



POLITÉCNICA

**ETSI CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data.

Caso de estudio: Tánger (Marruecos)



Autor: ABID AL AKIOUI SANZ

Tutor: ANDRÉS MONZÓN DE CÁCERES

Co-Tutora: ADRIANA CORTEZ FLORES

2020-2021

**MASTER EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
TRANSPORTES, TERRITORIO Y URBANISMO**



Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)



TRACKBEST-3S
HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN SEGURA, SOSTENIBLE
E INTELIGENTE DE RUTAS DE AUTOBÚS

Este Trabajo de Fin de Máster, para la obtención del título de Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), se ha realizado en el marco de las actividades del proyecto “*TrackBest-3S. Herramienta para la Gestión Segura, Sostenible e Inteligente de Rutas de Autobús*”, con referencia RTC2019-007041-4.

TrackBest-3S pertenece a la convocatoria del año 2019 para los Proyectos de I+D+i “Retos-Colaboración” del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020. (Identificador Base de Datos Nacional de Subvenciones: 474294; extracto publicado en el «Boletín Oficial del Estado» de 28 de septiembre de 2019).

El proyecto está coordinado por ALSA, empresa líder de transporte de viajeros, participando el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) como Organismo Público de Investigación (OPI).



Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)



AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo de Fin de Máster marca el final de una etapa en mi vida. Una larga y dura etapa. Son siete los años que llevo encerrado en este bloque de hormigón. Y los que quedan por delante. Ha habido muy buenos momentos, y sobre todo muchos no tan buenos, pero creo que ha merecido la pena.

Es por ello que quiero dedicar y agradecer este Trabajo de Fin de Máster, y estos siete años en Caminos:

A mi madre, Beatriz, la primera persona que me enseñó que menos por menos es más, y siempre confió en mí. Espero que estés orgullosa. Te quiero y te echo de menos.

A mi padre, Mohamed, por sus llamadas y sus consejos para afrontar los exámenes como “Haz las pequeñas, y ya luego sacas las gordas”, y por su información indispensable sobre Marruecos.

A mi hermana, Karima, que siempre me animó, incluso cuando no tenía fuerzas para levantarme de la cama. Gracias por tirar de mi brazo y obligarme a seguir en Caminos.

A mis amigos de siempre, por saber entender lo duro que es Caminos y esperarme siempre para vernos aunque sea para media hora y olvidar lo malo de la carrera.

A mis compañeros de Universidad, ya familia, por todos los fines de semana de Teleco, Agrónomos y Aero, millones de apuntes, consejos, apoyo y, sobre todo, los buenos momentos y las risas.

A mis compañeros de Toulouse, por hacer de esos seis meses en los que pude huir de Caminos una experiencia inolvidable.

A los Biólogos, por siempre invitarme a sus cenas, picnics, quedadas y viajes, y por los consejos y ánimos que me han dado.

A mis compañeros de TRANSyT, por recibir al nuevo becario con una sonrisa y los brazos abiertos. Vosotros no os preocupáis que he llegado para quedarme.

A Adriana, mi fantástica co-tutora, compañera y amiga, por su paciencia y comprensión a la hora de compaginar máster, trabajo y TFM. Qué haría sin tus correcciones.

A Andrés Monzón, por darme la oportunidad de trabajar en TRANSyT y tutorizar este TFM, gracias al cual he aprendido mucho en el ámbito de la investigación.

Y por último, pero no menos importante, a la empresa operadora ALSA, que como parte del Proyecto TrackBest-3S, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de los Retos Colaboración 2019, ha facilitado los datos necesarios para la realización de este TFM.

Finalmente, para todo aquel que no se vea reflejado en esta lista, y crea que debería estarlo, gracias a ti también.



Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. ALCANCE Y MOTIVACIÓN	9
1.2. POTENCIAL DE MEJORA DEL MODO AUTOBÚS.....	10
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.4. METODOLOGÍA.....	12
2. CONTEXTO Y CONDICIONANTES DEL CASO DE ESTUDIO: TÁNGER	13
2.1. MARCO LEGAL: ESTRATEGIAS, NORMATIVA Y PROGRAMAS.....	13
2.1.1. Seguridad Vial	13
2.1.2. Medio Ambiente y Sostenibilidad	13
2.2. ÁMBITO TERRITORIAL Y DEMOGRAFÍA.....	15
2.3. PRINCIPALES CENTROS ATRACTORES DE VIAJEROS.....	17
2.3.1. Zonas intermodales	17
2.3.2. Zonas industriales	19
2.3.3. Centros sanitarios.....	20
2.3.4. Centros de estudios y de ocio.....	21
2.4. CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN LA CIUDAD	24
3. EL AUTOBÚS: MODO DE TRANSPORTE PÚBLICO MAYORITARIO	25
3.1. PARQUE MÓVIL: FLOTA DE AUTOBUSES	25
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE AUTOBUSES.....	26
3.3. OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS DE AUTOBÚS	30
3.3.1. Líneas urbanas.....	31
3.3.2. Líneas regionales	64
3.4. DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO DE AUTOBÚS.....	86
3.4.1. Líneas urbanas.....	86
3.4.2. Líneas regionales	89
4. DISEÑO DE SOLUCIONES.....	93
4.1. SOLUCIONES GENERALES.....	93
4.1.1. Equipamiento e infraestructura	93
4.1.2. Información al usuario	93
4.1.3. Billetes y tarifas	94
4.2. SOLUCIONES ESPECÍFICAS Y ZONIFICACIÓN.....	95
4.2.1. Zona noroeste	96
4.2.2. Zona noreste	99
4.2.3. Zona suroeste.....	100
4.2.4. Zona sureste.....	103
5. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES.....	107
6. CONCLUSIONES.....	111
7. REFERENCIAS	113
ANEXO I: LÍNEAS URBANAS	115
ANEXO II: LÍNEAS REGIONALES	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos del proyecto	11
Figura 2. Distritos de Tánger.....	16
Figura 3. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de ferrocarril Tánger	17
Figura 4. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de ferrocarril Mghogha	17
Figura 5. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de autobuses	18
Figura 6. Recorrido de las líneas que dan servicio al Aeropuerto Tánger-Ibn Batouta	18
Figura 7. Recorrido de la línea que da servicio al Puerto Tánger-Med.....	18
Figura 8. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Zona Industrial de Gueznaia y a la Zona Franca de Tánger	19
Figura 9. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Zona Industrial de Mghogha ..	19
Figura 10. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Ciudad del Automóvil de Tánger y a la Fábrica Renault.....	20
Figura 11. Recorrido de las líneas que dan servicio al Hospital Mohamed V	20
Figura 12. Recorrido de la línea que da servicio al Hospital Mohamed VI.....	20
Figura 13. Recorrido de la línea que da servicio al Hospital Al Kortobi y al Instituto Pasteur de Marruecos-Tánger	21
Figura 14. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Ciudad Universitaria	21
Figura 15. Recorrido de las líneas que dan servicio al Estadio Ibn Batouta	22
Figura 16. Recorrido de la línea que da servicio al Parque Rmilat	22
Figura 17. Tráfico a las 6:00 en Tánger	24
Figura 18. Tráfico a las 10:00 en Tánger	24
Figura 19. Tráfico a las 12:00 en Tánger	24
Figura 20. Tráfico a las 16:00 en Tánger	24
Figura 21. Tráfico a las 18:00 en Tánger	24
Figura 22. Tráfico a las 22:00 en Tánger	24
Figura 23. Líneas urbanas	26
Figura 24. Líneas regionales.....	28
Figura 25. Promedio de viajeros de las líneas urbanas.....	31
Figura 26. Ratio de captación medio de las líneas urbanas	32
Figura 27. Porcentaje carga-vacío de las líneas urbanas.....	32
Figura 28. Viajeros de la línea 1	33
Figura 29. Ratio de captación de la línea 1	33
Figura 30. Viajeros de la línea 1B	34
Figura 31. Ratio de captación de la línea 1B.....	34
Figura 32. Viajeros de la línea 2	35
Figura 33. Ratio de captación de la línea 2	35
Figura 34. Viajeros de la línea 2A	36
Figura 35. Ratio de captación de la línea 2A.....	36
Figura 36. Viajeros de la línea 3	37
Figura 37. Ratio de captación de la línea 3	38
Figura 38. Porcentaje carga-vacío de la línea 3	38
Figura 39. Viajeros de la línea 4	39
Figura 40. Ratio de captación de la línea 4	39
Figura 41. Viajeros de la línea 5	40
Figura 42. Ratio de captación de la línea 5	40
Figura 43. Viajeros de la línea 6	41
Figura 44. Ratio de captación de la línea 6	41

Figura 45. Viajeros de la línea 7	42
Figura 46. Ratio de captación de la línea 7	42
Figura 47. Viajeros de la línea 8	43
Figura 48. Ratio de captación de la línea 8	44
Figura 49. Porcentaje carga-vacío de la línea 8	44
Figura 50. Viajeros de la línea 9A	45
Figura 51. Ratio de captación de la línea 9A.....	45
Figura 52. Viajeros de la línea 10.....	46
Figura 53. Ratio de captación de la línea 10	47
Figura 54. Porcentaje carga-vacío de la línea 10	47
Figura 55. Viajeros de la línea 11.....	48
Figura 56. Ratio de captación de la línea 11	48
Figura 57. Viajeros de la línea 12.....	49
Figura 58. Ratio de captación de la línea 12	49
Figura 59. Viajeros de la línea 13.....	50
Figura 60. Ratio de captación de la línea 13	51
Figura 61. Porcentaje carga-vacío de la línea 13	51
Figura 62. Viajeros de la línea 14.....	52
Figura 63. Ratio de captación de la línea 14	53
Figura 64. Porcentaje carga vacío de la línea 14	53
Figura 65. Viajeros de la línea 16.....	54
Figura 66. Ratio de captación de la línea 16	54
Figura 67. Viajeros de la línea 17.....	55
Figura 68. Ratio de captación de la línea 17	55
Figura 69. Viajeros de la línea 18.....	56
Figura 70. Ratio de captación de la línea 18	57
Figura 71. Porcentaje carga-vacío de la línea 18	57
Figura 72. Viajeros de la línea 19.....	58
Figura 73. Ratio de captación de la línea 19	58
Figura 74. Viajeros de la línea 20.....	59
Figura 75. Ratio de captación de la línea 20	59
Figura 76. Viajeros de la línea 21	60
Figura 77. Ratio de captación de la línea 21	60
Figura 78. Viajeros de la línea 23.....	61
Figura 79. Ratio de captación de la línea 23	62
Figura 80. Porcentaje carga-vacío de la línea 23	62
Figura 81. Viajeros de la línea 26.....	63
Figura 82. Ratio de captación de la línea 26	63
Figura 83. Promedio de viajeros de las líneas regionales	64
Figura 84. Ratio de captación medio de las líneas regionales.....	65
Figura 85. Porcentaje carga-vacío de las líneas regionales	65
Figura 86. Viajeros de la línea I1	66
Figura 87. Ratio de captación de la línea I1	66
Figura 88. Viajeros de la línea I2	67
Figura 89. Ratio de captación de la línea I2	67
Figura 90. Viajeros de la línea I3	68
Figura 91. Ratio de captación de la línea I3	68
Figura 92. Viajeros de la línea I4	69
Figura 93. Ratio de captación de la línea I4	70
Figura 94. Porcentaje carga-vacío de la línea I4	70

Figura 95. Viajeros de la línea I5	71
Figura 96. Ratio de captación de la línea I5	72
Figura 97. Porcentaje carga-vacío de la línea I5	72
Figura 98. Viajeros de la línea I6	73
Figura 99. Ratio de captación de la línea I6	73
Figura 100. Viajeros de la línea I7.....	74
Figura 101. Ratio de captación de la línea I7	75
Figura 102. Porcentaje carga-vacío de la línea I7	75
Figura 103. Viajeros de la línea I8.....	76
Figura 104. Ratio de captación de la línea I8	76
Figura 105. Viajeros de la línea I9.....	77
Figura 106. Ratio de captación de la línea I9	77
Figura 107. Viajeros de la línea I10.....	78
Figura 108. Ratio de captación de la línea I10	78
Figura 109. Viajeros de la línea I11.....	79
Figura 110. Ratio de captación de la línea I11	79
Figura 111. Viajeros de la línea I12.....	80
Figura 112. Ratio de captación de la línea I12	80
Figura 113. Viajeros de la línea I13.....	81
Figura 114. Ratio de captación de la línea I13	81
Figura 115. Viajeros de la línea I14.....	82
Figura 116. Ratio de captación de la línea I14	82
Figura 117. Viajeros de la línea I15.....	83
Figura 118. Ratio de captación de la línea I15	83
Figura 119. Viajeros de la línea I16.....	84
Figura 120. Ratio de captación de la línea I16	84
Figura 121. Viajeros de la línea I17.....	85
Figura 122. Ratio de captación de la línea I17	85
Figura 123. Promedio de viajeros de cada línea urbana	86
Figura 124. Ratio de captación medio de cada línea urbana.....	86
Figura 125. Velocidad media de cada línea urbana	87
Figura 126. Ratio de captación medio por kilómetro de cada línea urbana	88
Figura 127. Promedio de viajeros de cada línea regional.....	89
Figura 128. Ratio de captación medio de cada línea regional	89
Figura 129. Velocidad comercial media de cada línea regional.....	90
Figura 130. Ratio de captación medio por kilómetro de cada línea regional.....	91
Figura 131. Recorrido de las líneas menos eficientes de la red de autobuses	95
Figura 132. Recorridos de las líneas 4 y 21	96
Figura 133. Análisis geoespacial de las líneas 4 y 21	97
Figura 134. Recorrido de la línea propuesta	97
Figura 135. Recorridos de las líneas 2A y 26.....	98
Figura 136. Nuevo recorrido de la línea 26	98
Figura 137. Recorridos de las líneas I3 e I12.....	99
Figura 138. Nuevo recorrido de la línea I3	99
Figura 139. Cobertura de las líneas procedentes de Gueznaia.....	100
Figura 140. Nuevo recorrido de la línea 19	101
Figura 141. Nuevo recorrido de la línea I8	102
Figura 142. Cobertura de las líneas procedentes de Gueznaia tras la optimización ..	102
Figura 143. Cobertura de las líneas procedentes de Mghogha	103
Figura 144. Nuevos recorridos de las líneas 13 y 23	104

Figura 145. Nuevo recorrido de la línea 18	104
Figura 146. Recorridos de las líneas I7 e I16	105
Figura 147. Cobertura de las líneas procedentes de Mghogha tras la optimización ..	105
Figura 148. Evaluación de soluciones.....	109
Figura 149. Recorrido de la línea 1	115
Figura 150. Recorrido de la línea 1B.....	116
Figura 151. Recorrido de la línea 2	117
Figura 152. Recorrido de la línea 2A.....	118
Figura 153. Recorrido de la línea 3	119
Figura 154. Recorrido de la línea 4	120
Figura 155. Recorrido de la línea 4B.....	121
Figura 156. Recorrido de la línea 5	122
Figura 157. Recorrido de la línea 6	123
Figura 158. Recorrido de la línea 7	124
Figura 159. Recorrido de la línea 8	125
Figura 160. Recorrido de la línea 9A.....	126
Figura 161. Recorrido de la línea 10	127
Figura 162. Recorrido de la línea 11	128
Figura 163. Recorrido de la línea 12	129
Figura 164. Recorrido de la línea 13	130
Figura 165. Recorrido de la línea 14	131
Figura 166. Recorrido de la línea 16	132
Figura 167. Recorrido de la línea 17	133
Figura 168. Recorrido de la línea 18	134
Figura 169. Recorrido de la línea 19	135
Figura 170. Recorrido de la línea 20	136
Figura 171. Recorrido de la línea 21	137
Figura 172. Recorrido de la línea 23	138
Figura 173. Recorrido de la línea 26	139
Figura 174. Recorrido de la línea 27	140
Figura 175. Recorrido de la línea 30	141
Figura 176. Recorrido de la línea I1	143
Figura 177. Recorrido de la línea I2	144
Figura 178. Recorrido de la línea I3	145
Figura 179. Recorrido de la línea I4	146
Figura 180. Recorrido de la línea I5	147
Figura 181. Recorrido de la línea I6	148
Figura 182. Recorrido de la línea I7	149
Figura 183. Recorrido de la línea I8	150
Figura 184. Recorrido de la línea I9	151
Figura 185. Recorrido de la línea I10	152
Figura 186. Recorrido de la línea I11	153
Figura 187. Recorrido de la línea I12	154
Figura 188. Recorrido de la línea I13	155
Figura 189. Recorrido de la línea I14	156
Figura 190. Recorrido de la línea I15	157
Figura 191. Recorrido de la línea I16	158
Figura 192. Recorrido de la línea I17	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operación en las grandes ciudades de Marruecos.....	10
Tabla 2. División administrativa de la Prefectura.....	15
Tabla 3. Demografía de Tánger	16
Tabla 4. Resumen de los centros atractores de viajeros.....	23
Tabla 5. Detalle de los vehículos de la flota	25
Tabla 6. Vehículos mayoritario y promedio	25
Tabla 7. Resumen de las líneas urbanas.....	27
Tabla 8. Resumen de las líneas regionales	29
Tabla 9. Evaluación de soluciones.....	108

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ALCANCE Y MOTIVACIÓN

Hoy en día, entre los desafíos principales que deben afrontar las ciudades están la reducción de la congestión de vehículos y los problemas de tráfico, además de disminuir las emisiones contaminantes con el fin de alcanzar una movilidad sostenible.

El Informe Mundial sobre asentamientos Humanos (UN-HABITAT, 2013) defiende que las consecuencias medioambientales del aumento de la motorización son motivo de gran preocupación tanto a nivel local como a nivel mundial, ya que el sector del transporte es uno de los principales causantes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, el principal factor del cambio climático.

Según este Informe, los principales retos medioambientales de los sistemas de movilidad urbana son la reducción del número de viajes motorizados, la reducción de las distancias de viaje en las ciudades, el cambio de la distribución modal, la innovación tecnológica y la eficiencia del vehículo.

Como solución al reto del cambio de la distribución modal, el primer paso a dar es potenciar y mejorar el transporte público colectivo, para así reducir el uso del vehículo privado. Esta mejora del transporte público debe responder a las necesidades reales de la sociedad e integrarse perfectamente con la planificación de desarrollos urbanísticos.

En las ciudades actuales este sistema de transporte colectivo se compone de redes de autobuses urbanos y metropolitanos y, en las grandes ciudades y áreas metropolitanas, de la red de ferrocarril metropolitano. Dado que esta última no se da en la totalidad de las ciudades, centrar el estudio en las redes de autobuses permite que las soluciones que en él se desarrollen se puedan aplicar a un mayor número de zonas, mejorando notablemente la sostenibilidad del transporte público a escala global.

El presente documento se centrará en el estudio y desarrollo de soluciones para la red de autobuses de Tánger, en colaboración con la empresa ALSA, operadora de la misma. Esta ciudad, con casi un millón de habitantes según el Censo de 2014 (HCP), es la tercera más poblada del país, y se estima que supere los 1.300.000 habitantes en 2030.

La evolución demográfica de Tánger muestra un crecimiento en las zonas periféricas de la ciudad, en las cuales se encuentra más del 60% de la población. Además, al ser la segunda ciudad industrial más importante de África, Tánger tiene grandes zonas industriales situadas en las afueras de la ciudad.

Los hábitos de la población de la ciudad, así como la dispersión de las zonas residenciales y de los centros industriales, hacen que el uso de vehículo privado aumente. Este aumento trae consigo altos niveles de congestión, contaminación y un gran número de accidentes de tráfico, lo que es un gran problema en esta zona.

Actualmente la red de transporte público de Tánger está compuesta únicamente por la red de autobuses operada por ALSA, formada por 44 líneas. Si bien en 2015 se hizo un estudio de viabilidad para la construcción de una red tranviaria, siguiendo los ejemplos de Rabat y Casablanca, aún no se ha avanzado en ese tema.

1.2. POTENCIAL DE MEJORA DEL MODO AUTOBÚS

El modo autobús tiene un gran peso de cara a lograr una movilidad sostenible, sin embargo, tiene que asegurar la calidad de su servicio para competir con el automóvil y contribuir a la reducción de emisiones y consumos. Entre los principales desafíos a los que se enfrenta este modo, se pueden citar los siguientes:

- Está sujeto a las condiciones del tráfico, y su velocidad comercial es más dependiente del entorno que en otros modos de transporte (Van de Velde, 2009).
- Suele percibirse como menos fiable en relación a la información de ruta, la cual tiene especial relevancia para la calidad del transporte (Hensher et al., 2003).
- Aunque la energía consumida por viajero en los autobuses es cinco veces inferior a la de los vehículos privados (Ministerio de Fomento, 2006), se podrían lograr mayores ahorros energéticos con una conducción más eficiente.

Se concluye entonces, que las principales mejoras a implementar en los servicios de autobús se refieren a la eficiencia, la seguridad, la fiabilidad y la información (CE, 2011). Sobre estos ejes se apoya TrackBest-3S, desarrollado por ALSA y el Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT-UPM).

Este proyecto, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de los Retos Colaboración 2019, ahonda en la eficiencia de los servicios de autobús combinando la seguridad, las emisiones y la prestación del servicio.

TrackBest-3S se centra en tres casos de estudio: dos zonas urbanas, Oviedo y Tánger, y la línea de largo recorrido Madrid-Bilbao. Para el caso de estudio de Oviedo, Ignacio David Pérez Abellán realizó un Trabajo de Fin de Máster, tutorizado por Andrés Monzón de Cáceres, cuya metodología servirá de base para la realización de este mismo trabajo, además de ampliar este análisis con otros factores no contemplados anteriormente.

Centrándose en el caso de estudio, Karim y Fouad (2018) realizaron un análisis de la operación del transporte público en las grandes ciudades de Marruecos. Los resultados alcanzados colocan a Tánger como una de las peores en cuanto a operación del servicio se refiere, tan sólo por delante de Fez, por lo que el potencial de mejora del modo autobús en esta ciudad es muy elevado.

Tabla 1. Operación en las grandes ciudades de Marruecos
Fuente: Karim y Fouad (2018)

Cities	Production efficiency	Operational effectiveness	Overall performance
Agadir	0.784	0.851	0.851
Casablanca	1	1	1
Fez	0.765	0.681	0.782
Marrakech	0.95	1	1
Rabat-Salé	0.877	0.532	0.877
Tangier	0.82	0.681	0.83
Mean	0.688	0.791	0.89

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto es la optimización de la operación de los autobuses en Tángier centrándose en la calidad del servicio. Todo esto con el fin último de mejorar la eficiencia de la red de autobuses para convertirla en una alternativa al vehículo privado atractiva al ciudadano, favoreciendo el desarrollo de una movilidad más sostenible. Para cumplir este objetivo principal, es necesario primero alcanzar cuatro objetivos específicos.

Analizar de forma cuantitativa y cualitativa el parque móvil que da servicio a la red, es decir, la flota de autobuses de que dispone ALSA, permitirá evaluar el confort del servicio prestado, dada la relación directa entre las características de los vehículos y la percepción de confort y seguridad por parte del usuario.

Caracterizar la red de autobuses permitirá conocer el grado de cobertura espacial de la red en términos de oferta y accesibilidad, así como las condiciones del servicio en cuanto a horarios y frecuencias.

Analizar la operación del servicio para evaluar la red a través de una serie de indicadores es la parte central del proyecto que permitirá realizar un diagnóstico de la situación actual de la operación de la red de autobuses en Tángier identificando los principales problemas y debilidades.

Finalmente, proponer soluciones y/o cambios en la operación del servicio en base a las conclusiones de los tres objetivos anteriores permitirá determinar las líneas a seguir para conseguir optimizar el servicio y convertirlo en un modo de transporte atractivo para el usuario.

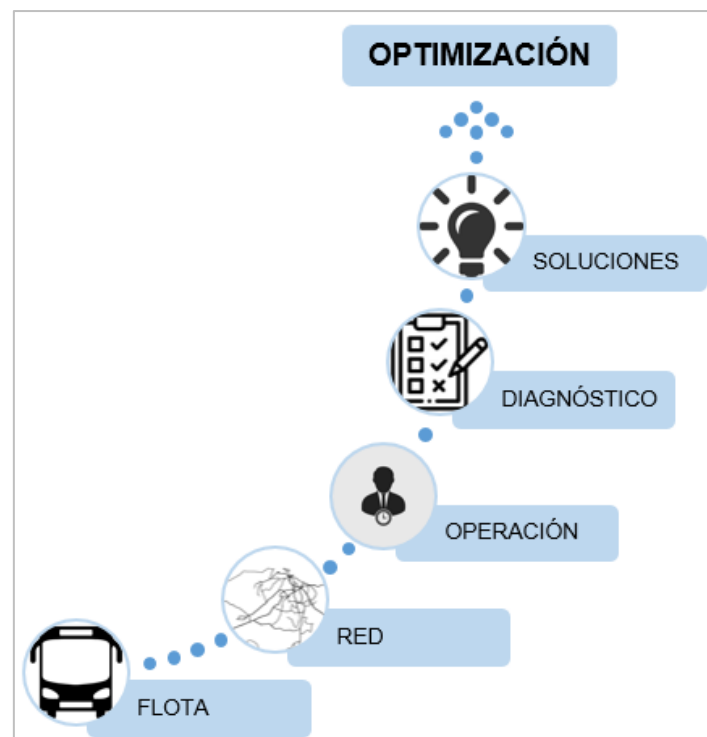


*Figura 1. Objetivos del proyecto
Fuente: Elaboración propia*

1.4. METODOLOGÍA

Como se ha comentado anteriormente, tanto el trabajo de Pérez y Monzón (2020) como este trabajo pertenecen al mismo proyecto, TrackBest-3S, por lo que para facilitar la comparación entre los dos casos de estudio urbanos, Oviedo y Tánger, se partirá de la metodología del trabajo precedente, añadiendo nuevos aspectos que ampliarán la visión global del análisis.

Para el cumplimiento de los objetivos específicos, y por ende del objetivo principal del proyecto, se partió de un estudio del contexto y los condicionantes a los que tiene que hacer frente el servicio de autobuses urbanos del caso de estudio.

Este estudio del contexto comenzó con una revisión de las estrategias desarrolladas en Marruecos relativas a la seguridad y a la sostenibilidad, y con el análisis del ámbito territorial y la demografía. En cuanto al estado del transporte en Tánger, se definieron y ubicaron los principales centros atractores de viajeros y se analizaron las condiciones del tráfico en la ciudad, mediante la herramienta proporcionada por Google Maps.

A continuación, se analizó la flota que da servicio en la ciudad. Este análisis consistió en revisar el número y las configuraciones de los vehículos, para así obtener la capacidad media disponible. Otro factor importante que se analizó es la edad de la flota, así como su consumo, ya que no hay que olvidar que lo que se persigue con este proyecto es fomentar una alternativa de movilidad sostenible en Tánger.

A continuación, se presentaron las diferentes líneas que conforman la red de autobuses de Tánger, detallando de forma pormenorizada sus principales características como la longitud, las zonas servidas y los horarios.

La empresa ALSA como operadora del servicio, proporcionó los datos de los sistemas GPS embarcados en la flota, además de los datos de operación. Los datos disponibles se componen de las posiciones y velocidades de los autobuses, el total de viajeros, los kilómetros realizados con carga y en vacío, y el número de vehículos. Para el presente proyecto, se trabajó con las series completas correspondientes a los años 2018 y 2019.

Se depuró la base de datos mediante el tratamiento dinámico de Big Data con el fin de extraer la información para los años objetivo. De esta manera, se obtuvieron la evolución de los parámetros a lo largo del año, los datos promedio para cada línea y, finalmente, los datos promedio de toda la red.

A partir de los resultados de los análisis del contexto, la flota, las características de la red y de los datos cedidos por ALSA, se realizó un diagnóstico de la operación del servicio de autobuses en la ciudad. Este diagnóstico permitió identificar qué líneas son las más competitivas de la red y, en el otro lado de la balanza, cuáles se deben mejorar.

Finalmente, se propusieron diferentes soluciones para mejorar la operación del servicio y hacerlo más eficiente. Por una parte, se presentaron soluciones de carácter general que afectan a la totalidad de la red. De manera complementaria se propusieron soluciones de carácter específico centradas en las líneas menos eficientes de la misma. Por último, se realizó una evaluación económica, social y ambiental para valorar el beneficio final de la optimización de la operación de la red de autobuses de Tánger.

2. CONTEXTO Y CONDICIONANTES DEL CASO DE ESTUDIO: TÁNGER

2.1. MARCO LEGAL: ESTRATEGIAS, NORMATIVA Y PROGRAMAS

Los retos de la movilidad urbana, según ONU-HABITAT 2016, sólo pueden abordarse si se consideran como desafíos políticos, que requieren un proceso de debate, decisión y ejecución a nivel político, en lugar de verlos como problemas puramente técnicos que precisan hallar una “correcta” solución técnica.

Se ha realizado una revisión de Estrategias, Normativa y Programas relacionados con la seguridad y el desarrollo sostenible, con el objetivo de alinear correctamente el presente proyecto con las necesidades de la sociedad marroquí.

2.1.1. Seguridad Vial

- a) Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2004-2013 (2003). Ministerio de Equipamiento, Transporte, Logística y Agua

Esta Estrategia tenía como objetivo invertir la tendencia ascendente mediante la reducción de manera duradera y continuada del número anual de muertos y heridos graves mediante la implantación de Planes Estratégicos Integrados de Urgencia (PSIU) con una frecuencia trienal. Estos PSIUs tenían como objetivos estratégicos la coordinación y gestión de la seguridad vial, la legislación, el control de sanciones, la mejora de infraestructuras rurales y urbanas y la sensibilización.

- b) Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2017-2026 (2016). Ministerio de Equipamiento, Transporte, Logística y Agua

Esta Estrategia surge como continuación de la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2004-2013 y define una versión más exigente y centrada en el largo plazo para desarrollar comportamientos responsables y vías más seguras en Marruecos. Fija un objetivo ambicioso que se traduce en la reducción para 2026 de la mortalidad en las carreteras a la mitad, con un objetivo intermedio de no sobrepasar los 3.000 muertos en 2020.

2.1.2. Medio Ambiente y Sostenibilidad

- a) Ley de Bases 99-12 sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible (2014). Ministerio de Energía, Minas, Agua y Medio Ambiente

Los sectores y actividades relativos a energía, transporte, urbanismo e industria en general son considerados como sectores y actividades con un alto potencial sostenible que presentan un carácter prioritario en términos de exigencia hacia el respeto del desarrollo sostenible. A este efecto, las autoridades gubernamentales a cargo de estos sectores y actividades deben garantizar la adopción de medidas de sostenibilidad concretas en sus modos de gestión y ciclos de producción y la difusión a gran escala de estas medidas.

b) Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible 2030 (2017). Reino de Marruecos

Mediante esta Estrategia, el Reino de Marruecos se compromete a enfrentar los desafíos del Siglo XXI haciendo del desarrollo sostenible un verdadero proyecto de sociedad. Este compromiso, con los principios fundamentales del desarrollo sostenible, se traduce en reformas sucesivas que aspiran a la creación de bases sólidas de desarrollo económico, a la mejora de las condiciones sociales y a la aceleración de las actividades medioambientales mediante medidas tanto preventivas como correctivas.

Esta Estrategia marca siete metas que van desde la consolidación de la gobernanza hasta la promoción de la cultura sostenible, pasando por la transformación económica, la conservación ambiental y la búsqueda de una sociedad más sostenible y equitativa.

En cuanto a la movilidad, uno de los objetivos de la transición económica consiste en promover la movilidad sostenible mediante la mejora de la eficiencia energética en el sector del transporte, la aceleración de la renovación del parque automovilístico, y la promoción y el desarrollo del transporte multimodal.

c) Programa Nacional del Aire 2018-2030 (PNAir, 2017). Reino de Marruecos

Este Programa tiene como objetivos el refuerzo de un marco legal en materia de contaminación del aire y la reducción de emisiones atmosféricas generadas por los sectores del transporte y la industria, además de promover la información y sensibilización.

d) Hoja de Ruta por una Movilidad Sostenible en Marruecos (2018). Ministerio de Equipamiento, Transporte, Logística y Agua

El sector del transporte juega un rol clave para el desarrollo del país. En los últimos años la movilidad ha vivido una fuerte evolución y se ha vuelto más rápida, más eficiente y accesible para más personas. Por tanto, para mantener la evolución económica y social de manera sostenible, el sector debe satisfacer una demanda creciente de desplazamientos.

Dentro de esta hoja de ruta se especifican nueve líneas estratégicas: transformación urbana sinérgica, energía hipocarbónica, optimización y eficiencia de los modos y sistemas de transporte, Desfragmentación de las cadenas logísticas, reducción de desplazamientos no necesarios, soluciones para el mundo rural, construcción y adaptación de infraestructuras, herramientas legales y financieras, y seguridad vial.

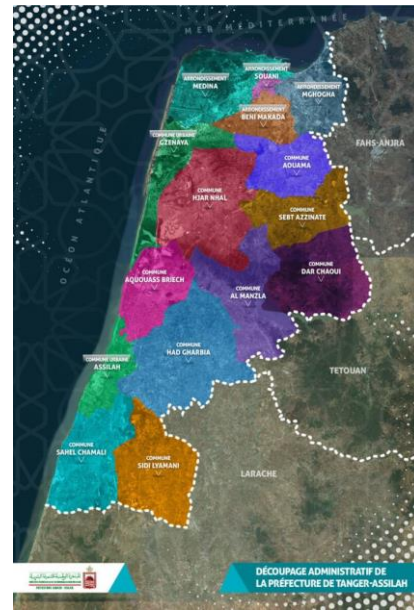
2.2. ÁMBITO TERRITORIAL Y DEMOGRAFÍA

La Prefectura de Tánger-Assilah, con capital en Tánger, es la prefectura más importante de la Región de Tánger-Tetuán-Alhucemas. La prefectura se divide en tres comunas urbanas y nueve comunas rurales.

Tabla 2. División administrativa de la Prefectura

Fuente: Prefectura de Tánger-Assilah

ÁMBITO	COMUNAS	DISTRITOS
Urbano	Tánger	Medina
		Beni Makada
		Mghogha
		Souani
Rural	Assilah	
	Gueznaia	
	Hjar Nhal	
	Aouama	
	Had Gharbia	
	Dar Chaoui	
	Sebt Azzinate	
	Sahel Chamali	
	Al Manzla	
	Aquouass Briech	
	Sidi Lyamani	



La ciudad de Tánger, situada a orillas del estrecho de Gibraltar es la tercera ciudad más poblada del Reino de Marruecos. La ciudad se encuentra dividida en cuatro distritos:

- Tánger-Medina: es el distrito más grande en extensión, pero, sin embargo, es el segundo más poblado debido a que la mayoría del territorio forma parte del Parque Natural del Cabo Espartel. Además, en este distrito están ubicados el centro histórico de la ciudad (Kasbah), el Aeropuerto de Tánger-Ibn Batouta, el Puerto de Tánger-Ville, la Ciudad Universitaria y el Estadio Ibn Batouta.
- Beni Makada: distrito obrero muy poblado con un gran Zoco en su centro. Al sur de este distrito se ubica la nueva estación de autobuses que presta servicio desde noviembre de 2019, cuya construcción fue una de las medidas para descongestionar el centro de la ciudad.
- Mghogha: este distrito está ubicado al este de la ciudad y en él se encuentran la estación de Mghogha, la estación central de ferrocarril y la Zona Industrial de Mghogha, una de las más potentes de la ciudad.
- Souani: es el distrito más pequeño de la ciudad, situado en el centro de la misma.



Figura 2. Distritos de Tánger
Fuente: Prefectura de Tánger-Assilah

Según el Censo de 2014 realizado por el Alto Comisionado de Planificación (HCP), la ciudad de Tánger tiene 943.817 habitantes, cuya distribución se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Demografía de Tánger

Fuente: Elaboración propia a partir de HCP

DISTRITO	POBLACIÓN (2014)	PORCENTAJE	DENSIDAD (hab./km ²)
Medina	239.645	25%	3.179
Beni Makada	385.922	41%	12.029
Mghogha	200.810	21%	3.849
Souani	117.440	12%	23.136

Según los datos, se puede ver que más del 40% de la población habita en el distrito de Beni Makada, con una densidad de más de 10.000 hab./km², siendo el distrito que más necesidad de transporte público tendrá.

Las proyecciones de población realizadas por el HCP arrojan que la evolución tendrá una tendencia ascendente esperando alcanzar los 1.303.017 habitantes en el año 2030. Este crecimiento será mayor en los distritos de Beni Makada, Medina y Mghogha, proyectando un descenso en la población de Souani, lo que muestra una tendencia de la población a moverse a las zonas periféricas de la ciudad, las cuales agrupan al 60% de la población, dando lugar a una ciudad más dispersa.

Esta dispersión viene acompañada por la instalación de numerosas zonas industriales y centros de negocios a las afueras de la ciudad, lo que aumenta el uso del vehículo privado. Este aumento trae consigo altos niveles de congestión, contaminación y un gran número de accidentes de tráfico, lo que es un gran problema en esta zona.

2.3. PRINCIPALES CENTROS ATRACTORES DE VIAJEROS

En Tánger existe una serie de puntos que atraen a un gran número de personas, los cuales deben tener una buena comunicación mediante la red de transporte público para permitir a la población la llegada a los mismos.

A continuación, se presentan los centros atractores de viajeros agrupados en cuatro categorías: zonas intermodales, zonas industriales, centros sanitarios y centros de estudios y de ocio.

2.3.1. Zonas intermodales

a) Estación de ferrocarril de Tánger



Figura 3. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de ferrocarril Tánger
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Estación de ferrocarril de Mghogha



Figura 4. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de ferrocarril Mghogha
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

c) Estación de autobuses



Figura 5. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Estación de autobuses
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

d) Aeropuerto de Tánger-Ibn Batouta



Figura 6. Recorrido de las líneas que dan servicio al Aeropuerto Tánger-Ibn Batouta
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

e) Puerto Tánger-Med



Figura 7. Recorrido de la línea que da servicio al Puerto Tánger-Med
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

2.3.2. Zonas industriales

a) Zona Industrial de Gueznaia y Zona Franca de Tánger



Figura 8. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Zona Industrial de Gueznaia y a la Zona Franca de Tánger

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Zona Industrial de Mghogha

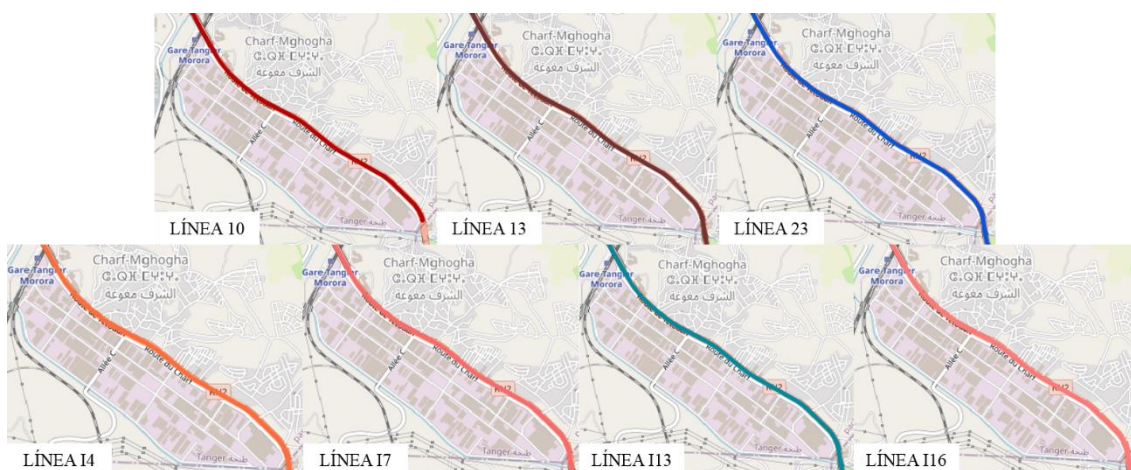


Figura 9. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Zona Industrial de Mghogha

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

c) Ciudad del Automóvil de Tánger y Fábrica Renault



Figura 10. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Ciudad del Automóvil de Tánger y a la Fábrica Renault

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

2.3.3. Centros sanitarios

a) Hospital Mohamed V



Figura 11. Recorrido de las líneas que dan servicio al Hospital Mohamed V

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Hospital Mohamed VI

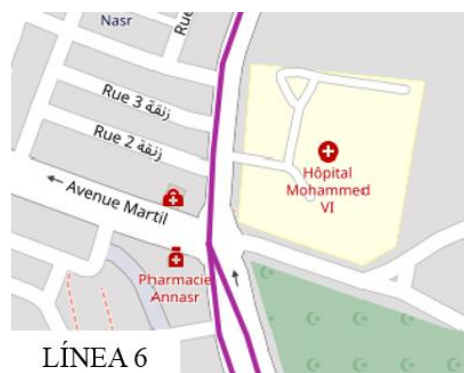


Figura 12. Recorrido de la línea que da servicio al Hospital Mohamed VI

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

c) Hospital Al Kortobi e Instituto Pasteur de Marruecos-Tánger



Figura 13. Recorrido de la línea que da servicio al Hospital Al Kortobi y al Instituto Pasteur de Marruecos-Tánger
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

2.3.4. Centros de estudios y de ocio

a) Ciudad Universitaria

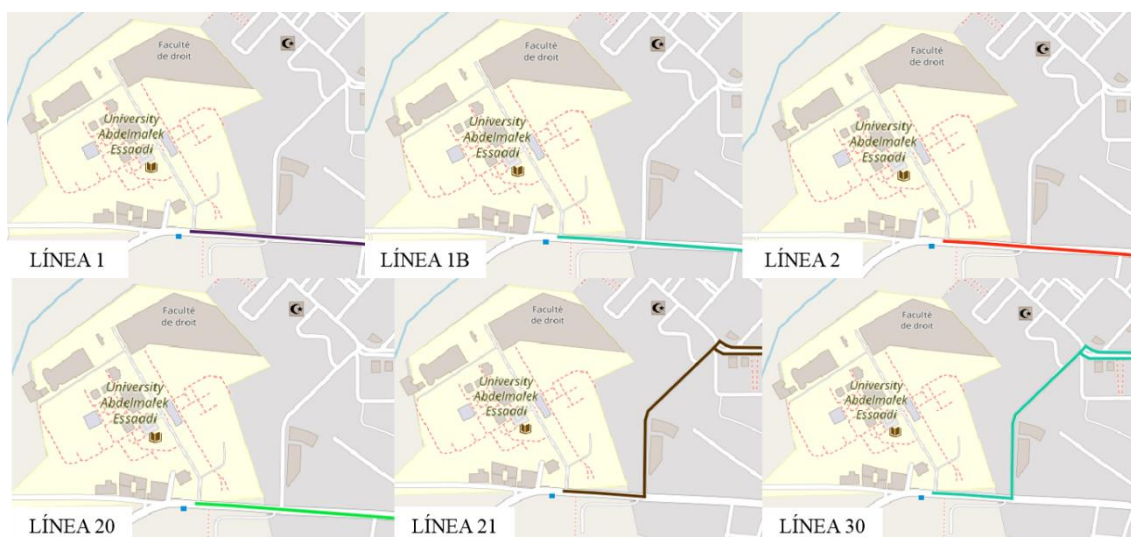


Figura 14. Recorrido de las líneas que dan servicio a la Ciudad Universitaria
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Estadio Ibn Batouta

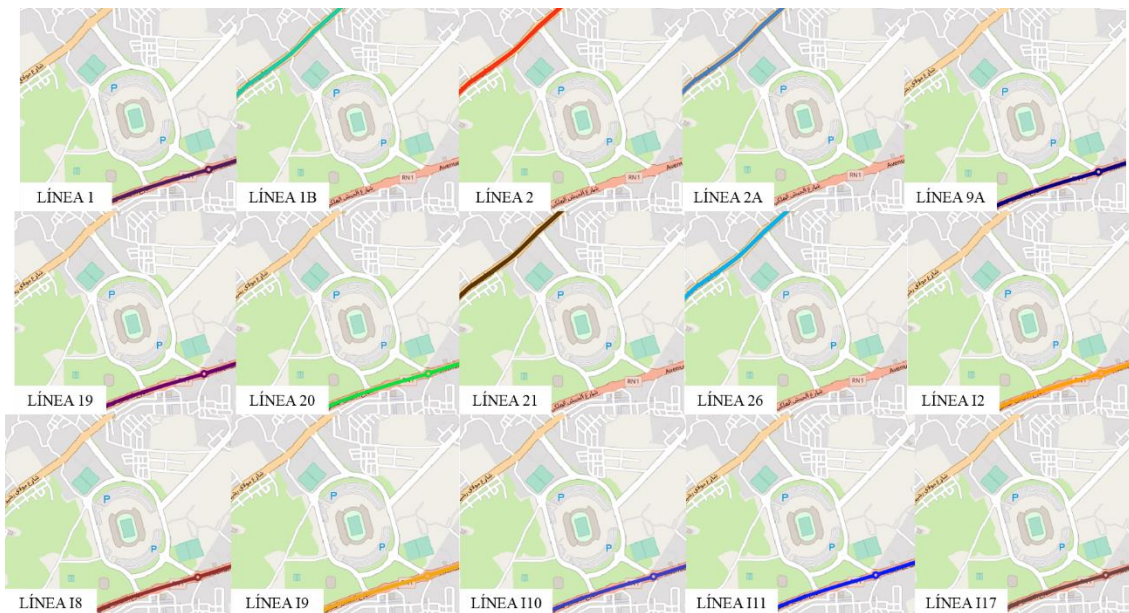


*Figura 15. Recorrido de las líneas que dan servicio al Estadio Ibn Batouta
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

c) Parque Rmilat



*Figura 16. Recorrido de la línea que da servicio al Parque Rmilat
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

La Tabla 4 a continuación, presenta un resumen de los diferentes centros atractores de viajeros en Tánger y las líneas de autobús que sirven a los mismos, agrupadas en función a la categoría a la que pertenecen: líneas urbanas o líneas regionales.

Tabla 4. Resumen de los centros atractores de viajeros

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

CENTROS ATRACTORES	LÍNEAS URBANAS	LÍNEAS REGIONALES
Estación de Ferrocarril de Tánger	2 8 13 14 16 20 30	I3 I4 I5 I9 I12 I13
Estación de Ferrocarril de Mghogha	10 13 18 23	I4 I7 I13 I16
Estación de Autobuses	6 30	-
Aeropuerto de Tánger-Ibn Batouta	9A 19	I2 I8 I9 I10 I11 I17
Puerto Tánger-Med	-	I3
Zona Industrial de Gueznaia y Zona Franca de Tánger	9A 19	I2 I8 I9 I10 I11 I17
Zona Industrial de Mghogha	10 13 23	I4 I7 I13 I16
Ciudad del Automóvil de Tánger y Fábrica Renault	-	I4 I16
Hospital Mohamed V	2 5 17	-
Hospital Mohamed VI	6	-
Hospital Al Kortobi e Instituto Pasteur de Marruecos-Tánger	17	-
Ciudad Universitaria	1 1B 2 20 21 30	-
Estadio Ibn Batotuta	1 1B 2 2A 9A 19 20 21 26	I2 I8 I9 I10 I11 I17
Parque Rmilat	5	-

2.4. CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN LA CIUDAD

Analizando los niveles de congestión que se dan en la ciudad de Tánger, se puede ver que el volumen de tráfico en las vías urbanas es muy alto a lo largo de todo el día, acentuándose a partir de las 10 de la mañana. Esta dificultad, inherente a la ciudad, complica en gran medida la operación del servicio, al aumentar los tiempos de recorrido de las líneas.

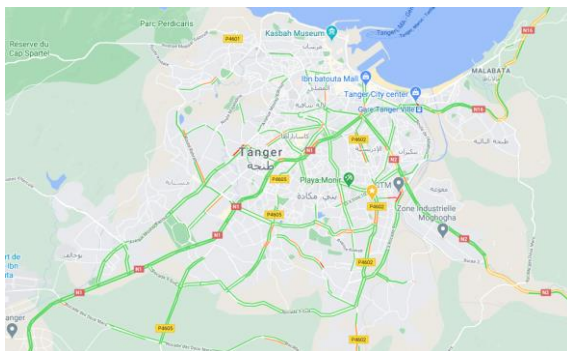


Figura 17. Tráfico a las 6:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

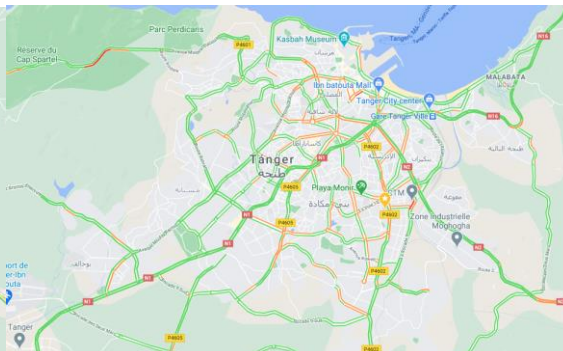


Figura 18. Tráfico a las 10:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

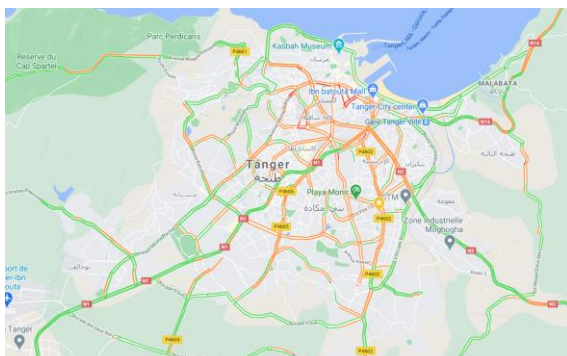


Figura 19. Tráfico a las 12:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

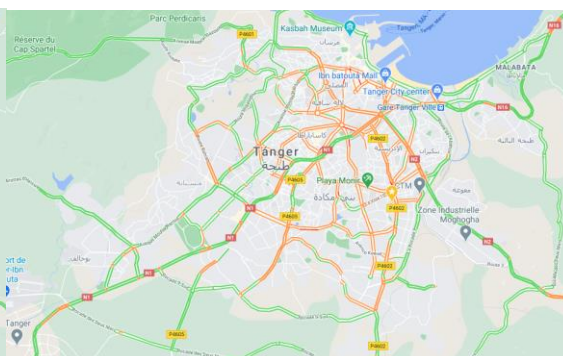


Figura 20. Tráfico a las 16:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

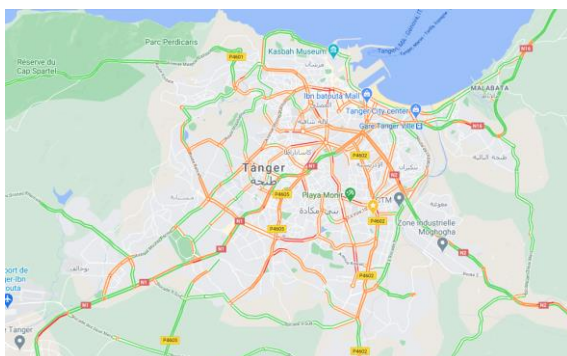


Figura 21. Tráfico a las 18:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

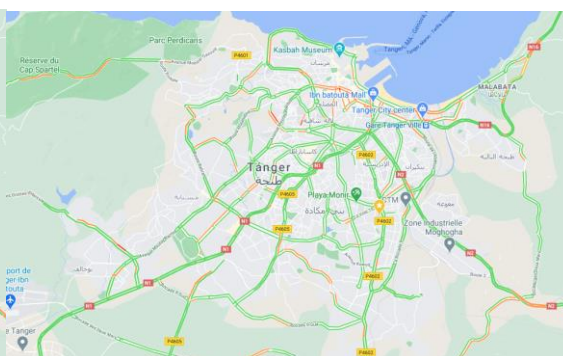


Figura 22. Tráfico a las 22:00 en Tánger
Fuente: Google Maps

3. EL AUTOBÚS: MODO DE TRANSPORTE PÚBLICO MAYORITARIO

Actualmente la red de transporte público de Tánger está compuesta únicamente por la red de autobuses urbanos y metropolitanos operados por ALSA. Si bien en 2015 se hizo un estudio de viabilidad para la construcción de una red tranviaria, siguiendo los ejemplos de Rabat y Casablanca, aún no se ha avanzado en ese tema.

3.1. PARQUE MÓVIL: FLOTA DE AUTOBUSES

La red de autobuses de Tánger cuenta con una flota de 190 vehículos de Categoría M3, es decir, destinados al transporte de viajeros con más de ocho plazas sentadas, y de Clase I, para transporte urbano con asientos y plazas para viajeros de pie.

La flota dispone de 36 midibuses, autobuses medianos con una capacidad de 36 viajeros y una longitud de 7,80 metros. Los restantes 154 vehículos son autobuses estándar de 12 metros y capacidades entre los 90 y los 120 viajeros. Toda la flota usa como combustible el diésel, con consumos medios desde los 1.500 litros mensuales hasta los 4.500 litros mensuales. Los vehículos tienen edades medias entre 1 y 7 años.

Tabla 5. Detalle de los vehículos de la flota
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

CONFIGURACIÓN	VEHÍCULOS	CAPACIDAD	LONGITUD	EDAD	CONSUMO
22+10vp+C	36	32	7,80	6,55	1.528
31+57vp+1pmr+C	1	89	12,00	2,52	2.477
33+57vp+1pmr+C	10	91	12,00	5,54	3.497
33+57vp+1pmr+C	23	91	12,00	3,47	2.902
33+57vp+1pmr+C	28	91	12,30	1,48	2.809
33+62vp+C	37	95	12,00	6,30	3.024
33+84vp+1pmr+C	33	118	12,00	6,59	3.066
33+84vp+C	6	117	12,00	4,20	3.038
53+57vp+C	4	110	12,00	5,47	4.067
53+64vp+C	12	117	12,00	6,51	4.588

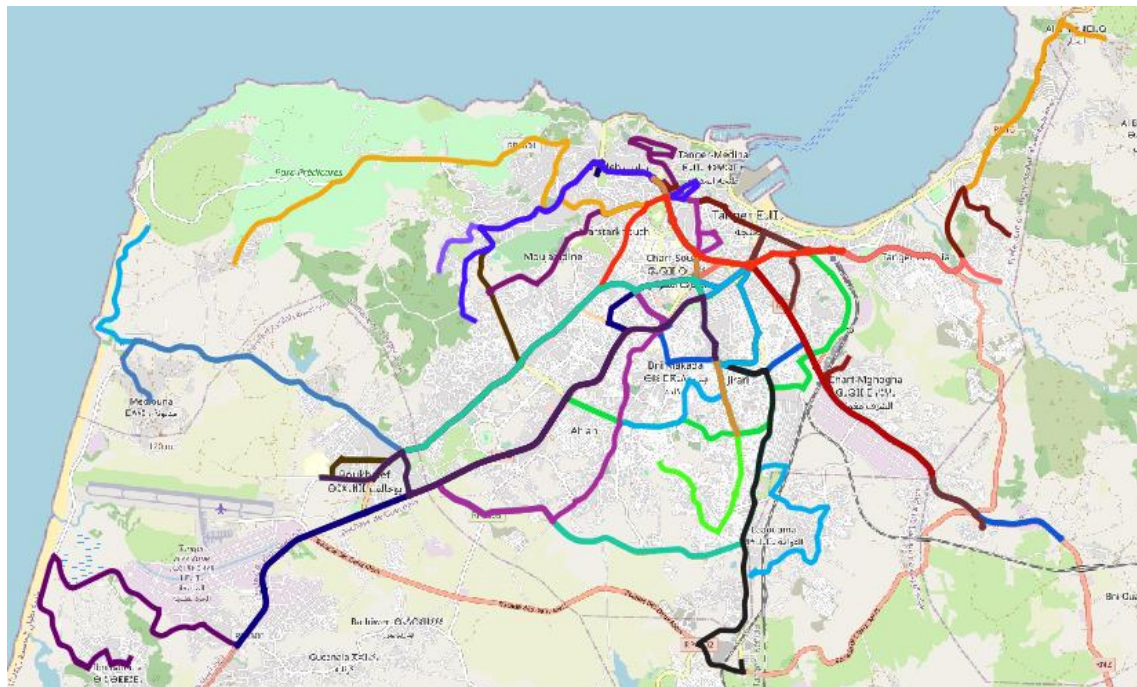
La configuración más común en esta flota, con 37 vehículos, es el autobús 33+62vp+C con una capacidad de 95 pasajeros, 33 de ellos sentados. Cabe destacar que estos vehículos no disponen de plazas para personas con movilidad reducida. Tienen una longitud de 12 metros y usan el diésel como combustible. Tienen un consumo medio de poco más de 3.000 litros mensuales y una edad media ligeramente superior a los 6 años.

El vehículo promedio tiene una configuración 33+55vp+1pmr+C, con una capacidad de 89 pasajeros, 33 de ellos sentados, una edad media de poco más de 5 años y un consumo medio que ronda los 2.850 litros mensuales.

Tabla 6. Vehículos mayoritario y promedio
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN	CAPACIDAD	EDAD	CONSUMO
Mayoritario	33+62vp+C	95,00	6,30	3.024
Promedio	33+55vp+1pmr+C	89,00	5,21	2.845

La Figura 23, a continuación, muestra el recorrido de estas líneas. El análisis pormenorizado de éstas se presenta en el ANEXO I. La Tabla 7 presenta de manera resumida las principales características de cada una de ellas.



26

Tabla 7. Resumen de las líneas urbanas

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

LÍNEA	LONGITUD (KM)	PARADAS	DISTANCIA ENTRE PARADAS (M)	HORARIO (L-V)	FRECUENCIA (L-V)
1	10,90	19	575	6:45 – 20:50	20
1B	10,10	21	475	6:40 – 21:15	40
2	13,10	30	425	6:15 – 22:30	13
2A	13,90	18	775	6:20 – 21:05	65
3	5,60	15	350	6:45 – 21:40	15
4	7,10	16	450	6:40 – 21:15	35
4B	6,20	11	575	6:35 – 21:05	65
5	11,80	13	900	7:15 – 21:00	45
6	11,90	26	450	6:30 – 21:40	25
7	10,40	23	450	6:40 – 21:30	27
8	7,60	16	475	6:30 – 21:50	17
9A	15,80	28	575	6:30 – 22:10	15
10	9,20	20	450	5:00 – 21:15	10
11	15,30	34	450	6:32 – 21:45	20
12	12,70	24	525	6:30 – 21:55	20
13	9,90	14	700	6:30 – 20:00	75
14	9,60	15	650	6:50 – 21:35	20
16	11,70	20	575	6:15 – 21:20	60
17	7,20	14	525	7:00 – 21:35	35
18	7,10	13	550	6:30 – 21:40	20
19	21,10	26	800	7:00 – 20:10	95
20	19,10	36	525	5:15 – 22:20	8
21	10,60	17	625	7:00 – 21:10	40
23	12,10	17	700	6:45 – 20:50	20
26	15,80	20	800	6:25 – 22:30	40
27	9,50	17	550	6:25 – 22:30	40
30	18,10	28	650	6:25 – 22:30	40

Las líneas regionales dan cobertura a las poblaciones rurales de la Prefectura de Tánger-Assilah y a otros centros importantes ubicados fuera de la ciudad, dotándolos de accesibilidad y comunicación con Tánger.

En la Figura 24, a continuación, se muestra el recorrido de estas líneas. Su análisis pormenorizado se presenta en el ANEXO II. La Tabla 8 presenta de manera resumida sus principales características.



Figura 24. Líneas regionales
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Tabla 8. Resumen de las líneas regionales

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

LÍNEA	LONGITUD (KM)	PARADAS	DISTANCIA ENTRE PARADAS (M)	HORARIO (L-V)	FRECUENCIA (L-V)
I1	15,80	28	575	6:45 – 20:00	130
I2	45,10	31	1.450	6:00 – 21:00	35
I3	44,00	28	1.575	6:00 – 21:45	40
I4	39,10	31	1.250	8:00 – 20:30	165
I5	14,20	16	900	6:30 – 21:00	65
I6	15,30	23	675	7:10 – 19:45	105
I7	11,00	14	775	8:00 – 20:00	105
I8	30,00	24	1.250	6:45 – 19:10	140
I9	24,30	29	850	5:00 – 20:48	28
I10	25,20	31	825	7:00 – 20:10	150
I11	43,10	30	1.400	6:30 – 20:10	110
I12	35,00	26	1.350	6:15 – 20:30	145
I13	23,00	16	1.450	6:15 – 19:55	135
I14	17,80	19	925	6:15 – 21:00	125
I15	23,80	21	1.125	6:30 – 18:20	125
I16	27,60	15	1.850	6:15 – 20:50	125
I17	47,30	30	1.175	6:00 – 20:50	200

3.3. OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS DE AUTOBÚS

Se analizarán en primer lugar las líneas urbanas y, a continuación, las líneas regionales. La metodología del análisis se centra en la obtención de los datos promedio de las líneas de cada ámbito, así como los datos de cada línea, para poder hacer una comparación entre diferentes líneas y con la red en conjunto.

Cabe mencionar que la línea 4B no será incluida en este análisis debido a que no se dispone de los datos necesarios para obtener los parámetros que permitan analizar su funcionamiento, y en su caso, su optimización. Por otro lado, las líneas 27 y 30 no serán analizadas pues entraron en servicio en agosto de 2018 y diciembre de 2019, respectivamente, por lo que no se dispone de series completas de datos para las mismas.

Los indicadores que se han elegido para llevar a cabo este análisis son los utilizados por Pérez y Monzón (2020) en su estudio: el número de viajeros mensuales, la ocupación de los vehículos, el porcentaje de kilómetros con carga frente a los kilómetros en vacío de los autobuses. Además, se analizará también la velocidad comercial de cada una de las líneas.

El número de viajeros por mes que emplean este medio de transporte es uno de los datos más importantes a tener en cuenta para realizar un buen análisis acerca de la operación de las líneas de autobús (Pérez y Monzón, 2020).

Como indican Pérez y Monzón (2020), el dato de la ocupación de los vehículos es algo complejo de obtener. Esto se debe a que no existe ningún método que permita saber con exactitud el número de personas que van a bordo el autobús en cada momento, ya que el único registro de usuarios se realiza cuando estos se suben al mismo. Por lo tanto, los autores proponen usar como parámetro referencial el ratio de captación, obtenido a partir de dividir el total de viajeros entre el número total de autobuses por mes que presta el servicio en cada una de las líneas.

De cara a la optimización del servicio de una línea de autobús, el porcentaje de kilómetros con carga frente a los kilómetros en vacío es otro factor importante a tomar en cuenta, ya que, cuanto mayor sea el porcentaje de kilómetros en vacío, peor será la operación de la flota, siendo los kilómetros en vacío trayectos que en ningún caso generan ninguna retribución económica de cara a la empresa operadora (Pérez y Monzón 2020).

Por último, la velocidad comercial que alcanzan los vehículos es un gran indicador, el cual puede definir cuáles son las condiciones en las que circulan los mismos, ya sea por el servicio, por el tráfico, o meteorológicas. Esta velocidad comercial también influirá en la seguridad de los usuarios, para lo que se debe mencionar que en el servicio de la ciudad de Tánger se ha limitado la velocidad de la totalidad de la flota a los 50 km/h.

3.3.1. Líneas urbanas

En primer lugar, se analizarán las líneas urbanas, es decir, las que realizan su recorrido en el tejido urbano continuo de la capital. Así, entrarán en este análisis un total de 24 líneas, ya que las líneas 4B, 27 y 30 han sido excluidas del mismo, por las razones mencionadas anteriormente.

a) Datos promedio de todas las líneas urbanas

Analizando los datos disponibles, se observa que el número medio de viajeros que transportan las líneas urbanas oscila entre los 100.000 y los 165.000 viajeros, con una media de aproximadamente 130.000 viajeros al mes entre enero de 2018 y diciembre de 2019.

Analizando la Figura 25, se observa que los picos de viajeros se alcanzan en los meses de julio, octubre y diciembre en ambos años, por lo que será importante tomar las consideraciones necesarias para que el servicio en dichas épocas esté bien cubierto, de modo que la ocupación de la flota no sea excesiva, comprometiendo el confort los usuarios. Por otra parte, los meses de junio y agosto registran un descenso en los usuarios. La velocidad comercial de circulación de esta tipología de líneas es de 15 km/h, valor muy usual en las redes de transporte urbano.

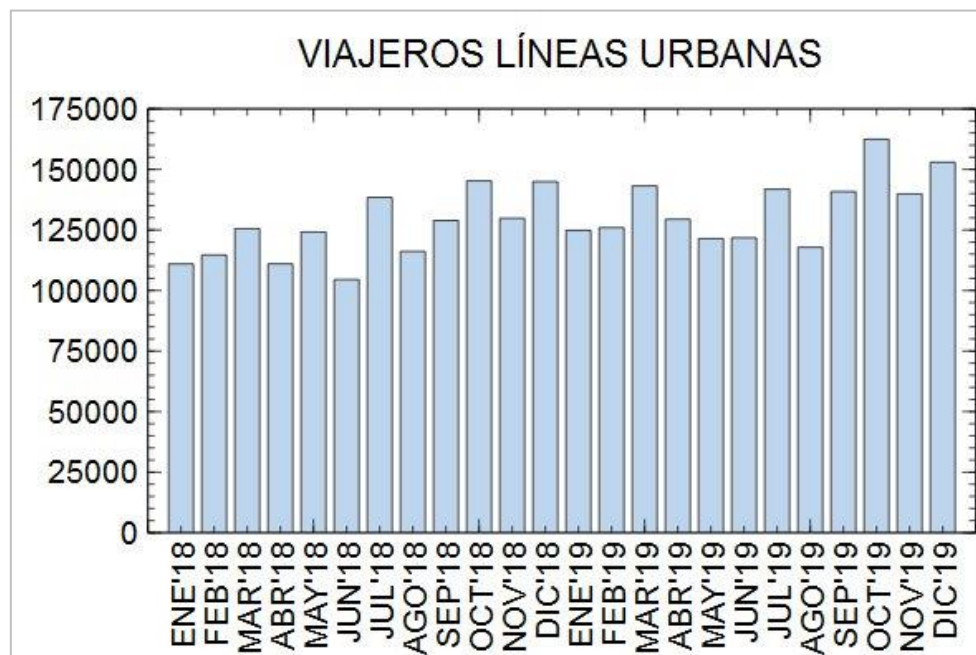


Figura 25. Promedio de viajeros de las líneas urbanas

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

La Figura 26, muestra que el ratio de captación presenta una distribución relativamente uniforme. Se puede ver que las líneas urbanas transportan una media mensual de 42 viajeros por vehículo, registrando la menor ocupación de la serie en el mes de abril de 2018. Por otra parte, la máxima ocupación corresponde a los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2019 con alrededor de 45 viajeros por autobús. Estos ratios, considerando que la flota tiene una media de 33 asientos, indican que hay una media de 9 viajeros de pie en cada vehículo.

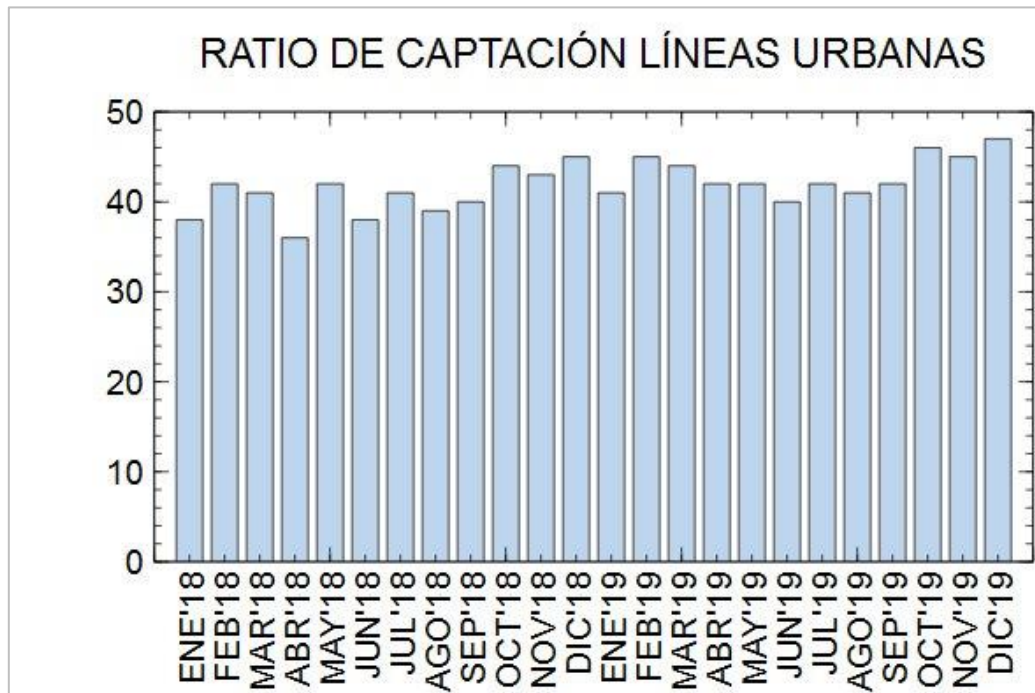


Figura 26. Ratio de captación medio de las líneas urbanas
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

La Figura 27 a continuación, presenta el porcentaje medio de kilómetros con carga frente a kilómetros en vacío para las líneas urbanas, desglosado mes a mes para los años 2018 y 2019. Como se observa, el porcentaje de kilómetros en vacío está entre el 7 y el 9% de la distancia total recorrida por los autobuses. Según Pérez y Monzón (2020), se puede asumir que porcentajes entre el 5 y el 10% son valores bastante normales.

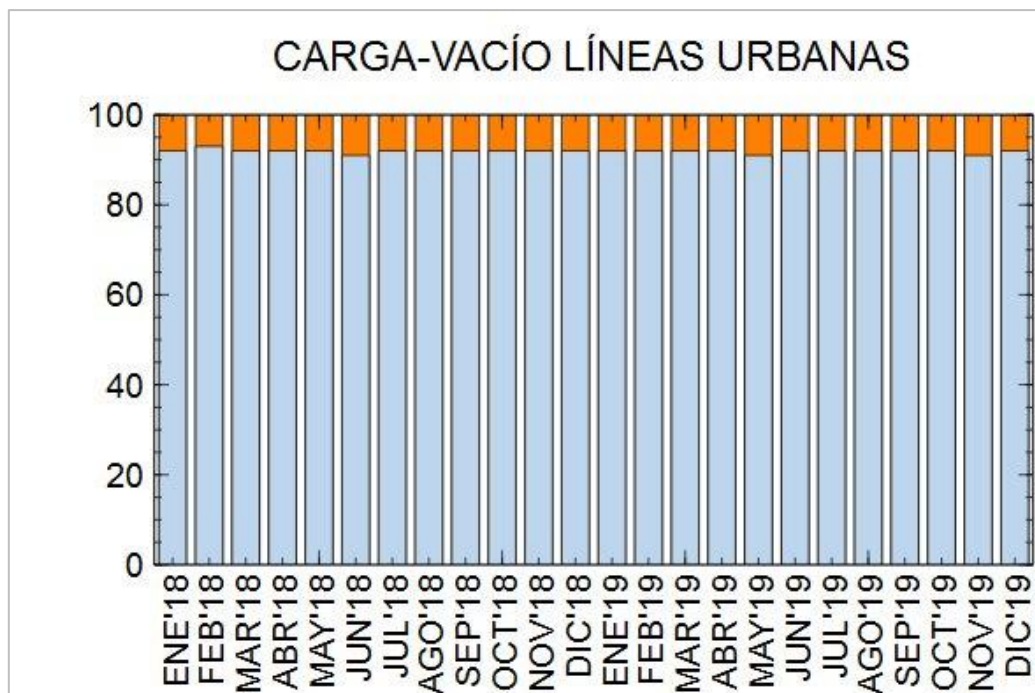


Figura 27. Porcentaje carga-vacío de las líneas urbanas
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Datos promedio de cada línea urbana

Línea 1: Boukhalef – Beni Makada

Esta línea, como se observa en la Figura 28, tiene una variación bastante estacional, con valores mínimos en verano, lo cual es consecuente con el tipo de destino que tiene, siendo este un centro educativo. Esta línea transporta una media de poco más de 86.700 viajeros al mes y circula a una velocidad comercial media de 16,4 km/h.

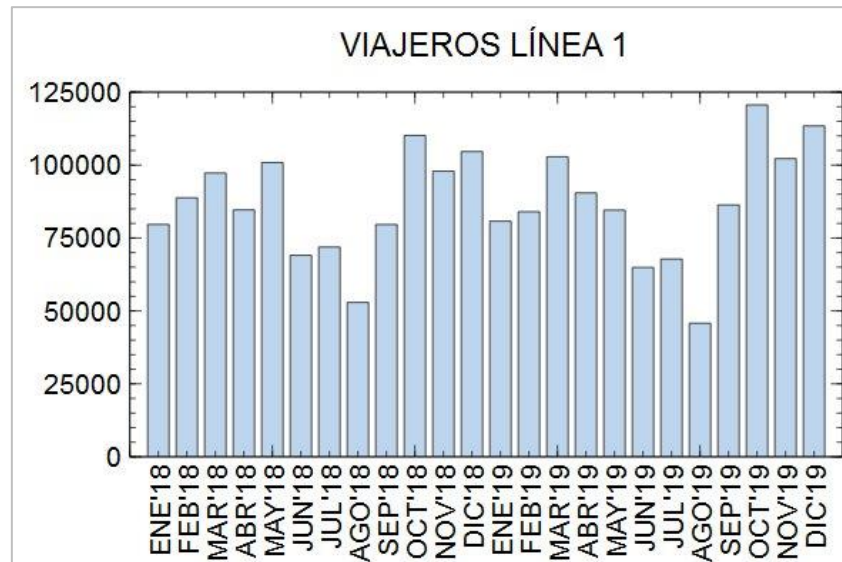


Figura 28. Viajeros de la línea 1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

El ratio de captación es análogo a los viajeros, registrando cifras mínimas en verano, con valores generalmente un poco menores al ratio medio. En cuanto a los porcentajes de kilómetros carga-vacío para esta línea el porcentaje en vacío es del 0%, es decir, todos los viajes se realizan con carga.

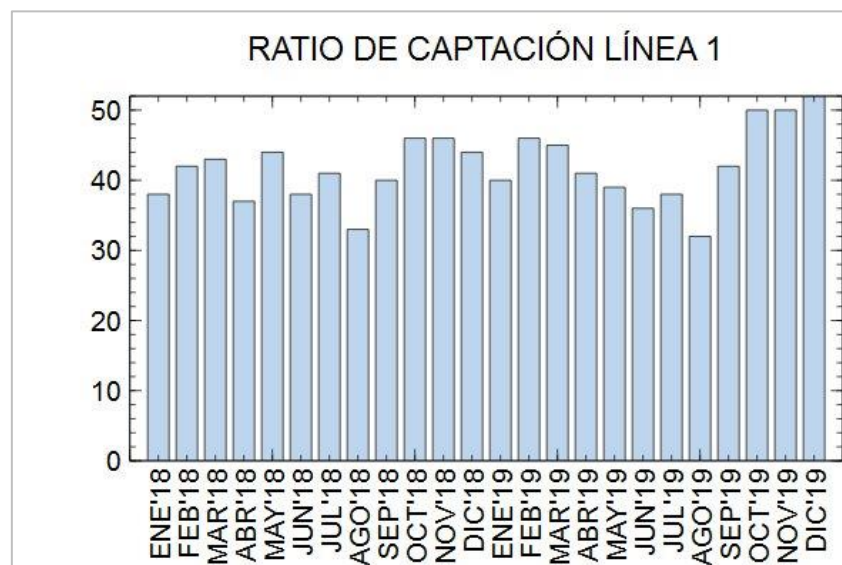


Figura 29. Ratio de captación de la línea 1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 1B: Boukhalef – Msnana – Beni Makada

Al igual que la línea 1, esta línea sufre una reducción de viajeros en los meses estivales. Con poco más de 40.000 viajeros por mes, es de las líneas menos utilizadas de la red. Sin embargo, su ratio de captación de 41 viajeros por vehículo, es cercano al valor medio de las líneas urbanas, lo que quiere decir que se destinan menos vehículos para esta línea. Por último, mencionar que el porcentaje de kilómetros en vacío es también del 0% y que tiene una velocidad comercial media de 15,4 km/h.

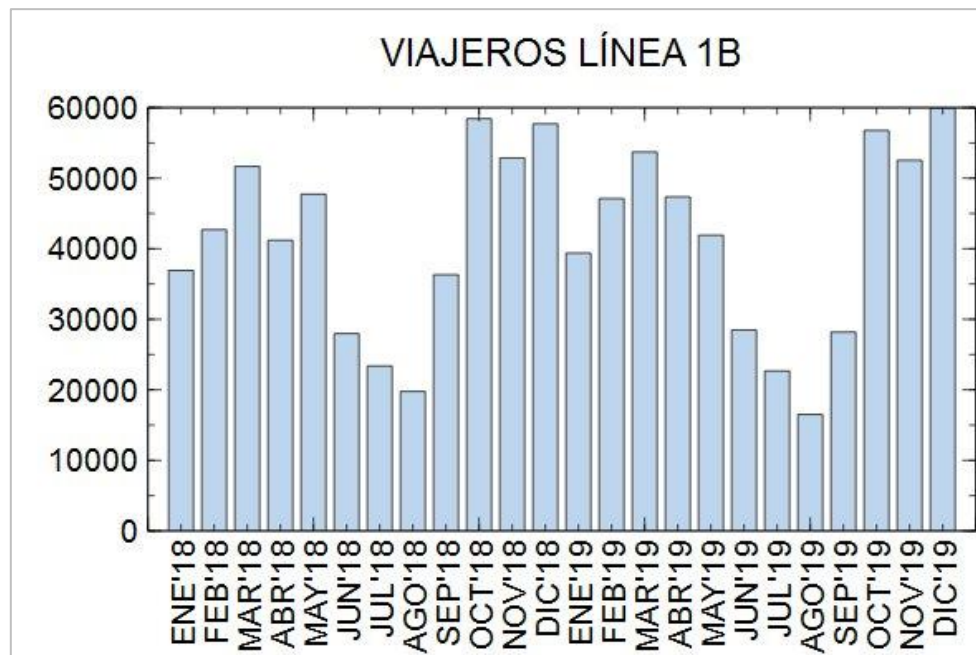


Figura 30. Viajeros de la línea 1B

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

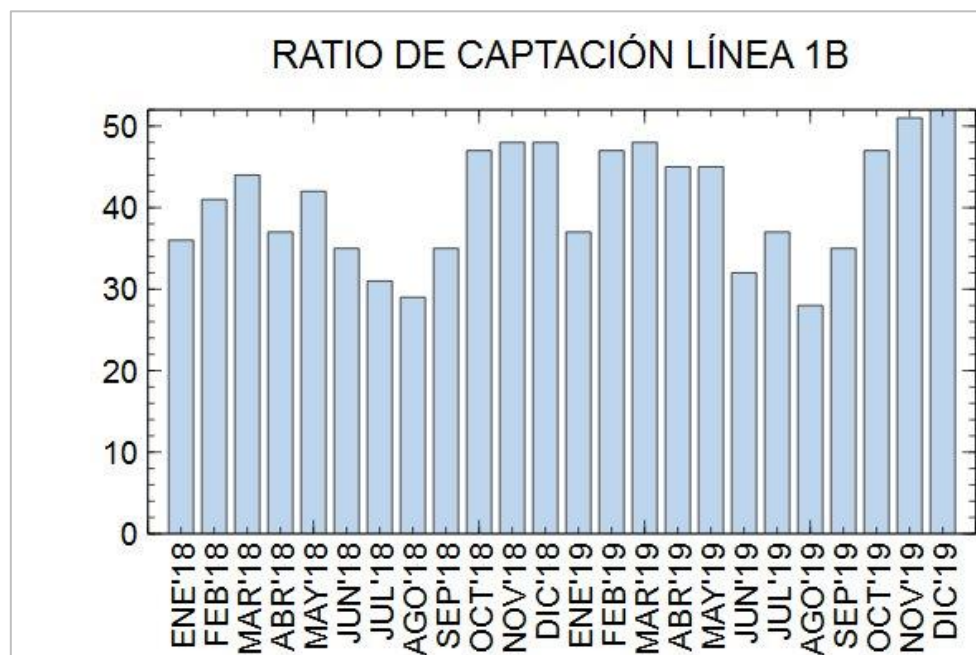


Figura 31. Ratio de captación de la línea 1B

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 2: Boukhalef – Iberia – Estación de ferrocarril

Es la segunda línea más utilizada de la red, con casi 400.000 viajeros mensuales. Tiene una distribución bastante homogénea a lo largo del año, con valores mínimos en junio y agosto, pero un gran repunte en julio.

Esta línea tiene también uno de los ratios de captación más altos de la red, con 67 viajeros por vehículo, con unos 35 pasajeros que viajan de pie, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 1%. Registra una velocidad comercial media de 14,3 km/h.

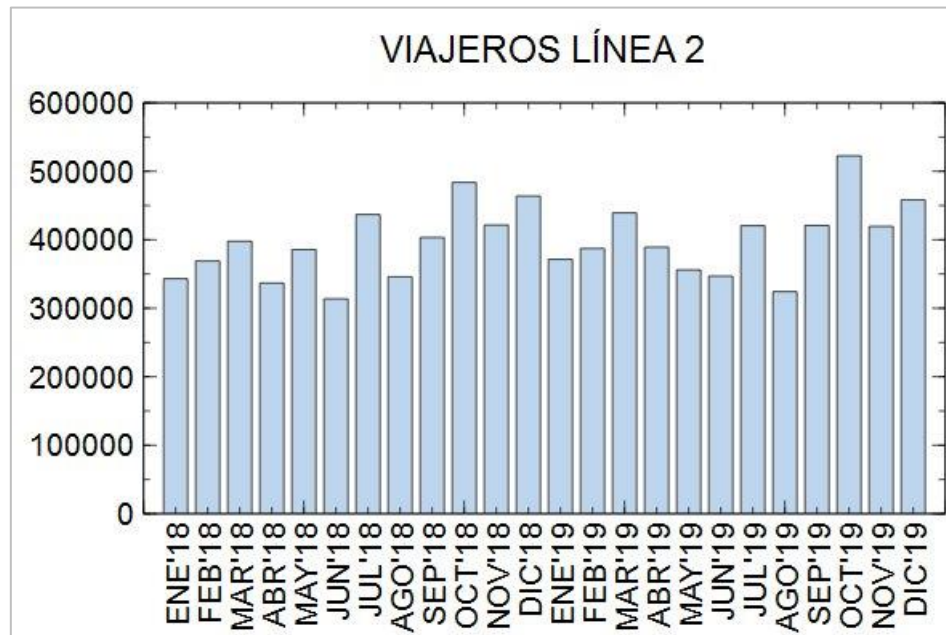


Figura 32. Viajeros de la línea 2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

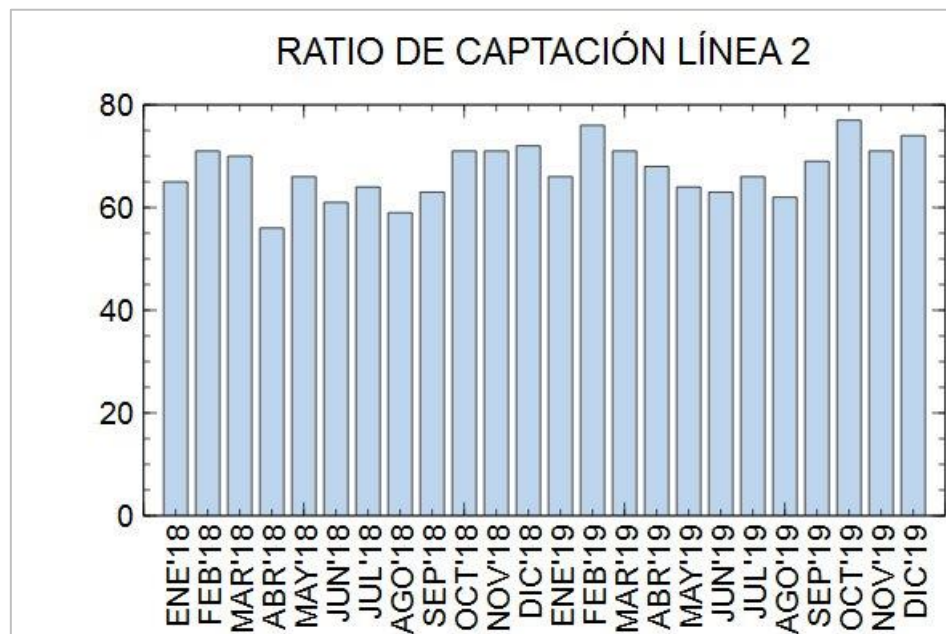


Figura 33. Ratio de captación de la línea 2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 2A: Jbila – Castilla

La línea 2A tiene valores de uso bajos, con poco más de 40.000 viajeros mensuales y valores mínimos en los meses de verano. Estos valores difieren con su ratio de captación, de 45 viajeros por vehículo, el cual es superior al valor medio de las líneas urbanas, lo que quiere decir que se destinan menos vehículos para esta línea.

Se observa que la línea realiza un 8% de los kilómetros recorridos en vacío, es decir, sin pasajeros, un valor igual a la media de esta tipología, el cual podría optimizarse. Por último, esta línea tiene una velocidad comercial media de 16,0 km/h.

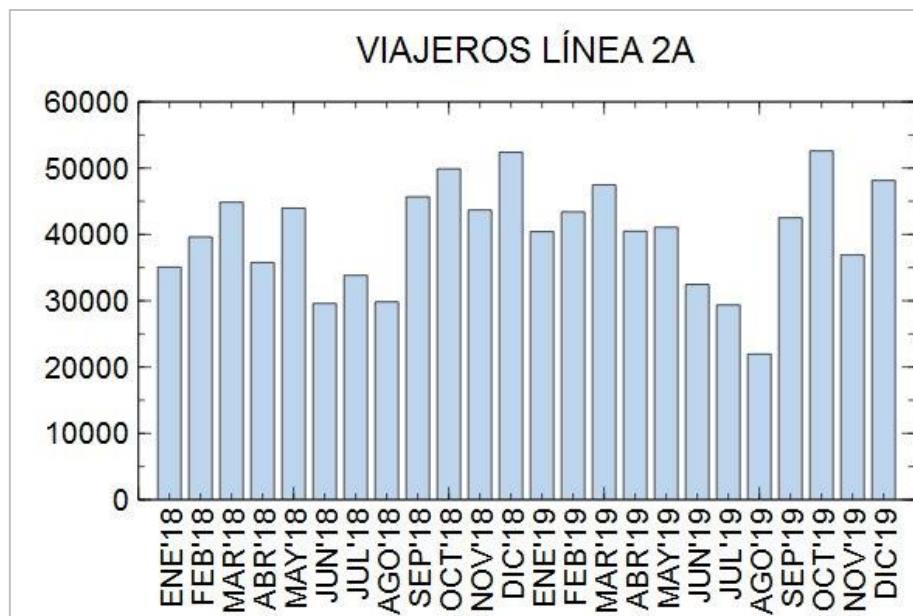


Figura 34. Viajeros de la línea 2A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

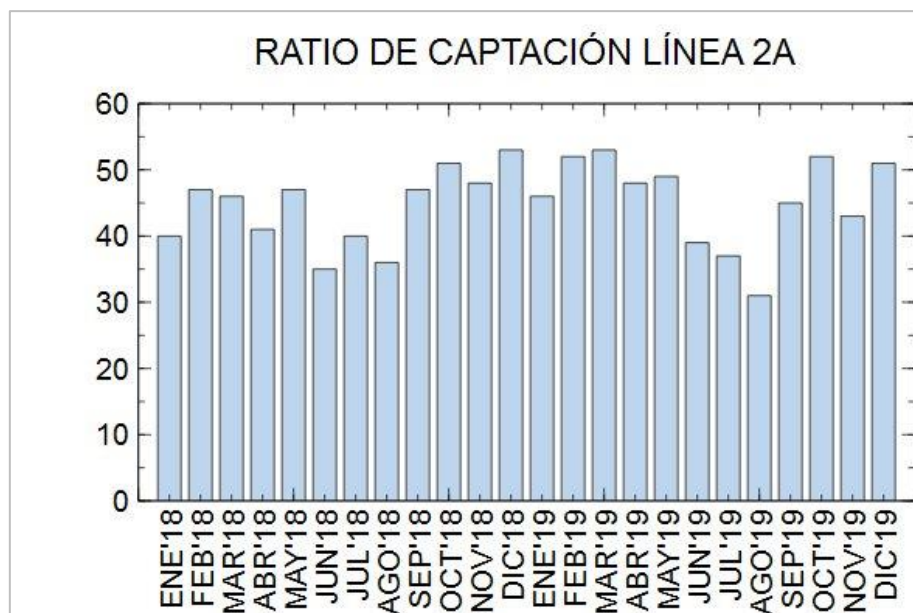


Figura 35. Ratio de captación de la línea 2A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 3: Beni Makada – Iberia

Esta línea tiene una media de 81.870 viajeros al mes, con una distribución relativamente uniforme en el número de viajeros que transporta hasta el mes de marzo de 2019, a partir del cual se observó un descenso marcado en el número de viajeros, registrándose solo 31.900 viajeros en el mes de noviembre. Esta línea circula a una velocidad comercial media de 11,2 km/h, bastante menor a la media debido a que su recorrido se desarrolla en zonas muy densas de la ciudad.

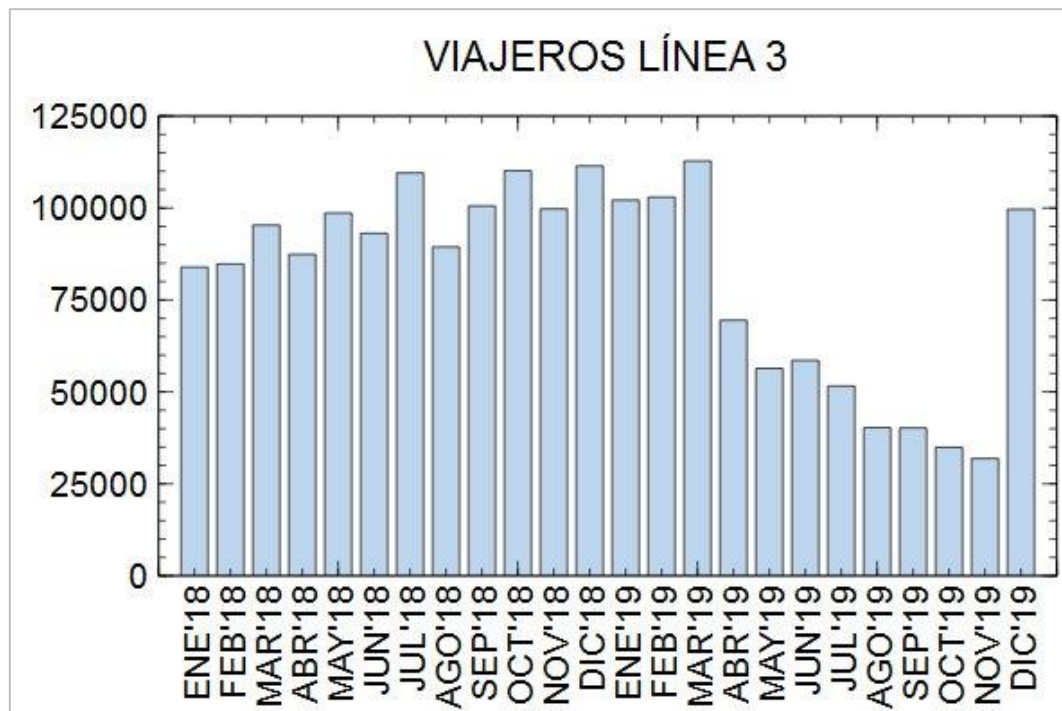


Figura 36. Viajeros de la línea 3

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Analizando el ratio de captación de la línea se puede observar que los valores se han mantenido bastante estables durante los dos años, lo que refleja que durante el 2019 se redujo el número de vehículos que dan servicio a esta línea. Con 29 viajeros por vehículo de media, casi la mitad de la media de esta tipología, se observa que los vehículos circulan bastante vacíos. Además, la Figura 38 muestra que esta línea realiza un 12% de los kilómetros en vacío, valor 4 puntos mayor a la media, indicador que deberá analizarse más a profundidad.

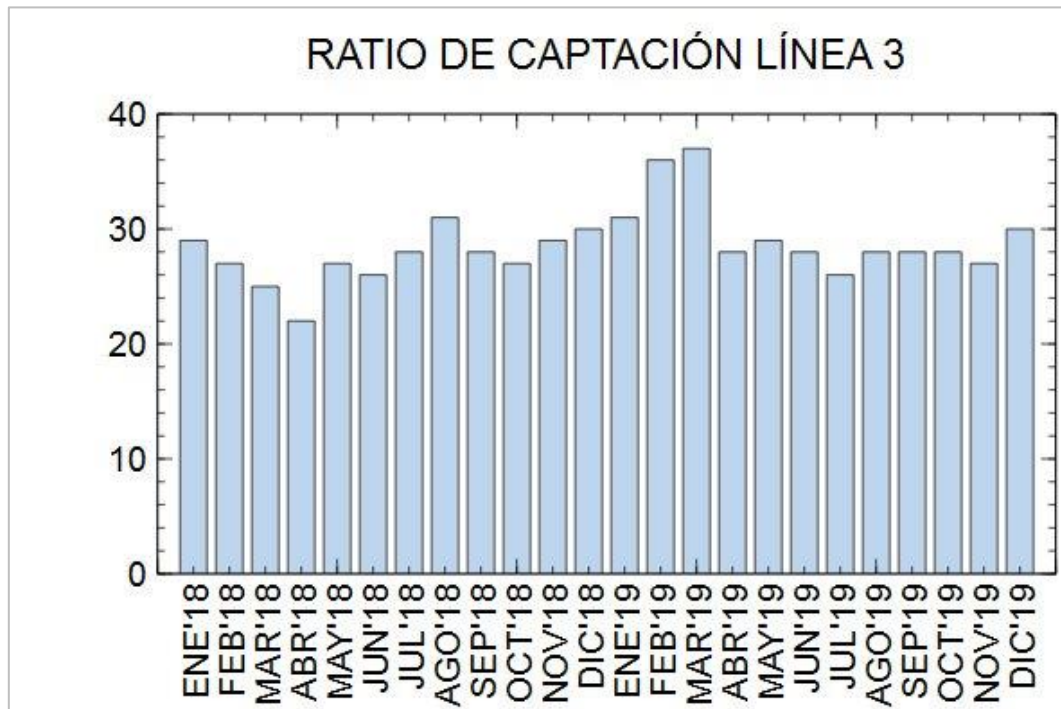


Figura 37. Ratio de captación de la línea 3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

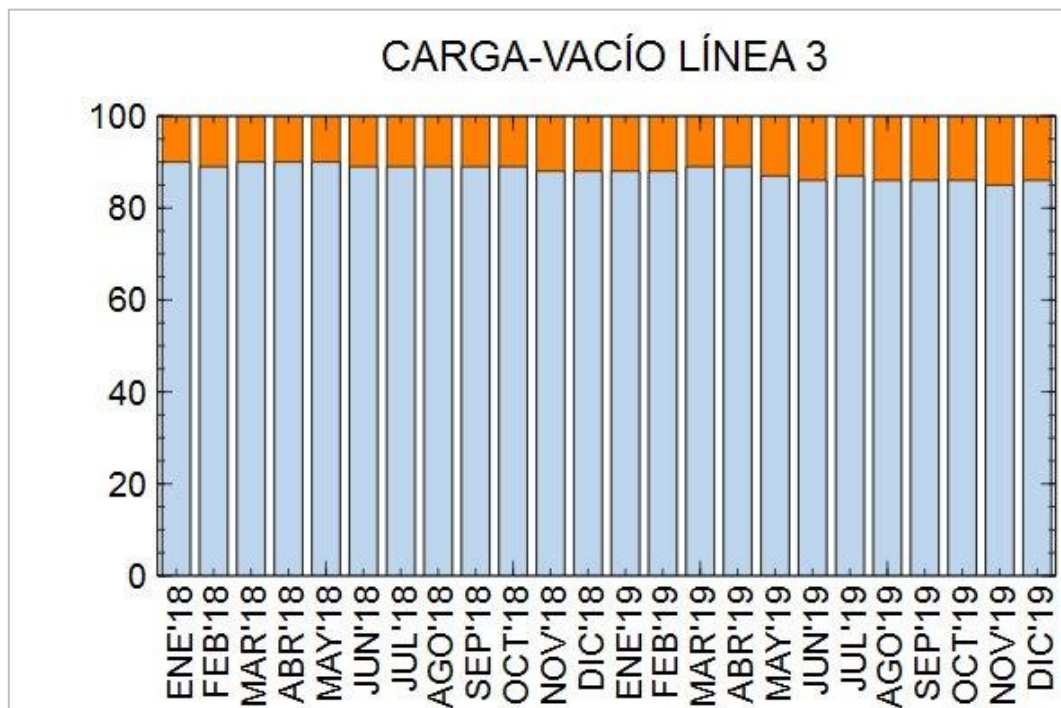


Figura 38. Porcentaje carga-vacío de la línea 3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 4: Rahrah – Sidi Bouabid

La línea 4 tiene una media de 42.565 viajeros al mes, siendo una de las líneas menos utilizadas de la ciudad y transportando un mayor número de viajeros en los meses de otoño e invierno, con una clara diferencia en comparación con los meses de verano.

Esta línea tiene uno de los valores más bajos de ratio de captación con tan sólo 19 viajeros por vehículo, un porcentaje de kilómetros en vacío próximo a la media, y circula una velocidad comercial media de 14,6 km/h.

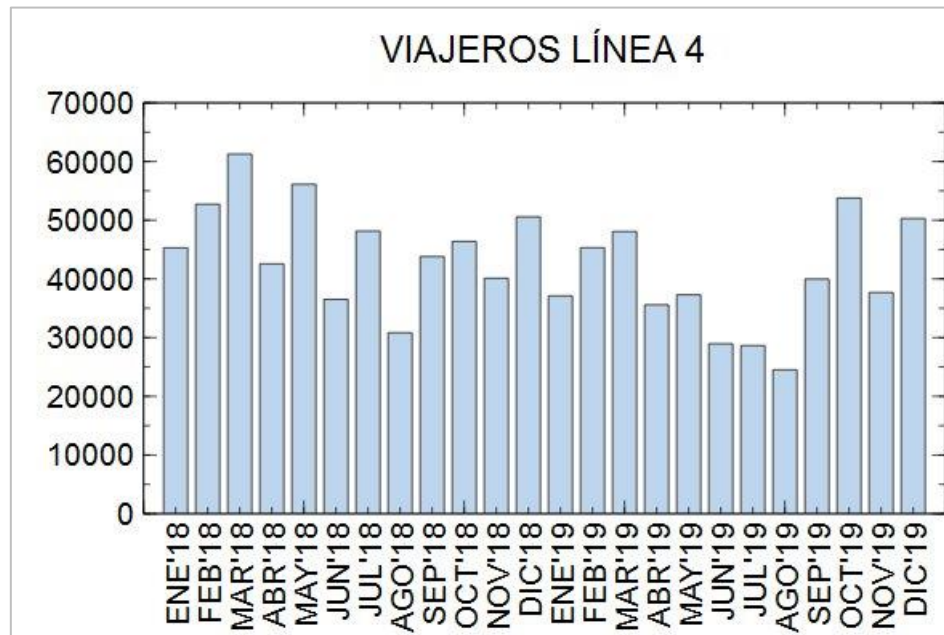


Figura 39. Viajeros de la línea 4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

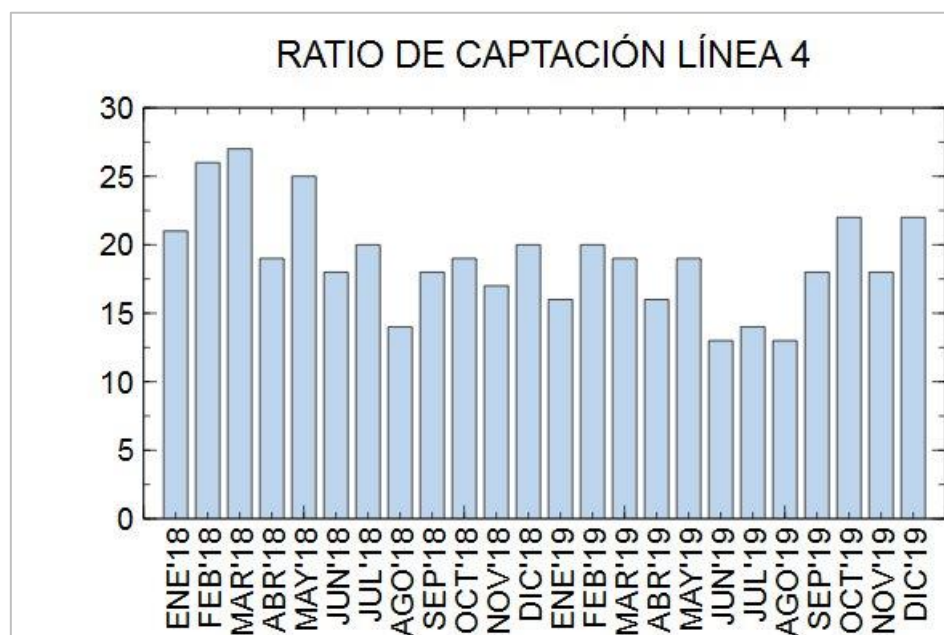


Figura 40. Ratio de captación de la línea 4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 5: Medyouna – Rmilat – Sidi Bouabid

Esta línea tiene una media de 39.390 viajeros al mes con una distribución bastante estacional, con mínimos en verano. Este dato, acompañado con un ratio de captación de 34 viajeros por vehículo y un porcentaje de kilómetros en vacío del 9%, la sitúa dentro del grupo de las líneas menos utilizadas en la red urbana. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 18,1 km/h, bastante superior a la media.

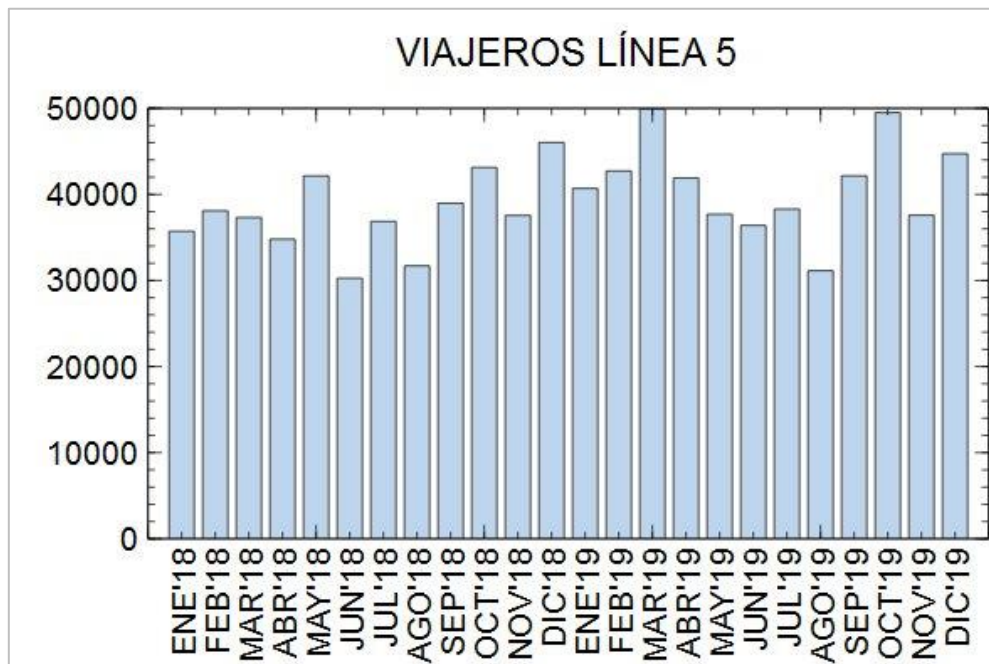


Figura 41. Viajeros de la línea 5

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

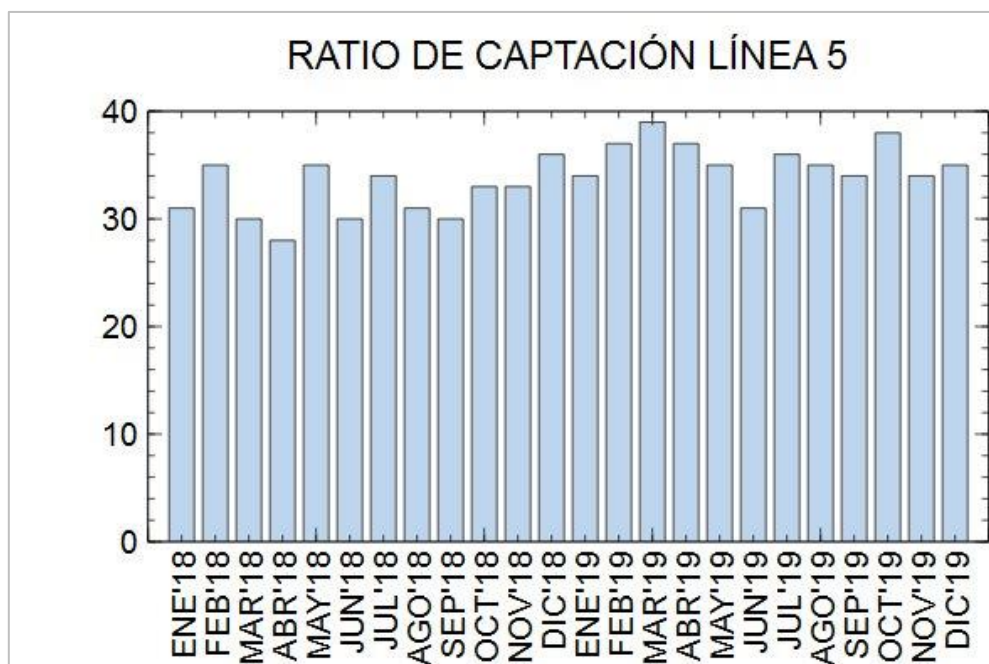


Figura 42. Ratio de captación de la línea 5

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 6: Sidi Bouabid – Sidi Driss – Estación de autobuses

La línea 6 registra un poco más de 80.000 viajeros mensuales, con una distribución a lo largo del año es bastante homogénea. El ratio de captación medio de esta línea es de 39 viajeros por vehículo. Cabe destacar la tendencia ascendente que ha sufrido esta línea en los últimos meses del 2019, coincidiendo con la apertura de la nueva estación de autobuses y la prolongación de la línea hasta la misma. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 12,6 km/h.

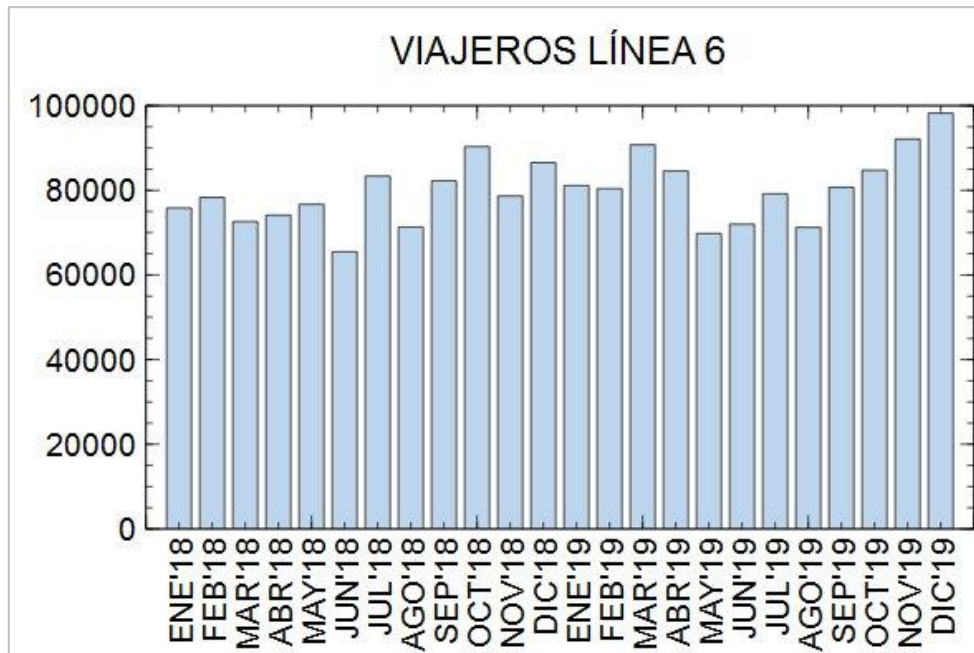


Figura 43. Viajeros de la línea 6

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

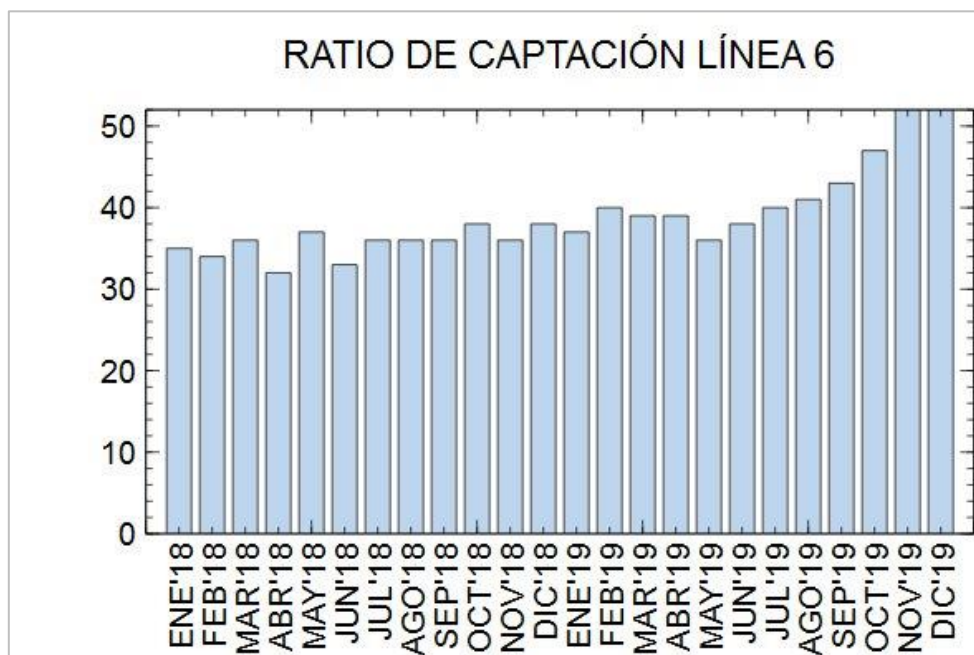


Figura 44. Ratio de captación de la línea 6

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 7: Bir Chifa – Iberia

La línea 7 tiene una media de 106.000 viajeros al mes. Con una distribución uniforme en el número de pasajeros en todos los meses, con ligeros incrementos en los meses de julio y octubre. El número de viajeros medio mensual, la sitúa entre las más usadas de la red. Su ratio de captación, de 47 viajeros por vehículo, se encuentra por encima de la media de los autobuses urbanos. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 12,4 km/h.

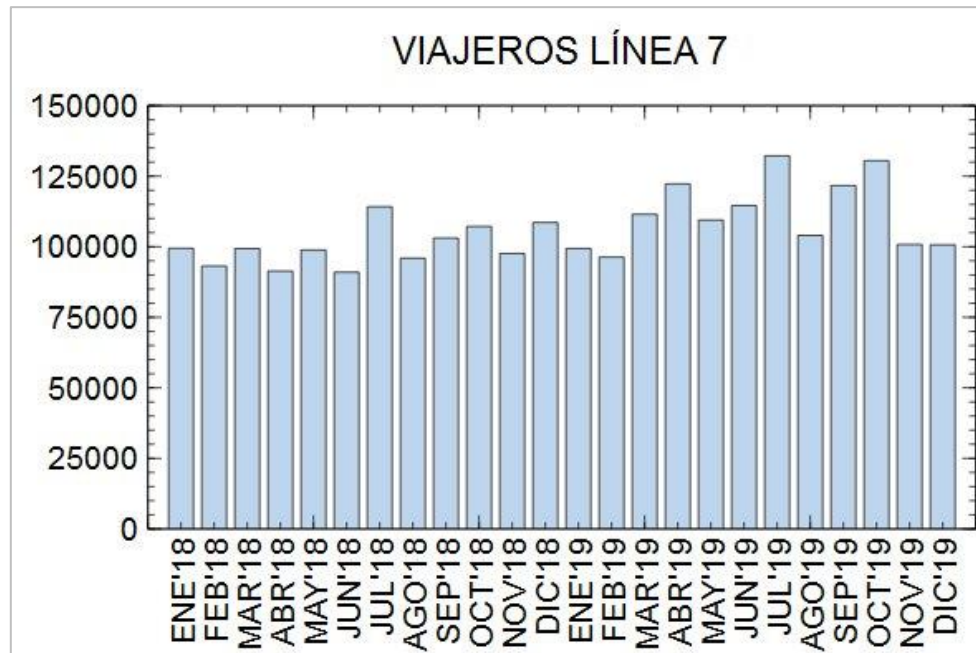


Figura 45. Viajeros de la línea 7

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

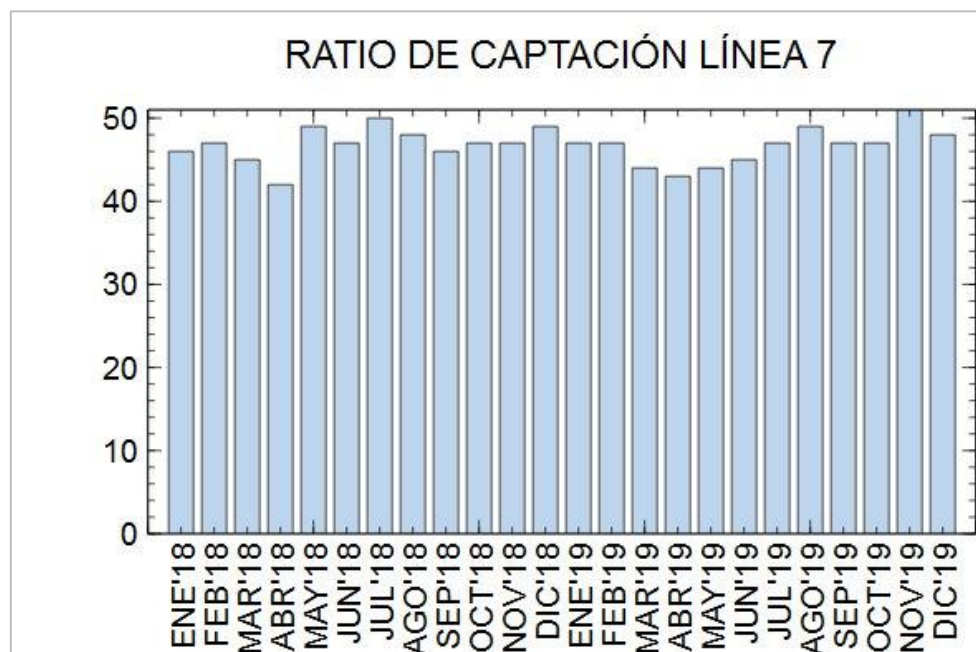


Figura 46. Ratio de captación de la línea 7

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 8: Hawma El Oued – Casabarata

Esta línea tiene una media de 73.500 viajeros al mes con una distribución uniforme en el número de pasajeros en todos los meses, con ligeros descensos en los meses de junio y agosto, pero grandes repuntes en julio. Sin embargo, con un ratio de captación de 30 viajeros por vehículo, valor 12 puntos menor a la media de los ratios de las líneas urbanas.

Por otra parte, es importante señalar que el porcentaje de kilómetros en carga es de tan sólo el 86%, es decir, un 14% de los kilómetros realizados por esta línea es con el autobús totalmente vacío, uno de los valores en vacío más altos de la red urbana. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 13,6 km/h.

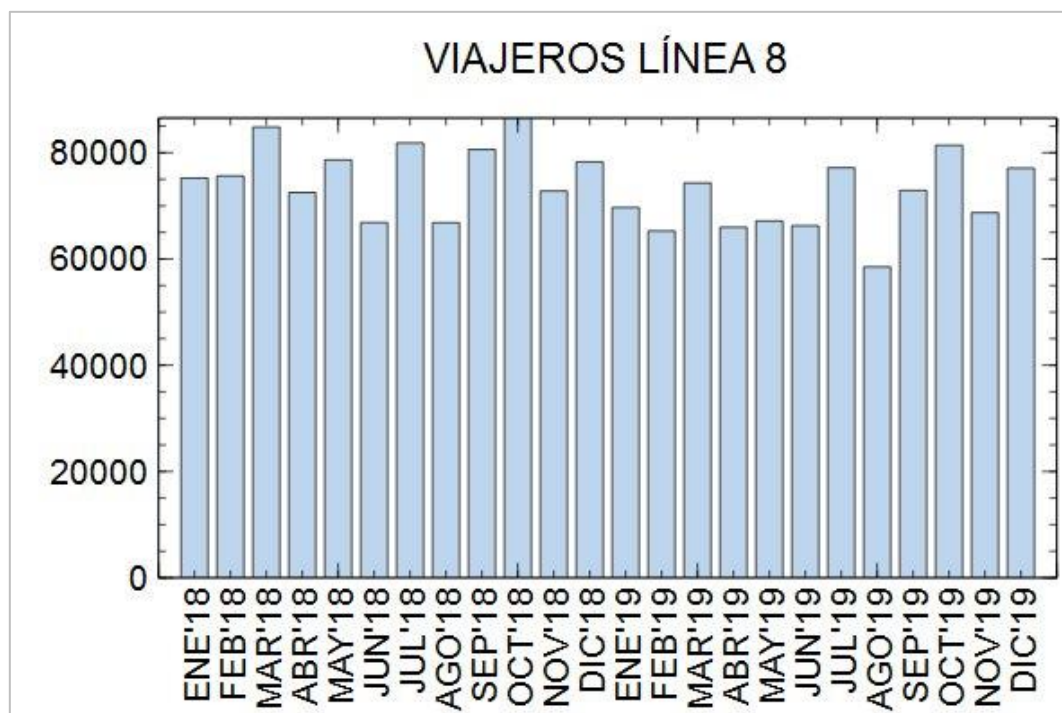


Figura 47. Viajeros de la línea 8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

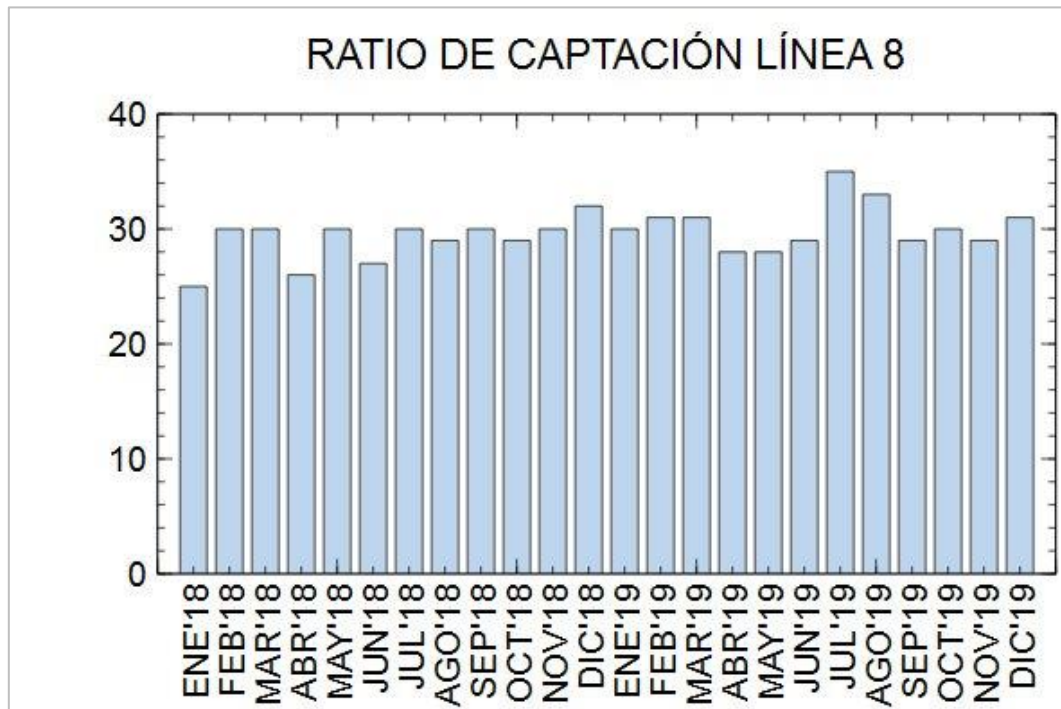


Figura 48. Ratio de captación de la línea 8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

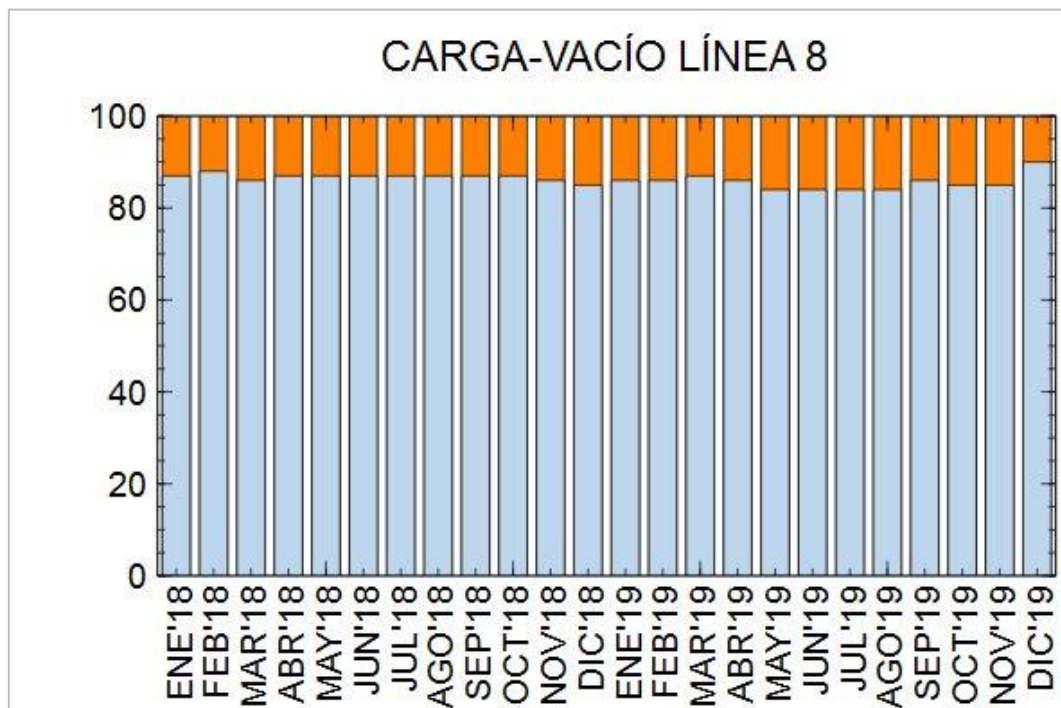


Figura 49. Porcentaje carga-vacío de la línea 8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 9A: Zoco de Gueznaia – Dradeb

La línea 9A, con casi 300.000 viajeros mensuales, es la tercera línea más utilizada de la red, transportando el mayor número de viajeros en los meses de otoño e invierno. Ha registrado una tendencia ascendente desde 2018 con un valor máximo de casi 400.000 viajeros en octubre de 2019. Esta línea circula a una velocidad comercial ligeramente por encima de la media de 16,3 km/h.

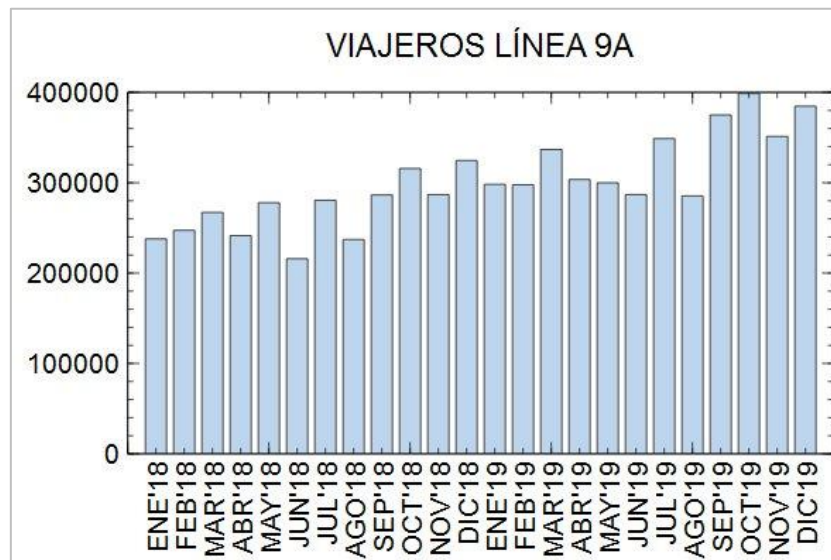


Figura 50. Viajeros de la línea 9A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Analizando el ratio de captación de la línea se observa que tiene el segundo ratio de captación más alto de la red con 70 viajeros por vehículo, lo que demuestra que es una línea bastante optimizada, con tan solo un 7% de kilómetros en vacío. Sin embargo, el ratio es próximo al límite de su ocupación de los vehículos, lo que puede afectar al confort de los viajeros.

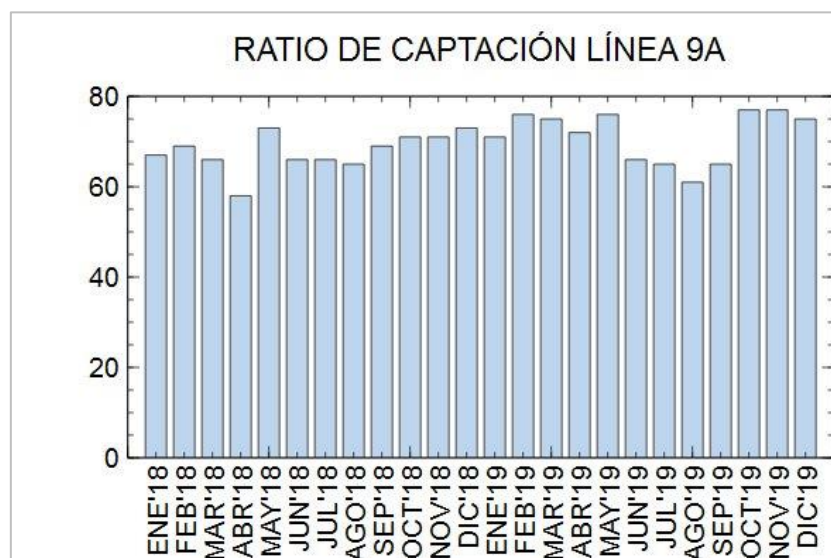


Figura 51. Ratio de captación de la línea 9A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 10: Zona Industrial Mghogha – Dradeb

La línea 10 tiene una media de 280.650 viajeros al mes, transportando el mayor número de viajeros en los meses de otoño e invierno, reduciéndose su uso en verano. Al igual que la línea 9A, al servir a una zona industrial, la línea 10 es de las más utilizadas de la red, situándose como la cuarta línea que más viajeros transporta. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 14,0 km/h.

En cuanto al ratio de captación, este se sitúa en 54 viajeros por vehículo, 12 puntos por encima de la media, con unos 20 viajeros de pie. Sin embargo, el porcentaje de kilómetros en vacío es del 15%, uno de los más altos de la red, por lo que deberá analizarse con mayor detalle.

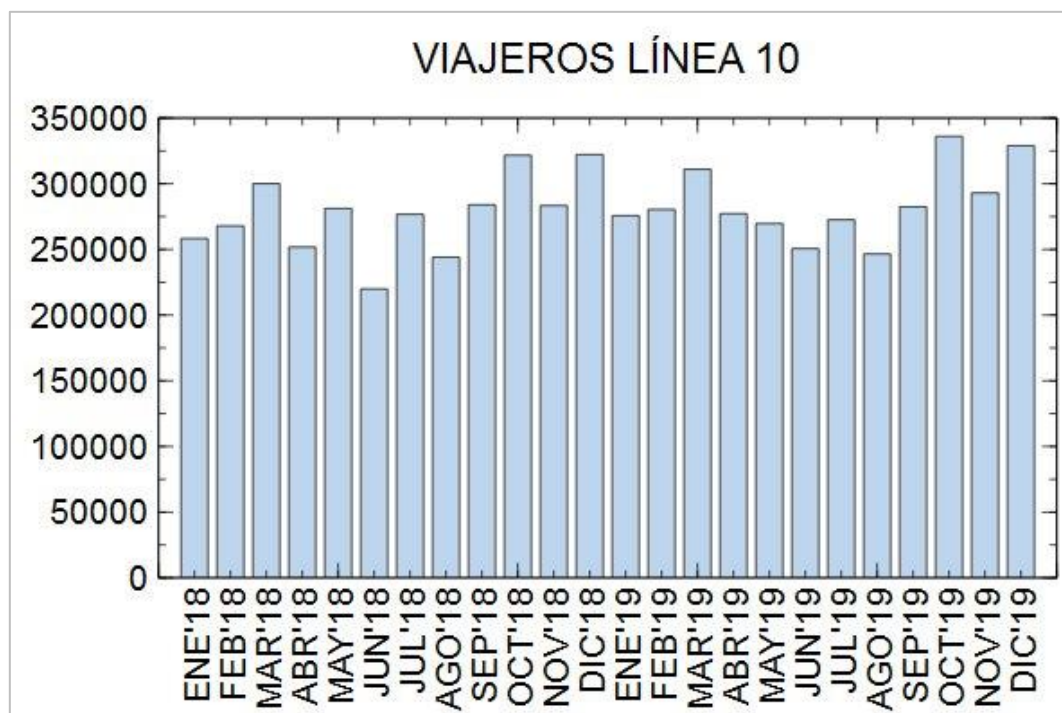


Figura 52. Viajeros de la línea 10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

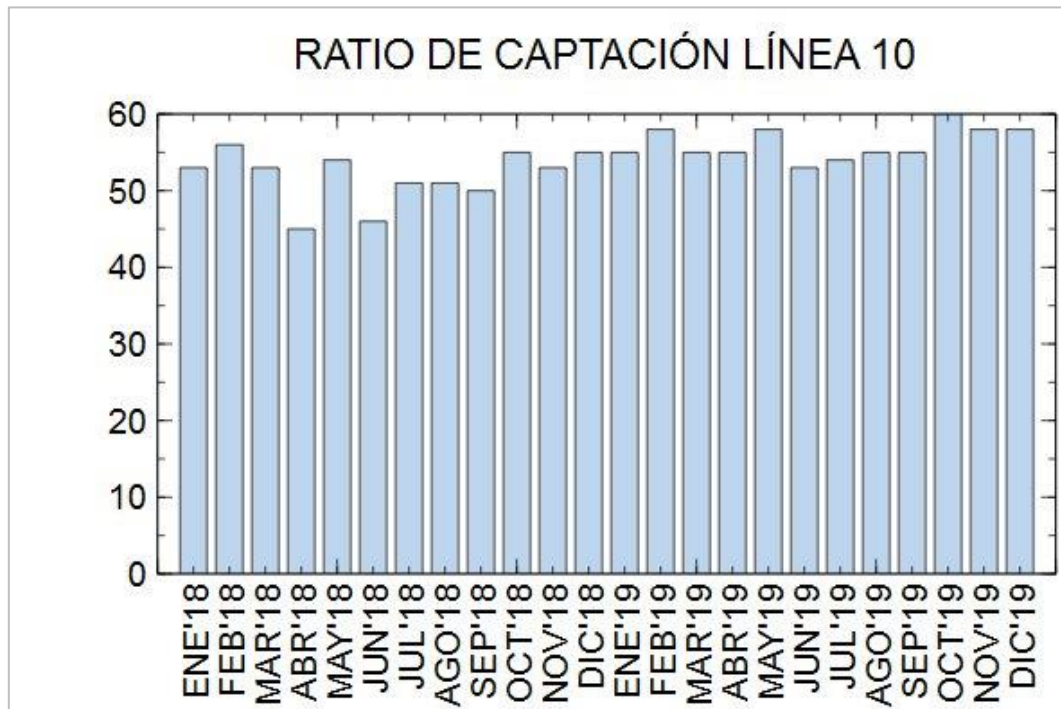


Figura 53. Ratio de captación de la línea 10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

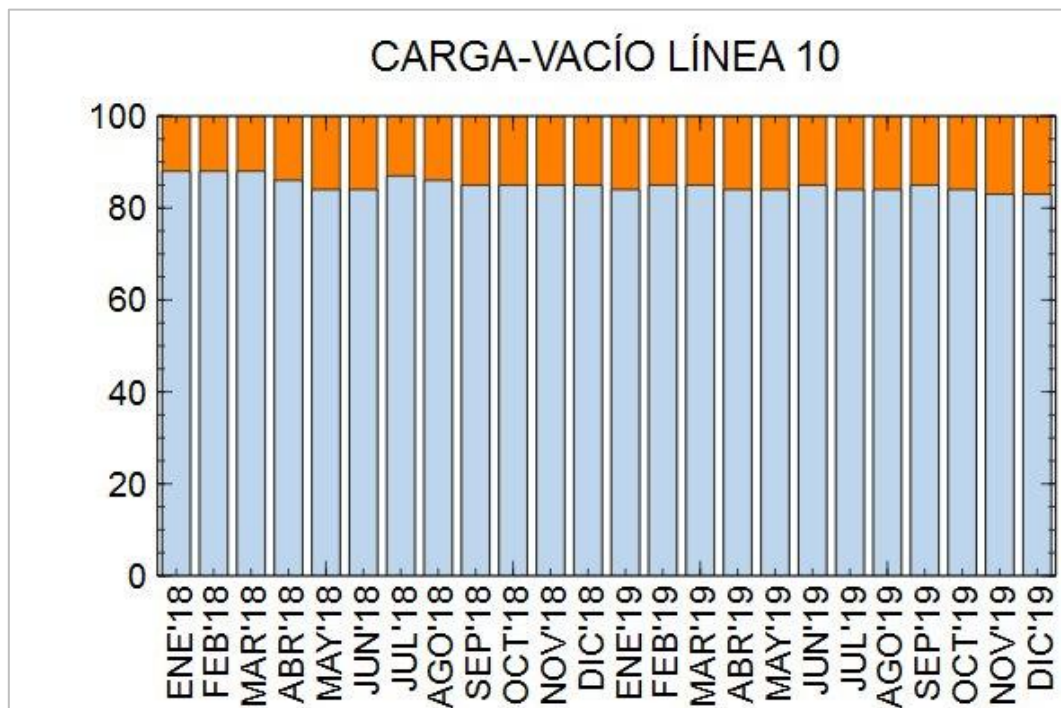


Figura 54. Porcentaje carga-vacío de la línea 10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 11: Aouama – Dradeb

Esta línea tiene una media de 191.700 viajeros al mes. Como se observa en la Figura 55, tiene una distribución de viajeros mensuales bastante homogénea. Esta línea, con 63 viajeros por vehículo tiene uno de los ratios más altos de la red, transportando 30 viajeros de pie. Con relación al porcentaje de kilómetros en vacío, la línea se encuentra ligeramente por encima de la media con un 10%. Tiene una velocidad comercial media de 14,8 km/h.

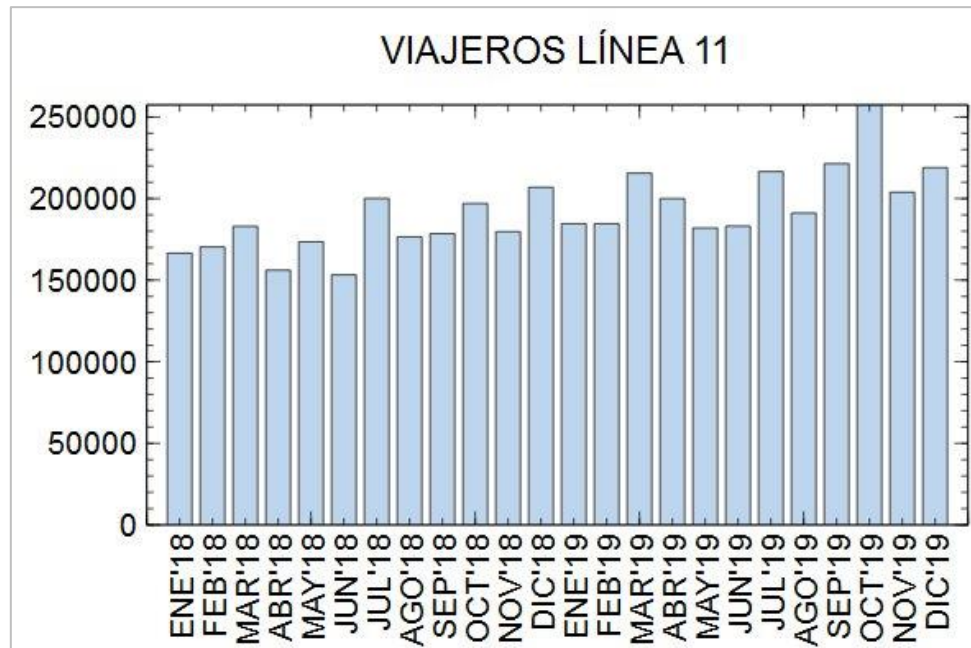


Figura 55. Viajeros de la línea 11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

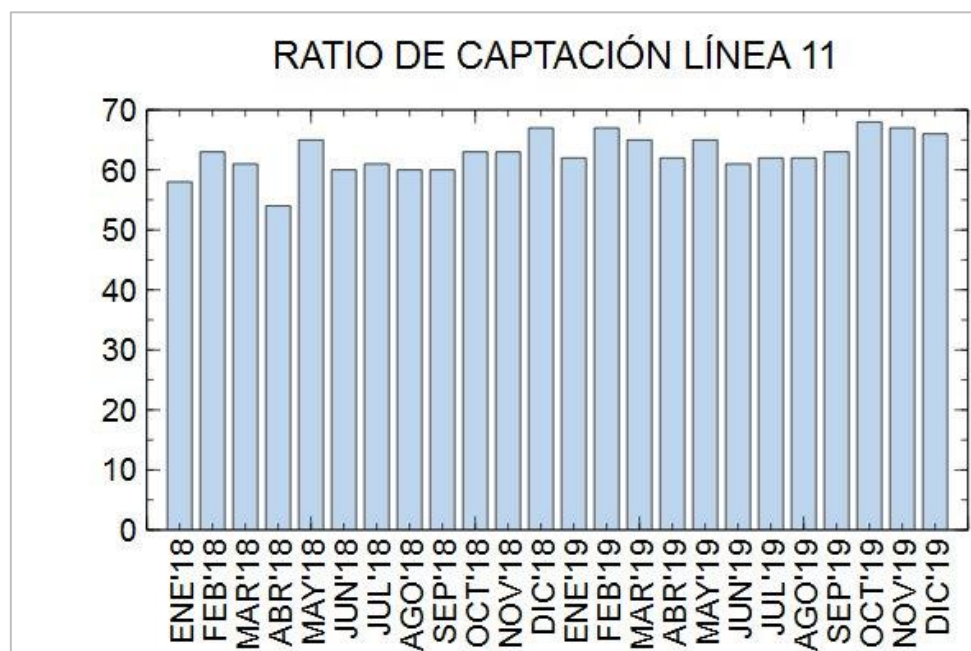


Figura 56. Ratio de captación de la línea 11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 12: El Mers – Iberia

La línea 12 tiene una media de 173.700 viajeros al mes, transportando el mayor número de viajeros en los meses de otoño, con una diferencia considerable entre otoño 2018 y otoño 2019., sufriendo un ascenso de los viajeros transportados en los últimos meses del 2019. Esta línea, con 56 viajeros por vehículo tiene uno de los ratios más altos de la red, sin embargo, su porcentaje de kilómetros en vacío es ligeramente mayor al valor promedio con un 9%. Esta línea tiene una velocidad comercial media de 12,4 km/h.

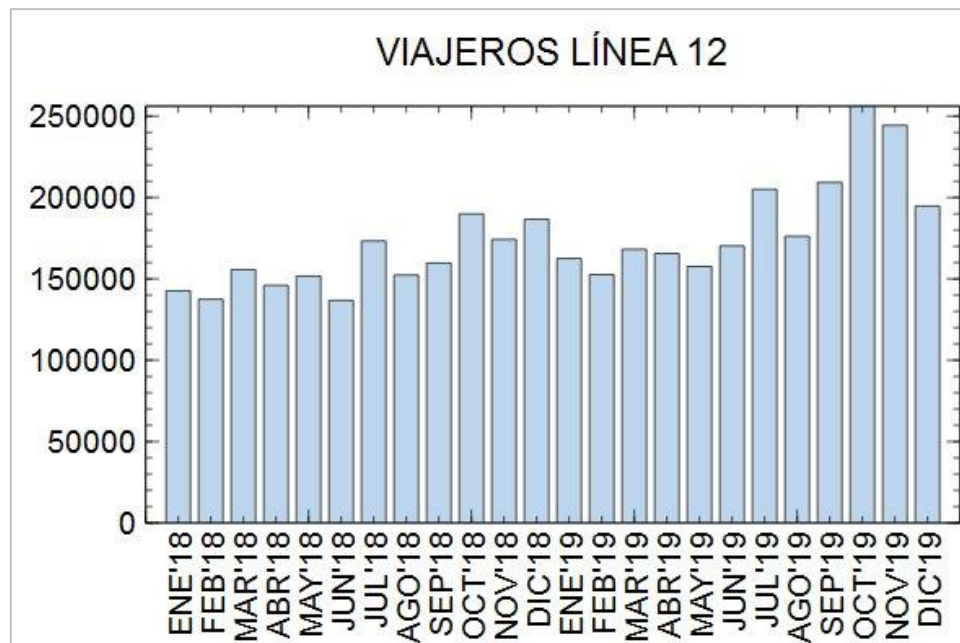


Figura 57. Viajeros de la línea 12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

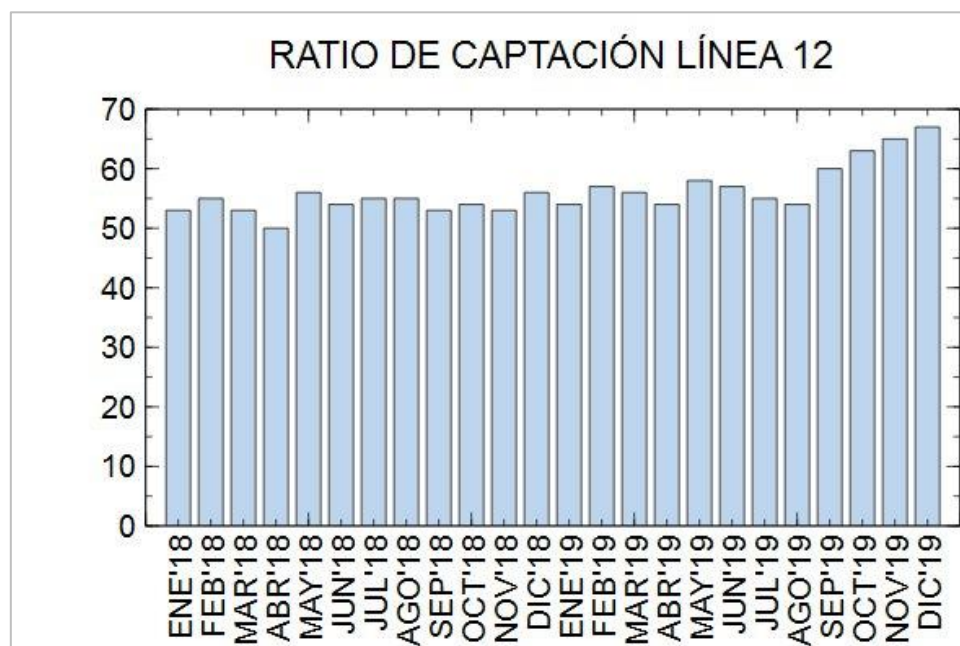


Figura 58. Ratio de captación de la línea 12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 13: Marjane (Ctra. Tetuán) – Estación de ferrocarril

La línea 13 tiene una media de 10.300 viajeros por mes, un valor considerablemente menor que las otras líneas, a pesar de tener un recorrido con una longitud similar al resto (9,9 km). Esta línea presenta una distribución no uniforme del número de pasajeros que transporta mensualmente, registrándose los máximos en el mes de marzo de 2018 y el mínimo en mayo del mismo año.

Estos datos, acompañados con un ratio de captación de tan sólo 19 viajeros por vehículo y un porcentaje de kilómetros en vacío del 16%, el más alto de la red urbana, hacen que sea una de las líneas menos óptimas de la red. Tiene una velocidad comercial media de 13,7 km/h.

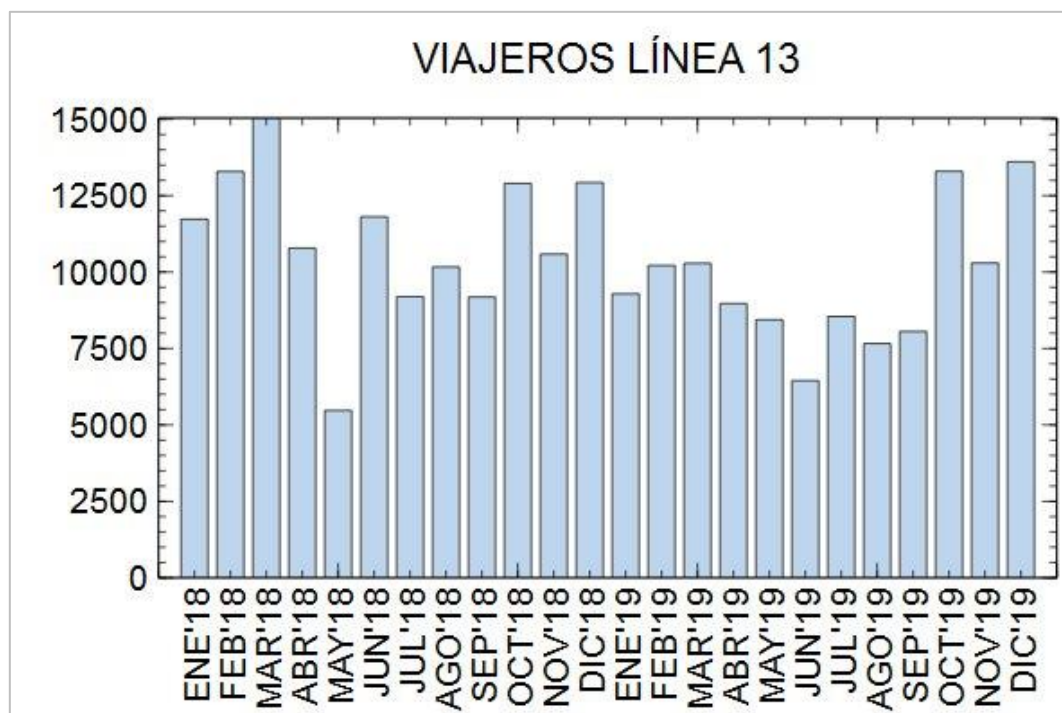


Figura 59. Viajeros de la línea 13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

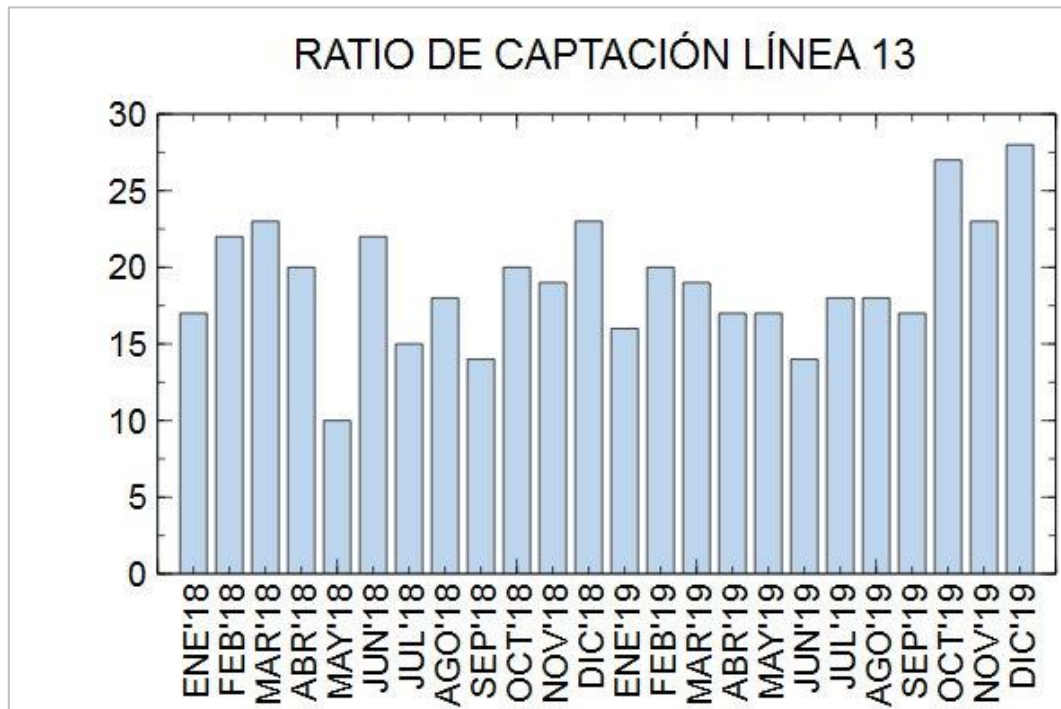


Figura 60. Ratio de captación de la línea 13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

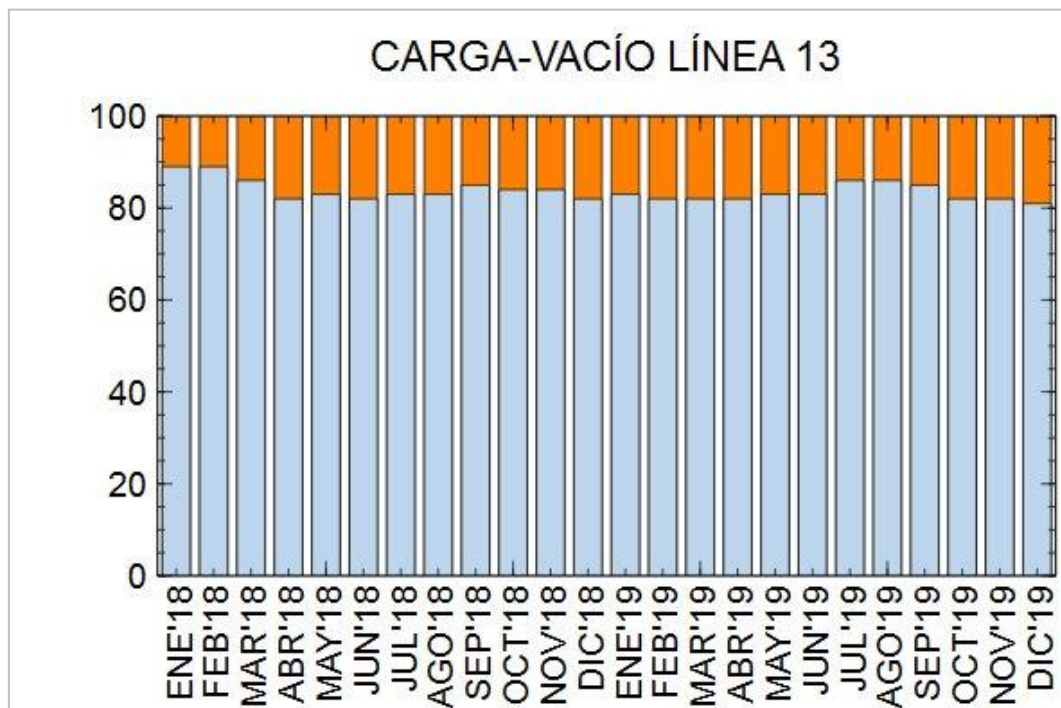


Figura 61. Porcentaje carga-vacío de la línea 13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 14: Iberia – Sania – Hrarech

La línea 14 es la séptima línea más utilizada de la red con casi 112.000 viajeros mensuales. Tiene una distribución bastante homogénea a lo largo del año, con valores mínimos en los meses de verano. Circula a una velocidad comercial media de 13,2 km/h.

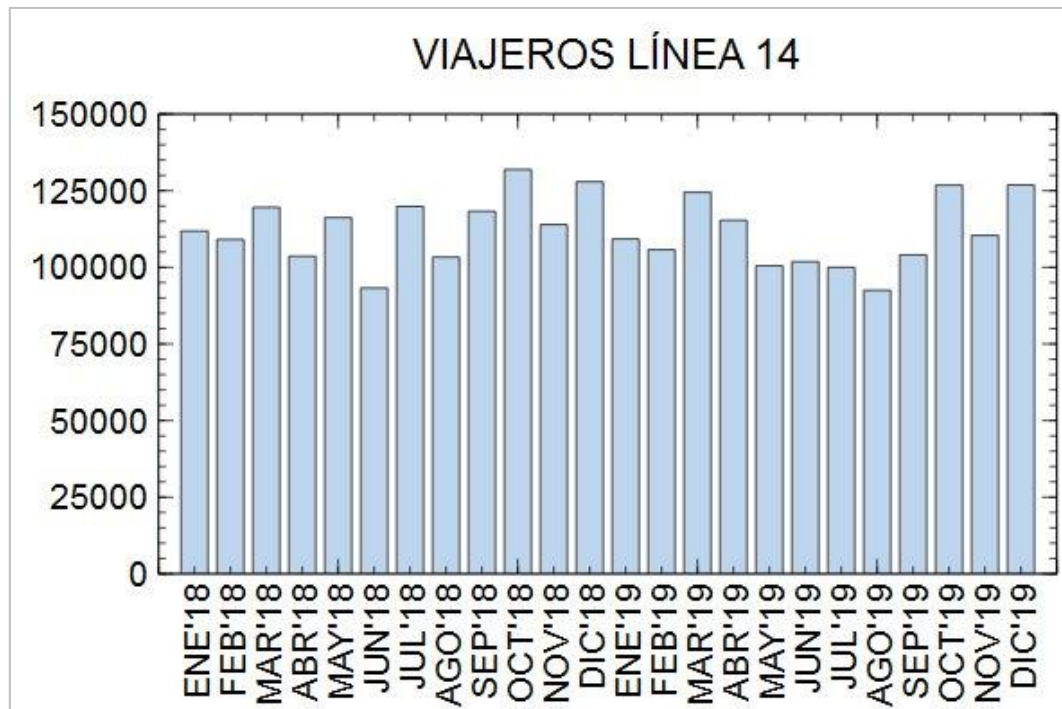


Figura 62. Viajeros de la línea 14

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En cuanto al ratio de captación, este se coloca en 39 viajeros por vehículo, por debajo de la media. Este valor del ratio de captación asegura que la mayoría de los pasajeros del autobús van sentados, aumentando la percepción del servicio del usuario. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío asciende al 14%, uno de los más altos de la red.

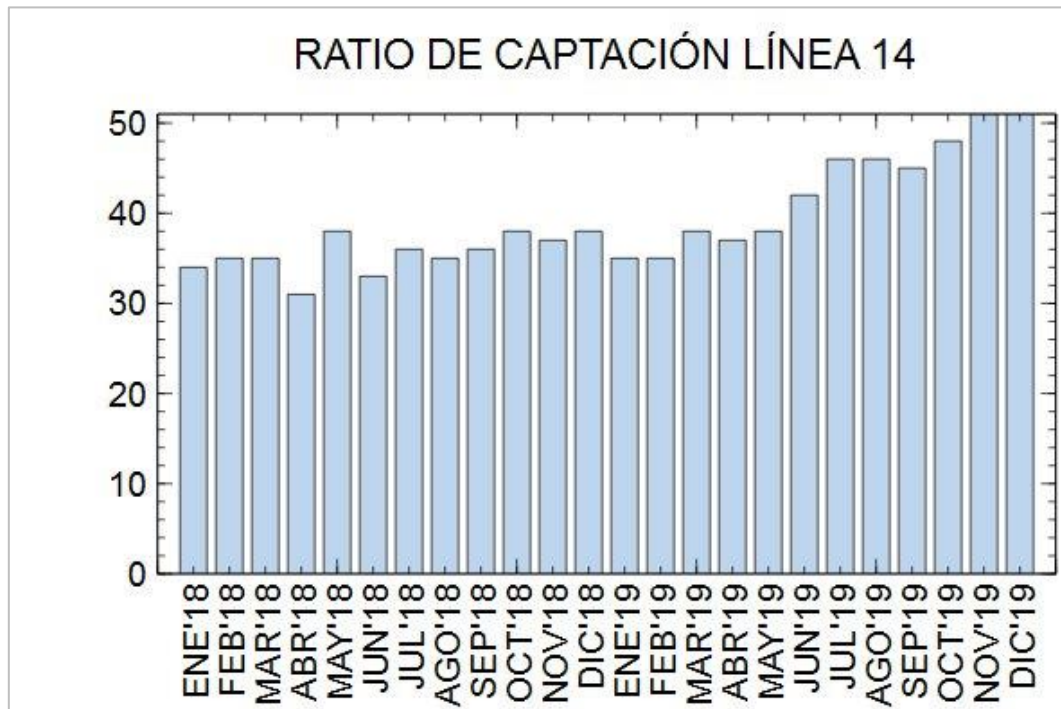


Figura 63. Ratio de captación de la línea 14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

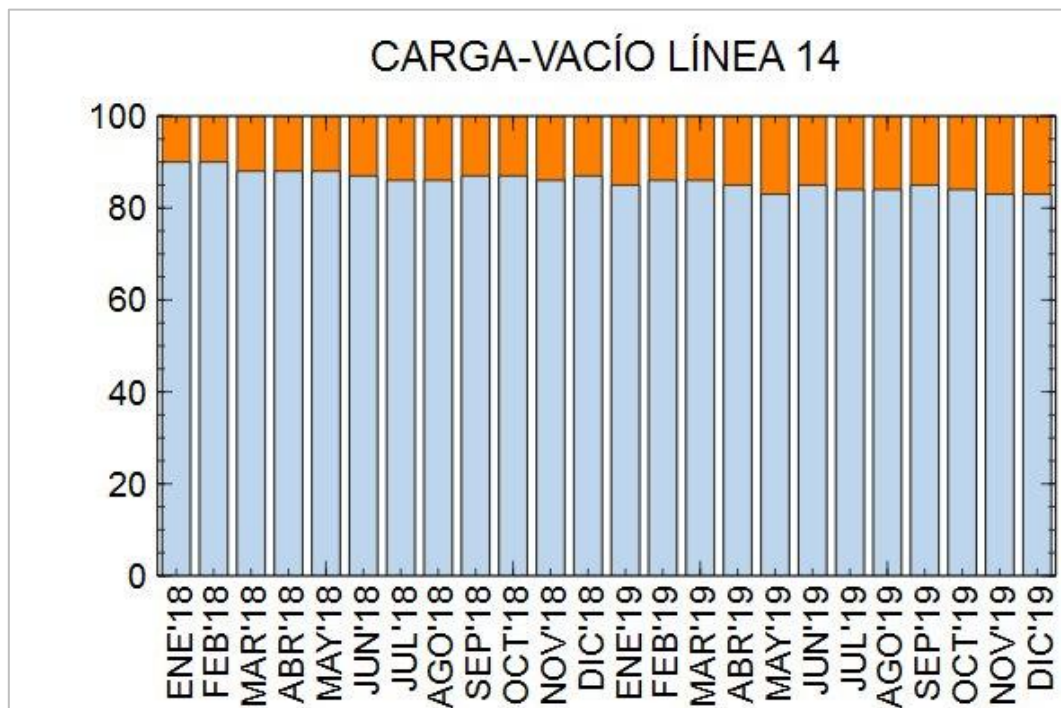


Figura 64. Porcentaje carga vacío de la línea 14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 16: El Mnar – Castilla

La línea 16 tiene una media de 45.400 viajeros por mes, un valor considerablemente menor que la mayoría de las líneas. Tiene una velocidad comercial media de 15,8 km/h. Es una línea particular pues los valores máximos de viajeros transportados se dan en los meses de verano, despuntando en julio. En cuanto al ratio de captación, se sitúa en 38 viajeros por vehículo, bastante por debajo de la media con un porcentaje de kilómetros en vacío del 7%, dentro del rango aceptable.

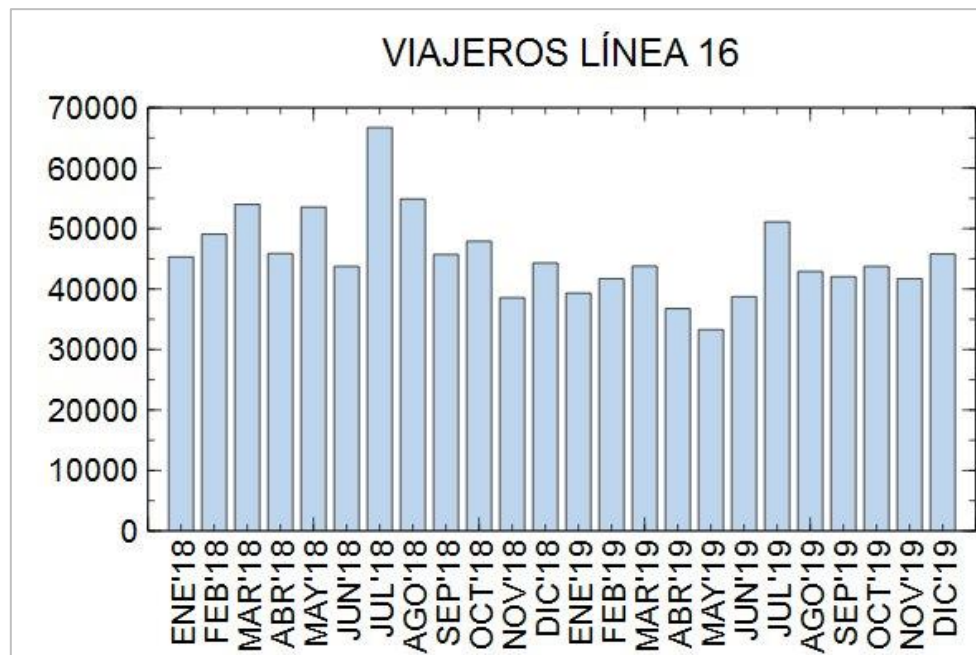


Figura 65. Viajeros de la línea 16

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

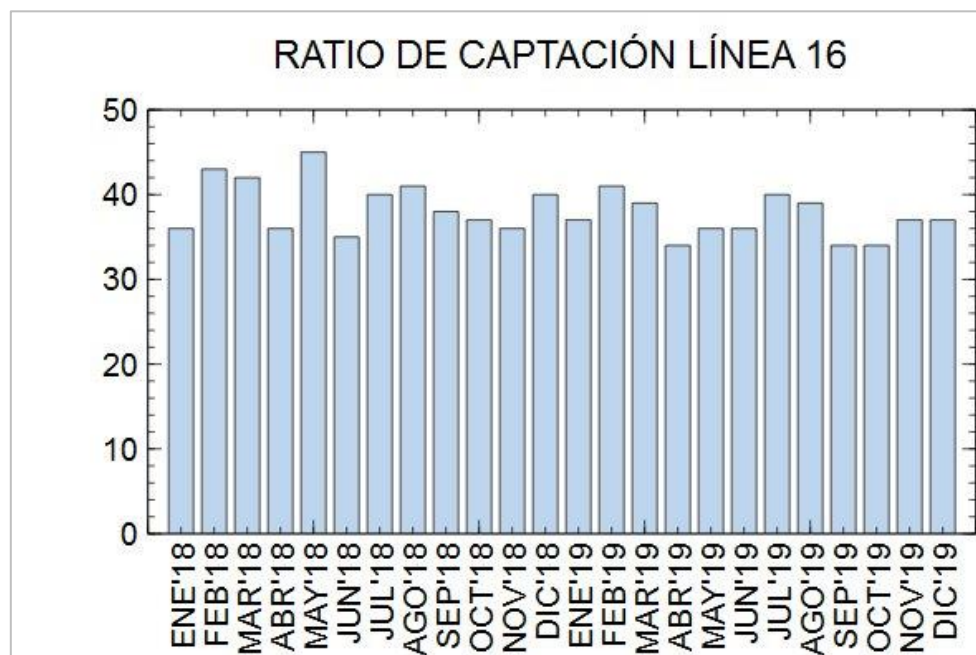


Figura 66. Ratio de captación de la línea 16

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 17: Msnana – Mujahidine – Marshan

Esta línea tiene una media de 51.700 viajeros por mes, un valor considerablemente menor que la mayoría de las líneas, siendo los meses de octubre y diciembre en los que transporta un mayor número de viajeros. Tiene una velocidad comercial media de 11,6 km/h, también por debajo de la media de esta tipología.

La línea tiene una tendencia estacional con valores mínimos en verano, pero despuntando en julio. En cuanto al ratio de captación, este se coloca en 35 viajeros por vehículo, bastante por debajo de la media. Tiene un porcentaje de kilómetros en vacío del 6%, dentro del rango aceptable.

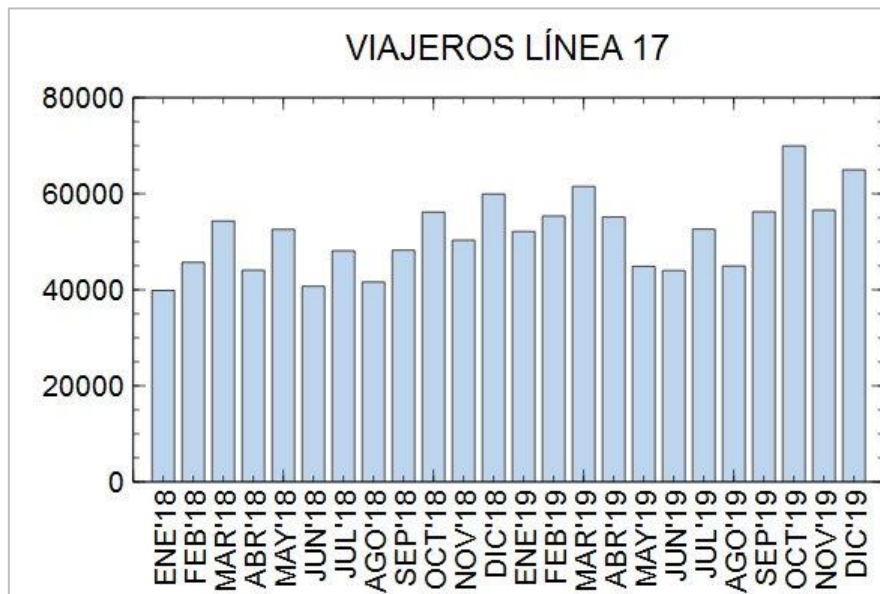


Figura 67. Viajeros de la línea 17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

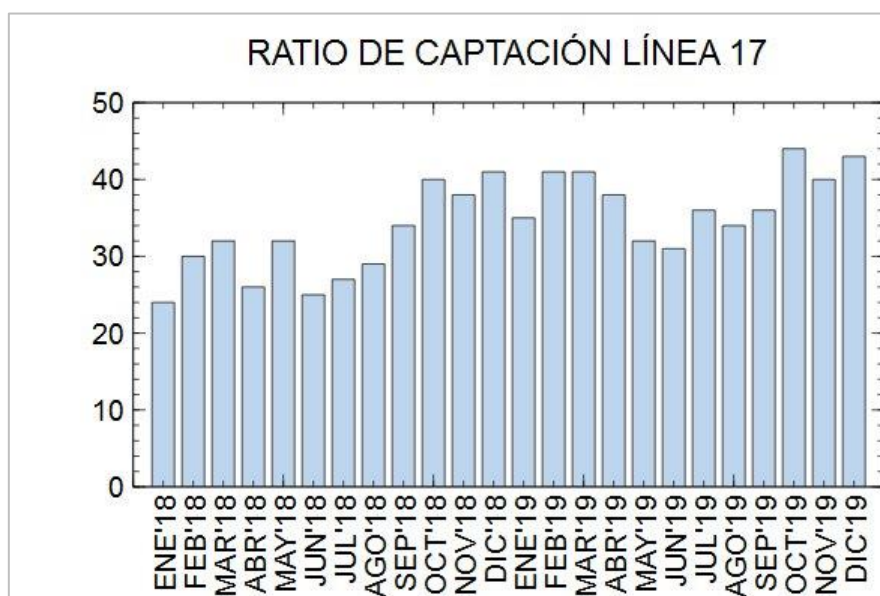


Figura 68. Ratio de captación de la línea 17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 18: Mghogha Sghira – Iberia

La línea 18 tiene una media de 88.200 viajeros al mes con una distribución estacional con valores mínimos en agosto. Transporta el mayor número de viajeros en los meses de marzo, octubre y diciembre. Tiene una velocidad comercial media de 10,7 km/h, muy por debajo de la media de la velocidad de esta tipología.

Analizando el ratio de captación de la línea se puede observar que los valores se han mantenido bastante estables durante los dos años con 30 viajeros por vehículo de media, dejando asientos libres y sin llevar pasajeros de pie. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío de la red ronda el 15%, un valor considerablemente alto que deberá estudiarse más a profundidad.

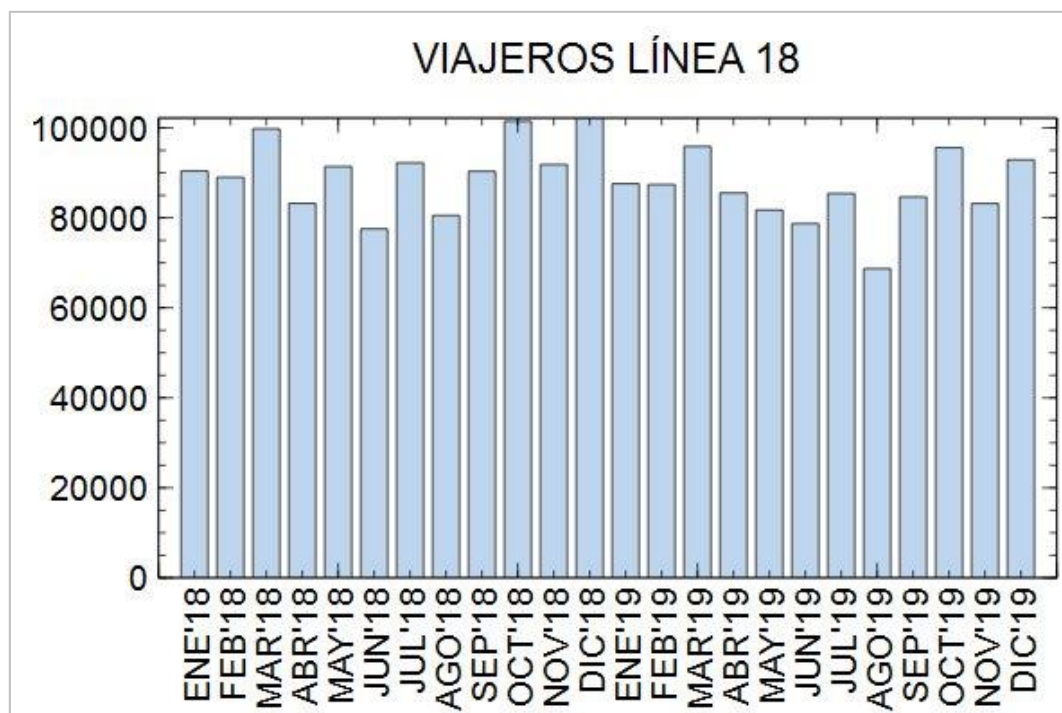


Figura 69. Viajeros de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

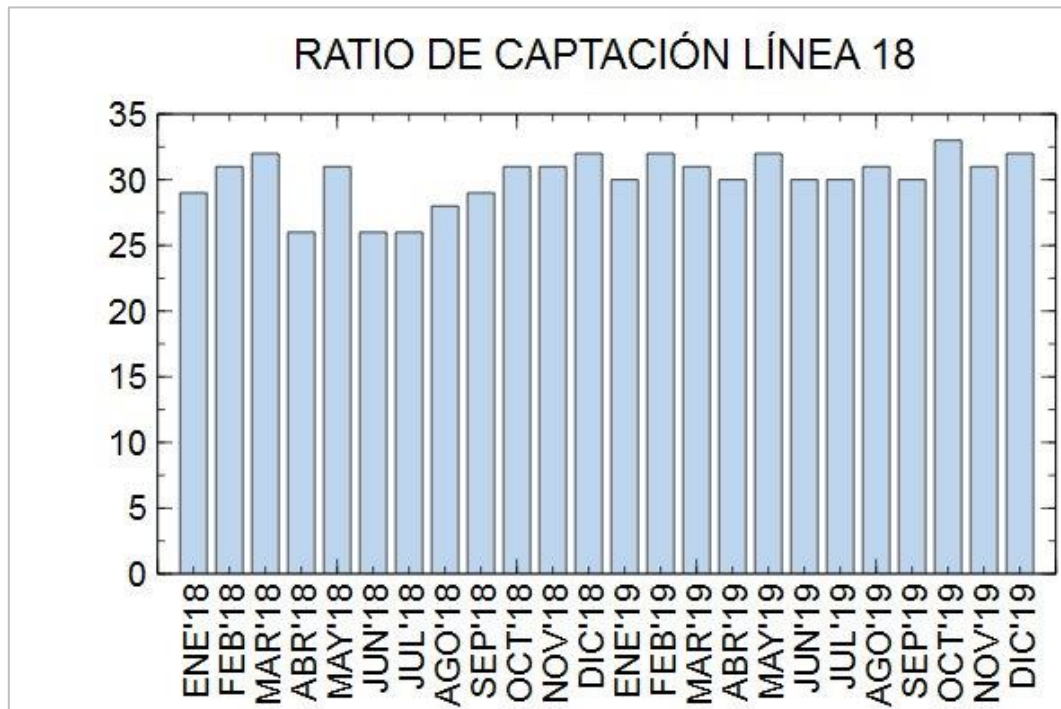


Figura 70. Ratio de captación de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

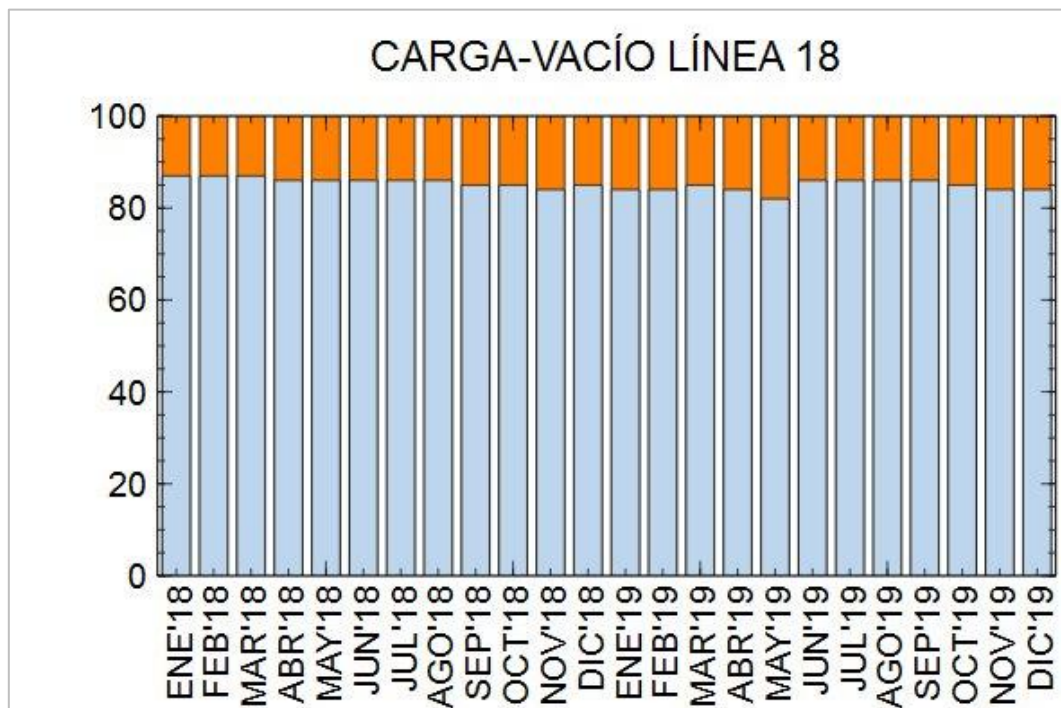


Figura 71. Porcentaje carga-vacío de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 19: Nueva Ciudad Ibn Batouta – Castilla

Esta línea tiene una media de 18.900 viajeros al mes, transportando el mayor número de viajeros con amplia diferencia en los meses de julio y agosto. Tiene una velocidad comercial media de 21,0 km/h, la más alta de los autobuses urbanos.

El bajo número de viajeros mensuales, junto a su ratio de captación de 40 viajeros por vehículo y un porcentaje de kilómetros en vacío del 5%, hace que la línea 19 sea la cuarta línea menos utilizada en la red urbana.

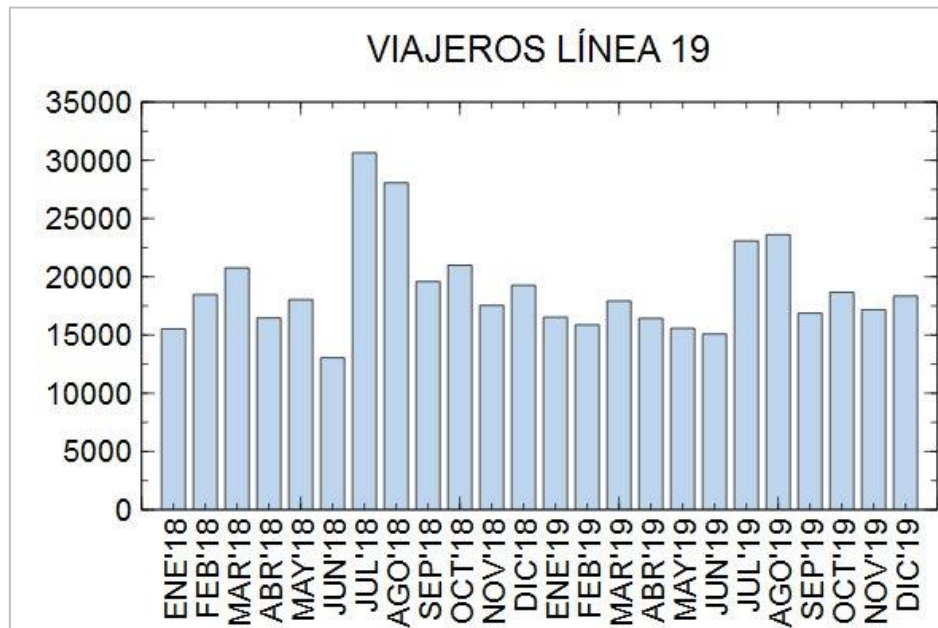


Figura 72. Viajeros de la línea 19
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

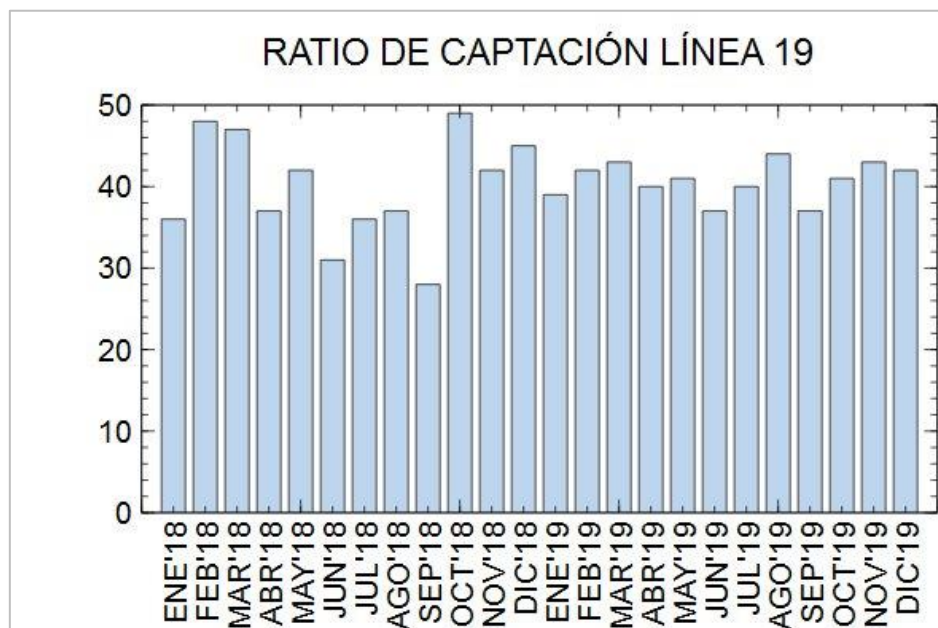


Figura 73. Ratio de captación de la línea 19
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 20: Ciudad Universitaria – Hawmat el Ouad

La línea 20 es la línea más utilizada de la red, con casi 775.000 viajeros mensuales. Ha registrado una tendencia ascendente, superando el millón de viajeros en octubre de 2019. Esta línea tiene también el ratio de captación más alto de la red, con 83 viajeros por vehículo, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 0%, es decir, siempre lleva pasajeros, con una velocidad comercial media de 17,4 km/h. El valor del ratio de captación de esta línea está tan solo 6 puntos por debajo de la capacidad máxima de los vehículos, llevando 50 pasajeros de pie.

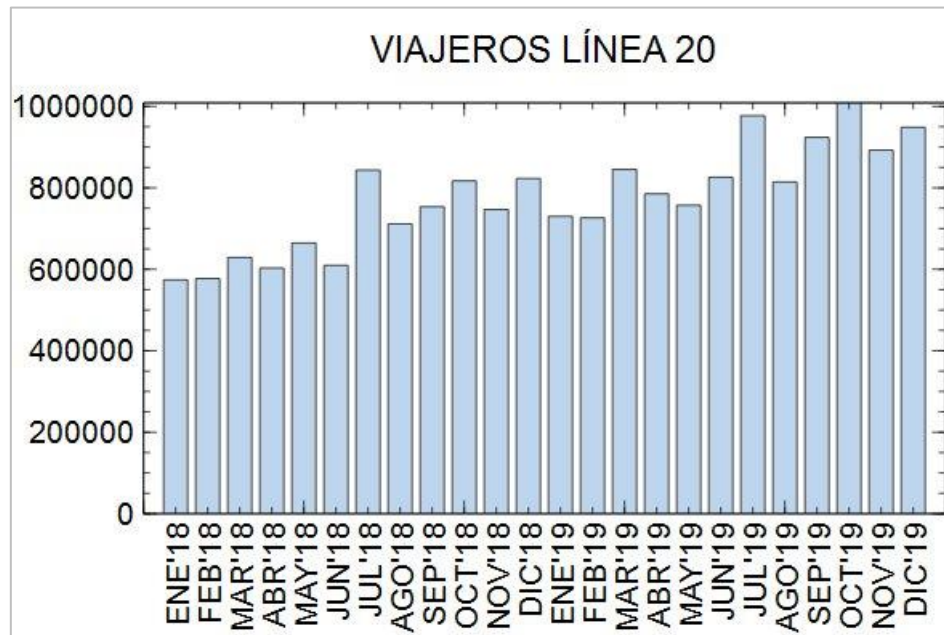


Figura 74. Viajeros de la línea 20
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

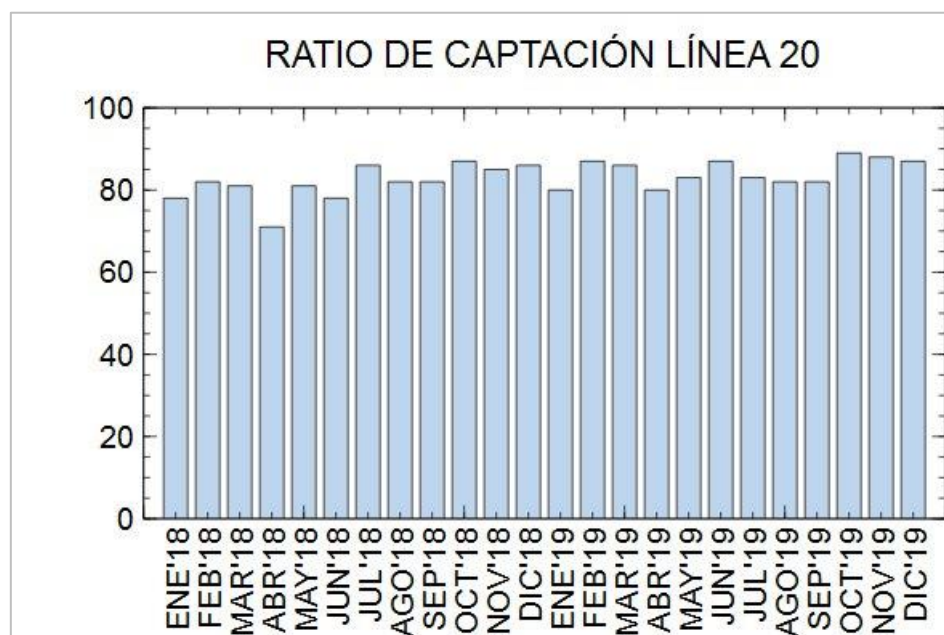


Figura 75. Ratio de captación de la línea 20
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 21: Dradeb – Msnana – Boukhalef

La línea 21, con poco más de 44.000 viajeros, tiene una tendencia estacional con valores mínimos en verano, pero despuntando en julio. En cuanto al ratio de captación, este se coloca en 32 viajeros por vehículo, bastante por debajo de la media. Tiene una velocidad comercial media de 18,4 km/h y un porcentaje de kilómetros en vacío del 0%.

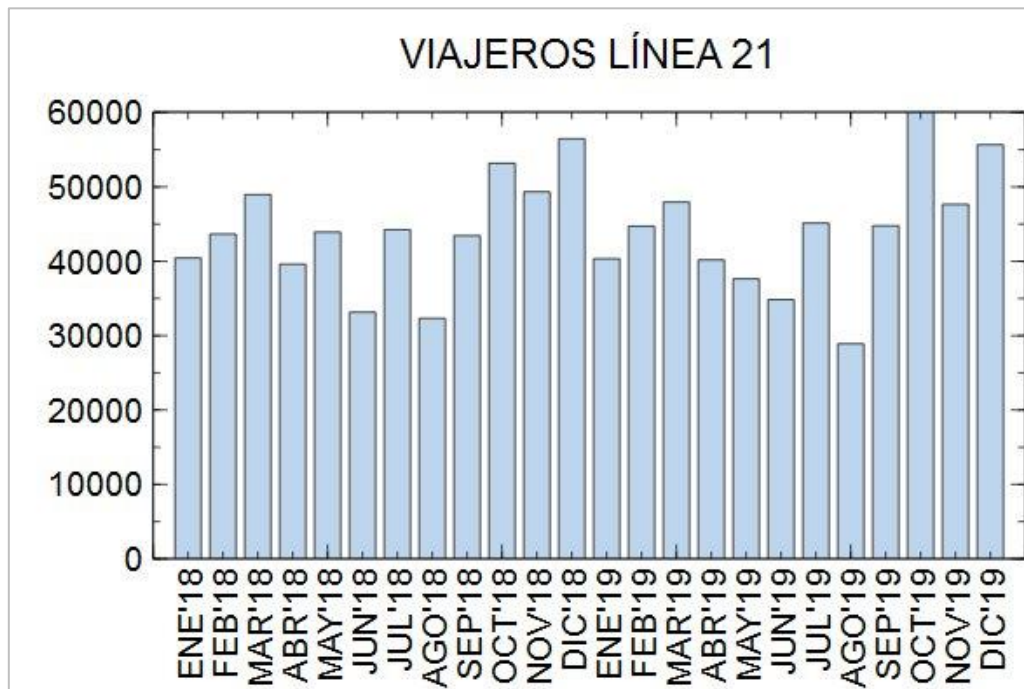


Figura 76. Viajeros de la línea 21
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

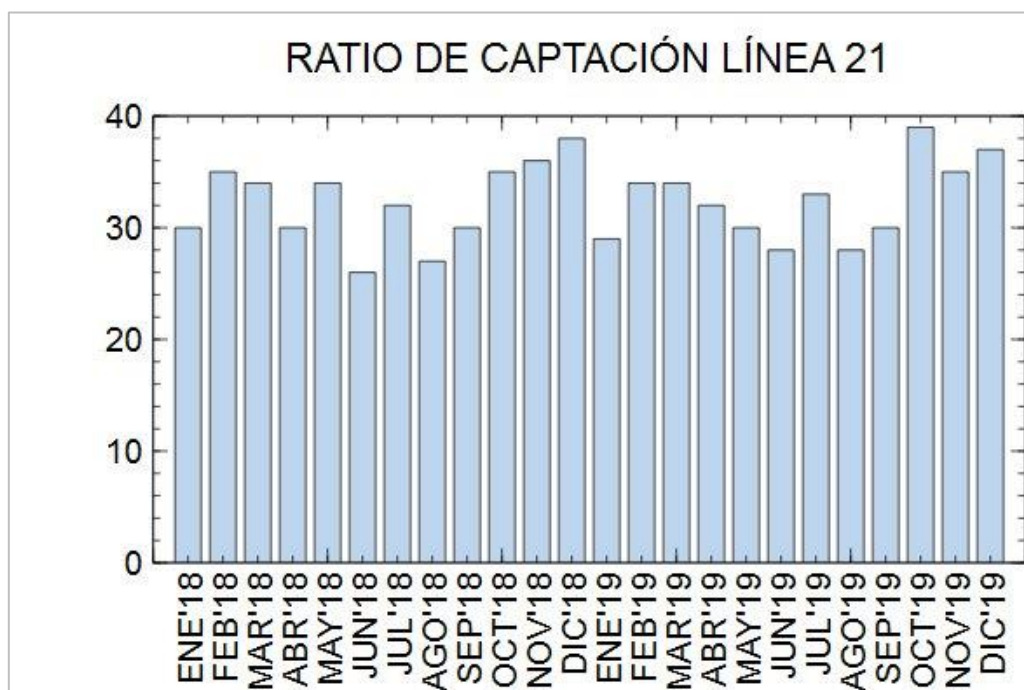


Figura 77. Ratio de captación de la línea 21
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 23: Ain Mechlawa – Castilla

La línea 23 tiene una media de casi 12.000 viajeros al mes, siendo la segunda línea que menos viajeros transporta de toda la red urbana. Tras julio de 2018 registró un abrupto ascenso de los viajeros. Tiene una velocidad comercial media de 16,6 km/h, próxima a la media de la velocidad de esta tipología.

Analizando el ratio de captación de la línea también se observa un ascenso a partir de julio de 2018, con 19 viajeros por vehículo de media. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío de la red ronda el 13%, un valor considerablemente alto que deberá estudiarse más a profundidad.

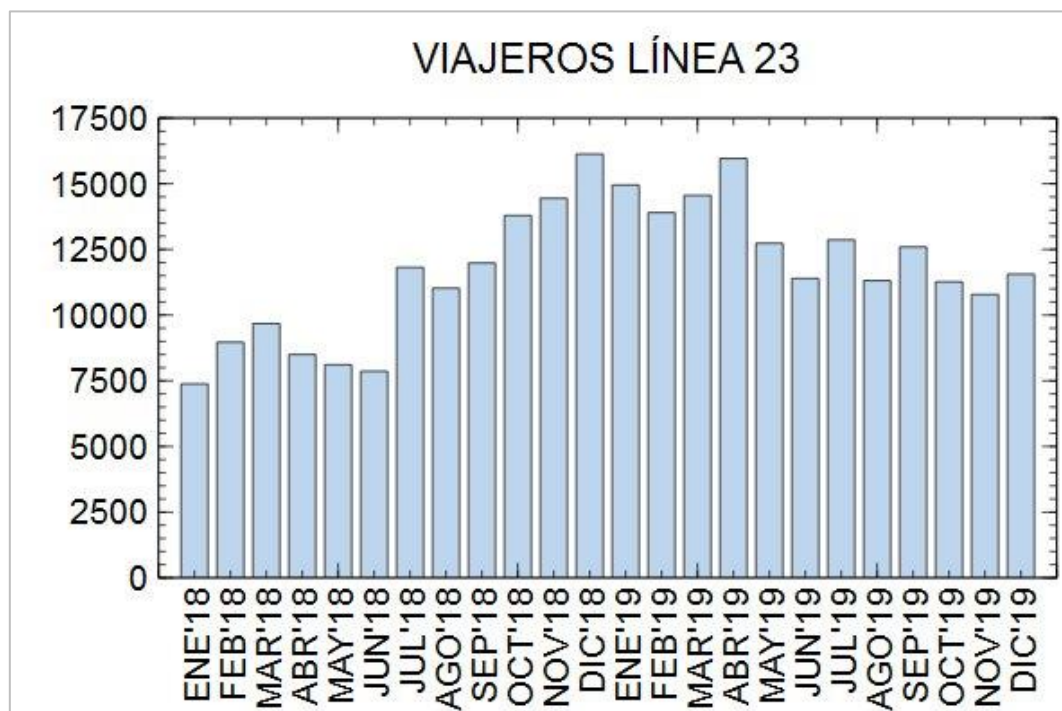


Figura 78. Viajeros de la línea 23
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

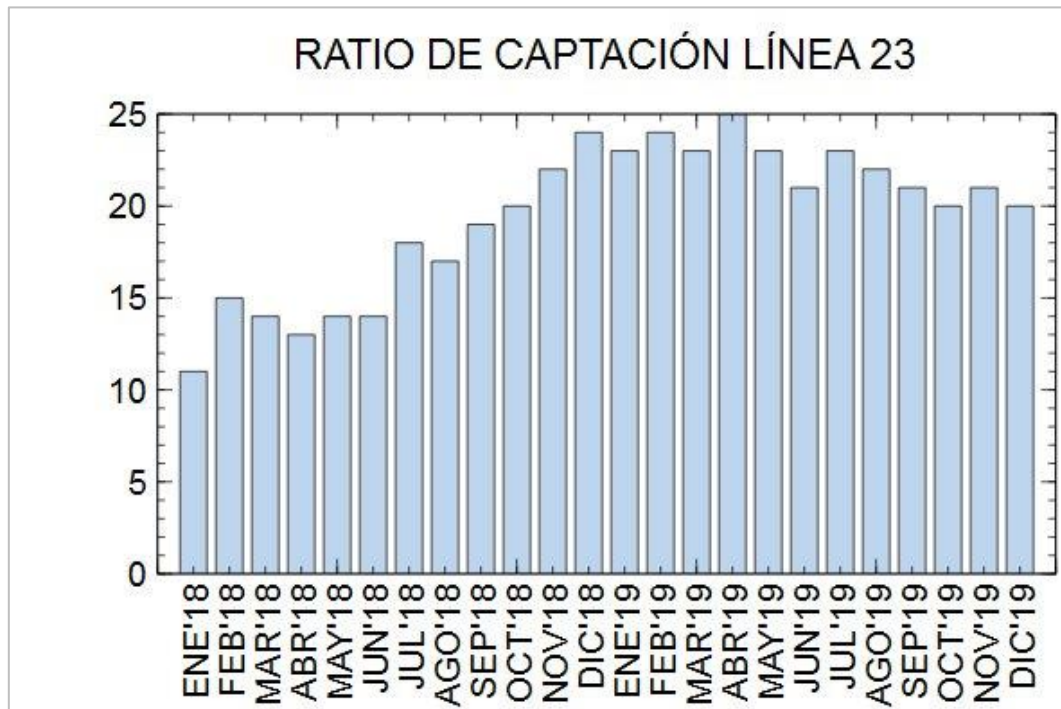


Figura 79. Ratio de captación de la línea 23
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

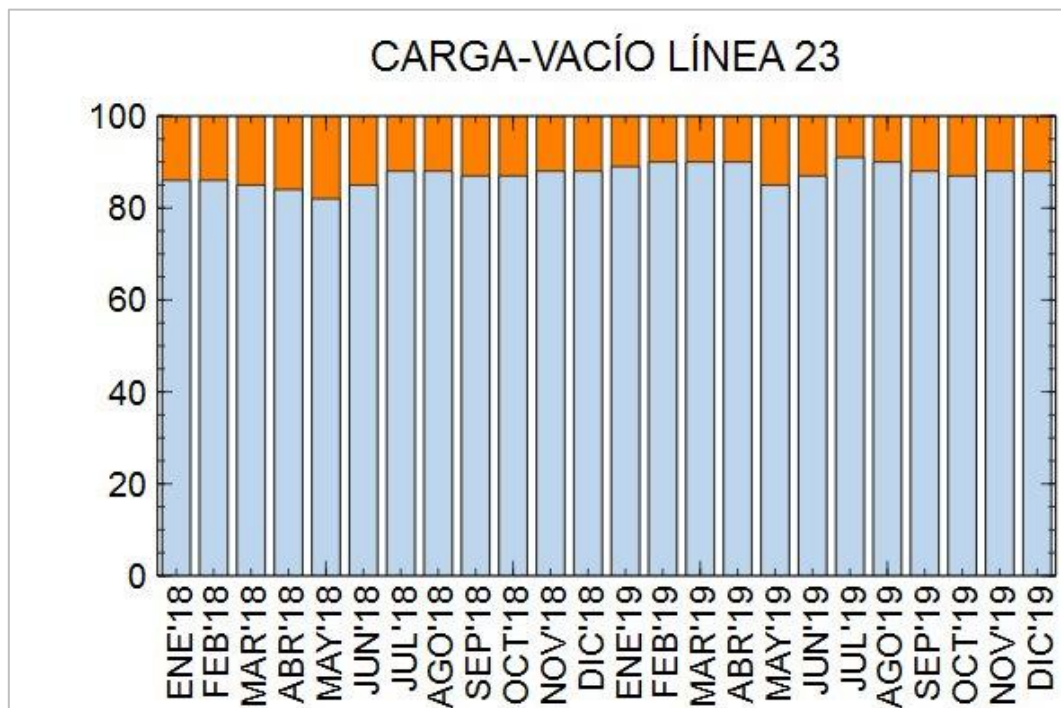


Figura 80. Porcentaje carga-vacío de la línea 23
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 26: Achakar – Castilla

La línea 26 transporta 24.550 viajeros mensuales, con un ratio de captación de 35 viajeros por vehículo y un porcentaje de kilómetros en vacío del 8%, lo que la convierte en la quinta línea menos utilizada en la red urbana. Además, es particular pues los valores máximos de viajeros transportados se dan en los meses de verano, meses en los cuales el número de autobuses que sirven esta línea se duplica. Tiene una velocidad comercial media de 18,6 km/h, de las más altas de la red.

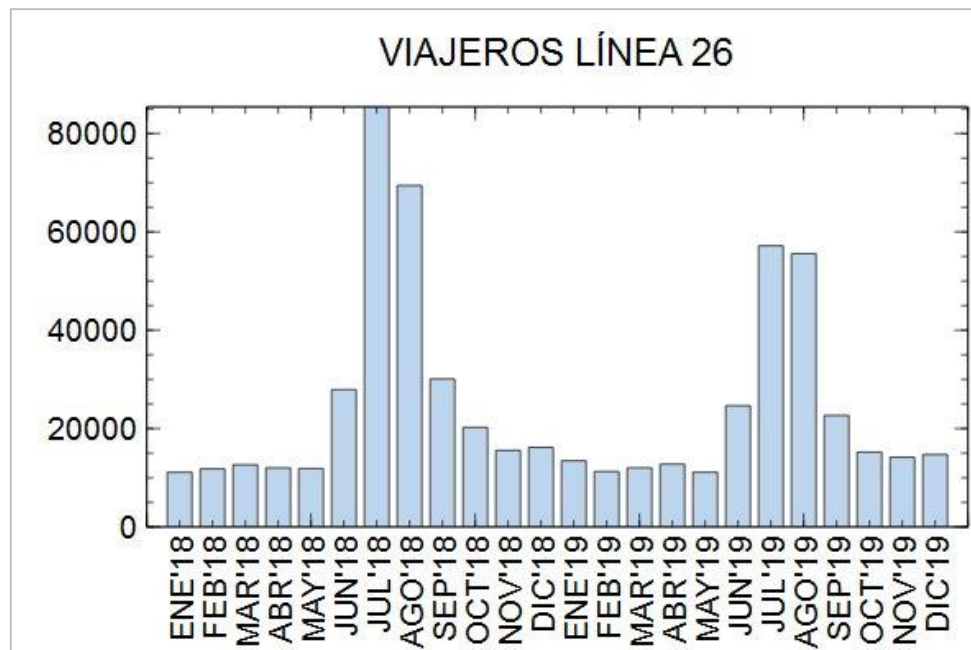


Figura 81. Viajeros de la línea 26
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

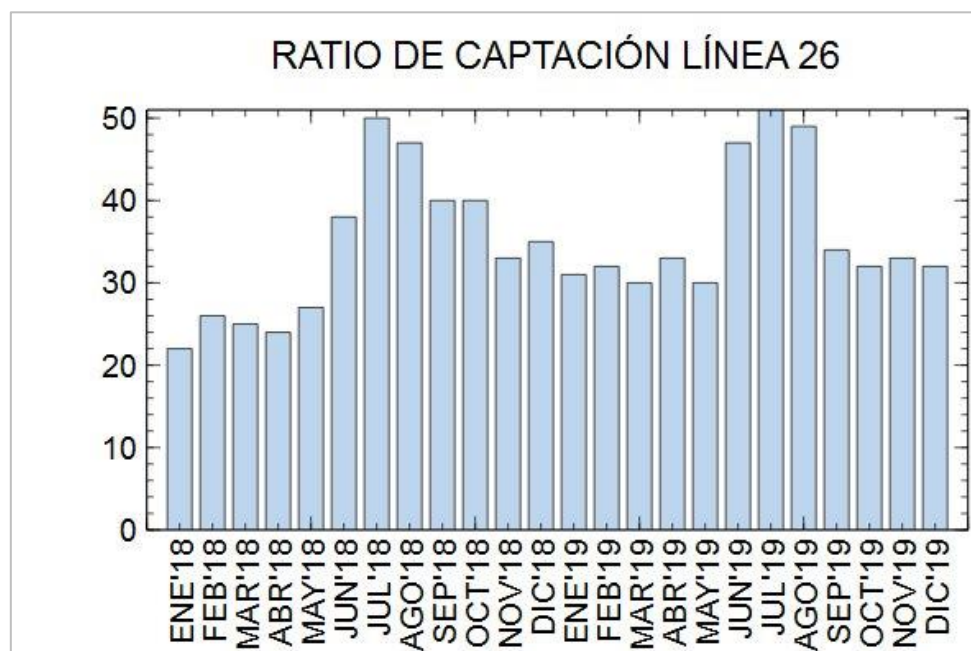


Figura 82. Ratio de captación de la línea 26
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

3.3.2. Líneas regionales

La red de autobuses regionales de Tánger está compuesta por 17 líneas, las cuales conectan el centro urbano de Tánger con las localidades vecinas de menor envergadura.

a) Datos promedio de todas las líneas regionales

Analizando los datos se puede ver que el número medio de viajeros que transportan las líneas regionales oscila entre los 25.000 y los 40.000 viajeros, con una media de aproximadamente 32.400 viajeros.

El ratio de captación medio de las líneas regionales es de 39 viajeros por vehículo, con una tendencia ascendente hacia el final del 2019. El porcentaje de kilómetros en vacío de las líneas regionales de Tánger es del 9%, haciendo un 91% de los kilómetros con carga, un valor bastante alto.

Comparando estos datos con las líneas urbanas se observa que las líneas regionales son mucho menos utilizadas que las urbanas, con una diferencia de unos 100.000 viajeros mensuales

Por otra parte, los ratios de captación no presentan una diferencia muy grande, variando en tan sólo seis puntos, lo que refleja que la dotación que se destina a las líneas urbanas es mayor a la que se destina a las líneas regionales.

Por último, el porcentaje de kilómetros con carga sólo es un punto menor en las líneas regionales, lo que deja ver que el servicio es bastante óptimo.

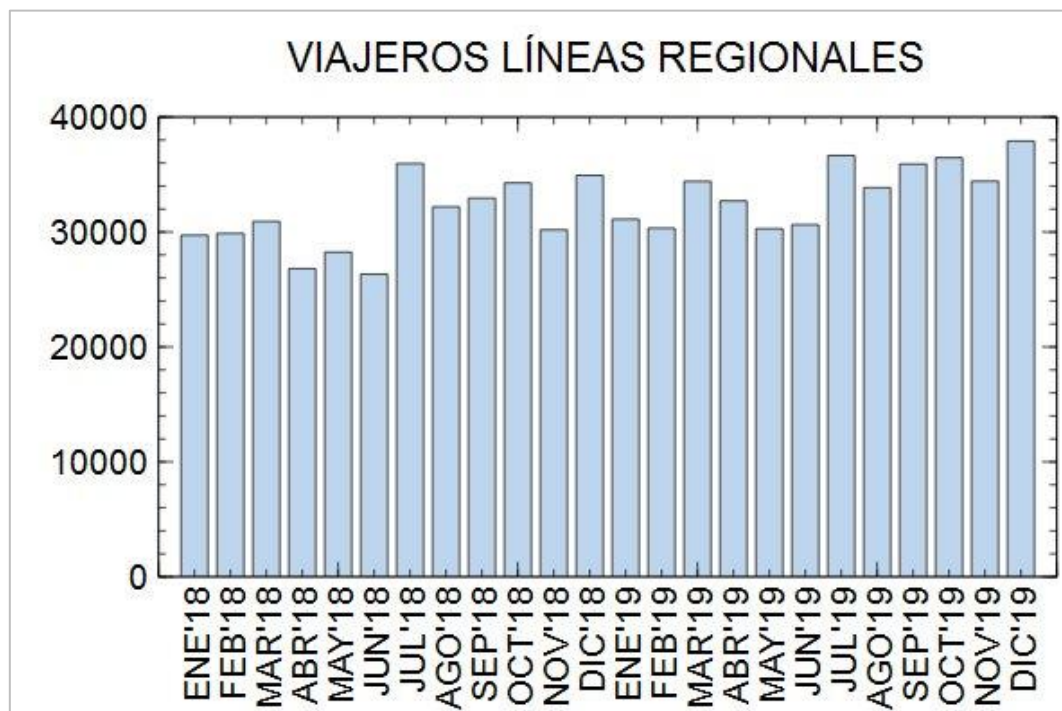


Figura 83. Promedio de viajeros de las líneas regionales
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

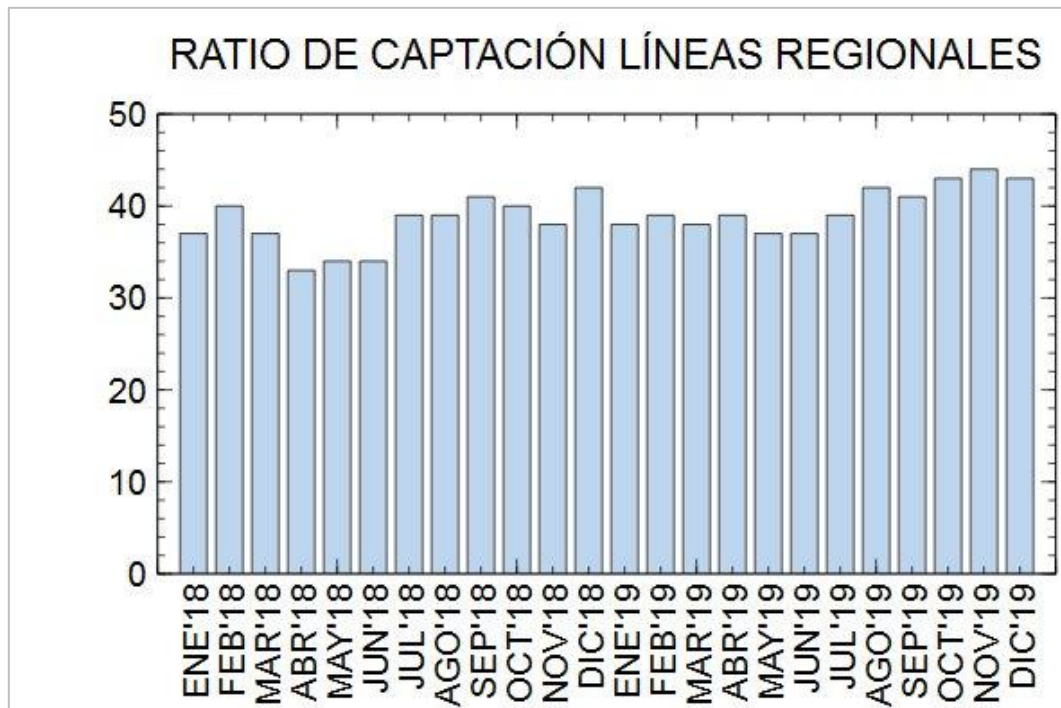


Figura 84. Ratio de captación medio de las líneas regionales
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

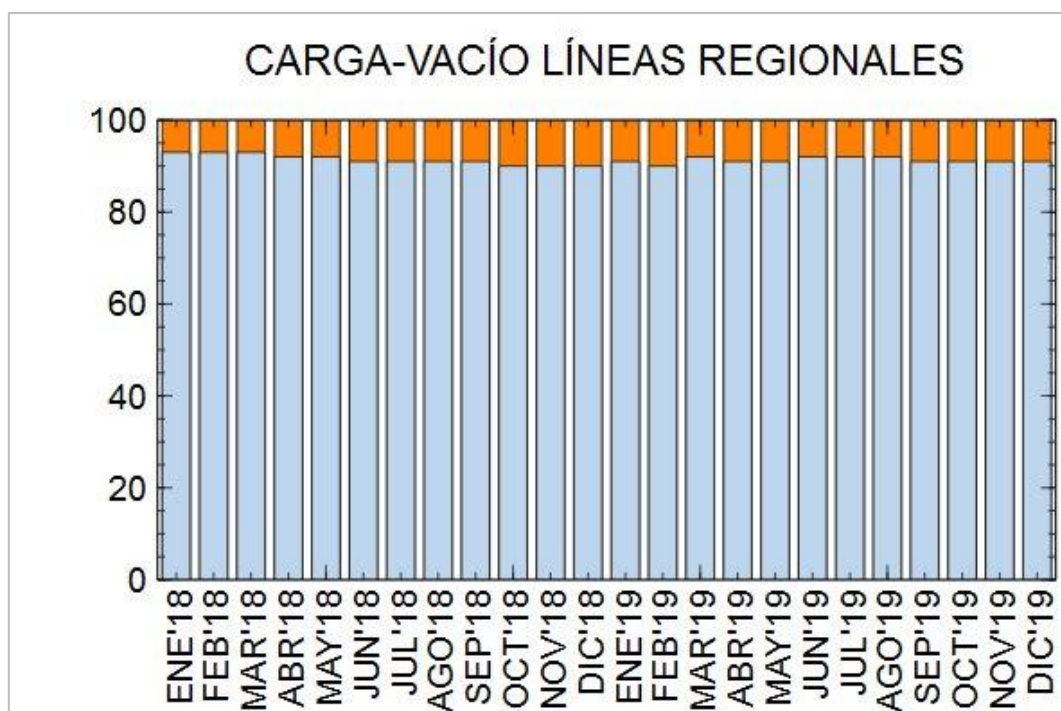


Figura 85. Porcentaje carga-vacío de las líneas regionales
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

b) Datos promedio de cada línea regional

Línea I1: Sidi Hssain – Casabarata

La línea I1 transporta 14.845 viajeros mensuales, tiene una tendencia estacionaria, reduciendo los viajeros en los meses de mayo y junio, y con máximos en los meses de invierno. Tiene un ratio de captación de 38, muy próximo a la media, un porcentaje de kilómetros en vacío del 10%, próximo al límite superior del rango aceptable, y una velocidad comercial media de 14,8 km/h.

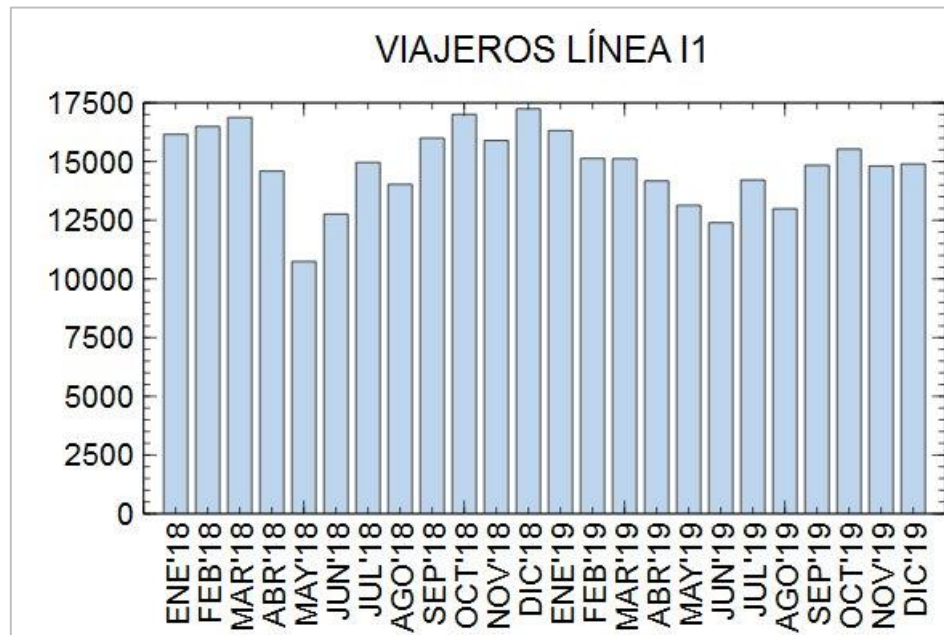


Figura 86. Viajeros de la línea I1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

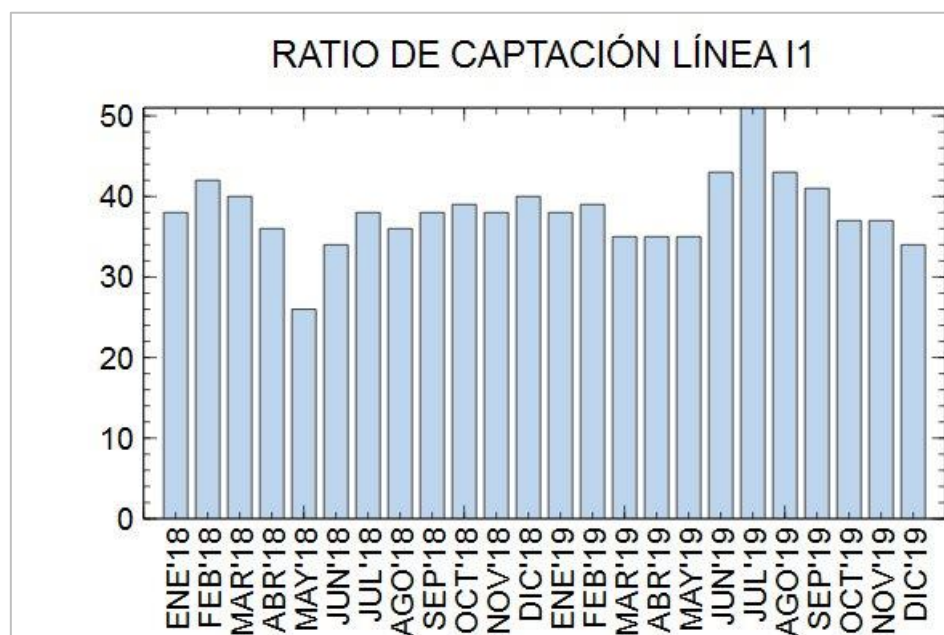


Figura 87. Ratio de captación de la línea I1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I2: Assilah – Castilla

La línea I2, con 90.500 viajeros mensuales, es la segunda línea regional más utilizada. Esto se debe a que es la línea que conecta las comunas urbanas de Tánger y Assilah, las más importantes de la Prefectura. Su ratio de captación se sitúa en 51 viajeros por vehículo, con un 6% de los kilómetros con vacío. Se ha mantenido estable durante los dos años estudiados, con una tendencia ascendente hacia el final de 2019. Tiene una velocidad comercial media de 34,2 km/h, de las más altas de la red de autobuses.

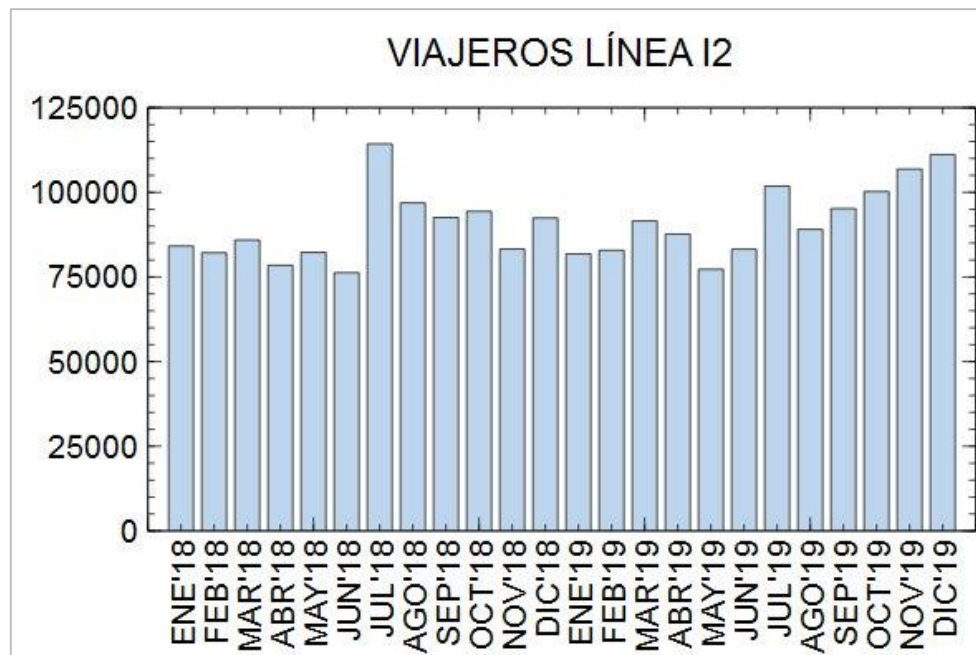


Figura 88. Viajeros de la línea I2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

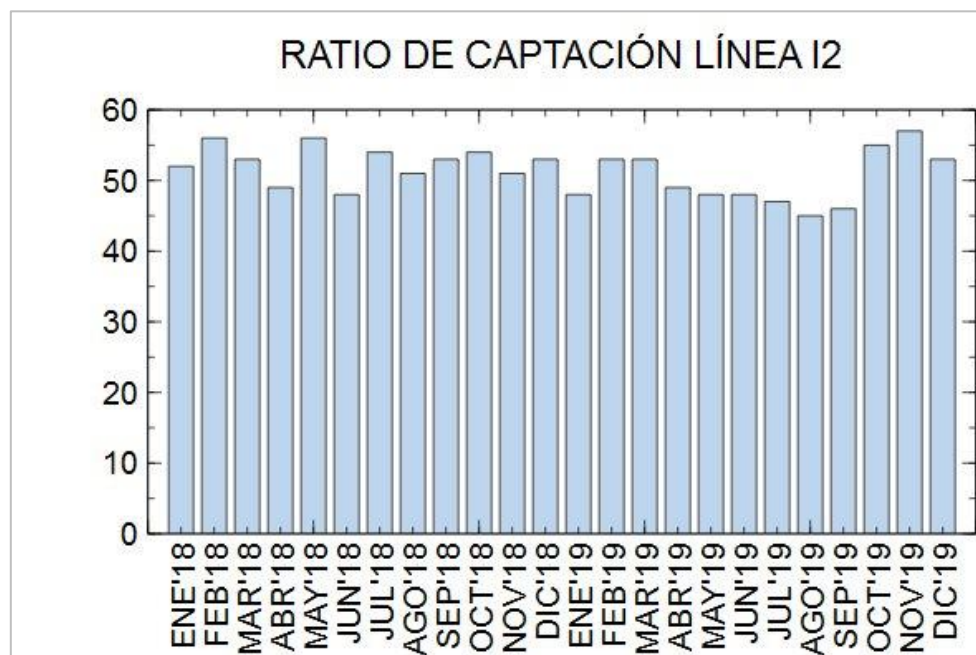


Figura 89. Ratio de captación de la línea I2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I3: Puerto Tánger Med – Estación de ferrocarril

La línea I3, con 54.800 viajeros mensuales, es la tercera línea regional más utilizada. Esta alta utilización se debe a que es la línea que conecta la ciudad de Tánger con el Puerto Tánger Med, el más importante de la Prefectura. Este tipo de conexión hace que el uso de esta línea se dispare en los meses de verano, cuando la llegada de barcos aumenta. El ratio de captación de esta línea se sitúa en 44 viajeros por vehículo con un 8% de los kilómetros en vacío, ambos muy buenos valores en comparación a la media. Por último, tiene una velocidad comercial media de 35,6 km/h, la más alta de la red.

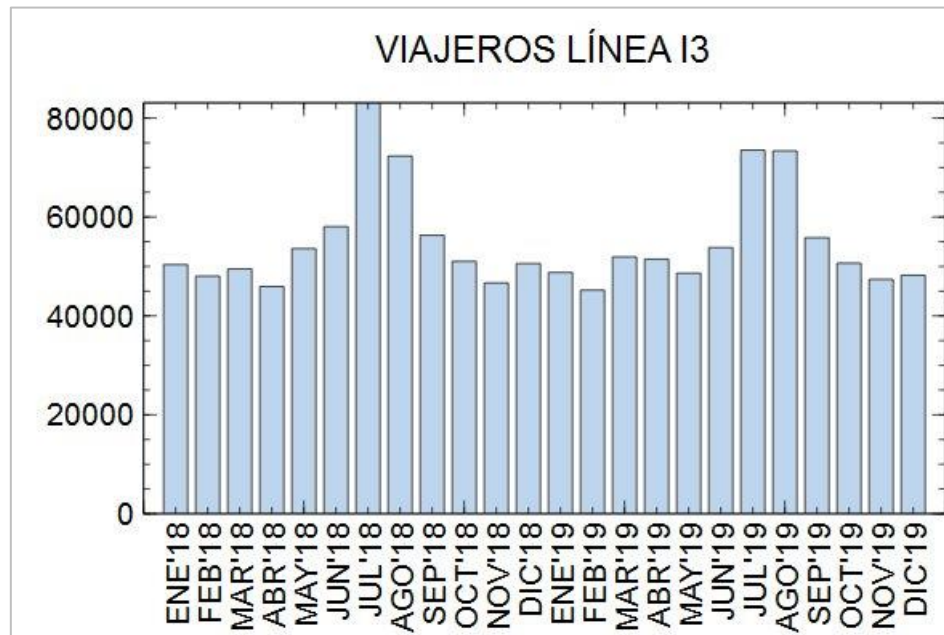


Figura 90. Viajeros de la línea I3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

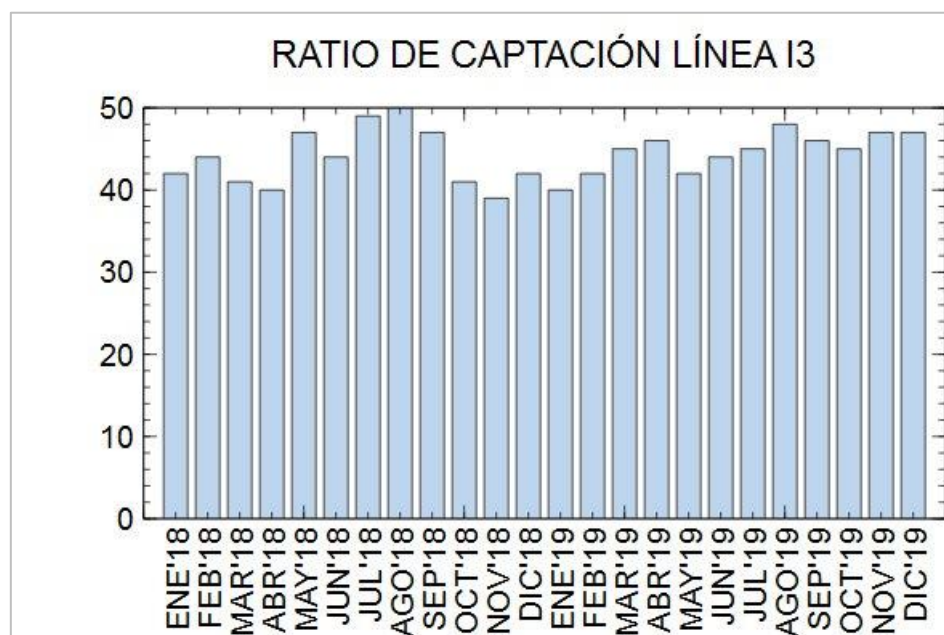


Figura 91. Ratio de captación de la línea I3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I4: Dar Chaoui – Estación de ferrocarril

La línea I4 tiene una media de 13.000 viajeros al mes, con una distribución bastante uniforme, con valores entre los 11.300 y los 14.800 viajeros mensuales. Tiene una velocidad comercial media de 28,1 km/h, próxima a la media de esta tipología.

Analizando el ratio de captación de la línea se puede observar que los valores también han sido bastante estables en los dos años analizados, con 39 viajeros por vehículo de media, igual al valor promedio de esta tipología. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío de la línea ronda el 12%, un valor considerablemente alto que deberá estudiarse más a profundidad. Analizando la serie, se observa que al comienzo del 2018 sólo se hacían un 4% de los kilómetros en vacío, ascendiendo hasta el 17% en los meses de verano y otoño de 2019.

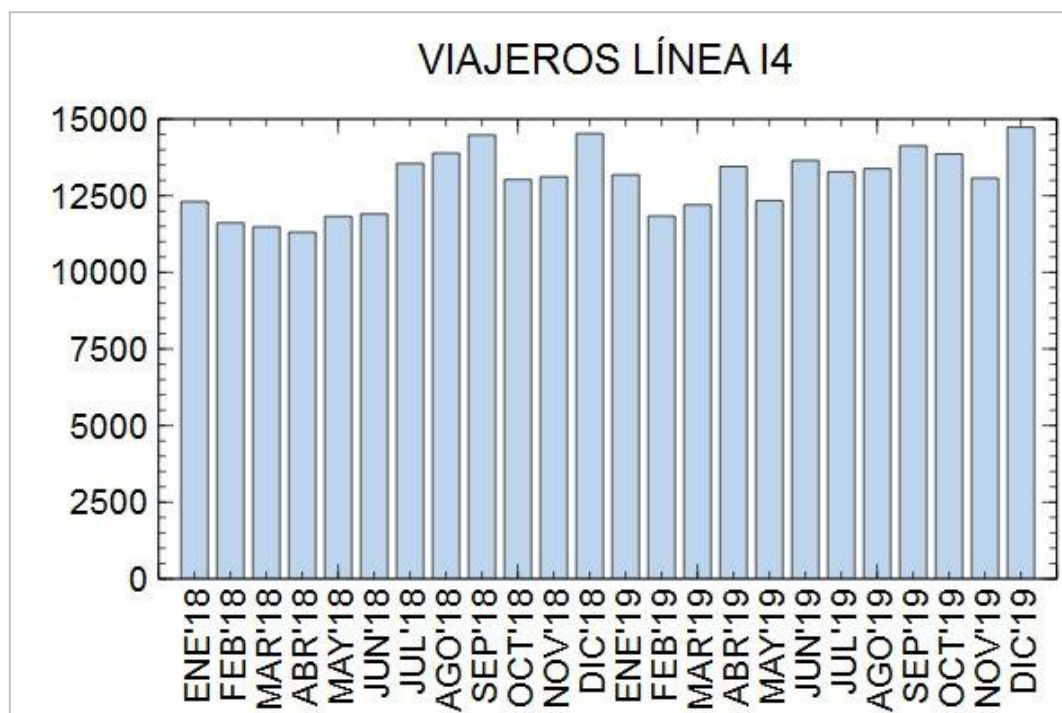


Figura 92. Viajeros de la línea I4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

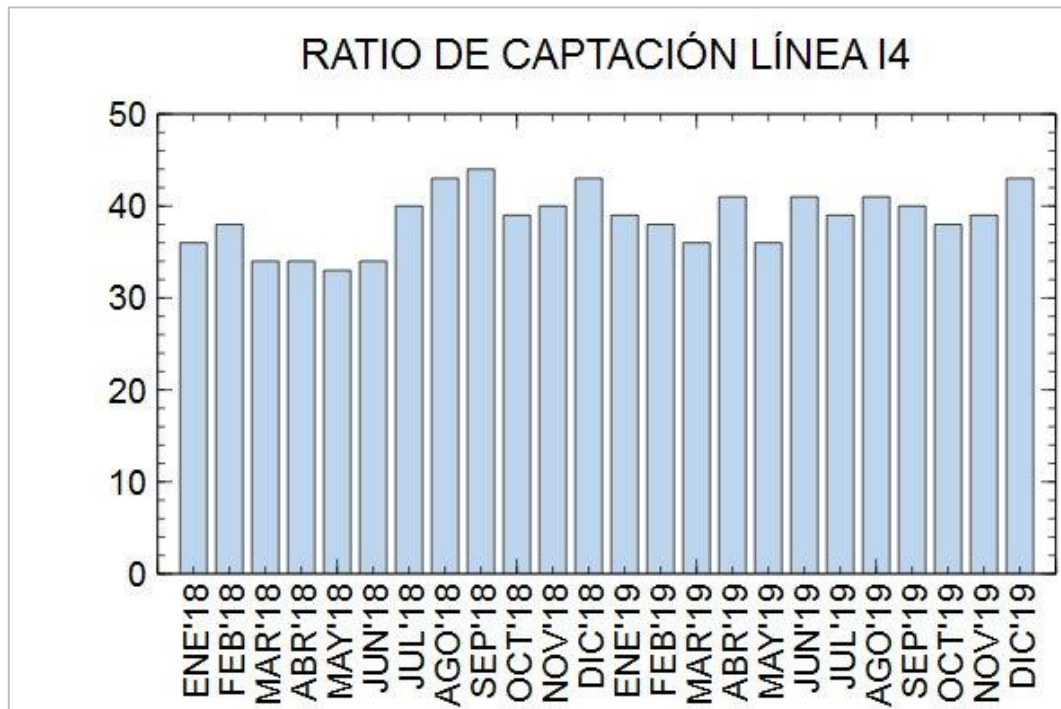


Figura 93. Ratio de captación de la línea I4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

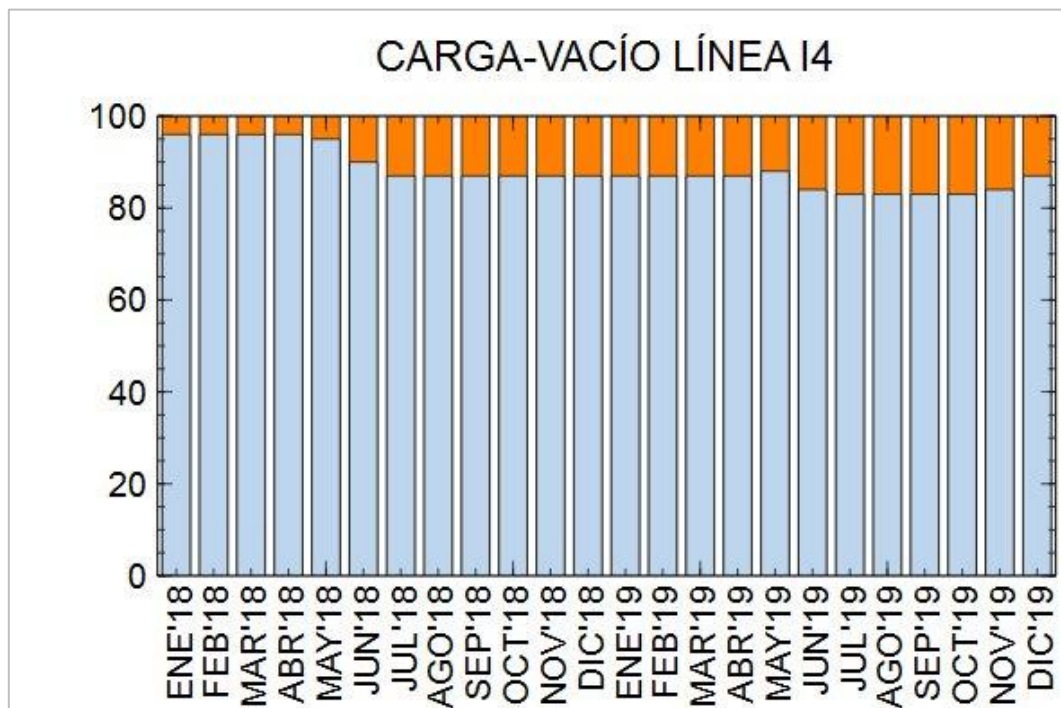


Figura 94. Porcentaje carga-vacío de la línea I4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I5: Nouinouich – Sidi Bouabid

La línea I5 tiene una media de 39.150 viajeros al mes, con una distribución bastante estacional, aumentando los viajeros en los meses de verano. Tiene una velocidad comercial media de 14,9 km/h, muy por debajo de la media, rondando la velocidad comercial media de las líneas urbanas.

Analizando el ratio de captación de la línea se puede observar que los valores han sido bastante estables en los dos años, con 43 viajeros por vehículo de media, por encima del promedio de esta tipología. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío de la línea ronda el 13%, un valor considerablemente alto que deberá estudiarse más a profundidad.

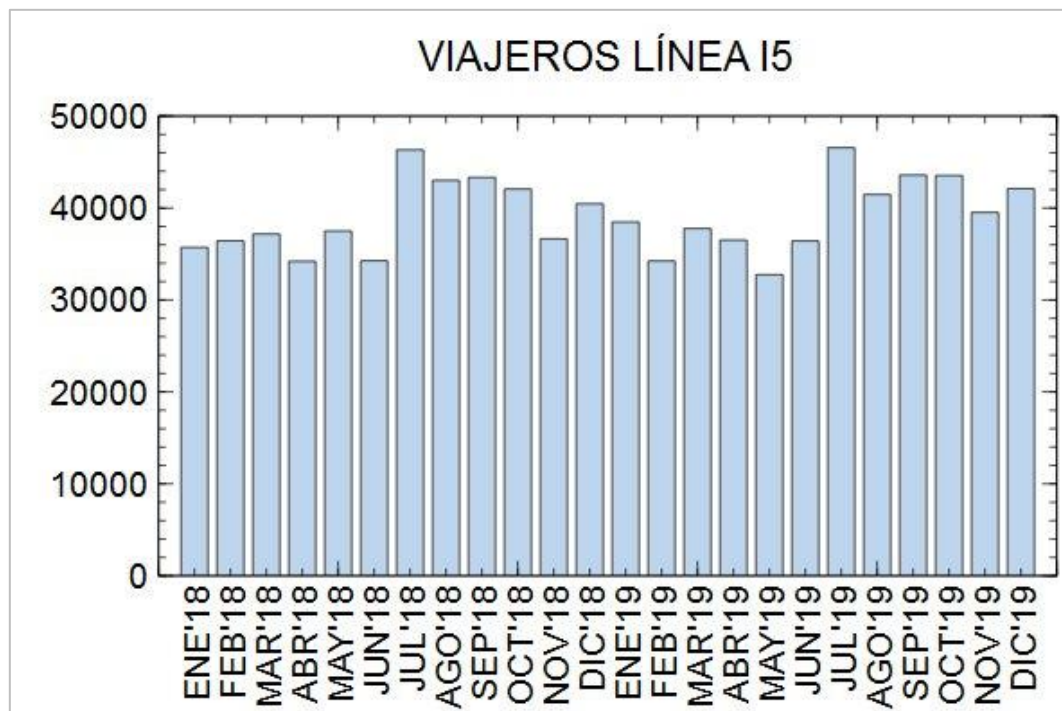


Figura 95. Viajeros de la línea I5
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

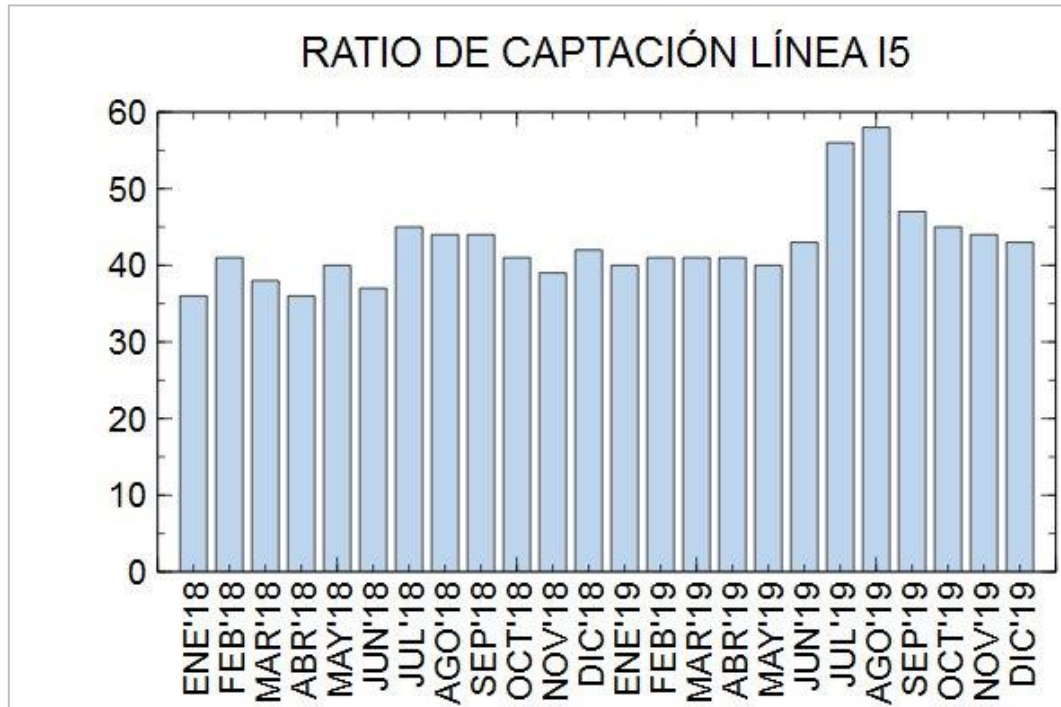


Figura 96. Ratio de captación de la línea I5
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

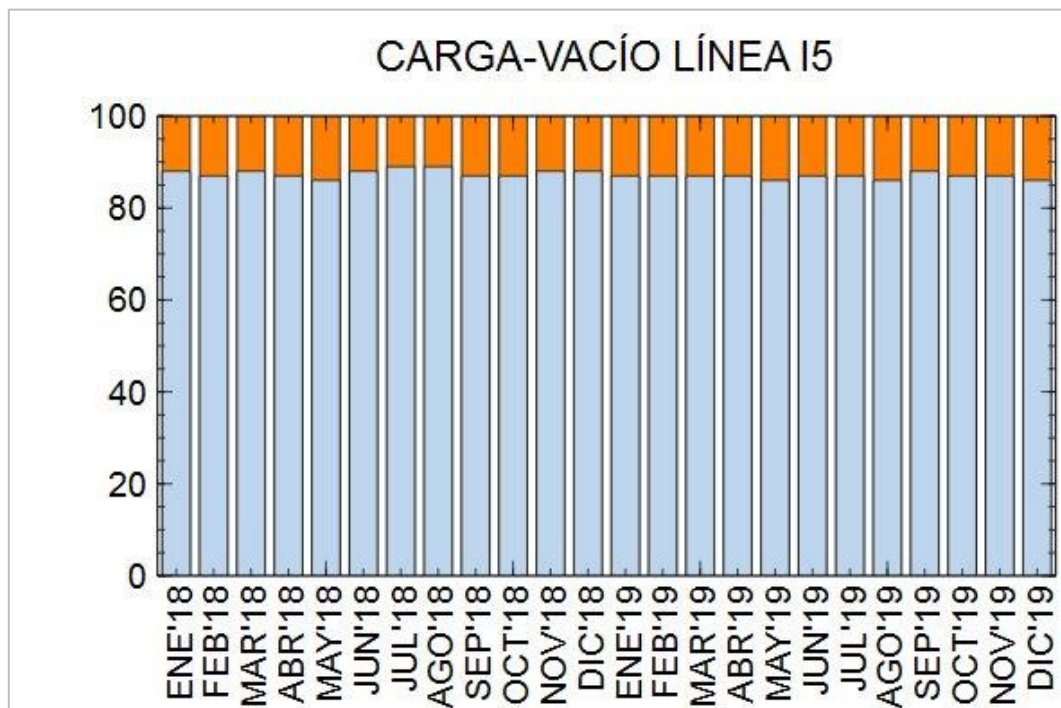


Figura 97. Porcentaje carga-vacío de la línea I5
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I6: Daymous – Castilla

Esta línea tiene una media de 14.120 viajeros al mes, siendo los meses de abril y mayo los que menos pasajeros la usan. Su velocidad comercial media es de 15,6 km/h, la mitad del valor promedio, situándose en el entorno de las velocidad comercial media de las líneas urbanas. Tiene un ratio de captación medio de 28, de los más bajos de la red, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 8%, por debajo de la media y dentro del rango aceptable.

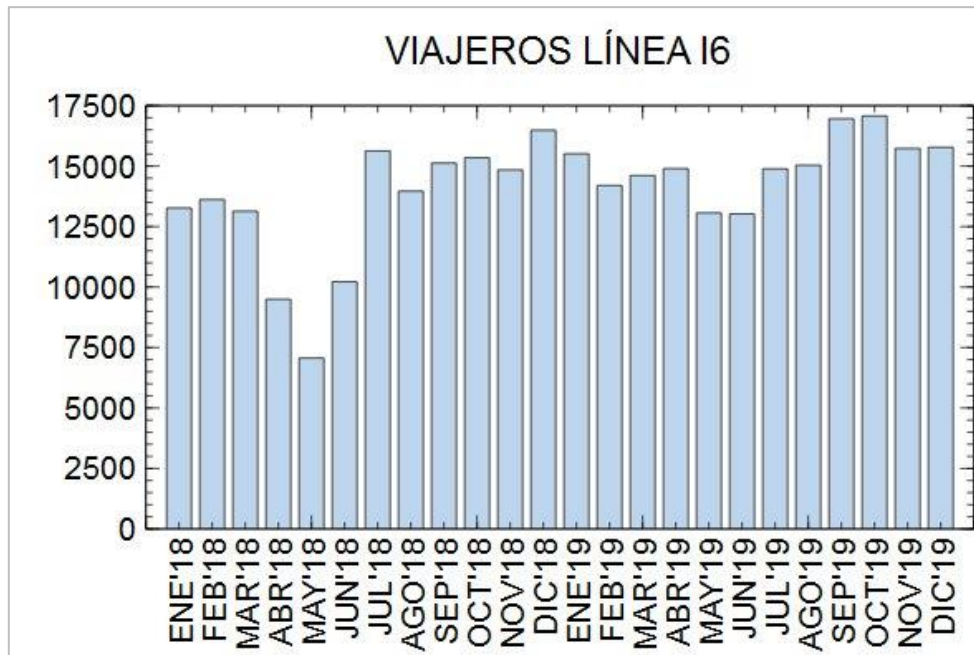


Figura 98. Viajeros de la línea I6
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

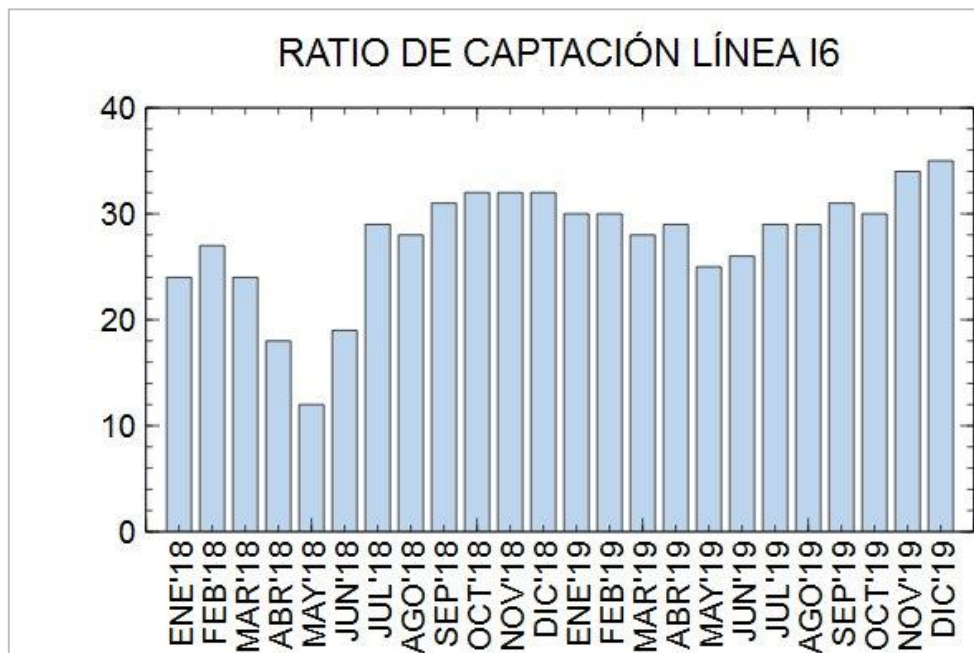


Figura 99. Ratio de captación de la línea I6
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I7: Beni Wassine – Castilla

La línea I7 tiene una media de 5.260 viajeros al mes, siendo la línea menos utilizada de la red regional. Tiene una distribución muy variable, con una tendencia ascendente abrupta a finales de 2019. Tiene una velocidad comercial media de 15,6 km/h, muy por debajo de la media de esta tipología, estando más próxima a la velocidad comercial media de las líneas urbanas.

Analizando el ratio de captación de la línea, con 11 viajeros por vehículo de media, el más bajo de la red regional, se puede observar que los valores siguen la tendencia de los viajeros, los que refleja un poco adaptación de la flota a la demanda. Además, el porcentaje de kilómetros en vacío de la red ronda el 14%, el más alto también de la red regional, el cual se deberá estudiar más a profundidad.

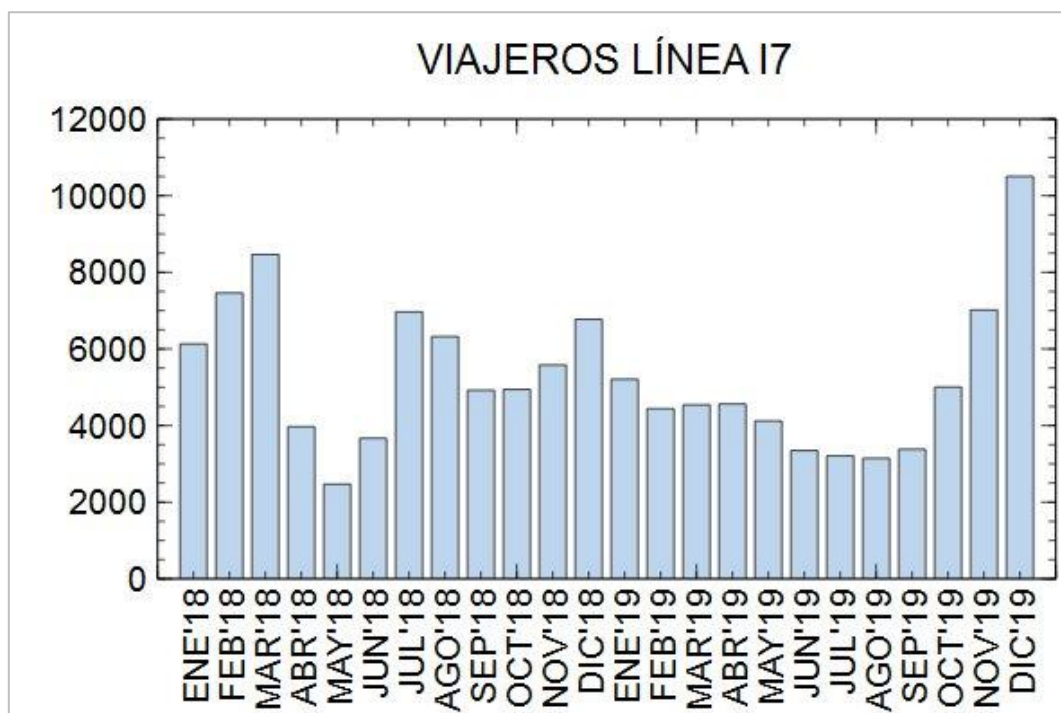


Figura 100. Viajeros de la línea I7
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

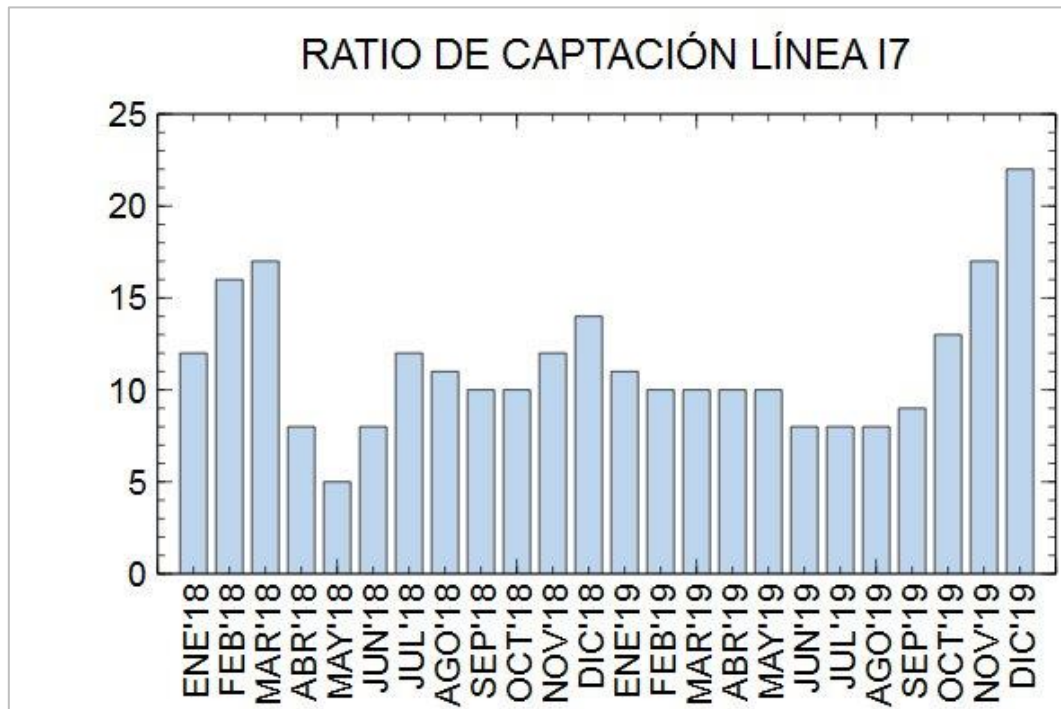


Figura 101. Ratio de captación de la línea I7
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

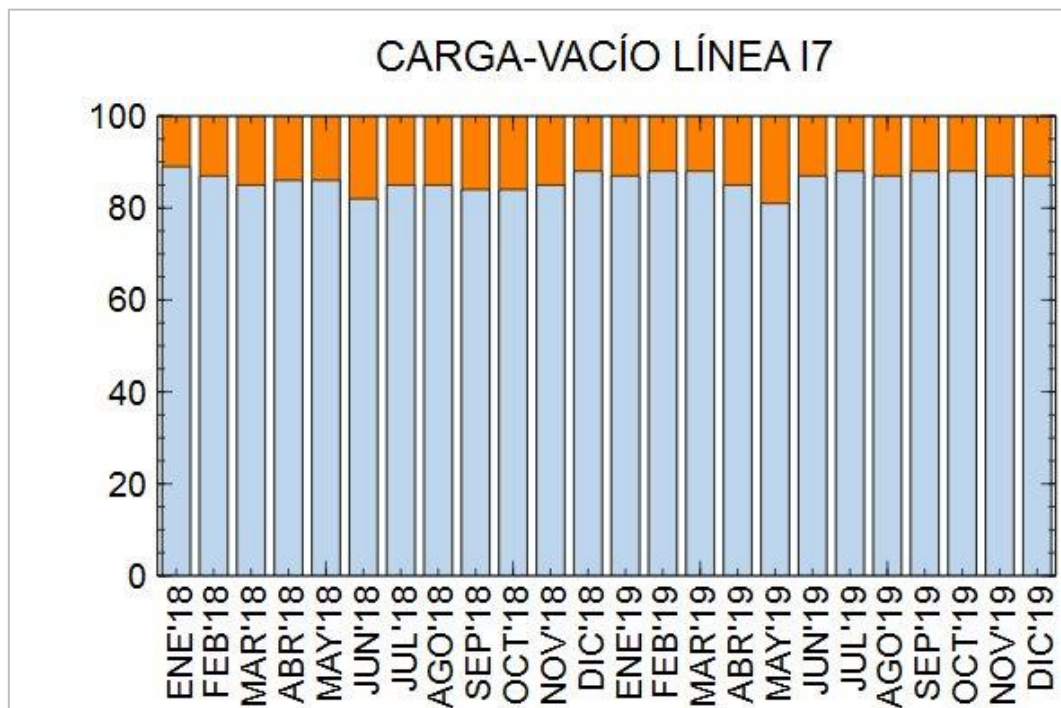


Figura 102. Porcentaje carga-vacío de la línea I7
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I8: Sguedla – Castilla

Esta línea tiene una media de 9.970 viajeros al mes, transportando el mayor número de viajeros en los meses de invierno, con un incremento considerable en noviembre y diciembre de 2019, comparándolos con los mismos meses del año anterior. Es la segunda línea regional menos utilizada, con un ratio de captación de 26 viajeros por vehículo, de los más bajos de la red. Tiene una velocidad comercial media de 27,2 km/h. Cabe destacar que su porcentaje de kilómetros en vacío es del 8%, valor próximo a la media y dentro del rango aceptable.

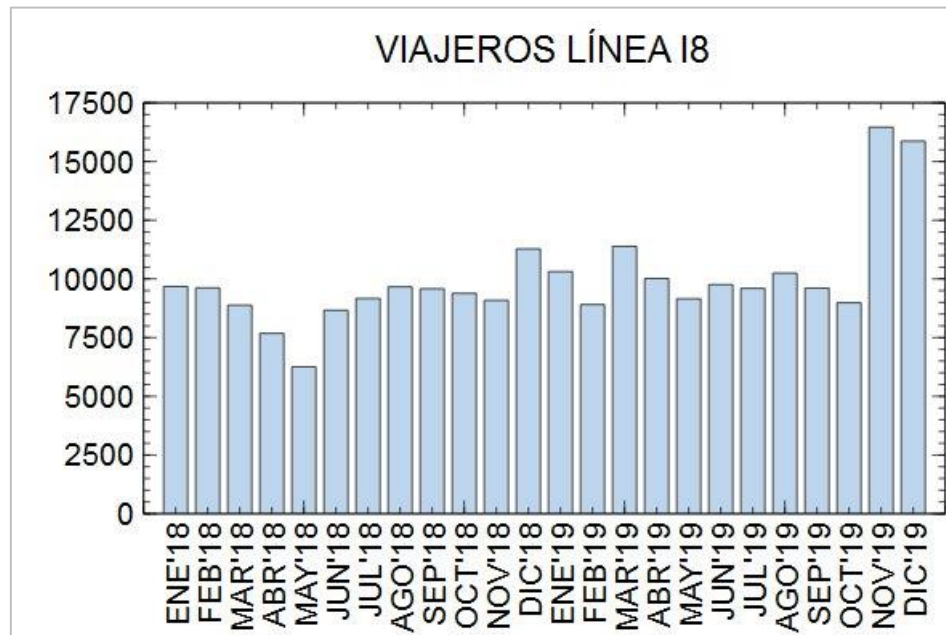


Figura 103. Viajeros de la línea I8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

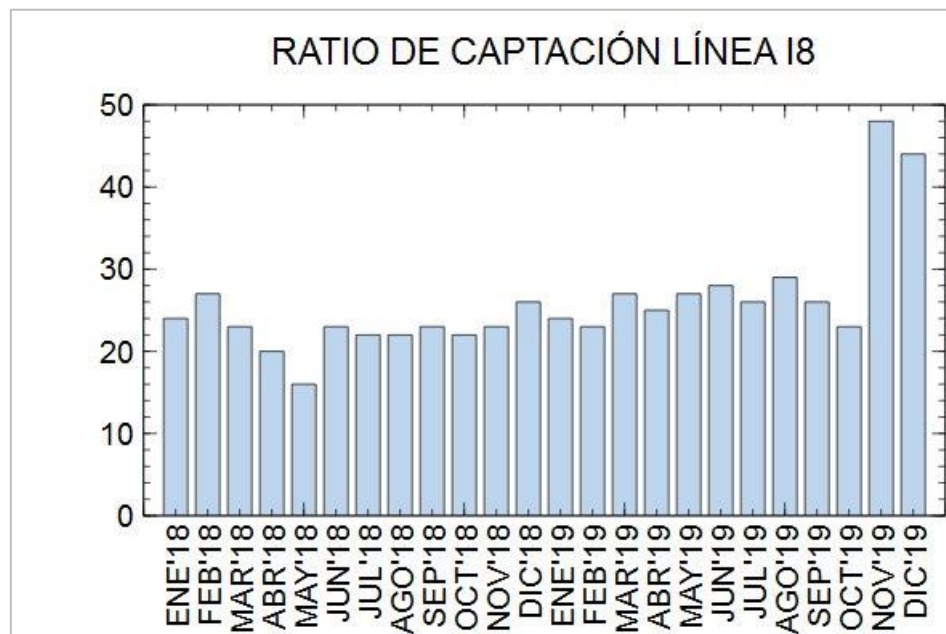


Figura 104. Ratio de captación de la línea I8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I9: Sidi Hssain – Gueznaia – Estación de ferrocarril

La línea I9 tiene una media de 172.700 viajeros al mes, siendo la línea regional más utilizada, y circula a una velocidad comercial media de 20,0 km/h. Esta alta utilización se debe a que es la línea que conecta la comuna urbana de Gueznaia con la Estación de ferrocarril, dando servicio a gran parte de la ciudad. El ratio de captación de esta línea se sitúa en 72 viajeros por vehículo, próximo a la capacidad máxima del vehículo promedio, con un porcentaje de kilómetros en vacío del 7%, valor muy aceptable.

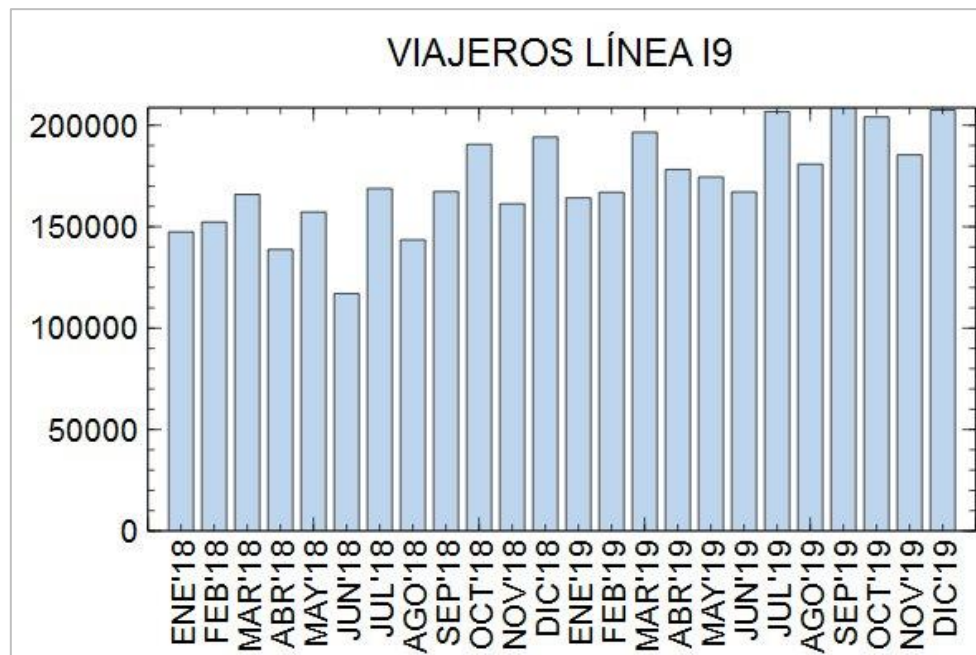


Figura 105. Viajeros de la línea I9
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

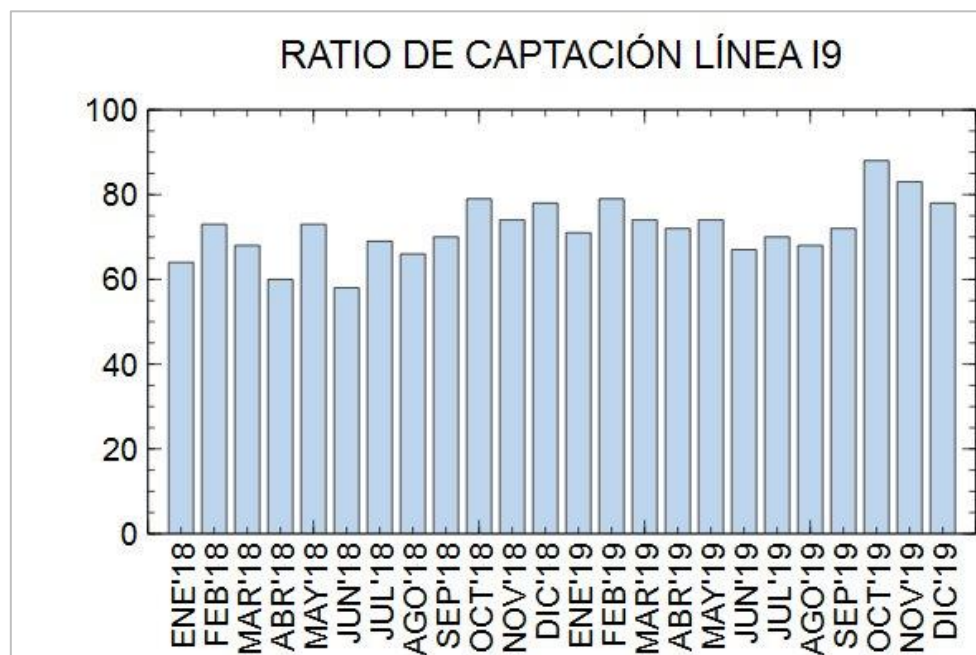


Figura 106. Ratio de captación de la línea I9
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I10: Bougdour – Iberia

La línea I10 tiene una media de 14.350 viajeros al mes con una tendencia estacionaria, reduciendo los viajeros en el mes de junio y con máximos en los meses de invierno. Tiene una velocidad comercial media de 22,4 km/h. Tiene un ratio de captación de 40 viajeros por vehículos, muy próximo a la media, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 10%, situado en el límite superior del rango aceptable.

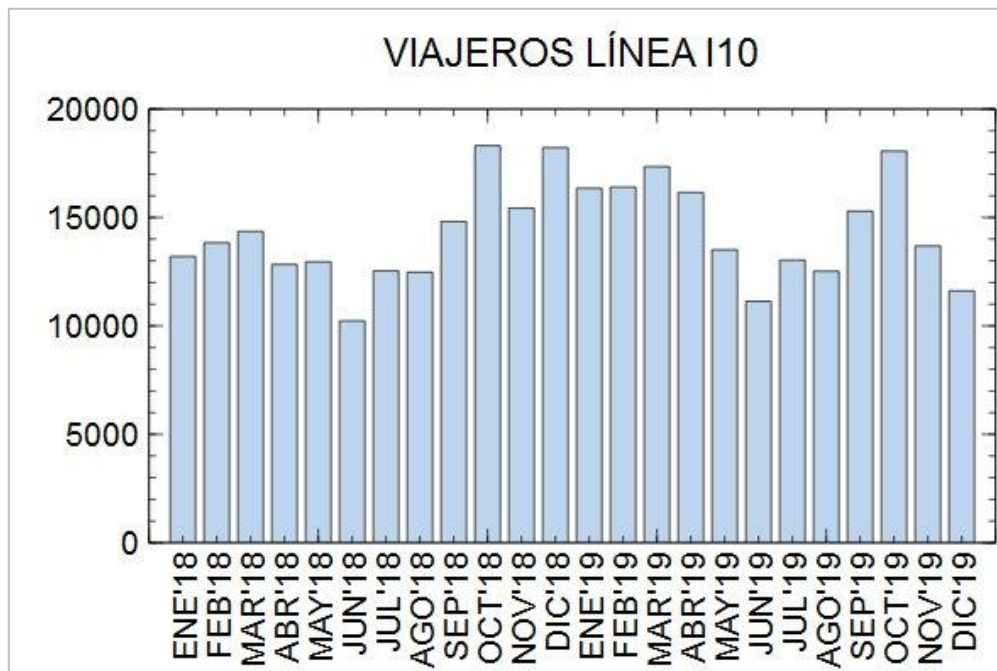


Figura 107. Viajeros de la línea I10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

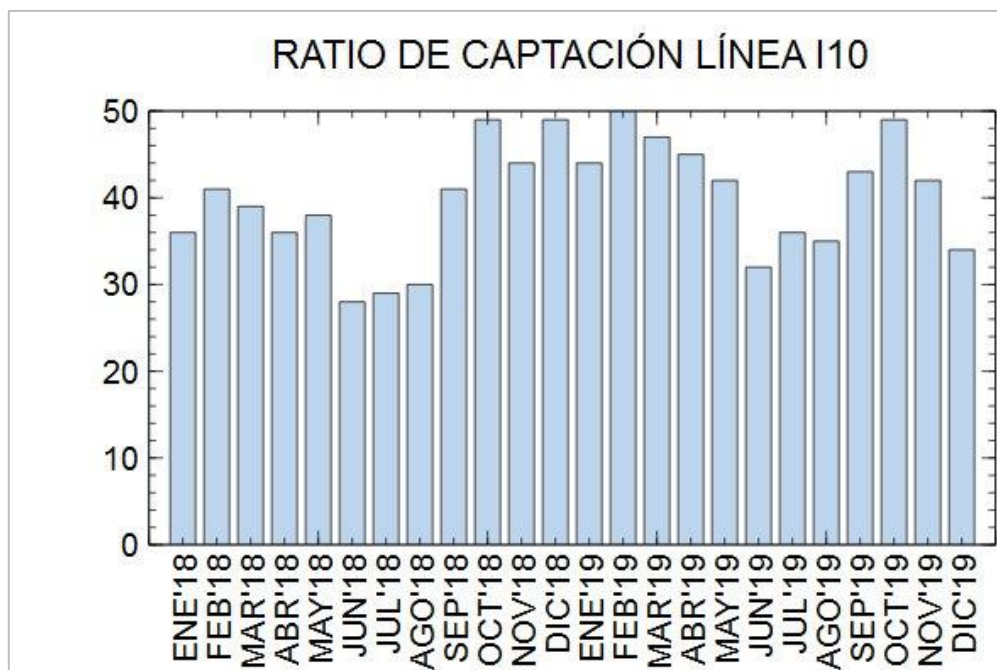


Figura 108. Ratio de captación de la línea I10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I11: Had El Garbia – Sidi Bouabid

La línea I11 tiene una media de 28.800 viajeros al mes, presentando una distribución uniforme en el número de viajeros transportados al mes, siendo el mes de noviembre en el que transporta el menor número de pasajeros. Tiene una velocidad comercial media de 25,9 km/h. Esta línea, es la quinta línea regional más utilizada, con un ratio de captación de 54 viajeros por vehículo, mayor a la media, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 10%, muy próximo a la media.

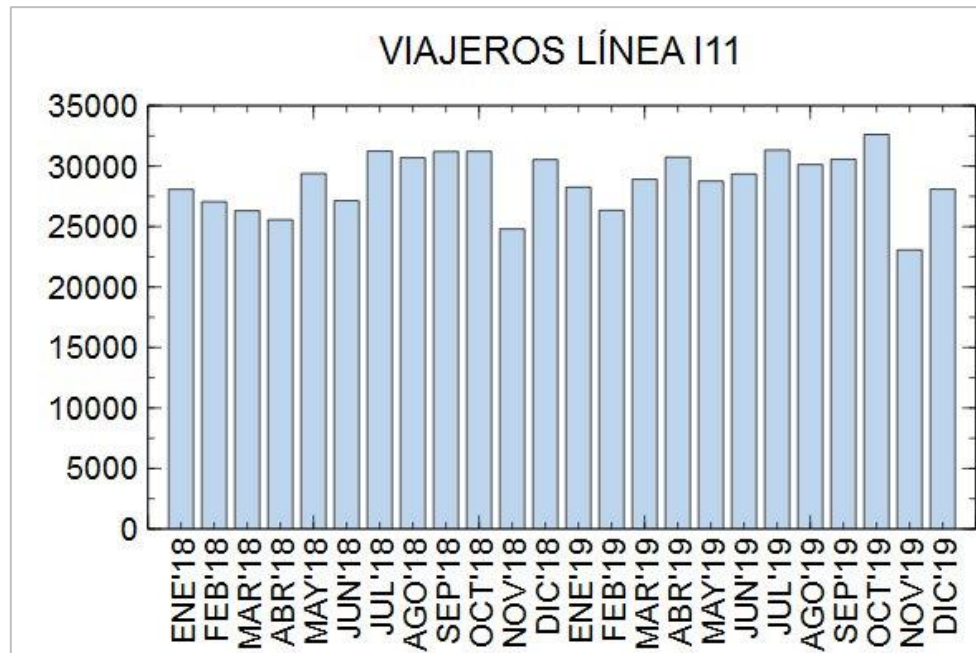


Figura 109. Viajeros de la línea I11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

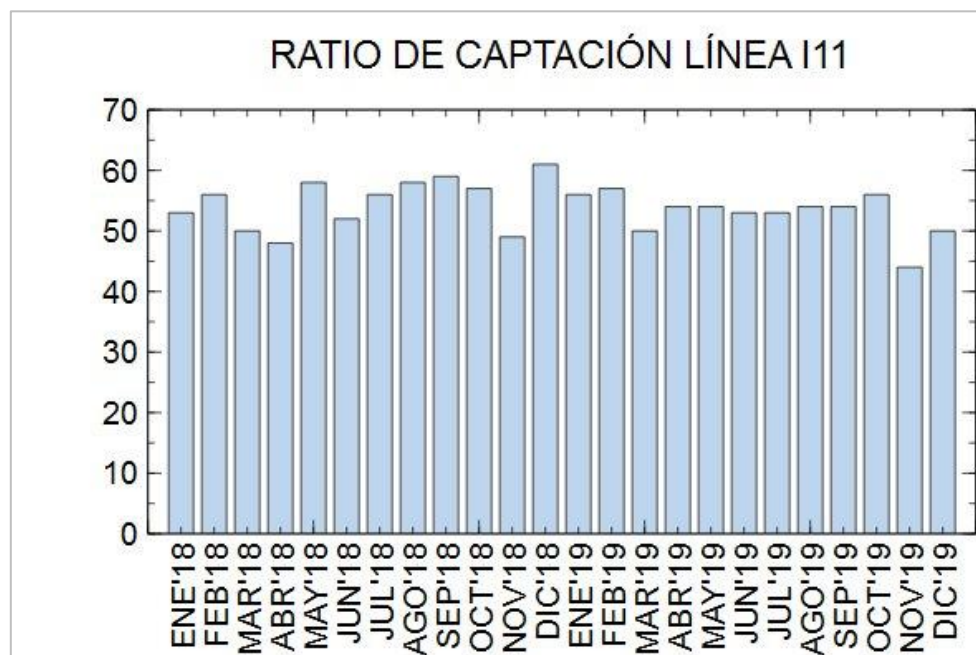


Figura 110. Ratio de captación de la línea I11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I12: Ksar Sghir – Estación de ferrocarril

La línea I12 tiene una media de 13.750 viajeros al mes, transportando el mayor número de viajeros los meses de julio, agosto y septiembre. Tiene una velocidad comercial media de 31,5 km/h, mayor que el resto de las líneas. Esta línea tiene un ratio de captación medio de 31, siendo uno de los más bajos de la red, sin embargo, tiene un porcentaje de kilómetros en vacío de tan solo el 8%, un punto por debajo de la media de esta tipología.

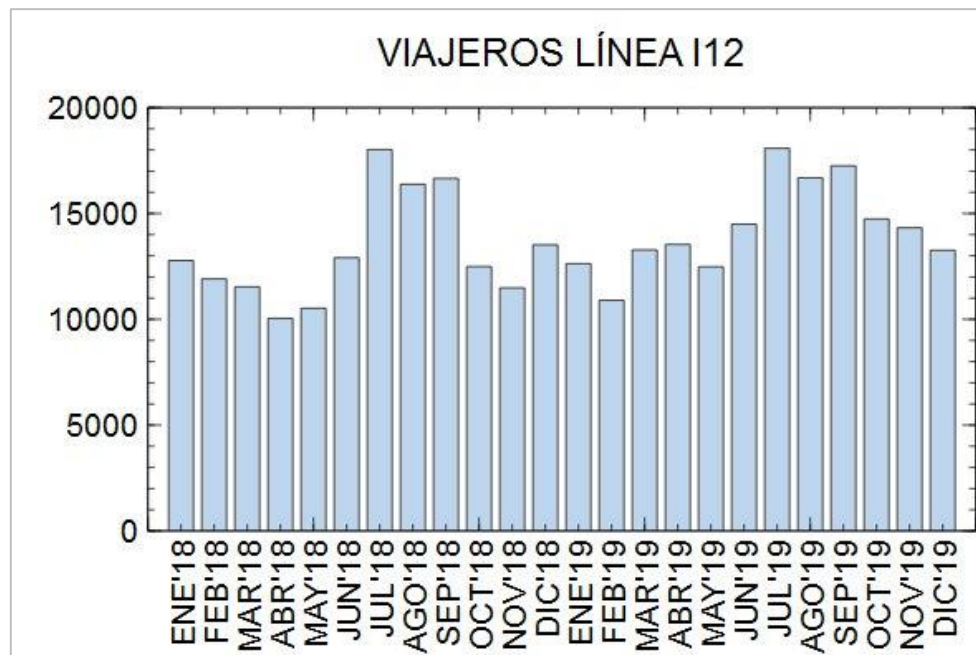


Figura 111. Viajeros de la línea I12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

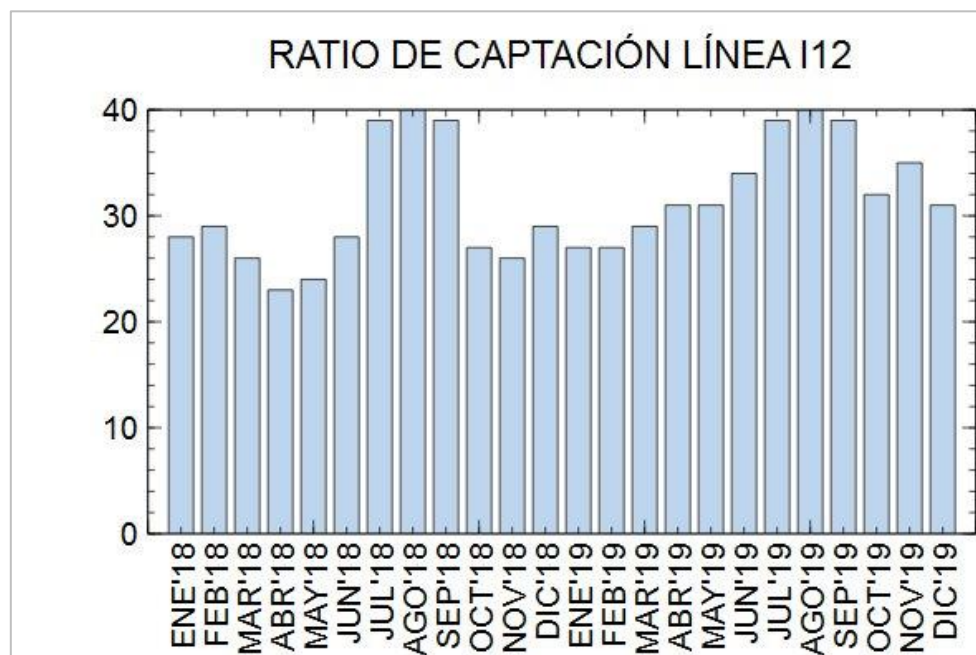


Figura 112. Ratio de captación de la línea I12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I13: Sebt Zinat – Estación de ferrocarril

La línea I13, con poco más de 10.800 viajeros al mes, es la tercera línea menos utilizada de la red regional, transportando el mayor número de viajeros los meses de julio y agosto. Esta línea tiene un ratio de captación de 26 viajeros por vehículo, de los más bajos de la red. Sin embargo, su porcentaje de kilómetros en vacío es del 6%, inferior a la media. Tiene una velocidad comercial media de 21,6 km/h.

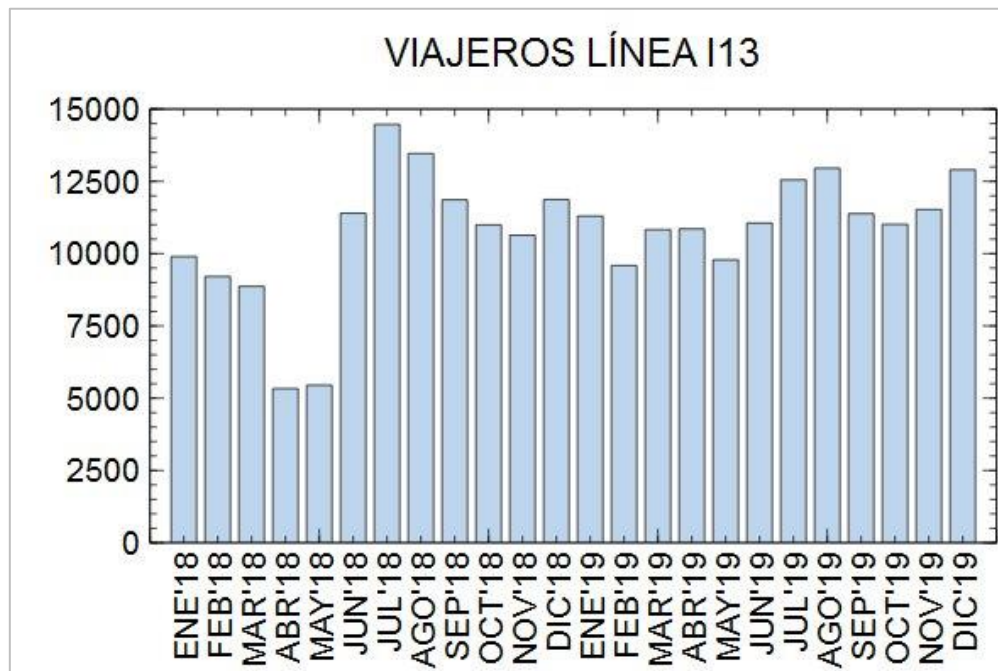


Figura 113. Viajeros de la línea I13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

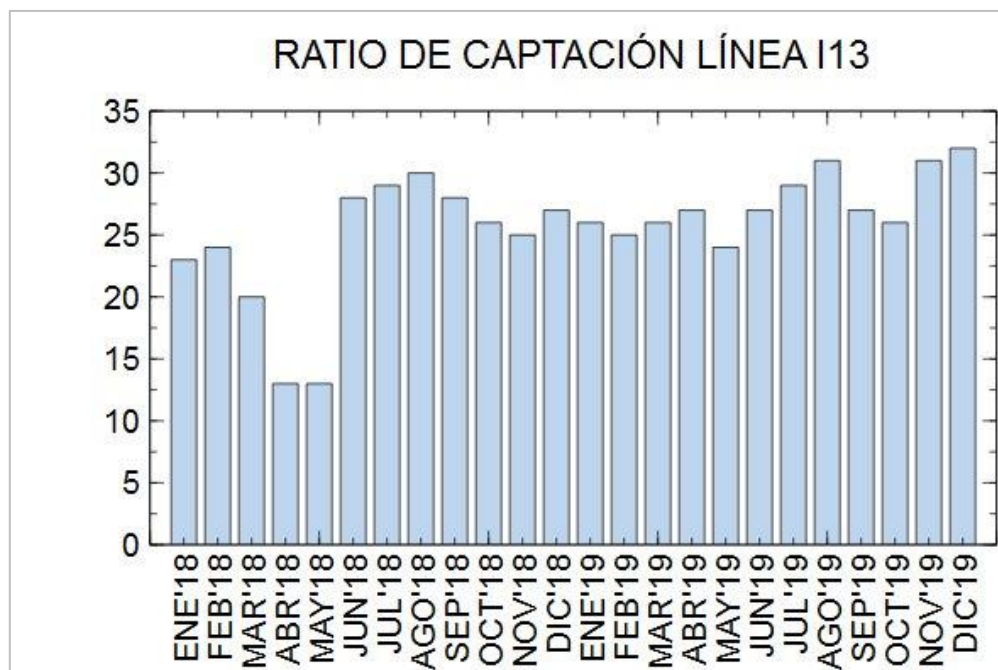


Figura 114. Ratio de captación de la línea I13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I14: Chaouia –Cinema Tarik 2

La línea I14 tiene una media de 24.500 viajeros al mes, es la sexta línea regional más utilizada con un ratio de captación de 45 viajeros por vehículo, mayor a la media, y cuyo porcentaje de kilómetros en vacío es del 10%, muy próximo a la media. En la distribución de viajeros, destaca el gran descenso en verano de 2019, con un valor mínimo de 16.950 viajeros en agosto de ese año. Tiene una velocidad comercial media de 19,3 km/h.

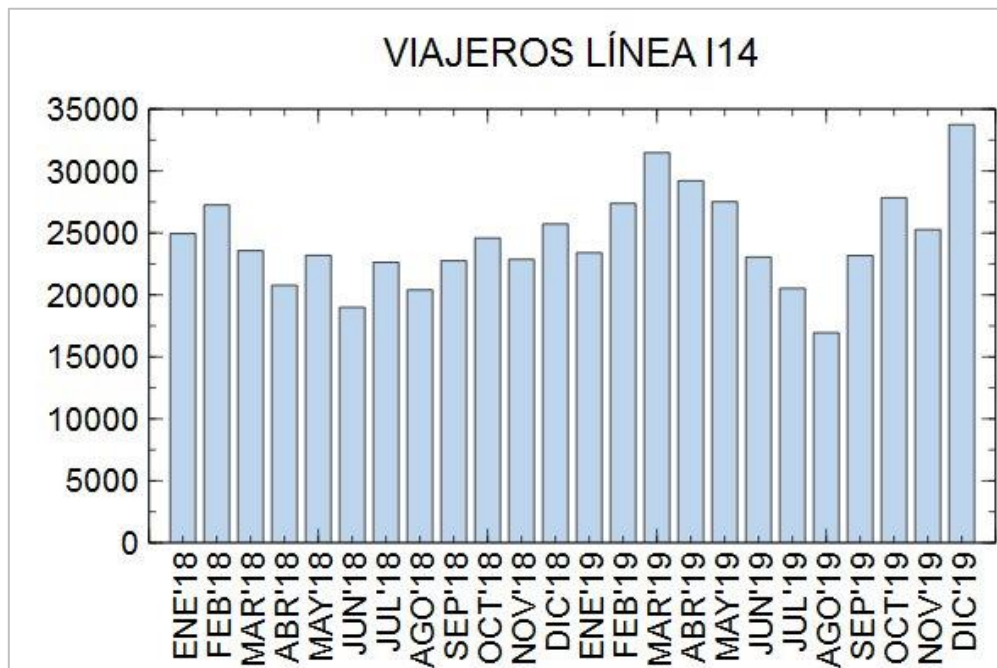


Figura 115. Viajeros de la línea I14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

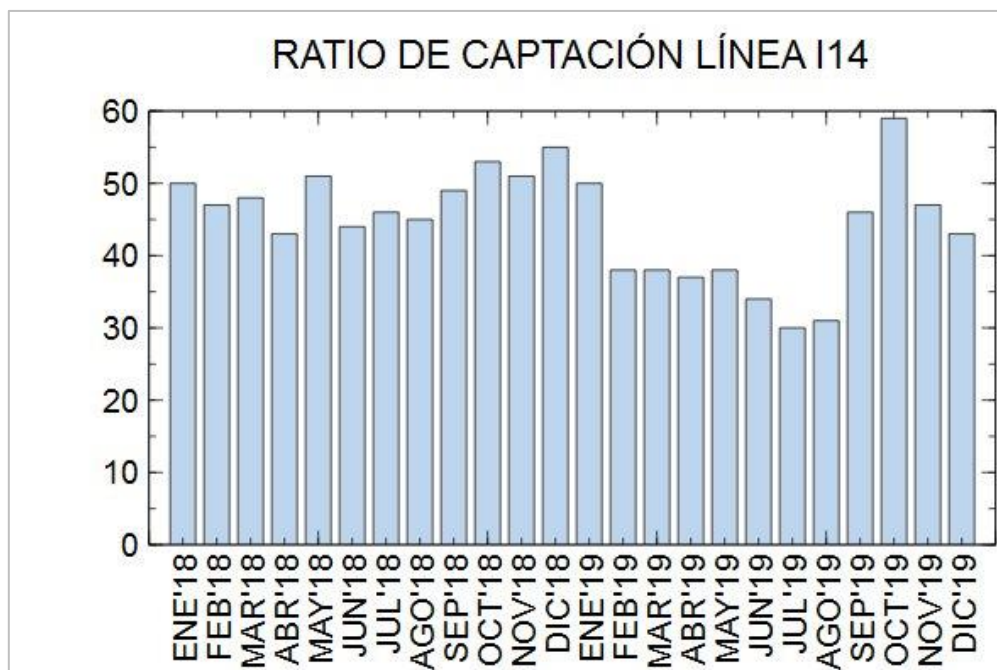


Figura 116. Ratio de captación de la línea I14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I15: Sidi Al Yamani – Assilah

La línea I15 transporta una media de 13.750 viajeros al mes, registrando un mayor número de viajeros en los meses de octubre y diciembre, y circula con una velocidad comercial media de 23,5 km/h. Esta línea tiene un ratio de captación medio de 28, de los más bajos de la red, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 7%, inferior a la media y dentro del rango aceptable.

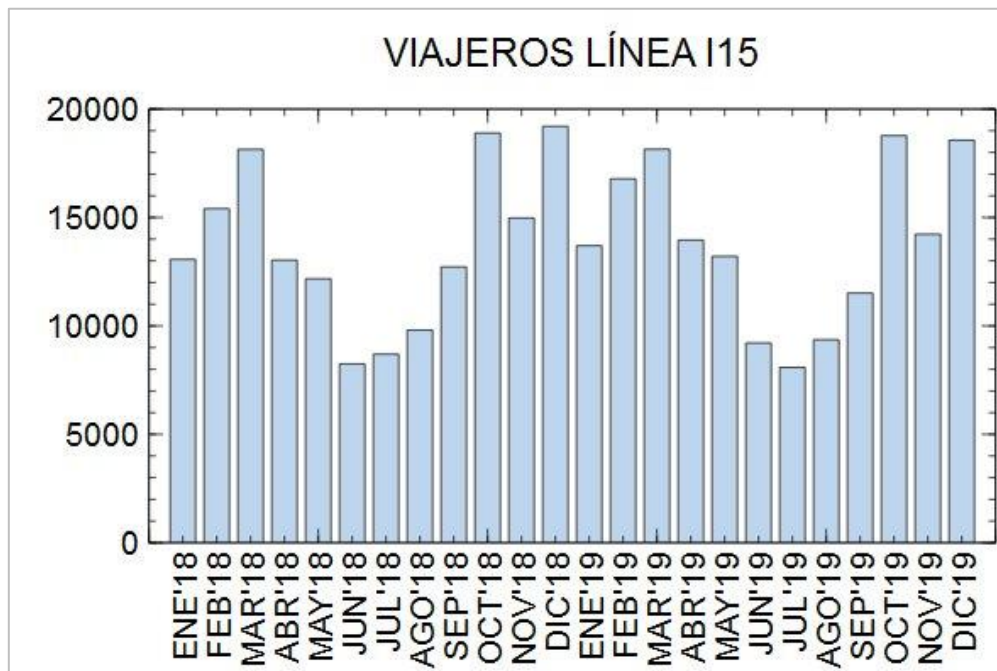


Figura 117. Viajeros de la línea I15
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

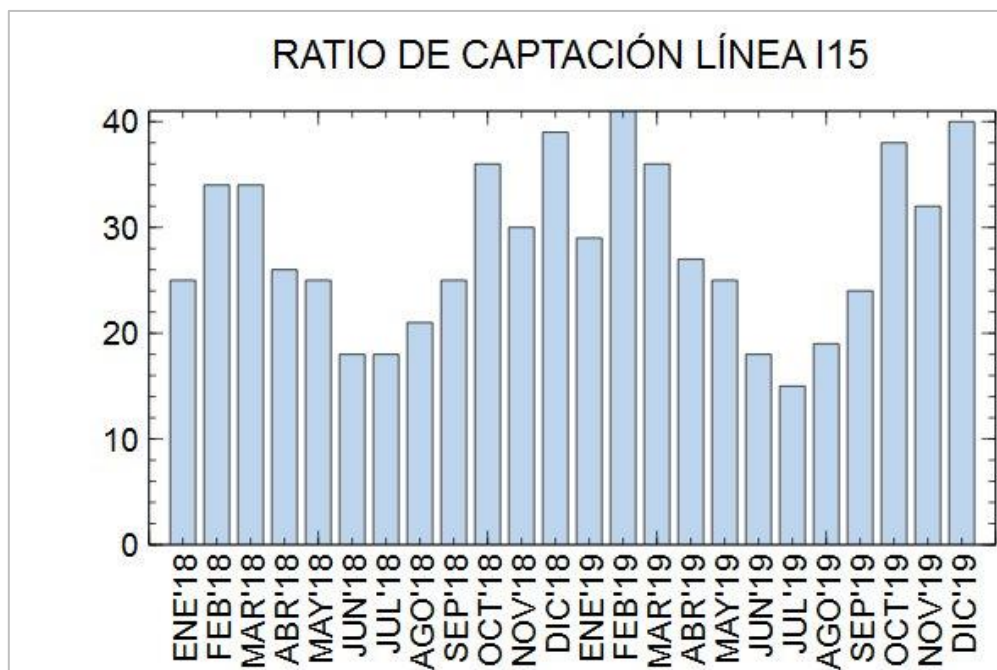


Figura 118. Ratio de captación de la línea I15
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I16: Melousa – Castilla

La línea I16 tiene una media de 17.300 viajeros al mes, con una tendencia ascendente desde mayo de 2018, con un valor máximo de más de 30.000 viajeros en diciembre de 2019. Tiene un ratio de captación de 40, muy próximo a la media, y un porcentaje de kilómetros en vacío del 6%, menor al valor promedio. Tiene una velocidad comercial media de 26,1 km/h.

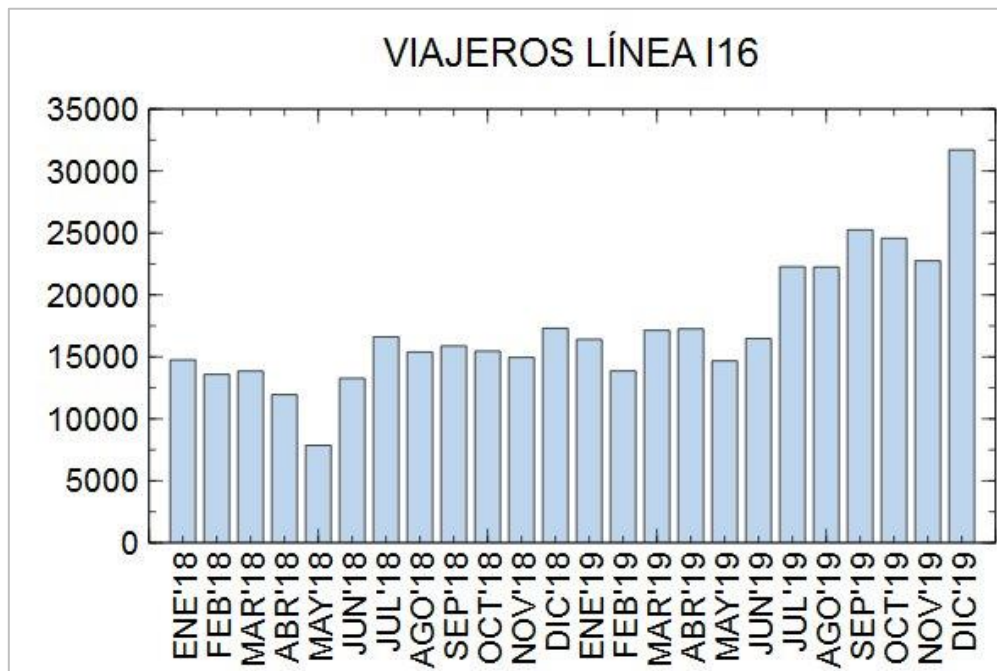


Figura 119. Viajeros de la línea I16
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

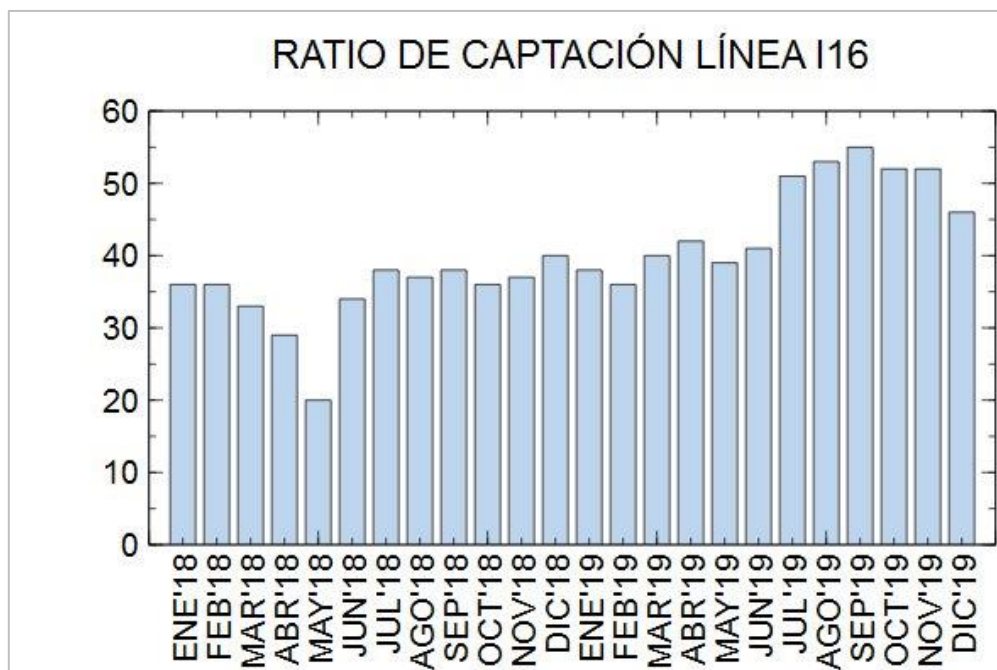


Figura 120. Ratio de captación de la línea I16
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I17: Jbel Lehbib – Castilla

La línea I17 tiene una media de 12.880 viajeros al mes, siendo los meses de verano en los que más viajeros la usan. Tiene una velocidad comercial media de 30,7 km/h, mayor que el valor promedio de las líneas de esta misma tipología. Esta línea tiene un ratio de captación medio de 45 y un porcentaje de kilómetros en vacío de tan sólo el 4%, haciéndola una de las más optimas de toda la red de autobuses de Tánger. Analizando la distribución de los datos del ratio de captación destaca un gran ascenso en el mes de agosto de 2019, debido a que la dotación destinada a esta línea en ese mes se redujo a la mitad, resultando en un ratio de 79 viajeros por vehículo.

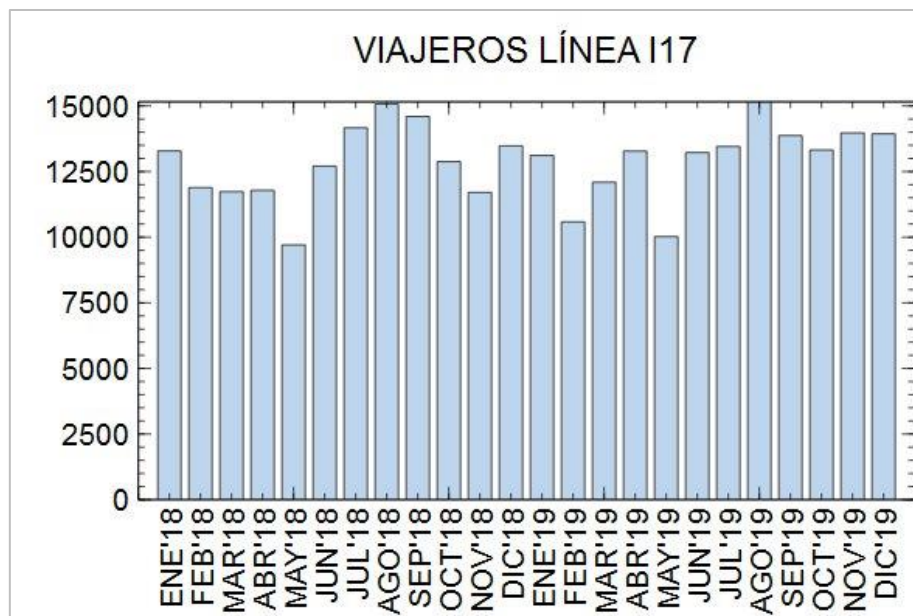


Figura 121. Viajeros de la línea I17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

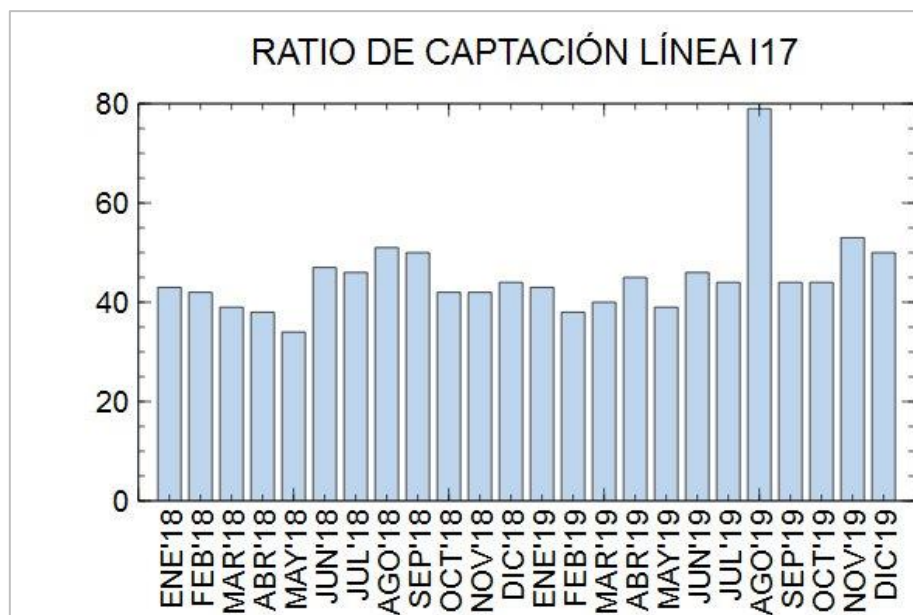


Figura 122. Ratio de captación de la línea I17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

3.4. DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO DE AUTOBÚS

3.4.1. Líneas urbanas

Tras realizar el análisis de la red de autobuses urbanos de Tánger se puede ver que la línea 20 destaca sobre las demás líneas. Tras esta línea, se sitúan por encima del promedio de viajeros las líneas 2, 9A, 10, 11 y 12. De la misma manera, la línea 20 es la que tiene el ratio de captación mayor, tras la cual destacan las líneas 9A, 2, 11, 12 y 10 por encima del promedio de ratios de captación.

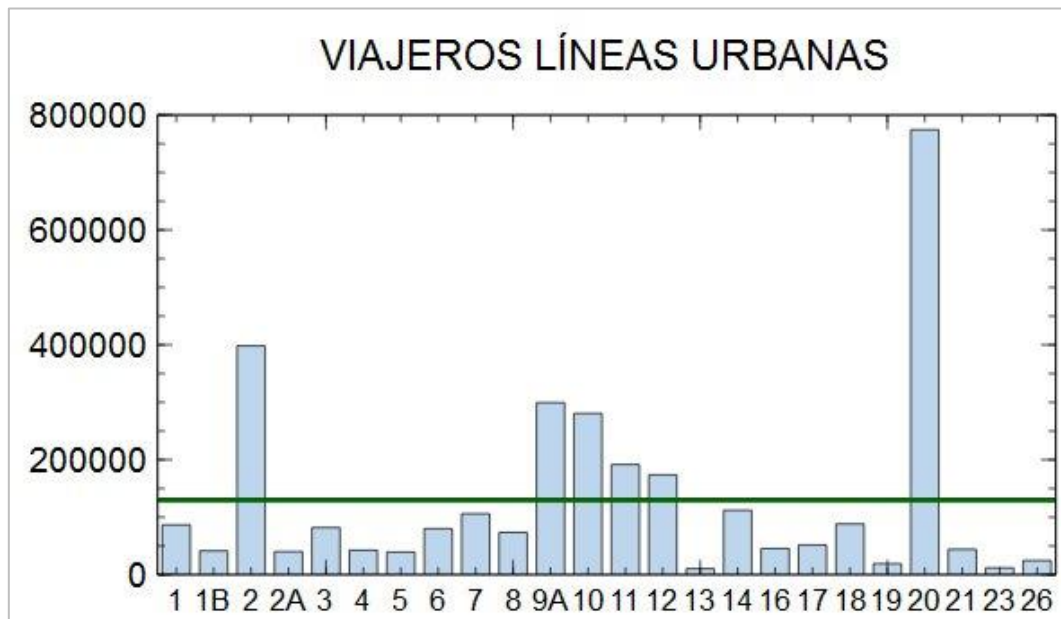


Figura 123. Promedio de viajeros de cada línea urbana

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

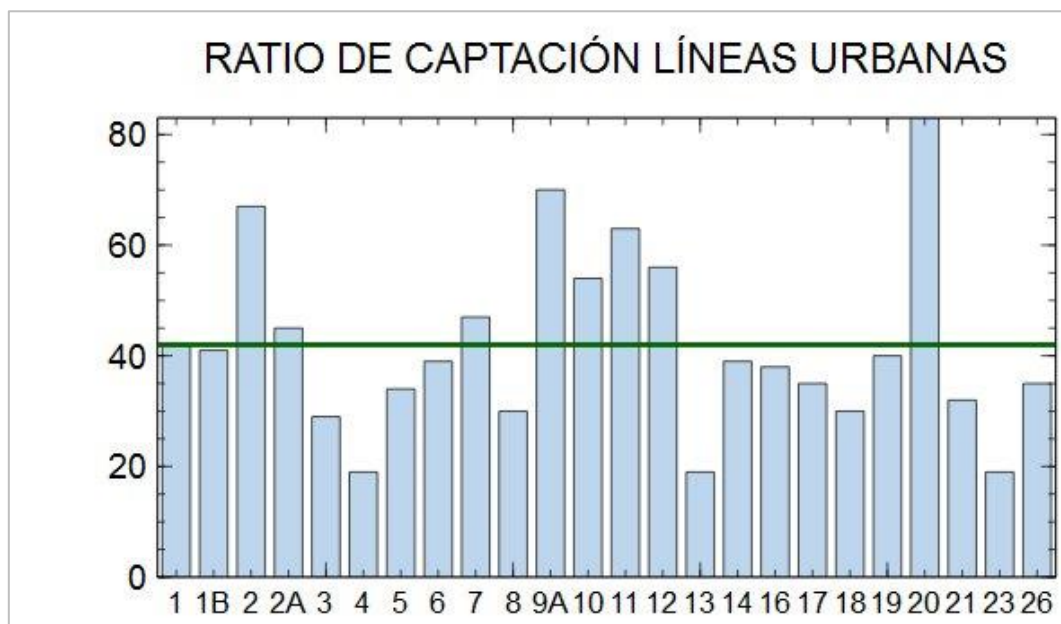


Figura 124. Ratio de captación medio de cada línea urbana

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En cuanto a la velocidad comercial de los autobuses, se dan valores bastante razonables, con un máximo de 21,1 km/h en la línea 19, lo cual no sorprende pues esta línea circula por vías arteriales y nuevos desarrollos con secciones muy anchas.

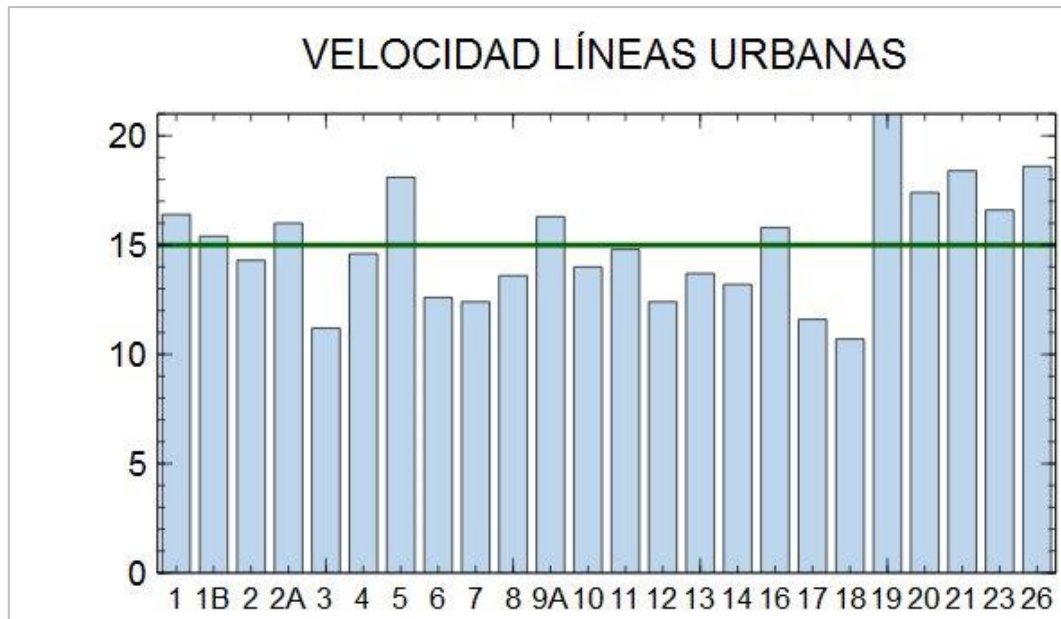


Figura 125. Velocidad media de cada línea urbana
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

A priori, según los datos mostrados en la Figura 124, destacan como las líneas menos eficientes dentro de la tipología urbana las líneas cuyo ratio de captación está por debajo del ratio de captación medio, sin embargo, la longitud de la línea es un factor importante que no se ha tenido en cuenta en este análisis.

Suele ser común que las líneas que hacen un recorrido más largo atraigan a más viajeros, puesto que dan servicio a más zonas de la ciudad. Así, para incluir este dato en el análisis se ha calculado el ratio de captación medio por kilómetro de cada línea presentado en la Figura 126, a continuación.

Se puede observar que el grado de optimización de las líneas cambia si se tiene en cuenta la longitud del recorrido de la misma. Por ejemplo, la línea 3, con un ratio de captación medio de 29 viajeros por vehículo, se coloca como una de las más óptimas de la red con 5,28 viajeros por vehículo por kilómetro recorrido.

Para ver qué líneas son las que verdaderamente necesitan la optimización que tiene como objetivo este proyecto, se ha fijado un umbral mínimo de operación de 3 viajeros por vehículo por kilómetro recorrido, definiéndose como las líneas con posibilidad de mejora aquellas que no alcancen este valor o que tengan valores próximos.

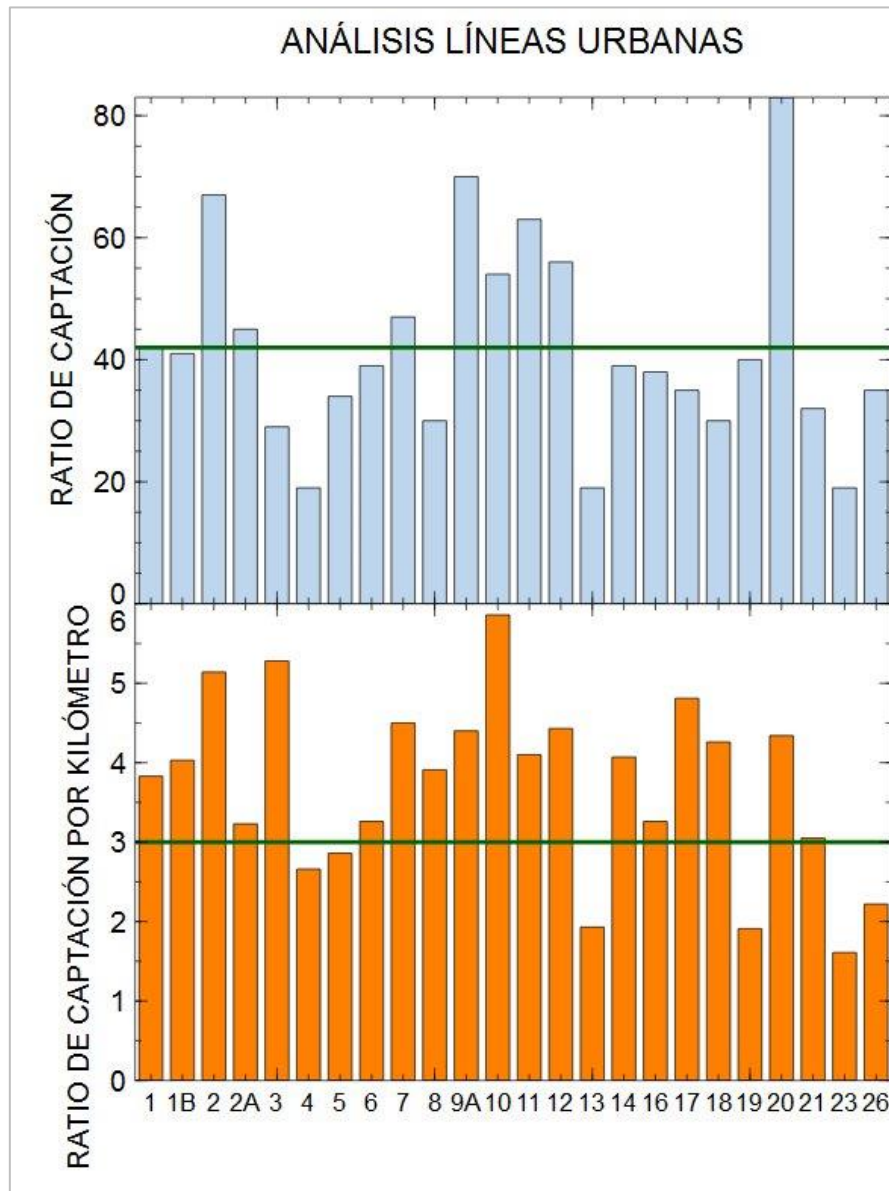


Figura 126. Ratio de captación medio por kilómetro de cada línea urbana
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Utilizando este criterio las líneas urbanas que se estudiarán en profundidad para plantear posibles mejoras serán:

- Línea 4: Rahrah – Sidi Bouabid, con 2,66 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 5: Medyouna – Rmilat – Sidi Bouabid, con 2,86 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 13: Marjane (Ctra. Tetuán) – Estación de ferrocarril, con 1,93 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 19: Nueva Ciudad Ibn Batouta – Castilla, con 1,91 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 21: Dradeb – Msnana – Boukhalef, con 3,05 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 23: Ain Mechlawia – Castilla, con 1,61 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea 26: Achakar – Castilla, con 2,22 viajeros por vehículo por kilómetro.

3.4.2. Líneas regionales

A partir del análisis de las líneas regionales de Tánger se observa que la línea I9 destaca sobre las demás con un mayor número de viajeros. Por detrás de esta, y por encima del promedio de viajeros, se encuentran las líneas I2, I3 e I5. De igual manera, es la línea I9 la que tiene el mayor ratio de captación, tras la cual destacan las líneas I11 e I2 por encima de la media para esta tipología.

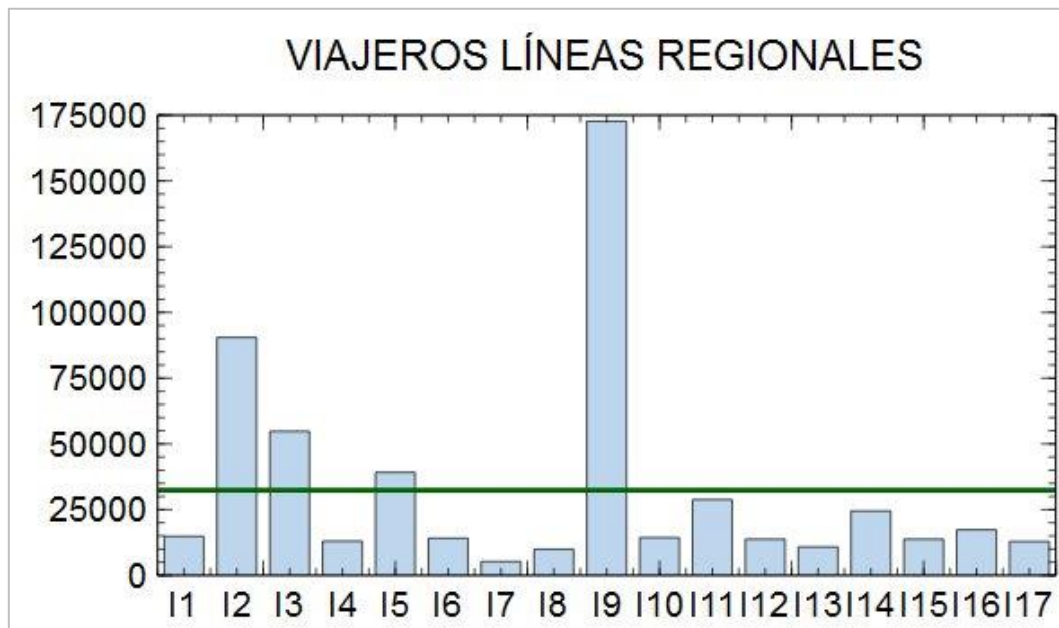


Figura 127. Promedio de viajeros de cada línea regional
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

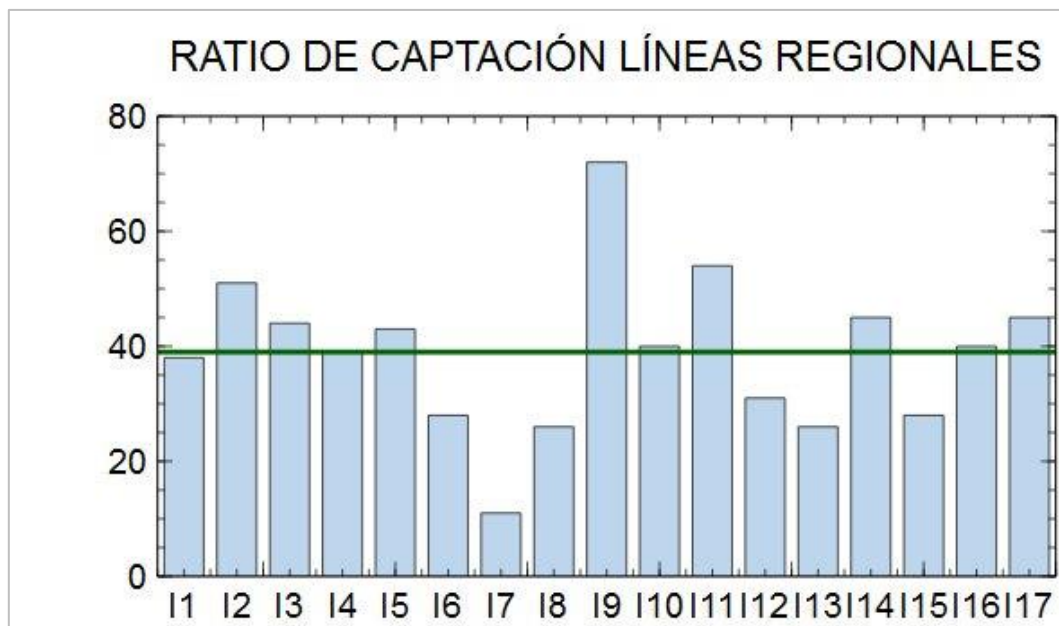


Figura 128. Ratio de captación medio de cada línea regional
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En cuanto a la velocidad comercial de los autobuses, se registran valores bastante razonables. Destacan las líneas I1, I5, I6 e I7 con valores próximos a la velocidad comercial media característica de las líneas urbanas. Esto se debe a que estas líneas hacen un recorrido relativamente corto, sin alejarse mucho del centro urbano, por lo que su velocidad media se ve muy influenciada por la baja velocidad de circulación en la ciudad.

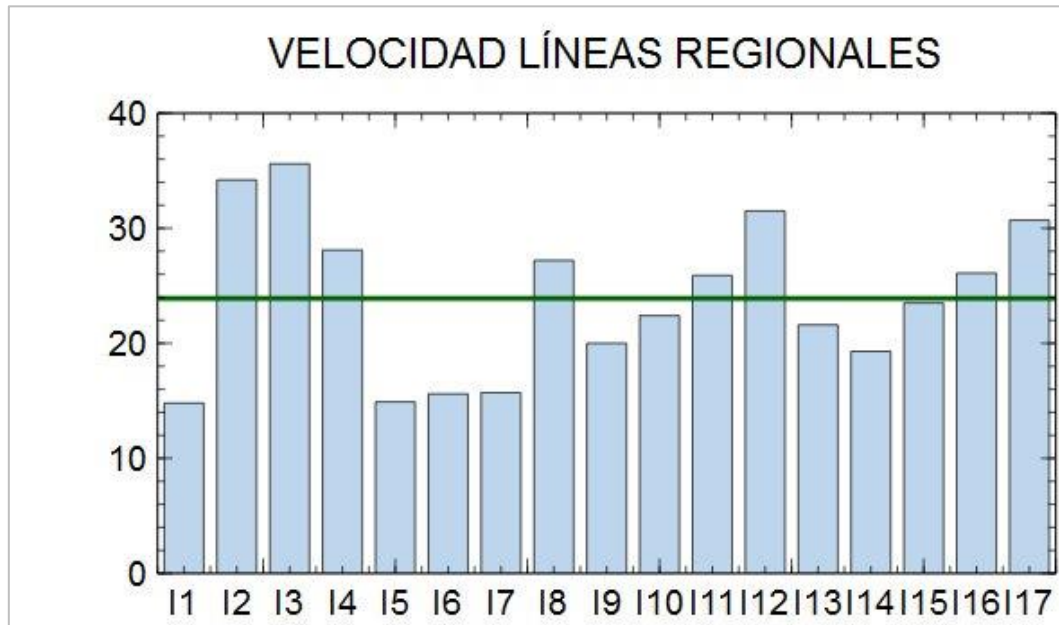


Figura 129. Velocidad comercial media de cada línea regional
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Análogamente al análisis realizado en las líneas urbanas, la Figura 130 muestra el ratio de captación por kilómetro de cada una de las líneas regionales. Con esta nueva perspectiva se observa un cambio en la operación de la línea I6, cuyo ratio de captación era de los más bajos, pero al considerar su longitud se coloca como una de las mejores líneas regionales.

Destaca también la línea I5, la cual tenía un ratio de 43 pasajeros por vehículo, valor muy próximo a la media de las líneas de esta tipología. Sin embargo, al analizar la influencia de la longitud, se obtiene que esta es la línea más eficiente de toda la red regional, con 3,00 viajeros por vehículo por kilómetro recorrido.

Debido a que el grado de utilización de estas líneas es menor y la longitud que recorren las mismas es mayor, los valores de los ratios de captación por kilómetro son inferiores a los de las líneas urbanas. Por lo tanto, para ver qué líneas son las que necesitan mejorarse, se ha fijado un umbral mínimo de operación de 1 viajero por vehículo por kilómetro recorrido, definiéndose como las líneas con posibilidad de mejora aquellas que no alcancen este valor o que tengan valores próximos.

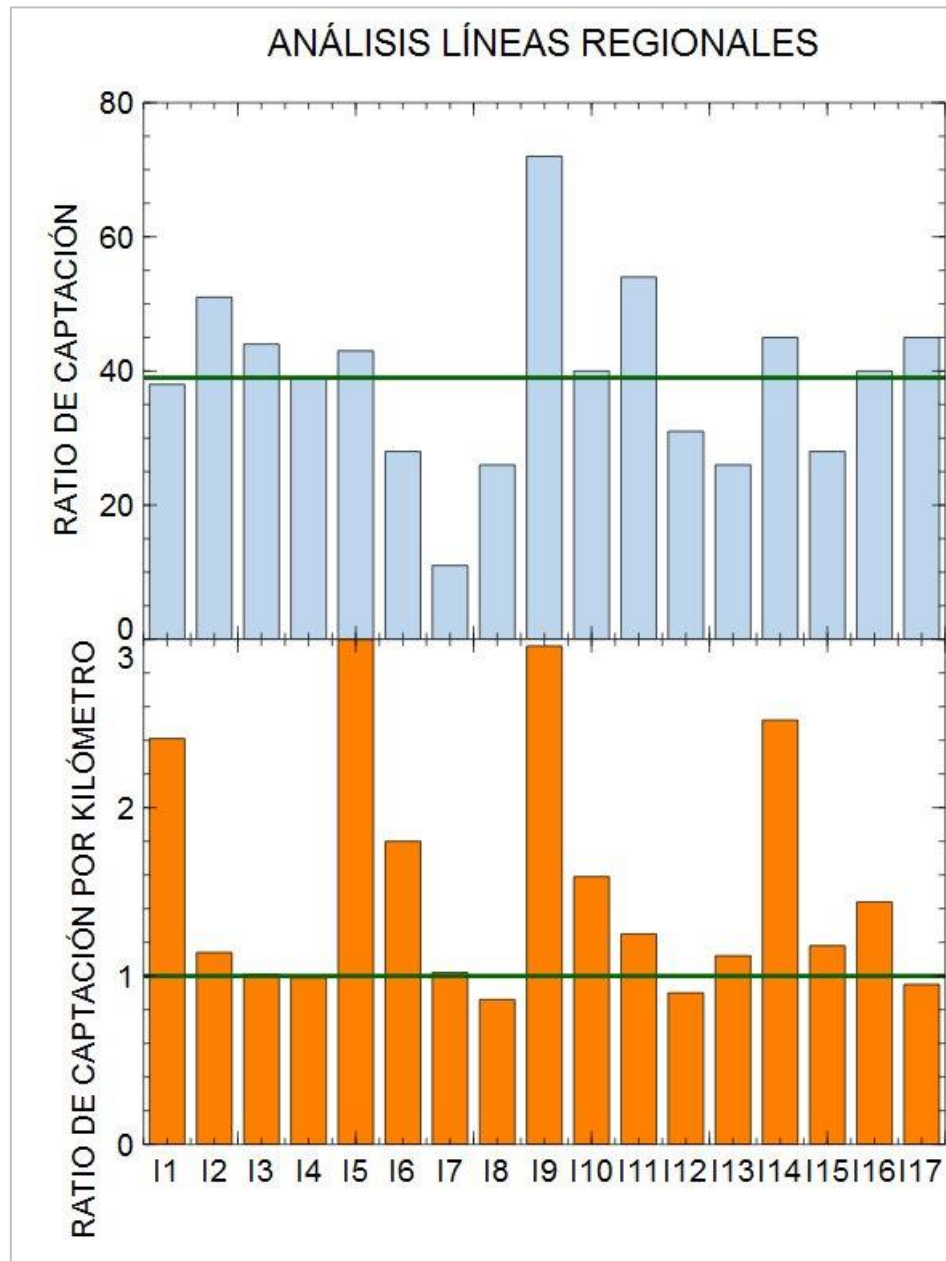


Figura 130. Ratio de captación medio por kilómetro de cada línea regional
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Finalmente, las líneas regionales que se estudiarán en profundidad para plantear posibles mejoras serán:

- Línea I3: Puerto Tángier Med – Estación de ferrocarril, con 1,01 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea I4: Dar Chaoui – Estación de ferrocarril, con 0,99 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea I7: Beni Wassine – Castilla, con 1,02 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea I8: Sguedla – Castilla, con 0,86 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea I12: Ksar Sghir – Estación de ferrocarril, con 0,90 viajeros por vehículo por kilómetro.
- Línea I17: Jbel Hbib – Castilla, con 0,95 viajeros por vehículo por kilómetro.

4. DISEÑO DE SOLUCIONES

4.1. SOLUCIONES GENERALES

Con el objetivo de hacer del sistema de autobuses urbanos de Tánger un servicio atractivo al usuario, y aumentar la confianza que éste tenga sobre el mismo, se proponen las siguientes medidas generales.

4.1.1. Equipamiento e infraestructura

En primer lugar, para aumentar el confort de los usuarios durante la espera del autobús, se recomienda una renovación en las paradas del servicio urbano ya que muchas de ellas se encuentran en mal estado. Esta renovación permitirá mejorar el aspecto de la empresa operadora y mostrar profesionalidad de cara al usuario, situándolo como principal protagonista del servicio.

Para llevar a cabo esta renovación, se propone un Plan Estratégico, el cual tendrá como meta que en un futuro próximo todas las paradas se encuentren renovadas. Este Plan definirá la renovación de forma gradual, incluyendo en una misma fase barrios céntricos y periféricos, de tal manera que se realice de una forma inclusiva.

Por otro lado, se propone también cuidar el estado de los vehículos, llevando a cabo labores de limpieza y de reparación. Esta medida también influye en la imagen que el usuario tiene de la empresa, ya que si los autobuses se encuentran en buenas condiciones el usuario percibe un mejor servicio.

4.1.2. Información al usuario

Comparando el servicio que ofrece ALSA en Tánger con otros contratos de autobuses urbanos como los de Oviedo o Bilbao, la principal deficiencia en el sistema tangerino es la escasa información a la que tiene acceso el usuario.

En Oviedo y Bilbao, y otras ciudades en las que ALSA opera el servicio de autobuses urbanos, se ofrece información al usuario en tiempo real mediante aplicaciones móviles o paneles informativos en las paradas de autobús.

Disponer de esta información de manera accesible y sencilla mejorará la percepción de la fiabilidad del servicio incrementando el número de usuarios. En caso contrario, si el usuario no sabe cuánto tendrá que esperar para coger su autobús, lo más probable es que se decante por otros modos de transporte como el taxi o el vehículo privado.

Por lo que se propone aprovechar la renovación de las paradas para realizar la instalación de paneles digitales que muestren el horario de llegada de los autobuses y permitan al usuario estar al tanto sobre posibles incidencias en el servicio.

Además, sería muy recomendable la creación de una aplicación móvil similar a las que ofrece ALSA en otras ciudades, en la cual se encuentre disponible información sobre las líneas, paradas cercanas, rutas recomendables, y lo más importante, la posibilidad de consultar el tiempo de llegada de los autobuses. Esta medida tendrá como resultado el aumento de la satisfacción del usuario, permitiéndole planificar su viaje.

4.1.3. Billetes y tarifas

Actualmente, el sistema de tarifas implantado en Tánger consiste en billetes sencillos, una tarjeta prepago, con un 17% de descuento, y una tarjeta para estudiante. Tanto los billetes sencillos y la tarjeta prepago se adquieren a bordo del autobús, pudiéndose recargar la tarjeta en la agencia de ALSA, situada en la Ciudad Universitaria.

Por otro lado, la tarjeta estudiante se solicita por internet o en la agencia ALSA. Esta tarjeta permite la utilización de dos líneas de autobús, elegidas por el usuario, mediante el pago de una tarifa. Sin embargo, el resto de líneas que no cubra su tarjeta deberán abonarse a bordo del autobús.

Se propone mejorar el sistema tarifario a través de la creación de diferentes tarjetas prepago que se ajusten a los diferentes perfiles de viajero, conservando la posibilidad de adquirir billetes sencillos a bordo del autobús.

Se propone la implantación de tres tipos de tarjeta prepago. El primero manteniendo la actual tarjeta prepago con un 17% de descuento. Además, se creará una tarjeta para jóvenes y estudiantes, y otra para pensionistas y personas de la tercera edad con más ventajas que las actuales tarjetas prepago.

De esta manera, quedan acogidos a un sistema tarifario especial los individuos más comprometidos económicamente, los jóvenes y los ancianos, sin olvidar al grueso de la población manteniendo el descuento del 17%, para hacer así más atractivo el servicio y captar a más viajeros que usen el sistema de autobuses de forma regular.

Los resultados del análisis de operación de las diferentes tipologías de líneas que conforman la red de autobuses de Tánger muestran que las líneas menos eficientes son las líneas 4, 5, 13, 19, 21, 23, 26, I3, I4, I7, I8, I12, e I17. El diseño de soluciones se centrará en estas líneas, pues son las que más margen de mejora presentan.



Las líneas a optimizar se agruparon por zonas para tener una visión más clara de las posibilidades de mejora de las mismas:

- Zona noroeste: agrupa las líneas que circulan en las proximidades del Parque Natural Cabo Espartel. Las líneas que pertenecen a este grupo son las líneas 4, 5, 21 y 26.
- Zona noreste: agrupa las líneas que circulan en la zona costera del Cabo Malabata. Las líneas que pertenecen a este grupo son las líneas I3 e I12.
- Zona suroeste: agrupa las líneas que circulan hacia la Zona Industrial de Gueznaia. Las líneas que pertenecen a este grupo son las líneas 19, I8 e I17.
- Zona sureste: agrupa las líneas que circulan hacia la Zona Industrial de Mghogha. Las líneas que pertenecen a este grupo son las líneas 13, 23, I4 e I7.

4.2.1. Zona noroeste

Las líneas 4 y 21 comparten gran parte de su recorrido. Lo que hace especial a la línea 4 frente a la 21 es que comienza en Sidi Bouabid, cabecera de varias líneas de la red, y recorre el límite exterior del barrio de Rahrah, acabando en el Cementerio homónimo. En cambio, la línea 21 comienza su recorrido en Dradeb, acabando en la Ciudad Universitaria, siendo la única línea de la red que comunica la zona norte de la ciudad con este gran centro atractor.

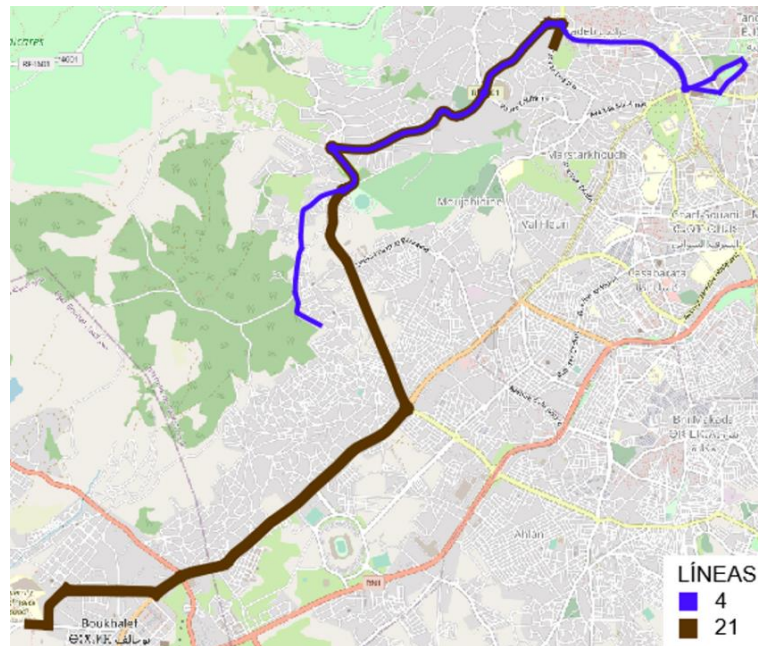


Figura 132. Recorridos de las líneas 4 y 21
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En cuanto a los horarios, tienen unas frecuencias de paso equivalentes, de 35 minutos en el caso de la línea 4 y de 40 minutos en la línea 21, comenzando antes su servicio la línea 4, a las 6:40.

Para aumentar el uso de estas líneas, y optimizarlas, se propone fusionarlas. La nueva línea comenzará en Sidi Bouabid, actual cabecera de la línea 4, y seguirá el recorrido de esta línea hasta el Estadio Nacional de Cricket. A partir de este punto, la línea continuará siguiendo la ruta de la línea 21, hasta llegar a la Ciudad Universitaria.

Para verificar que esta fusión no perjudica a ningún usuario que utilice las líneas actualmente, se comprobó la pérdida de cobertura que sufrirá el barrio de Rahrah. Para ello, se ha realizado un análisis geoespacial con herramientas GIS, mediante un buffer, o zona de influencia, de radio 500 metros alrededor de las paradas de la línea 21 cerca de este barrio, las cuales serán las que permanecerán tras la fusión de las líneas.

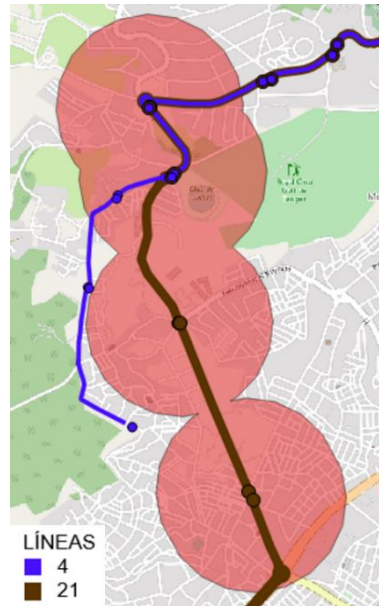


Figura 133. Análisis geoespacial de las líneas 4 y 21
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Como se puede ver en la Figura 133, las paradas actuales de la línea 21 dan servicio a gran parte del barrio de Rahrah, ubicándose las paradas de la línea 4 en los límites de servicio de las anteriores. Según este análisis, la fusión de estas líneas no afectará en gran medida a los vecinos del barrio de Rahrah.

Por otro lado, el hecho de ampliar la línea hasta Sidi Bouabid, cabecera de tantas líneas, hará que la comunicación con la Ciudad Universitaria aumente, conectando además el barrio de Iberia con el centro de estudios, aumentando así su uso.

Como resultado de esta ampliación, la nueva línea tendrá una longitud de 12,60 km y 24 paradas, con una distancia media entre paradas de 525 m. Para compensar esta ampliación y asegurar un servicio competitivo, y aprovechando la eliminación de la dotación de vehículos destinada a la línea 4, se ampliarán los horarios y se reducirán sus frecuencias, realizando un estudio de costes para evaluar su viabilidad económica.

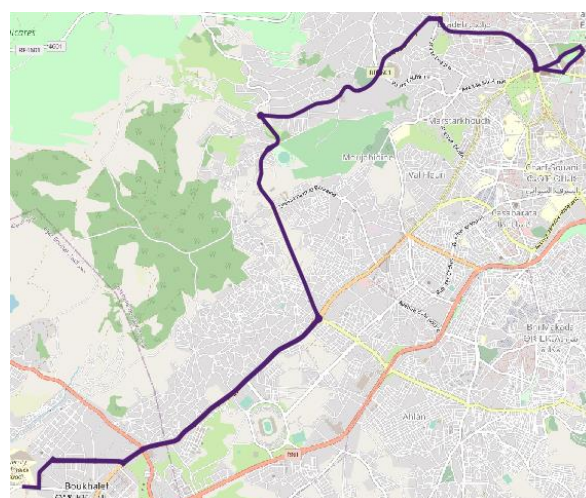


Figura 134. Recorrido de la línea propuesta
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

La línea 5 está muy diferenciada en recorrido con respecto a las líneas de esta zona, siendo la única línea que da servicio a la población de Medyouna. Por esta razón, el trazado de esta línea no se modificará. La optimización de la línea 5 consistirá en reducir la frecuencia de paso, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica, esperando que esto la haga más atractiva.

La línea 26, la cual termina su recorrido en Achakar, zona de veraneo con playas y parajes naturales, cuenta con una gran afluencia de pasajeros entre los meses de junio y septiembre. De esta manera, como se observa en la Figura 81, los valores medios en verano ascienden a 46.612 viajeros mensuales, transportando una media de tan sólo 13.500 viajeros mensuales en el resto del año.

Por otro lado, esta línea coincide con la línea 2A en la mayor parte de su recorrido, excepto en la parte final del trayecto, comenzando en la misma cabecera. Cabe destacar que la línea 2A tiene un valor de 3,23 viajeros por vehículo por kilómetro, que, aunque es mayor a 3, tiene un margen de optimización.

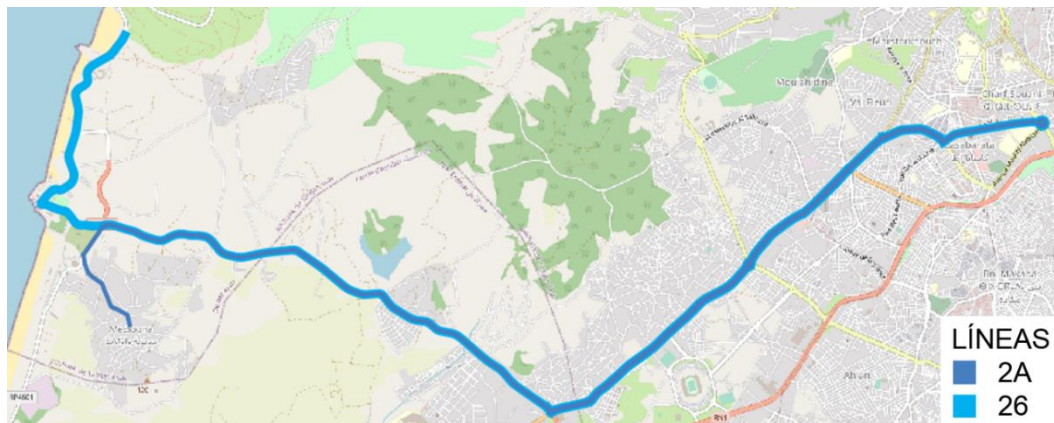


Figura 135. Recorridos de las líneas 2A y 26
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Por las razones expuestas anteriormente, para la optimización de la línea 26, y además de la línea 2A, se propone la fusión de ambas líneas, bajando su frecuencia de paso en verano, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica, para dar respuesta al aumento de la demanda de viajeros en esta época del año.

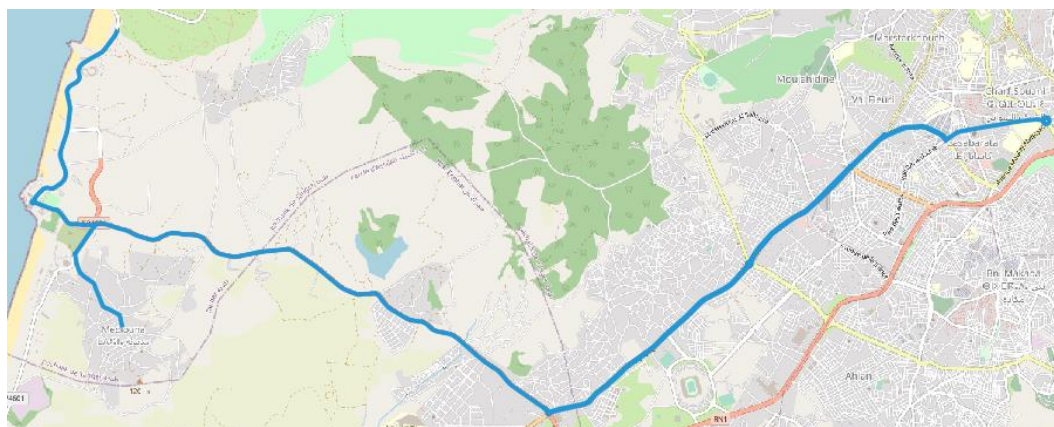


Figura 136. Nuevo recorrido de la línea 26
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

4.2.2. Zona noreste

Las líneas que hay que optimizar en la zona noreste son las líneas I3 e I12. Estas dos líneas son las que más kilómetros recorren en esta zona. Por esta gran cantidad de kilómetros recorridos, se obtienen valores de viajeros por vehículo por kilómetro tan reducidos.

Ambas líneas comienzan en la estación de ferrocarril y circulan por la misma carretera, terminando la línea I12 en Ksar Sghir, y siguiendo la I3 hasta finalizar su recorrido en el Puerto Tánger Med. En cuanto al servicio, cabe destacar que la línea I3 tiene un servicio más largo, de 6:00 a 21:45, y una frecuencia de paso de 40 minutos, muy alejados de la frecuencia de 145 minutos de la línea I12.

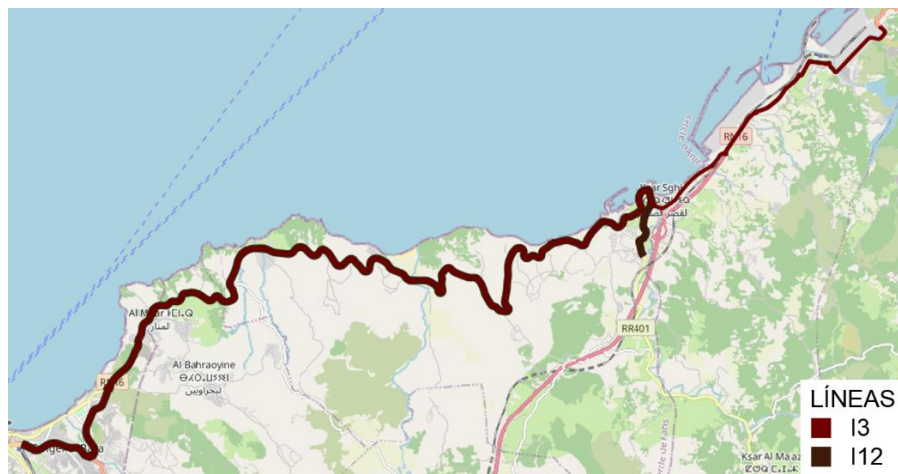


Figura 137. Recorridos de las líneas I3 e I12

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En vista de estos datos, se propone que ambas líneas se fusionen. Así, la línea I3 comenzará su recorrido en la estación de ferrocarril y circulará por su ruta actual hasta Ksar Sghir, pueblo al que entrará para hacer las paradas correspondientes y del que posteriormente saldrá, para así seguir su recorrido hasta el Puerto Tánger Med. Para compensar este aumento en los kilómetros recorridos, se bajará la frecuencia media de paso, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica.

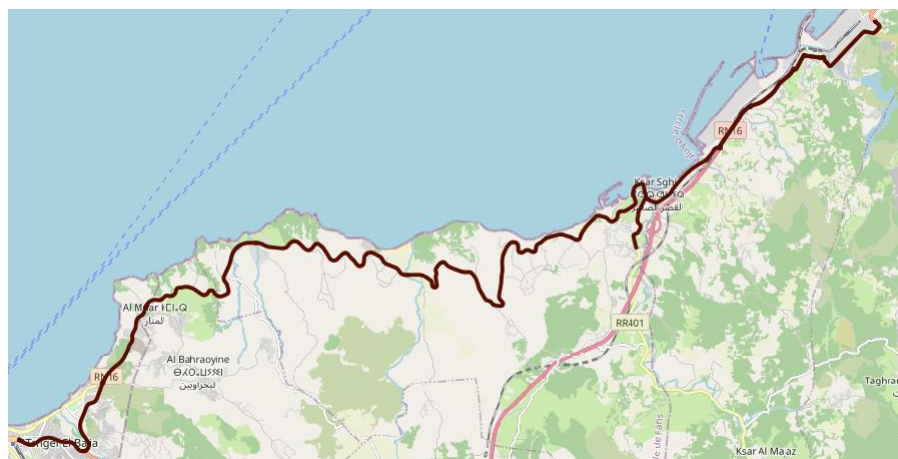


Figura 138. Nuevo recorrido de la línea I3

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

4.2.3. Zona suroeste

Una forma de afrontar la optimización de estas líneas es poner el punto de vista en los en la Gueznaia, gran centro industrial de la ciudad. Como se puede ver en la Figura 139, desde Gueznaia se puede llegar en autobús, tanto urbano como regional, a Dradeb, Sidi Bouabid, Castilla y a la estación de ferrocarril.

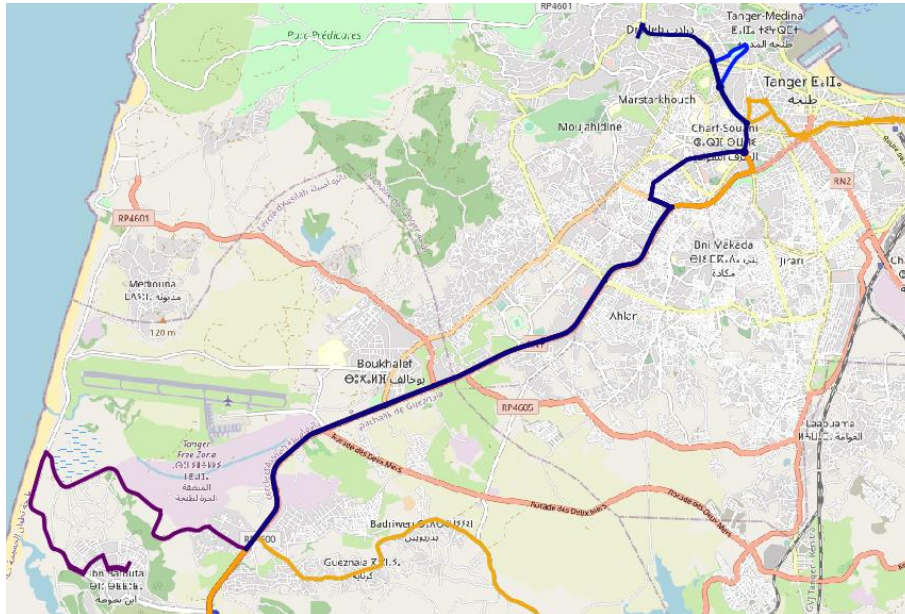


*Figura 139. Cobertura de las líneas procedentes de Gueznaia
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

A pesar de la multitud de destinos que conectan las líneas que dan servicio a la Comuna de Gueznaia, se puede observar que todas ellas circulan por la Avenida de las Fuerzas Armadas Reales, gran arteria de Tángier. Este hecho hace que las zonas a las que puede acceder un viajero procedente de Gueznaia sean muy limitadas, forzando al usuario a hacer transbordos y coger varias líneas para llegar a su destino.

Con esta optimización, se pretende abrir el abanico de posibles destinos para los viajeros procedentes del sur, lo que potenciará la comunicación y la cohesión de esta parte de la prefectura con la ciudad de Tángier.

La línea 19 tiene un carácter especial, en comparación al resto de las líneas pertenecientes a la red urbana. En primer lugar, esta línea recorre 21,1 km, siendo la más larga de la red urbana, con una longitud próxima a la media de las líneas regionales. Otra característica especial de esta línea es que su tarifa base es de 4,50 dirhams, un dirham más caro que sus compañeras de tipología.

La principal característica de esta línea es el destino al que sirve. Esta línea termina su recorrido en la Nueva Ciudad Ibn Batouta, un nuevo desarrollo urbanístico situado al suroeste de la capital para acoger el gran aumento de población que se está dando en la zona. Este desarrollo aún está en construcción, con numerosas parcelas todavía vacías. Por este motivo, la afluencia de viajeros en esta línea es muy reducido, porque hay pocos habitantes residiendo en la Nueva Ciudad.

Para optimizar la línea 19, se propone un cambio de itinerario para que circule por el eje de la Avenida Moulay Rachid. De esta manera, se diferenciará de las demás líneas que sirven al sur de Tánger, y permitirá la comunicación con los barrios del noroeste, dando servicio a centros atractores como la Ciudad Universitaria. Por otro lado, se propone la creación de una nueva parada en la Avenida de Moulay Rachid, a su paso por el barrio de Boukhalef, zona que actualmente no tiene servicio de transporte público. Además, su frecuencia de paso se reducirá, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica.

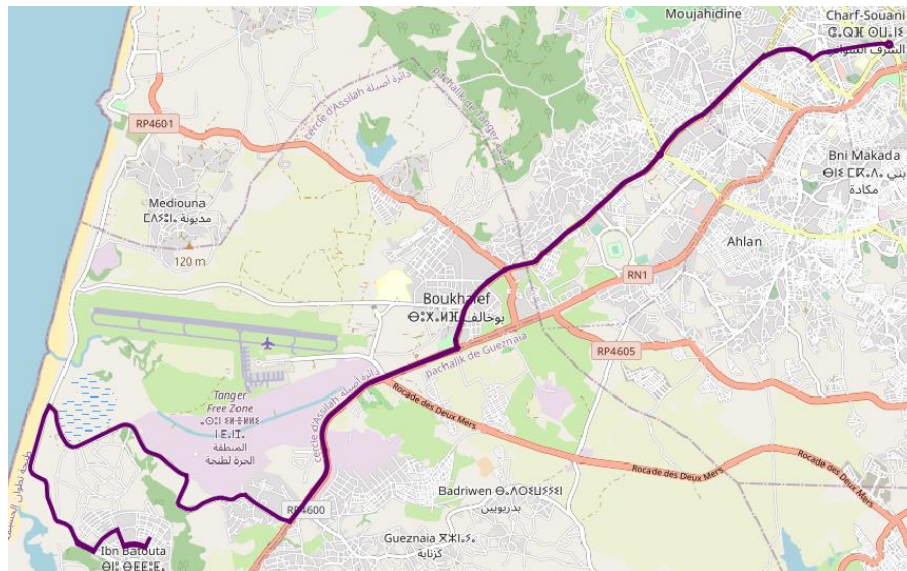


*Figura 140. Nuevo recorrido de la línea 19
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

La línea 18 sirve a la población rural de Sguedla, situada al sur de Tánger. Para hacer más atractiva esta línea, y con la misma filosofía utilizada en la línea 19, se propone un nuevo trazado.

La nueva línea se desviará por la Circunvalación 9 Sur, actualmente servida por las líneas 6 y 30. Este nuevo trazado dotará de una mayor conexión a las poblaciones del sur, permitiendo una conexión directa con la nueva estación de autobuses de larga distancia. Además, permitirá la conexión de las zonas industriales con el distrito de Beni Makada, evitando los transbordos innecesarios a los usuarios.

Por último, debido a la gran longitud de la línea 17, el trazado de esta línea se mantendrá, ya que se considera que variar su trazado conllevaría un exceso en los tiempos de viaje y, por consiguiente, pérdidas en la operación de la mismas.

De todas formas, se espera que el uso de esta línea se potencie debido a las variaciones de las líneas 19 e 18. De esta manera, si algún usuario procedente del sur prefiere una conexión rápida y directa con Castilla, atravesando la Avenida de las Fuerzas Armadas Reales, tiene la posibilidad de decantarse por esta opción.

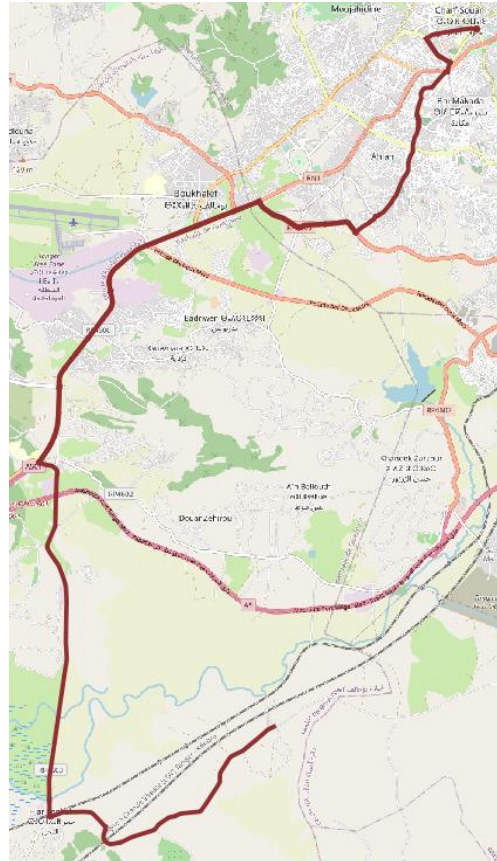


*Figura 141. Nuevo recorrido de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Finalmente, tras la aplicación de las soluciones planteadas, las líneas que dan servicio a la zona suroeste quedarán como se muestra en la Figura 142, aumentando la posibilidad de destinos y recorridos, así como la cobertura del servicio.

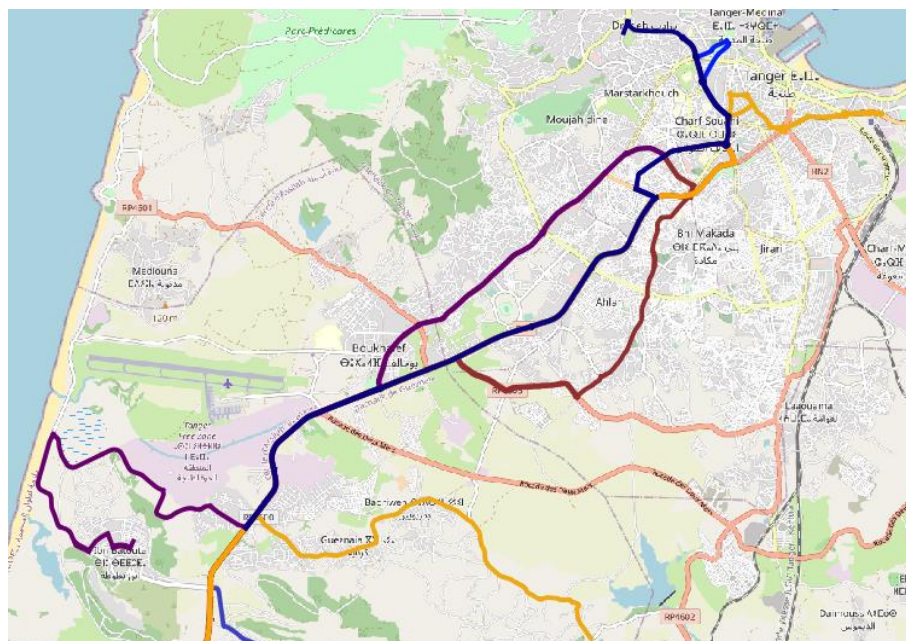


*Figura 142. Cobertura de las líneas procedentes de Gueznaia tras la optimización
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

4.2.4. Zona sureste

Análogamente al planteamiento de las soluciones en la zona suroeste, en la zona sureste se fijará el punto de vista en Mghogha, otro de los grandes centros industriales de la ciudad de Tánger. Como se observa en la Figura 143, desde Mghogha se puede llegar en autobús, tanto urbano como regional, a Dradeb, Sidi Bouabid, Castilla y a la estación de ferrocarril.

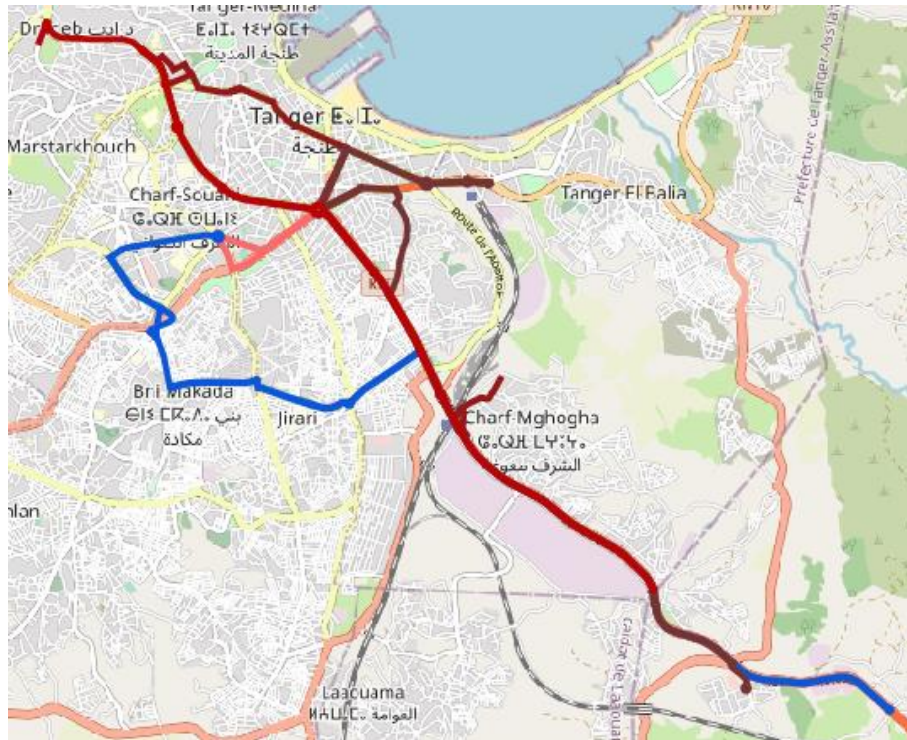


Figura 143. Cobertura de las líneas procedentes de Mghogha

Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

En este caso, a diferencia de la zona suroeste, los itinerarios son más variados, con más posibilidades. Aun así, hay ciertas zonas que permanecen sin ninguna conexión directa con la zona industrial.

La línea 13 presenta dos problemáticas. En primer lugar, su frecuencia de paso es de 75 minutos, bastante alta para ser una línea urbana. Por este motivo, compite directamente con otras líneas urbanas como la 10 o la 23. Por otro lado, su destino final es un centro comercial, por lo que sólo atraerá a usuarios que deseen acudir al mismo.

Por otro lado, la línea 23 tiene una buena frecuencia, con un tiempo de espera de 20 minutos entre un autobús y otro, y una buena cobertura por su trazado. Sin embargo, sirve a una población muy poco poblada situada a orillas de la Carretera de Tetuán.

Para optimizar estas dos líneas se va a seguir una estrategia clara: aprovechar las ventajas de ambas y asegurar la máxima cobertura. Para ello, ambas líneas tendrán como cabecera la población de Ain Mechlawa y servirán al Centro Comercial Marjane tanto a la ida como a la vuelta. Además, el trazado de la línea 13 cambiará, circulando ahora por la Carretera del Abattoir, y se reducirán sus frecuencias, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica.

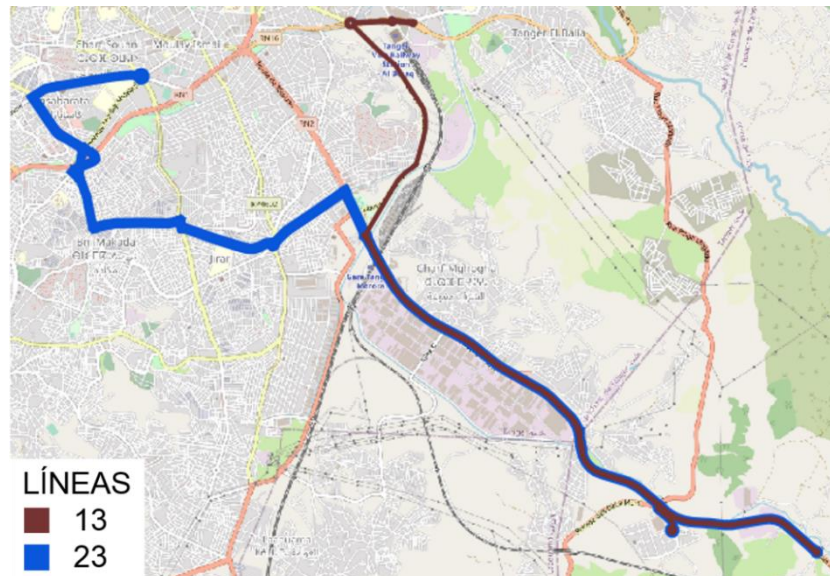


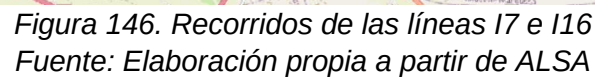
Figura 144. Nuevos recorridos de las líneas 13 y 23
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Se propone la creación de una nueva parada en la Carretera del Abattoir a la altura del Jardín Benkirane para la línea 13, próxima a la parada que hacen las líneas 20 y 30. Para compensar la pérdida de cobertura en la Avenida Yacoub El Mansour, y teniendo en cuenta que las líneas 10 y 18 tienen sus cabeceras muy próximas, se variará el trazado de la línea 18 para cubrir esta avenida.

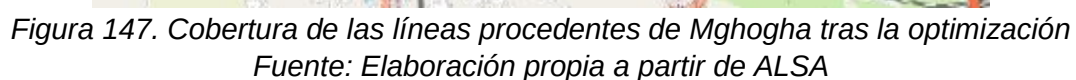


Figura 145. Nuevo recorrido de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Como se puede ver en la Figura 146, la línea 17 hace su recorrido en paralelo a la línea 116, la cual tiene buenos valores de uso. Debido a esto, se propone la eliminación de la línea 17 y, aprovechando la dotación destinada a esta, se reducirá la frecuencia de paso de la línea 116, realizando un previo estudio de costes para evaluar su viabilidad económica, mejorando las opciones para los usuarios que residan en esa zona.



Finalmente, tras la aplicación de las soluciones planteadas, las líneas que da servicio a la zona sureste de la capital de la Prefectura quedará como se muestra en la Figura 147, aumentando la posibilidad de destinos y recorridos, así como la cobertura del servicio.



5. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

El presente apartado contempla una evaluación de las diferentes soluciones propuestas como alternativas de solución a las deficiencias de la red de autobuses de Tánger identificadas en el estudio.

Siguiendo con la tónica del proyecto TrackBest-3S, se realizará una evaluación similar a la llevada a cabo en el trabajo de Pérez y Monzón (2020), la cual consiste en valorar las diferentes soluciones según cuatro criterios.

En primer lugar, el criterio económico, el cual tiene una gran importancia pues el servicio de autobuses debe ser rentable para la empresa operadora ALSA, y las inversiones necesarias para mejorarlo deben compensarse con beneficios procedentes de la utilización de los autobuses por parte de los usuarios.

En segundo lugar, el criterio técnico, el cual hace referencia al grado de viabilidad de llevar a cabo la solución propuesta, lo que depende directamente de los recursos disponibles para hacerla factible.

Por otro lado, el criterio social, el cual es clave en esta evaluación ya que el usuario es el principal protagonista de la operación del servicio de autobuses, por lo que uno de los objetivos principales de la empresa operadora es convertirse en un servicio atractivo que pueda competir con el vehículo privado.

Por último, se deben evaluar también las soluciones según un criterio medioambiental, ya que no se debe olvidar que el fin último de esta optimización es convertir el autobús en un modo competitivo para así promover un modelo de movilidad sostenible en la ciudad.

Cada criterio de evaluación lleva asociado un peso, el cual muestra la importancia de cada uno de ellos en el análisis. Debido a que las soluciones dependerán directamente de los recursos, tanto económicos como técnicos, disponibles en la empresa operadora, estos dos primeros criterios serán ponderados con un 25% cada uno.

De esta manera, el criterio económico tendrá como resultados tres opciones, Alto (0), Medio (12,5) o Bajo (25), según el coste de la empresa para llevar a cabo de la solución. Análogamente, para el criterio técnico las opciones serán Difícil (0), Medio (10) o Fácil (20), según la viabilidad de implantación de la solución.

El criterio social se ponderará en un 30%, pudiendo ser el impacto de la solución Alto (30), Medio (15) o Bajo (0). Por último, el criterio medioambiental ponderará en un 20%, pudiendo ser Positivo (20), Neutro (10) o Negativo (0).

En base a los criterios de evaluación y su ponderación, la Tabla 9 a continuación, presenta los resultados de la evaluación de las soluciones propuestas para la optimización de la operación del servicio de autobuses de Tánger.

Tabla 9. Evaluación de soluciones

Fuente: Elaboración propia

CRITERIO	PESO	SOLUCIONES			
		Equipamiento	Información	Tarifas	Específicas
Económico	25%	Alto	Medio	Alto	Bajo
Técnico	25%	Fácil	Medio	Medio	Medio
Social	30%	Medio	Alto	Alto	Alto
Medioambiental	20%	Neutro	Positivo	Neutro	Positivo
Total	100%	50,0	75,0	52,5	87,5

Para la solución relacionada con el equipamiento y las infraestructuras, se necesita una inversión alta, debido a la cantidad de paradas a renovar. Sin embargo, técnicamente resulta fácil, pues se trata de trabajos menores sin grandes complicaciones. Esta solución no afectará al medioambiente, y tendrá un beneficio social medio, presentando una ciudad más limpia y un servicio de autobús más cómodo para todos los ciudadanos. Aplicando los criterios anteriores, esta solución obtiene una puntuación de 50 sobre 100.

Con relación a la información al usuario, se ha evaluado como una solución con una necesidad de inversión y una implicación técnica media, debido a la necesidad de desarrollar la aplicación móvil, la cual se deberá subcontratar. Esta solución tendrá un efecto positivo en el medioambiente y un beneficio social alto, mejorando la percepción del usuario e invitándolo a usar el servicio, reduciendo el uso del vehículo privado. Esta solución obtiene una puntuación de 75 sobre 100.

Para el caso de la solución relativa a los billetes y las tarifas, se considera que la misma conlleva una necesidad de inversión alta y una implicación técnica media. Esta solución no afectará al medioambiente y tendrá un beneficio social alto, favoreciendo y adaptándose a las necesidades de todos los sectores de la sociedad, por lo que esta solución obtiene una puntuación de 52,5 sobre 100.

Por último, se han evaluado las soluciones específicas. Debido a que las soluciones propuestas para las cuatro zonas siguen la misma filosofía, variar los recorridos y horarios de las líneas menos eficientes en cada una de ellas aprovechando itinerarios y paradas ya utilizadas actualmente, se han evaluado de forma conjunta.

En base a la evaluación, se considera que esta solución representa una necesidad de inversión baja, ya que se utilizará infraestructura ya existente, y una implicación técnica media. Esta solución tendrá un efecto positivo en el medioambiente y un beneficio social alto, aumentando la cobertura espacial y temporal de la red de autobuses e invitando a más usuarios a usar este modo de transporte público, reduciendo el uso del vehículo privado. Finalmente, esta solución obtiene una puntuación de 87,5 sobre 100.

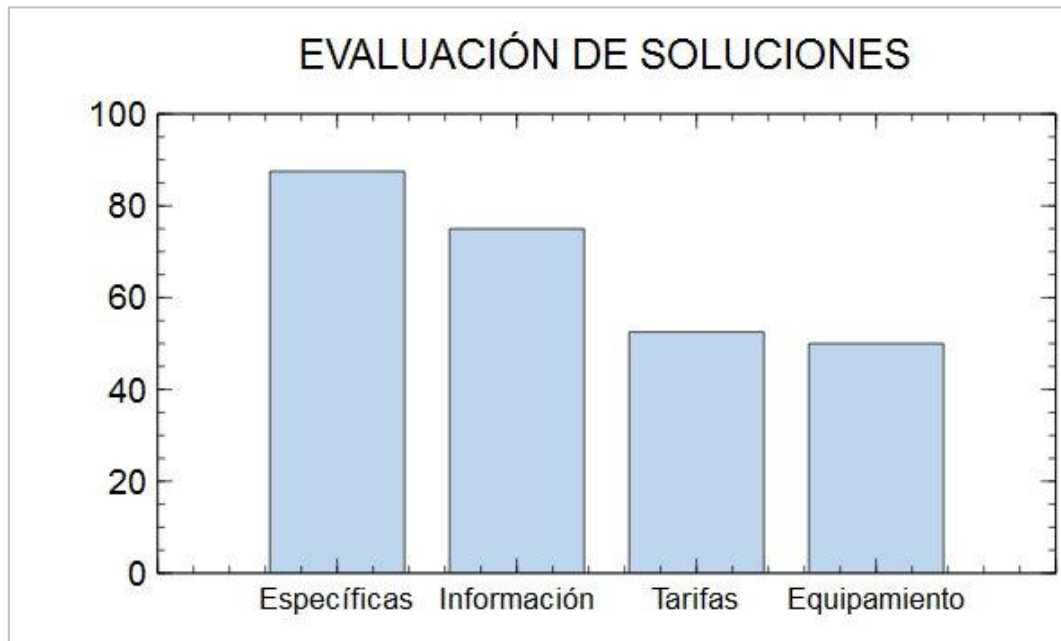


Figura 148. Evaluación de soluciones
Fuente: Elaboración propia

Esta evaluación de soluciones ha permitido definir de manera cualitativa cuáles son las que mejores impactos tendrán en la búsqueda de la optimización del servicio de autobuses en Tángier. Se concluye que lo mejor sería partir de las soluciones específicas ya que éstas permitirán alcanzar grandes beneficios sociales y medioambientales con bajas inversiones en términos técnicos y económicos.

A continuación, se propone la implantación de las plataformas que aporten información al usuario, las cuales no necesitan una inversión económica y técnica elevada, pero harán que el uso del servicio de autobuses aumente, mejorando la percepción de la calidad del servicio por el usuario.

La solución relativa a las tarifas no ha conseguido mucha puntuación, ya que es muy atractiva y con un gran beneficio social, pero depende directamente de los recursos de la empresa operadora, la cual optará por soluciones que le resulten más rentables.

En último lugar se encuentra la solución relativa a la renovación del equipamiento e infraestructura. Es cierto que esta es una solución muy ambiciosa, la cual necesitará de una inversión grande. Sin embargo, no hay que olvidar que se ha propuesto como un Plan Estratégico a largo plazo, por lo que la inversión se repartirá en varios años, flexibilizando la posibilidad de maniobras para la empresa operadora.

6. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo ha permitido estudiar la operación del servicio de autobuses de la ciudad de Tángier a partir de los datos facilitados por la empresa operadora ALSA.

Este estudio se ha basado en los resultados obtenidos del análisis de las características del parque móvil, de la cobertura espacial y temporal de la red actual y, lo más importante, de los datos de operación proporcionados por ALSA, los cuales recogen los viajeros y los kilómetros recorridos por los vehículos, entre otros.

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la red de autobuses es muy completa, dando servicio a gran parte del territorio de la Prefectura de Tángier-Assilah, con unos horarios bastante amplios y una buena accesibilidad, lo que permite a la mayoría de la población que reside tanto en Tángier como en las poblaciones rurales aledañas considerar al autobús como una de las mejores alternativas de transporte.

Sin embargo, se han detectado algunas debilidades en el servicio, como el estado de la infraestructura (paradas y vehículos), la escasa información disponible al usuario y el limitado sistema de tarifas impuesto en la ciudad. Para subsanar estos problemas y optimizar el servicio, se han propuesto diferentes soluciones:

- Renovar las paradas y prestar especial atención a la limpieza y hacer un mantenimiento más frecuente de los vehículos de la flota.
- Desarrollar una aplicación móvil y, aprovechando la renovación de paradas, instalar paneles digitales de información en las mismas.
- Aumentar la variedad de tarifas existentes, creando una tarjeta prepago reducida para jóvenes y personas de la tercera edad.

De estas soluciones destaca como la más rentable la mejora de la información a los usuarios, haciendo más atractivo el servicio y convirtiendo al autobús en un modo competitivo que pueda hacer frente al vehículo privado, cuyo uso está muy extendido.

Por otro lado, el análisis de los datos de operación ha permitido identificar las líneas más eficientes de la red, así como las que tienen un alto potencial de mejora. Para estas últimas, se ha hecho un análisis geoespacial por zonas, agrupando las líneas urbanas y regionales para tener una imagen global del servicio y detectar posibles mejoras.

Así se han propuesto una serie de soluciones específicas para cada zona, principalmente relacionadas con la ampliación de la cobertura mediante la variación de itinerarios y la fusión y eliminación de líneas. De esta manera, la calidad del servicio hacia y desde Gueznaia, Mghogha, Malabata y Espartel mejorarán, incrementando el número de viajeros que opten por el autobús como medio de transporte.

Finalmente, gracias a la realización de los análisis de la operación presentes en este trabajo y en el trabajo de Pérez y Monzón (2020), será posible llevar a cabo el proyecto TrackBest-3S, el cual consiste en el desarrollo de una herramienta de gestión apoyada en la digitalización y en la geolocalización cuya meta es mejorar la eficiencia y calidad de los servicios de autobús.

7. REFERENCIAS

- Comisión Europea (CE). (2011). Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible, COM (2011) 144.
- Découpage administratif. (s.f.). Portail de l'INDH de la Préfecture de Tanger-Assilah. <http://indh-tangerassilah.ma/>
- Gobierno de España. Ministerio de Fomento. (2006). La ciudad sin mi coche. La semana europea de la movilidad 2004. Ponencias.
- Hensher, D. A., Stopher, P., & Bullock, P. (2003). Service quality—developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(6), pp. 499-517.
- Karim, Z., & Fouad, J. (2018, April). An analysis of public bus transport performance and its determinants factors: The case of major Morocco's cities. In 2018 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA) (pp. 44-50). IEEE.
- Lignes. (s.f.). ALSA Tanger. <https://www.alsa.ma/tanger>
- Pérez, I. D., Monzón, A. (2020). *Optimización de la operación de líneas de autobús urbano mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio Oviedo (Asturias)*. (Trabajo de Fin de Máster). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España
- Royaume du Maroc. Haut-Commissariat au Plan (HCP). (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2014 (RGPH 2014).
- Royaume du Maroc. Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement (2014). Loi-Cadre N° 99-12 portant Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable
- Royaume du Maroc. Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau. (2003). Stratégie Nationale de Sécurité Routière 2004-2013.
- Royaume du Maroc. Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau. (2016). Stratégie Nationale de Sécurité Routière 2017-2026.
- Royaume du Maroc. Ministère de l'Équipement, du Transport, de la Logistique et de l'Eau. (2018). Feuille de Route pour une Mobilité Durable au Maroc.
- Royaume du Maroc. (2017). Programme National de l'Air 2018-2030 (PNAir).
- Royaume du Maroc. (2017). Stratégie National du Développement Durable (SNDD) 2030.
- UN HABITAT. (2013). Global Report on Human Settlements 2013 on Planning and Design for Sustainable Urban Mobility.
- Van de Velde, D. (2009). Long-distance bus services in Europe: concessions or free market? (Vol. 21). OECD Publishing.

ANEXO I: LÍNEAS URBANAS

Línea 1: Boukhalef – Beni Makada

La línea 1, tiene una orientación más o menos marcada de suroeste a noreste y una longitud total de 10,90 km. Atraviesa la ciudad y conecta puntos de interés como el Estadio Ibn Batouta, diferentes mezquitas y la Ciudad Universitaria. Tiene un total de 19 paradas, con una distancia media entre paradas de 575 m, y hace correspondencia con las líneas 1B, 2, 3, 9A, 19, 20, 21, 30, I2, I8, I9, I10, I11 e I17. Da servicio entre las 6:45 y las 20:50 con una frecuencia de 20 minutos y una tarifa base de 3,50 dirhams.

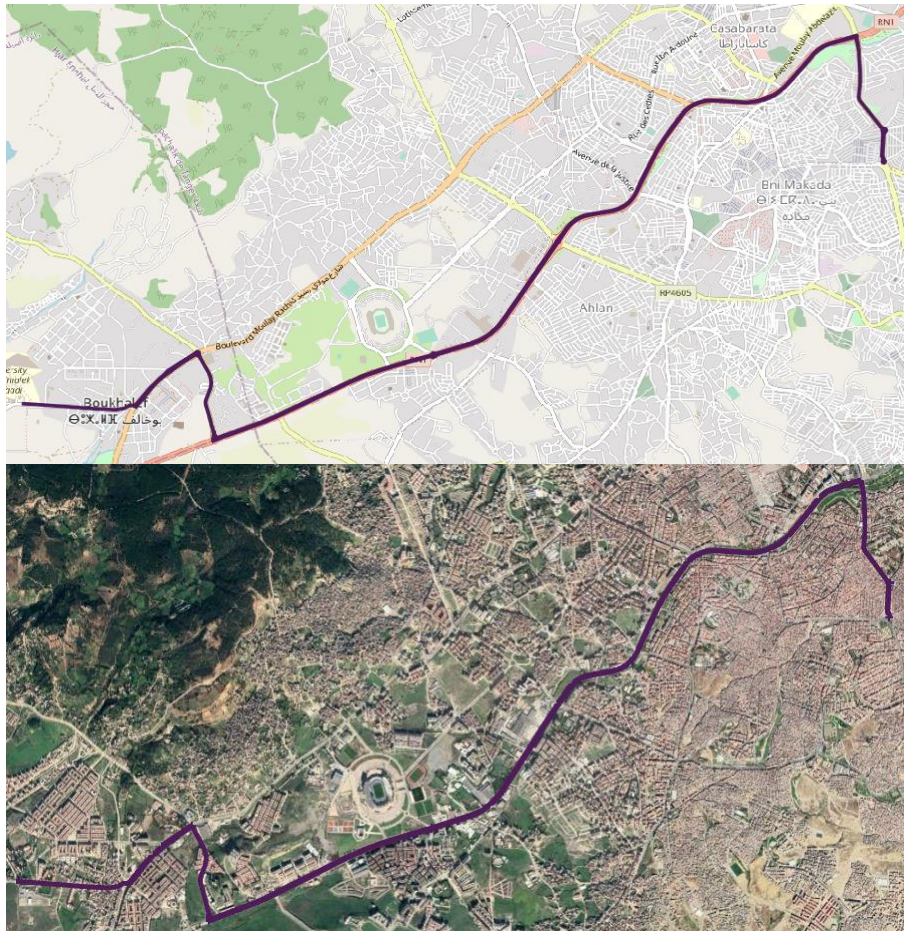


Figura 149. Recorrido de la línea 1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 1B: Boukhalef – Msnana – Beni Makada

La línea 1B, tiene una orientación más o menos marcada de suroeste a noreste y una longitud total de 10,10 km. Atraviesa la ciudad y conecta puntos de interés como el Estadio Ibn Batouta, la Facultad de Ciencias Jurídicas y la Ciudad Universitaria. Con un total de 21 paradas y una distancia media entre paradas de 475 m, tiene correspondencia con las líneas 1, 2, 2A, 3, 6, 7, 8, 9A, 11, 12, 19, 20, 21, 23, 26, 30, I1, I8, I9 e I10. Da servicio entre las 6:40 y las 21:15 con una frecuencia de 40 minutos con una tarifa base de 3,50 dirhams.

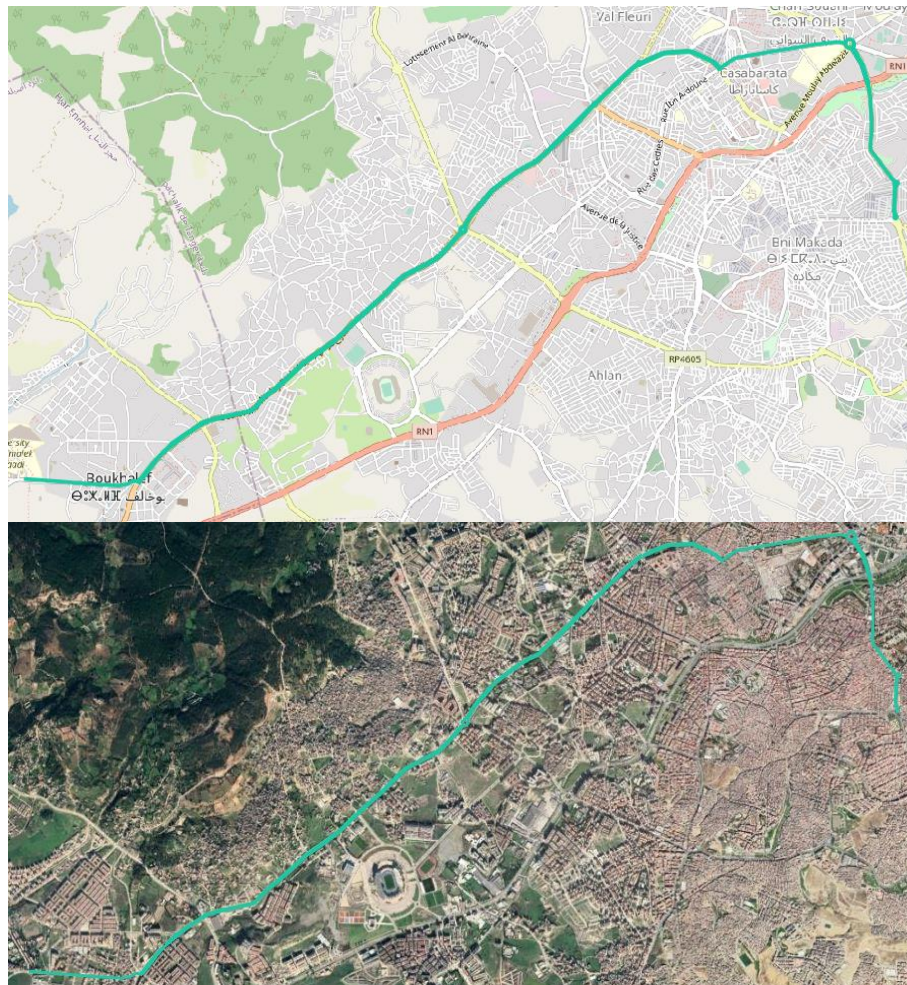


*Figura 150. Recorrido de la línea 1B
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 2: Boukhalef – Iberia – Estación de ferrocarril

El eje del recorrido de la línea 2 tiene una orientación de suroeste a noreste y una longitud total de 13,10 km. Atraviesa la ciudad y conecta puntos de interés como la Estación de Ferrocarril, el Hospital Mohammed V y la Ciudad Universitaria. Con un total de 30 paradas y una distancia media entre paradas de 425 m, tiene correspondencia con las líneas 1, 1B, 2A, 3, 5, 7, 8, 9A, 11, 12, 19, 20, 21, 23, 26, 30, I1, I8, I9 e I10. Da servicio entre las 6:15 y las 22:30 con una frecuencia de 13 minutos y una tarifa base de 3,50 dirhams.

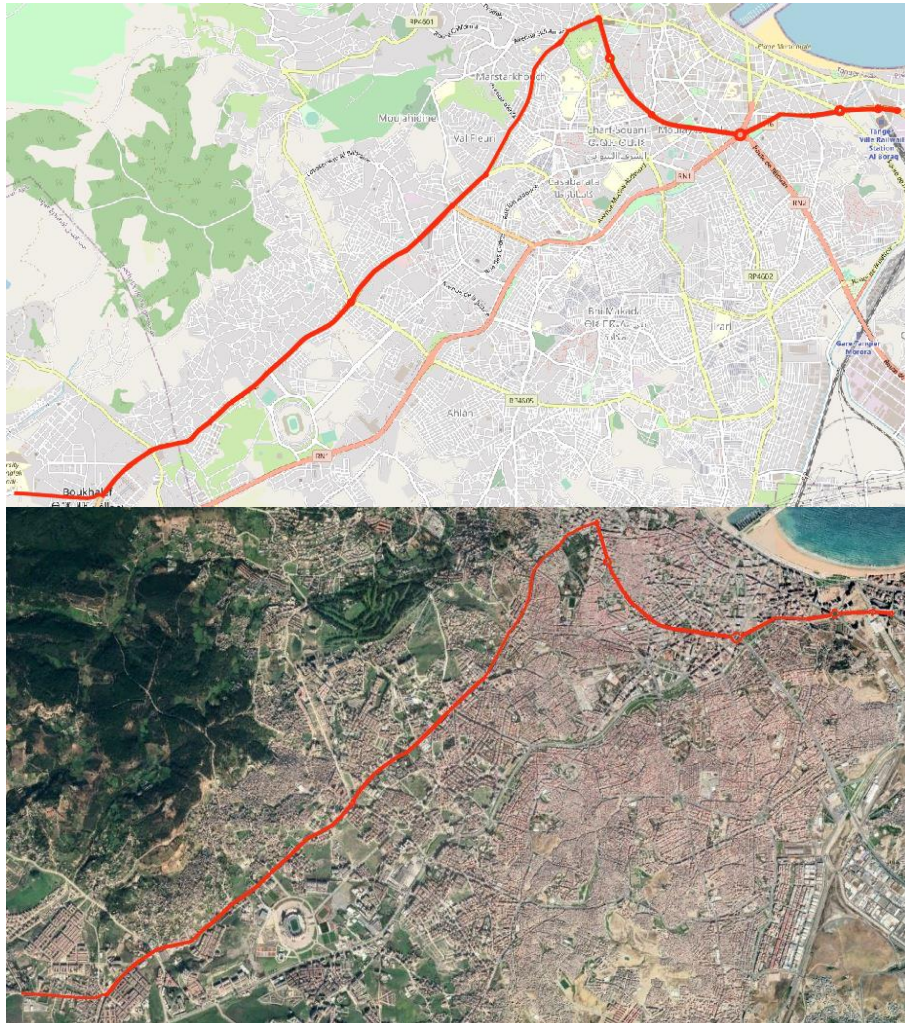


Figura 151. Recorrido de la línea 2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 2A: Jbila – Castilla

La línea 2A circula de oeste a este y tiene una longitud total de 13,90 km. Atraviesa la ciudad y pasa por el Estadio Ibn Batouta, la prisión y la Facultad de Ciencias Jurídicas, entre otros. Con un total de 18 paradas y una distancia media entre paradas de 775 m, tiene correspondencia con las líneas 1B, 2, 6, 8, 9A, 19, 21, 23, 26, 11, 12, 18 e I10. Da servicio entre las 6:20 y las 21:05 con una frecuencia de 65 minutos y una tarifa base de 3,50 dirhams.

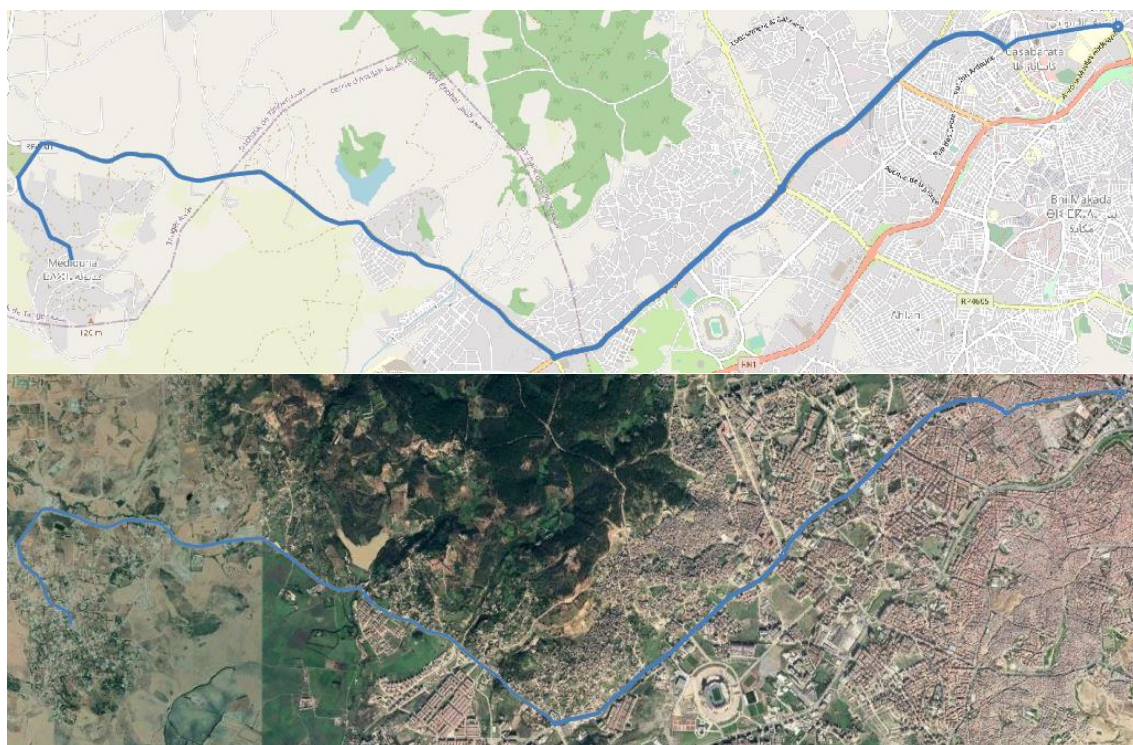


Figura 152. Recorrido de la línea 2A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 3: Beni Makada – Iberia

La línea 3, recorre Tánger de sur a norte y tiene una longitud total de 5,60 km. Conecta zonas comerciales con cines, cafés y bancos, además de dar servicio al Hospital Arrazi. Con un total de 15 paradas y una distancia media entre paradas de 350 m, tiene correspondencia con las líneas 1, 1B, 2, 4, 4B, 6, 7, 9A, 10, 11, 12, 14, 18, 27, 15, 19 e 110. Da servicio entre las 6:45 y las 21:40 con una frecuencia de 15 minutos y una tarifa base de 3,00 dirhams.

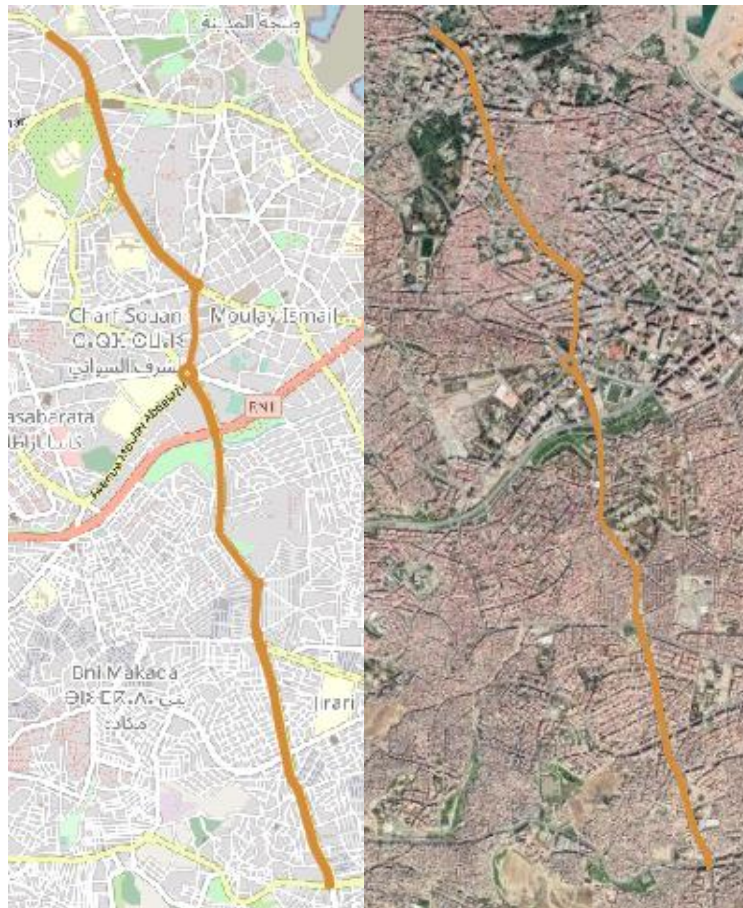


Figura 153. Recorrido de la línea 3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 4: Rahrah – Sidi Bouabid

La línea 4, se ubica en la zona noroeste de la ciudad y tiene una orientación suroeste-noreste con una longitud de 7,10 km. Parte del Cementerio Rahrah, da servicio a diferentes mezquitas y a la Facultad de Medicina. Con un total de 16 paradas y una distancia media entre paradas de 450 m, tiene correspondencia con las líneas 4B, 5, 6, 9A, 10, 11, 17, 21, I5 e I11. Da servicio entre las 6:40 y las 21:15 con una frecuencia de 35 minutos y una tarifa base de 3,50 dirhams.

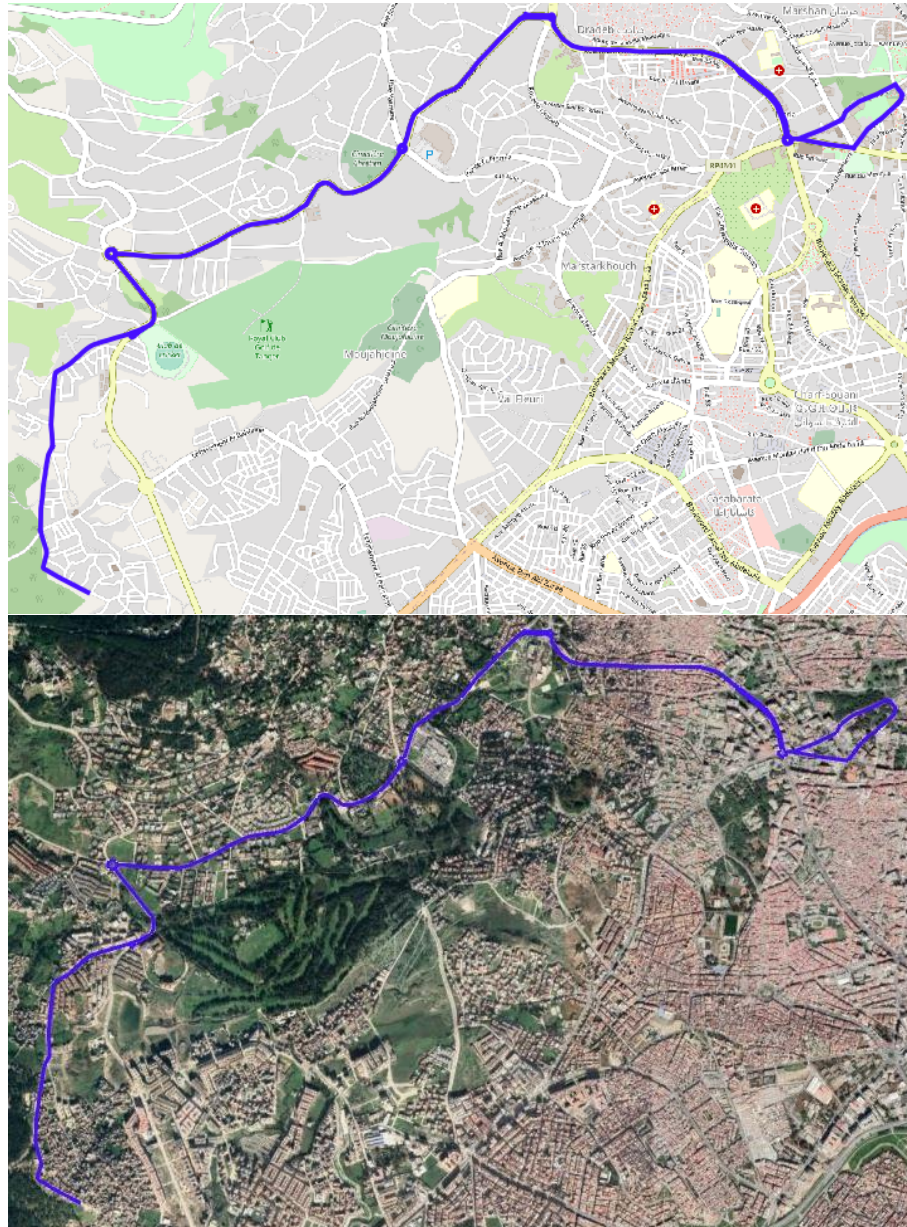


Figura 154. Recorrido de la línea 4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 4B: Hawma Jbala – Sidi Bouabid

La línea 4B, de 6,20 km de longitud, atraviesa la parte norte de la ciudad en dirección oeste-este, pasando por diferentes mezquitas y por la Facultad de Medicina. Con un total de 11 paradas y una distancia media entre paradas de 575 m, tiene correspondencia con las líneas 4, 5, 6, 9A, 10, 11, 17, 21, 15 e I11. Da servicio entre las 6:35 y las 21:05 con una frecuencia de 65 minutos y una tarifa base de 3,50 dirhams.

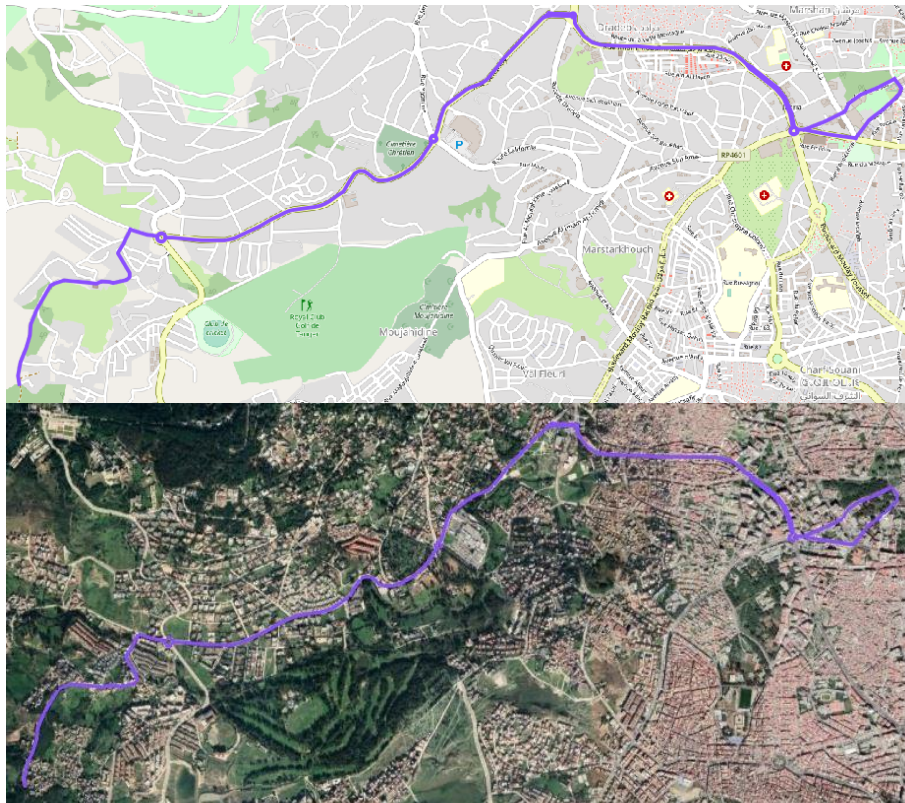


Figura 155. Recorrido de la línea 4B
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 5: Medyouna – Rmilat – Sidi Bouabid

La línea 5, parte de la Reserva Natural del Cabo Espartel y circula en dirección oeste-este en la zona norte de la ciudad con 11,80 km de longitud. Pasa por el Palacio real, diferentes mezquitas, el Hospital Mohamed V y la Facultad de Medicina. En su recorrido, esta línea hace 13 paradas, con una distancia media entre paradas de 900 m, y conecta con las líneas 2, 4, 4B, 6, 17, I5 e I11. Da servicio entre las 7:15 y las 21:00 con una frecuencia de 45 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

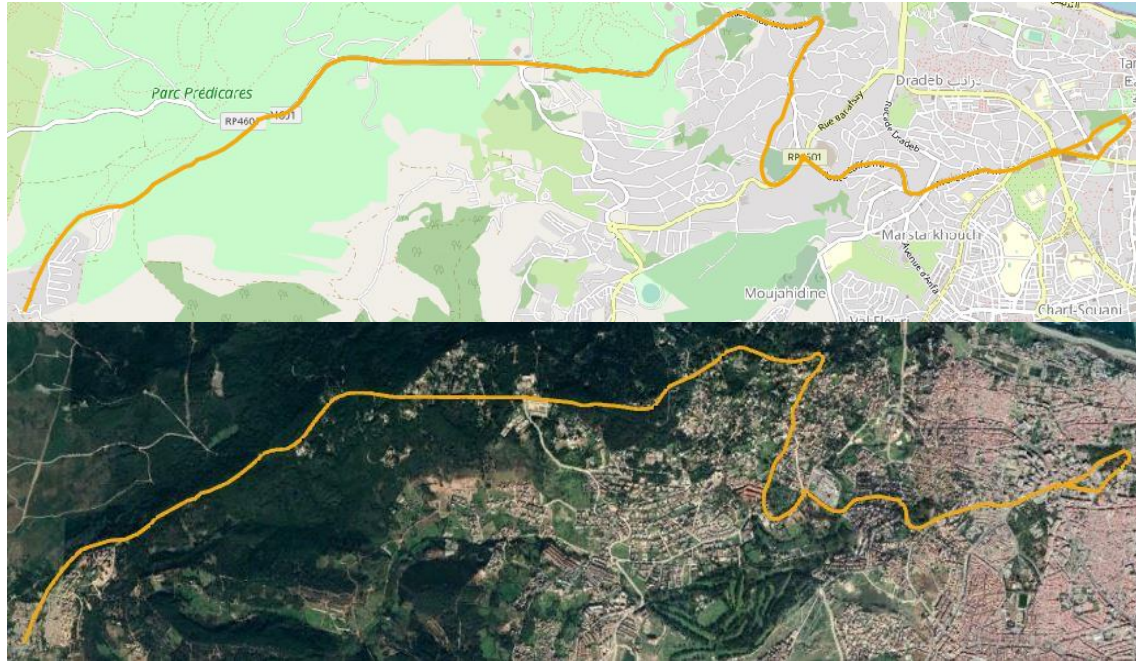


*Figura 156. Recorrido de la línea 5
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 6: Sidi Bouabid – Sidi Driss – Estación de autobuses

La línea 6 parte de la estación de autobuses y circula en dirección sur- norte. Tiene una longitud de 11,90 km y pasa por el Hospital Mohamed VI, el Puente Ben Diban y el barrio de Casabarata. En su recorrido la línea realiza 26 paradas, con una distancia media entre paradas de 450 m, y conecta con las líneas 1B, 2A, 3, 4, 4B, 5, 7, 8, 9A, 11, 12, 14, 18, 19, 23, 26, 30, I1, I5, I8, I9, I10 e I11. La línea da servicio entre las 6:30 y las 21:40, con una frecuencia de 25 minutos, y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

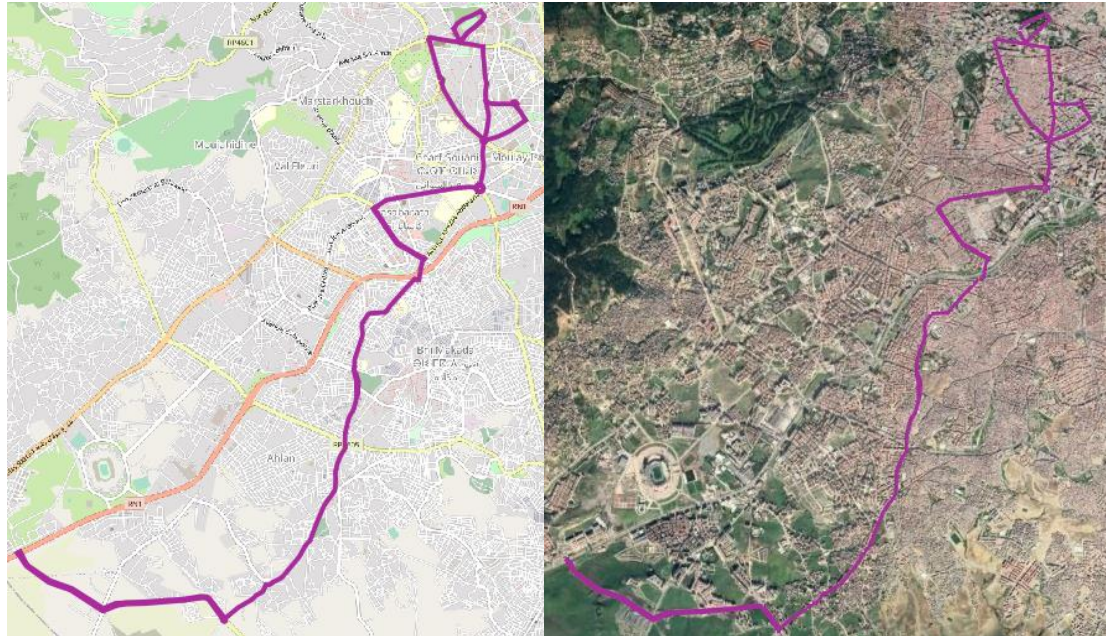


*Figura 157. Recorrido de la línea 6
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 7: Bir Chifa – Iberia

Esta línea, tiene una orientación sur-norte atravesando una buena parte de la zona este de la ciudad. Tiene una longitud de 10,40 km y atraviesa puntos de interés como la Casa de la Seguridad Social, diferentes centros de salud como el Centro de Salud Bir Chiffa y el Parque Moulay Ismail. En su recorrido realiza 23 paradas, con una distancia media entre paradas de 450 m, y conecta con las líneas 1B, 2, 3, 4, 4B, 6, 8, 9A, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 23, I1, I5, I6, I7, I9, I10, I11 e I12. Funciona entre las 6:40 y las 21:30 con una frecuencia de 27 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dírham.

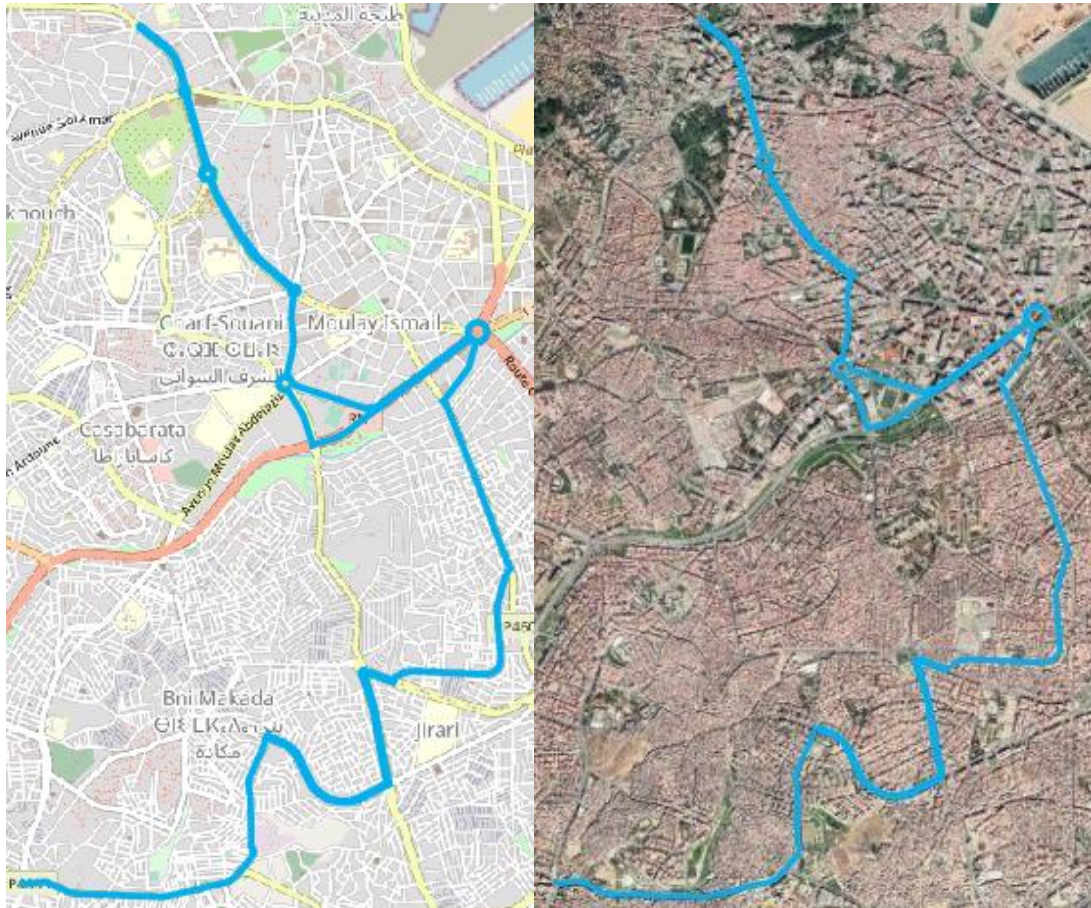


Figura 158. Recorrido de la línea 7
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 8: Hawma El Oued – Casabarata

La línea 8 tiene una longitud de 7,60 km y recorre la zona norte de la ciudad de este a oeste. Atraviesa puntos de interés como la Estación de Ferrocarril de Tánger, diferentes mezquitas y el mercadillo Casabarata. En su recorrido realiza 16 paradas, con una distancia entre paradas de 475 m, y conecta con las líneas 1B, 2, 2A, 6, 9A, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 23, 26, I1, I3, I4, I5, I8, I9, I10, I12 e I13. Funciona entre las 6:30 y las 21:50 con una frecuencia de 17 minutos y tiene una tarifa base de 3,00 dirhams.

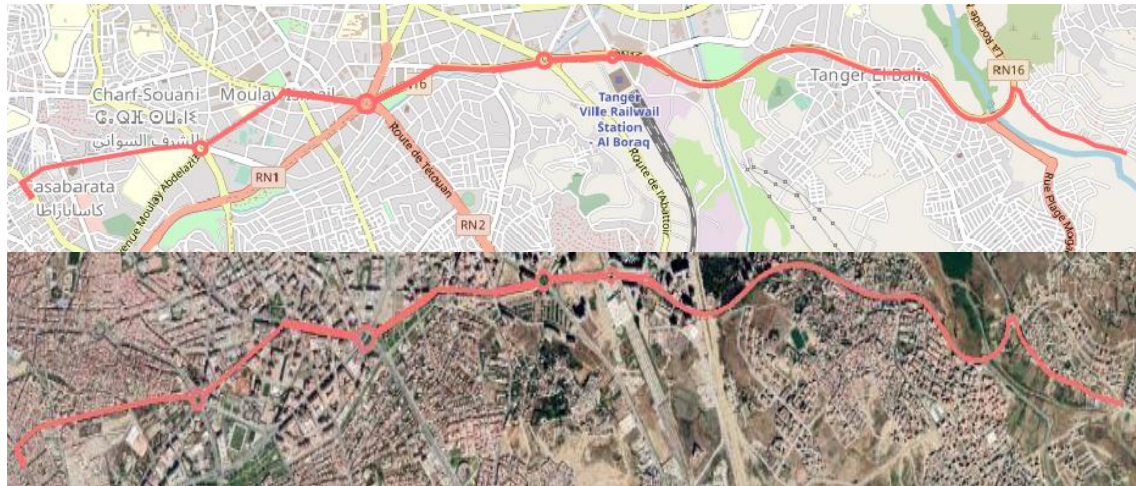


Figura 159. Recorrido de la línea 8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 9A: Zoco de Gueznaia – Dradeb

La línea 9A tiene una longitud de 15,80 km y recorre la ciudad de norte a sudoeste, hasta llegar a la Zona Industrial de Gueznaia. Durante su recorrido, atraviesa diferentes centros educativos, mezquitas y centros comerciales. Además, tiene especial importancia ya que una de sus paradas se ubica en el Aeropuerto Tánger-Ibn Batouta. Realiza 28 paradas, con una distancia media entre paradas de 575 m, siendo la línea con el mayor número de conexiones a lo largo de su recorrido, conectando con las líneas 1, 1B, 2, 2A, 3, 4, 4B, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 30, I1, I2, I5, I8, I9, I10, I11 e I17. Funciona entre las 6:30 y las 22:10 con una frecuencia de 15 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

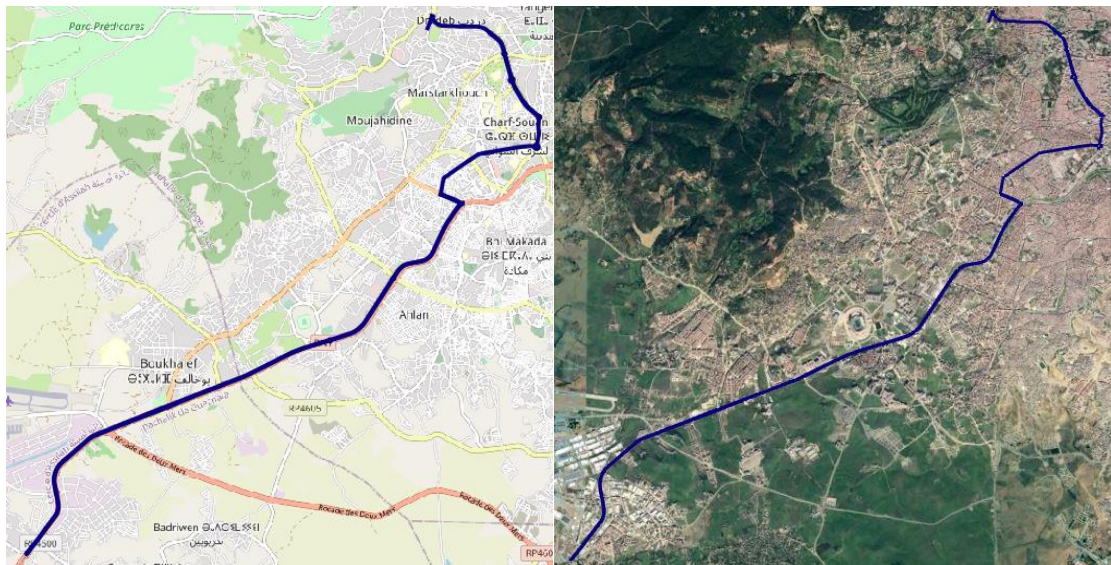


*Figura 160. Recorrido de la línea 9A
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 10: Zona Industrial Mghogha – Dradeb

La línea 10 cruza en diagonal la zona noreste de la ciudad. Tiene una longitud de 9,20 km y, en su recorrido, la línea atraviesa el antiguo Barrio Español y la Plaza de Toros de Tánger, además de diferentes centros educativos, mezquitas y centros comerciales. Cuenta con 20 paradas, con una distancia media entre paradas de 450 m, y tiene conexión con las líneas 2, 3, 4, 4B, 7, 8, 9A, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 21, 23, 14, 15, 17, 110, 111, 113 e 116. Funciona entre las 5:00 y las 21:15 con una frecuencia de 10 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

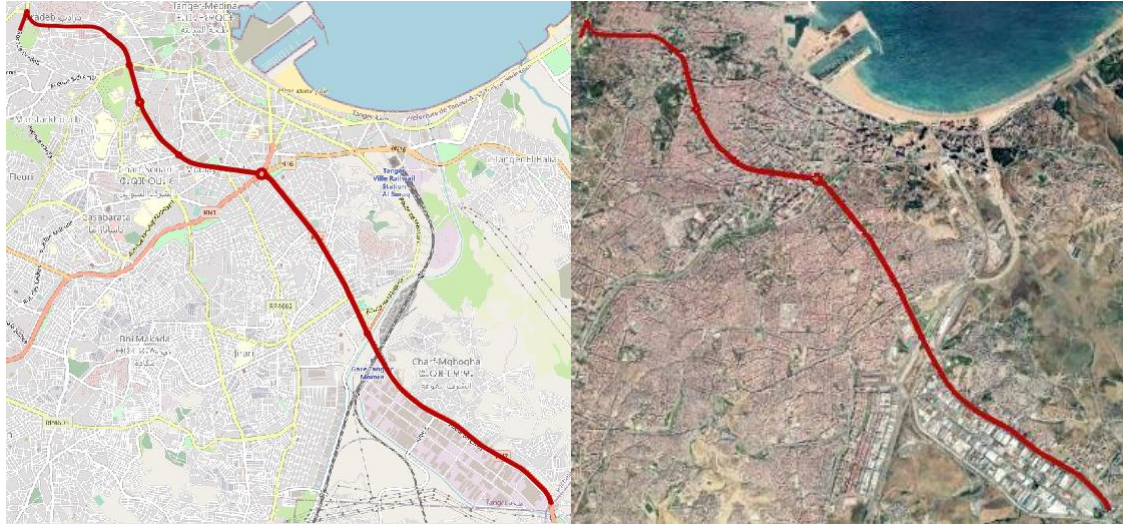


Figura 161. Recorrido de la línea 10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 11: Aouama – Dradeb

La línea 11, con 15,30 km de longitud, atraviesa Tánger de sur a norte, pasando por múltiples centros educativos, centros de salud y centros comerciales. Con 34 paradas y una distancia media entre paradas de 450m, es la segunda línea con más conexiones a lo largo de su recorrido, coincidiendo con las líneas 1B, 2, 3, 4, 4B, 6, 7, 8, 9A, 10, 12, 14, 18, 19, 21, 23, 27, I1, I5, I6, I7, I9, I10, I11, I14 e I16. Funciona entre las 6:32 y las 21:45 con una frecuencia de 20 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.



Figura 162. Recorrido de la línea 11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 12: El Mers – Iberia

La línea 12 tiene una longitud de 12,70 km, empieza su recorrido al sur de la ciudad, atravesándola en dirección norte, pasando por hoteles, cines y centros educativos, entre otros. Realiza 24 paradas, con una distancia entre paradas de 525 m, y tiene correspondencia con las líneas 1B, 2, 3, 4, 4B, 6, 7, 8, 9A, 10, 11, 14, 16, 18, 19, 23, I1, I5, I6, I9, I10 e I11. Funciona entre las 6:30 y las 21:55 con una frecuencia de 20 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

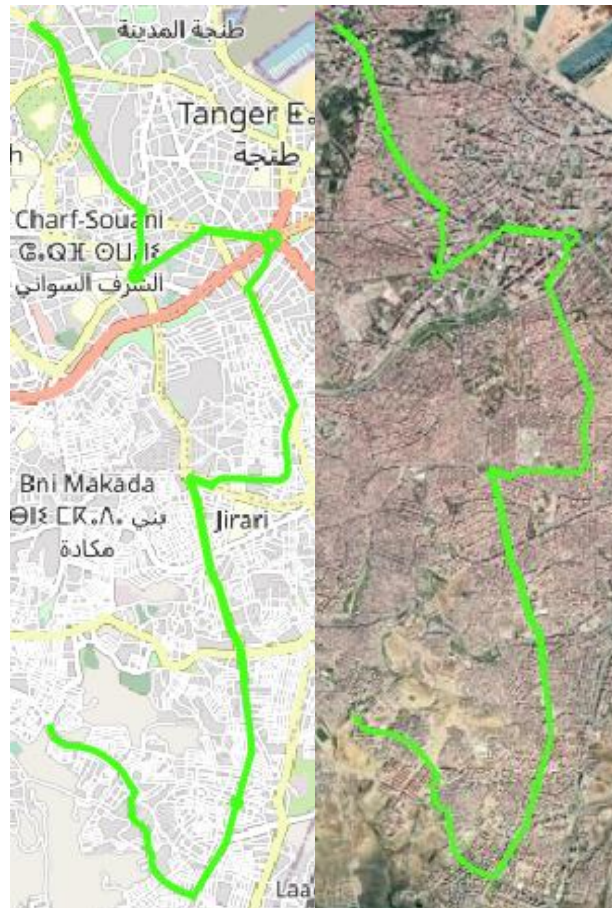


Figura 163. Recorrido de la línea 12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 13: Marjane (Ctra. Tetuán) – Estación de ferrocarril

La línea 13 tiene 9,90 km de longitud y conecta la Estación de Ferrocarril de Tánger con el Centro Comercial Marjane, situado en la Carretera de Tetuán, dando acceso también a la Zona Industrial Mghogha. Tiene un total de 14 paradas, con una distancia media entre paradas de 700 m, y conecta con las líneas 2, 8, 10, 16, 18, 23, 30, I2, I4, I7, I8, I9, I12, I13 e I16. Opera entre las 6:30 y las 20:00 con una frecuencia de 75 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

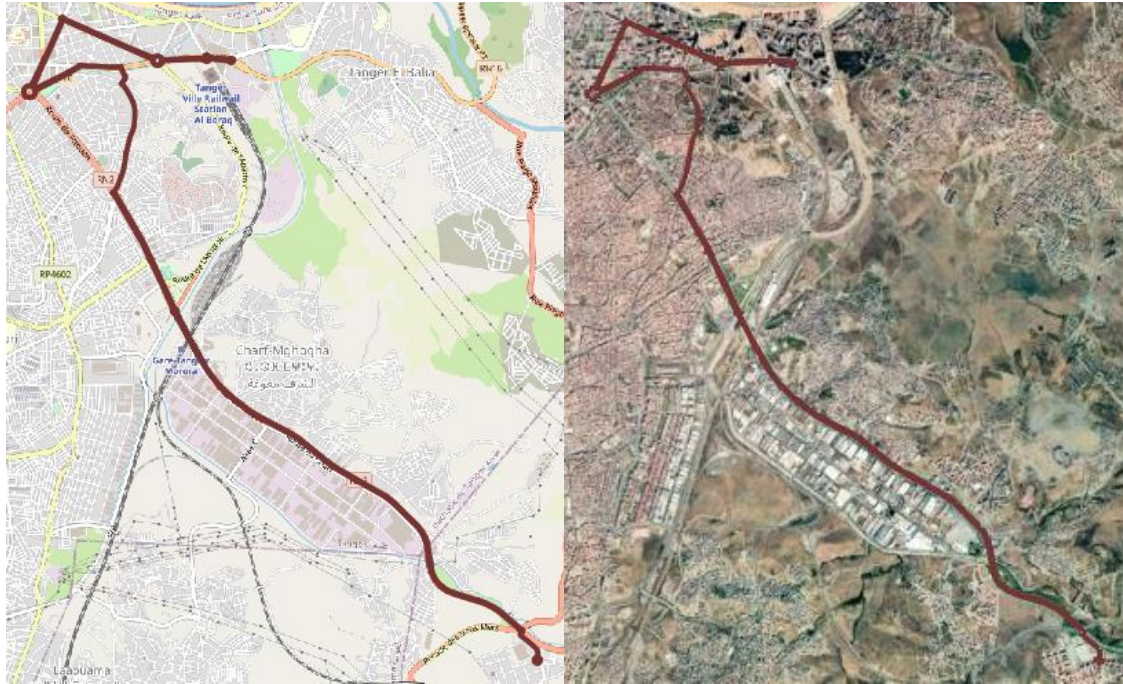


*Figura 164. Recorrido de la línea 13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 14: Iberia – Sania – Hrarech

La línea 14 circula de oeste a este en la zona norte de la ciudad, próxima al Puerto Tánger-Ville y al paseo marítimo, pasando por la Estación de Ferrocarril de Tánger. En su recorrido se encuentran lugares turísticos como la Mezquita Sidi Bou Abib, el Cine Rif y el Teatro Cervantes. En su recorrido hace 15 paradas en su 9,60 km de longitud, dejando una distancia media entre paradas de 650 m, y conecta con las líneas 3, 4, 4B, 7, 8, 9A, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 20, I3, I5, I10 e I12. Opera entre las 6:50 y las 21:35 con una frecuencia de 20 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

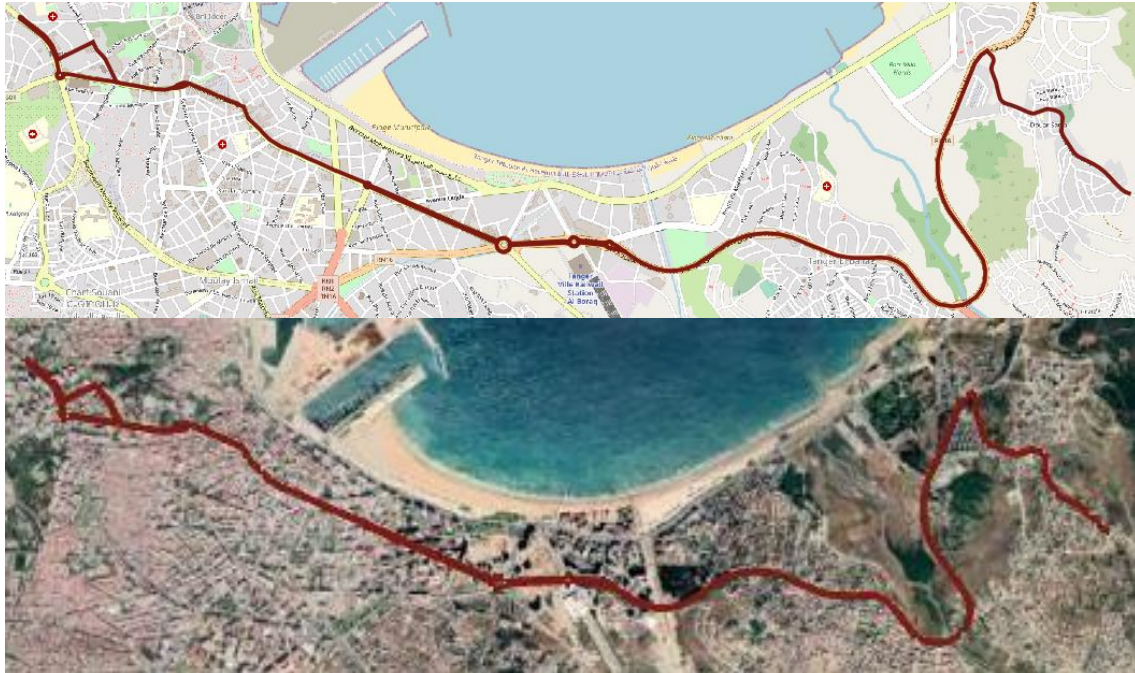


Figura 165. Recorrido de la línea 14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 16: El Mnar – Castilla

La línea 16 inicia su recorrido muy próximo al Parque Moulay Ismail y circula en dirección noreste, saliendo un poco de la zona urbana pasando por Malabata y recorriendo toda la zona costera en la que se encuentran diferentes hoteles y atractivos turísticos. En sus 11,70 km realiza 20 paradas, con una distancia media entre paradas de 575m, y conecta con las líneas 2, 8, 12, 13, 14, 20, I3, I4, I5, I9, I12 e I13. Opera entre las 6:15 y las 21:20 con una frecuencia de 60 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

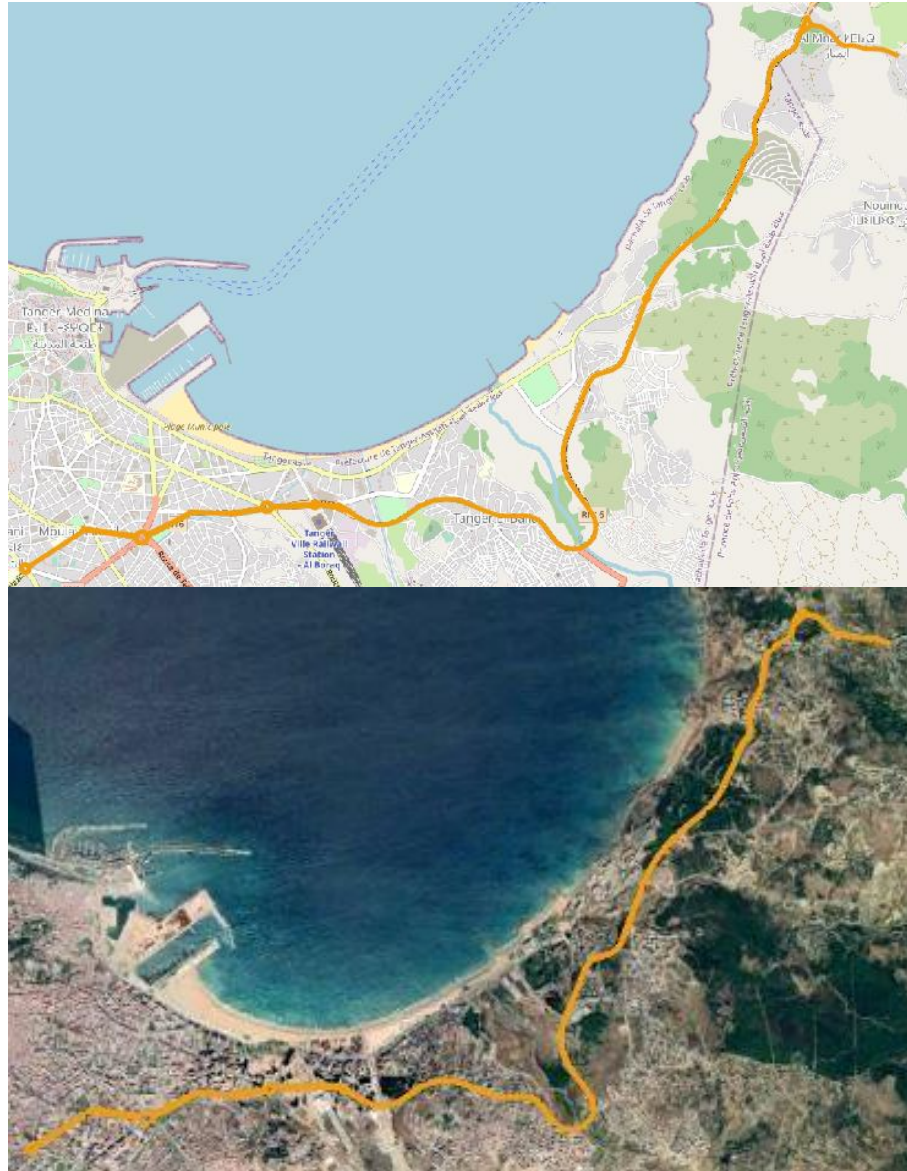


*Figura 166. Recorrido de la línea 16
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 17: Msnana – Mujahidine – Marshan

La línea 17 tiene una longitud de 7,20 km y recorre la zona noreste de la ciudad, realizando 14 paradas, con una distancia media entre paradas de 525 m. Pasa por el Palacio de las Instituciones Italianas y el Consulado de España. Es una de las líneas con menos conexiones, a lo largo de su recorrido conecta con las líneas 2, 5, 14 y 18. Opera entre las 7:00 y las 21:35 con una frecuencia de 35 minutos y tiene una tarifa base de 3,00 dirhams.

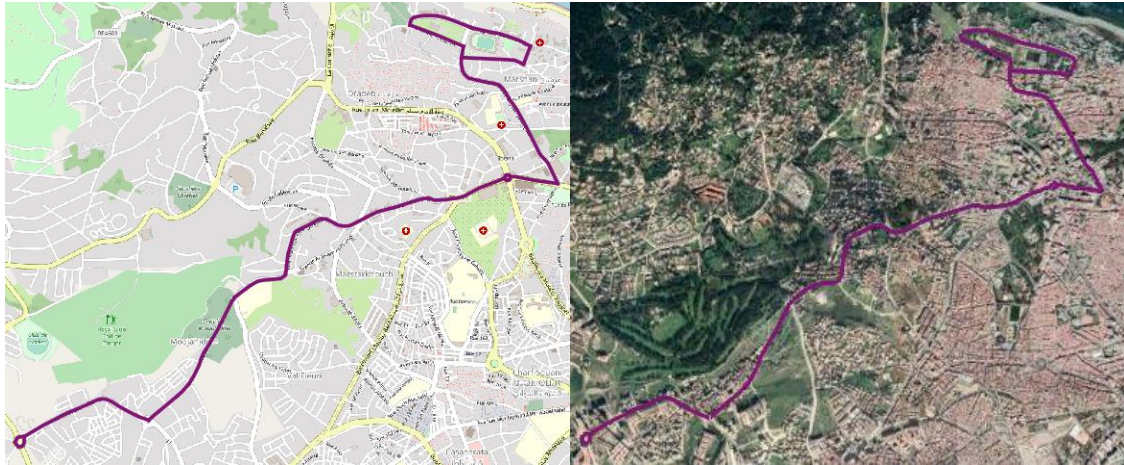


Figura 167. Recorrido de la línea 17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 18: Mghogha Sqhira – Iberia

La línea 18 recorre de sureste a noroeste la zona este de la ciudad, atravesando el antiguo Barrio Español. A lo largo de su recorrido, de 7,10 km de longitud, hace 13 paradas, con una distancia media entre paradas de 550 m, y conecta con las líneas 3, 4, 4B, 7, 9A, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 14, 17, 110, 113 e 116. Funciona entre las 6:30 y las 21:40 con una frecuencia de 20 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.



Figura 168. Recorrido de la línea 18
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 19: Nueva Ciudad Ibn Batouta – Castilla

La línea 19 inicia su recorrido en Nueva Ciudad Ibn Batouta, nuevo desarrollo situado al suroeste de Tánger, y pasa por la Zona Industrial de Gueznaia y el Aeropuerto hasta llegar a la zona de Castilla. En su recorrido hace 26 paradas, con una distancia media entre paradas de 800 m, y conecta con las líneas 1, 1B, 2A, 3, 6, 7, 8, 9A, 11, 12, 20, 23, 26, 30, I1, I2, I8, I9, I10, I11 e I17. Funciona entre las 7:00 y las 20:10 con una frecuencia de 95 minutos y tiene una tarifa base de 4,50 dirhams.

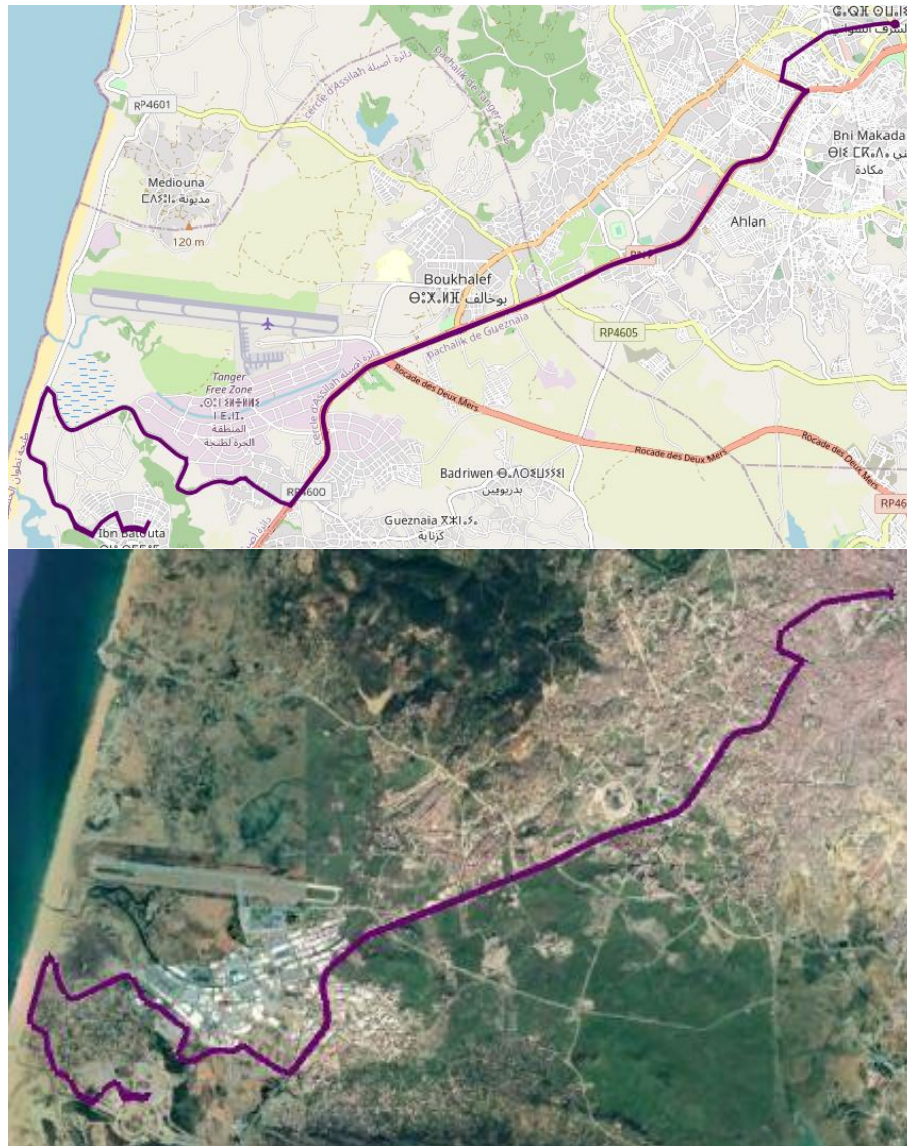


Figura 169. Recorrido de la línea 19
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 20: Ciudad Universitaria – Hawmat el Ouad

La línea 20 conecta la Ciudad Universitaria, al suroeste de la ciudad, con el barrio de Bellavista, ubicado al noreste de la ciudad. Recorre 19,10 km de longitud y da servicio a diferentes centros educativos, de salud y a la Estación de Ferrocarril de Tánger. En su recorrido hace 36 paradas, con una distancia media entre paradas de 525 m, y conecta con las líneas 1, 1B, 2, 8, 9A, 14, 16, 19, 21, 30, I2, I3, I5, I8, I9, I10, I11, I12 e I17. Opera entre las 5:15 y las 22:20 con una frecuencia de 8 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

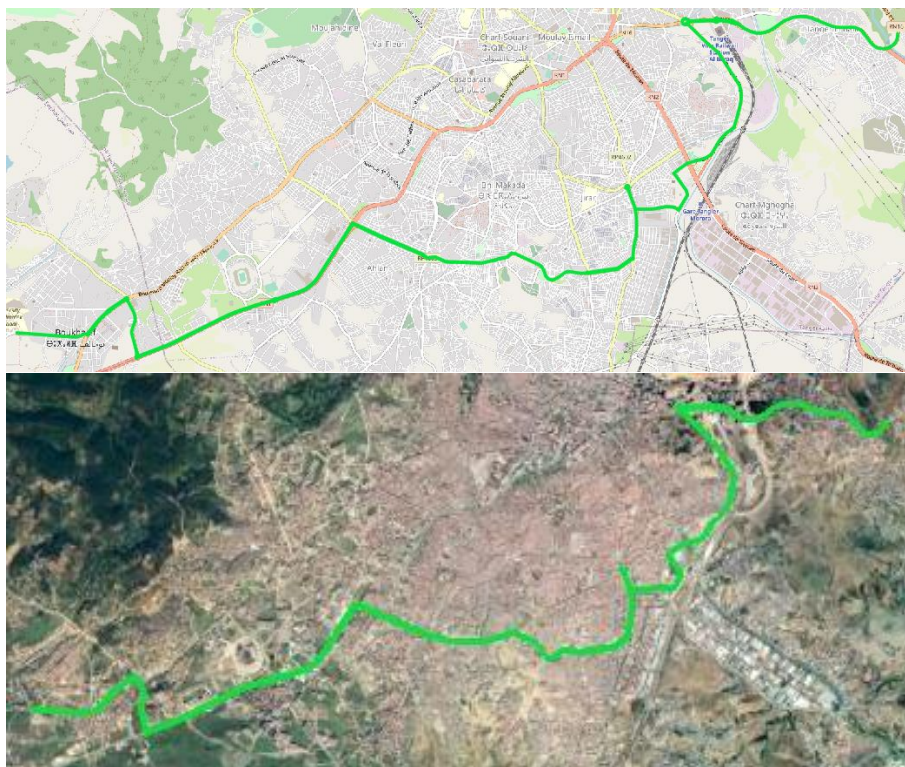


Figura 170. Recorrido de la línea 20
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 21: Dradeb – Msnana – Boukhalef

La línea 21 conecta Ciudad Universitaria con el barrio de Dradeb, ubicado al noroeste de la ciudad. En su recorrido de 10,60 km, realiza 17 paradas, con una distancia media entre paradas de 625 m, y conecta con las líneas 1, 1B, 2, 2A, 4, 4B, 5, 9A, 10, 11, 20, 26 y 30. Opera entre las 7:00 y las 21:10 con una frecuencia de 40 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

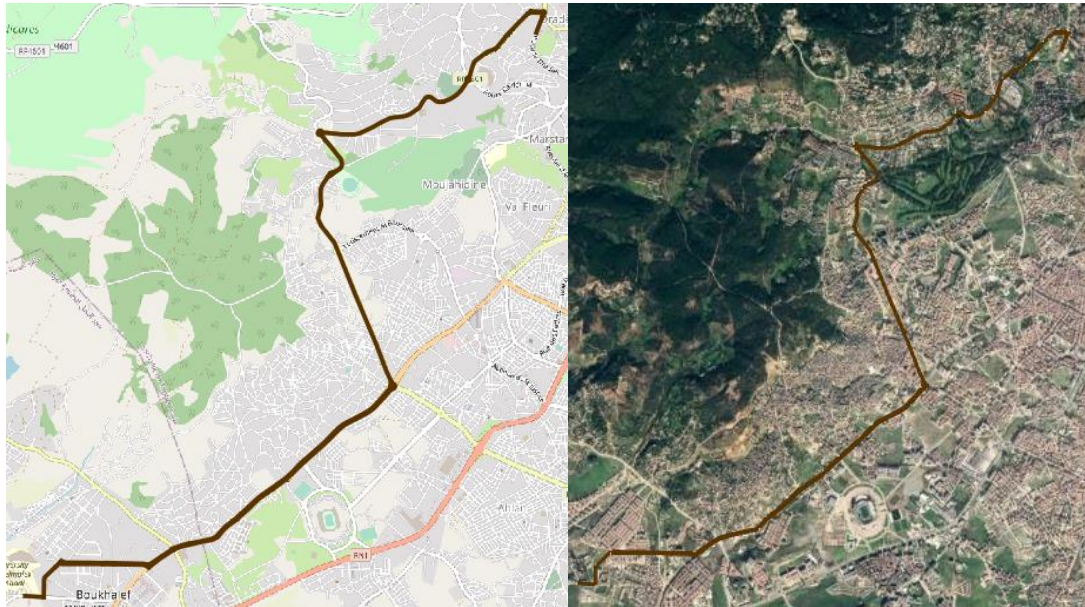


Figura 171. Recorrido de la línea 21
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 23: Ain Mechlawah – Castilla

La línea 23 parte de Castilla, en el centro de la ciudad, en dirección sureste. En su recorrido, pasa por varios bancos como el Banco Popular o el Crédit du Maroc, la Casa Nacional de la Seguridad Social y diferentes centros educativos, hasta llegar a la Zona Industrial Maghgha, estando una parte de su recorrido fuera del área urbana. En su recorrido de 12,10 km, realiza 17 paradas, con una distancia media entre paradas de 700 m, y conecta con las líneas 1B, 2A, 3, 6, 7, 8, 9A, 10, 11, 12, 13, 19, 26, 27, I1, I4, I6, I7, I8, I9, I10, I13, I14 e I16. Opera entre las 6:45 y las 20:50 con una frecuencia de 20 minutos y tiene una tarifa base de 3,00 dirhams.

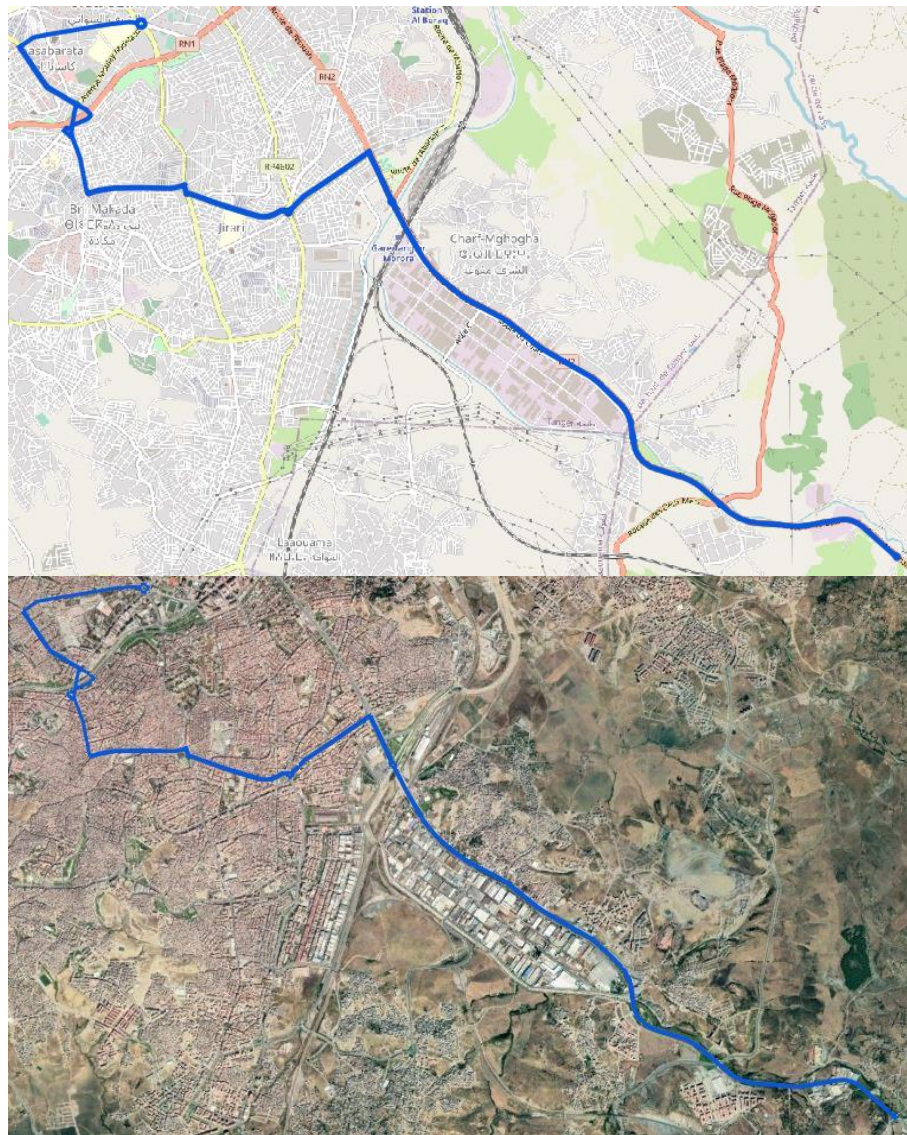


*Figura 172. Recorrido de la línea 23
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 26: Achakar – Castilla

La línea 26 inicia su recorrido en Castilla, en el centro de Tánger, y se dirige hacia el oeste hasta llegar a la Playa Sol. Da servicio a múltiples centros educativos, y pasa muy próxima al Estadio Ibn Batouta. En su recorrido de 15,80 km, realiza 20 paradas, con una distancia media entre paradas de 800 m, y conecta con las líneas 1, 1B, 2, 2A, 6, 8, 9A, 19, 21, 23, I1, I2, I8 e I10. Opera entre las 6:25 y las 22:30 con una frecuencia de 40 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

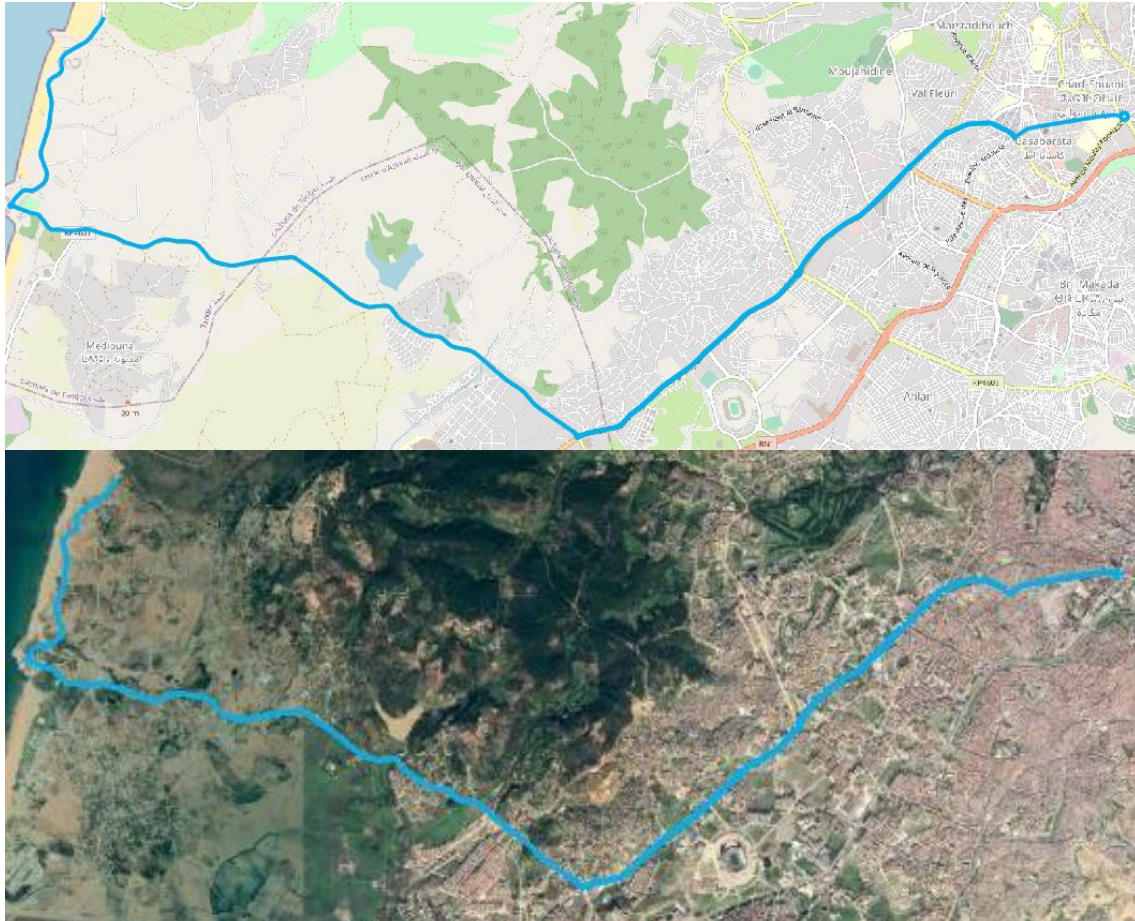


Figura 173. Recorrido de la línea 26
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea 27: Dchar L'Aouama – Castilla

La línea 27 inicia su recorrido en Castilla en el centro de Tánger y da servicio a varios barrios, como Essaada, Regaye, El Majd o Ibour, hasta llegar al barrio de Oudaya, pasando por varios centros educativos. En su recorrido de 9,50 km, realiza 17 paradas, con una distancia media entre paradas de 550 m, y conecta con las líneas 3, 11, 23, I1, I2, I6, I7, I8, I11, I14, I16 e I17. Opera entre las 6:25 y las 21:30 con una frecuencia de 40 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

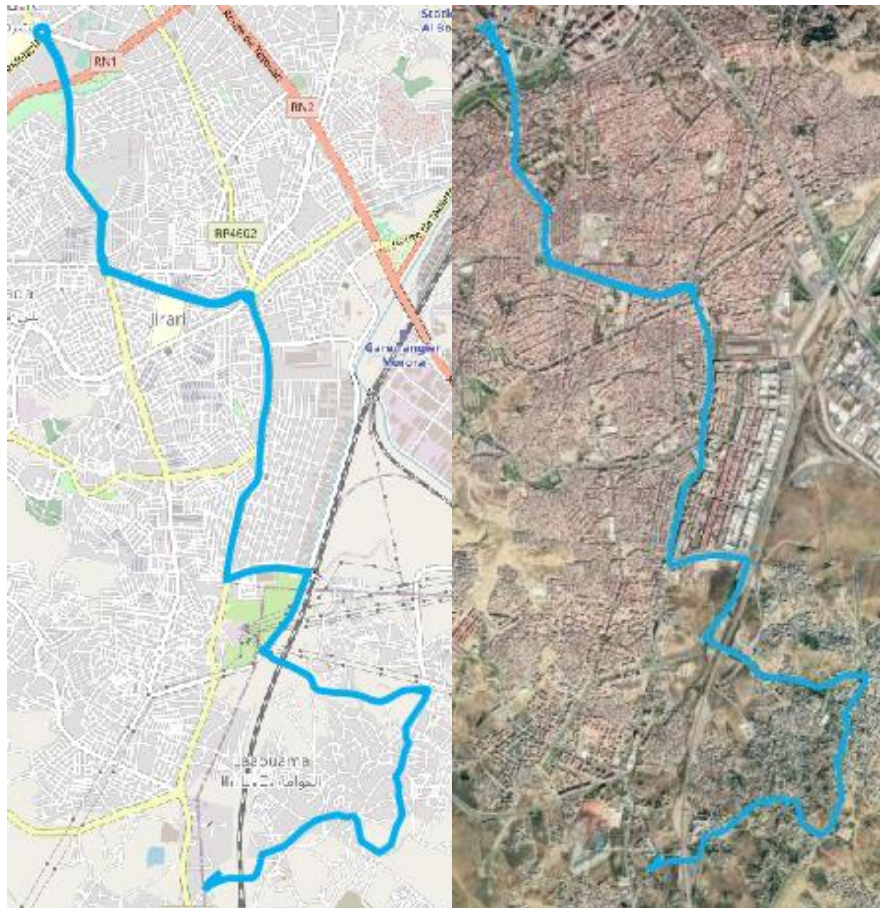


*Figura 174. Recorrido de la línea 27
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea 30: Boukhalef – Aouama – Estación de ferrocarril

La línea 30 empezó a operar en el mes de diciembre de 2019 y conecta la Ciudad Universitaria y la Estación de ferrocarril de Tánger. En su recorrido de 18,10 km, realiza 28 paradas, con una distancia media entre paradas de 650 m, y conecta con las líneas 1, 1B, 2, 6, 9A, 13, 19, 20, 21, I2, I3, I4, I8, I9, I10, I11, I12, I13 e I17. Opera entre las 6:25 y las 22:30 con una frecuencia de 40 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

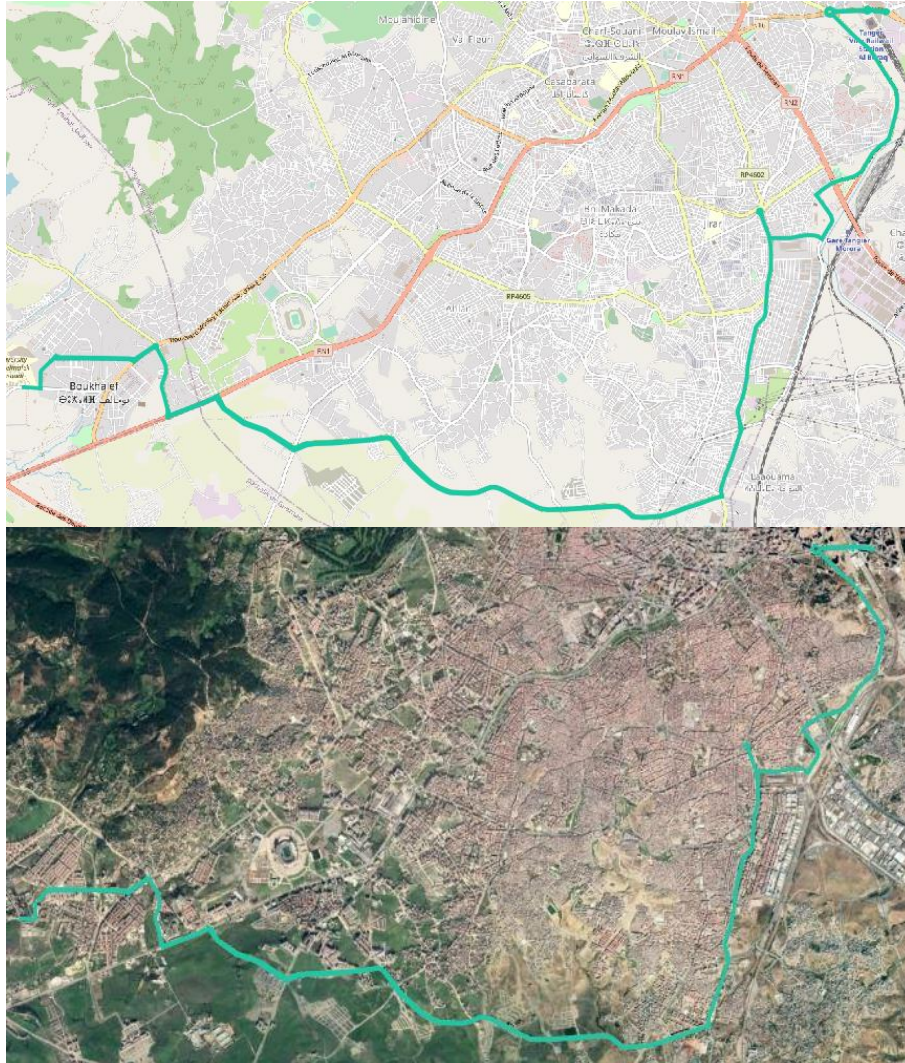


Figura 175. Recorrido de la línea 30
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

ANEXO II: LÍNEAS REGIONALES

Línea I1: Sidi Hssain – Casabarata

La línea I1 tiene una longitud de 12,70 km, empieza su recorrido al sur de la ciudad, atravesándola en dirección norte. Da servicio a hoteles, cines y centros educativos, entre otros. Realiza 28 paradas, con una distancia entre paradas de 575 m, y conecta con las líneas 1B, 2A, 6, 7, 8, 9A, 11, 12, 19, 23, 26, 27, I2, I6, I7, I8, I10, I14 e I16. Opera entre las 6:45 y las 20:00 con una frecuencia de 130 minutos y tiene una tarifa base de 3,00 dirhams.

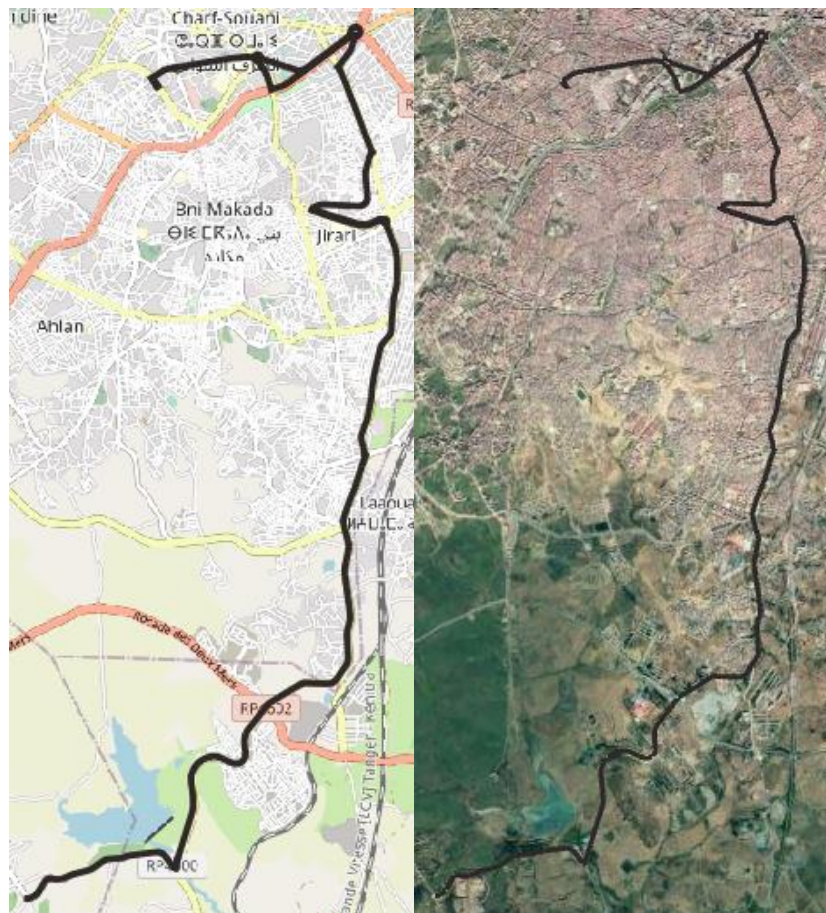


Figura 176. Recorrido de la línea I1
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

La línea I2 comienza su recorrido en la ciudad de Assilah, circulando en dirección noreste hacia la ciudad de Tánger, recorriendo 45,10 km. Además de conectar ambas ciudades, da servicio a hoteles, cines y centros educativos, entre otros. En su recorrido realiza 31 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.450 m, y conecta con las líneas 1, 9A, 19, 20, 27, 30, I6, I7, I8, I9, I10, I11, I15, I16 e I17. Opera entre las 6:00 y las 21:00 con una frecuencia de 35 minutos y tiene una tarifa base de 7,00 dirhams.

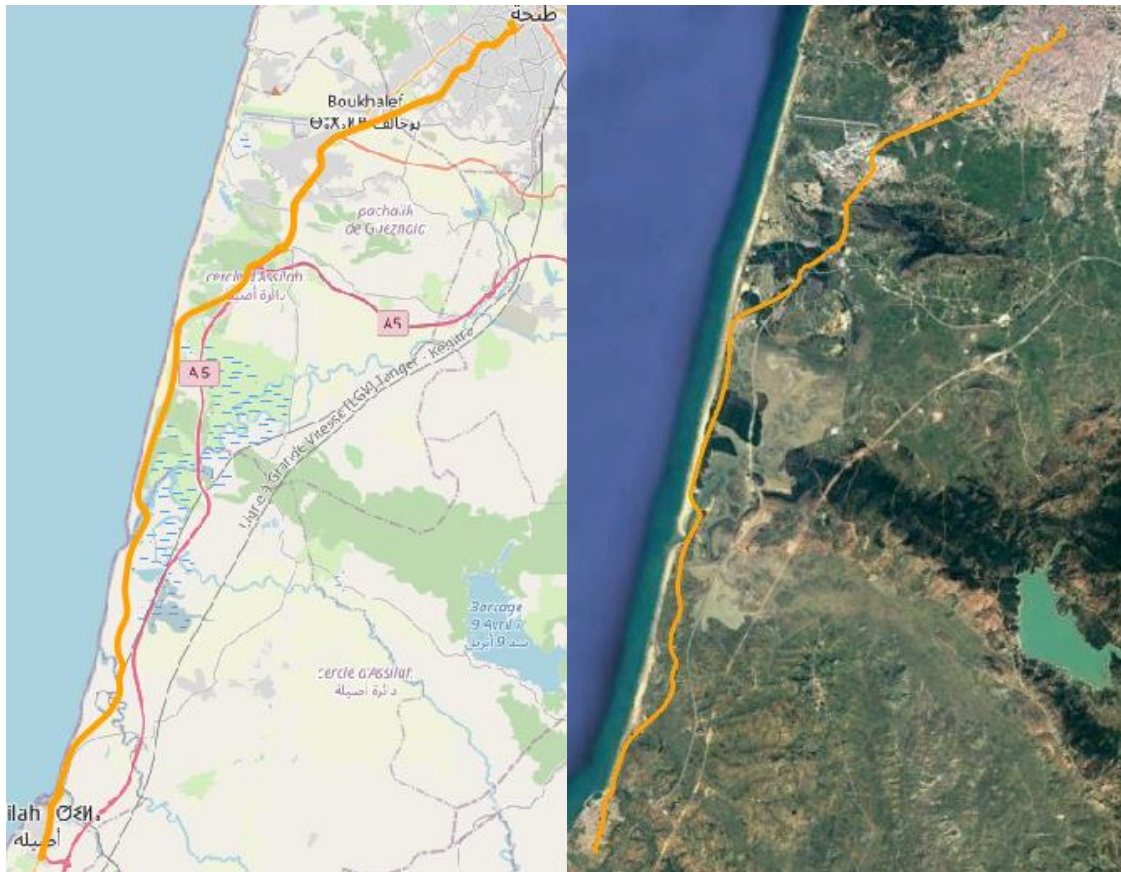


Figura 177. Recorrido de la línea I2
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I3: Puerto Tánger Med – Estación de ferrocarril

La línea I3 comienza su recorrido en el Puerto Tánger Med, uno de los más importantes del país, circulando en dirección suroeste hacia las Estación de ferrocarril de Tánger, recorriendo 44,00 km. En su recorrido realiza 28 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.575 m, y conecta con las líneas 2, 8, 13, 14, 16, 20, 30, I4, I5, I9, I12 e I13. Opera entre las 6:00 y las 21:45 con una frecuencia de 40 minutos y tiene una tarifa base de 7,00 dirhams.

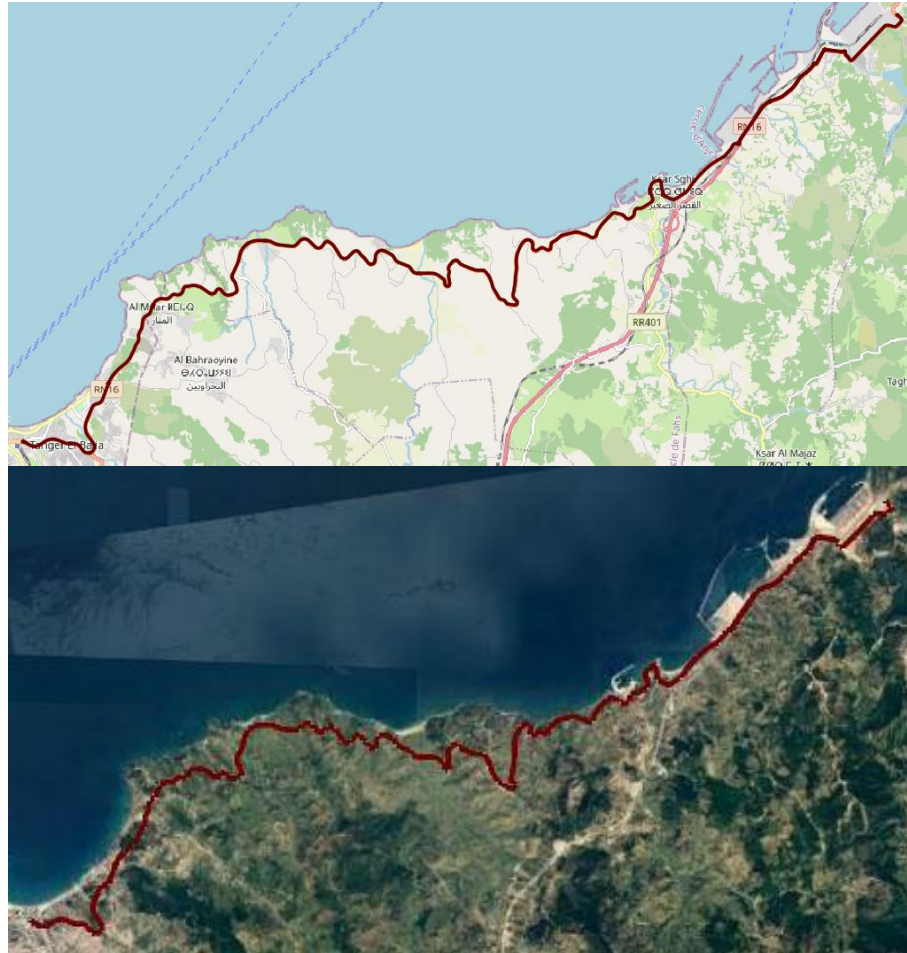


Figura 178. Recorrido de la línea I3
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I4: Dar Chaoui – Estación de ferrocarril

La línea I4 comienza en la población de Dar Chaoui, situada al sureste de Tánger, y circula en sentido noroeste hasta la Estación de ferrocarril de Tánger. Esta línea da servicio a la Ciudad del Automóvil de Tánger y a la Zona Industrial de Mghogha. Recorre una distancia de 39,10 km, realizando 31 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.250 m, y conectando con las líneas 2, 8, 10, 13, 16, 18, 23, 30, I3, I7, I9, I12, I13 e I16. Opera entre las 8:00 y las 20:30 con una frecuencia de 165 minutos y tiene una tarifa base de 7,00 dirhams.

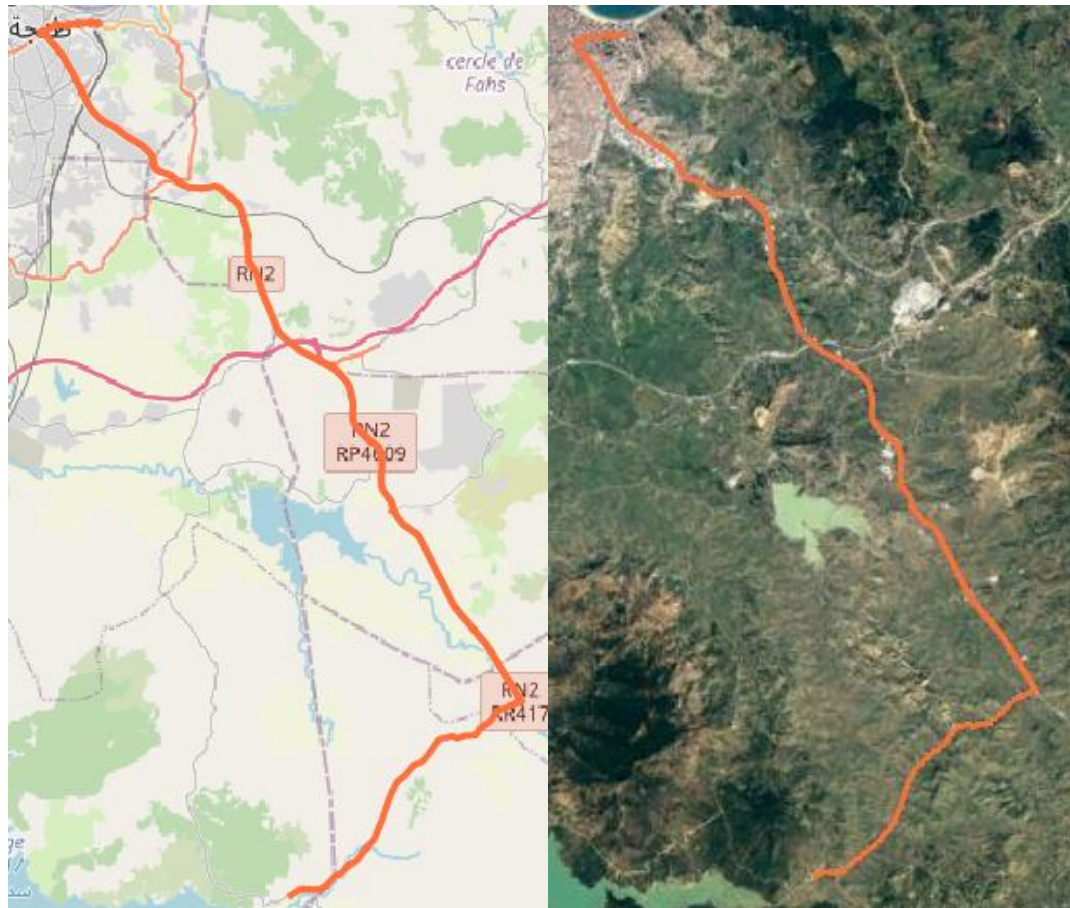


Figura 179. Recorrido de la línea I4
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I5: Nouinouich – Sidi Bouabid

La línea I5 conecta el centro de Tánger con la población de Nouinouich, situada al este de la ciudad, pasando por la Estación de ferrocarril de Tánger y por varios equipamientos. Tiene una longitud de 14,20 km y un total de 16 paradas, dejando una distancia entre paradas de 900 m, en las cuales conecta con las líneas 2, 3, 4, 4B, 5, 6, 7, 8, 9A, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, I3, I10, I11 e I12. Opera entre las 6:30 y las 21:00 con una frecuencia de 65 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

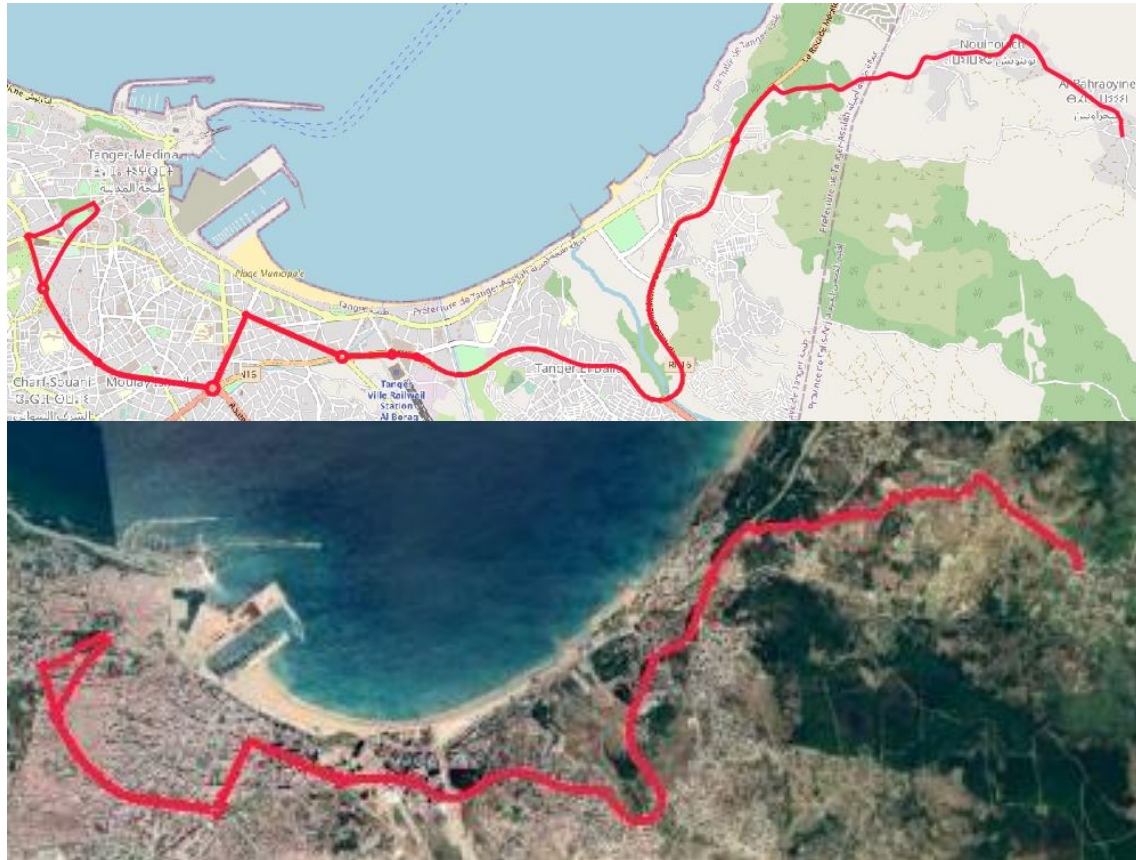


*Figura 180. Recorrido de la línea I5
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea I6: Daymous – Castilla

La línea I6 atraviesa la ciudad de sur a norte, partiendo de la población de Daymous. Recorre 15,30 km y realiza 23 paradas, dejando una distancia entre paradas de 675 m, en las cuales conecta con las líneas 7, 11, 12, 23, 27, I1, I2, I7, I8, I11, I14, I16 e I17. Opera entre las 7:10 y las 19:45 con una frecuencia de 105 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

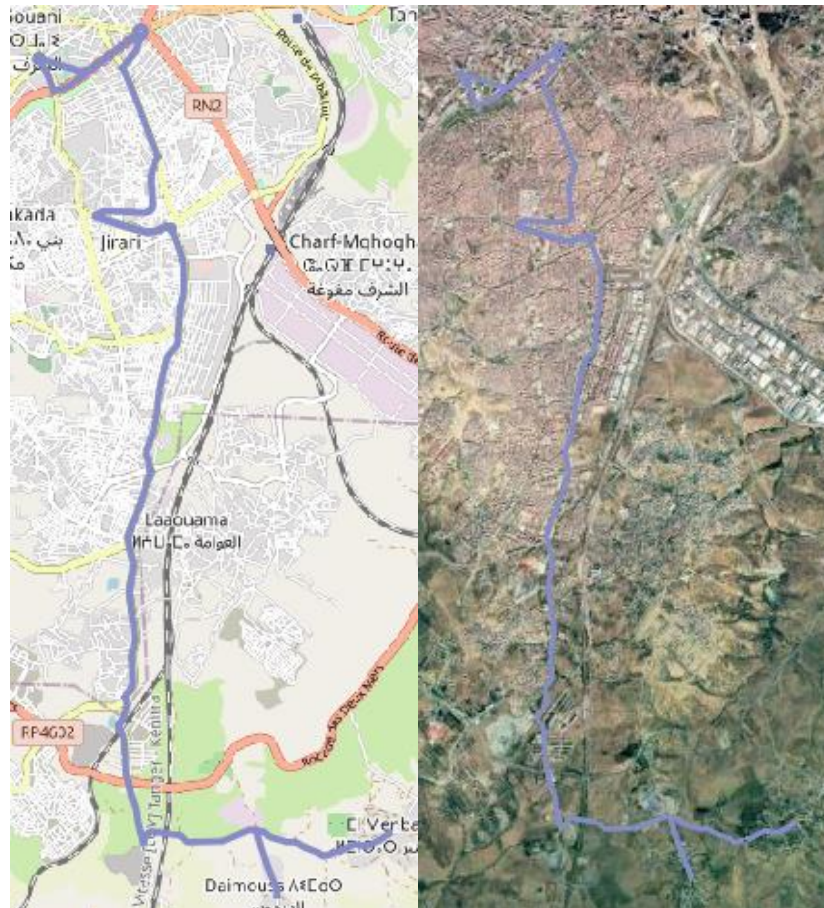


Figura 181. Recorrido de la línea I6
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I7: Beni Wassine – Castilla

La línea I7 comienza su recorrido al este de Tánger y circula en sentido noroeste, dando servicio a la Zona Industrial de Mghogha. Recorre 11,00 km y realiza 14 paradas, dejando una distancia media entre paradas de 775 m, en las cuales tiene correspondencia con las líneas 7, 10, 11, 13, 18, 23, 27, I1, I2, I4, I6, I8, I11, I13, I16 e I17. Opera entre las 8:00 y las 20:00 con una frecuencia de 105 minutos y tiene una tarifa base de 4,00 dirhams.

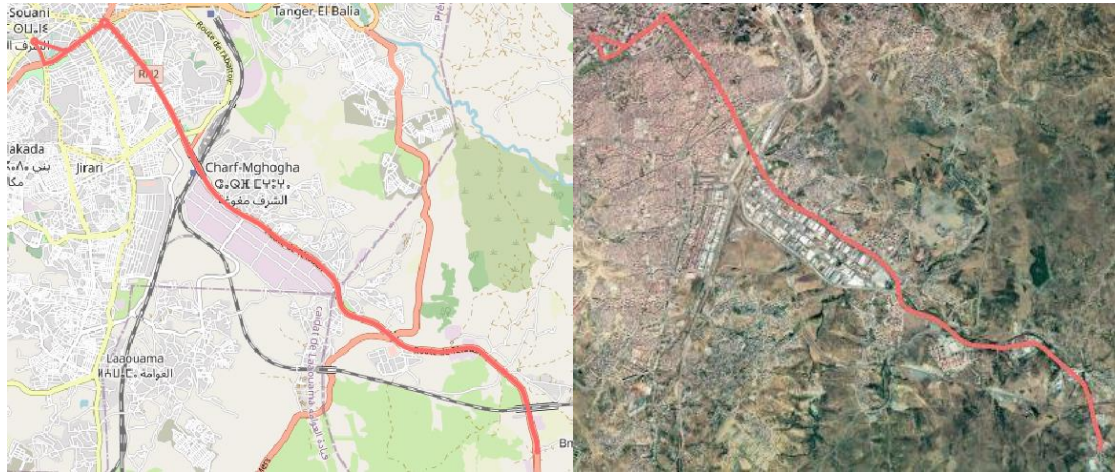


Figura 182. Recorrido de la línea I7
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I8: Squedla – Castilla

La línea I8 comienza en la población de Squedla, situada al sur de Tánger, y acaba en el centro de la ciudad. Da servicio a las Zona Industrial de Gueznaia, a la Zona Franca, al Aeropuerto y al Estadio Ibn Batouta. Recorre 30,00 km y realiza 24 paradas, dejando una distancia media entre paradas de 1.250 m, y conectando con las líneas 1, 1B, 2A, 6, 8, 9A, 19, 20, 23, 26, 27, 30, I1, I2, I6, I7, I9, I10, I11, I16 e I17. Opera entre las 6:45 y las 19:10 con una frecuencia de 140 minutos y tiene una tarifa base de 6,00 dírham.

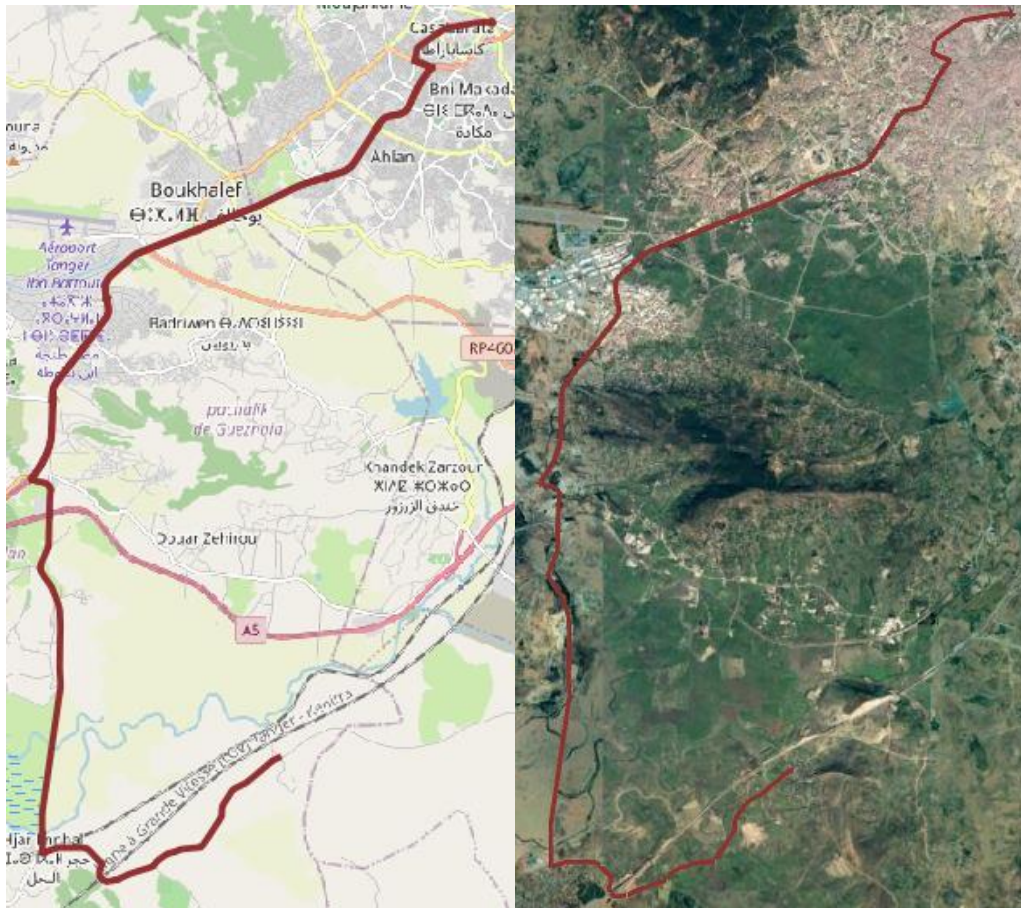


*Figura 183. Recorrido de la línea I8
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea I9: Sidi Hssain – Gueznaia – Estación de ferrocarril

La línea I9 conecta poblaciones del sur de Tánger con la comuna de Gueznaia y la Estación de Ferrocarril de Tánger. Durante su recorrido da servicio a la Zona Industrial de Gueznaia, la Zona Franca, el Aeropuerto, el Estadio y otros equipamientos sociales. Tiene una longitud de 24,30 km y realiza 29 paradas, dejando una distancia media entre paradas de 850 m y conectando con las líneas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9A, 11, 12, 13, 16, 19, 30, I2, I3, I4, I8, I10, I11, I12, I13 e I17. Opera entre las 5:00 y las 20:48 con una frecuencia de 28 minutos y tiene una tarifa base de 3,50 dirhams.

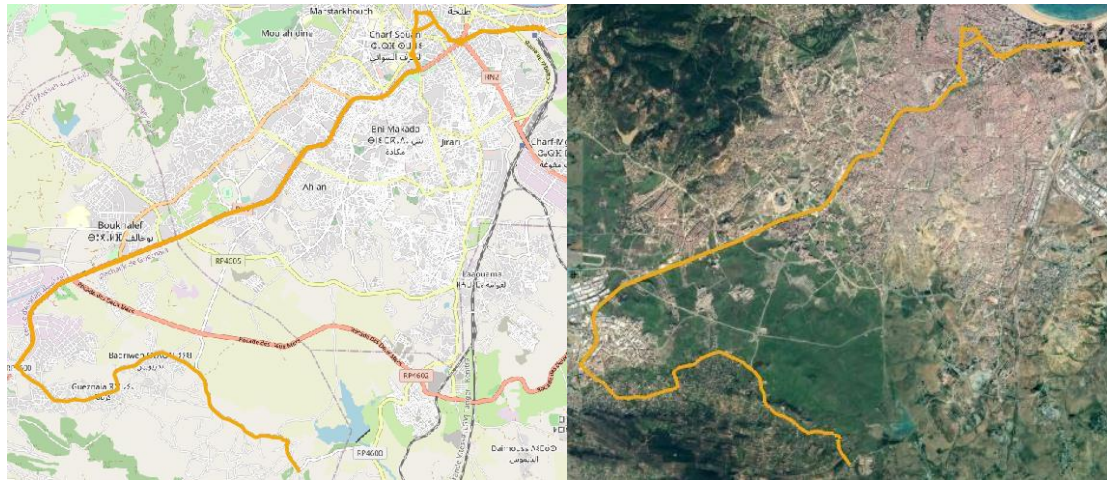


Figura 184. Recorrido de la línea I9
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I10: Bougdour – Iberia

La línea I10 circula de sur a norte dando servicio a la Zona Industrial de Gueznaia, la Zona Franca, el Aeropuerto, el Estadio y otros equipamientos sociales. Recorre 25,20 km y realiza 31 paradas, con una distancia media entre paradas de 825 m, en las cuales conecta con las líneas 1, 1B, 2, 2A, 3, 4, 4B, 6, 7, 8, 9A, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 30, I2, I5, I8, I9, I11 e I17. Opera entre las 7:00 y las 20:10 con una frecuencia de 150 minutos y tiene una tarifa base de 4,00 dirhams.

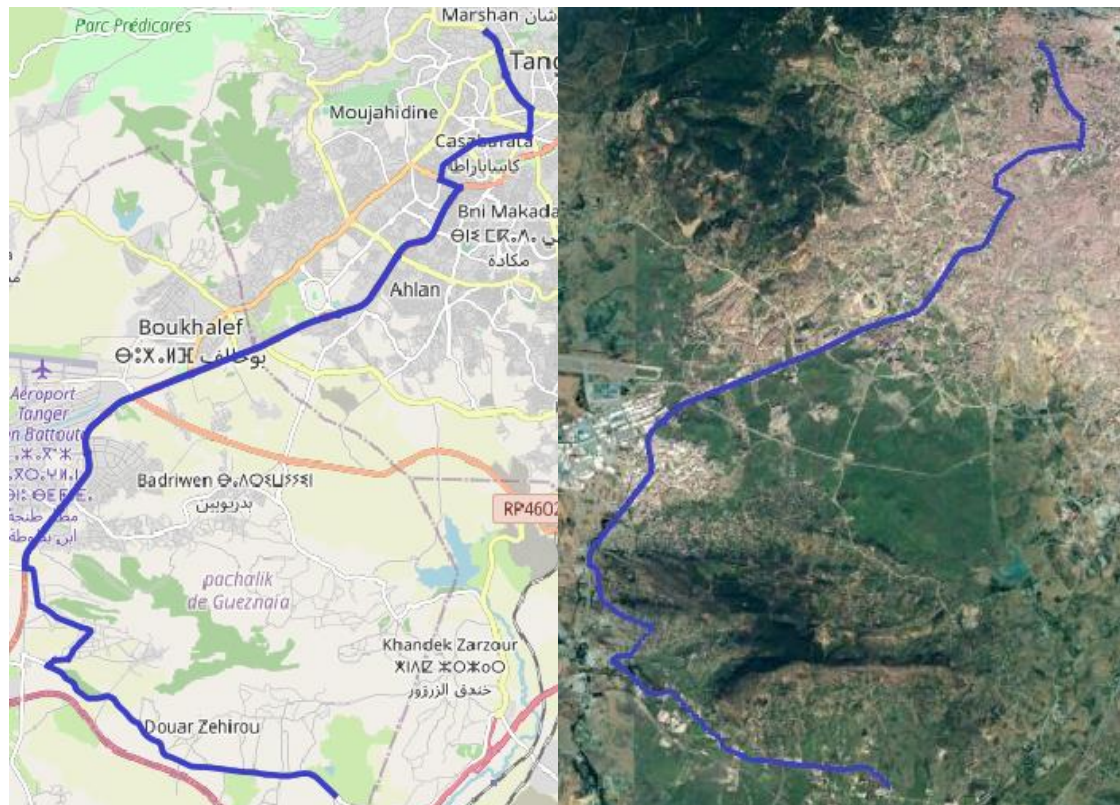


Figura 185. Recorrido de la línea I10
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I11: Had El Garbia – Sidi Bouabid

La línea I11 circula de sur a norte dando servicio a la Zona Industrial de Gueznaia, la Zona Franca, el Aeropuerto, el Estadio y otros equipamientos sociales. Recorre 43,10 km y realiza 30 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.400 m, en las cuales conecta con las líneas 1, 9A, 19, 20, 27, 30, I2, I6, I7, I8, I9, I10, I16 e I17. Opera entre las 6:30 y las 20:10 con una frecuencia de 110 minutos y tiene una tarifa base de 6,00 dirhams.

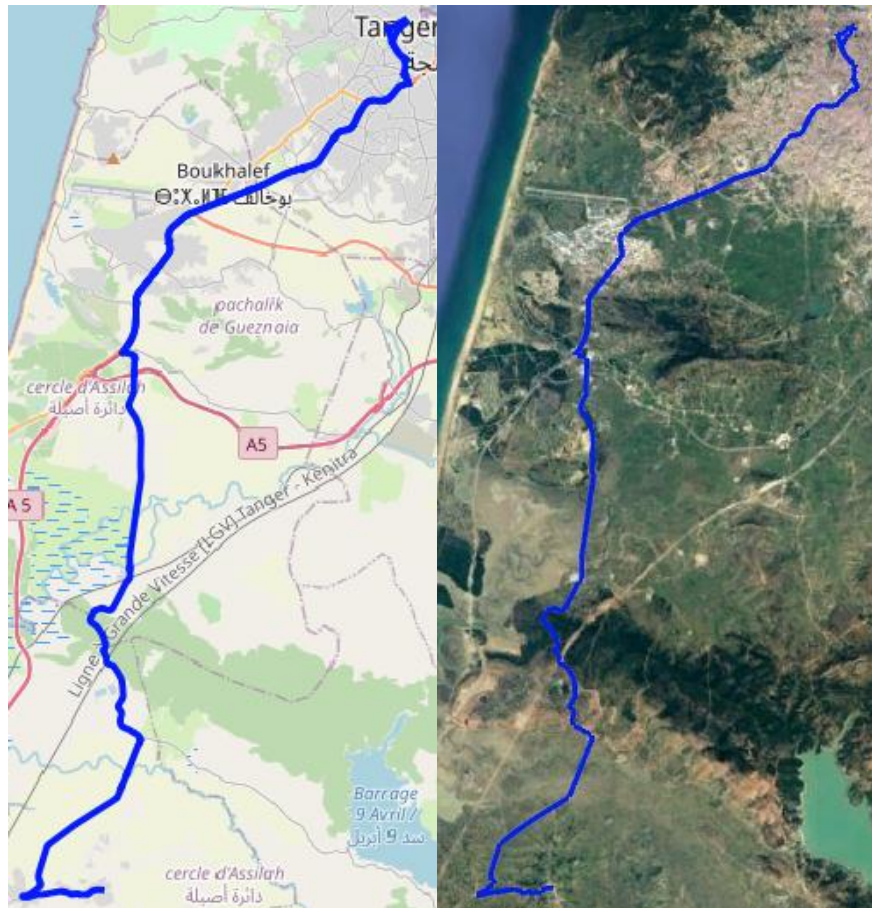


*Figura 186. Recorrido de la línea I11
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea I12: Ksar Sghir – Estación de ferrocarril

La línea I12 parte de la pequeña población de Ksar Sghir, al este de Tánger, y termina su recorrido en la Estación de ferrocarril de Tánger, recorriendo 35,00 km. En su recorrido realiza 26 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.350 m, y conecta con las líneas 2, 8, 13, 14, 16, 20, 30, I3, I4, I5, I9 e I13. Opera entre las 6:15 y las 20:30 con una frecuencia de 145 minutos y tiene una tarifa base de 6,00 dirhams.



Figura 187. Recorrido de la línea I12
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I13: Sebt Zinat – Estación de ferrocarril

La línea I13 circula en sentido sureste-noroeste, dando servicio a la zona Industrial de Mghogha. Tiene 23,00 km de longitud, en la cual realiza 16 paradas, dejando una distancia media entre paradas de 1.450 m, y conecta con las líneas 2, 8, 10, 13, 16, 23, 30, I3, I4, I7, I9, I12 e I16. Opera entre las 6:15 y las 19:55 con una frecuencia de 135 minutos y tiene una tarifa base de 4,50 dírham.

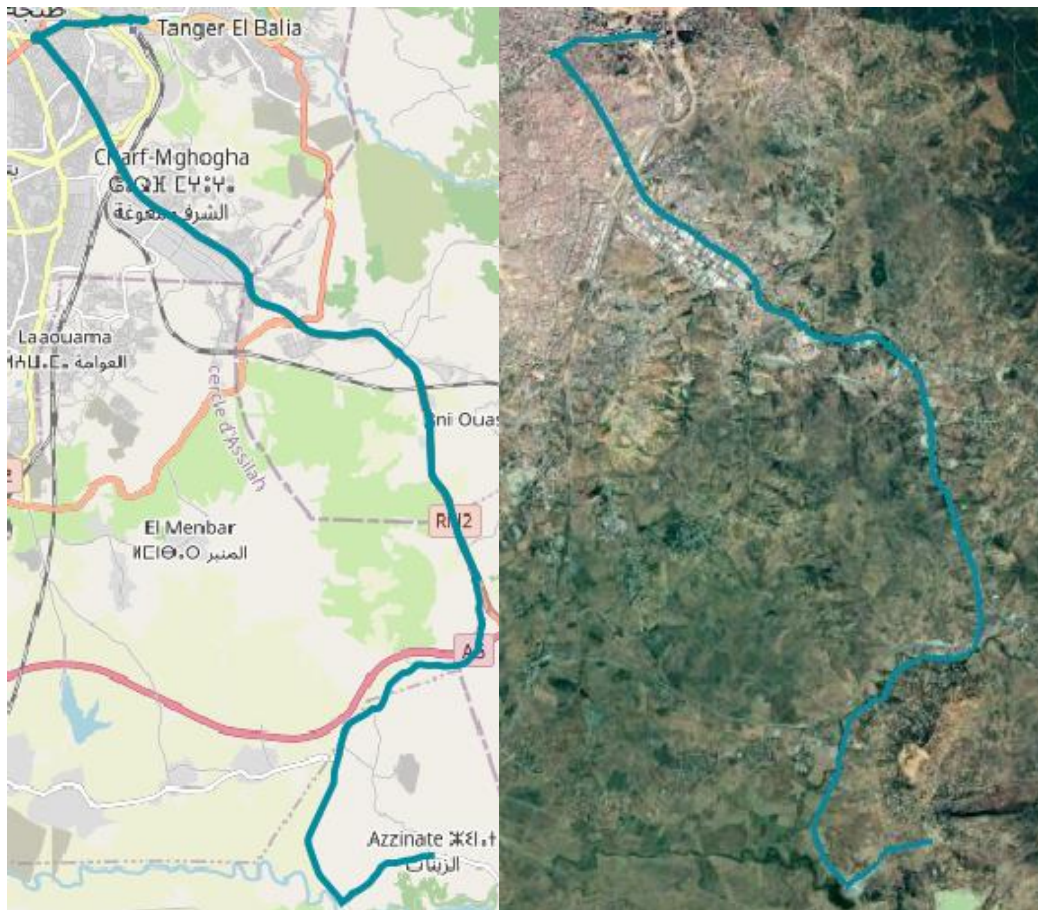


Figura 188. Recorrido de la línea I13
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I14: Chaouia – Beni Makada

La línea I14 atraviesa la ciudad de sur a norte, partiendo de la población de Chaouia y acabando en el distrito de Beni Makada. Recorre 17,80 km y realiza 19 paradas, con una distancia media entre paradas de 925 m, en las cuales conecta con las líneas 11, 23, 27, I1 e I6. Opera entre las 6:15 y las 21:00 con una frecuencia de 125 minutos y tiene una tarifa base de 4,50 dirhams.

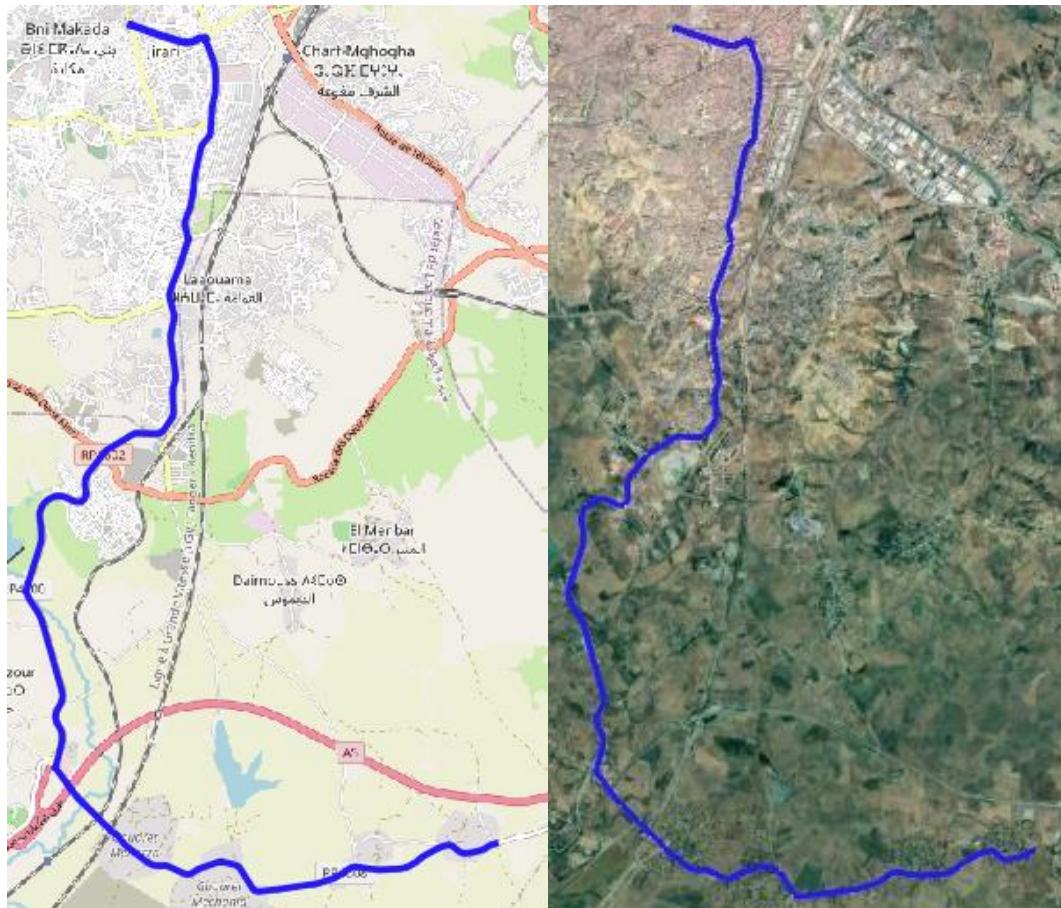


Figura 189. Recorrido de la línea I14
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I15: Sidi Al Yamani – Assilah

La línea I15 conecta la ciudad de Assilah con la población de Sidi Al Yamani, con la particularidad de que es la única línea que no circula en ninguna parte de su recorrido dentro de la ciudad de Tángier, por lo que solo conecta con la línea I2. Tiene una longitud de 23,80 km y realiza 21 paradas, con una distancia entre paradas de 1.125 m. Opera entre las 6:30 y las 18:20 con una frecuencia de 125 minutos y tiene una tarifa base de 4,00 dirhams.



*Figura 190. Recorrido de la línea I15
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA*

Línea I16: Meloussa – Castilla

La línea I16 conecta la población de Meloussa, al este de la ciudad, con Tánger, dando servicio a la Fábrica Renault y a la Zona Industrial de Mghogha. Recorre 27,60 km y realiza 15 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.850 m, conectando con las líneas 7, 10, 11, 13, 23, 27, I2, I4, I6, I7, I8, I11, I13 e I17. Opera entre las 6:15 y las 20:50 con una frecuencia de 125 minutos y tiene una tarifa base de 4,00 dirhams.

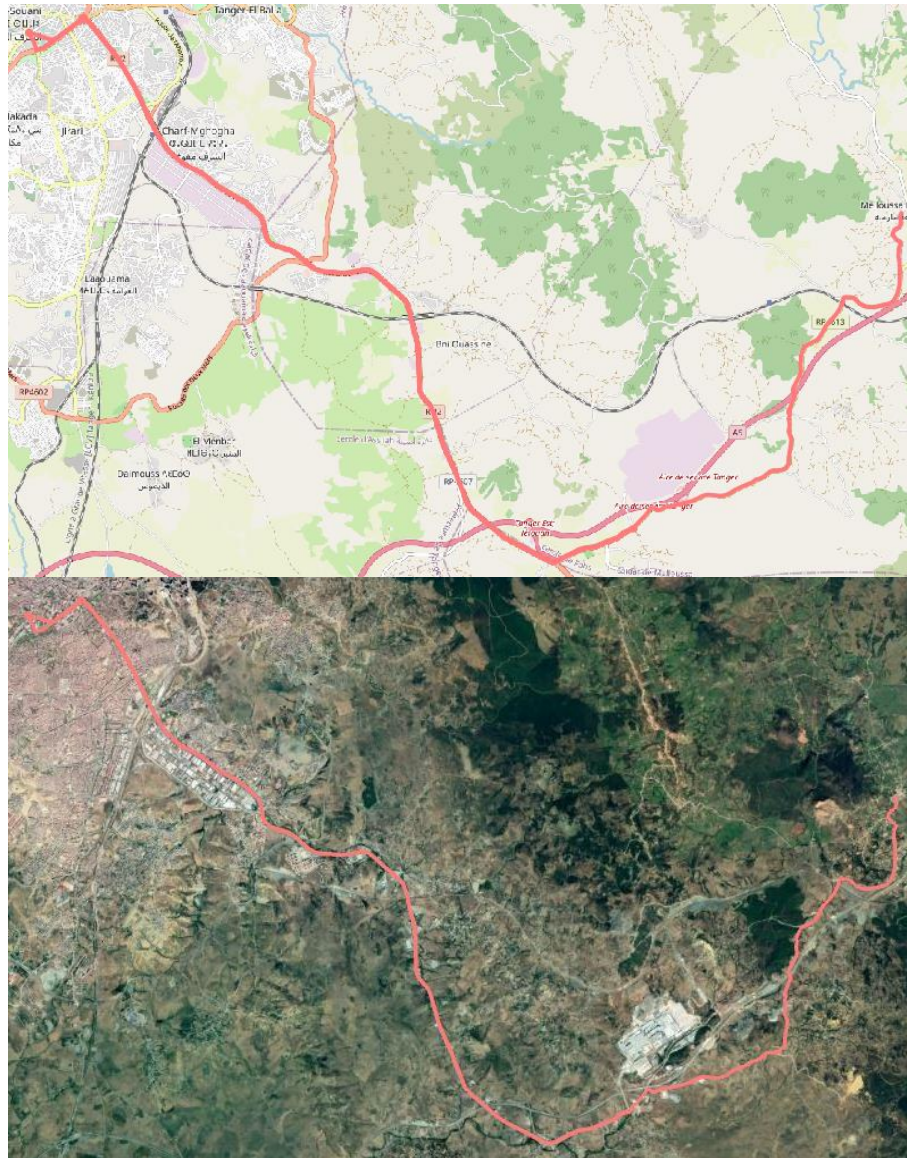


Figura 191. Recorrido de la línea I16

 Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA

Línea I17: Jbel Hbib – Castilla

La línea I11 circula de sur a norte dando servicio a la Zona Industrial de Gueznaia, la Zona Franca, el Aeropuerto, el Estadio y otros equipamientos sociales. Recorre 47,30 km y realiza 30 paradas, con una distancia media entre paradas de 1.175 m, en las cuales conecta con las líneas 1, 9A, 19, 20, 27, 30, I2, I6, I7, I8, I9, I10, I11 e I16. Opera entre las 6:00 y las 20:50, con una frecuencia de 200 minutos y tiene una tarifa base de 8,00 dirhams.

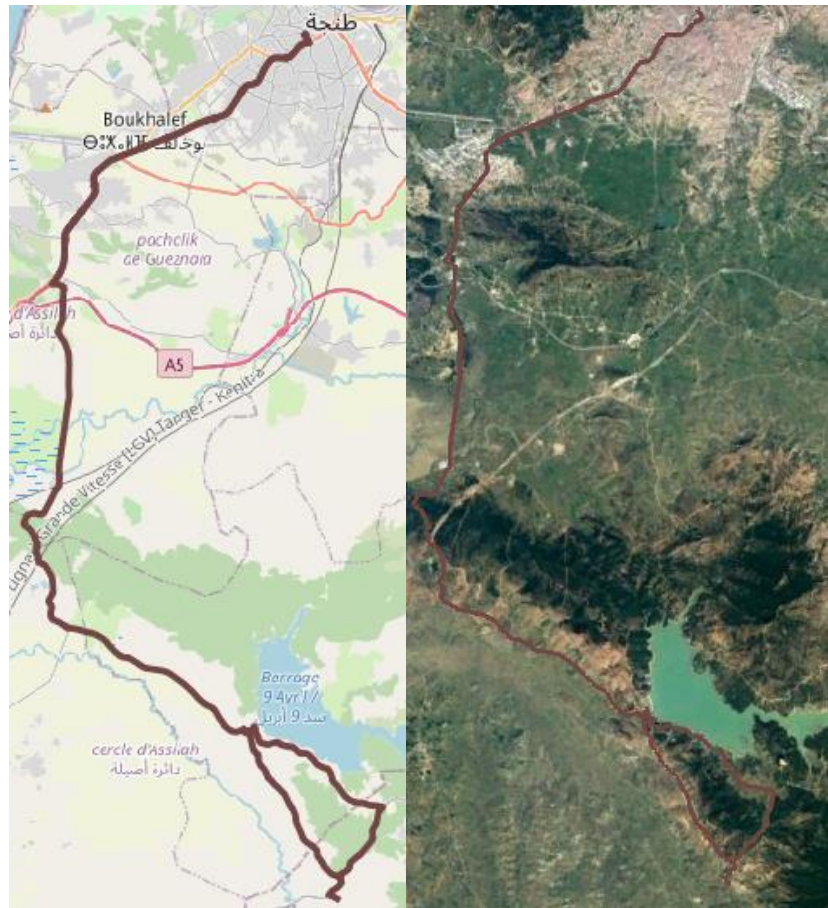


Figura 192. Recorrido de la línea I17
Fuente: Elaboración propia a partir de ALSA



Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)





Optimización de la operación de líneas de autobús mediante gestión dinámica de Big Data. Caso de estudio: Tánger (Marruecos)

