificar las zonas intermodales de transbordo y facilitar la transferencia fluida entre los diferentes medios de transporte.

  Además, La red de transporte público debe estar integrada en la red viaria principal y, en la medida de lo posible, debe circular de manera separada al tráfico de vehículos privados para minimizar las fricciones entre ambos.

- **Continuidad, homogeneidad y morfología reticular**. Los ejes de la red de autobuses dispuesta deben ser continuos y estar distribuidos de forma uniforme en el territorio, creando una red homogénea y lo más reticular posible para obtener la máxima eficiencia.

- **Isotropía**. La topología de la red de autobuses debe permitir que el territorio sea igual y refuerce la descentralización de los tejidos urbanos, proporcionando una distribución equitativa de servicios de transporte.
- **Simplificación de las paradas**. Las paradas de autobús deben priorizar las conexiones con estaciones de transporte intermodal y líneas ferroviarias, facilitando los trasbordos entre diferentes modos de transporte.

Ilustración 24. Parada TUS junto a la estación central. Fuente: Google Maps. [44]

- **Conexidad**. La red debe extenderse por todo el territorio para asegurar una máxima conectividad, con una planificación cuidadosa de las correspondencias entre los distintos modos de transporte para facilitar los trasbordos.
- **Conectividad**. La red diseñada debe ser conectiva, permitiendo a los usuarios realizar el mayor número posible de intercambios dentro del sistema de transporte público.
- **Eficiencia operativa**. El diseño de las líneas debe tener en cuenta la eficiencia operativa del sistema, minimizando los tiempos de viaje y maximizando la capacidad de transporte. Esto implica optimizar la distribución de las paradas, los recorridos y las frecuencias.
- **Costos de implementación y explotación**. Los aspectos económicos también influyen en el diseño de las líneas. Se deben considerar los costos de infraestructura, flota de vehículos, mantenimiento y operación del sistema para asegurar una viabilidad financiera a largo plazo.
- **Consideraciones urbanísticas y medioambientales**. El diseño de las líneas debe tener en cuenta las características urbanísticas y medioambientales de la ciudad, como la densidad poblacional, la estructura vial, la preservación del patrimonio histórico y cultural, así como la reducción de emisiones contaminantes.

Atendiendo a los criterios anteriores, la determinación del recorrido de autobuses puede estar condicionada por los siguientes elementos:

- **Objetivo principal**. El objetivo principal al determinar el recorrido de los autobuses es proporcionar el mejor servicio posible a las áreas atendidas, buscando la eficiencia y minimizando los costes operativos.
- **Demanda mínima**. Se busca asegurar que exista una demanda suficiente de pasajeros en el área que se pretende atender con la ruta del autobús. Esto garantiza que el servicio sea utilizado de manera eficiente y evita recorridos con baja demanda que podrían resultar poco rentables.

- **Evitar desviaciones**. Se trata de evitar desviaciones innecesarias en el recorrido que puedan aumentar los tiempos de viaje y generar ineficiencias en el servicio. En caso de no poder evitar dichas desviaciones es recomendable cumplir con lo siguiente:
  - El tiempo máximo de recorrido no debe superar los 30 minutos, incluyendo el tiempo de espera en la parada o estación.
  - La longitud de desviación no debe suponer más del 30% respecto de no realizarla.
  - El tiempo medio de recorrido por pasajero no debe ser superior al 25% respecto del trayecto que no presente dicha desviación.
  - El número de desviaciones máximo es de dos en una misma línea de transporte.
  - Se recomienda que la desviación se encuentre en los extremos de la ruta.
- **Evitar superposiciones**. Se procura evitar que varias rutas de autobús cubran el mismo tramo de forma redundante. Esto puede resultar en un uso ineficiente de los recursos y generar confusiones para los pasajeros. Se busca optimizar la cobertura de las áreas sin generar solapamientos innecesarios.

  La superposición es salvable siempre que los intervalos entre la llegada de las distintas líneas superen los 3 minutos en la hora punta y los 7 minutos en las horas valle. Además, la ocupación media debe ser mayor al 60% y la longitud de superposición no debe ser superior al 50% de la longitud total de las líneas.

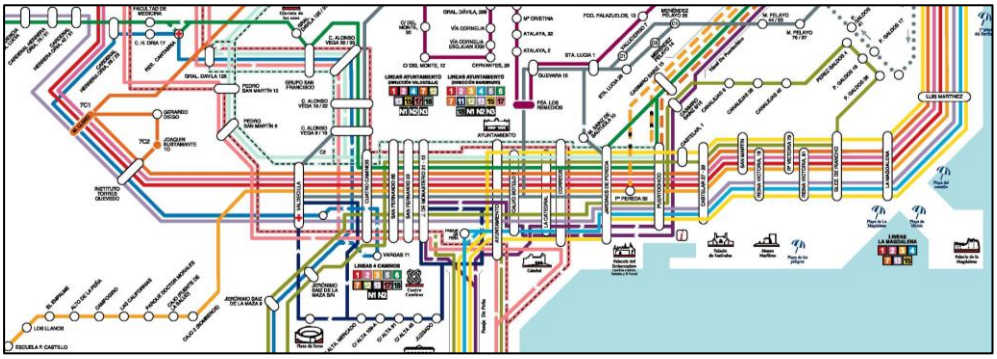


Ilustración 25. Superposición de líneas (TUS). Fuente: TUS. [45]

- **Características particulares.** Se consideran las condiciones de la infraestructura vial existente, como la anchura de los carriles, la presencia de carriles exclusivos para autobuses o restricciones de circulación. Estos aspectos influyen en la viabilidad y la eficiencia del recorrido propuesto.
- **Longitud total máxima**. Se establece una longitud máxima para el recorrido de los autobuses, lo cual ayuda a limitar los tiempos de viaje y encontrar un equilibrio entre la cobertura deseada y la longitud total del recorrido.
- **Mismo recorrido por sentido**. Para mejorar la memorización y la facilidad de uso del servicio, se busca que la ruta del autobús presente los mismos recorridos en ambos sentidos de circulación, evitando cambios o separaciones superiores a 400 metros.
- **Cubrimiento de los barrios**. Se considera la distribución geográfica de los barrios y se busca garantizar que el recorrido del autobús abarque las áreas de mayor relevancia y demanda de transporte, asegurando así un adecuado cubrimiento y una mayor accesibilidad para todos los residentes.

La planificación de las redes de transporte puede hacerse utilizando modelos empíricos y de simulación, tal y como se describe a continuación:

- **Modelos empíricos**. Utilizan datos históricos y observaciones reales para analizar los patrones de movimiento de las personas, la demanda de transporte y los flujos de tráfico. Estos modelos se basan en la recopilación de información sobre los viajes realizados, como encuestas de movilidad y datos de conteo de tráfico. Con base en estos datos, se pueden identificar patrones de viaje, calcular las demandas de transporte en diferentes áreas y evaluar el rendimiento de las rutas y los modos de transporte existentes.

- **Modelos de simulación**. Permiten crear escenarios virtuales que representan el sistema de transporte y simulan su funcionamiento en diferentes condiciones. Estos modelos utilizan algoritmos y ecuaciones matemáticas para simular el flujo de vehículos, la demanda de transporte y las interacciones entre los diferentes componentes del sistema. Con los modelos de simulación, es posible evaluar el impacto de cambios en las rutas, la infraestructura vial, los horarios de operación, etc.

  Para la correcta definición de la simulación es necesario aportar información al modelo, según se indica en el siguiente esquema, que es resultado del estudio de demanda y que se basa en información de los orígenes y destinos, los itinerarios, las paradas, los horarios y frecuencias, los tiempos de viaje, los tiempos en parada, el tipo y capacidad del vehículo, la flota, los viajeros por parada y línea para validación, etc. junto con los costes de explotación del transporte público objeto de análisis y definición.

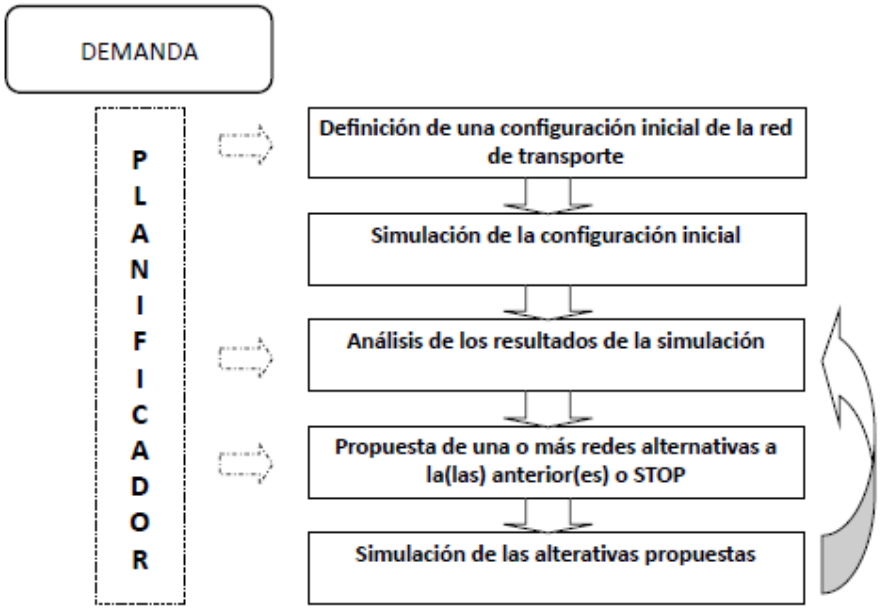


Ilustración 26. Esquema de los modelos de simulación. Fuente: SUM+LAB. [46]

Señalar que ambos enfoques son complementarios y se utilizan en la planificación de redes de transporte para tomar decisiones informadas. Los modelos empíricos brindan información sobre la demanda y los patrones de viaje existentes, mientras que los modelos de simulación permiten probar diferentes escenarios y evaluar el impacto de posibles mejoras o cambios en el sistema de transporte.

Por todo ello, en los siguientes apartados del presente documento se desarrollan ambos modelos con el fin de llevar a cabo una correcta evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico propuesto en la ciudad de Santander.

3. ANÁLISIS DE DEMANDA

El presente capítulo tiene como objetivo llevar a cabo el análisis de la demanda necesario para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en Santander.

En primer lugar, se analiza la situación actual de la ciudad de Santander en relación a su emplazamiento, historia, demografía, economía, transporte, patrimonio, medioambiente, infraestructuras y equipamientos existentes en el municipio.

Posteriormente, se realiza el estudio tanto de la oferta como de la demanda de la movilidad existente en la ciudad y, concretamente, del transporte público. Además, se identifican las necesidades y preferencias de los usuarios para determinar las mejoras en el sistema.

Finalmente, se desarrolla la propuesta de alternativas basadas en los criterios definidos previamente y en el modelo de simulación utilizado para determinar la demanda futura.

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CIUDAD DE SANTANDER

La evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad desarrollada en el presente documento se centra en el transporte público colectivo de la ciudad de Santander. Por ello, se considera oportuno realizar un análisis de la situación actual del municipio, desde el punto de vista geográfico, histórico, demográfico, económico, patrimonial, medioambiental, de la movilidad, de los equipamientos y de las infraestructuras existentes.

3.1.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La ciudad de Santander, capital de la comunidad autónoma de Cantabria, se encuentra localizada en la costa norte de España. El municipio, con una superficie total de 36,08 m^2, se sitúa en una bahía protegida por una cadena montañosa que la rodea.

Ilustración 27. Localización de Santander. Fuente: PGOU de Santander. [22]

El término municipal limita al norte con el mar Cantábrico, al este y sur con la bahía homónima, junto al municipio de Camargo y al oeste con el municipio de Santa Cruz de Bezana. Su cota máxima, sita en Peñacastillo, asciende hasta los 139 m sobre el nivel de mar.

La ciudad se encuentra diseñada de forma predominante hacia la costa y presenta numerosas colinas longitudinales, con dirección noroeste-sureste, paralelas entre ellas. Aunque dichas variaciones de altura no sean muy pronunciadas, son lo suficientemente significativas como para influir en la movilidad en dirección transversal de la ciudad.

Ilustración 28. Ortofoto de Santander. Fuente: PGOU de Santander. [47]

Además, es de señalar que la orografía del emplazamiento situado junto a la bahía dota al municipio de un clima oceánico suave y húmedo, con temperaturas moderadas durante todo el año que oscilan entre los 12 y 18°C y abundantes precipitaciones, lo que supone un incremento en la demanda del transporte tanto público como privado en la ciudad.

3.1.2. HISTORIA Y EVOLUCIÓN

La historia de la ciudad de Santander se remonta a la época romana, cuando se estableció un puerto en el lugar donde actualmente se encuentra la ciudad. Más adelante, durante la Edad Media, Santander fue una pequeña villa amurallada.

En el siglo XIX, la ciudad experimentó un importante desarrollo y expansión urbana gracias al comercio marítimo y la pesca.

De este modo, se construyeron puertos y se mejoraron las infraestructuras de transporte, contribuyendo de esta forma a su incremento económico y poblacional.

Además, la ciudad comenzó a configurarse como un destino turístico para la aristocracia.

Ilustración 29. Grabado de Santander. Siglo XVI. Fuente: Joris Hoefnagel. [48]

En el siglo XX, Santander sufrió el incendio de 1941, que destruyó gran parte de la puebla medieval. Sin embargo, gracias a la inversión en infraestructuras y la reconstrucción de la ciudad, Santander se recuperó y volvió a ser un importante centro económico y turístico.

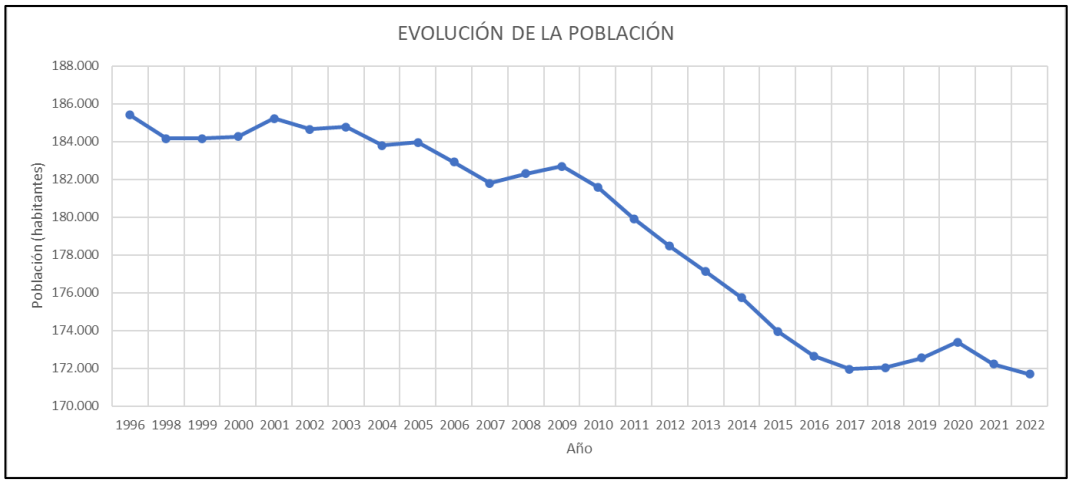
Ilustración 30. Santander actual. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49]

En las últimas décadas, la ciudad ha experimentado un importante desarrollo urbanístico y económico, convirtiéndose en una de las principales ciudades del norte de España.

3.1.3. DEMOGRAFÍA

La ciudad de Santander cuenta con una población de 171.693 habitantes en el año 2022, según los datos obtenidos a través del Instituto Cántabro de Estadística (ICANE), lo que supone casi el 30% de la región de Cantabria. Por lo que se puede afirmar que el 30% de la población cántabra vive en el 3,6% de la superficie total de la Comunidad Autónoma. [50]

Es de señalar que, aunque la población ha experimentado un leve crecimiento entre los años 2017 y 2020 del 0,4%, la ciudad ha perdido casi 20.000 habitantes en los últimos 30 años, mientras que los municipios limítrofes han captado más de 55.000. [49]

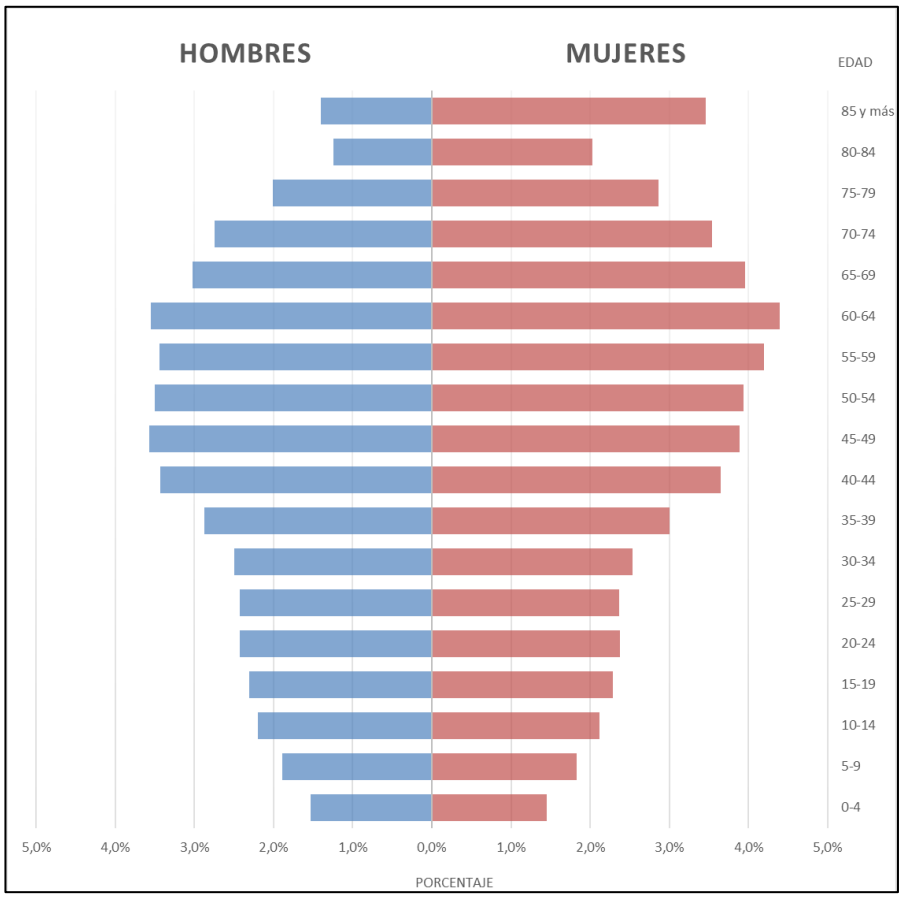


Gráfica 2. Evolución de la población de Santander. Fuente: ICANE. [50]

La distribución por género es prácticamente equitativa, con un 46,1% de hombres y un 53,9% de mujeres. La media de edad de la población de Santander alcanza los 45,6 años, siendo los grupos de edad más numerosos los comprendidos entre los 35 y 64 años, y los mayores de 65 años. [50]

La pirámide de población de la ciudad resulta regresiva, ya que presenta una baja tasa de natalidad y un considerable envejecimiento de la población. Esta situación coincide con los resultados de la región de Cantabria.

Además, en la pirámide se pueden observar los principales procesos demográficos experimentados por la población durante varias décadas, como son la guerra civil y postguerra en la entalladura de los 80-84 años, el desarrollismo y la generación del baby boom entre los 60 y 64 años, la transición democrática alrededor de los 40-44 años y el boom inmobiliario en el tramo entre los 15 y 19 años, tal y como se muestra a continuación.



Gráfica 3. Pirámide de población de Santander. Fuente: ICANE. [50]

La esperanza de vida en Cantabria se encuentra en los 83,67 años en el año 2021, muy similar a la esperanza de vida regional y estatal. Por ello y debido a los escasos nacimientos, la tasa de envejecimiento de la ciudad de Santander en el año 2022 asciende al 26,28% y, tras el análisis histórico del municipio, la tendencia continúa de forma creciente. Por ello, se puede afirmar que la ciudad presenta una población envejecida y que, por lo tanto, hay que tener en cuenta la presente estructura de población en el análisis y diseño del proyecto.

3.1.4. ECONOMÍA

La economía de la ciudad de Santander, capital de la comunidad autónoma de Cantabria y uno de los principales centros económicos de la región, se basa en el turismo, el comercio y los servicios financieros. De hecho, la ciudad cuenta con un importante puerto marítimo que, además de la actividad portuaria, favorece el comercio y la industria.

Por otro lado, Santander es un importante centro financiero y de servicios, con una gran presencia de bancos y empresas de seguros. Asimismo, la ciudad también cuenta con un sector industrial diversificado, en el que destacan la producción de bienes de equipo, la alimentación y la construcción.

Los centro económicos más importantes de Santander se encuentran en el centro histórico, el barrio de Puertochico, la Avenida de Valdecilla, la zona de Nueva Montaña y el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN).

Además, el turismo es otro sector relevante en la economía de la ciudad, debido a la gran cantidad de visitantes que recibe cada año por sus numerosos atractivos turísticos, como sus playas, monumentos históricos, espacios naturales y una amplia oferta cultural.

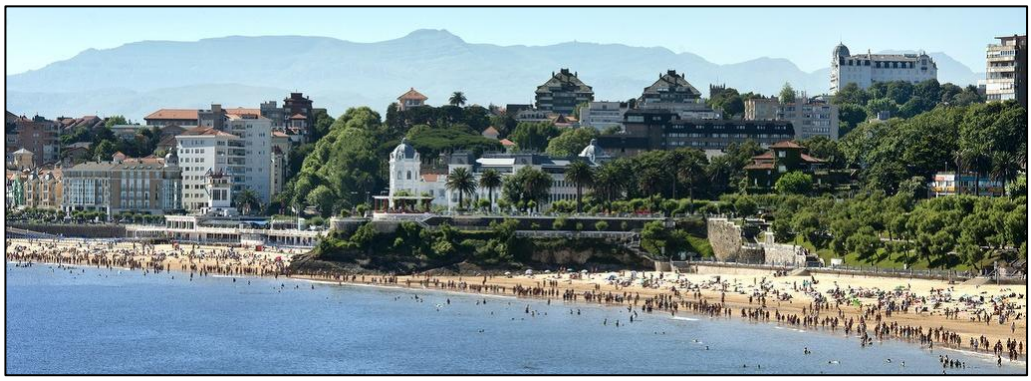


Ilustración 31. Playas del Sardinero. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49]

En concreto, más del 70 % de la población activa trabaja en el sector terciario, por lo que la dependencia económica del comercio y los servicios es muy alta en Santander, especialmente dependiente de sectores estacionales ligados al turismo, como la hostelería. Por ello, la movilidad supone un eje clave en el desarrollo económico de la ciudad de Santander al permitir un mayor flujo de bienes y servicios.

3.1.5. PATRIMONIO Y CULTURA

El centro histórico de la ciudad es una zona que alberga numerosos edificios históricos, como la catedral de Nuestra Señora de la Asunción, el Ayuntamiento y el Palacio de la Magdalena. La ciudad también cuenta con importantes infraestructuras culturales, como el Centro Botín, el Museo de Bellas Artes y el Palacio de Festivales de Cantabria.

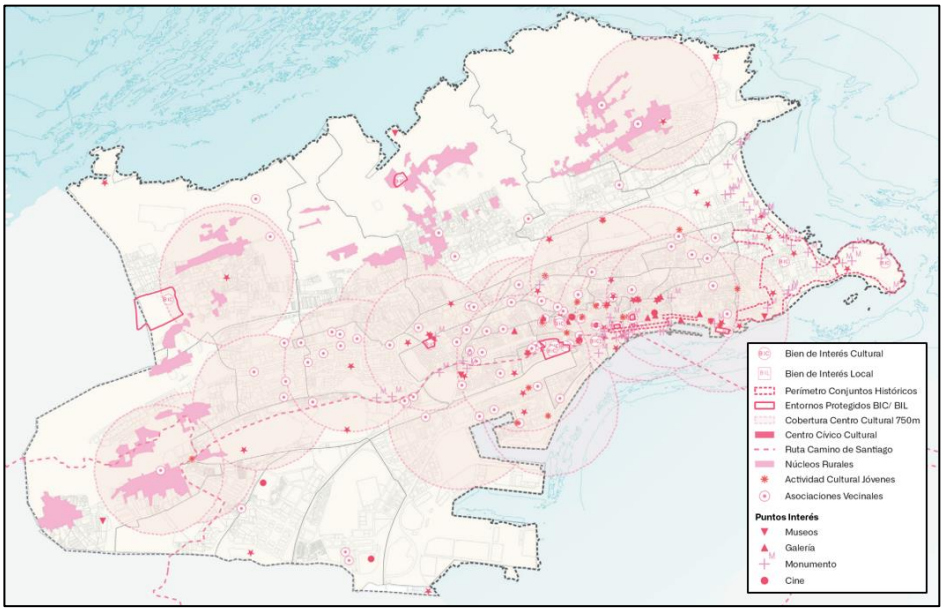


Ilustración 32. Dotaciones culturales. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

Barrios como Cueto, Castilla-Hermida o el Pesquero, presentan un tejido asociativo muy dinámico y numerosas dotaciones culturales que refuerzan la actividad tanto creativa como comunitaria de los mismos. Destacar que el centro de la ciudad presenta el mayor número de bienes patrimoniales, de hecho, la programación general de eventos y las actividades para jóvenes se producen casi exclusivamente en el casco histórico de la ciudad.

Sin embargo, es de señalar que únicamente 15 de los 32 barrios presentan equipamientos culturales. En concreto, los barrios del suroeste, el Sardinero y Valdenoja son los más afectados desde el punto de vista de la participación, la cultura y el patrimonio, lo que supone desaprovechar la oportunidad de ubicar dotaciones culturales en barrios más cercanos a entornos naturales y dejar sin oportunidades culturales a los barrios periféricos.

3.1.6. MEDIO AMBIENTE

Santander presenta un clima suave durante todo el año, con una pequeña variación en las temperaturas promedio mensuales de alrededor de 10 °C. La ciudad se encuentra en una de las regiones más lluviosas de España, con precipitaciones distribuidas a lo largo del año, siendo más abundantes en primavera y otoño.

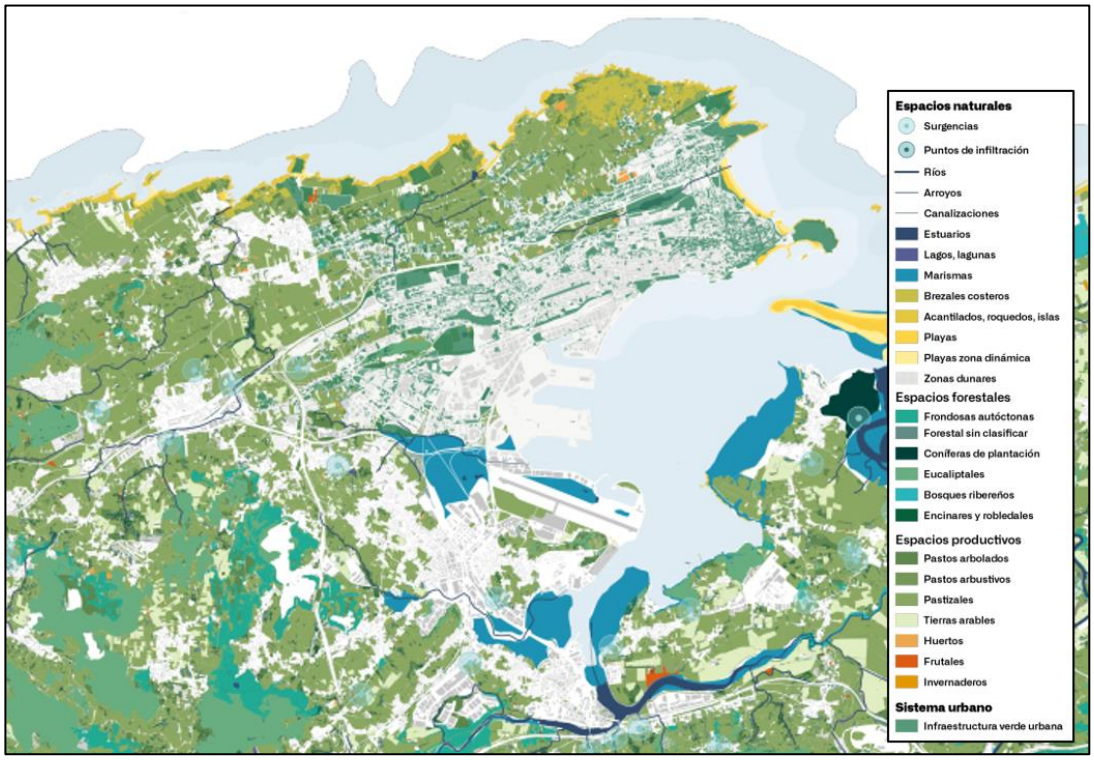


Ilustración 33. Espacios naturales. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

En los últimos 40 años, a pesar de que las precipitaciones anuales se han mantenido relativamente constantes durante el periodo estudiado, se ha observado un aumento de aproximadamente 1°C en la temperatura promedio anual en Santander.

Este incremento ha sido especialmente notable en la última década, que ha presentado una mayor concentración de años cálidos y que refleja el calentamiento global asociado al cambio climático. Señalar, que la evolución de la temperatura media anual muestra claramente una tendencia al aumento de temperaturas independientemente del escenario climático futuro considerado.

Además, la previsión de cambios significativos en las condiciones ambientales condicionará notablemente el desarrollo y supervivencia de los distintos hábitats y ecosistemas, la obtención y demanda de energía, la disponibilidad de recursos hídricos, los ciclos de los materiales y recursos naturales, los límites productivos, así como al conjunto de la infraestructura soporte de éstos.

En la actualidad, Santander cuenta con una amplia variedad de playas, acantilados y espacios verdes, lo que la convierte en un atractivo destino turístico durante todo el año. En concreto, la ciudad presenta 7,9 m^2 de espacio verde útil por habitante. Sin embargo, la accesibilidad a dichos espacios para los vecinos de algunos barrios no es una opción y, además, la OMS recomienda que el ratio se encuentre entre 10 y 15 m^2. [51]

La calidad del aire de la ciudad, medida por las estaciones fijas de tipo tráfico y urbana de fondo, presenta valores relativamente buena debido al tráfico rodado, a la actividad industrial y a las calefacciones domésticas. No obstante, la presencia de grandes cruceros, las altas temperaturas, los cielos despejados y la falta de precipitaciones supone activar en varias ocasiones al año el protocolo de contaminación.

3.1.7. EQUIPAMIENTOS

Los equipamientos son centros de atracción que ofrecen servicios que garantizan la calidad de vida de la población y que, por ello, deben proporcionar una accesibilidad equitativa. Destacan los equipamientos educativos, sanitarios, sociales, culturales y deportivos, tal y como se describen a continuación.

- **Equipamientos educativos**. Santander presenta 215 centros de enseñanza en régimen general y 19 centros universitarios, según los últimos datos del periodo académico 2022-2023 recogidos por el ICANE. [50]

Enseñanzas	Nº Centros	Nº Alumnos
Bachillerato	18	3.383
Ciclos Formativos	19	7.212
Enseñanza Secundaria Obligatoria	34	7.334
Educación Especial	6	174
Educación Infantil	47	3.475
Educación Preescolar	46	1.143
Educación Primaria	46	8.884
Educación Universitaria	19	3.067
Formación Profesional Básica	17	465
Total	**234**	**35.137**

Tabla 2. Equipamientos educativos. Fuente: ICANE. [50]

Señalar que, a pesar de que la Educación Primaria se encuentre correctamente extendida por la ciudad y la comunidad autónoma, los centros de Educación Secundaria se encuentran concentrados en muy pocos municipios de Cantabria. De hecho, el conjunto metropolitano de Santander absorbe el 58,71% de los centros de Bachiller y Formación Profesional Básica y el 64,34% del alumnado de los Ciclos Formativos. [47]

Del mismo modo, la enseñanza universitaria se encuentra principalmente ubicada en la capital de Cantabria y, a su vez, concentrada en puntos muy concretos, lo que supone ser un núcleo de generación de viajes muy importante para la movilidad en la ciudad.

- **Equipamientos sanitarios**. El Mapa Sanitario Autonómico de Cantabria se divide en 4 Áreas de Salud, con su hospital de referencia. A su vez, el municipio de Santander, Área I, se divide en diez Zonas Básicas de Salud: Sardinero, Puertochico, Dávila, Centro, Puerto, Vargas, Cazoña, Maruca, El Alisal y Nueva Montaña, con los siguientes equipamientos:
  - Hospital de referencia. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla
  - SUAP (Servicios de Urgencias de Atención Primaria). El Sardinero y los Castros.
  - Centros de Salud. El Sardinero, Puertochico, Dr. Morante, Isabel II, los Castros, Vargas, Marina, Cazoña, el Alisal y la Montaña.
  - Consultorio Local. Cueto y Monte.

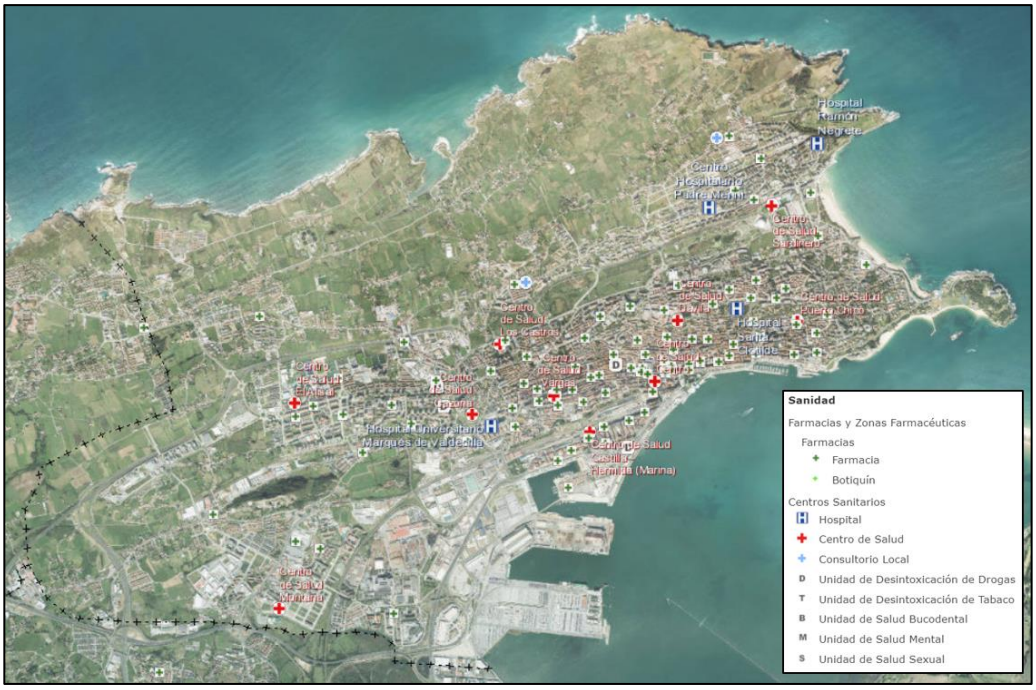


Ilustración 34. Equipamientos sanitarios. Fuente: Mapas Cantabria. [47]

Señalar que dichos equipamientos, otros servicios de apoyo y las 90 farmacias existentes, según publica el Servicio Cántabro de salud, se encuentran relativamente dispersadas por la ciudad y especialmente localizadas en las zonas con mayor densidad de población.

- **Equipamientos sociales**. Según el Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) y el Instituto Cántabro de Servicios Sociales (ICASS), la ciudad presenta los servicios sociales que se describen en la siguiente tabla.

Servicios Sociales	Nº Centros	Nº Plazas autorizadas
Residencia Mayores	9	1.584
Centro Ocupacional	4	106
Centro de Rehabilitación Psicosocial	5	226
Vivienda Tutelada – Discapacidad	1	7
Vivienda Tutelada - Mayores	1	5
Centro de Día - Mayores	13	466
Centro de Día - Discapacidad	11	343
Centro Residencial de Atención Básica	5	166
Total	**49**	**10.304**

Tabla 3. Equipamientos sociales. Fuente: ICANE. [50]

Es importante destacar que la prevención de la dependencia y la promoción de la ayuda personal supone el 38% de las prestaciones que se ofrecen en Cantabria. Señalar que favorecer la movilidad mediante el transporte público colectivo es fundamental para obtener un impacto significativamente positivo en la población más vulnerable. [52]

Además, la ciudad de Santander presenta numerosos centros relativos a los Servicios Sociales de Atención Primaria (SSAP), Centros de Infancia y Familias Municipales, Puntos de Encuentro Familiar, entre otros.

- **Equipamientos culturales**. Entre los museos, destacan el Museo Marítimo del Cantábrico y el Museo de Prehistoria y Arqueología de Cantabria, ambos pertenecientes al Gobierno de Cantabria.

  Sin contar con las bibliotecas de la Universidad de Cantabria u otras de índole privado, la ciudad cuenta con 7 bibliotecas públicas, estas son, Municipal, Madrazo, Ateca, M.ª Luisa Pelayo, Jado, Nueva Montaña y Cazoña.

  Señalar que la ciudad de Santander cuenta, además, de otros equipamientos culturales tales como Fundaciones, Obras Sociales, Teatros, Salas multiusos, Casas de cultura, Centros de Interpretación y Visitantes, etc.

- **Equipamientos deportivos**. Destacan las pistas deportivas, las boleras, las pistas de tenis/pádel, los pabellones polideportivos y los campos de fútbol. Todos los equipamientos mencionados se encuentran principalmente localizados en las zonas costeras del municipio, concretamente en el entorno de Valdenoja, Cueto, Centro y en el Complejo Municipal Deportivo Ruth Beitia localizado en el barrio del Alisal.

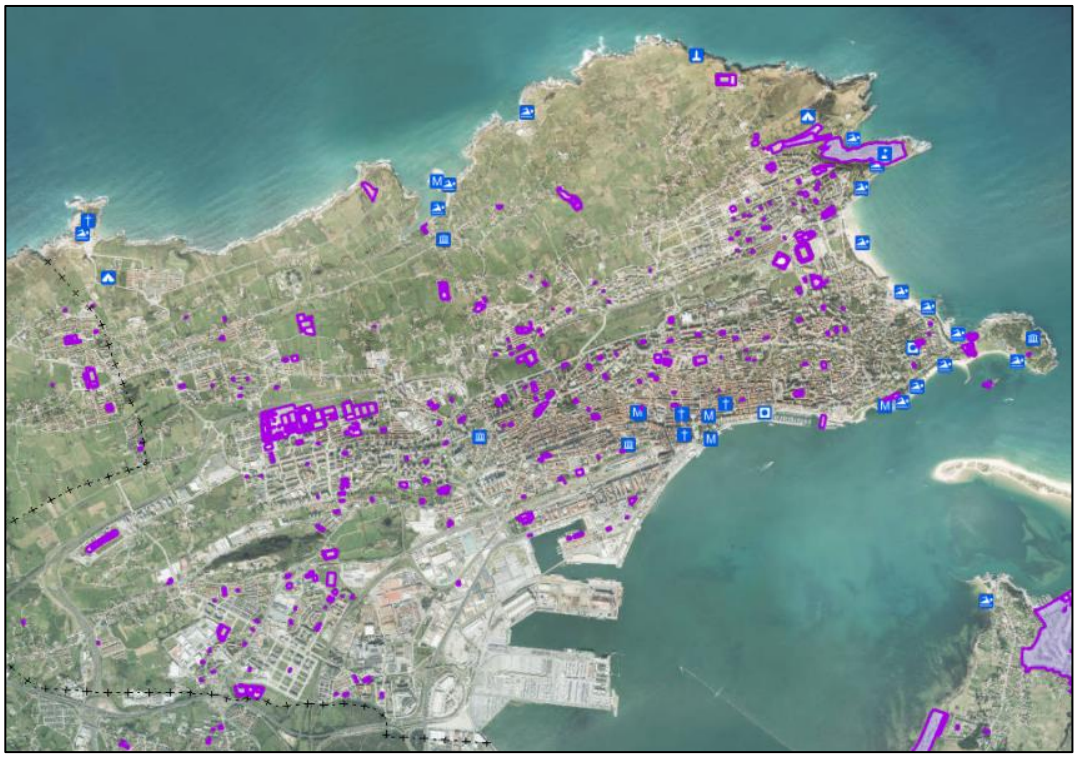


Ilustración 35. Equipamientos deportivos. Fuente: Mapas Cantabria. [47]

Por último, cabe señalar que el territorio presenta una elevada demanda de campos de golf, de deportes náuticos y de rutas para senderismo.

3.1.8. TRANSPORTE

El transporte en Santander es una parte fundamental de la vida cotidiana de sus residentes y visitantes. La ciudad cuenta con una variedad de opciones de transporte que permiten la movilidad eficiente y conveniente dentro y fuera de la ciudad. A continuación se mencionan algunos aspectos importantes del transporte en Santander:

- **Red viaria**. La ciudad de Santander presenta una buena conexión a la red nacional de autovías y autopistas, lo que garantiza una buena comunicación con otras localidades tanto dentro de la Comunidad Autónoma como en el resto de España.

Ilustración 36. Situación de Santander. Fuente: Carreteras de Cantabria. [53]

Siguiendo la ilustración anterior, la red viaria principal de acceso a la ciudad de Santander se identifica según su denominación en la siguiente tabla.

Identificador	Denominación
S-10	Acceso sur a Santander
S-20	Acceso norte a Santander
S-30	Ronda de Bahía de Santander
A-8	Autovía del Cantábrico
A-67	Autovía Cantabria-Meseta
N-611	Carretera Cantabria-Meseta
N-623	Carretera Burgos-Santander
CA-130	Carretera comarcal Cajo-Peñacastillo
CA-230	Carretera comarcal La Albericia-El Sardinero
CA-231	Carretera comarcal Santander-Liencres

Tabla 4. Red viaria actual. Fuente: Carreteras de Cantabria. [53]

La ciudad también cuenta con una estación de autobuses que facilita los desplazamientos hacia otras ciudades internacionales, nacionales y regionales por medio de compañías como Flixbus, Alsa, Bilmanbus, Rutas del Cantábrico, Transporte de Cantabria, etc. Estas estaciones brindan servicios de transporte de larga y media distancia junto con conexiones con otras redes de transporte.

Asimismo, Santander cuenta con un sistema de transporte público desarrollado que incluye autobuses urbanos TUS que proporcionan una amplia cobertura y conectividad a los diferentes barrios y puntos de interés de la ciudad.

- **Transporte ferroviario**. La ciudad tiene dos estaciones de tren situadas en su centro, una de Feve y otra de Renfe, proporcionando conexiones tanto a nivel regional como nacional. Además, hay otras estaciones de tren en la ciudad, como Valdecilla (con anchos de vía ibérico y métrico), Nueva Montaña (con ambos anchos de vía también), Adarzo (con ancho métrico) y el apeadero de Cazoña (también con ancho métrico).

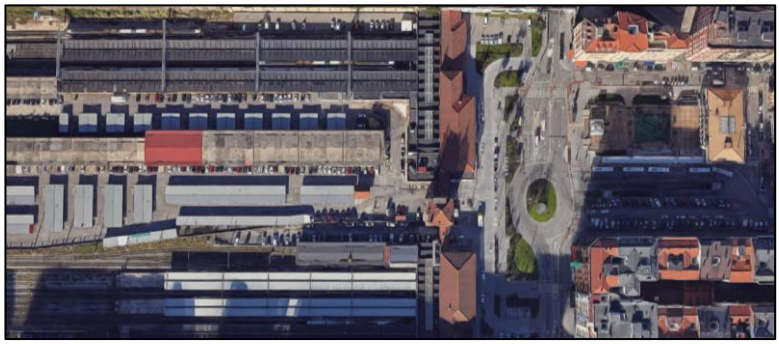


Ilustración 37. Estaciones de trenes y autobuses. Fuente: Google Maps. [44]

- **Transporte marítimo**. Santander presenta un puerto importante y cuenta con conexiones marítimas regulares hacia otras ciudades costeras, tanto nacionales como internacionales. Esto brinda oportunidades económicas para la ciudad dado el turismo derivado del ferry y los cruceros que provienen de diferentes destinos por mar. Además, existe un servicio regular de barcos que conectan con otros municipios de la bahía.
- **Transporte aeroportuario**. El cercano Aeropuerto Seve Ballesteros-Santander ofrece conexiones tanto nacionales como internacionales y se trata de un importante punto de entrada para turistas y viajeros de negocios.

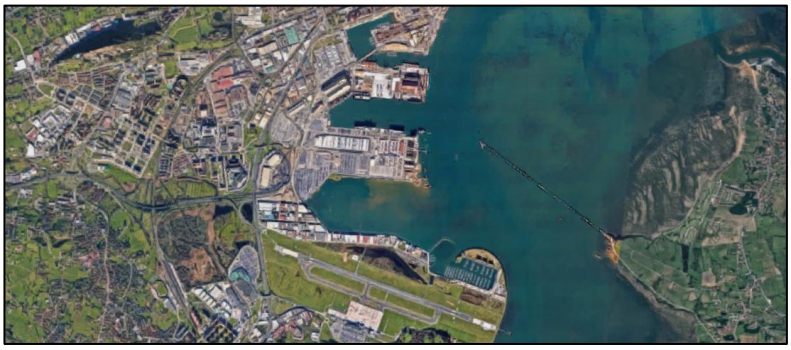


Ilustración 38. Puerto y aeropuerto de Santander. Fuente: Google Maps. [44]

- **Bicicletas públicas**. Santander ha implementado un sistema de bicicletas públicas, que permite a los residentes y visitantes alquilar bicicletas para moverse por la ciudad. Este sistema fomenta la movilidad sostenible y es una opción popular para distancias cortas.
- **Infraestructura peatonal**. Santander ha invertido en el desarrollo y promoción de una movilidad sostenible, con aceras amplias y seguras, lo que facilita los desplazamientos a pie dentro de la ciudad. Esto promueve un entorno amigable para los peatones y fomenta un estilo de vida saludable.

Destacar que el Ayuntamiento de Santander ha mostrado un compromiso con la promoción de la movilidad sostenible y actualmente se encuentra interesado en implementar medidas para reducir el uso del automóvil y fomentar el uso del transporte público y la movilidad activa. Estas iniciativas buscan mejorar la calidad del aire, reducir la congestión del tráfico y promover un entorno urbano más saludable y habitable.

3.2. ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

La ciudad de Santander cuenta con una población de 171.693 habitantes en el año 2022, según los datos obtenidos a través del Instituto Cántabro de Estadística (ICANE). Sin embargo, el estudio actual sobre la oferta y demanda del transporte público colectivo contempla, además del municipio de Santander, su conexión con las áreas circundantes, ya que es fundamental analizar la movilidad de entrada y salida de la ciudad, lo que permitirá comprender mejor las necesidades de transporte de la población y desarrollar una solución eficaz para mejorar la movilidad en la región.

Por ello, es importante considerar la influencia del área metropolitana que, si bien no existe una entidad como tal, puede estar compuesta por los municipios que presentan una estrecha relación con la capital, estos son, Santa Cruz de Bezana, Piélagos, Camargo, El Astillero, Marina de Cudeyo, Medio Cudeyo, Riotuerto, Entrambasaguas, Ribamontan al Monte y Ribamontan al Mar, con una población entorno a los 300.000 habitantes.

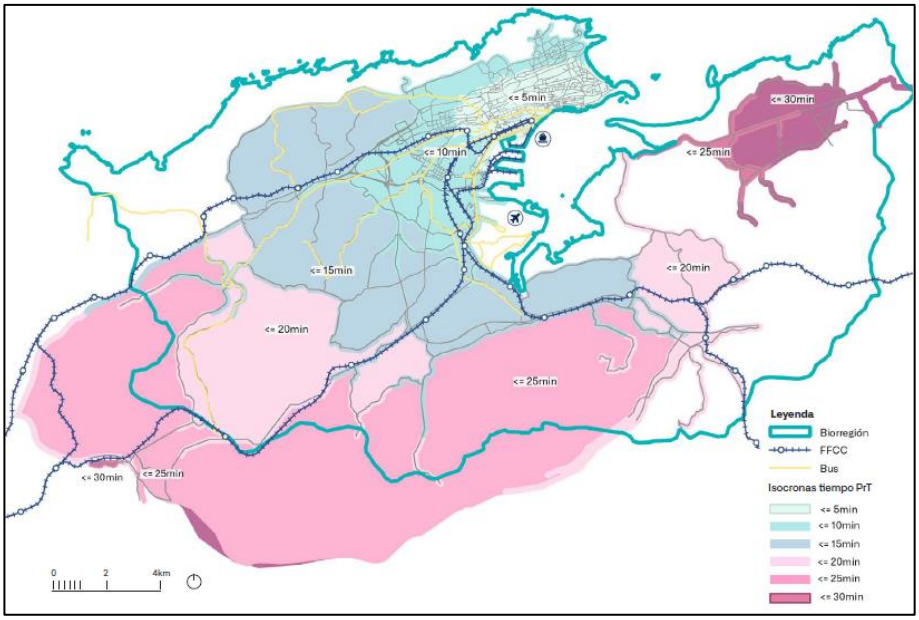


Ilustración 39. Movilidad metropolitana. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

El análisis de la demanda más actualizado y completo de la ciudad se denomina *Santander, Hábitat Futuro*. Se trata de un modelo de ciudad que ha sido impulsado por la Concejalía de Urbanismo del Ayuntamiento de Santander. Este, ha sido publicado en 2022 por Landlab y Paisaje Transversal con el objetivo de recoger un análisis de las condiciones, necesidades y oportunidades de la ciudad de Santander. Dentro del plan estratégico se encuentra la *Estrategia 2. Santander, vertebrada y conectada*, de la que se ha partido para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad, tal y como se desarrolla a continuación. [51]

3.2.1. OFERTA Y DEMANDA A NIVEL DEL ÁREA METROPOLITANA

A nivel del área metropolitana, se contempla la siguiente estructura de la movilidad:

- **Red de autobuses de cercanías.** El servicio de autobuses presenta seis líneas desde la Estación de Autobuses hasta los municipios de Bezana, Piélagos, El Astillero y Camargo. Señalar que la mayoría discurren por el eje central desde Cuatro Caminos-San Fernando-Jesús de Monasterio-Túnel del Centro Botín.

El servicio de transporte en autobús de cercanías ha mantenido una cifra constante de pasajeros en los últimos años, excluyendo aquellos afectados por la pandemia. Anualmente, se estima que se transportan alrededor de 2,5 millones de personas. De hecho, las líneas que más demanda presentan son la línea Santander-Maliaño-Astillero, con más de 1,5 millones de usuarios al año, y la línea Santander-Liencres-Mortera, con más de 540.000 usuarios al año.

- **Transporte ferroviario.** El servicio de trenes presenta la línea Santander-Reinosa operada por Renfe y las líneas Santander-Cabezón y Santander-Liérganes operadas por Feve. Es importante destacar que el servicio de cercanías de FEVE ofrece una mayor frecuencia de servicios diarios, con intervalos promedio de 15 a 30 minutos. En contraste, el servicio de ancho ibérico de Renfe presenta intervalos más amplios debido a las limitaciones existentes en su infraestructura.

  Es de destacar la gran disminución en el número de pasajeros que ha sufrido Cantabria en los servicios de cercanías durante la última década. Aunque en los últimos años se ha observado una estabilización e incluso un ligero aumento, se estima que se han perdido más de un millón de pasajeros anuales desde 2011.

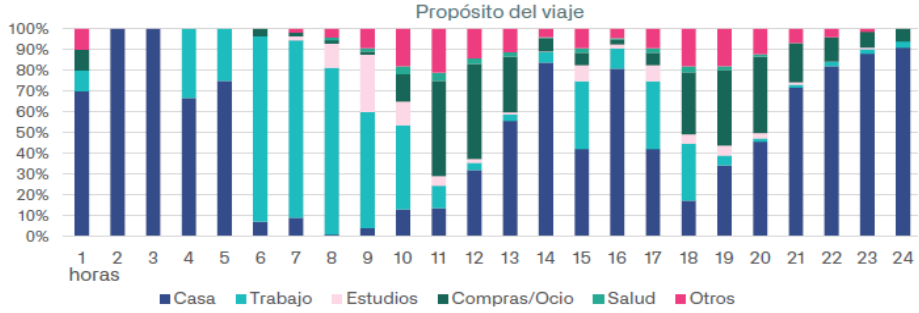
- **Transporte marítimo y aeroportuario**. El transporte de personas y mercancías presenta un impacto residual sobre la movilidad interior de la ciudad de Santander, siendo principalmente un tráfico de entrada y salida al puerto. Sucede algo similar con el aeropuerto de Camargo, cuya conexión se realiza a través de líneas de autobús y taxis.

3.2.2. OFERTA Y DEMANDA A NIVEL MUNICIPAL

A nivel municipal, se contempla la siguiente estructura de la movilidad:

- **Reparto modal**. Según la última versión del Plan de Movilidad Sostenible de 2015, la media de viajes diarios es de 2,81 y la media de viajes efectuados por hogar de manera diaria es de 5,80. Señalar además que el 48% de los viajes se efectúan a pie, el 41% medios motorizados particulares, el 10% en autobús y el 1% en bicicleta.

- **Distribución temporal**. Al igual que ocurre en muchos municipios, como es el caso de Santander, se observa un incremento significativo en el volumen de movilidad durante el periodo estival. Además, según se ilustra en el siguiente gráfico, se puede observar que los motivos de viaje más comunes son el regreso al hogar en horarios de madrugada, la entrada al trabajo en las primeras horas de la mañana, después se van sumando viajes por motivos de estudio, al mediodía se diversifican en compras y gestiones y durante la tarde se transforman en viajes de ocio, compras o de regreso al hogar.



Gráfica 4. Propósito del viaje. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

- **Análisis del tráfico**. La movilidad en Santander se ve significativamente influenciada por los viajes procedentes de otros municipios. Esta situación, sumada a la disminución de pasajeros en la red de cercanías ferroviarias, tiene un impacto importante en el tráfico rodado. En el año 2019, más de 170.000 vehículos entraron y salieron diariamente de la ciudad, de los que casi el 50% circuló a través de la S-10, con una Intensidad Media Diaria (IMD) de casi 86.000 vehículos. [51]

  En cuanto al tráfico interno de la ciudad, las mayores IMD medidas en el año 2021 se localizan en la prolongación del acceso a Santander a través de la Avenida de Parayas hacia tanto el eje de Castilla-Hermida como el tramo sur de Jerónimo Sáinz de la Maza, que va desde Valdecilla Sur hasta La Marga. Señalar que, aunque presentan las mayores intensidades de la ciudad, se han reducido en un promedio del 7% en los últimos años.

- **Transporte Público.** El transporte público en Santander tiene origen a mediados del siglo XIX, cuando consistía en carruajes de caballos y tranvías tirados por tracción animal, lo que proporcionaba servicios limitados pero fundamentales.

  A inicios del siglo XX, se inauguró el primer tranvía eléctrico en Santander, que fue reemplazando gradualmente a los antiguos tranvías de tracción animal y de vapor. Poco después, se implementaron nuevas líneas de tranvía y se introdujeron autobuses como una alternativa de transporte. La expansión de la red de transporte público permitió una mayor cobertura de la ciudad y una mayor accesibilidad para los ciudadanos.

Ilustración 40. Tranvía eléctrico. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49]

A finales del siglo XX, la desaparición del tranvía en Santander fue progresiva, dando paso a un sistema de transporte público basado en autobuses. La flota de autobuses se modernizó y se implementaron mejoras en las infraestructuras, como la construcción de estaciones de autobuses y la creación de carriles exclusivos para el transporte público. Sin embargo, los cambios en la red han sido menores desde 2014, aparte de la implementación y posterior supresión del sistema MetroTUS en 2018.

Destacar que el MetroTUS, sistema de autobús de alto nivel de servicio en la ciudad de Santander, consistió en la creación de un corredor central entre Valdecilla y el Sardinero junto con la reordenación y creación de las líneas alimentadoras, y la creación de intercambiadores. El sistema ya presentaba un carril exclusivo, la optimización de operaciones en parada, la priorización semafórica, vehículos de alta capacidad, un sistema sostenible y la integración de las nuevas tecnologías.

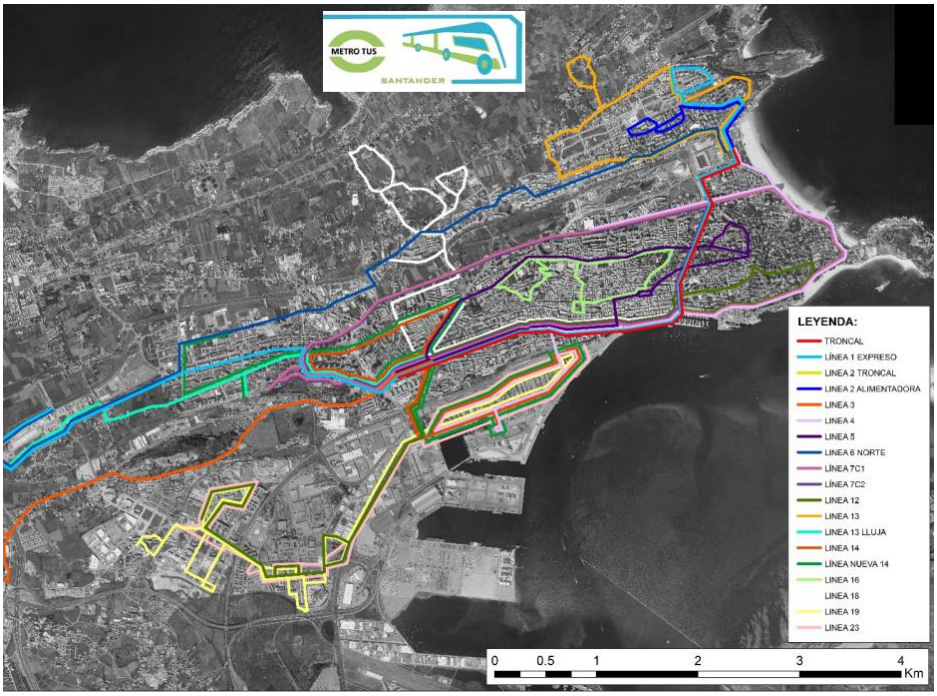


Ilustración 41. Situación con MetroTUS. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49]

Señalar que la supresión del MetroTUS ocho meses después de su implantación supuso la recuperación de las líneas tradicionales debido al incremento de largos transbordos, escasas frecuencias de las líneas alimentadoras y dificultades para los usuarios.

Asimismo, debido a la pronunciada topografía de la ciudad, la red de transporte urbano tradicional de Santander se caracteriza por ser lineal, con líneas que recorren los ejes principales de la ciudad de oeste a este. Sin embargo, la conectividad transversal se ve dificultada por la falta de ejes viales en sentido norte-sur con las características adecuadas para el paso de autobuses convencionales.

Actualmente, la red de autobuses de transporte público está gestionada por el servicio municipal de Transportes Urbanos de Santander (TUS). En 2021, transportó un total de 13,8 millones de pasajeros. Señalar que tras el descenso experimentado durante la pandemia, se observa una disminución del 26,8%, lo que indica que el sistema de transporte público aún no se ha recuperado por completo. Además, es importante destacar que los transbordos representan aproximadamente el 8.8% del total de viajes.

La demanda de viajeros aumenta significativamente en los meses estivales, con un crecimiento de la demanda superior al 22%. No obstante, dicho incremento es condicionado por la meteorología existente. [51]

Destacar que los martes, miércoles y jueves presentan un mayor número de viajes en comparación con los lunes y viernes. Los sábados representan el 60% de los viajes realizados en días laborables, mientras que los domingos constituyen el 43%.

Además, los días laborables de invierno presentan tres períodos de mayor demanda, por la mañana (8:00-10:00), al mediodía, siendo el más destacado (14:00-15:00) y por la tarde (18:00). Los sábados y días festivos de invierno no presentan el período punta de la mañana aunque se acentúa el de la tarde.

La red de transporte público de Santander está formada por 20 líneas de autobús según se describe en la siguiente ilustración.

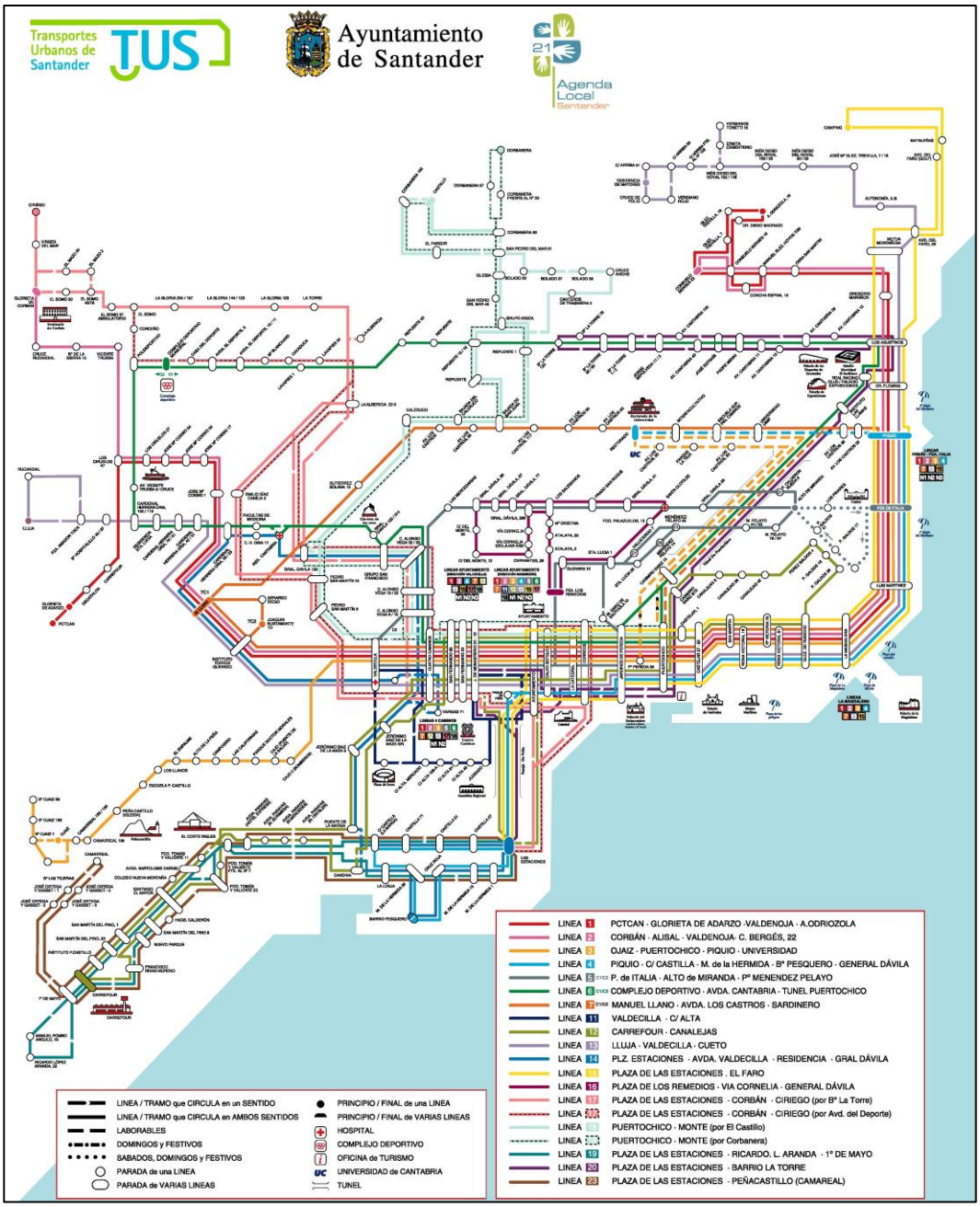


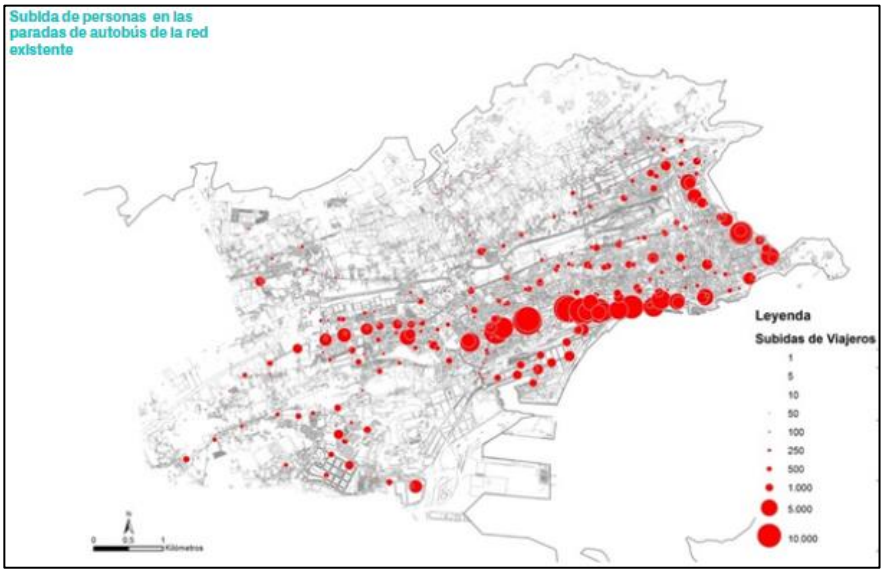
Ilustración 42. Red de transporte público (TUS). Fuente: TUS. [45]

Se puede apreciar en la ilustración anterior que el corredor que va desde Valdecilla hasta Puertochico presenta el mayor volumen de vehículos colectivos, esto es, la superposición de varias líneas, con valores cercanos a 10.000 pasajeros por día.

Según el Plan de Movilidad Sostenible, más del 55% de los viajes se realizan en las líneas 1, 2, 4, 5c1, 5c2 y 12. De hecho, las líneas 1 y 2 son las que transportan la mayor parte de la demanda, con un 15% y un 13% del total respectivamente. Destacar que excepto en esas seis líneas, cada una de las demás presenta menos del 3% de la demanda total. [25]

Es notable el incremento entre el periodo de invierno y verano de más del 40% en las líneas 3, 4 y 14, así como en las líneas 7c2 y Central, que superan el 30%. En concreto, el número de personas viajeras promedio diarias es de 49.766 en invierno y 61.737 en verano, lo que equivale a un promedio total de 55.752 usuarios. Asimismo, destacan los incrementos en las líneas nocturnas, incluidas en los Servicios Especiales.

Señalar que las 18 paradas de mayor demanda se encuentran en el eje entre Valdecilla y Puertochico, seguidas por el Intercambiador del Sardinero y la Plaza de Italia. A continuación, se adjunta la demanda de pasajeros por estaciones de la ciudad.

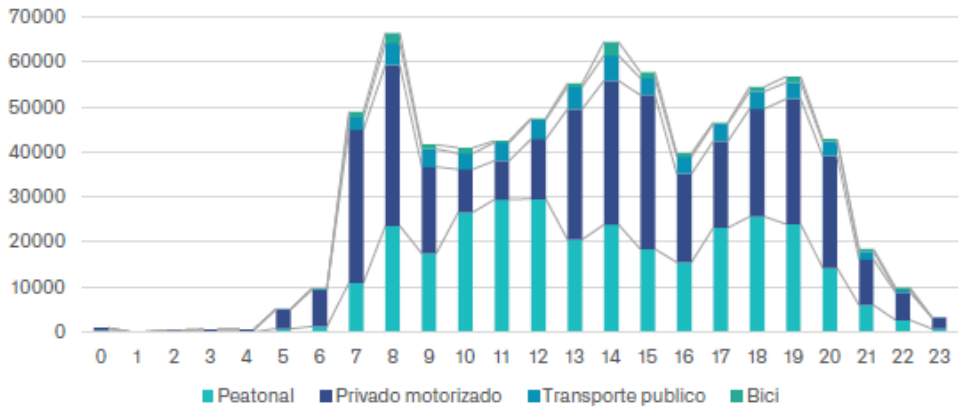


Gráfica 5. Demanda de paradas de autobús. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

Señalar que todo el eje central independientemente del año y la zona del sardinero principalmente en periodo estival soportan el mayor número de usuarios. Además, se puede apreciar la demanda existente en los ejes de Cazoña-Alisal, Castilla-Hermida y General Dávila, así como otras localizaciones concretas como El Corte Inglés, la Universidad de Cantabria, Corbán y otros centros comerciales.

Por último, es importante afirmar que para el correcto dimensionamiento y enfoque de las alternativas es fundamental realizar la caracterización de los usuarios tanto actuales como potenciales. Dicha caracterización se desarrolla en la evaluación social desarrollada en el apartado correspondiente del presente documento.

- **Movilidad peatonal y ciclista.** En la actualidad, Santander dispone de un total de 32 km de red de carril-bici. Además, la ciudad cuenta con un sistema de alquiler de bicicletas que consta de 15 estaciones de servicio y que es utilizado por más de 3.300 personas.



Gráfica 6. Viajes por hora y modo. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

Los desplazamientos a pie en la ciudad de Santander representan el 48% del total de viajes realizados. Señalar que esta proporción se incrementa hasta el 70% del total durante las horas valle y disminuye hasta el 12% durante las horas punta.

3.3. OPORTUNIDADES DE MEJORA

Gran parte del volumen de tráfico, concentrado en periodos punta, presenta un elevado porcentaje de viajes tienen origen o destino fuera del municipio. En concreto, se estima que más de 170.000 vehículos entran y salen diariamente de la ciudad. Esto supone que, de los 650.000 viajes diarios que se estiman realizados en todo el municipio, más del 25% corresponden con viajes de entrada y salida de la ciudad de Santander.

Tal y como se observa en la siguiente ilustración, los punto críticos de la red vial de la ciudad se localizan en la Avenida de Parayas, la S-20, la calle Castilla, el túnel de Tetuán, así como puntos específicos en General Dávila y el centro de la ciudad. Destacar el acceso por Soto de la Marina, que presenta saturación a pesar de no ser una de las carreteras más transitadas.

Ilustración 43. Puntos críticos de la red. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

Además, los resultados del análisis de los puntos críticos en el tráfico de la capital revelan las vías que tienen un tráfico notablemente inferior a su capacidad, es decir, calles que actualmente subutilizan su infraestructura, sin tener en cuenta los desarrollos urbanísticos futuros. En este sentido, es importante mencionar numerosas vías recientemente construidas que fueron diseñadas con dos carriles por sentido, anticipando el crecimiento urbano y el aumento futuro de la demanda. Sin embargo, hasta que se materialice dicho crecimiento, estas vías ofrecen la oportunidad de aprovechar la capacidad adicional para otros propósitos y optimizar el uso del espacio público.

En términos de movilidad, las oportunidades de mejora se pueden centrar en ofrecer alternativas al uso del vehículo privado para llegar al centro de Santander y conseguir reducir el número de puntos críticos en la red viaria de la ciudad. Esto se puede llevar a cabo mediante la construcción de aparcamientos disuasorios conectados con otros modos de transporte más sostenibles, como el autobús o la bicicleta.

En relación al transporte urbano, existen una serie de restricciones físicas y de la propia infraestructura que hacen que un amplio porcentaje de líneas de autobús discurran por las mismas calles, teniendo recorridos muy similares y presente altos índices de solapamiento entre rutas. Debido a ello, en el centro hay un exceso de líneas mientras que en las zonas periféricas hay una falta de conexiones con otras zonas. Por ello, sería adecuado llevar a cabo una mejora estructural de la red actual, evitando la superposición de líneas y favoreciendo los transbordos en localizaciones adecuadas destinadas a ello.

Además, numerosas rutas de autobuses regionales realizan varias paradas en el centro de la ciudad y emplean las mismas paradas que el transporte urbano. Por lo tanto, la reorganización de líneas del TUS, mejorando el nivel de servicio, la cobertura y la accesibilidad, es un condicionante fundamental.

Destacar que las líneas actuales presentan longitudes considerablemente largas, llamativo para una ciudad que se puede recorrer de extremo a extremo en menos de 30 minutos en automóvil. Esta extensión de las líneas genera irregularidades en el servicio y dificulta la consecución de intervalos de tiempo homogéneos durante la prestación del servicio. Así, la gestión óptima del sistema y la creación de nuevas líneas con infraestructura propia, como carriles bus, permitirían ofrecer un servicio competitivo respecto del automóvil.

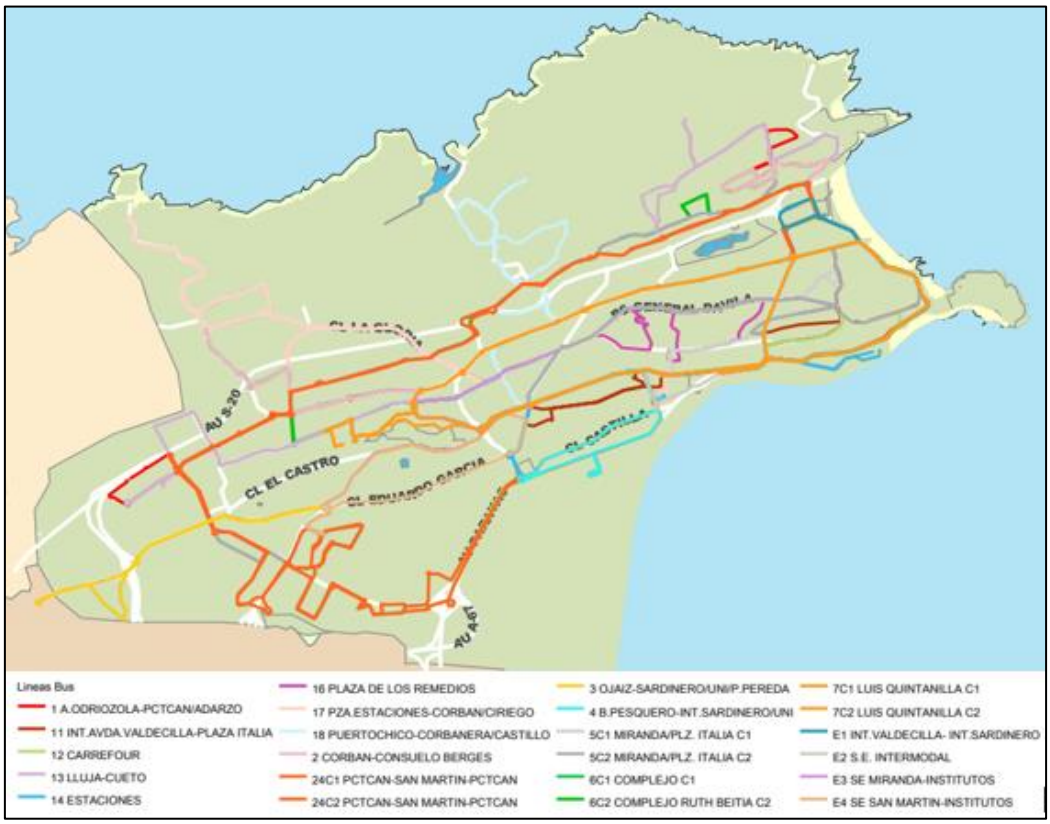


Ilustración 44. Extensión de las líneas TUS. Fuente: Visor GIS. [54]

En relación los vehículos privados, el modelo de ciudad *Santander, Hábitat Futuro* ha definido su *Propuesta Estructural Santander 2055*, donde destacan las siguientes:

- **Zona de Restricción Vehicular (ZRV)**. Mediante la implementación de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE), se propone una restricción de acceso al centro de la ciudad para los vehículos más contaminantes, con el objetivo de mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta medida afectará de forma directa aproximadamente al 20% de los vehículos y a 60.000 viajes diarios.

  Destacar que los usuarios de dichos vehículos privados afectados tendrán la opción de realizar el mismo viaje estacionando en una zona cercana no afectada por la ZBE o cambiar a un modo de transporte que les permita llegar a sus destinos dentro de la ZBE.

  La propuesta, que presenta las dimensiones que se señalan en la siguiente ilustración, fomenta el uso de modos de transporte más sostenibles, lo que ayudará a aliviar la congestión del tráfico y promoverá un entorno urbano más accesible y habitable.

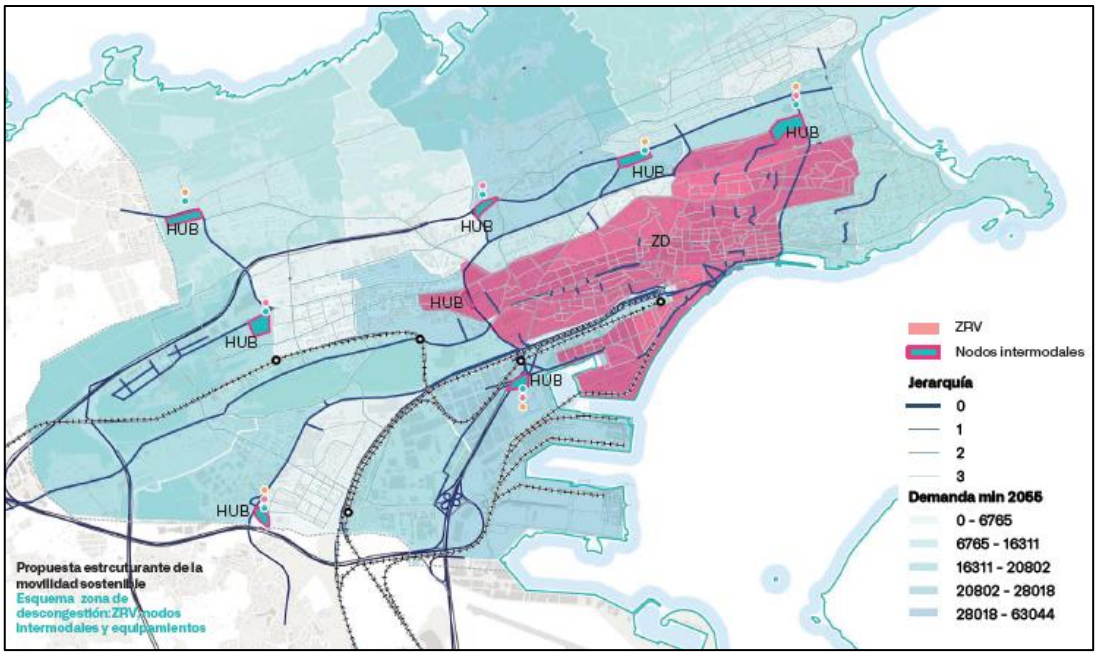


Ilustración 45. Propuesta movilidad sostenible. Fuente: Santander, Hábitat Futuro. [51]

- **Red de nodos intermodales (HUB)**. Dado que la existencia del transporte público eficiente, cómodo y asequible por sí solo no es suficiente para disuadir a los conductores de utilizar sus vehículos, las políticas de transporte público y de modos no motorizados deben complementarse con algún tipo de regulación del estacionamiento que desincentive el uso del vehículo privado.

  Uno de los planteamientos es la creación de una red de aparcamientos disuasorios (Park&Ride), situados en las periferias urbanas y cerca de las principales arterias de entrada a las ciudades, e interconectados con medios de transporte alternativos, favoreciendo estacionar así los vehículos privados en estos puntos y utilizar el transporte público o acceder al centro de la ciudad en bicicleta pública o caminando.

  Estos podrán presentar una variedad de servicios y facilidades complementarias para fomentar el cambio de modalidad, como paradas de transporte público, puntos de alquiler de bicicletas y puntos de recarga para vehículos eléctricos, entre otros.

  Resulta fundamental ofrecer un servicio de transporte de alta calidad, como lanzaderas o servicio de *shuttle*, que garantice una frecuencia adecuada y tiempos de viaje más rápidos en comparación con los automóviles, con el fin de llegar al centro de la ciudad desde estas amplias zonas de estacionamiento público.

  Destacar que la ubicación, tamaño y nivel de seguridad de estos aparcamientos disuasorios son elementos esenciales para garantizar su eficacia, utilización y eficiencia. Por lo tanto, se propone distribuir estos puntos en dos cinturones, tal como se indica en la ilustración superior y se describe a continuación.

  El primer cinturón se plantea con el objetivo de proponer una opción para acceder a los distritos de Santander que se encuentran más alejados del centro de la ciudad. Esto permitiría a los residentes de Valdenoja, Cueto, Monte o La Albericia acercarse en su vehículo a los aparcamientos disuasorios y utilizar desde allí la red de transporte público.

  El segundo cinturón tiene una finalidad similar pero está dirigida preferentemente a los habitantes de los municipios colindantes que quieren acceder a la capital.

En relación a la gestión de los mismos, es recomendable que estos sean de acceso gratuito o, en caso contrario, se dé prioridad a las estancias prolongadas. Además, es importante que se restrinja su uso exclusivamente para el propósito previsto, evitando que sean utilizados como estacionamiento para viviendas o negocios cercanos.

En concreto, los aparcamientos disuasorios propuestos presentan las siguientes demandas mínimas previstas. Señalar que el aparcamiento localizado en El Corte Inglés no se encuentra analizado por el modelo de ciudad *Santander, Hábitat Futuro* ya que es una propuesta propia en coordinación con el nodo intermodal que se plantea localizar.

Aparcamiento disuasorio	Demanda mínima
Campos del Sport	670
Sardinero-UIMP	5.970
S-20 (Justo Colongues)	2.787
S-20_2 (Repuente)	2.037
Distribuidor de La Marga	1.374
La Marga	10.456
Corbán	360
Alisal	3.521
Primero de Mayo	1.460
El Corte Inglés	(Propuesta Propia)

Tabla 5. Aparcamientos disuasorios propuestos. Fuente: Autor.

Según el análisis de demanda, los aparcamientos podrían presentar una demanda mínima de 31.100 usuarios, siendo el de La Marga (10.456), el Sardinero-UIMP (5.970) y el Alisal (3.521) los más utilizados.

Ilustración 46. Distribuidor La Marga. Fuente: Ayuntamiento de Santander. [49]

Además, otras oportunidades de mejora que presentan relación directa con lo descrito previamente y que son importantes desatacar, son las siguientes:

- **Reducción de automóviles.** La reducción del uso y estacionamiento del vehículo privado en el centro de la ciudad permite rediseñar el espacio vial para priorizar los recorridos peatonales y los carriles para bicicletas. Además, proporciona mayor seguridad a todas las modalidades de transporte, destacando la peatonal y ciclista.
- **Reducción de carriles.** Reducir la cantidad de carriles destinados a los vehículos privados genera oportunidades para mejorar la movilidad peatonal, ampliar las aceras, crear espacios para bicicletas y promover la actividad comercial en la zona.

Ilustración 47. Reducción de carriles. Fuente: Google Maps. [44]

- **Reducción de estacionamientos**. Al contar con aparcamientos disuasorios en las afueras de la ciudad, se puede reducir la cantidad de estacionamientos en el centro, lo que permite ampliar aceras o carriles para bicicletas, mejorando la movilidad, reduciendo el número de vehículos en el centro de la ciudad y promoviendo modos de transporte más sostenibles.
- **Incremento de capacidad y fluidez vial**. La reducción de vehículos estacionados en el centro de la ciudad y la implementación de sistemas de transporte eficientes contribuyen a aumentar la capacidad de las infraestructuras viales y a mejorar la fluidez del tráfico al necesitar menos espacio entre vehículos.
- **Promoción del transporte público**. Fomentar políticas y acciones relacionadas con el transporte público, como la mejora de la infraestructura, la frecuencia y calidad del servicio, supone incentivar su uso y reducir la dependencia de los vehículos privados.

Ilustración 48. Ejemplo de punto de información. Fuente: Levante-EMV.

- **Fomentar modos alternativos**. La concienciación social sobre otras modalidades de transporte pueden suponer la reducción del uso del vehículo privado y la dependencia de este, así como fomentar la movilidad sostenible.
- **Sistema de movilidad intermodal.** Existe la posibilidad técnica de desarrollar un sistema de movilidad que integre diferentes modos de transporte y que sea más competitivo en comparación con el uso del automóvil particular para Santander y los municipios en estrecha relación con la capital.
- **Competitividad del transporte público.** Al reducir los carriles de circulación a uno por sentido, se agilizan los tiempos de viaje del transporte público en comparación con los vehículos particulares, lo que supone una mayor competitividad y prioridad del transporte público frente al vehículo particular.

- **Sincronización y conexión de líneas.** Es posible mejorar la sincronización y conexión actual de las líneas regionales, municipales y de tren de cercanías para ofrecer un servicio más integrado y cómodo para los usuarios.
- **Transbordos eficientes.** La implementación de transbordos eficientes permite facilitar el flujo de estudiantes que viajan en autobús desde los municipios colindantes hacia los centros de estudios universitarios. Además, llevarlo a cabo sin tener que entrar al centro de la ciudad permitiría reducir la congestión y facilitaría la movilidad en horas punta.
- **Mejora de la accesibilidad.** La accesibilidad para personas con discapacidad y movilidad reducida en el transporte público se logra mediante la implementación de estaciones con andenes al nivel del vehículo público, facilitando su acceso. Además, es fundamental considerar la accesibilidad de todas minorías.

Ilustración 49. Accesibilidad universal. Fuente: MODII. [55]

- **Implementación de incentivos**. Se considera que los incentivos son una estrategia efectiva para promover cambios en los comportamientos de los ciudadanos. Si bien se conoce que los incentivos negativos pueden generar mejores resultados, se destaca la importancia de aplicar incentivos positivos como una forma de motivar y recompensar el uso de modos de transporte sostenibles.
- **Medidas económicas**. Se pueden implementar reformas en los precios y en la gestión de infraestructuras viales como incentivo para fomentar el transporte sostenible. Algunos instrumentos económicos a utilizar pueden ser impuestos a la compra, propiedad o desguace de vehículos, restricciones en el número de vehículos o registros nuevos, y tasas por el uso del vehículo o el acceso al centro de la ciudad en el mismo.
- **Captación de nuevos usuarios.** Si bien las paradas del centro de la ciudad ya tienen una demanda establecida, resulta interesante atraer a nuevos usuarios en otras áreas y arterias de la ciudad mediante la implementación de nuevas y atractivas líneas.
- **Naturalización del entorno**. Debido a la reducción de automóviles y estacionamientos, es posible incorporar más espacios verdes y áreas naturales en la ciudad, lo cual no solo contribuye a la estética y bienestar de los ciudadanos, sino que también promueve la movilidad peatonal al crear entornos atractivos y agradables.

Después de considerar todos los aspectos mencionados y las oportunidades de mejora identificadas, a continuación se presenta la propuesta de alternativas que se consideran adecuadas para satisfacer tanto la demanda actual como futura.

3.4. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

Tomando como base los criterios de diseño del transporte público, los marcos legales y normativos vigentes, las particularidades de la localización, la oferta y la demanda existente, y las oportunidades de mejora, es posible dar forma a las posibles alternativas a desarrollar.

Considerando la necesidad de ofrecer el servicio más óptimo en términos de cobertura de la demanda, frecuencias, entre otros aspectos, al mismo tiempo que se minimizan los costos operativos, se deben evaluar cuidadosamente las alternativas propuestas.

Además, será necesario definir el itinerario de la nueva ruta, las estaciones de la misma, las frecuencias y horarios necesarios, los tiempos de viaje, los tiempos en parada, la flota de vehículos, la situación de los talleres y cocheras, etc.

De este modo, a continuación se introducen, analizan y detallan las alternativas propuestas a partir de los resultados obtenidos del modelo de simulación utilizado para la definición del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander.

3.4.1. MODELO DE SIMULACIÓN

Contar con un modelo de simulación y predicción de movilidad para la ciudad de Santander es fundamental para proponer medidas de transporte y movilidad. Asimismo, es esencial poder cuantificar de manera precisa los impactos generados por estas propuestas para evaluar su sostenibilidad desde perspectivas económicas, sociales y medioambientales.

El laboratorio de Tráfico y Transporte Público del Sum+Lab ha facilitado un modelo de transporte de 4 etapas implementado en el software VISUM, desarrollado por la empresa alemana PTV. Este software ofrece herramientas de planificación del transporte y tiene la capacidad de trabajar con diversas metodologías de modelización de manera flexible. [56]

El modelo utilizado contempla toda la red vial del municipio, las 20 líneas de autobús, las más de 400 paradas gestionadas por el TUS y el sistema ferroviario de cercanías. Se ha dividido el municipio en un total de 113 zonas internas y 6 zonas externas.

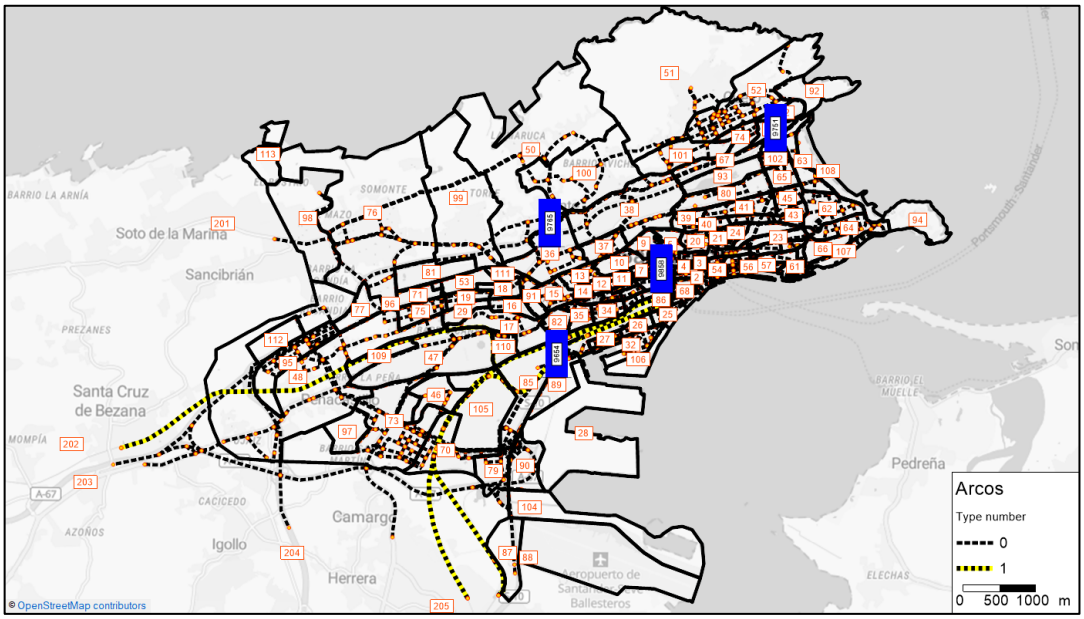


Ilustración 50. Modelado de Santander mediante VISUM. Fuente: VISUM.

A continuación, se presentan las fuentes de datos utilizadas por Sum+Lab para modelar la movilidad en Santander. Estas fuentes se dividen en tres categorías principales:

- **Datos de tráfico en tiempo real**. Se dispone de datos de 230 bucles de tráfico que registran el volumen de vehículos, la ocupación y la hora de paso, de imágenes en tiempo real de 49 cámaras de tráfico distribuidas por la ciudad, de señales de tráfico como semáforos y planes de control del tráfico, de 300 sensores que registran la ocupación de plazas de aparcamiento, etc.
- **Datos de transporte público**. Sum+Lab tiene acceso a las bases de datos del TUS, por lo que incluye datos sobre las líneas de autobús, recorridos, paradas, horarios, conductores asignados y otros servicios previstos. También se utiliza el Sistema de Ayuda a la Explotación de Autobuses (SAE) que proporciona datos en tiempo real sobre el funcionamiento de los autobuses y el sistema de billetaje del transporte urbano.
- **Datos de otras fuentes**. Se incluyen datos de sistema de alquiler de bicicletas públicas de Santander, resultados aportados por sensores ambientales que miden y monitorean la calidad del aire en la ciudad, etc.

Además, se ha hecho uso de otras fuentes adicionales como fuentes cartográficas que proporcionan datos sobre el uso del suelo, encuestas de movilidad que brindan información sobre el comportamiento y percepción de las personas, información sobre la distribución de los viajes en la ciudad utilizando datos de telefonía móvil, así como conteos de vehículos en calles e intersecciones.

Señalar que el modelo de simulación a través del software VISUM se organiza en 4 etapas:

- **Generación de viajes**. Esta etapa del modelo se basa en técnicas de regresión lineal para simular la generación y atracción de viajes en cada zona. Se utilizan datos obtenidos de encuestas en hogares y de los usos del suelo.
- **Distribución de viajes**. Se aplica un modelo gravitacional doblemente restringido que considera las generaciones y atracciones de viajes obtenidas anteriormente, así como el histograma observado de distancias de viaje. Esto permite obtener una matriz completa de viajes para el área en estudio.
- **Elección modal**. Se utiliza un modelo discreto de elección entre los distintos modos de transporte. Este se estima mediante datos mixtos de preferencias reveladas y declaradas, incluyendo variables como tiempo de viaje, coste, tiempo de espera y tiempo de traslado.
- **Asignación de viajes**. Se realiza una asignación de tráfico, por frecuencias y tanto de peatones como de bicicletas para determinar las rutas que siguen. Las matrices de asignación y demanda se encuentran actualizadas y corregidas.

Señalar que el modelo utilizado presenta un ligero desequilibrio en la producción de viajes entre diferentes áreas de la ciudad. En concreto, los barrios ubicados en el centro y sur-suroeste generan menos viajes en comparación con los barrios del norte y noroeste. Esto es debido a que tiene como objetivo evaluar la movilidad de la ciudad en un contexto futuro donde el desarrollo de nuevos suelos urbanizables ya se encuentra asentado.

A continuación, se presentan las alternativas consideradas de forma justificada junto con los resultados obtenidos a partir del software VISUM para la adecuada propuesta de un proyecto de BRT eléctrico en la ciudad.

3.5. CRITERIOS DE DISEÑO

El presente proyecto propone la mejora de la movilidad a partir de la creación de una alternativa de transporte público junto con la implantación de aparcamientos disuasorios en puntos estratégicos de la ciudad, con el objetivo principal de generar un efecto disuasorio de los vehículos privados en el interior del municipio y evitar la entrada de automóviles de otros municipios en Santander.

En concreto, el Bus Rapid Transit (BRT) es un sistema de transporte público de alta capacidad que utiliza una infraestructura y una flota de vehículos especialmente diseñada para ofrecer una alternativa flexible, rentable, confiable, sostenible y rápida al automóvil.

Señalar que la implantación de un sistema BRT eléctrico junto con aparcamientos disuasorios no prioriza los modos no motorizados, como los peatonales o ciclistas. Sin embargo, facilita la intermodalidad en sus estaciones y el ensanchamiento tanto de las aceras como zonas verdes debidas a la reducción en el número de plazas de aparcamiento.

La implementación de nuevos aparcamientos disuasorios puede generar la percepción de que se está fomentando el uso del vehículo privado. No obstante, es importante destacar que el objetivo principal de estos aparcamientos es desalentar el uso del vehículo privado, evitar la entrada de vehículos al centro de la ciudad y el uso de modos de transporte más sostenibles para llegar a su destino final.

Ilustración 51. Aparcamiento disuasorio propuesto. Fuente: El Diario Montañés. [6]

Por ello, en primer lugar se han identificado las arterias urbanas más próximas a los aparcamientos disuasorios propuestos. Dado que el sistema BRT requiere de carriles reservados y los autobuses articulados presentan unas dimensiones considerables, se han localizado las calles o avenidas que permiten su circulación, aprovechando la infraestructura existente, sin eliminar el acceso a los vehículos privados, ya que se desea un efecto disuasorio y no abolicionista.

El interés principal es desarrollar un corredor de acceso rápido perimetral a la ciudad que permita facilitar el acceso a los grandes puntos de generación de viajes sin tener que pasar por el centro o utilizar el automóvil, como son las playas del Sardinero, los Campos de Sport, el Palacio de Deportes, la Universidad de Cantabria, el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, centros sanitarios, barrios con alta demanda, así como centros comerciales.

El corredor propuesto permite el transbordo con resto de líneas de autobuses TUS o regionales que presentan paradas muy próximas a las estaciones propuestas. También se podría realizar el transbordo tanto en la estación de trenes de Nueva Montaña como en la posible futura estación junto al PCTCAN.

Asimismo, se ha querido disponer estaciones en zonas que no están siendo especialmente atendidas por la oferta actual, junto a los puntos de alquiler de bicicletas existentes y a las intersecciones más demandadas para favorecer la accesibilidad y reducir las distancias de recorrido para las personas más vulnerables. Afirmar que se ha querido otorgar una gran frecuencia al sistema debido a que su ocupación en los espacios públicos es considerable y hay que aprovecharlo. Además, cuanto mayor uso se le dé, menor será su coste marginal.

Destacar que no se desea implantar una línea que pase por el centro de la ciudad, ya que los problemas de solapamiento existentes requieren de una reestructuración de la red de autobuses completa. Tampoco se desea circular por la Avenida de Parayas ni por el acceso de Castilla-Hermida ya que la movilidad por dicho acceso debe ser solucionada de forma previa e independiente. Sin embargo, un efecto resultante de la implantación de la línea de BRT eléctrico y de un aparcamiento disuasorio junto a la S-10 pueden suponer la reducción de la demanda existente en dichos accesos.

Siguiendo los criterios de diseño mencionados, las alternativas propuestas son las que se adjuntan en la siguiente ilustración. En concreto, se plantean tres alternativas que discurren entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés, a través de Los Castros, la Avenida de Valdecilla o la S-20, tal y como se describen a continuación.

Ilustración 52. Alternativas propuestas. Fuente: Autor.

3.5.1. ALTERNATIVA 1

Para la correcta planificación del sistema BRT ha sido necesario llevar a cabo el estudio de la demanda en combinación con el diseño de los itinerarios, paradas, frecuencias, horarios y flota necesarios. Señalar que al modelo de simulación de VISUM, descrito previamente, no se le han introducido el valor de los usuarios estimados en los aparcamientos disuasorios, por lo que la demanda resultante de las alternativas puede ser todavía más positivo.

El proceso realizado a través del software VISUM ha sido el siguiente. En primer lugar, se han creado los nodos de la nueva línea y se han dispuesto los arcos destinados al BRT eléctrico entre dichos nodos. Posteriormente, se le han enlazado los conectores a las distintas zonas a las que ofrecerá el servicio y se han creado los puntos de parada sobre los nodos originales. Consecutivamente, se ha creado la nueva línea de autobuses de alta capacidad y se ha definido la ruta de la línea para ambos sentidos.

Tras numerosas pruebas, la Alternativa 1 se ha dispuesto de forma lineal entre el Intercambiador del Sardinero y El corte Inglés, pasando por la Universidad de Cantabria, la Facultad de Medicina y el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria. El trazado se encuentra próximo a los aparcamientos disuasorios de el Sardinero-UIMP, del Distribuidor de la Marga, del Alisal, del Primero de Mayo y de El Corte Inglés.

Señalar que se trata de un recorrido rápido, cómodo y directo, que permite viajes por motivos de trabajo, educación, sanidad y ocio, principalmente. Adicionalmente, presenta conexión con todas las líneas TUS excepto los autobuses 5C1, 5C2, 11, 14 y 16.

Ilustración 53. Ruta de la Alternativa 1. Fuente: Autor.

En concreto, se han dispuesto 24 estaciones con una separación promedio de 450 metros a lo largo de 10.797 metros entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés. Además, se ha dispuesto un horario de servicio de 6:00h a 23:00h cada 7 minutos para ambos sentidos, lo que resulta en 172 viajes diarios a una velocidad comercial de 19,6 km/h. Por ello, el servicio entre ambos extremos se realiza en 33 minutos, considerando 20 segundos de parada en cada estación.

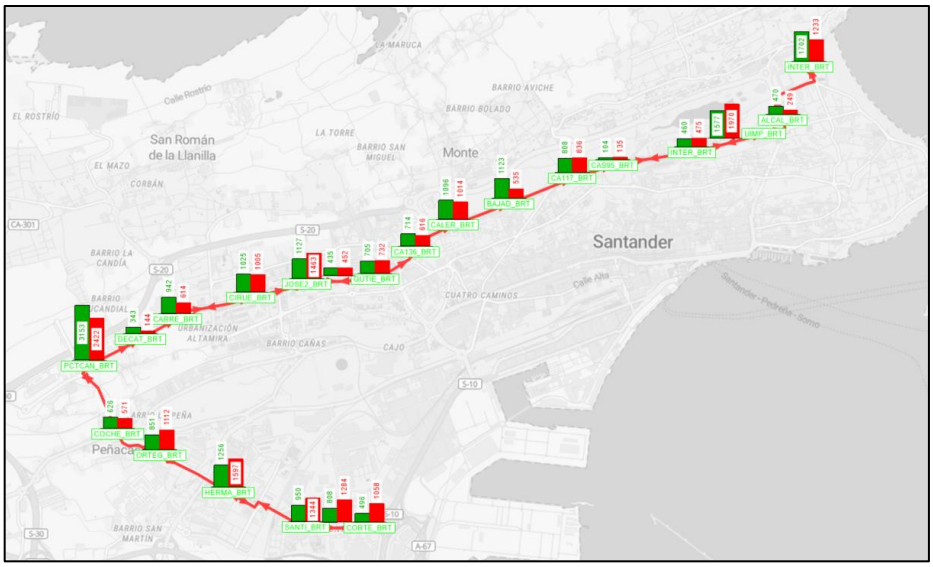


Ilustración 54. Demanda de la Alternativa 1. Fuente: VISUM.

El resultado del modelo de simulación estima una demanda de 21.550 usuarios diarios, lo que supone el 38,7% de la demanda total actual de TUS, con las siguientes características:

Estación	Localización	Suben	Bajan	Total
Intercambiador Sardinero	Av. De Pontejos, 33	1.702	1.233	13,6%
Alcalde Vega Lamera	C. Alcalde Vega Lamera, 2	470	249	3,3%
UIMP	Av. de los Castros, 42	507	608	5,2%
Escuela de Caminos	Av. de los Castros, 44	1.577	1.970	16,5%
Interfacultativo	Av. de los Castros, 52	460	475	4,3%
Bajada de Polio	Av. de los Castros, 95	104	135	1,1%
Justo Colongues	Av. de los Castros, 113	808	836	7,6%
Bajada de San Juan	Av. de los Castros, 141	1.123	535	7,7%
Manuel Llano	Av. de los Castros, 145	1.096	1.014	9,8%
Albericia	Av. de los Castros, 138	714	616	6,2%
Gutiérrez Solana	C. Gutiérrez Solana, 34	705	732	6,7%
José María de Cossío	C. José María de Cossío, 17	435	452	4,1%
Cazoña	C. José María de Cossío, 33	1.127	1.463	12,0%
Los Ciruelos	C. los Ciruelos, 28	1.025	1.005	9,4%
Carrefour	C. Joaquín Rodrigo, 2	942	614	7,2%
Decathlon	C. Joaquín Rodrigo, 4	343	144	2,3%
Adarzo	C. Joaquín Rodrigo, 10	272	82	1,6%
PCTCAN	C. Albert Einstein, 16	3.153	2.422	25,9%
Severo Ochoa	C. Severo Ochoa, 45	626	570	5,6%
José Ortega y Gasset	C. José Ortega y Gasset, 35	851	1.112	9,1%
Hermanos Calderón	C. Hermanos Calderón, 9	1.256	1.597	13,2%
Santiago Mayor	Av. Nueva Montaña, 9	950	1.344	10,6%
Bartolomé Darnis	Av. Nueva Montaña, 2	808	1.284	9,7%
El Corte Inglés	Av. Nueva Montaña, 1	496	1.058	7,2%
	Total	**21.550**	**21.550**	**100%**

Tabla 6. Demanda de la Alternativa 1. Fuente: Autor.

Señalar que la mayor demanda de viajeros se localiza en el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN), donde más del 25% de los usuarios harían uso de dicha estación. Seguidas se encuentran las estaciones de la Escuela de Caminos (16,5%), el Intercambiador del Sardinero (13,6%) y Cazoña (12%).

3.5.2. ALTERNATIVA 2

Tras realizar el mismo procedimiento a través de VISUM, la Alternativa 2 se ha dispuesto también de forma lineal entre el Intercambiador del Sardinero y El corte Inglés, pasando por la Universidad de Cantabria y el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria. Sin embargo, esta vez el trazado se desvía hasta el Hospital Universitario, a su paso por el Intercambiador de Valdecilla, con el objetivo de proveer el acceso al servicio sanitario más importante de la región y acercarse ligeramente al centro de la ciudad.

Ilustración 55. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Fuente: ICASS. [52]

El trazado se encuentra próximo a los aparcamientos disuasorios de el Sardinero-UIMP, del Distribuidor de La Marga, del Alisal, del Primero de Mayo y de El Corte Inglés. Además, presenta conexión con todas las líneas TUS a su paso por el municipio de Santander.

Ilustración 56. Ruta de la Alternativa 2. Fuente: Autor.

En concreto, se han dispuesto 25 estaciones con una separación promedio de 470 metros a lo largo de 11.665 metros entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés. Además, se ha dispuesto un horario de servicio de 6:00h a 23:00h cada 7 minutos para ambos sentidos, lo que resulta en 172 viajes diarios a una velocidad comercial de 20,0 km/h. Por ello, el servicio entre ambos extremos se realiza en 35 minutos, considerando 20 segundos de parada en cada estación.

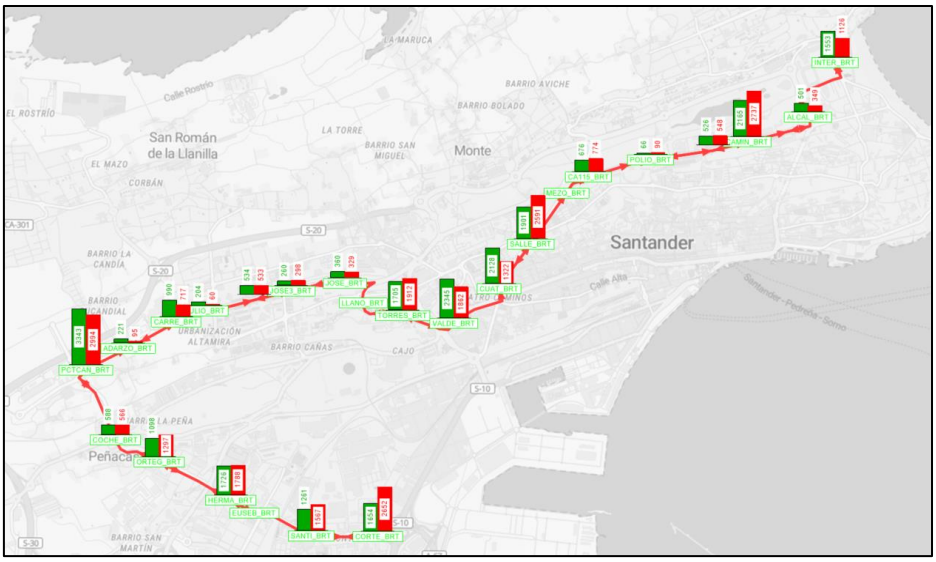


Ilustración 57. Demanda de la Alternativa 2. Fuente: VISUM.

El resultado del modelo de simulación estima una demanda de 27.968 usuarios diarios, lo que supone el 50,2% de la demanda total actual de TUS, con las siguientes características:

Estación	Localización	Suben	Bajan	Total
Intercambiador Sardinero	Av. De Pontejos, 33	1.553	1.126	9,6%
Alcalde Vega Lamera	C. Alcalde Vega Lamera, 2	501	349	3,0%
Escuela de Caminos	Av. de los Castros, 44	2.165	2.737	17,5%
Interfacultativo	Av. de los Castros, 52	526	548	3,8%
Bajada de Polio	Av. de los Castros, 95	66	90	0,6%
Justo Colongues	Av. de los Castros, 113	676	774	5,2%
Camilo Alonso Vega	C. Camilo Alonso Vega, 48	651	738	5,0%
La Salle	C. Camilo Alonso Vega, 34	1.901	2.591	16,1%
Cuatro Caminos	C. Camilo Alonso Vega, 10	2.128	1.322	12,3%
Intercambiador Valdecilla	Av. Valdecilla, 25	2.345	1.862	15,0%
Torres Quevedo	C. de Torres Quevedo, 11	1.705	1.912	12,9%
Manuel Llano	Av. Herrera Oria, 25	1.298	904	7,9%
José María de Cossío	C. José María de Cossío, 15	360	329	2,5%
Cazoña	C. José María de Cossío, 54	260	298	2,0%
Los Ciruelos	C. los Ciruelos, 28	534	533	3,8%
Julio Jaurena	C. Julio Jaurena, 4	204	60	0,9%
Carrefour	C. Joaquín Rodrigo, 2	990	717	6,1%
Adarzo	C. Joaquín Rodrigo, 10	221	95	1,1%
PCTCAN	C. Albert Einstein, 16	3.343	2.994	22,7%
Severo Ochoa	C. Severo Ochoa, 45	588	566	4,1%
José Ortega y Gasset	C. José Ortega y Gasset, 35	1.098	1.297	8,6%
Hermanos Calderón	C. Hermanos Calderón, 9	1.726	1.788	12,6%
Eusebio Santamaría	C. Hermanos Calderón, 24	214	119	1,2%
Nueva Montaña	Av. Nueva Montaña, 9	1.261	1.567	10,1%
El Corte Inglés	Av. Nueva Montaña, 1	1.654	2.652	15,4%
	Total	**27.968**	**27.968**	**100%**

Tabla 7. Demanda de la Alternativa 2. Fuente: Autor.

Señalar que la mayor demanda de viajeros también se localiza en el PCTCAN, donde casi el 23% de los usuarios harían uso de dicha estación. Seguidas se encuentran las estaciones de la Escuela de Caminos (17,5%), La Salle (16,1%) y El Corte Inglés (15,4%).

3.5.3. ALTERNATIVA 3

Siguiendo con el software VISUM, la Alternativa 3 se ha dispuesto también de forma lineal entre el Intercambiador del Sardinero y El corte Inglés. En este caso, se propone su disposición por la S-20 y el desvío a Corbán de forma previa a alcanzar el PCTCAN.

El objetivo de la propuesta se basa principalmente en su conexión con los barrios más alejados del municipio y con casi todos los aparcamientos disuasorios, estos son:

Aparcamiento disuasorio	Demanda mínima	Contiguo
Campos del Sport	670	SI
Sardinero-UIMP	5.970	SI
S-20 (Justo Colongues)	2.787	SI
S-20_2 (Repuente)	2.037	SI
Distribuidor de La Marga	1.374	NO
La Marga	10.456	NO
Corbán	360	SI
Alisal	3.521	SI
Primero de Mayo	1.460	SI
El Corte Inglés	(Propuesta Propia)	SI

Tabla 8. Aparcamientos disuasorios propuestos. Fuente: Autor.

El trazado permite una velocidad comercial ligeramente superior y se contempla el acceso de los barrios a los que daría acceso mediante elementos de movilidad vertical. Además, presenta conexión con todas las líneas TUS excepto los autobuses 5C1, 5C2, 11, 14 y 16.

Ilustración 58. Ruta de la Alternativa 3. Fuente: Autor.

En concreto, se han dispuesto 19 estaciones con una separación promedio de 680 metros a lo largo de 12.962 metros entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés. Además, se ha dispuesto un horario de servicio de 6:00h a 23:00h cada 7 minutos para ambos sentidos, lo que resulta en 172 viajes diarios a una velocidad comercial de 21,2 km/h. Por ello, el servicio entre ambos extremos se realiza en 36,5 minutos, considerando 20 segundos de parada en cada estación.

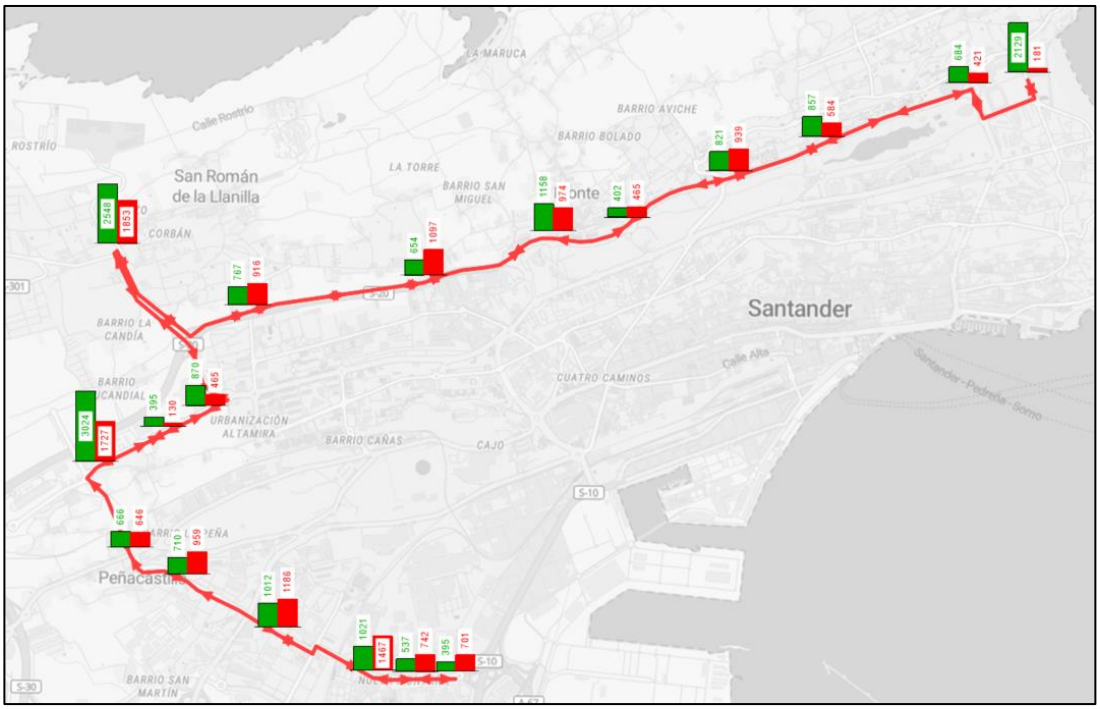


Ilustración 59. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: VISUM.

El resultado del modelo de simulación estima una demanda de 19.025 usuarios diarios, lo que supone el 34,1% de la demanda total actual de TUS, con las siguientes características:

Estación	Localización	Suben	Bajan	Total
Intercambiador Sardinero	Av. De Pontejos, 33	2.129	1.598	19,6%
Palacio de Deportes	C. Alcalde Vega Lamera, 1	684	440	5,9%
Escenario Santander	Av. de la Constitución, 39	857	584	7,6%
Justo Colongues	Bo. Monte la Torre, 39	821	939	9,3%
Bajada de San Juan	C. la Torre, 139	402	465	4,6%
Repuente	Gta. Constitución, 65	1.158	1.086	11,8%
Albericia	C. la Gloria, 105	654	1.098	9,2%
Vicente Trueba	Av. Vicente Trueba, 0	767	1.273	10,7%
Corbán	C/ Corbán, 1	2.548	1.967	23,7%
Carrefour	C. Joaquín Rodrigo, 2	870	1.529	12,6%
Decathlon	C. Joaquín Rodrigo, 4	395	326	3,8%
Adarzo	C. Joaquín Rodrigo, 10	375	80	2,4%
PCTCAN	C. Albert Einstein, 16	3.024	1.727	25,0%
Severo Ochoa	C. Severo Ochoa, 45	666	647	6,9%
José Ortega y Gasset	C. José Ortega y Gasset, 35	710	961	8,8%
Hermanos Calderón	C. Hermanos Calderón, 9	1.012	1.203	11,6%
Santiago Mayor	Av. Nueva Montaña, 9	1.021	1.477	13,1%
Bartolomé Darnis	Av. Nueva Montaña, 2	537	772	6,9%
El Corte Inglés	Av. Nueva Montaña, 1	395	853	6,6%
	Total	**19.025**	**19.025**	**100%**

Tabla 9. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: Autor.

Señalar que la mayor demanda de viajeros vuelve a localizarse en el PCTCAN, donde el 25% de los usuarios harían uso de dicha estación. Seguidos muy de cerca se encuentran las estaciones de Corbán con el 23,7% y el Intercambiador del Sardinero con el 19,6% de los usuarios. Destacar que esta línea presenta el menor valor de demanda diaria ya que está enfocada en los aparcamientos disuasorios y no se ha tenido en cuenta su demanda mínima.

4. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Es fundamental considerar cuidadosamente el impacto de las soluciones desarrolladas en el contexto global, económico, ambiental y social. Es por ello por lo que un sistema de transporte sostenible se logra cuando se encuentra un equilibrio entre la viabilidad económica, el impacto social y la compatibilidad ambiental. Señalar que es posible analizar cada una de estas dimensiones de forma independiente, pero es importante tener en cuenta que las prioridades deben establecerse de manera conjunta.

De este modo, en el presente apartado se evalúan los principales impactos del ciclo de vida del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander mediante los indicadores clave de desempeño o KPI propuestos y distinguiendo entre las cinco fases de los proyectos:

- **Fase de inicio**. Contempla la identificación y formulación del proyecto. Se realizan los estudios de factibilidad, se definen los objetivos y el alcance del proyecto, se identifican los recursos necesarios y se establece la viabilidad técnica, financiera y ambiental.
- **Fase de diseño**. Etapa en la que se elabora el diseño detallado del proyecto. En este se definen las características generales y particulares del mismo, se estima el presupuesto, se desarrollan los planos y se determinan las especificaciones técnicas.
- **Fase de ejecución**. Durante esta fase se lleva a cabo la construcción e implementación del proyecto. Se realizan las obras de infraestructura, se adquieren los vehículos, se instalan los sistemas necesarios, se establecen los mecanismos de control y gestión, y se capacita a los futuros trabajadores del proyecto.
- **Fase de control y seguimiento**. Etapa en la que se monitorea y supervisa el funcionamiento del proyecto. Se realizan pruebas de operación, se evalúa el desempeño y se realizan ajustes si es necesario. También se lleva a cabo la gestión de riesgos, se controla el cumplimiento de los plazos y presupuesto, y se implementan medidas para garantizar la seguridad y calidad del servicio.
- **Fase de cierre**. Contempla el desmantelamiento en caso de pérdida de la eficiencia por nuevos avances, existencia de mejores soluciones o la falta de la respuesta deseada. Se evalúa la situación y su desempeño, se documentan lecciones aprendidas, se planifica e implementa su desmantelamiento, y se efectúa el cierre administrativo.

Además del ciclo de vida, es fundamental identificar y evaluar los riesgos inherentes al propio proyecto para la correcta evaluación de la sostenibilidad de un proyecto. De este modo, al contemplar los riesgos, se busca anticiparse a ellos y tomar medidas para mitigarlos o gestionarlos de manera efectiva. Así, al considerar los riesgos de manera proactiva, se aumenta la probabilidad de éxito del proyecto y se minimizan las posibles interrupciones o impactos negativos.

Evaluación	Ciclo de vida	Riesgos
Ambiental	Impacto ambiental	Ambientales
Económico	Impacto económico	Económicos
Social	Impacto social	Sociales

Tabla 10. Matriz de Sostenibilidad. Fuente: Autor.

Por todo ello, en los siguientes apartados se desarrolla el análisis detallado de la matriz anterior y se cuantifican los valores de los principales indicadores considerados para la correcta evaluación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad.

4.1. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Para la correcta evaluación de la sostenibilidad ambiental, a continuación se identifican y evalúan los riesgos ambientales referentes al proyecto de BRT eléctrico en Santander. Posteriormente, se definen y desarrollan los indicadores ambientales a valorar y se analizan los resultados obtenidos para la posterior elección de la alternativa más sostenible.

4.1.1. RIESGOS AMBIENTALES

En primer lugar, es fundamental identificar y evaluar los riesgos ambientales inherentes al propio proyecto para la correcta evaluación de la sostenibilidad del proyecto con el objetivo de anticiparse a ellos y tomar medidas para mitigarlos o gestionarlos de manera efectiva.

En concreto, el proyecto de BRT eléctrico en Santander conlleva ciertos riesgos ambientales que deben ser considerados. Los principales riesgos considerados son los siguientes:

- **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**. Aunque el BRT eléctrico utiliza vehículos de cero emisiones, es importante asegurar que la generación de energía eléctrica utilizada para cargar estos vehículos sea de fuentes renovables. De lo contrario, podría haber emisiones indirectas de GEI durante la generación de electricidad.
- **Pérdida de biodiversidad**. La construcción de nuevas infraestructuras, como las estaciones del BRT y los aparcamientos disuasorios, puede implicar la pérdida o fragmentación de hábitats naturales, lo que afectaría negativamente a la biodiversidad local. Por lo que es necesario tomar medidas de mitigación para minimizar este riesgo.
- **Impacto en la calidad del aire**. Aunque los vehículos eléctricos del sistema BRT no emiten gases contaminantes durante su explotación, la construcción de las infraestructuras necesarias y la operación del sistema pueden generar polvo y partículas en suspensión que afecten la calidad del aire. Así, es esencial implementar medidas de control de la contaminación del aire durante todas las etapas del proyecto para minimizar este riesgo y proteger la salud de los ciudadanos.
- **Contaminación acústica**. El aumento del tráfico y la operación de los aparcamientos disuasorios pueden generar niveles de ruido más altos en el entorno. Esto puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de las personas que viven cerca. Por ello, se deben implementar medidas de diseño y gestión adecuadas para mitigar la contaminación acústica.
- **Consumo de recursos naturales**. La construcción y mantenimiento de las infraestructuras del BRT requiere el uso de materiales y recursos naturales, como el acero, el hormigón y la energía. Es importante gestionar eficientemente estos recursos y considerar opciones de construcción sostenible para reducir el impacto ambiental.
- **Generación de residuos**. La implementación del BRT puede generar residuos de construcción y demolición, así como residuos derivados de la operación y mantenimiento del sistema. Por todo ello, es necesario establecer planes de gestión de residuos adecuados para minimizar los desechos y promover su reciclaje o reutilización.

Por todo ello, es crucial abordar estos riesgos ambientales de manera efectiva para garantizar que el proyecto de BRT eléctrico en la ciudad Santander sea sostenible y respetuoso con el entorno natural de la ciudad.

4.1.2. INDICADORES AMBIENTALES

A continuación, se enumeran y describen los principales indicadores ambientales tomados en cuenta para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico, distinguiendo y cuantificando las características particulares de cada alternativa propuesta.

Señalar que, para la consideración de los indicadores, se ha considerado la Matriz de análisis mediante criterios de sostenibilidad facilitada por el Aula IDOM, la tesis doctoral de Gonzalo Fernández Sánchez [57] y la tesis doctoral de José Arizón Fanlo [58], entre otros.

Por ello, a continuación se describen los principales indicadores ambientales considerados:

- **Consumo energético**. El consumo de energías renovables durante la fase de explotación del proyecto de BRT eléctrico en Santander está condicionado por la disponibilidad y origen de la energía renovable en el sector eléctrico en España en un momento dado.

  A nivel de España, en marzo de 2023, el consumo de energías renovables dentro de las fronteras del país se sitúa en torno a un 20,7% del consumo bruto final de energía. Por lo tanto, la flota de autobuses eléctricos a través de los pantógrafos recargarán sus baterías en función de la generación a nivel estatal de la misma. [59]

  Señalar que durante la construcción del sistema y de los aparcamientos disuasorios propuestos, el uso de energías renovables es notablemente inferior ya que la maquinaria general actual se encuentra propulsada por combustibles fósiles. Además, las tres alternativas únicamente se distinguirán en el consumo energético necesario en función del número de infraestructuras construidas y la longitud de las distintas líneas.

- **Emisiones e impactos.** En primer lugar, se evalúa la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante el ciclo de vida del proyecto de una línea BRT eléctrico en la ciudad de santander, expresadas como CO_2 equivalente.

  Considerando un ciclo de vida de 30 años y haciendo uso del estudio sobre el impacto medioambiental de tranvías y autobuses elaborado por Alstom y Carbone 4, se obtienen las siguientes huellas de carbono totales para las tres alternativas propuestas. [60]

$$A1 = \frac{41{,}06\ gCO2eq}{pax \cdot km \cdot \text{año}} \cdot 21.550\ pax \cdot 10{,}797\ km \cdot \frac{365\ días}{\text{año}} \cdot 30\ \text{años} \cdot 10^{-9} = 104{,}61\ ktCO_2eq$$

$$A2 = \frac{41{,}06\ gCO2eq}{pax \cdot km \cdot \text{año}} \cdot 27.968\ pax \cdot 11{,}665\ km \cdot \frac{365\ días}{\text{año}} \cdot 30\ \text{años} \cdot 10^{-9} = 146{,}68\ ktCO_2eq$$

$$A3 = \frac{41{,}06\ gCO2eq}{pax \cdot km \cdot \text{año}} \cdot 19.025\ pax \cdot 12{,}962\ km \cdot \frac{365\ días}{\text{año}} \cdot 30\ \text{años} \cdot 10^{-9} = 110{,}87\ ktCO_2eq$$

  En la etapa de construcción (24,55%), se identifican las actividades principales; la maquinaria utilizada (4,05%), los materiales empleados (5,48%), la energía requerida (3,60%) y la fabricación de la flota (11,42%), los cuales generan emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso de los materiales, según indica la Unión Europea, también se consideran las emisiones asociadas a su producción.

  En la etapa de explotación (75,45%), se identifican las actividades principales; la energía de tracción (42,99%), las posibles fugas de gas refrigerante (7,28%), el mantenimiento (16,64%) y la energía utilizada para las cocheras (8,54%), los cuales generan emisiones de gases de efecto invernadero. Señalar que los porcentajes aproximados han sido obtenidos del estudio indicado previamente.

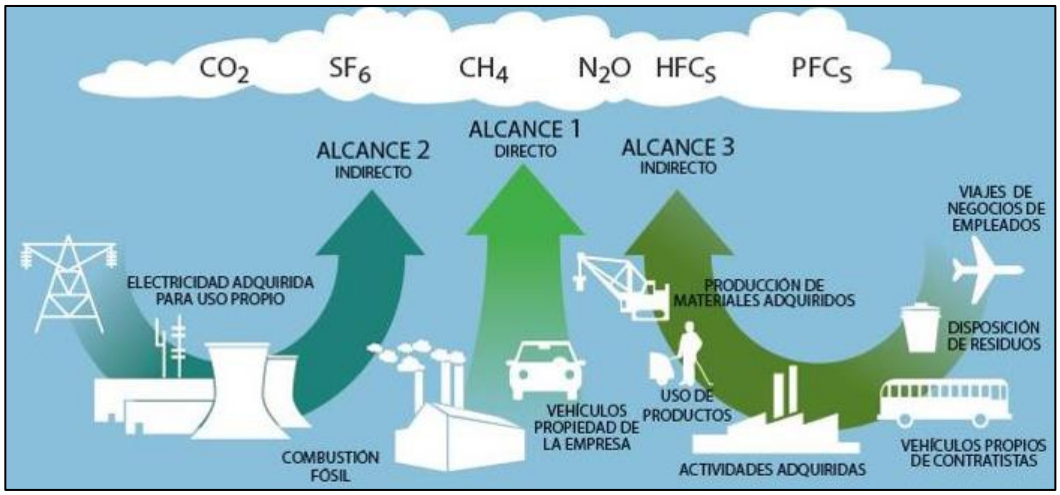


Ilustración 60. Huella de carbono considerada. Fuente: Greendevelopment. [61]

Además, se ha considerado la reducción de las emisiones de CO_2 equivalente con respecto a la reducción de viajes en vehículo privado derivada de la implantación del nuevo sistema de transporte público propuesto.

En concreto, las emisiones medias de los turismos nuevos en Europa alcanzan los 122 gramos de dióxido de carbono por kilómetro de media, según los datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

Por ello, para el cálculo de las emisiones de los automóviles que se dejarían de utilizar, se ha tomado el valor medio de 122 gCO_2eq/km, el uso del BRT los días laborables del año (249 días), que dos de cada tres usuarios provengan del vehículo privado y que eviten recorrer la mitad del trazado de la línea propuesta (50%), tal y como se desarrolla a continuación.

$$A1 = \frac{122\ gCO2eq}{veh \cdot km} \cdot \frac{2}{3} \cdot 21.550\ pax \cdot \frac{1}{2} \cdot 10{,}797\ km \cdot \frac{249\ días}{año} \cdot 30\ años \cdot 10^{-9} = 70{,}68\ ktCO_2eq$$

$$A2 = \frac{122\ gCO2eq}{veh \cdot km} \cdot \frac{2}{3} \cdot 27.968\ pax \cdot \frac{1}{2} \cdot 11{,}665\ km \cdot \frac{249\ días}{año} \cdot 30\ años \cdot 10^{-9} = 99{,}12\ ktCO_2eq$$

$$A3 = \frac{122\ gCO2eq}{veh \cdot km} \cdot \frac{2}{3} \cdot 19.025\ pax \cdot \frac{1}{2} \cdot 12{,}962\ km \cdot \frac{249\ días}{año} \cdot 30\ años \cdot 10^{-9} = 74{,}91\ ktCO_2eq$$

Señalar que los resultados obtenidos únicamente se refieren a la etapa de la explotación y, más concretamente, a la energía de tracción media.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Emisiones en fase de construcción (tCO_2)	25,68	36,01	27,22
Emisiones en fase de explotación (tCO_2)	78,93	110,67	83,65
Emisión total vida útil de la línea (tCO_2)	104,61	146,68	110,87
Huella de carbono reducida (tCO_2)	70,68	99,12	74,91

Tabla 11. Emisiones e impactos. Fuente: Autor.

En segundo lugar, es importante analizar el impacto del proyecto en la calidad del aire (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas en suspensión, compuestos orgánicos volátiles, etc.), suelo (pesticidas, metales pesados, fertilizantes, etc.) y agua (plásticos, fármacos, deshechos, etc.) con el objetivo de reducir la contaminación atmosférica y mejorar la salud pública. Señalar que en las tres alternativas no desarrollan en las fase de construcción ni explotación estrategias específicas de reducción de la contaminación del aire, el suelo o el agua.

En tercer lugar, es necesario analizar el alcance de los efectos del proyecto en el medio ambiente desde una perspectiva paisajística y visual. En este sentido, se determina que el proyecto de BRT eléctrico no genera un impacto significativo en comparación con la situación actual. Sin embargo, se identifica que la implementación de aparcamientos disuasorios puede tener un mayor impacto en este aspecto.

Asimismo, es crucial considerar el efecto barrera como uno de los impactos más relevantes en el entorno. Este efecto implica la creación de una barrera física que limita los movimientos de la fauna terrestre existente. Cabe destacar que, dado que se utilizarán las vías existentes, no se prevé un cambio significativo en este aspecto.

Ilustración 61. Ruido derivado de la congestión. Fuente: El Diario Montañés. [6]

En cuarto lugar, se ha evaluado el impacto acústico del sistema de transporte, considerando las emisiones de ruido y vibraciones generadas por los vehículos y la infraestructura, buscando minimizar las molestias acústicas y preservar la calidad de vida de los residentes.

El análisis de la contaminación acústica se ha realizado a través de mapas de ruido, los cuales tienen como objetivo medir la exposición al ruido en edificios, viviendas y la población en general. Es importante destacar que se espera una notable reducción del ruido debido a la disminución del tráfico de vehículos, la reducción de congestión y el aumento de áreas destinadas a vehículos eléctricos.

No obstante, la construcción de los aparcamientos disuasorios puede generar un aumento considerable en la contaminación acústica y las vibraciones. Sin embargo, es relevante mencionar que estos aparcamientos se encuentran alejados de las viviendas y la población en general.

- **Gestión de recursos y circularidad**. En la evaluación ambiental, es fundamental analizar la gestión de los recursos y promover la circularidad de los mismos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, especialmente durante la construcción y explotación.

  En primer lugar, es interesante evaluar la eficiencia en el uso del agua, la implementación de medidas de conservación y reutilización del agua, así como la protección de los ecosistemas acuáticos y la prevención de la contaminación de fuentes de agua. En este caso, es imprescindible controlar los recursos hídricos durante la fase constructiva.

  En segundo lugar, se ha evaluado el impacto del proyecto en el uso y la gestión del suelo, considerando la ocupación de espacios para la infraestructura del BRT eléctrico y los aparcamientos disuasorios y buscando minimizar la ocupación de suelo y maximizar la utilización de espacios existentes. Además, se ha considerado la conservación del suelo, evitando la erosión, la degradación y la pérdida de suelo fértil.

En tercer lugar, se ha valorado el uso de materiales provenientes de fuentes locales, lo cual reduce la huella de carbono asociada al transporte de materiales. Además, se promueve la utilización de recursos renovables y sostenibles, así como la incorporación de materiales reciclados o reutilizados en la construcción y operación del proyecto.

Entre los materiales que pueden provenir de fuentes locales se encuentran los áridos para pavimentos, muros de contención y revestimientos, el hormigón, el acero reciclado y la madera para revestimientos o mobiliario urbano. Sin embargo, algunos materiales que no se encuentran disponibles son los de carácter electrónico, como los sistemas de carga eléctrica o la flota de vehículos, entre otros.

En cuarto lugar, se ha analizado la implementación de prácticas adecuadas de gestión de residuos y se ha evaluado la incorporación de los principios de economía circular en el diseño, construcción y explotación del proyecto. Esto implica maximizar la reutilización, reciclaje y valorización de los materiales, así como fomentar la prolongación de la vida útil de los productos y minimizar el desperdicio.

La gestión de residuos relacionados con el mantenimiento del sistema BRT eléctrico y los aparcamientos disuasorios será una tarea común. Estos residuos incluirán aceites usados, filtros de aire, neumáticos desgastados, baterías y otros desechos electrónicos. Será necesario implementar un plan eficiente de gestión de residuos, ya que algunos de estos elementos no son fácilmente reutilizables, recuperables, reciclables, o reparables.

- **Protección ambiental**. Su objetivo se basa en el análisis de los impactos sobre el entorno ambiental y la biodiversidad afectada, así como el control y la protección sobre esta. En concreto, se analiza el impacto del proyecto en la biodiversidad local, evaluando la afectación de áreas naturales protegidas, hábitats de especies en peligro y la fragmentación de ecosistemas, y minimizando el impacto negativo.

  Señalar que la posible problemática principal derivada de la construcción y explotación del proyecto sea la extensión de especies invasoras. En concreto, el Plumero de la Pampa (Cortaderia selloana) es la principal especie exótica invasora de la región. Su capacidad invasiva y transformadora del medio ambiente es significativa, especialmente en espacios protegidos y hábitats de interés comunitario.

Ilustración 62. Plumero de la Pampa. Fuente: MITECO. [62]

Por ello, es crucial tomar medidas efectivas para controlar y gestionar la propagación del Plumero de la Pampa, especialmente en los márgenes de las infraestructuras una vez concluidas, minimizando así los impactos negativos sobre los espacios naturales y promoviendo la conservación de la flora y fauna nativas.

4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la correcta evaluación de la sostenibilidad económica, a continuación se identifican y evalúan los riesgos económicos referentes al proyecto de BRT eléctrico en Santander. Posteriormente, se definen y desarrollan los indicadores económicos a valorar y se analizan los resultados obtenidos para la posterior elección de la alternativa más sostenible.

4.2.1. RIESGOS ECONÓMICOS

En primer lugar, es fundamental identificar y evaluar los riesgos económicos inherentes al propio proyecto para la correcta evaluación de la sostenibilidad del proyecto con el objetivo de anticiparse a ellos y tomar medidas para mitigarlos o gestionarlos de manera efectiva.

En concreto, el proyecto de BRT eléctrico en Santander conlleva ciertos riesgos económicos que deben ser considerados. Los principales riesgos considerados son los siguientes:

- **Costes de implementación y operación**. La construcción de los aparcamientos disuasorios y la adquisición de vehículos eléctricos puede alcanzar costos significativos. Por ello, es necesario evaluar dichos costos junto con los gastos operativos continuos, como el mantenimiento de los vehículos, la energía eléctrica y el personal necesario para operar el sistema de manera eficiente.
- **Rentabilidad y demanda**. Existe un riesgo de que la demanda del sistema BRT no sea suficiente para cubrir los costos y generar beneficios económicos. Por ello, es esencial realizar estudios de viabilidad económica y proyecciones de demanda realistas para asegurarse de que el proyecto sea financieramente sostenible a largo plazo.
- **Competencia con otros medios de transporte.** El éxito del BRT eléctrico puede depender de su capacidad para competir con otros medios de transporte existentes, como el automóvil. Si los usuarios no perciben al sistema BRT como una alternativa conveniente y económica, podrían optar por mantener sus opciones de transporte habituales, lo que afectaría la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.
- **Dependencia de la energía.** Dado que el sistema depende de vehículos eléctricos, los cambios en los precios de la electricidad pueden afectar los costos operativos. Las fluctuaciones en los precios de la energía eléctrica podrían tener un impacto significativo en la rentabilidad del proyecto y requerir estrategias de mitigación.
- **Expropiaciones**. La implementación de aparcamientos disuasorios y nuevas estaciones pueden llevar a la expropiación de propietarios locales. Por ello, es importante gestionar y garantizar adecuadamente la protección de los derechos de las personas afectadas.
- **Afección a los comercios.** La implementación del sistema puede afectar la accesibilidad y gestión de los comercios locales ubicados en las zonas afectadas, generando una disminución en sus ingresos y poniendo en riesgo su viabilidad.
- **Impacto en la economía.** La implantación de un nuevo sistema de transporte público y la construcción de aparcamientos disuasorios supone una inversión considerable por parte de las Administraciones Públicas. Además, la reducción de estacionamientos regulados (OLA) así como las subvenciones dispuestas para el correcto desarrollo del proyecto, entre otros, puede representar una reducción de ingresos considerable.

4.2.2. INDICADORES ECONÓMICOS

A continuación, se enumeran y describen los principales indicadores económicos tomados en cuenta para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico, distinguiendo y cuantificando las características particulares de cada alternativa propuesta.

- **Costes del proyecto**. Para la estimación aproximada de los costes sin IVA que se señalan a continuación, se ha acudido a proyectos similares, como la implantación del sistema BEI de Vitoria o la ampliación del tranvía en Bilbao. Señalar que en el análisis de los costes del proyecto de BRT eléctrico y de los aparcamientos disuasorios en la ciudad de Santander, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos.
  - Costes de diseño del proyecto. Estos costes incluyen los gastos relacionados con el diseño del proyecto, como los honorarios del personal encargado de la planificación, redacción y gestión del proyecto. Señalar que el presupuesto varía en función de la longitud de las líneas, la dificultad de las mismas y el número de estaciones y aparcamientos disuasorios proyectados. Por ello, la Alternativa 3 presentará el mayor coste, al que seguirá la Alternativa 2 y, con el menor coste, la Alternativa 1.
  - Costes de construcción e implantación. Abarca la construcción de la infraestructura necesaria para los aparcamientos disuasorios y el sistema BRT, como la construcción de estaciones, carriles exclusivos, señalización y otros elementos de la vía. En concreto, el proyecto debe contemplar los siguientes capítulos:
    - Carriles. Se consideran los apartados de movimiento de tierras, firmes y pavimentos, señalización, alumbrado, drenaje, jardinería, mobiliario, semaforización, comunicaciones, desvíos del tráfico, servicios afectados, obras complementarias, servicios afectados no detectados y partidas adicionales. Se estima un presupuesto aproximado de 650.000€ por kilómetro de carril.
    - Estaciones. Incluye andenes, marquesinas y bloques técnicos, drenaje, electricidad de baja tensión, red de tierras e infraestructura del sistema de carga. Se estima un presupuesto aproximado de 230.000€ por estación.
    - Flota de autobuses. Señalar que la adquisición de la flota de autobuses eléctricos constituye un componente importante en el presupuesto del proyecto. Esto incluye el costo de compra de los vehículos, así como cualquier costo adicional asociado, como la instalación de sistemas de carga. Se estima un presupuesto aproximado de 780.000€ por cada uno de los tres autobuses articulados de 18 metros y 530.000€ por cada uno de los tres o cuatro autobuses de 12 m.
    - Aparcamientos disuasorios. Se contemplan los apartados de movimiento de tierras, firmes y pavimentos, señalización, alumbrado, drenaje, jardinería, mobiliario, desvíos del tráfico, servicios afectados, obras complementarias, servicios afectados no detectados y partidas adicionales. Se estima un presupuesto aproximado de 1.200.000€ por aparcamiento disuasorio.
    - Seguridad y salud. El presupuesto correspondiente al estudio de seguridad y salud se estima de forma aproximada en función de los proyectos similares.
    - Gestión de residuos. El presupuesto correspondiente a la gestión de residuos se estima de forma aproximada en función de los proyectos similares.

Por todo ello, se estima el coste de implantación detallado en la siguiente tabla.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Coste de carriles BRT (€)	7.150.000	7.600.000	8.450.000
Coste de estaciones BRT (€)	5.520.000	5.750.000	4.370.000
Coste de la flota de autobuses (€)	3.930.000	3.930.000	4.460.000
Coste aparcamientos disuasorios (€)	6.000.000	6.000.000	9.600.000
Coste seguridad y salud (€)	422.000	435.000	502.000
Coste gestión de residuos (€)	49.000	50.000	58.000
Presupuesto de Ejecución Material (€)	23.071.000	23.765.000	27.440.000
Total Presupuesto Contrata sin IVA (€)	**27.454.490**	**28.280.350**	**32.653.600**

Tabla 12. Costes de implantación del proyecto. Fuente: Autor.

- Costes de operación y mantenimiento. Estos costes comprenden los gastos recurrentes necesarios para la operación diaria del sistema, como el consumo energético, el mantenimiento de los autobuses y la infraestructura, el personal, los seguros y otros costos operativos. En concreto, el transporte público propuesto presenta principalmente los siguientes gastos de explotación:

  - Consumo energético. El consumo energético es un indicador importante a considerar en la evaluación económica del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander. Dado que el sistema se basa en autobuses eléctricos, el consumo de energía será un factor clave en los costes de explotación del proyecto.

    Para el análisis económico se ha tomado en cuenta tanto el coste de la electricidad utilizada para cargar los autobuses, que actualmente oscila entre el 0,07 y el 0,18€/kWh, como la eficiencia energética de los vehículos.

    En concreto, los autobuses presentan un consumo de entre 92 y 125 kWh/100 km y una autonomía en torno a los 250 km. Por lo que con tan sólo cuatro horas de carga a través de los pantógrafos tanto en las estaciones como en la terminal de TUS, la conducción está garantizada para toda una jornada laboral en condiciones de tráfico denso.

  - Mantenimiento y reparaciones. Se estima que los costes de mantenimiento y reparaciones del proyecto BRT eléctrico representan aproximadamente el 20% de los costes de energía. Esta estimación tiene en cuenta los gastos asociados con el mantenimiento regular de los autobuses eléctricos, el sistema de carga de baterías, la infraestructura del BRT y los aparcamientos disuasorios.

    El mantenimiento y las reparaciones son aspectos clave para garantizar el rendimiento y la durabilidad del sistema. Los autobuses eléctricos requieren un mantenimiento adecuado para asegurar el funcionamiento óptimo de sus componentes, como las baterías, motores eléctricos y sistemas de control.

    Además, la infraestructura del BRT, incluyendo las estaciones de carga y los aparcamientos disuasorios, también debe ser monitoreada y mantenerse en buen estado para garantizar un servicio eficiente, sostenible y confiable.

  - Costes del personal. Del mismo modo, se han calculado los costes del personal necesario para conducir los autobuses públicos. Para ello, se han computado las horas necesarias para realizar todas las expediciones del servicio, se han considerado los turnos, relevos, absentismo, circunstancias especiales, etc.

De este modo, y considerando el salario según el Convenio Colectivo, se han obtenido los resultados adjuntos en la siguiente tabla.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud (km)	10,8	11,7	13,0
Nº expediciones	172		
Distancia diaria (km)	1.857,6	2.012,4	2.236,0
Nº horas laborables/año	250		
Distancia anual (km)	464.400	503.100	559.000
Tiempo de viaje (min)	33,0	35,0	36,5
Intervalo (min)	7,0		
Nº autobuses	4,7	5,0	5,2
Nº vehículos totales	5	5	6
Reserva (10%)	0,5	0,5	0,5
Nº vehículos totales	**6**	**6**	**7**
Tiempo de ciclo real (min)	35,0	35,0	42,0
Horas laborables	94,6	100,3	104,6
Horas laborables año	23.650,0	25.083,3	26.158,3
Toma y deje laborables	250		
Horas totales	23.900,0	25.333,3	26.408,3
Velocidad comercial (km/h)	19,6	20,0	21,2
Personal (h/año)	1.795		
Absentismo (%)	6		
Personal mínimo	**14,2**	**15,0**	**15,7**
Coste unitario (€/pax)	29.643,27		
Coste anual personal (€/año)	**419.886,30**	**445.067,77**	**463.953,86**

Tabla 13. Estimación de los costes del personal. Fuente: Autor.

- **Retorno de la inversión**. Los ingresos correspondientes al proyecto proceden de los usuarios de la línea de BRT eléctrico propuesta, de la publicidad y de la financiación por parte del Ayuntamiento de Santander, el Gobierno de Cantabria y el Gobierno de España. El balance resultante de los ingresos mencionados menos los costes calculados previamente es el que se detalla a continuación.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costes fijos (€)	147.540,00	147.540,00	172.130,00
Costes variables (€)	139.320,00	150.930,00	167.700,00
Costes del personal (€)	419.886,30	445.067,77	463.953,86
Costes directos (€)	706.746,30	743.537,77	803.783,86
Costes indirectos (12,5%; €)	88.343,29	92.942,22	100.472,98
Costes de explotación (€)	795.089,59	836.479,99	904.256,84
Costes de explotación total (6%; €)	842.794,96	886.668,79	958.512,25
Ingresos por viajeros (0,66 cent; €)	3.555.750,00	4.614.720,00	3.139.125,00
Balance (€)	**2.712.955,04**	**3.728.051,21**	**2.180.612,75**

Tabla 14. Balance de los costes de explotación. Fuente: Autor.

Afirmar que el balance es positivo considerando únicamente la demanda de viajeros en días laborables con el coste actual de los autobuses TUS y que, por lo tanto, no es necesario hacer uso de subvenciones, ya que se podrá amortizar en menos de 20 años.

Por último, destacar que los medios de transporte público se vuelven altamente competitivos en comparación con el vehículo privado a partir de una cierta demanda, por lo cual se ha considerado una frecuencia de 7 minutos para la evaluación económica.

4.3. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la correcta evaluación de la sostenibilidad social, a continuación se comienza identificando y evaluando los riesgos sociales referentes al proyecto de BRT eléctrico en Santander. Posteriormente, se describe y detalla la encuesta de movilidad realizada a la población con el objetivo de examinar el aspecto social del proyecto. Por último, se definen y desarrollan los indicadores a evaluar y se analizan los resultados obtenidos para la posterior elección de la alternativa más sostenible.

4.3.1. RIESGOS SOCIALES

En primer lugar, es fundamental identificar y evaluar los riesgos sociales inherentes al propio proyecto para la correcta evaluación de la sostenibilidad del proyecto con el objetivo de anticiparse a ellos y tomar medidas para mitigarlos o gestionarlos de manera efectiva.

En concreto, el proyecto de BRT eléctrico en Santander conlleva ciertos riesgos sociales, tanto para el colectivo al que se dirige como para el resto de afectados por el mismo, que deben ser considerados. Los principales riesgos considerados son los siguientes:

- **Compromiso**. Las insuficientes y recientes políticas de movilidad sostenible suponen uno de los principales riesgos en los sistemas BRT, ya que hasta ahora se primaba la planificación de usos del suelo orientados hacia el transporte de vehículos privados, la necesidad de uso de los mismos o la estigmatización del transporte público.
- **Hábitos**. La implementación del BRT eléctrico puede llevar a cambios en los patrones de movilidad de la población. Algunas personas podrían enfrentar dificultades para adaptarse a las nuevas rutas o tiempos de viaje. Es importante brindar información clara, educación y opciones de transporte complementarias para facilitar su transición.
- **Resistencia al cambio**. La introducción de cambios en la infraestructura y los patrones de movilidad puede generar resistencia por parte de algunos sectores de la sociedad. La percepción de que se están imponiendo medidas restrictivas o la resistencia al abandono del vehículo privado pueden ser riesgos que afecten la aceptación y el éxito del proyecto.
- **Accesibilidad**. Es fundamental asegurar que el nuevo sistema de transporte sea accesible para todos los ciudadanos, especialmente para los grupos vulnerables o de bajos recursos. Por ello, garantizar una distribución equitativa de las paradas, tarifas asequibles y facilidades para personas con discapacidad, de modo que no se generen desigualdades o inequidades es otros de los riesgos sociales fundamentales.
- **Empleo y equipamientos.** Los cambios en el sistema de transporte, la posible reducción de la dependencia del vehículo privado y la reestructuración de la red podrían afectar a puestos de trabajo o equipamientos actuales. Debido a ello, es necesario implementar medidas de mitigación que reduzcan el impacto negativo en el empleo y ofrecer alternativas laborales a los afectados.
- **Impacto en la población.** La construcción de nuevos aparcamientos disuasorios o la reconfiguración de las vías para dar paso al sistema de BRT puede tener efectos en la calidad de vida de los residentes. Es importante considerar los riesgos asociados a las posibles molestias causadas por el ruido o la alteración visual durante la construcción y operación del proyecto.

4.3.2. ENCUESTA DE MOVILIDAD

La responsabilidad ética y profesional en ingeniería implica considerar cuidadosamente el impacto de las soluciones desarrolladas en el contexto global, económico, ambiental y social. Es por ello por lo que un sistema de transporte sostenible se logra cuando se encuentra un equilibrio entre la viabilidad económica, el impacto social y la compatibilidad ambiental.

Por ello, se ha considerado oportuno la realización de una encuesta pública en relación al sistema BRT eléctrico y los aparcamientos disuasorios con el fin de evaluar los riesgos sociales, identificar los problemas a valorar, comprender las percepciones y necesidades de la comunidad, evaluar el impacto social y respaldar la toma de decisiones.

La realización de la consulta presenta los siguientes propósitos principales:

- **Recopilar datos cuantitativos y cualitativos**. La encuesta permite recabar información objetiva y subjetiva sobre las percepciones, opiniones y experiencias de la población afectada por el proyecto. Esto incluye aspectos como el acceso a servicios, impactos sociales, participación ciudadana, calidad de vida y satisfacción general.
- **Evaluar el grado de aceptación y apoyo**. La encuesta permite determinar el nivel de aceptación y apoyo de la comunidad hacia el proyecto. Se pueden incluir preguntas relacionadas con la comprensión del proyecto, las expectativas, las preocupaciones y las opiniones sobre los beneficios y los posibles impactos negativos.
- **Identificar necesidades y preocupaciones.** A través de la encuesta, se pueden identificar las necesidades y preocupaciones específicas de la comunidad. Esto permite tener en cuenta sus demandas y considerar medidas de mitigación o ajustes en el diseño y la implementación del proyecto para abordar estas inquietudes.
- **Facilitar la toma de decisiones**. Los resultados de la encuesta proporcionan datos y análisis que respaldan la toma de decisiones por parte de los responsables del proyecto. Estos datos pueden ayudar a evaluar el impacto social del proyecto, identificar áreas de mejora y orientar las estrategias de participación y comunicación con la comunidad.

Debido a las necesidades de planificación del transporte, es común realizar encuestas de movilidad de forma periódica. Estas encuestas son fundamentales para identificar los problemas en los medios transporte, proporcionar la base para el diseño de proyectos y respaldar la evaluación económica, financiera y social de los mismos.

A partir de la información obtenida en estas encuestas, se pueden obtener indicadores que guíen la planificación global de los sistemas de transporte. Estos indicadores incluyen la promoción de propulsores alternativos, modos de transporte más respetuosos con el medio ambiente, la priorización de inversión en infraestructuras para modos de transporte más sostenibles, políticas de estacionamiento, implementación de aparcamientos disuasorios, implementación de carriles para bicicletas, entre otros.

Destacar que para llevar a cabo el diseño metodológico de la encuesta de movilidad sostenible, se ha hecho uso del Manual de Encuestas de Movilidad tanto de Preferencias Reveladas como de Preferencias Declaradas. [63]

En resumen, el objetivo general de estas encuestas es ampliar los datos existentes sobre la demanda y las necesidades actuales, para cuantificar el potencial del sistema BRT eléctrico en la movilidad urbana diaria e identificar las variables clave que impulsen su uso.

Es posible distinguir entre encuestas de preferencias declaradas y reveladas. Estas dos categorías se refieren a diferentes enfoques utilizados en las encuestas para obtener información sobre las preferencias de las personas, según se describe a continuación:

- **Encuestas de preferencias declaradas**. Son una técnica utilizada para obtener información sobre las preferencias y elecciones de las personas frente a diferentes alternativas hipotéticas. En estas encuestas, se presentan a los encuestados escenarios o situaciones imaginarias que implican diferentes atributos o características, y se les pide que declaren sus preferencias o elecciones en relación con esas opciones. Las encuestas de preferencias declaradas se caracterizan por los siguientes puntos:
  - Obtener información directa de los encuestados sobre sus preferencias, opiniones y actitudes hacia diferentes opciones o alternativas.
  - Presentar a los encuestados escenarios hipotéticos o situaciones ficticias en las que deben expresar sus preferencias o tomar decisiones.
  - Permitir a los encuestados expresar sus preferencias mediante escalas de valoración, clasificación de opciones o elección directa de una alternativa.
  - Centrarse en las percepciones y declaraciones de los encuestados, proporcionando información sobre sus preferencias teóricas o hipotéticas, independientemente de sus elecciones reales o comportamiento observado.
  - Proporcionar una visión de las preferencias, actitudes y opiniones de los encuestados, que puede ser útil para comprender sus preferencias declaradas y tomar decisiones basadas en estas declaraciones.

  Estas encuestas son útiles para comprender las preferencias teóricas de las personas y obtener información sobre sus actitudes y percepciones en relación con las opciones.
- **Encuestas de preferencias reveladas**. Son una técnica utilizada para analizar las preferencias de las personas a través de su comportamiento real y las elecciones que han realizado en el pasado. A diferencia de las encuestas de preferencias declaradas, que se basan en las respuestas y declaraciones de los encuestados, las encuestas de preferencias reveladas se centran en la observación de las decisiones concretas que las personas han tomado en situaciones reales. Además, estas se caracterizan por:
  - Observar y analizar el comportamiento real de las personas en situaciones concretas, como elecciones entre alternativas o selección de modos de transporte.
  - Recopilar información sobre las elecciones pasadas y reales de las personas, en lugar de basarse en declaraciones o respuestas hipotéticas.
  - Deducir las preferencias individuales a través del análisis de las elecciones observadas, determinando las características más valoradas por las personas.
  - Utilizar métodos como el análisis de elección discreta, donde se presentan opciones reales y se registra la elección realizada por los individuos.
  - Proporcionar una visión más objetiva de las preferencias y el comportamiento de las personas, al basarse en evidencia concreta de elecciones pasadas.

  Estas encuestas son útiles para comprender las preferencias implícitas y las elecciones reales de las personas, brindando información sobre su comportamiento efectivo.

El propósito general de las encuestas es doble. En primer lugar, validar la metodología propuesta, y en segundo lugar, desarrollar un modelo que permita cuantificar el potencial y la sostenibilidad del sistema BRT eléctrico en la movilidad urbana diaria e identificar los factores clave para impulsar su adopción.

Ilustración 63. Análisis de los datos. Fuente: Freepik. [64]

Para completar los resultados y tener una visión global de la movilidad en la ciudad de Santander se ha decidido realizar encuestas combinando las preferencias declaradas con las reveladas. De este modo, los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar la población según sus características y condiciones personales para posteriormente caracterizar a los usuarios potenciales.
- Conocer las relaciones de movilidad de los viajeros de cada zona.
- Conocer las características significativas de la demanda de viajes, tal como motivo de viaje, modos de viaje, etc.
- Identificar las variables explicativas del cambio modal hacia el sistema BRT eléctrico o el uso de aparcamientos disuasorios y obtener información para desarrollar modelos específicos de demanda de viajes en este modo.
- Determinar la percepción de los ciudadanos en términos de movilidad, estacionamiento, transporte público, etc.
- Evaluar la viabilidad del BRT como un complemento al transporte público existente.
- Analizar los factores que les condicionan en la elección del modo de transporte.
- Estudiar la alternativa que prefieren según los motivos que les determinan.
- Investigar la respuesta de los ciudadanos ante la implementación de un sistema BRT con el objetivo de lograr una movilidad sostenible.

Por ello, el cuestionario se centra en dos aspectos principales. Por un lado, busca identificar las variables que influyen en el cambio hacia el uso del BRT. Por otro lado, se pretende establecer criterios de diseño para las líneas y los aparcamientos disuasorios, así como estrategias generales para promover e implementar el sistema.

El proceso general para llevar a cabo encuestas de preferencias tanto declaradas como reveladas consta de varias etapas, entre las que destacan:

- Establecer objetivos, variables relevantes, el ámbito de elección, los factores a considerar y el rango de variación.
- Preparar una versión inicial de la encuesta y diseñar un borrador del cuestionario.
- Presentar el cuestionario a un grupo focal para obtener posibles mejoras e identificar otras variables relevantes.
- Realizar una encuesta piloto y evaluar sus resultados para realizar ajustes en el cuestionario, si es necesario.
- Crear el diseño final de la encuesta, incluyendo el diseño experimental.
- Realizar la encuesta.
- Procesar la información recopilada.
- Obtener los diferentes modelos que motivaron la realización de la encuesta.

Señalar que los tipos de respuestas pueden incluir puntuación en una escala (1-5 o 1-10), jerarquización de alternativas según preferencias y elección de la opción preferida.

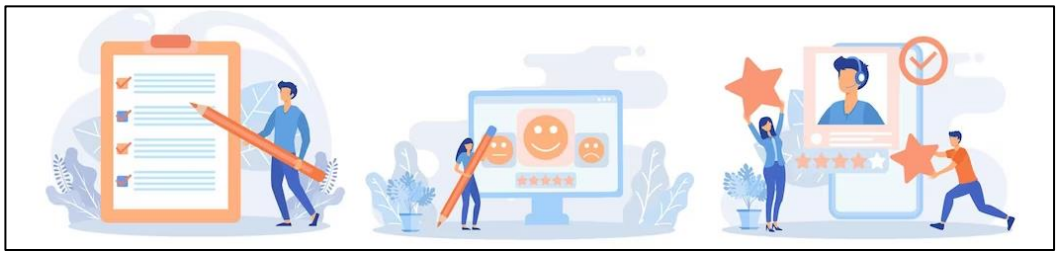


Ilustración 64. Recopilación de valoraciones. Fuente: Freepik. [64]

Para calcular el tamaño muestral existen diversos enfoques, el más conocido considera el conocimiento de la variable a estimar, su coeficiente de variación y la precisión de medición deseada, así como el nivel significativo asociado a la misma.

Por ello, el tamaño muestral necesario para estimar una variable poblacional puede ser calculado si se conoce lo siguiente:

- **Tamaño de la población**. La ciudad de Santander cuenta con una población de 171.693 habitantes en el año 2022, según los datos obtenidos a través del Instituto Cántabro de Estadística (ICANE).
- **Margen de error (E)**. Se propone un porcentaje del 7% de error, valor razonablemente habitual y adecuado para la tipología de encuesta a realizar.
- **Nivel de confianza (Z)**. Se propone un porcentaje del 95% de confianza y se usa el valor crítico de la variable normal estándar (Z=1,96)
- **Coeficiente de variación (CV)**. Es la desviación estándar dividida por la media, σ/μ. En base al tamaño de la población y a la experiencia se estima que CV≃0,5.

Así, como resultado de la ecuación $N = \frac{CV^2 \cdot Z^2}{E^2}$ se puede afirmar que el tamaño muestral necesario sería de al menos 196 personas para una población de 171.693 habitantes, un margen de error del 7% y un nivel de confianza del 95%.

ENCUESTA REALIZADA

Una vez definido el proyecto propuesto y en base a los conceptos teóricos de las encuestas de movilidad, se propuso un listado de preferencias tanto reveladas como declaradas. Tras el correspondiente periodo de sugerencias, correcciones y mejoras por parte de personas experimentadas en el sector y pruebas previas realizadas, se obtuvieron un total de dieciocho preguntas; con siete respuestas de carácter revelado y once de carácter declarado.

A continuación, se adjunta el cuestionario completo que han formado parte de la encuesta y que ha sido compartida y cumplimentada a través de Google Forms. Señalar que la encuesta es totalmente anónima, que no era obligatorio responder a todas las preguntas y que tenía como objetivo ser contestada por más de 200 habitantes de la ciudad Santander y de los municipios colindantes.

Encuesta: Sostenibilidad - BRT eléctrico

Me llamo Rubén Eraña y soy estudiante del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria. En estos momentos estoy desarrollando el **Trabajo Fin de Máster** que tiene como objetivo la **Evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander**.

El **BRT eléctrico** (Bus Rapid Transit) es un tipo de autobús rápido, parecido al tranvía, que puede ofrecer importantes oportunidades para la movilidad, ya que su objetivo disuasorio pretende reducir la congestión en el centro de la ciudad y aumentar la calidad de vida de la población.

Esta encuesta, **anónima** y de **5 minutos** de duración, está destinada a conocer la **opinión** de las personas que residen en Santander y los municipios limítrofes. Señalar que, en caso de preferir no contestar alguna de las preguntas, no existe inconveniente para enviar el formulario con el resto de las preguntas contestadas.

Si tiene cualquier duda o necesita más información sobre el objeto de estudio, no dude en ponerse en contacto a través del correo ruben.erana@alumnos.unican.es.

Por último, agradecer su participación y apoyo en el desarrollo del estudio y, si le es posible, le ruego divulgue la Encuesta entre sus contactos con el fin de aumentar el número de respuestas y mejorar el estudio.

¡Muchas gracias por su tiempo!

1. ¿Con qué género se identifica?

- ◯ Hombre
- ◯ Mujer
- ◯ No binario

2. ¿En qué grupo de edad se encuentra?

- ◯ 0 - 19 años
- ◯ 20 - 34 años
- ◯ 35 - 49 años
- ◯ 50 - 64 años
- ◯ Mayor de 65 años

3. ¿ En qué municipio reside?

- ◯ Camargo
- ◯ El Astillero
- ◯ Marina de Cudeyo
- ◯ Piélagos
- ◯ Santa Cruz de Bezana
- ◯ Santander
- ◯ Torrelavega
- ◯ Otro: _____

4. ¿Cuál es su dedicación actual?

- ◯ Servidor público
- ◯ Trabajador por cuenta ajena
- ◯ Trabajador por cuenta propia
- ◯ Actividades del hogar
- ◯ Estudiante
- ◯ No trabajo
- ◯ Jubilado/a
- ◯ Otro: _____

5. ¿Dispone de carné de conducir?

- ◯ Si
- ◯ No

6. Ordene los tres medios de transporte que usa con más frecuencia.

	Primero	Segundo	Tercero
A pie	○	○	○
Bicicleta	○	○	○
Patinete	○	○	○
Autobús	○	○	○
Tren FEVE	○	○	○
Tren RENFE	○	○	○
Coche como acompañante	○	○	○
Coche conduciendo	○	○	○
Motocicleta	○	○	○
Taxi	○	○	○

7. ¿Cómo valora el tráfico actual en la ciudad de Santander?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Muy cogestionado	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Muy fluido

8. ¿Cómo valora el aparcamiento de vehículos en la ciudad de Santander?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Muy negativo	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Muy positivo

9. ¿Cómo valora la red de autobuses urbanos (TUS) de la ciudad de Santander?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Muy negativo	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Muy positivo

10. ¿Con qué frecuencia utiliza la red de autobuses urbanos (TUS)?

- ◯ Una vez a la semana
- ◯ 2-3 veces a la semana
- ◯ Todos los días laborables de la semana
- ◯ Todos los días de la semana
- ◯ Varias veces al mes
- ◯ Pocas veces al mes
- ◯ Nunca

El **BRT eléctrico** (Bus Rapid Transit) es un tipo de autobús rápido, parecido al tranvía, que presenta carriles reservados, puntos de carga en los intercambiadores, autobuses eléctricos y articulados de gran capacidad, validación sin contacto en las propias estaciones, priorización semafórica, elevada velocidad comercial, etc.

11. ¿Cómo valora la implantación de una nueva línea de BRT eléctrico en la ciudad?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Muy negativo	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	Muy positivo

12. ¿Cuáles son los tres factores principales que le condicionarían para utilizar una línea de BRT eléctrico?

- [ ] Comodidad
- [ ] Evitar congestión
- [ ] Frecuencia de paso
- [ ] Inexistencia de otros medios de transporte
- [ ] Medioambiental
- [ ] Meteorología
- [ ] Proximidad
- [ ] Rapidez
- [ ] Tarifa
- [ ] Otro: _____

13. ¿Cree que el BRT eléctrico puede mejorar la congestión actual existente en la ciudad?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Totalmente en desacuerdo	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Totalmente de acuerdo

En la siguiente imagen se presentan **tres alternativas** para la disposición de una nueva línea de BRT eléctrico en la ciudad de Santander. Todas ellas se desarrollan entre **El Corte Inglés - PCTCAN - Intercambiador del Sardinero** y sus principales características son las siguientes:

- **Alternativa 1**. 33 minutos de recorrido. 24 estaciones. 11 km de longitud.
- **Alternativa 2**. 35 minutos de recorrido. 25 estaciones. 12 km de longitud.
- **Alternativa 3**. 37 minutos de recorrido. 19 estaciones. 13 km de longitud.

14. ¿Cuál de las alternativas de BRT eléctrico considera más adecuada?

- [ ] Alternativa 1
- [ ] Alternativa 2
- [ ] Alternativa 3
- [ ] Ninguna

15. ¿Cuáles son los motivos por los que usaría la línea escogida de BRT eléctrico?

- [ ] Trabajo
- [ ] Estudios
- [ ] Ocio
- [ ] Deporte
- [ ] Motivos sanitarios
- [ ] Realizar recados
- [ ] Otro:

16. ¿Cómo influiría la línea de BRT en su frecuencia de uso de los autobuses urbanos (TUS + BRT)?

- ◯ Aumentaría mi uso
- ◯ Mantendría mi uso
- ◯ Reduciría mi uso

17. En caso de disponer de aparcamientos disuasorios junto a las estaciones de la línea de BRT eléctrico para evitar la circulación por el centro de la ciudad, ¿haría uso de dichas instalaciones?

- ◯ Seguramente si
- ◯ Probablemente si
- ◯ No lo sé
- ◯ Probablemente no
- ◯ Seguramente no

18. ¿Tiene alguna consideración adicional, recomendación o comentario que le gustaría añadir sobre el tema de esta encuesta?

Tu respuesta

La encuesta fue realizada entre los días 27de mayo y 7 de junio de 2023, donde participaron un total de 202 personas, cumpliendo con los requisitos exigidos en el marco teórico.

Por un lado, la difusión digital de la encuesta se realizó a través de los siguientes medios:

- **Correo electrónico**. El día 30 de mayo se realizó una difusión entre los docentes y alumnos de la Universidad de Cantabria adjuntando el enlace directo al formulario.
- **WhatsApp**. Los días 30 y 31 se compartió el enlace directo al formulario por medio del boca a boca, difundiendo el mismo a través de grupos en los que se encontraban habitantes de la región.

Por otro lado, la difusión física de la encuesta se realizó en las siguientes localizaciones:

- **Intercambiador del Sardinero**. Entre los días 29 y 7 de junio se dispusieron dos carteles en la propia parada de autobús con el QR asociado a la encuesta.
- **Ayuntamiento de Santander**. Entre los días 29 y 7 de junio se dispuso un cartel en la parada de autobús Nº41 (Plaza del Ayuntamiento) con el QR asociado a la encuesta.
- **Intercambiador de Valdecilla**. Entre los días 31 y 7 de junio se dispusieron dos carteles en la propia parada de autobús con el QR asociado a la encuesta.
- **El Corte Inglés**. Entre los días 31 y 7 de junio se dispuso un cartel en la parada de autobús Nº311 (Francisco Tomás y Valiente, 11) con el QR asociado a la encuesta.
- **Parque Científico y Tecnológico de Cantabria**. Entre los días 31 y 7 de junio se dispuso un cartel en la parada de autobús Nº454 (PCTCAN, 1) con el QR asociado a la encuesta.

Estas ubicaciones son de gran interés dado el trazado de las alternativas propuestas y la localización de los aparcamientos disuasorios. A continuación, se adjunta una serie de ilustraciones que reflejan los carteles colocados en las paradas o marquesinas mencionadas.

Ilustración 65. Demanda de la Alternativa 3. Fuente: Autor.

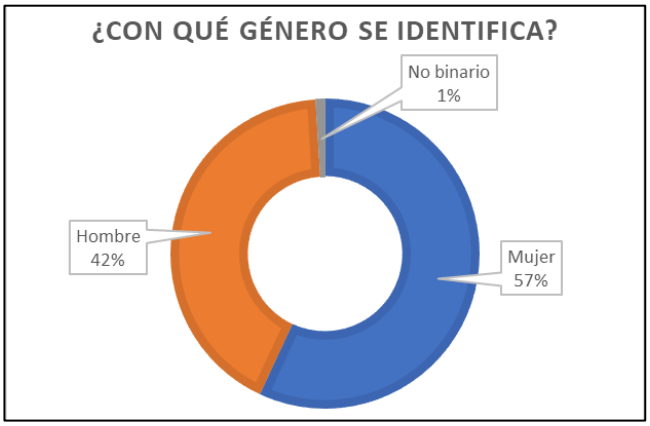
Realizar encuestas por dichas zonas o segmentos de la población ha permitido obtener resultados positivamente representativos. Así, se ha podido tener en cuenta la diversidad de características o necesidades específicas de cada área y se ha podido obtener una visión más completa de las preferencias de los diferentes grupos de población.

RESULTADOS OBTENIDOS

De forma previa al análisis de la información recogida es necesaria su revisión, validación y comprobación de las respuestas, asegurando que presentan la suficiente calidad y cumplimentación para el correcto análisis de los datos. En concreto, se han conseguido un total de 202 encuestas, por lo que se cumple con el tamaño muestral proyectado.

Pregunta 1. ¿Con qué género se identifica?

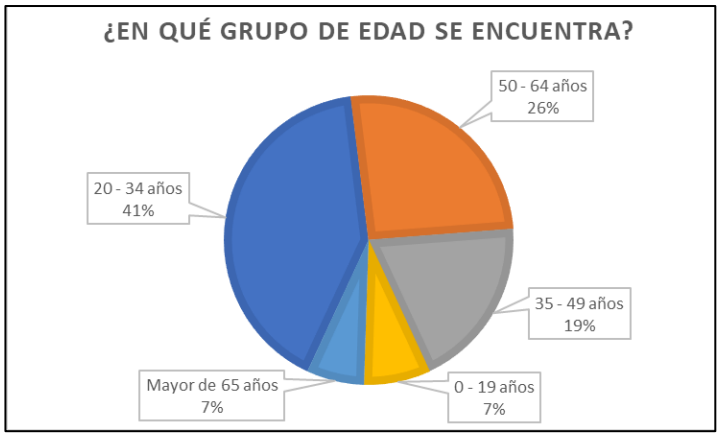
En primer lugar, cabe señalar que 115 mujeres (57%), 85 hombre (42%) y 2 personas no binarias (1%) han formado parte de la encuesta. En el contexto de la caracterización de los usuarios del transporte público, resulta notable el predominio de las mujeres, cuyas opiniones y preferencias se revelan como valiosas fuentes de información. Reconociendo la importancia de sus perspectivas, se resalta la necesidad de atraer y valorar igualmente las experiencias y puntos de vista de los hombres.



Gráfica 7. Resultados Pregunta 1. Fuente: Autor.

Pregunta 2. ¿En qué grupo de edad se encuentra?

Los resultados presentan un espectro relativamente homogéneo, donde los rangos de edad que predominan corresponden al tramo de 20-34 años (41%) con 83 respuestas, seguidos por el tramo de 50-64 años (26%) con 52 respuestas y el tramo de 35-49 años (19%) con 39 respuestas. Los tramos de edades extremos representan el 7% del total.



Gráfica 8. Resultados Pregunta 2. Fuente: Autor.

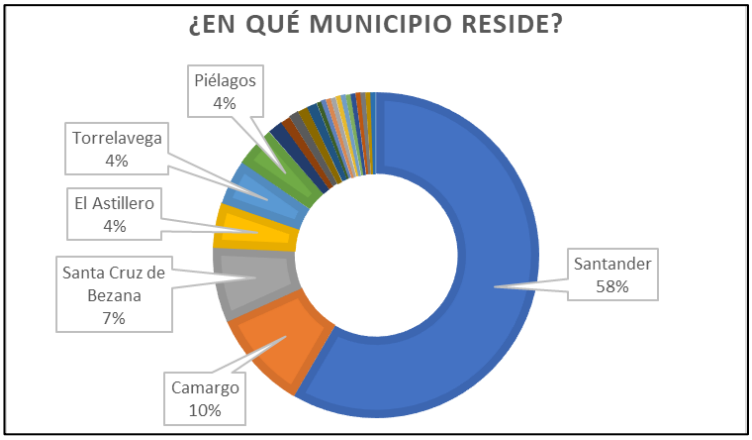
En relación a los géneros por tramo de edad, se puede afirmar que en el tramo de 20-34 años el género predominante es del de hombres (55%) mientras que en el tramo de 50-64 años las mujeres suponen el 77% de los encuestados, según se indica en la siguiente tabla.

Grupo de edad	Mujer	Hombre	No binario
0-19 años	53% (8)	40% (6)	7% (1)
20-34 años	43% (36)	55% (46)	1% (1)
35-49 años	59% (23)	41% (16)	0% (0)
50-64 años	77% (40)	23% (12)	0% (0)
Mayor de 65 años	62% (8)	38% (5)	0% (0)
Total	**57%**	**42%**	**1%**

Tabla 15. Comparativa Pregunta 1 y 2. Fuente: Autor.

Pregunta 3. ¿En qué municipio reside?

Más de la mitad de los encuestados residen en el municipio de Santander, alcanzando los 118 (58,42%). A este le siguen los municipios de Camargo con 20 (9,90%), Santa Cruz de Bezana con 15 (7,43%), El Astillero con 9 (4,46%), Torrelavega con 9 (4,46%) y Piélagos con 8 (3,96%). De hecho, estos cinco son los municipios que presentan una mayor relación socioeconómica con la capital de la región dada su proximidad.

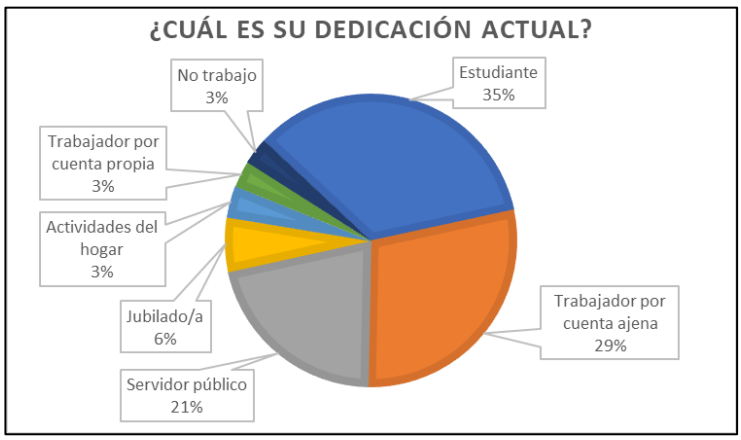


Gráfica 9. Resultados Pregunta 3. Fuente: Autor.

Señalar que al menos una persona de las que han formado parte de la encuesta reside en los municipios de Entrambasaguas, Reinosa, Marina de Cudeyo, Medio Cudeyo, Santa María de Cayón, Castro Urdiales, Polanco, Cartes, Bareyo, Cabezón de la Sal, Arnuero, Miengo, Laredo, Villaescusa, Liérganes y Los Corrales de Buelna.

Pregunta 4. ¿Cuál es su dedicación actual?

Las dedicaciones predominantes, dadas las vías de difusión de la encuesta, son las de estudiante (35%), trabajador por cuenta ajena (29%) y servidor público (21%).



Gráfica 10. Resultados Pregunta 4. Fuente: Autor.

Destacar que las mujeres duplican a los hombres como trabajadoras por cuenta ajena y como servidoras públicas mientras que como estudiantes representan el 40%.

Dedicación	0-19	20-34	35-49	50-64	Mayor de 65	Total
Estudiante	15	54	1	0	0	**70**
Por Cuenta Ajena	0	23	20	15	0	**58**
Servidor Público	0	3	14	26	0	**43**
Jubilado/a	0	0	0	0	12	**12**
Actividades del Hogar	0	0	2	5	0	**7**
Por Cuenta Propia	0	3	2	1	0	**6**
No Trabajo	0	0	0	5	1	**6**
Total	**15**	**83**	**39**	**52**	**13**	**202**

Tabla 16. Comparativa Pregunta 2 y 4. Fuente: Autor.

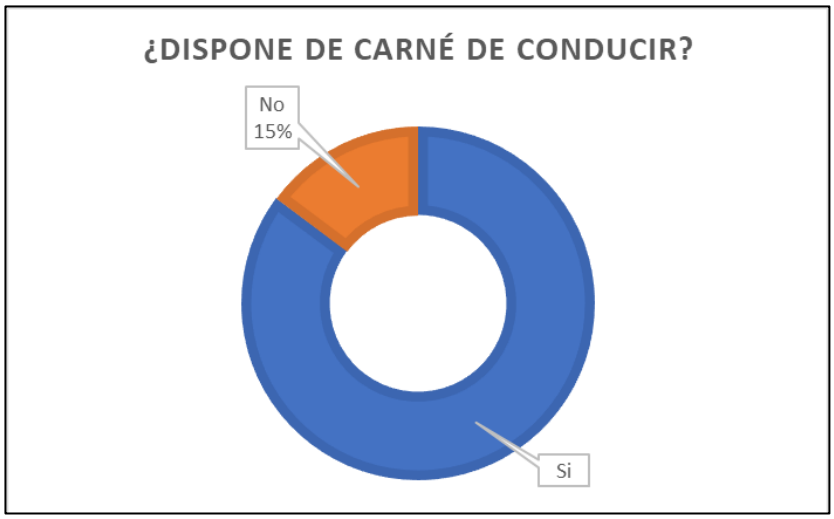
Los estudiantes se encuentran en las edades comprendidas entre 0 y 34 años a excepción de un opositor. Los trabajadores por cuenta propia y por cuenta ajena representan el tramo entre los 20 y 64 años. También se dispone de datos de 12 jubilados, 6 personas que no trabajan y 7 mujeres que se dedican a las actividades del hogar.

Pregunta 5. ¿Dispone de carné de conducir?

El 85% de las personas encuestadas disponen de carné de conducir (58% mujeres y 42% hombres), mientras que el restante 15% no lo poseen (50% mujeres, 43% hombres y 7% personas no binarias).

Destacar que, según estadísticas previas, las mujeres hacen un mayor uso del transporte público, pero también son las que disponen de un mayor porcentaje de carnés de conducir.

Señalar que los residentes en el municipio de Santander, principalmente estudiantes y sin diferencias en cuanto al género, representan el mayor porcentaje de personas que no disponen de carné, siendo un total de 22 personas (73%).

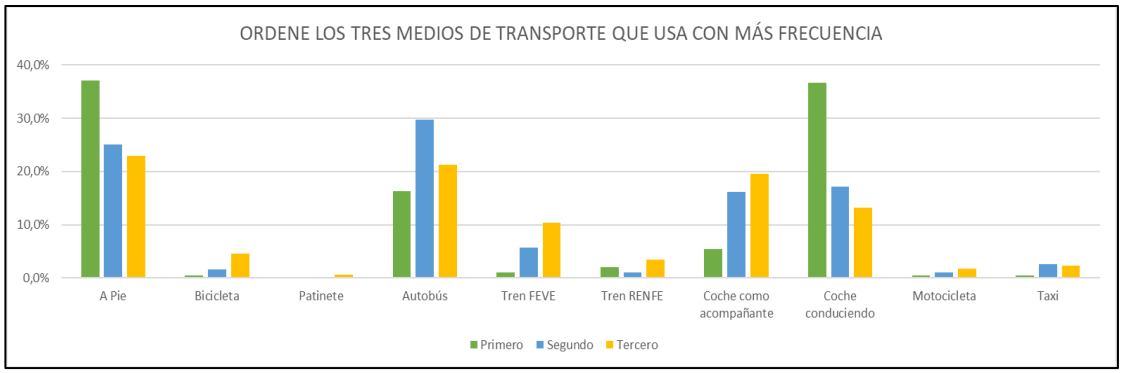


Gráfica 11. Resultados Pregunta 5. Fuente: Autor.

Pregunta 6. Ordene los tres medios de transporte que usa con más frecuencia.

Por otro lado, los medios de transporte más frecuentemente utilizados se encuentran representados en la siguiente gráfica, reflejando las preferencias en cuanto a su uso.

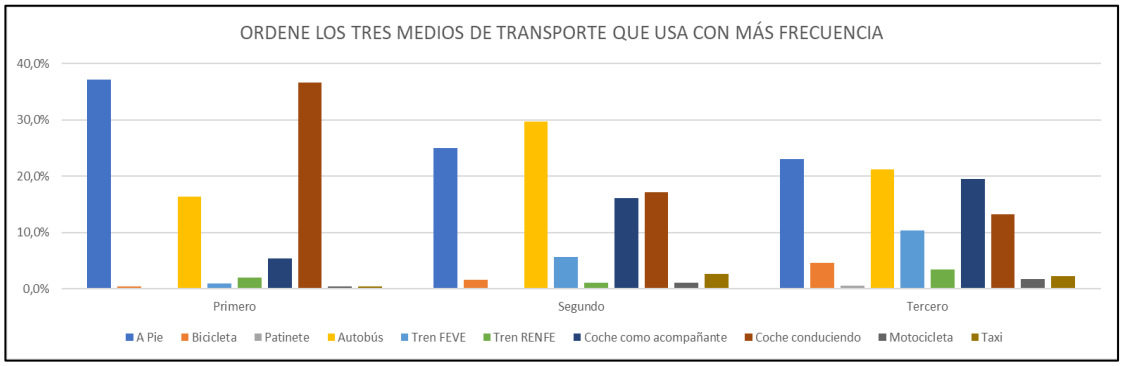
En concreto, los medios más utilizados por los encuestados son la movilidad a pie (28,7%), en coche conduciendo (22,4%), en autobús (22,4%) y en coche como acompañante (13,4%).



Gráfica 12. Resultados Pregunta 6. Fuente: Autor.

Destacar que la movilidad a pie y en coche conduciendo se sitúan como las principales opciones, mientras que como segunda y tercera alternativas se reducen considerablemente.

Por el contrario, el desplazamiento en coche como acompañante aumenta y el autobús se prefiere como segunda alternativa, por detrás de ir a pie o en coche conduciendo.



Gráfica 13. Resultados Pregunta 6. Fuente: Autor.

Tal y como se puede observar en la siguiente tabla y en la ilustración anterior, el resto de los medios de transporte presentan una demanda muy baja y aumentan ligeramente su porcentaje como segundas y terceras alternativas.

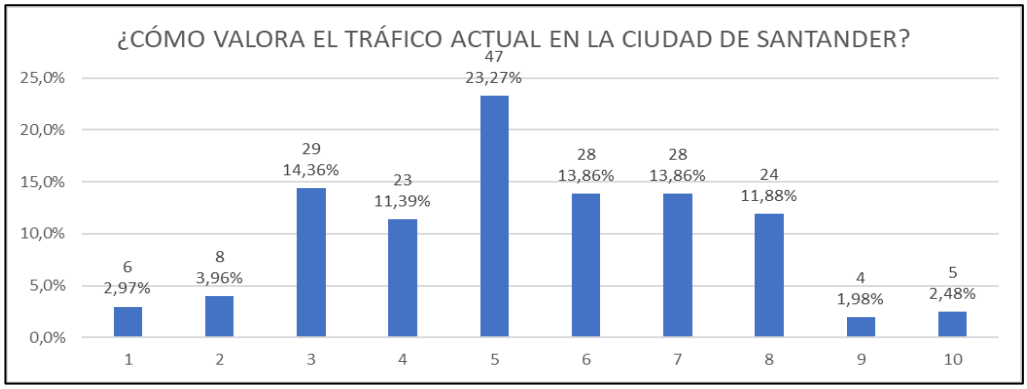
Medios de Transporte	Primero	Segundo	Tercero	Total
A Pie	37,1%	25,0%	23,0%	**28,7%**
Bicicleta	0,5%	1,6%	4,6%	**2,1%**
Patinete	0,0%	0,0%	0,6%	**0,2%**
Autobús	16,3%	29,7%	21,3%	**22,4%**
Tren FEVE	1,0%	5,7%	10,3%	**5,5%**
Tren RENFE	2,0%	1,0%	3,4%	**2,1%**
Coche como acompañante	5,4%	16,1%	19,5%	**13,4%**
Coche conduciendo	36,6%	17,2%	13,2%	**22,9%**
Motocicleta	0,5%	1,0%	1,7%	**1,1%**
Taxi	0,5%	2,6%	2,3%	**1,8%**
Total	**202**	**192**	**174**	**568**

Tabla 17. Pregunta 6. Fuente: Autor.

Señalar que el primer medio de transporte ha sido seleccionado por todos los encuestados. Por el contrario, el segundo y tercero representan una reducción considerable ya que muchos encuestados no consideran otra alternativa al definido como principal.

Pregunta 7. ¿Cómo valora el tráfico actual en la ciudad de Santander?

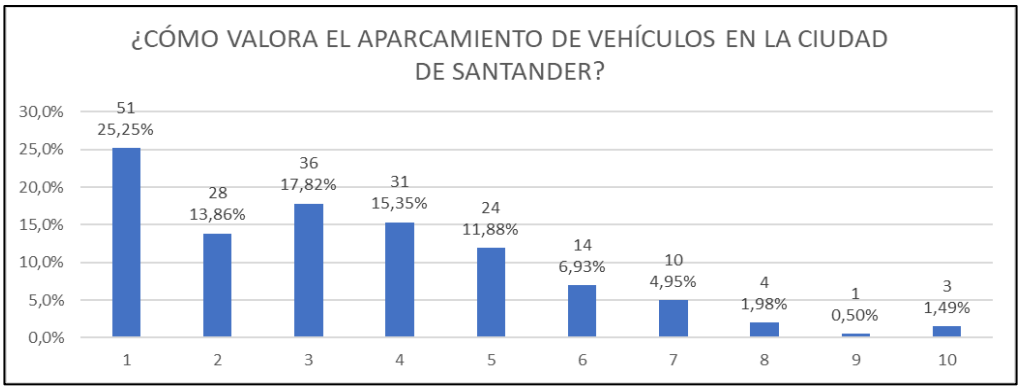
Según se ilustra en la siguiente gráfica, la valoración del tráfico actual en la ciudad presenta un promedio de 5,34 sobre 10, donde la mayor parte de los encuestados le ha otorgado una calificación de 5 sobre 10.



Gráfica 14. Resultados Pregunta 7. Fuente: Autor.

Pregunta 8. ¿Cómo valora el aparcamiento de vehículos en la ciudad de Santander?

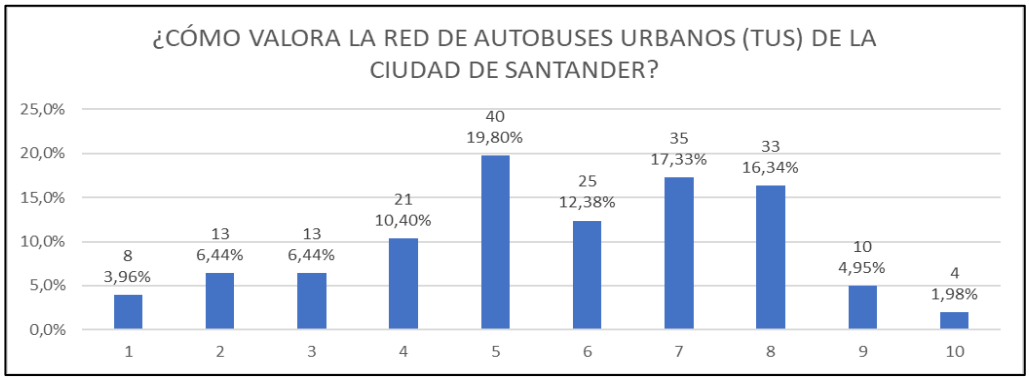
En el caso de la valoración del aparcamiento de vehículos en la ciudad los resultados son bastante nítidos. La media ponderal es de 3,86 sobre 10, donde la mayor parte de los encuestados le ha asignado una calificación de 1 punto sobre 10.



Gráfica 15. Resultados Pregunta 8. Fuente: Autor.

Pregunta 9. ¿Cómo valora la red de autobuses urbanos (TUS) de Santander?

Según se ilustra en la gráfica posterior, la valoración la red de autobuses urbanos (TUS) en la ciudad presenta un promedio de 5,67 sobre 10, donde la mayor parte de los encuestados le ha otorgado una calificación de 5 sobre 10.

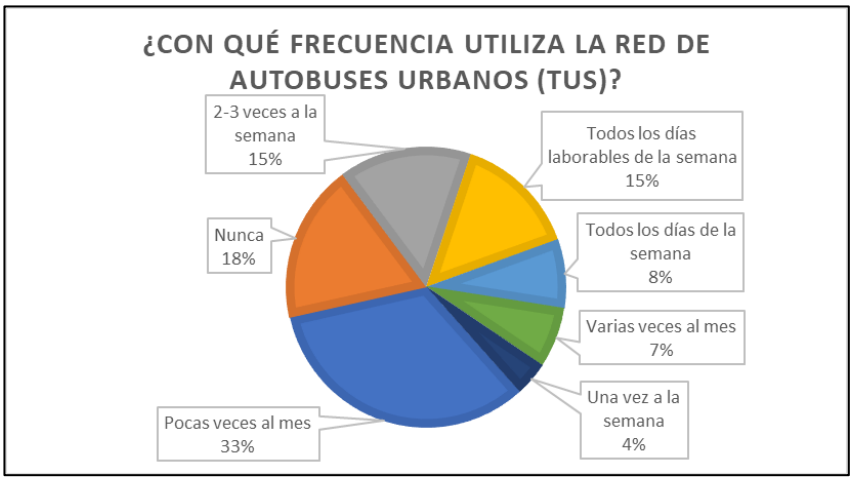


Gráfica 16. Resultados Pregunta 9. Fuente: Autor.

Señalar que, de media, las mujeres han otorgado calificaciones más desfavorables que los hombres en la valoración tanto del tráfico actual como del aparcamiento de vehículos. Sin embargo, la red de autobuses (TUS) presenta opiniones más homogéneas entre géneros.

<u>Pregunta 10</u>. ¿Con qué frecuencia utiliza la red de autobuses urbanos (TUS)?

En cuanto a la frecuencia con la que se utiliza la red de autobuses urbanos (TUS) cabe señalar que la tercera parte de los encuestados lo coge Pocas veces al mes (33%). Seguidamente destaca la respuesta de Nunca (18%), 2-3 veces a la semana (15%) y Todos los días laborables de la semana (15%).

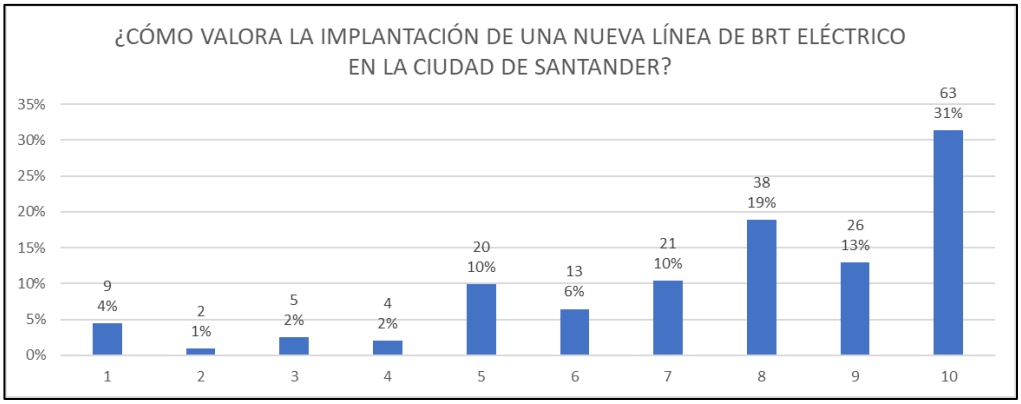


Gráfica 17. Resultados Pregunta 10. Fuente: Autor.

Destacar que las personas que son habitualmente usuarias del transporte público analizado lo califican con mejores puntuaciones que las personas menos recurrentes. Además, los estudiantes y los servidores públicos suponen la mayor demanda de los autobuses convencionales, mientras que los trabajadores por cuenta ajena son los que menos lo usan.

<u>Pregunta 11</u>. ¿Cómo valora la implantación de una nueva línea de BRT eléctrico en la ciudad de Santander?

En el caso de la valoración de la implantación de una nueva línea de BRT eléctrico en la ciudad los resultados son bastante positivos. La media ponderal es de 7,65 sobre 10, donde la mayor parte de los encuestados le ha asignado una calificación de 10 punto sobre 10.

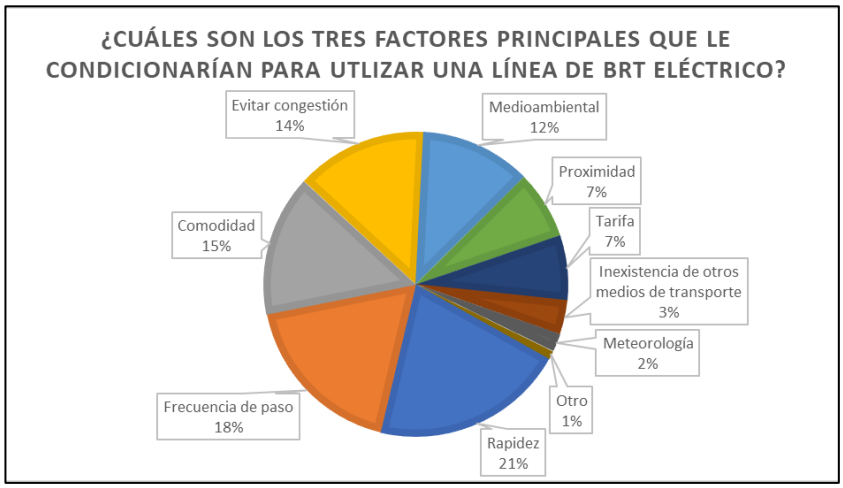


Gráfica 18. Resultados Pregunta 11. Fuente: Autor.

La respuesta positiva de la población de Santander y alrededores ante la implementación de un nuevo medio de transporte refleja su disposición a adoptar soluciones innovadoras que promuevan una movilidad más eficiente, sostenible y mejorada en la región.

<u>Pregunta 12</u>. ¿Cuáles son los tres factores principales que le condicionarían para utilizar una línea de BRT eléctrico?

Los factores que condicionan a los usuarios para utilizar una línea de BRT eléctrico son la Rapidez (21%), la Frecuencia de paso (18%) y la Comodidad (15%). Le siguen los motivos para evitar la congestión, medioambientales, de proximidad, tarifaria, por inexistencia de otros medios de transporte, meteorológicos y otros.

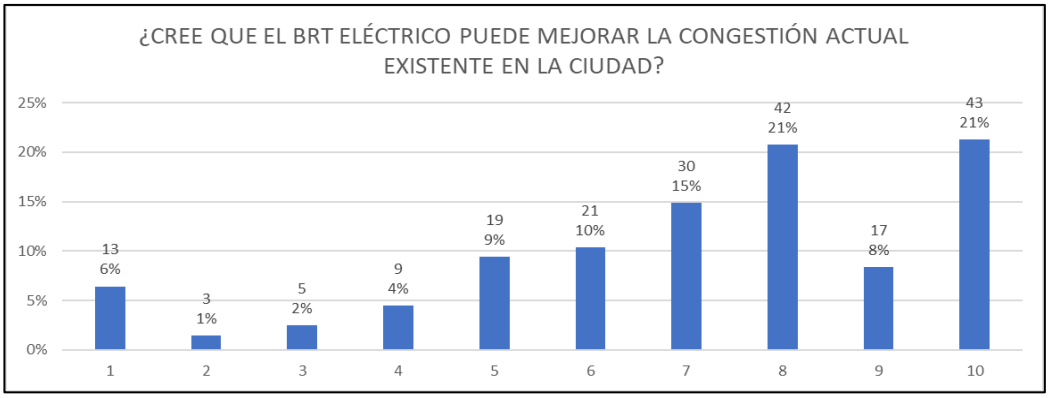


Gráfica 19. Resultados Pregunta 12. Fuente: Autor.

Es interesante destacar el orden de prioridad que los usuarios otorgan a estos condicionantes. En primer lugar, la Comodidad se sitúa como un factor determinante en la elección del BRT eléctrico. A continuación, se encuentra el motivo de Evitar la congestión, seguido de cerca por la Frecuencia de paso.

<u>Pregunta 13</u>. ¿Cree que el BRT eléctrico puede mejorar la congestión actual existente en la ciudad?

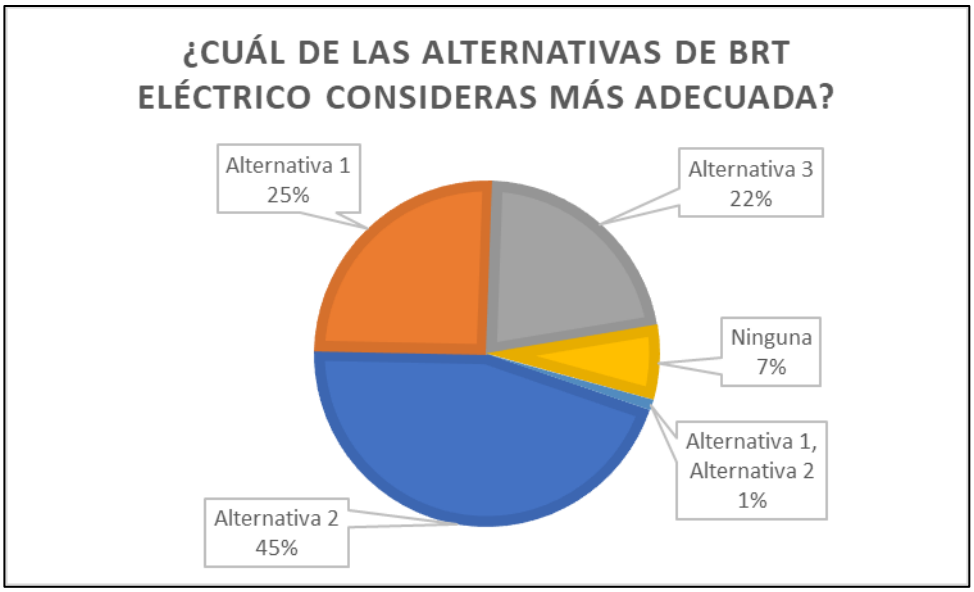
Según se ilustra en la gráfica posterior, la valoración de la mejora de la congestión mediante el BRT en la ciudad presenta un promedio de 7,03 sobre 10, donde la mayor parte de los encuestados le ha otorgado una calificación de 10 sobre 10.



Gráfica 20. Resultados Pregunta 13. Fuente: Autor.

<u>Pregunta 14</u>. ¿Cuál de las alternativas de BRT eléctrico considera más adecuada?

Según se representa en el siguiente gráfico, la Alternativa 2 es la que más interés genera entre los encuestados, suponiendo casi la mitad de las respuestas (45%). A esta le siguen la Alternativa 1 (25%), la Alternativa 3 (22%), la creencia de que ninguna de las alternativas es adecuada (7%) y la indiferencia entre las Alternativas 1 y 2 (1%).

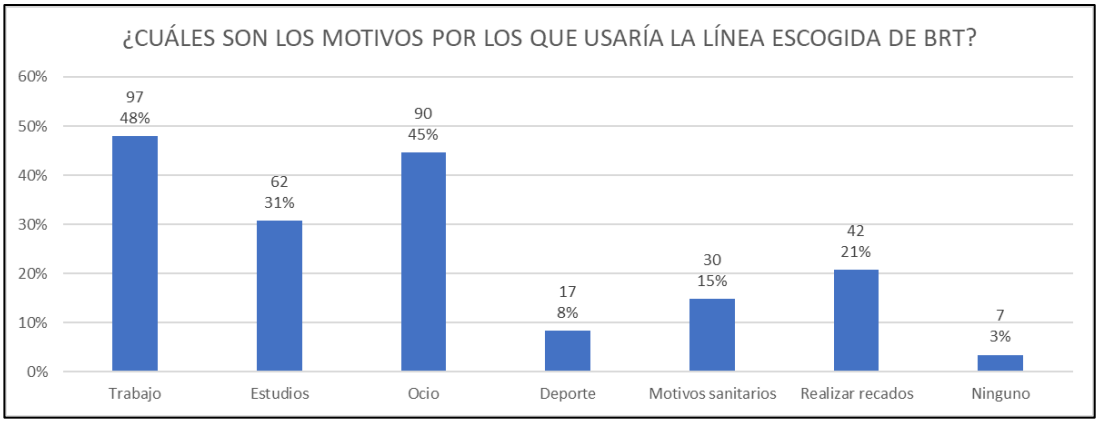


Gráfica 21. Resultados Pregunta 14. Fuente: Autor.

Atendiendo al lugar de residencia, la mayor parte de los encuestados, con independencia de su lugar de residencia, escogen la Alternativa 2. Sin embargo, dada la localización de la ruta, los habitantes de Santa Cruz de Bezana se decantan por la Alternativa 3.

<u>Pregunta 15</u>. ¿Cuáles son los motivos por los que usaría la línea escogida de BRT?

La línea seleccionada del BRT eléctrico sería utilizada principalmente por una variedad de motivos, siendo los más destacados el trabajo (48%), el ocio (45%), los estudios (31%) y la realización de recados (21%). Los motivos relacionados con actividades deportivas y sanitarias tendrían un carácter más puntual y menos frecuente.

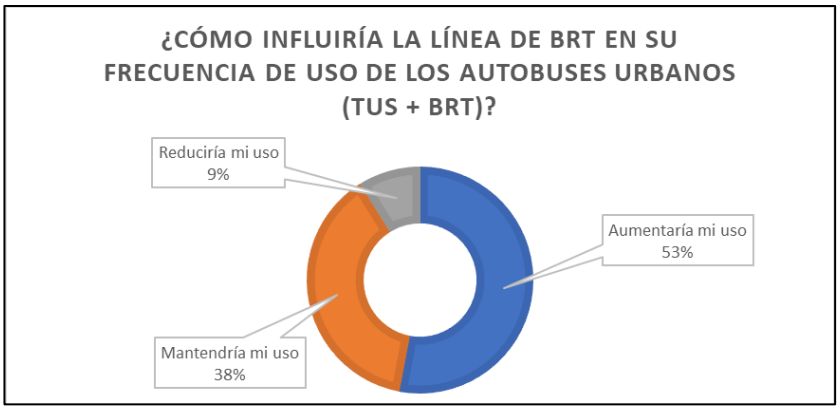


Gráfica 22. Resultados Pregunta 15. Fuente: Autor.

Es interesante destacar que, concretamente, la Alternativa 1 también sobresale por motivos de trabajo. En el caso de la Alternativa 2, se obtiene el mismo porcentaje de demanda tanto para el ocio como para el trabajo. Por otro lado, la Alternativa 3 presenta los mismos resultados que los generales y destaca por un aumento en su uso para realizar recados.

<u>Pregunta 16</u>. ¿Cómo influiría la línea de BRT en su frecuencia de uso de los autobuses urbanos (TUS+BRT)?

La influencia de la nueva línea propuesta supondría un aumento en el uso del transporte público en la ciudad de Santander, según más de la mitad de los encuestados (53%). Señalar que apenas el 9% reduciría su uso y que el 38% lo mantendría sin cambios significativos.



Gráfica 23. Resultados Pregunta 16. Fuente: Autor.

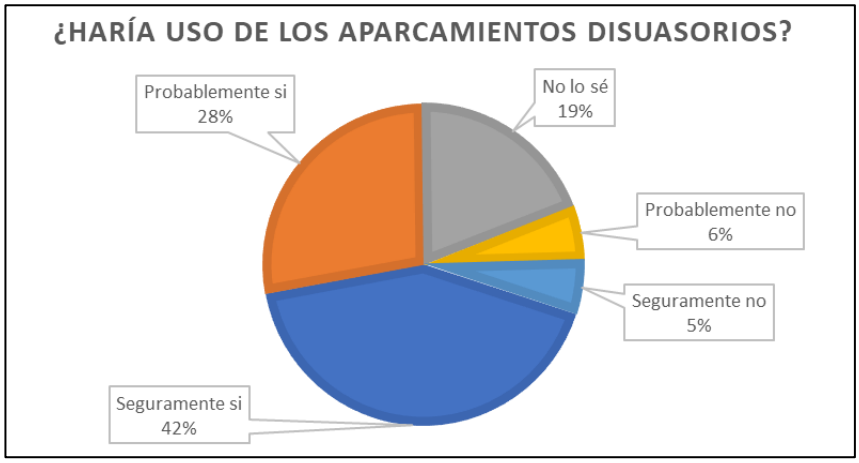
Tal y como se puede observar en la siguiente tabla y en relación a la ilustración anterior, las personas que nunca usan el TUS y las que no son usuarios habituales aseguran que aumentaría su uso del transporte público en caso de que exista la línea de BRT eléctrico propuesta. Destacar que las personas que utilizan todos los días de la semana el transporte público mantendrían su uso principalmente.

Frecuencia	Aumentaría	Mantendría	Reduciría	Total
Pocas veces al mes	56,7%	35,8%	7,5%	**67**
Nunca	54,1%	32,4%	13,5%	**37**
2-3 veces a la semana	51,6%	41,9%	6,5%	**31**
Todos los días laborables de la semana	51,7%	41,4%	6,9%	**29**
Todos los días de la semana	31,3%	62,5%	6,3%	**16**
Varias veces al mes	50,0%	28,6%	21,4%	**14**
Una vez a la semana	75,0%	25,0%	0,0%	**8**
Total	**107**	**77**	**18**	**202**

Tabla 18. Comparativa Pregunta 10 y 16. Fuente: Autor.

En la tabla se observa que hay un segmento de encuestados que manifiestan una actitud resistente hacia los cambios y las nuevas formas de movilidad. Es interesante notar que aquellos que ya hacen poco uso de los autobuses urbanos expresan su intención de reducir aún más su utilización tras la implementación del BRT eléctrico.

<u>Pregunta 17</u>. ¿En caso de disponer de aparcamientos disuasorios junto a las estaciones de la línea de BRT eléctrico para evitar la circulación por el centro de la ciudad, ¿haría uso de dichas instalaciones?



Gráfica 24. Resultados Pregunta 17. Fuente: Autor.

En el caso de los aparcamientos disuasorios, según se han detallado y localizado en el presente documento, es destacable cómo la mayor parte de los encuestados considera que Seguramente si (42%) y Probablemente si (28%) haría uso de dichas instalaciones, lo que supone que dos de cada tres habitantes los aprovecharía en algún momento.

Como es normal, el 19% de la población afirma que no sabe si lo acabaría utilizando y el 11% restante está seguro o cree que no hará uso de dichas instalaciones.

Pregunta 18. ¿ Tiene alguna consideración adicional, recomendación o comentario que le gustaría añadir sobre el tema de esta encuesta?

Las principales consideraciones adicionales indicadas en el cuestionario son las siguientes:

- Se plantea la necesidad de ampliar las frecuencias y franjas horarias de las líneas existentes, así como mejorar la conectividad con otras poblaciones cercanas.
- Se propone considerar la inclusión del LC (MetroTUS) en la configuración para crear una línea circular que pase por el centro.
- Se recomienda mejorar los aparcamientos disuasorios para fomentar el uso del transporte público.
- Un residente de Sarón menciona que no utilizaría el BRT debido a la falta de conexión eficiente desde su ubicación aunque sugiere que la Alternativa 2 sería más adecuada, mejorando la conectividad con Valdecilla y el centro.
- Se señala que la zona de General Dávila queda excluida en las propuestas.
- Algunos encuestados expresan dudas sobre la conveniencia del BRT y sugieren priorizar mejoras en líneas existentes y la conectividad con otras áreas.
- Algunos comentarios hacen hincapié en la necesidad de considerar zonas residenciales densamente pobladas, como Monte o Cueto, en el diseño de las líneas propuestas.
- Varios comentarios expresan preocupación por la pérdida de aparcamientos y el impacto en el tráfico en particular.
- Se menciona la idea de una línea circular que pase por el centro como una opción interesante a explorar.
- Algunos encuestados muestran entusiasmo y apoyo por el proyecto.
- Algunos expresan preocupación por el proyecto, señalando que podría terminar como los intercambiadores, con una alta inversión y resultados insatisfactorios.
- Algunos consideran que las tres líneas propuestas para el BRT eléctrico no atraviesan el centro de la ciudad, donde se realizan las gestiones y compras, lo que resultaría incómodo y tedioso al tener que utilizar varios medios de transporte.
- Se solicita un medio de transporte cerca de Puente de Arena, Bajada de Polio y el Parque de Las Llamas, ya que las personas mayores y con movilidad reducida no tienen medios.
- Se destaca que la implantación de un sistema BRT solo sería viable como una línea de circunvalación debido a la falta de espacio en las calles del centro de la ciudad.
- Se destaca que el BRT es una idea inteligente porque no se enfrenta a atascos, lo que permite una mayor velocidad.

En suma, en el presente documento se ha diseñado una encuesta con el objetivo de obtener información de calidad suficiente para comprender las necesidades de los posibles usuarios y, de esta manera, implementar medidas que fomenten una movilidad urbana racional tanto en el sector público como en el privado, buscando así alcanzar una movilidad sostenible.

Tras analizar la demanda, estudiar alternativas y evaluar la sostenibilidad desde una perspectiva social, se puede afirmar que la propuesta de implementar un sistema BRT eléctrico junto con la creación de estacionamientos disuasorios en puntos estratégicos de la ciudad es una solución óptima para desalentar el uso de vehículos privados dentro del municipio y limitar la entrada de automóviles de otros municipios a Santander.

Concretamente, se desea que el autobús urbano pase de segunda opción a primera, como es del caso de la movilidad a pie, y de esta forma reducir la preferencia por el automóvil. Además, dado que el aparcamiento de vehículos en la ciudad presenta una valoración muy negativa entre los encuestados, es fundamental la disposición e implantación de un sistema adecuado de aparcamientos disuasorios, ya que dos de cada tres de las personas consultadas señalan que harían uso de los mismo en algún momento.

En particular, atendiendo a la confianza depositada por la mayoría de los encuestados en el nuevo BRT eléctrico, la Alternativa 2 ha sido la opción más aceptada para su uso por motivos de trabajo y ocio principalmente. De hecho, la influencia de la línea de BRT supondría un aumento el uso de los autobuses para más de la mitad de los usuarios.

En cuanto a las opiniones, comentarios y respuestas obtenidas a través de la encuesta para mejorar y desarrollar adecuadamente el proyecto de BRT eléctrico en la ciudad de Santander, cabe estar de acuerdo con los planteamientos de ampliación de las frecuencias y franjas horarias de las líneas existes sin necesidad de crear nuevas líneas por el centro de la ciudad, ya que es fundamental reestructurar la red de autobuses para reducir los solapes.

Aceptar que existen zonas más afectadas en cuanto al transporte público debido a las particularidades que presentan, como es el caso de General Dávila, Monte o Cueto. Sin embargo, la propuesta plantea el inicio de un nuevo enfoque que permita la extensión, mejora y eficiencia de la movilidad en todos los barrios de la ciudad.

En concreto, el objetivo de la propuesta es ofrecer una alternativa rápida y sostenible que presente la flexibilidad necesaria para dar respuesta a la demanda existente, como puede ser el caso de su paso por el centro de la ciudad o la creación de una línea circular. Destacar que, para ello, es necesario solucionar de forma previa los puntos críticos actuales y analizar la respuesta de la población ante los cambios y le nuevo modo de transporte ofrecido.

De hecho, cuanto mayor sea el número de estaciones y aparcamientos disuasorios, más cerca se estará de cumplir el objetivo de la movilidad sostenible que priorice el uso del transporte público práctico, rápido y diseñado para el uso diario, sobre el vehículo privado. Además, es importante destacar que mientras los vehículos eléctricos no resuelven los problemas de congestión, el transporte público colectivo sí lo hace.

Por todo ello, los resultados de la encuesta demuestran que la implementación del sistema BRT eléctrico y los estacionamientos disuasorios son una solución viable y prometedora para abordar los desafíos de movilidad en la ciudad de Santander. Esto es debido a que existe un claro interés por parte de los potenciales usuarios y que se trata de una solución integral que busca mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover un transporte eficiente, cómodo y sostenible.

4.3.3. INDICADORES SOCIALES

A continuación, se enumeran y describen los principales indicadores sociales tomados en cuenta para la evaluación de la sostenibilidad del proyecto de BRT eléctrico en Santander, distinguiendo y cuantificando las características particulares de cada alternativa propuesta.

- **Valores culturales y paisajes**. Tras la valoración de los valores culturales y la herencia cultural asociados con el proyecto de movilidad propuesto, no se presenta un impacto o cambio significativo respecto de la situación actual. Sin embargo, aunque discurre sobre una infraestructura existente y no presente variación en el patrimonio histórico-cultural, puede suponer un impacto visual relativamente local, especialmente en el centro urbano.

- **Acceso mejorado a servicios**. El proyecto de la nueva línea de transporte público y los aparcamientos disuasorios puede suponer impactos culturales, económicas y sociales a través de nuevas oportunidades comerciales en los nodos intermodales y medios de transporte en la ciudad. Además, las nuevas conexiones con equipamientos y otros medios de transporte puede suponer un impacto considerablemente positivo.

  Señalar que, para definir las oportunidades culturales, se ha realizado la cuantificación de los equipamientos educativos, sanitarios, sociales, culturales, deportivos y el resto de las superficies de carácter público a los que daría acceso cada alternativa, todos ellos situados a menos de 100 metros del trazado propuesto según Mapas Cantabria. [47]

  Además, para la estimación de las nuevas oportunidades comerciales se ha considerado el número de nodos intermodales propuestos a los que dan acceso las distintas alternativas. De la misma forma, se ha registrado el posible cambio modal entre el BRT propuesto y las líneas de autobús convencional actuales, tanto urbanas como regionales, y los aparcamientos de bicicletas que se encuentran colindantes a las estaciones.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Conexión con equipamientos (ud)	60	62	46
Conexión con nodos intermodales (ud)	5	5	8
Conexión con líneas de autobús (ud)	18	23	16
Conexión con paradas de bicicletas (ud)	31	34	15

Tabla 19. Acceso mejorado a servicios. Fuente: Mapas Cantabria. [47]

- **Crecimiento de la vivienda y el empleo**. Dado que la implantación de una nueva línea supone el crecimiento de la vivienda y el empleo, es necesario valorar estas variables. Por un lado, se ha contabilizado la superficie colindante a las alternativas catalogado como suelo urbanizable, ya que son objeto de futuras edificaciones residenciales que albergarán posibles usuarios, donde predomina la tercera alternativa.

  Por otro lado, se han identificado tanto los negocios locales situados a menos de 100 metros del trazado propuesto, ya que presentan un potencial de crecimiento debido a la implantación del proyecto, como los puestos de trabajo que suponen la explotación del sistema de BRT eléctrico en la ciudad para la frecuencia ofrecida. Señalar que no se ha considerado el personal necesario para la explotación de los aparcamientos disuasorios.

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Suelos urbanizables colindantes (ha)	127,6	127,6	191,3
Negocios locales colindantes (ud)	445	524	232
Conductores del sistema BRT (pax)	15	15	16

Tabla 20. Crecimiento de la vivienda y el empleo. Fuente: Mapas Cantabria. [47]

- **Mejora de la calidad de vida**. Señalar que el impacto potencial del proyecto para conectar las distintos núcleos de generación y atracción de viajes es de gran importancia para la evaluación social del proyecto. Señalar que la Alternativa 1 destaca por su proximidad a la Universidad de Cantabria y a la facultad de Medicina mientras que la Alternativa 2 al Hospital de Valdecilla y la Alternativa 3 al barrio de Corbán.

  Además, el impacto en la accesibilidad universal contempla la equidad e inclusión para todos los colectivos sociales, géneros, edades, etc. en las tres alternativas de forma similar. Asimismo, es importante señalar que el proyecto en sí no presenta capacidad para crear, mejorar o apoyar los negocios locales ni la diversidad de oportunidades de empleo en centros, áreas de negocio o áreas industriales existentes.

  Destacar que la reducción de plazas de aparcamiento en los barrios existentes y junto a los negocios locales supone un impacto negativo directo para los residentes y trabajadores. Sin embargo, la implantación de un medio de transporte y la reducción tanto del tráfico como de la congestión existente en el entorno supone un incremento considerable en la calidad de vida del entorno urbano.

Ilustración 66. Afección en el reparto a negocios locales. Fuente: Autor.

  La calidad de vida también se puede ver reflejada en el bienestar y en la seguridad y salud durante todas las etapas del ciclo de vida del proyecto. Se estima que las tres alternativas presentarán un impacto similar debido al bienestar aportado por la implantación del nuevo sistema, aunque se encuentre contrarrestado por el ruido y las vibraciones generados principalmente durante la construcción del mismo.

- **Impactos socioeconómicos**. Por un lado, la cohesión social consiste en fomentar la integración y la convivencia armónica de todos los miembros de una comunidad, promoviendo la igualdad de oportunidades y el respeto mutuo. Asimismo, la equidad tiene como objetivo la distribución justa de los beneficios generados por el proyecto y la igualdad de oportunidades de desarrollo de todos los miembros de dicha comunidad afectada por el mismo. Señalar que el alcance del sistema BRT favorece la cohesión y la equidad de forma inherente, por lo que supone un impacto positivo para la sociedad.

  Por otro lado, en cuanto a las implicaciones sobre la propiedad, cabe señalar que las expropiaciones de los terrenos necesarios para la implantación del proyecto suponen un impacto negativo generalizado. Destacar que el número de propiedades de carácter privado necesarias es relativamente reducido ya que el trazado discurre por zonas actualmente urbanizadas y a que se contempla principalmente en los emplazamientos destinados a los aparcamientos disuasorios y sus accesos.

5. COMPARATIVA Y ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Los indicadores clave de desempeño o KPI introducidos y detallados en el apartado anterior permiten evaluar los principales impactos del ciclo de vida del proyecto.

De este modo, para la cuantificación de la sostenibilidad del proyecto de movilidad se asigna una puntuación basada en la comparación con la situación existente, es decir, el entorno actual. Esta puntuación se refleja en la siguiente tabla adjunta.

Puntuación	Evaluación de la sostenibilidad
-5 Impacto negativo muy alto	**Nacional o Mayor:** Puede impactar en un recurso significativo a nivel nacional. Puede ser experimentado por una comunidad a escala nacional. Puede tener un impacto total en la característica/recurso/comunidad. **Largo plazo/Permanente:** >20 años.
-4 Impacto negativo alto	**Regional:** Puede impactar en un recurso significativo a nivel regional. Puede ser experimentado por una comunidad a escala regional. Puede tener un impacto alto en la característica/recurso/comunidad. **Largo plazo/Permanente:** 10 ~ 20 años.
-3 Impacto negativo moderado	**Local (1)**: Puede impactar en un recurso significativo a nivel local. Puede ser experimentado por una comunidad a escala local. Puede tener un impacto moderado en la característica/recurso/comunidad. **Medio plazo**: 5 ~ 10 años.
-2 Impacto negativo bajo	**Local (2)**: Puede impactar en un recurso significativo a nivel local. Puede ser experimentado por una comunidad a escala local. Puede tener un impacto bajo en la característica/recurso/comunidad. **Corto plazo**: 1 ~ 5 años.
-1 Impacto negativo muy bajo	**Individual**: Puede impactar en un recurso puntual. Puede ser experimentado por un número limitado de hogares. Puede tener un impacto bajo en la característica/recurso/comunidad. **Muy corto plazo**: <1 año.
0 Impacto natural	Impacto o cambio insignificante respecto de la situación actual/neutral.
+1 Impacto positivo muy bajo	**Individual**: Puede impactar en un recurso puntual. Puede ser experimentado por un número limitado de hogares. Puede tener un impacto bajo en la característica/recurso/comunidad. **Muy corto plazo**: <1 año.
+2 Impacto positivo bajo	**Local (2)**: Puede impactar en un recurso significativo a nivel local. Puede ser experimentado por una comunidad a escala local. Puede tener un impacto bajo en la característica/recurso/comunidad. **Corto plazo**: 1 ~ 5 años.
+3 Impacto positivo moderado	**Local (1)**: Puede impactar en un recurso significativo a nivel local. Puede ser experimentado por una comunidad a escala local. Puede tener un impacto moderado en la característica/recurso/comunidad. **Medio plazo**: 5 ~ 10 años.

Puntuación	Evaluación de la sostenibilidad
+4 Impacto positivo alto	**Regional:** Puede impactar en un recurso significativo a nivel regional. Puede ser experimentado por una comunidad a escala regional. Puede tener un impacto alto en la característica/recurso/comunidad. **Largo plazo/Permanente:** 10 ~ 20 años.
+5 Impacto positivo muy alto	**Nacional o Mayor:** Puede impactar en un recurso significativo a nivel nacional. Puede ser experimentado por una comunidad a escala nacional. Puede tener un impacto total en la característica/recurso/comunidad. **Largo plazo/Permanente:** >20 años.

Tabla 21. Puntuaciones de sostenibilidad. Fuente: Aula IDOM.

Aplicando dichas puntuaciones a los indicadores analizados previamente, los principales impactos del ciclo de vida del proyecto de movilidad son los que se indican a continuación.

INDICADORES	MEDICIONES	ALTERNATIVAS		
		1	2	3
EVALUACIÓN AMBIENTAL				
Consumo energético	Consumo de energías renovables	+1	+1	+1
Emisiones e impactos	Impacto en la huella de carbono	+2	+2	+2
	Calidad del aire, suelo y agua	0	0	0
	Paisaje y efecto barrera	-1	-1	-2
	Contaminación acústica y vibraciones	+1	+1	+1
Gestión de recursos y circularidad	Gestión de los recursos hídricos	0	0	0
	Uso y gestión del suelo	+2	+2	+1
	Empleo de materiales locales	+1	+1	+1
	Gestión de los residuos	-1	-1	-1
Protección ambiental	Biodiversidad y ecosistemas	0	0	+1
EVALUACIÓN ECONÓMICA				
Costes del proyecto	Costes de implantación	-1	-1	-2
	Costes de explotación	-1	-1	-1
	Consumo energético	+1	+1	+1
Retorno de la inversión	Ingresos por viajeros	+1	+2	+1
	Financiabilidad y colaboración	+1	+1	+1
EVALUACIÓN SOCIAL				
Valores culturales y paisajes	Valores culturales y herencia cultural	0	0	0
	Valores paisajísticos e impacto visual	-1	-1	-1
Acceso mejorado a servicios	Conexión con equipamientos	+1	+2	+1
	Conexión con nodos intermodales	+1	+1	+2
	Conexión con líneas de autobús	+1	+2	+1
	Conexión con paradas de bicicletas	+1	+1	+1
Crecimiento de vivienda y empleo	Crecimiento de la vivienda	+1	+1	+2
	Crecimiento de los negocios locales	+2	+2	+1
	Crecimiento de puestos de trabajo	+1	+1	+1
Mejora de la calidad de vida	Impacto en la accesibilidad universal	+1	+1	+1
	Impacto en los negocios locales	-1	-1	-1
	Impacto en los barrios existentes	+1	+1	+1
	Bienestar, seguridad y salud	+1	+1	+1
Impactos socioeconómicos	Cohesión social y equidad	+1	+1	+1
	Expropiaciones	-1	-1	-2

Tabla 22. Matriz de evaluación de la sostenibilidad. Fuente: Autor.

Señalar que la mayor parte de los indicadores considerados resultan en impactos positivos para el medioambiente, la economía y la población de Santander. De esta forma, se puede asegurar el futuro del proyecto cumpliendo con la sostenibilidad mínima necesaria.

INDICADORES	ALTERNATIVAS		
	1	2	3
EVALUACIÓN AMBIENTAL			
Consumo energético	+1	+1	+1
Emisiones e impactos	+2	+2	+1
Gestión de recursos y circularidad	+2	+2	+1
Protección ambiental	0	0	+1
EVALUACIÓN ECONÓMICA			
Costes del proyecto	-1	-1	-2
Retorno de la inversión	+2	+3	+2
EVALUACIÓN SOCIAL			
Valores culturales y paisajes	-1	-1	-1
Acceso mejorado a servicios	+4	+6	+5
Crecimiento de vivienda y empleo	+4	+4	+4
Mejora de la calidad de vida	+2	+2	+2
Impactos socioeconómicos	0	0	-1
TOTAL	**+15**	**+18**	**+13**

Tabla 23. Matriz simplificada de evaluación de la sostenibilidad. Fuente: Autor.

Señalar que la Alternativa 2 es la que presenta los impactos más positivos, especialmente el acceso mejorado a los servicios, el crecimiento tanto en la vivienda como en el empleo y el retorno de la inversión, a pesar de los costes iniciales del proyecto.

Seguidamente, la Alternativa 1 es la siguiente opción con impactos relativamente menos positivos que la anterior. Finalmente, la Alternativa 3 es la que presenta el menor impacto positivo debido a los costes iniciales del proyecto y a los impactos socioeconómicos que supone la implantación del sistema BRT y los aparcamientos disuasorios en la propuesta.

INDICADORES	ALTERNATIVAS		
	1	2	3
Evaluación ambiental	+5	+5	+4
Evaluación económica	+1	+2	+0
Evaluación social	+9	+11	+9
TOTAL	**+15**	**+18**	**+13**

Tabla 24. Matriz simplificada total. Fuente: Autor.

Es relevante destacar que las tres alternativas presentadas, considerando que los diferentes criterios e indicadores presentan igual peso e importancia, tienen un impacto significativamente positivo en términos de evaluación tanto ambiental, económica como social para la ciudad.

Asimismo, es importante señalar que, aunque la encuesta realizada y analizada en el presente documento tiene como objetivo conocer la opinión de la población, los resultados de la comparativa y elección de la mejor alternativa coincide con la opinión de los habitantes de la ciudad y de los municipios colindantes.

Por todo ello, tras la evaluación de sostenibilidad desde un punto de vista económico, social y medioambiental se puede afirmar que la propuesta de BRT eléctrico es una óptima solución para movilidad en el municipio de Santander.

6. CONCLUSIONES

En primer lugar, es importante mencionar que la movilidad actual está intrínsecamente ligada a la accesibilidad y a la economía del transporte, donde la opción más barata prevalece en términos generales. Sin embargo, los avances tecnológicos y la creciente conciencia ambiental están impulsando cambios significativos en la forma en que nos desplazamos. De hecho, las tendencias actuales buscan reducir la necesidad de viajar, promover cambios en los modos de transporte, disminuir el número de desplazamientos en vehículo privado y fomentar el uso del transporte público colectivo.

Para lograr una movilidad sostenible e inteligente, es fundamental considerar diversos aspectos, como los modelos urbanos y estilos de vida, las causas que generan la necesidad de desplazamiento, las características específicas de los usuarios, el transporte de personas, la calidad de las soluciones de movilidad, las opiniones de la población, la viabilidad económica, el consumo de energía y el impacto ambiental.

La búsqueda de dicha movilidad debe ser una prioridad en las políticas de mejora de la movilidad urbana, como es la implantación de planes de Movilidad Urbana Sostenible, que incluyen la creación de zonas de bajas emisiones, la construcción de nodos intermodales, la promoción de modos de transporte menos contaminantes, la reducción de la velocidad del tráfico, la gestión automatizada y eficiente del tráfico, la priorización del transporte público, la disminución del protagonismo del vehículo privado o la mejora de la gestión logística.

La pandemia ha tenido efectos significativos en los modelos de movilidad, los hábitos de desplazamiento, el trabajo remoto y las compras en línea. Según el Eurobarómetro, el principal modo de transporte sigue siendo el automóvil, seguido por los desplazamientos peatonales y el transporte público. Además, se ha observado que el porcentaje de desplazamientos en automóvil se mantiene tras el Covid-19, mientras que el uso del transporte público ha disminuido y se ha incrementado la movilidad peatonal.

En segundo lugar, es destacar que si bien los vehículos eléctricos contribuyen a reducir las emisiones de carbono y mejoran la sostenibilidad de la movilidad, el enfoque principal para abordar la congestión del tráfico recae en el transporte público colectivo.

Además, la implantación del transporte público eléctrico supone la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y un uso racional de la energía necesaria para la movilidad, lo que ayuda a reducir la huella de carbono y mejora la calidad del aire en las áreas urbanas.

Sin embargo, es importante señalar que la sostenibilidad en la movilidad va más allá de la electrificación de los vehículos, ya que la electricidad utilizada proviene de un mix energético que incluye fuentes como las centrales de carbón.

Por ello, cabe mencionar que existen dudas respecto a las previsiones optimistas en cuanto a plazos, necesidades de inversión, cambios normativos y administrativos, impactos económicos y sociales, la voluntad de los gobiernos para avanzar rápidamente en estas cuestiones, el compromiso ciudadano y la situación en el resto del mundo.

Por ejemplo, se puede afirmar que aunque se han logrado avances significativos en la adopción de vehículos eléctricos, el 90% de los vehículos siguen siendo de gasolina y diésel. Asimismo, según el Eurobarómetro, las razones actuales para elegir un modo de transporte están dominadas por el confort, la velocidad, la falta de alternativas, la fiabilidad, el placer y el precio, mientras que las razones ambientales tienen una menor relevancia.

En tercer lugar, afirmar que es necesario avanzar de las ciudades enfocadas en los automóviles hacia ciudades que prioricen a las personas. En concreto, las administraciones deben contribuir al sostenimiento del transporte urbano, promover la movilidad activa, incluir a la ciudadanía en la toma de decisiones sobre inversiones públicas, dar prioridad a las necesidades de movilidad diaria, sensibilizar y concienciar, garantizar la movilidad inclusiva y la perspectiva de género, proporcionar formación en movilidad sostenible en las escuelas y restringir la circulación en las zonas de bajas emisiones, entre otras medidas.

De este modo, los beneficios obtenidos al implementar un nuevo sistema de transporte público como el BRT eléctrico son el aumento de la capacidad, la independencia del tráfico general, la viabilidad económica a corto plazo, el incremento notable de la oferta a un menor costo, los beneficios para la ciudad y los usuarios, la reducción de los automóviles, el incremento de los espacios urbanos, la reducción de la contaminación y el impacto ambiental y la promoción de la intermodalidad urbana sostenible, entre otros.

En el caso de la movilidad en la ciudad de Santander presenta importantes desafíos que deben abordarse. Estos desafíos se dividen en tres aspectos fundamentales: el reto social, el reto ambiental y el reto digital. En concreto, el reto social implica considerar la movilidad como un derecho para acceder a otras necesidades básicas como el trabajo, la educación y la atención médica. El reto ambiental se centra en la descarbonización, la mejora de la calidad del aire, la salud y la protección de los ecosistemas. Por último, el reto digital implica la digitalización al servicio de las personas.

Señalar que las ciudades pequeñas y medianas presentan altos porcentajes de vehículos privados en comparación con las ciudades más grandes. Por ejemplo, en Santander, aproximadamente menos de la mitad de los desplazamientos se realizan a pie, mientras que en Barcelona, más de la mitad lo son. Además, se estima que en Santander el 30% de los viajes en automóvil cubren distancias inferiores a 3 km, y el 50% son de menos de 5 km.

Ilustración 67. Movilidad activa en Santander. Fuente: Autor.

Asimismo, en ciudades de menor tamaño, la intermodalidad se vuelve más factible debido a las dimensiones reducidas de los núcleos urbanos, especialmente en lo que respecta a la movilidad peatonal. Esto se relaciona con el concepto de la "ciudad de los 15 minutos", que propugna la idea de que los servicios y las necesidades diarias deben estar a una distancia accesible para los ciudadanos, lo que fomenta una movilidad más sostenible y menos dependiente de los vehículos privados.

Por ello, es en este segmento donde el sistema de BRT eléctrico como los aparcamientos disuasorios tienen un potencial significativo en ciudades descentralizadas como Santander. De hecho, el BRT eléctrico, al ofrecer un transporte público eficiente y de alta capacidad, puede contribuir a reducir la congestión y mejorar la movilidad en la ciudad. Por otro lado, los aparcamientos disuasorios ubicados en las afueras de la ciudad pueden alentar a los ciudadanos a dejar sus vehículos privados y utilizar opciones de transporte público para acceder al centro urbano, reduciendo así la congestión en las áreas más transitadas.

Por todo ello, y tras el análisis de demanda, el estudio de alternativas, la evaluación de sostenibilidad desde un punto de vista económico, social y medioambiental se puede afirmar que la propuesta general del proyecto de BRT eléctrico junto con la implantación de aparcamientos disuasorios estratégicamente distribuidos y gratuitos es una óptima solución para movilidad en la ciudad de Santander.

En concreto, tras el desarrollo de la metodología basada en un sistema de impactos con el objetivo de realizar la evaluación de la sostenibilidad, se ha obtenido un resultado favorable para las tres alternativas propuestas y, preferentemente, para la Alternativa 2. Esta discurre entre el Intercambiador del Sardinero y El Corte Inglés pasando por la Universidad de Cantabria, el Hospital de Valdecilla y el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria.

Ilustración 68. Alternativa 2. Fuente: Autor.

Destacar que se trata de la solución que responde más positivamente al desarrollo sostenible de la movilidad en la ciudad de Santander ya que cumple tanto con las iniciativas y acuerdos internacionales como con los marcos legales y normativos vigentes.

Además, el trazado y la distribución de los park and ride permiten generar un efecto disuasorio de los vehículos privados en el interior del municipio y evitar la entrada de automóviles de otros municipios en la ciudad de Santander, lo que contribuirá a reconectar la ciudad, impulsar la diversidad modal, favorecer la transición hacia una movilidad descarbonizada, reducir los puntos críticos de la red vial, disminuir la congestión, mejorar la calidad del aire, promover la accesibilidad y mejorar la calidad de vida de la población.

Asimismo, coincide con las necesidades de la mayor parte de la población encuestada para el presente estudio, ya que conecta gran parte de los principales núcleos de generación y atracción de viajes de la ciudad y facilita la intermodalidad tanto con los aparcamientos disuasorios propuestos como con numerosos modos de transporte existentes alternativos.

Señalar que a pesar de presentar la mayor huella de carbono durante su ciclo de vida respecto de la otras dos alternativas, es la que mayor demanda presenta, alcanzando el 50,2% de la demanda total actual de TUS, según el modelo de simulación, y la que más conductores de vehículos privados capta, reduciendo así su huella de carbono.

En cuanto a la viabilidad económica, dada la gran demanda que representa, es la que mayores ingresos presenta para el segundo menor coste total de las tres alternativas. Esto significa que el sistema es capaz de generar suficientes ingresos por concepto de tarifas de pasajeros para cubrir sus gastos operativos y de mantenimiento, sin necesidad de depender de subvenciones gubernamentales de forma continua.

Esta independencia económica es un aspecto importante a considerar, ya que garantiza la sostenibilidad financiera del sistema a largo plazo. Además, el período de amortización del BRT se estima en menos de 10 años, lo cual indica que las inversiones realizadas en la implementación del sistema pueden recuperarse en un tiempo relativamente corto.

Los resultados de la evaluación social también presentan un impacto considerablemente positivo para la sociedad, ya que supone un incremento en el acceso mejorado a los servicios como los equipamientos, los nodos intermodales, el resto de las líneas de autobús o paradas de bicicleta. También favorecen un relativo crecimiento de la vivienda, de los negocios locales y de los puestos de trabajo a su paso por los mismos, lo que resulta en una mejora de la calidad de vida de la población.

Señalar que las otras dos alternativas también son una buena solución aunque no hayan obtenido los mejores resultados. De hecho, por un lado, la Alternativa 3 presenta un enfoque más disuasorio, rápido y con un incremento en la seguridad vial superior a las otras dos. Por otro lado, la Alternativa 1 presenta un trazado más directo y menores impactos extremos.

Asimismo, destacar que todas las alternativas propuestas promueven el uso del transporte público, fomentan la intermodalidad y facilitan el uso de los aparcamientos disuasorios. Estas medidas son positivas para la movilidad urbana, ya que contribuyen a reducir el número de automóviles, mitigar la congestión del tráfico y disminuir los accidentes.

Ilustración 69. Sistema de BRT definido. Fuente: Autor.

En suma, los resultados de la evaluación de la sostenibilidad demuestra que la implementación del sistema BRT eléctrico y los estacionamientos disuasorios son una solución viable y prometedora para abordar los desafíos de movilidad en la ciudad de Santander, ya que se trata de una solución integral que busca mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover un transporte eficiente, accesible, cómodo y sostenible.

7. REFERENCIAS

Las referencias adjuntas a continuación han sido actualizadas en julio de 2023.

[1] **Naciones Unidas**, «Asamblea General de las Naciones Unidas. Desarrollo sostenible. Antecedentes.,» [En línea]. Available: https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[2] **Eurobarometer**, «Attitudes of Europeans towards the Environment,» Unión Europea, 1 marzo 2020. [En línea]. Available: https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2257. [Último acceso: 14 mayo 2023].

[3] **M. p. l. T. E. y. e. R. Demográfico**, «Inventario Nacional de Gases de Efecto Invfernadero (GEI),» Gobierno de España, 1 marzo 2020. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx. [Último acceso: 5 marzo 2023].

[4] **ANFAC**, «Informe Anual 2021,» 12 julio 2021. [En línea]. Available: https://anfac.com/publicaciones/informe-anual-2021/. [Último acceso: 3 mayo 2023].

[5] **A. Broaddus, T. Litman y G. Menon**, «Gestión de la Demanda de Transporte,» Agencia Alemana de Cooperación Técnica, Eschborn (Alemania), 2009.

[6] **El Diario Montañés**, «Atasco en las entradas de los centros comerciales de Santander,» El Diario Montañés, 29 julio 2015. [En línea]. Available: https://s2.ppllstatics.com/eldiariomontanes/www/pre2017/multimedia/noticias/201507/29/media/cortadas/atasco--575x323.jpg. [Último acceso: 5 mayo 2023].

[7] **Naciones Unidas**, «Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro futuro común",» 4 agosto 1987. [En línea]. Available: https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf. [Último acceso: 25 febrero 2023].

[8] **Naciones Unidas**, «Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil,» 14 junio 1992. [En línea]. Available: https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992. [Último acceso: 25 marzo 2024].

[9] **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**, «Desarrollo territorial en el ámbito europeo,» 4 diciembre 2018. [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/planes-y-estrategias/desarrollo-territorial/el-desarrollo-territorial-en-el-ambito-europeo/union-europea/. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[10] **Centro de Publicaciones del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**, «Agenda Territorial Europea 2030: un marco político orientado a la acción para el objetivo de la cohesión territorial,» 22 junio 2021. [En línea]. Available: https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/90072. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[11] **Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico**, «El Protocolo de Kiotoicono barra herramientas,» 18 enero 2020. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[12] **Naciones Unidas**, «el Acuerdo de París,» 7 mayo 2022. [En línea]. Available: https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[13] **Naciones Unidas**, «La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible,» 25 septiembre 2015. [En línea]. Available: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/. [Último acceso: 25 marzo 2025].

[14] **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**, «La Agenda Urbana de la Unión Europea, el Pacto de Ámsterdam (2016) y la Declaración de Bucarest (2019),» 2 octubre 2022. [En línea]. Available: https://www.mitma.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/actividad-internacional/union-europea/el-pacto-de-amsterdam-2016-y-declaracion-de-bucarest-2019. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[15] **Boletín Oficial del Estado**, «Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética,» 21 mayo 2021. [En línea]. Available: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-8447. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[16] **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**, «Ley de Movilidad Sostenible,» 13 diciembre 2022. [En línea]. Available: https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/campanas-de-publicidad/ley-de-movilidad-sostenible-y-financiacion-del-transporte#p1. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[17] **Gobierno de España**, «Anteproyecto de Ley de Movilidad Sostenible,» 13 diciembre 2022. [En línea]. Available: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/participacion-publica/20221213_apl_movilidad_sostenible_aprobado_en_cm.pdf. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[18] **Ministerio de Tranporte, Movilidad y Agenda Urbana**, «Ley de Movilidad Sostenible,» 13 diciembre 2022. [En línea]. Available: https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2022/131222_Presentacion_Ley_Movilidad_Sostenible.pdf. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[19] **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana**, «Estrategia de movilidad, segura, sostenible y conectada 2030,» 10 diciembre 2021. [En línea]. Available: https://esmovilidad.mitma.es/. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[20] **Gobierno de España**, «Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia,» 30 abril 2021. [En línea]. Available: https://planderecuperacion.gob.es/. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[21] **Boletín Oficial del Estado**, «Ley 5/2022, de 15 de julio, de Ordenación del Territorio y Urbanismo de Cantabria,» 17 julio 2022. [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-13844. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[22] **Boletín Oficial del Estado**, «Plan General de Ordenación Urbana de Santander (Revisión),» 21 abril 1997. [En línea]. Available: https://aplicacionesweb.cantabria.es/aucan/public/zona/costacentral/santander#. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[23] **Boletín Oficial de Cantabria**, «Plan General de Ordenación Urbana de Santander,» 29 septiembre 2012. [En línea]. Available: https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioPartesAction.do?idAnuBlob=235365&orden=1. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[24] **Ayuntamiento de Santander**, «Plan General de Santander. Consulta pública ciudadana 2020.,» 8 noviembre 2020. [En línea]. Available: https://www.santander.es/ciudad/pgs/consulta-publica-ciudadana/informe-final-consulta-pgs. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[25] **Ayuntamiento de Santander**, «Plan de Movilidad Sostenible,» 18 febrero 2010. [En línea]. Available: https://www.santander.es/content/plan-movilidad-sostenible. [Último acceso: 26 marzo 2023].

[26] **Boletín Oficial de Cantabria**, « Aprobación defnitiva de la Ordenanza reguladora del Servicio de Transporte Público Urbano de Viajeros en Autobús en la Ciudad de Santander,» 16 enero 2023. [En línea]. Available: https://www.santander.es/system/files/noticias/anexos/2023/02/publicacion_boc_ordenanza_definitiva_23_enero_2023.pdf. [Último acceso: 27 marzo 2023].

[27] **CEPAL**, «Qué es un BRT, o la implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina,» 1 agosto 2012. [En línea]. Available: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/36157/FAL-312-WEB_es.pdf. [Último acceso: 27 marzo 2023].

[28] **GoBRT**, «Curitiba, Brazil BRT System,» 08 junio 2022. [En línea]. Available: https://gobrt.org/international-brt-systems/curitiba-brazil-brt-system/. [Último acceso: 27 marzo 2023].

[29] **GAO. U.S. Government Accountability Office**, «Mass Transit: Bus Rapid Transit Shows Promise,» 17 septiembre 2001. [En línea]. Available: https://www.gao.gov/products/gao-01-984. [Último acceso: 28 marzo 2023].

[30] **A. Weinstock, W. Hook, M. Replogle y R. Cruz**, «Recapturing Global,» 3 mayo 2011. [En línea]. Available: https://web.archive.org/web/20110611152212/http://www.itdp.org/documents/20110526ITDP_USBRT_Report-HR.pdf. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[31] **Prefectura Municipal de Curitiba**, «Fligeirao de curitiba e referencia nas grandes cidades da america,» 17 septiembre 2019. [En línea]. Available: https://mid.curitiba.pr.gov.br/2011/00097720.jpg. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[32] **Prefectura de Curitiba**, «BRT ou faixa exclusiva: qual opção permite mais ganhos aos usuários?,» MAX Despachante Policial, 28 febrero 2019. [En línea]. Available: http://www.softcia.com.br/modelos/14/brt-ou-faixa-exclusiva-qual-opcao-permite-mais-ganhos-aos-usuarios/. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[33] **TransMilenio**, «Historia de TransMilenio,» GOB.CO, 15 febrero 2022. [En línea]. Available: https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146028/historia-de-transmilenio/. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[34] **O. Amaya**, «Bogota has a world-renowned BRT system. What would it take to replicate it?,» Greater Greater Washington, 3 abril 2017. [En línea]. Available: https://ggwash.org/view/62869/bogota-has-a-world-renowned-brt-what-would-it-take-to-replicate-it. [Último acceso: 20 marzo 2023].

[35] **Ahmedabad BRTs,** «Ahmedabad Bus Rapid Transit System,» 5 junio 2019. [En línea]. Available: https://web.archive.org/web/20170613131143/http://www.ahmedabadbrts.org/web/index.html. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[36] **ITDP India**, «Growth of Bus Rapid Transit in India,» 15 abril 2016. [En línea]. Available: https://www.itdp.in/growth-of-bus-rapid-transit-in-india/. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[37] **World Resources Institute**, «Istanbul's Metrobüs bus rapid transit system receives international recognition from sustainable transport experts,» 31 marzo 2015. [En línea]. Available: https://wrirosscities.org/news/istanbul%E2%80%99s-metrob%C3%BCs-bus-rapid-transit-system-receives-international-recognition-sustainable. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[38] **Advancing Public Transport**, «Transformando ciudades mediante sistemas BRT (Bus Rapid Transit),» 9 mayo 2019. [En línea]. Available: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/07/Report-VREF-BRT-UITP-ES_June_last_version_web.pdf. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[39] **TAN.fr**, «Nantes Metropole,» 2 diciembre 2022. [En línea]. Available: https://web.archive.org/web/20130202065808/https://www.tan.fr/jsp/fiche_pagelibre.jsp?CODE=18076193&LANGUE=0&RH=ET-LA-SEMITAN&RF=1228218051028. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[40] **Global BRT Data**, «Características y valores de los sistemas BRT,» 10 marzo 2020. [En línea]. Available: https://brtdata.org/location/europe/france/nantes. [Último acceso: 29 marzo 2023].

[41] **Banco Mundial**, «Desarrollo urbano. Panorama General. Contexto,» BIRF - AIF, 6 octubre 2022. [En línea]. Available: https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[42] **Streetmix**, «Streetmix,» [En línea]. Available: https://streetmix.net. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[43] . **C. Martínez Gaete**, «6 consejos para diseñar paradas de autobuses accesibles y seguras,» ArchDaily, 31 mayo 2017. [En línea]. Available: https://www.archdaily.cl/cl/870343/6-consejos-para-disenar-paradas-de-autobuses-accesibles-y-seguras. [Último acceso: 6 mayo 2023].

[44] **Google**, «Maps,» [En línea]. Available: https://www.google.es/maps/. [Último acceso: 25 enero 2023].

[45] **TUS**, «Transportes Urbanos de Santander,» Ayuntamiento de Santander, 2 febrero 2023. [En línea]. Available: http://www.tusantander.es/red-lineas. [Último acceso: 14 junio 2023].

[46] **SUM+LAB**, «Transporte Urbano,» Movilidad Sostenible & Ingeniería Ferroviaria, 12 mayo 2022. [En línea]. [Último acceso: 2 junio 2023].

[47] **Gobierno de Cantabria**, «Mapas Cantabria,» [En línea]. Available: https://mapas.cantabria.es/. [Último acceso: 5 abril 2023].

[48] **J. Hoefnagel**, «Santcivitatis,» 30 agosto 2006. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Santcivitatis.jpg. [Último acceso: 5 abril 2023].

[49] **Ayuntamiento de Santander**, «Santander,» [En línea]. Available: https://www.santander.es/. [Último acceso: 5 abril 2023].

[50] **ICANE**, «Instituto Cántabro de Estadística,» [En línea]. Available: www.icane.es/. [Último acceso: 5 abril 2023].

[51] **Landlab; Paisaje Transversal**, «Santander, Hábitat Futuro,» Concejalía de Urbanismo del Ayuntamiento de Santander, 1 marzo 2023. [En línea]. Available: https://santanderhabitatfuturo.com/. [Último acceso: 2 abril 2023].

[52] **Instituto Cántabro de Servicios Sociales**, «Estudio preliminar sobre las necesidades de teleasistencia avanzada en Cantabria,» Gobierno de Cantabria, 1 junio 2022. [En línea]. Available: https://www.serviciossocialescantabria.org/uploads/documentos%20e%20informes/Estudio%20preliminar%20necesidades%20teleasistencia%20avanzada.pdf. [Último acceso: 25 mayo 2023].

[53] **Carreteras de Cantabria**, «Mapa Oficial de Carreteras 2017,» Red Autonómica de Carreteras de Cantabria, 12 enero 2017. [En línea]. Available: https://www.carreterasdecantabria.es/mapa-oficial-2017. [Último acceso: 5 abril 2023].

[54] **Ayuntamiento de Santander**, «Visor GIS,» [En línea]. Available: https://aytosantander.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=81908d63b4be4ec3a2f9f1e93a608888. [Último acceso: 5 mayo 2023].

[55] **MODII**, «Accesibilidad univesal,» 23 enero 2020. [En línea]. Available: https://modii.org/accesibilidad-universal/. [Último acceso: 5 mayo 2023].

[56] **PTV Group**, «PTV VISUM,» [En línea]. Available: https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-visum/. [Último acceso: 14 abril 2022].

[57] **G. Fernández Sánchez**, «Propuesta de modelo para la evaluación de la sostenibilidad en la dirección integrada de proyectos de ingeniería civil,» Universidad Politécnica de Madrid, 12 abril 2010. [En línea]. Available: https://oa.upm.es/5524/1/GONZALO_FERNANDEZ_SANCHEZ.pdf. [Último acceso: 26 junio 2022].

[58] **J. E. Arizón Fanlo**, «Modelo mejorado de evaluación de la sostenibililidad de los proyectos de infraestructuras,» Universidad de Cantabria, 1 octubre 2022. [En línea]. Available: https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/64796/1/Tesis_Arizon.pdf. [Último acceso: 25 junio 2022].

[59] **Statista**, «Las energías renovables en España - Datos estadísticos,» 16 marzo 2023. [En línea]. Available: https://es.statista.com/temas/6675/las-energias-renovables-en-espana/#topicOverview. [Último acceso: 26 junio 2023].

[60] **Carbone 4**, «A study of the lifecycle CO2 emissions of tramway & BRT systems,» Alstom, 14 septiembre 2022. [En línea]. Available: https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2022/09/14/Alstom_Carbone_4_Tramways_or_BRTs_lifecycle_analysis%20_EN.pdf. [Último acceso: 28 junio 2023].

[61] **Green Development**, «Huella de carbono, protocolo de medición y su importancia,» 13 julio 2016. [En línea]. Available: https://greendevelopment.com.gt/huella-de-carbono-protocolo-de-medicion-y-su-importancia/. [Último acceso: 28 junio 2023].

[62] **Mnisterio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico**, «Estrategia de gestión, control y posible erradicación del Plumero de la Pampa (Cortaderia selloana) y otras especies de Cortaderia,» Gobierno de España, 1 junio 2018. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pbl_fauna_flora_estrategia_Cortaderia.aspx. [Último acceso: 30 junio 2023].

[63] **Á. Ibeas, F. González, L. Dell'Olio y J. L. Moura**, Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Declaradas y Preferencias Reveladas, Santander: Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte (GIST), 2015.

[64] **Freepik**, «Análisis de datos,» [En línea]. Available: https://www.freepik.es/. [Último acceso: 2 mayo 2023].

[65] **Santander Ciudad**, «Plan General de Ordenación Urbana de Santander (PGS),» Ayuntamiento de Santander, 17 abril 1997. [En línea]. Available: https://www.santander.es/node/26469. [Último acceso: 25 marzo 2023].

[66] **J. Climent, J. Cabré, F. Sánchez, C. Martín, E. Vidal y D. López,** «El informe de sostenibilidad del Trabajo de Fin de Grado del área de las ingenierías,» REDU. Revista de Docencia Universitaria, 28 diciembre 2018. [En línea]. Available: http://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/10092. [Último acceso: 22 abril 2023].