



Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería de
Caminos y Puertos
y de Ingeniería
de Minas



Universidad
Politécnica
de Cartagena

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UBICACIÓN DE ESTACIONES DE ALQUILER DE BICICLETAS EN CARTAGENA.

AUTOR: Alejandro López Lechuga.

TUTOR: María del Pilar Jiménez Gómez.

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Civil.

Septiembre 2018

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión de María del Pilar Jiménez Gómez, a quien me gustaría agradecer su ayuda, tiempo y dedicación para hacer posible la realización de este estudio.

A mi familia y amigos, por brindarme su apoyo durante mi educación universitaria y ayudarme a conseguir mis metas.

A mis compañeros de universidad por los buenos ratos que me han hecho pasar y por ofrecerme siempre su ayuda.

Y finalmente, a mis profesores, por compartir conmigo sus conocimientos, por su tiempo, dedicación y por su pasión por la actividad docente, logrando que forme parte de esta profesión.

A todos, muchas gracias.

INDICE:

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.	10
1.1.	INTRODUCCIÓN:.....	10
2.	SISTEMAS PÚBLICOS DE BICICLETAS.	12
2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS:	12
2.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BICICLETA PÚBLICA:	12
2.3.	BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS:	19
2.4.	ASPECTOS ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS:	20
2.5.	INTERMODALIDAD. COMPLEMENTARIEDAD CON EL TRANSPORTE PÚBLICO:	26
3.	CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE CARTAGENA.....	28
3.1.	FRANJA DE LONGITUD COMPETITIVA PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	29
3.2.	POBLACIÓN ACTUAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.	30
3.3.	PRINCIPALES CONDICIONANTES FÍSICOS:	32
3.4.	INFRAESTRUCTURA CICLISTA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.....	35
3.5.	OFERTA DE SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS EN CARTAGENA.	42
3.6.	DEMANDA DE SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS EN CARTAGENA.	43
4.	METODOLOGÍA APLICADA:	45
4.1.	MARCO DE REFERENCIA:.....	45
4.2.	MÉTODO HEURÍSTICO UTILIZADO:	49
5.	CASOS DE APLICACIÓN:	53
5.1.	DIRECTRICES DEL SISTEMA DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS A INSTALAR EN EL CASO DE ESTUDIO.	53
5.2.	PLANEAMIENTO GENERAL:	55
5.3.	ESCENARIOS DE ESTUDIO:	58
5.4.	DISCUSIÓN DE ESCENARIOS:.....	133
	Propuesta 1.....	136
	Propuesta 2.....	139
	Propuesta 3.....	142
6.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES:	146
7.	BIBLIOGRAFÍA.	148
8.	ANEXOS.....	150

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Esquema de funcionamiento del sistema de tercera generación. Fuente: Sistema de préstamo de bicicletas de la ciudad universitaria de Madrid.

Figura 2: Colocación de un sistema modular, móvil y de celdas solares. (Tercera generación). Fuente: Guía de planeación del sistema de bicicleta pública.

INDICE DE GRÁFICAS:

Gráfica 1: Consumo de energía (MJ) por kilómetro y pasajero. Fuente: ‘Guía metodológica para la implantación de SBP en España’ [4]

Gráfica 2: Representación de la ampliación del área de captación de una parada de transporte público si se utiliza la bicicleta para acceder a la misma. Fuente: ‘Guía metodológica para la implantación de SBP en España’ [4]

Gráfica 3: Disponibilidad de utilización de la bicicleta durante el año con relación a la media anual de temperatura. Fuente: ‘Optimización de Sistemas de Bicicleta Pública en Ciudades Europeas’ (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011)

Gráfica 4: Tanto por ciento promedios del modo de transporte utilizado según el tamaño de la ciudad. Fuente: ‘Barómetro anual de la bicicleta’ (Veritas, Julio de 2011)

Gráfica 5: Cronograma promedio de las distintas fases del proyecto de un sistema de bike-sharing. Fuente: ‘Guía metodológica para la implantación de SBP en España’ [4]

INDICE DE MAPAS:

Mapa 1: Situación de Cartagena. Fuente: Google Maps.

Mapa 2: Reorganización en distritos del territorio de la ciudad de Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena. Elaboración propia.

Mapa 3: Área de estudio, Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena.

Mapa 4: Situación geográfica colinas del núcleo urbano de Cartagena. Fuente: Google Maps. Elaboración propia.

Mapa 5: Mapa orográfico Cartagena. Fuente: Topographic-map.com

Mapa 6: Red bici construida en Cartagena, distribuida en anillos (2018). Fuente: Elaboración propia.

Mapa 7: Red ciclista construida y sin construir del anillo del Ensanche, Cartagena. Fuente: Elaboración Propia.

Mapa 8: Red ciclista construida y sin construir del anillo del Casco Antiguo, Cartagena. Fuente: Elaboración Propia.

Mapa 9: Localización de puntos de aparcamientos para bicicletas privadas en Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena.

Mapa 10: Ubicación estaciones Bicity Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

Mapa 11: Ubicación de estaciones de bike-sharing (PROPUESTA 1). Fuente: Elaboración propia.

Mapa 12: Ubicación de estaciones de bike-sharing (PROPUESTA 2). Fuente: Elaboración propia.

Mapa 13: Ubicación de estaciones de bike-sharing (PROPUESTA 3). Fuente: Elaboración propia.

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Recomendaciones para la elección de un SBP según población y densidad. Fuente: Guía metodología de SBP España.

Tabla 2: Comparativa de las distintas generaciones de SBP. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3: Costes de implantación y funcionamiento de un SBP. Fuente: (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011).

Tabla 4: Valor promedio y mediana de dispositivos en la implementación de un SBP. Fuente: (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011).

Tabla 5: Coste monetario aproximado de los distintos dispositivos que constituyen un SBP. Fuente: elaboración propia a través de los datos recogidos en el informe de Coimbra. (Frade & Ribeiro, 2015)

Tabla 6: Comparativa de tarifas de suscripción en distintos SBP. Fuente: elaboración propia.

Tabla 7: Población en las distintas entidades de nuestro caso de estudio (Núcleo urbano de Cartagena). Fuente: 'Habitantes por entidades' Ayuntamiento de Cartagena.

Tabla 8: Planeamiento general para el área de estudio, núcleo urbano de Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Escenarios estudiados para la implantación de un SBP en Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Ejemplo de los datos a introducir en el modelo heurístico elaborado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.1: Ejemplo cálculos arrojados método heurístico elaborado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Resumen escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Resumen escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Resumen escenario 3. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Resumen escenario 4. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Resumen escenario 5. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Resumen escenario 6. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Resumen escenario 7. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Resumen escenario 8. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Resumen escenario 9. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Resumen escenario 10. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Resumen escenario 11. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Resumen escenario 12. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Resumen escenario 13. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Resumen escenario 14. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Resumen escenario 15. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Resumen escenario 16. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Resumen escenario 17. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Resumen escenario 18. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Resumen escenario 19. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Resumen escenario 20. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Resumen escenario 21. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Resumen escenario 22. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Resumen escenario 23. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Resumen escenario 24. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Resumen escenario 25. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Resumen escenario 26. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Resumen escenario 27. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Resumen escenario 28. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Resumen escenario 29. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Resumen escenario 30. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Resumen escenario 31. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Resumen escenario 32. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Resumen escenario 33. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Resumen escenario 34. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Resumen escenario 35. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Resumen escenario 36. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Resumen escenario 37. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Resumen escenario 38. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Resumen escenario 39. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Resumen escenario 40. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Resumen escenario 41. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Resumen escenario 42. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Resumen escenario 43. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Resumen escenario 44. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Resumen escenario 45. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Resumen escenario 46. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Resumen escenario 47. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Resumen escenario 48. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Resumen escenario 49. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Resumen escenario 50. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Resumen escenario 51. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Resumen escenario 52. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Resumen escenario 53. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Resumen escenario 54. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Recopilación de escenarios más adecuados propuestas a estudiar. Fuente: Elaboración propia.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.

La finalidad del presente trabajo fin de grado consiste en obtener, mediante métodos heurísticos, una propuesta adecuada para la implantación de un sistema de bicicletas públicas (SBP), cuantificando el número de bicicletas y estaciones, su distribución, coste económico y fases de implantación del proyecto en una zona determinada de Cartagena, comprendiendo Barriada de San Gines, Barriada Virgen de la Caridad, Cartagena centro y Ensanche-Almarjal.

Para lograr el objetivo establecido, **en primer lugar**, se estudiará el concepto de bicicleta pública, sus características, clasificación, beneficios, aspectos económicos, reglamento de uso y su intermodalidad con otros medios de transporte público.

En una segunda fase, se detallará el marco de referencia utilizado para la elaboración de este estudio y se analizará el estado actual Cartagena, la zona donde realizaremos nuestro estudio, la población, los principales condicionantes físicos de la ciudad, la oferta y demanda de los sistemas de bicicletas públicas. También se identificarán los principales centros de atracción y generación de los desplazamientos urbanos. Para ello se han contrastados datos históricos y estadísticos de ciudades con características similares a las de Cartagena, con las que se ha determinado la cuota modal y los usuarios potenciales del sistema.

En tercer lugar, una vez detallado anteriormente en qué consisten los sistemas de alquiler de bicicletas y observado con detalle el marco actual de Cartagena, se llevará a cabo el núcleo de trabajo, en el cual se aplica la metodología presentada por (Frade & Ribeiro, 2015). Este estudio, con aplicación en la ciudad de Coimbra, analiza la viabilidad de una ciudad para implementar un sistema público de alquiler de bicicletas, determinando las directrices del sistema, metas de operación, medidas correctoras en caso de mal funcionamiento, análisis de diferentes escenarios para seleccionar la propuesta más eficiente en este caso de estudio. La herramienta informática utilizada ha sido Microsoft Excel.

Por último, se describirá el tipo de sistema considerado como el más adecuado para la ciudad de Cartagena, mostrado el diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas y realizando una discusión de este. Además, se detallarán las conclusiones del trabajo realizado.

1.1. INTRODUCCIÓN:

La promoción de alternativas a la movilidad individual motorizada se ha visto en las últimas décadas como una de las bases de la estrategia para reducir las externalidades negativas relacionadas con el sector del transporte. El uso compartido de bicicletas es cada vez más popular como un sistema de transporte sostenible y el número de bicicletas compartidas ha crecido significativamente en todo el mundo en los últimos años.

Se entiende como sistema de alquiler de bicicletas públicas a la serie de estaciones distribuidos por diferentes zonas de la ciudad, para realizar trayectos de corta distancia (alrededor de 5km) y en cortos periodos de tiempo. Se diferencia de los servicios de alquiler de bicicletas tradicionales, más orientados al ocio o al turismo, por el hecho que prestan un servicio que contribuye a mejorar la condición de movilidad de la ciudad, siendo práctico, rápido y pensado para el uso cotidiano y compartido.

Los sistemas de alquiler de bicicletas públicas son susceptibles de implantar en cualquier municipio, esta es una de las claves de su éxito. El sistema se adapta, sin demasiados problemas, a ciudades muy diversas por todo el mundo gracias a los diferentes sistemas de gestión que posee, cada uno con particularidades adaptadas a cada caso, cubriendo parte de las necesidades de movilidad de los habitantes.

Estos sistemas son más fáciles de integrar que la bicicleta privada, dentro del sistema de intermodalidad de transporte público. Además de no suponer un gran coste económico para sus usuarios, siendo más económico que otras alternativas de transporte. Pueden presentarse en formatos muy diversos: desde sistemas sencillos con personal de atención al público, hasta sistemas totalmente automatizados con tarjetas inteligentes o telefonía móvil.

La búsqueda de nuevas alternativas para la movilidad urbana no contaminante se encuentra en pleno auge, con una sociedad muy concienciada en implantar un medio de transporte respetuoso con el medio ambiente. Esto ha generado una corriente inversora en muchas ciudades a favor de estos sistemas.

En 1968 se implantó el primer sistema de bicicletas público, en Holanda. A raíz de ahí, los sistemas implantados en diferentes ciudades fueron evolucionando hasta la actualidad, obteniendo sistemas de alta tecnología que permiten una gestión integrada a gran escala gracias a la transmisión inalámbrica de datos, mucho más seguros debido al desarrollo de piezas antirrobo, y con una mayor facilidad de utilización y comodidad para los usuarios.

Aunque actualmente los sistemas de bicicletas públicas (SBP) se encuentren en pleno auge y muchas ciudades de todo el mundo lo usen como un medio de transporte, integrando la bicicleta al sistema de transporte público, aún no se ha definido cual es la clave para su éxito. Por tanto, para el trabajo realizado a continuación, será preciso definir exactamente en que consiste este sistema, cuáles son sus características, sus beneficios, así como los distintos tipos de sistemas que existen en la actualidad y cómo éstos han ido evolucionando.

A la hora de realizar un estudio de implantación de un SBP se deben de tener en cuenta las experiencias obtenidas de la implantación de estos sistemas en otros países, ya que pueden ayudar a la hora de poner en marcha otros sistemas de préstamo de bicicletas públicas.

2. SISTEMAS PÚBLICOS DE BICICLETAS.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS:

El SBP debe cumplir las siguientes características para garantizar la eficiencia de su proyecto:

- Instalación fácil y rápido con equipos baratos y versátiles que permitan la posibilidad de funcionar las 24 horas (equipos automatizados).
- Ubicar las estaciones de forma que no supongan barreras físicas, normalmente para los peatones. Una ubicación adecuada de las estaciones disminuirá los costes causados por la reubicación de la bicicleta.
- Facilitar la intermodalidad, habilitando estaciones de alquiler de bicicletas públicas en estaciones de otros medios de transporte públicos.
- Disponibilidad de diversos bonos y formas de pago que garantice que el uso de los SBP sea posible para todos los ciudadanos, pudiendo registrarse y siendo libre de elegir el tipo bono y la forma de pago que más le convenga.
- Vital importancia en el estudio de la localización de estaciones, así como el número de anclajes y bicicletas en cada estación, garantizando que el usuario siempre tenga una estación de aparcamiento cerca del origen y destino de su trayecto.
- Utilización de bicicletas con elementos exclusivos y piezas antirrobo que aseguren un menor grado de delincuencia. Además de imponer una fianza a los usuarios como garantía para evitar la delincuencia y robos.
- Estudio de la financiación del sistema, determinando si se ofertara un sistema de uso gratuito o se exigirá una tarifa por su uso, ya sea una cuota fija o una tarificación por minuto. Algunos están subvencionados, mientras que otros cubren los costes con las tarifas (enteramente o en parte).
- Cuanto mayor sea el grado de tecnología de los SBP (tarjetas electrónicas, códigos transmitidos por SMS o QR), más ágil serán los tramites de préstamo y devolución.

Para que el sistema de alquiler de bicicletas públicas a implantar posea las características mencionadas anteriormente, es necesario realizar un exhaustivo estudio de planificación, ordenación y ubicación de estaciones de préstamo de bicicletas, como el que se detallará en los siguientes puntos del trabajo.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BICICLETA PÚBLICA:

Podemos diferenciar distintos tipos de sistemas de bicicleta públicas (SBP) dependiendo de la generación a la que pertenezcan. En la actualidad podemos clasificarlos en cuatro

generaciones: bicicletas gratuitas, sistemas de depósito de monedas, sistemas basados en tecnología de la información y sistemas multimodales.

Las nuevas generaciones emergentes representan mejoras respecto a la anterior, pero no por ello las generaciones más recientes han de ser mejores que las anteriores, pues un sistema bueno para una ciudad determinada puede no serlo para otra, dependiendo del tamaño de la ciudad, población, topografía, climatología, entre otras, las cuales quedan recogidas en la “Guía metodológica para la implementación de un SBP en España” (IDAE, Noviembre 2007), utilizada por la gran mayoría de ciudades en España que cuentan con un SBP, para entender mejor que tipo de sistema es el que necesitan.

A continuación, se representa (Tabla 1) los criterios a tener en cuenta en términos de población, densidad y otras recomendaciones, para la elección de la generación del sistema a implantar.

Tabla 1: Recomendaciones para la elección de un SBP según población y densidad. Fuente: Guía metodológica de SBP España.

Población	Densidad	Puntos de recogida y entrega de bicicletas
Más de 200.000 habitantes	Alta	Distribuidas por toda la ciudad.
	Baja	Concentrados en las zonas más densas de la ciudad.
Entre 50.000 y 200.000 habitantes	Alta	Distribuidos por toda la ciudad.
	Baja	Ubicados en equipamientos públicos y estaciones de transporte público.
Menos de 50.000 habitantes.	Alta	Puntos con mayores movimientos.
	Baja	Ubicados en equipamientos públicos y estaciones de transporte público.

En España, la mayoría de los sistemas de bicicletas públicas ofrecen un alto estándar técnico y tecnológico para llevar a cabo el préstamo de bicicletas.

SISTEMAS DE PRIMERA GENERACIÓN:

Se trata de un sistema abierto de alquiler de bicicletas públicas de carácter gratuito, situándolo como el sistema que menor coste asociado tiene. Su mayor impedimento es debido al vandalismo y los robos, al no disponer de infraestructura propia ni puntos específicos de recogida, que merman en gran parte la flota de bicicletas.

Apareció en 1968 en Ámsterdam, Holanda, bajo el nombre de 'White Bike Plan'. Estaba compuesto por una extensa y heterogénea de bicicletas donadas por instituciones y particulares, recuperadas de abandonos, robos o similares. En muchos casos, dichas bicicletas requerían ser reparadas puesto que no se encontraban en buenas condiciones para su funcionamiento. Estas reparaciones fueron realizadas de forma desinteresada por usuarios del sistema.

Los sistemas de primera generación se encuentran obsoletos en la actualidad. Estos sistemas transmiten pocas garantías al usuario, la confianza en el sistema es reducida puesto que las bicicletas aparecen y desaparecen, ir en bicicleta a un punto no garantizaba poder hacer la vuelta al origen con el mismo medio de transporte.

SISTEMAS DE SEGUNDA GENERACIÓN:

Surgió en Copenhague (1995), con la principal función de mitigar las deficiencias encontradas en el sistema de primera generación, causadas por los robos y vandalismo. Su característica principal fue el aumento de seguridad, y con ello el aumento de la confianza del usuario en el sistema, usando cadenas bajo el manillar que se abrían al insertar una moneda que era devuelta cuando el usuario terminaba su trayecto.

Además, una de las medidas que aumento la confianza en el sistema fue poner en conocimiento de los usuarios los puntos de préstamo y devolución de bicicletas, ubicados en zonas de gran densidad de población.

Se trataba de una flota homogénea con un diseño característico, que permitían diferenciarlas fácilmente de las bicicletas privadas, de sencillo mantenimiento y piezas incompatibles con otras bicicletas. Se busco que fueran cómodas, seguras y de estética agradable para un mayor confort de los usuarios.

Las mejoras de la segunda relación con respecto a la primera supusieron que el coste fuera mucho mayor que el de la anterior generación, pues ahora se tenía que hacer frente a gastos derivados de la producción y mantenimiento de las bicicletas, así como de las estaciones distribuidas por toda la ciudad.

Hoy en día, en algunas ciudades como Copenhague o Helsinki sigue en funcionamiento este sistema. No obstante, el mayor problema que presenta es la seguridad, puesto que no hay registro de los usuarios que retiran la bici y el dinero depositado por ello es muy bajo en comparación con el coste de la propia bici, lo que anima al robo y vandalismo.

SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN:

Implantado en Europa en el año 2001, bajo el nombre de 'Smart Bike', supone un aumento notable de ciudades que ofertan bicicletas públicas. Comenzando a consolidar los sistemas de alquiler de bicicletas públicas como un medio de transporte urbano tan válido como los existentes hasta el momento. Este sistema se ha convertido en el modelo más implementado mundialmente.

Estos sistemas surgieron con el objetivo de aumentar la seguridad contra el vandalismo y conseguir un transporte público más intermodal, incorporando la bicicleta al sistema. Para lograrlo se desarrolló una propuesta de sistema automático que integraba alta tecnología para el préstamo de bicicletas.

Para llevar a cabo la utilización de este sistema, es necesaria una tarjeta magnética/eléctrica personalizada para cada usuario que almacene su información (nombre, apellido, dirección...) y esté vinculada a una cuenta bancaria del mismo. De modo, que para liberar la bicicleta es necesario pasar la tarjeta por el lector (ubicado en la estación), registrando quién y cuándo la ha retirado ([figura 1](#)). En caso de que la bicicleta prestada no fuese devuelta, el usuario sería multado con un importe que ronda sobre los 150 euros o con la retirada de su fianza, en el caso de que la hubiera.

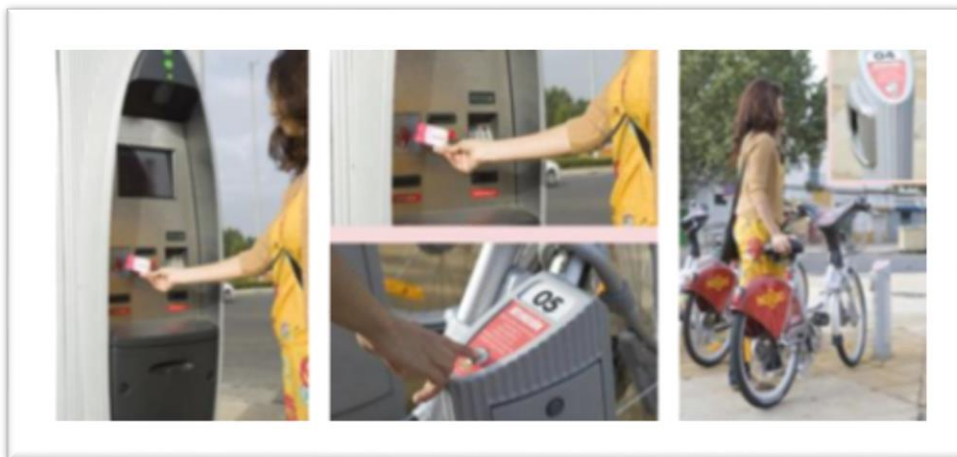


Figura 1: Esquema de funcionamiento del sistema de tercera generación. Fuente: Sistema de préstamo de bicicletas en la ciudad universitaria de Madrid.

Algunos sistemas incluyen aplicaciones para smartphones que muestran la ubicación de las estaciones.

Para la implantación de los sistemas de tercera generación ([figura 2](#)), es aconsejable el uso de estaciones más flexibles que sean modulares, móviles y con celdas solares. La estación está sobrepuesta en el asfalto, pero utiliza energía solar, lo que permite que no necesite conectarse con cables. Algunos beneficios de este modelo de sistema de tercera generación son:

- Al tratarse de estaciones modulares no requieren excavación ni aperturas de zanjas, lo que reduce el tiempo y coste. Además de mitigar riesgos de un mal cálculo del tamaño de las estaciones, al poseer una mayor facilidad para añadir o retirar espacios de anclaje una vez que el sistema ya haya sido inaugurado.
- Al tratarse de estaciones de fácil movilidad, el sistema debe ser ubicado adecuadamente de acuerdo con los patrones de demanda que se van revelando gracias al uso.
- Al tratarse de estaciones con celdas solares proporcionan energía a las estaciones sin necesidad de cableados, eliminando la realización de posibles excavaciones para la conexión de los cables centrales de luz.



Figura 2: Colocación de un sistema modular, móvil y de celdas solares. (Tercera generación). Fuente: Guía de planeación del sistema de bicicleta pública.

SISTEMAS DE CUARTA GENERACIÓN:

Se trata de un sistema novedoso, apareciendo recientemente en algunas ciudades europeas. La principal novedad que presenta, respecto al sistema anterior, es el uso de tarjetas inteligentes integradas en la red de transporte público que sirven para la utilización de todos los medios de transporte público (bicicletas, autobús, metro, tren...) y favorecen la intermodalidad de transportes. Este sistema es sensible a la demanda y adapta el servicio a las necesidades del usuario.

Otra novedad de esta generación es referente a la ubicación de bicicletas. En ciudades como Múnich y Berlín, las bicicletas son dispuestas individualmente, pudiéndolas ubicar en el espacio público, ya que por lo general no se encuentran en estaciones fijas. Esta novedad conlleva la incorporación de un GPS e información vía telemática en las bicicletas que muestra por donde circula y donde se encuentra estacionada, suelen poseer tarifa de uso por minuto.

RESUMEN Y COMPARATIVA DE LA CLASIFICACIÓN DE GENERACIONES DE SBP.

A continuación ([Tabla 2](#)), se muestra un resumen de la clasificación por generación de los SBP y una comparativa de sus diferentes características y novedades con respecto a las generaciones anteriores:

Tabla 2: Comparativa de las distintas generaciones de SBP. Fuente: elaboración propia.

Generación	Países donde es utilizada.	Principales características y novedades.
Primera generación. (1968)	Se encuentra en desuso actualmente.	<ul style="list-style-type: none"> - Carácter gratuito. - Sistema con menor coste asociado. - Alto índice de vandalismo y robos. - No dispone de estaciones fijas. - Flota de bicicletas heterogéneas y con mal mantenimiento.
Segunda generación. (1995)	Utilizada en Copenhague y Helsinki.	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden ser sistemas manuales o automáticos. - Flota de bicicletas homogénea.

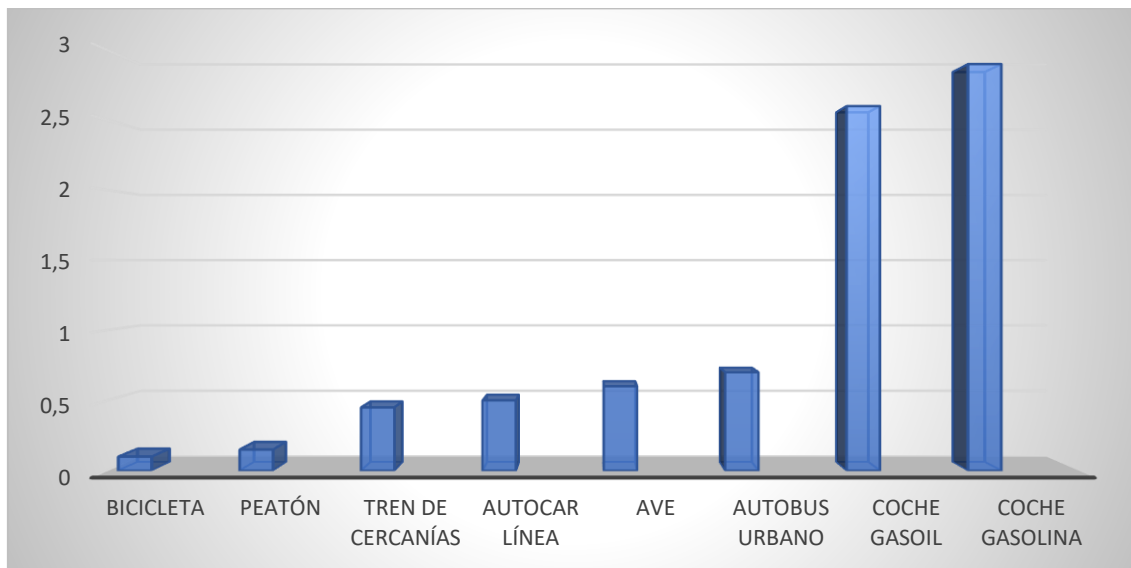
		<ul style="list-style-type: none"> - Mayor seguridad ante robos y vandalismo que en la anterior generación; siguen presentando problemas de seguridad. - Mayor confianza y garantía del usuario. - Puntos fijos de préstamo y devolución de bicicletas. - Costes derivados de la producción y mantenimiento de bicicletas y estaciones.
<p>Tercera generación. (2001)</p>	<p>Es el más implantado mundialmente (Barcelona, París...)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Automatizado con alta tecnología, posibilidad de funcionamiento las 24 horas. - Aumento de seguridad contra el vandalismo con respecto a generaciones anteriores. - Mayor intermodalidad con distintos medios de transporte público. - Usuarios registrados (nombre, apellido, dirección...) - Mayor coste asociado. - Penalización (muta o fianza) por un mal uso del sistema. - Múltiples puntos de entrega y depósito ubicados en el espacio público. - Se aconseja el uso de estaciones modulares, móviles y con celdas solares.
<p>Cuarta generación. (2017)</p>	<p>Utilizado en Múnich y Berlín.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de tarjetas inteligentes para la utilización de todos los medios de transporte público. - Aumento de la intermodalidad. - Aumento de la tecnología y seguridad (incorporación de GPS y envío de información vía telemática en las bicicletas). - Flota dispuesta individualmente, no se encuentran en estaciones fijas. - Tarifas por minuto para los usuarios.

2.3. BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS:

La bicicleta se posiciona como el modo de transporte del futuro para desplazamientos urbanos al contar con muchos beneficios como su coste, consumo energético, ocupación de espacio, respeto al medioambiente y mejora de la salud. Además de proporcionar a la ciudad una imagen verde y sostenible, al ser un medio de transporte totalmente limpio que no necesita ningún combustible para su utilización. Algunas de las ventajas del uso de este medio de transporte para desplazamientos urbanos son:

- Más rápida que ir a pie.
- Más barata que un taxi.
- Más accesible que metro, tranvía, bus o ferrocarril.
- Más flexible que el vehículo privado.
- Con un precio asociado menor que cualquier otro modo de transporte.

Algunos de los beneficios de los sistemas de bicicletas públicas pueden resultar muy dispares, siendo difícil cuantificarlos. Lo que está claro es que su uso disminuye la congestión del tráfico y con ello el ruido y contaminación en las ciudades. En comparación con el uso del vehículo privado, la utilización de los SBP reduce la dependencia energética y las emisiones de gases contaminantes que producen una disminución en la calidad de vida de nuestras ciudades (Dekoster & Schollaert, Abril 2002), tal y como se observa en la [gráfica 1](#). Además, se trata del modo más eficaz energéticamente (3-4 veces más que ir a pie) y ágil de desplazarse en ciudad.



Gráfica 1: Consumo de energía (MJ) por kilómetro y pasajero. Fuente: 'Guía metodológica para la implantación de SBP en España' [4]

En términos de planificación estratégica, los sistemas de bicicletas compartidas pueden ser vistos como una herramienta útil para mejorar la calidad de vida de la ciudad y el medio ambiente urbano mediante un mejor uso de los espacios urbanos.

OTROS BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS:

Derivados de la implantación de SBP en las ciudades, podemos nombrar como beneficios:

- El ciclo de vida de las bicicletas es el más sostenible de todos los vehículos, además de generar poca cantidad de residuos al ser ampliamente recuperables y reutilizables.
- Permite disponer de una nueva opción de transporte urbano rápido, flexible y práctico que pueda ser utilizado por cualquier persona.
- Su coste global es menor comparado con otros medios de transporte público.
- Favorece la intermodalidad mediante la integración de sistemas de bicicletas públicas en el sistema de transporte público.
- Promueve el uso de la bicicleta, tanto pública como privada, mejorando en gran medida la imagen del ciclismo y fortaleciendo la identidad local de una ciudad. Los sistemas de bicicletas públicas pueden convertirse en una parte del paisaje urbano muy bien aceptado, ofreciendo una imagen y un atractivo particular distintivo de la ciudad.
- Crea oportunidades de empleo.

Para más detalles sobre los beneficios del uso de la bicicleta (Dekoster & Schollaert, Abril 2002).

2.4. ASPECTOS ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS:

Los aspectos económicos tienen vital importancia en la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas, teniendo especial consideración en el aspecto financiero, presente y futuro. Es necesario elaborar un análisis preliminar de la demanda y tamaño del sistema para estimar el coste del sistema. Este análisis, realizado posteriormente en nuestro trabajo, deberá incluir los siguientes pasos:

- Distintas propuestas para los tipos de estaciones, bicicletas y tecnología, para estimar un valor de inversión inicial.
- Estimación del coste de operación.
- Estudio de las distintas propuestas financieras, identificando la más apropiada en cuanto a ganancias provenientes de los usuarios se refiera.
- Análisis coste-beneficio para asegurar una propuesta financiera viable, estimando el capital de inversión, costes de operación y las ganancias proyectadas.

La clave del éxito de un SBP reside en el buen conocimiento del rendimiento y costes del sistema. Tras analizar en profundidad las cifras económicas arrojadas en el primer periodo de funcionamiento, si estas varían negativamente con respecto a las expectativas, debería considerarse una manera más productiva donde invertir el dinero. Sin embargo, la experiencia demuestra que la mayoría de los sistemas tiene potencial para funcionar correctamente.

COSTES.

Los costes de un sistema de alquiler de bicicletas públicas reflejan el tamaño del sistema y su sofisticación. Dichos costes incluyen tales como las bicicletas, estaciones (incluyendo ocupación de espacio, anclajes y terminales), instalación, componentes informáticos, creación de página web, centro de control, pago del personal, el mantenimiento del equipo y servicio de redistribución. El coste derivado del proceso de redistribución de bicicletas es fundamental definirlo con la mayor exactitud posible. Además, los costes necesarios para implementar un SBP dependen mucho del tipo de sistema escogido y la dimensión del servicio.

Una medida para la reducción de costes consiste en compartir los costes de personal y ocupación de terreno referentes a los depósitos de bicicletas públicas con otros medios de transporte, como por ejemplo los depósitos para autobuses. Los costes compartidos pueden disminuir la inversión de capital que se hace y el personal que opera.

Para comprender mejor la procedencia de los costes que conlleva la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas podemos clasificar los producidos por la instalación de su infraestructura e instalación, y los costes producidos por su funcionamiento. Véase en la [tabla 3](#).

Tabla 3: Costes de implantación y funcionamiento de un SBP. Fuente: (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011).

Costes de infraestructura e implementación.	Porcentaje de costes totales.	Costes derivados del funcionamiento del sistema.	Porcentaje de costes totales.
<u>Implementación de la estación</u> : terminales, plazas de estacionamiento y tecnología de cierre, planificación de la estación, trabajo preliminar y cableado.	70%	Redistribución de bicicletas.	30%
		Mantenimiento de bicicletas.	22%
<u>Bicicletas</u> con piezas especiales antirrobo.	17%	Mantenimiento de estación.	20%

<u>Operaciones de configuración:</u> talleres y logística.	6%	Sistema informático.	14%
Comunicación.	5%	Administración.	13%
Administración.	2%	Reemplazo (bicicletas, estaciones).	1%

Los costes de un SBP pueden ser calculados al multiplicar el número de bicicletas, anclajes y estaciones por el coste promedio de cada uno de ellos (tabla 4). A continuación, gracias al trabajo realizado por (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011), determinaremos el número de dispositivos necesario en un sistema de alquiler de bicicletas públicas dependiendo del tamaño de la ciudad donde se instale.

Tabla 4: Valor promedio y mediana de dispositivos en la implementación de un SBP. Fuente: (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011).

	Valor.	Promedio en ciudades grandes.	Promedio en ciudades medianas.	Promedio en ciudades pequeñas.
Bicicletas por 10.000 habitantes.	Promedio	15.6	14.4	14.0
	Mediana	6.2	6.8	12.7
Estaciones por 10.000 habitantes.	Promedio	1.5	1.3	1.8
	Mediana	0.5	0.8	1.5

Lugares de estacionamiento por bicicleta.	Promedio	1.8	1.8	1.2
	Mediana	1.7	2.0	1.2
Número de bicicletas por estación.	Promedio	9.5	23.5	22.9
	Mediana	10.2	8.7	6.2

Una vez determinado el número de los distintos elementos que hay que tener en cuenta a la hora de instalar un SBP, procederemos a estimar el valor monetario de los distintos dispositivos (bicicletas, anclajes, sistema utilizado, mantenimiento...) y con ello poder estimar el coste total de la implantación del sistema, tal y como se muestra en la [tabla 5](#).

Tabla 5: Coste monetario aproximado de los distintos dispositivos que constituyen un SBP. Fuente: elaboración propia a través de los datos recogidos en el informe de Coimbra. (Frade & Ribeiro, 2015).

TIPO DE DISPOSITIVO. (3º y 4º Generación)		COSTE MONETARIO APROXIMADO.
Estación de 3º 4º generación.	Unidad.	3000€/estación.
	Mantenimiento anual.	100€/estación.
Bicicleta.	Unidad.	300 €/bicicleta.
	Mantenimiento anual.	50€/bicicleta
Anclaje	Unidad	500€/anclaje.
	Mantenimiento anual.	50€/anclaje.

COSTES DEBIDOS A LA REDISTRIBUCIÓN DE BICICLETAS:

Para mantener el confort de los usuarios, es necesaria la redistribución debiendo garantizar bicicletas libres para su utilización y plazas de estacionamiento en todos los horarios. Esto conlleva a unos de los principales factores de coste en los SBP, la redistribución, además de reducir la imagen y efecto ecológico del uso del SBP.

Antes y después de la implantación de un SBP es muy importante realizar un análisis del flujo del tráfico para realizar una planificación de estaciones eficiente, no solo en términos de necesidades de movilidad, sino también en términos de capacidad de redistribución del sistema.

Una solución para minorar los costes debidos a la redistribución de las bicicletas es la mejora de esta. Realizando un análisis de la utilización de las estaciones que nos muestre los patrones de uso de cada estación, podremos anticiparnos a la redistribución mediante el uso de umbrales y alarmas automatizadas para la gestión central. Además, otra medida sería ampliar las estaciones que diariamente sufren desequilibrios para prolongar el tiempo de redistribución. La experiencia de sistemas ya existentes es muy útil a la hora de estimar la redistribución necesaria.

INGRESOS, FINANCIACIÓN Y SUBVENCIONES.

En los sistemas de alquiler de bicicletas públicas, a menudo posee más importancia el servicio que genera que su potencial de ingresos. La autofinanciación de estos sistemas no resulta viable a priori, por ello se encuentran generalmente subsidiados pues no cubren todos sus costes. La elaboración de un buen plan financiero a largo plazo es un elemento clave para el funcionamiento adecuado del SBP

INGRESOS Y FINANCIACIÓN.

A menudo es el propio gobierno el que financia y cubre los costes de capital, siendo dueño de los activos del sistema de alquiler de bicicletas públicas.

Es importante a la hora de financiar, mediante unas tarifas de uso, parte del servicio del SBP que el lugar donde se implanta posea una cultura de la bicicleta ya arraigada. Además, otra fuente de ingresos son los relacionados con publicidad, patrocinio, ingresos fiscales y subvenciones.

Podemos encontrar dos tipos de tarifas para los usuarios en la mayoría de SBP ya existentes:

- *Tarifas por suscripción*: Requiere que el usuario esté registrado y suscrito durante un cierto periodo de tiempo (día, semana, mes, año) a un acceso ilimitado. Para fomentar los trayectos cortos y rápidos y alentar así una mayor devolución de la bicicleta, normalmente durante los primeros 20-45 minutos son considerados “periodos de uso

libre” para los usuarios de la red, en los cuales no se cobra nada por su utilización puesto que basta con ser usuario y estar suscrito al sistema, pero una vez traspasado el tiempo fijado las tarifas se penaliza al usuario con un importe que se va incrementando exponencialmente con respecto al tiempo de utilización. Por lo general, aproximadamente dos tercios de los ingresos del sistema son producidos por las tarifas de corto plazo (un día y una semana). Estas tarifas de suscripción son utilizadas en sistemas de tercera generación.

- **Tarifas por uso del sistema:** Requieren que el usuario esté registrado, al cual se cobra una cuota por minuto de utilización del sistema. Además, para alentar los trayectos cortos y rápidos, la cuota por minuto aumenta de manera directamente proporcional cuanto mayor sea el tiempo de utilización del usuario. Esta tarifa suele estar implantada en sistemas de cuarta generación con bicicletas individuales sin estaciones fijas repartidas por la ciudad.

A continuación ([Tabla6](#)), se detallarán a modo de comparativa algunas de las tarifas de suscripción implantadas en distintos sistemas de alquiler de bicicletas públicas existentes alrededor del mundo.

Tabla 6: Comparativa de tarifas de suscripción en distintos SBP. Fuente: elaboración propia.

Ciudad. (Nombre del sistema)	Cantidad de depósito (fianza).	Tarifas por suscripción.					Tarifas por uso del sistema. (coste por minuto)		
		Uso libre (min)	Diario.	Semanal.	Mes.	Anual.	Cuota anual	Cada 1/2 hora.	24 horas.
Barcelona.									
‘Bicing’	150€	30 min	NO	NO	NO	47€	-	-	-
París									
‘Vélib’	200€	45 min	1,70€	8€	29€	39€	-	-	-
Buenos Aires									
‘Mejor en bici’	0€	60 min	0€	0€	0€	0€	-	-	-

Múnich	-	30 min	NO	NO	9€	49€	3€	1€	15€
'Call a bike'									
Berlín	-	30 min	NO	NO	9€	49€	3€	1€	15€
'Call a bike'									

Analizando la [Tabla 6](#), observamos las distintas tarifas de SBP que hay, desde tarifas gratuitas como es el caso de Buenos Aires a los servicios 'Call a bike' de Múnich y Berlín que ofrecen tanto tarifas por suscripción (para usuarios habituales) como tarifas por uso del sistema (orientados a usuarios puntuales).

Además de los ingresos por tarifas de usuarios, existen diferentes subvenciones para la implantación de sistemas de movilidad sostenible como SBP.

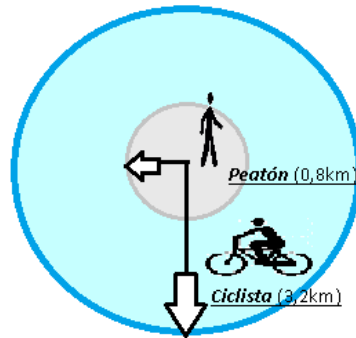
2.5. INTERMODALIDAD. COMPLEMENTARIEDAD CON EL TRANSPORTE PÚBLICO:

Los sistemas de alquiler de bicicletas públicas no pretenden competir con el transporte público, sino ser una alternativa que los complemente a fin de potenciar el acceso mediante bicicleta a los mismos, implantando estaciones de préstamo de bicicletas junto a las paradas de transporte público, haciéndolos más atractivos para los ciudadanos.

Números estudios llevados a cabo (González, 2006), demuestran que el uso de la bicicleta aumenta el potencial del transporte público, teniendo un mayor radio de influencia. Los aspectos claves para potenciar la intermodalidad entre estos transportes se pueden resumir en:

- Estaciones de alquiler de bicicletas públicas suficientes y seguras, junto a otros medios de transporte público.
- Permiso de transportar la bicicleta en los distintos medios de transporte público para conseguir un mayor radio de influencia ([gráfica 2](#)).
- Complementar al transporte público en las áreas donde se encuentre más congestionado, dando mayor flexibilidad a los usuarios.

El uso de la bicicleta puede ser la eficaz respuesta a uno de los mayores inconvenientes que presentan los transportes públicos, los incómodos transbordos que hay que realizar para llegar al destino deseado y la pérdida de tiempo asociada que estos conllevan. Por ello, en las ciudades donde funciona el sistema de préstamo de bicicletas públicas, más del 50% de usuarios del sistema proceden del transporte público.



Gráfica 2: Representación de la ampliación del área de captación de una para de transporte público si se utiliza la bicicleta para acceder a la misma. Fuente: Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. (IDAE, Noviembre 2007)

Los sistemas de bicicleta pública se integran mejor que la bicicleta privada a la intermodalidad de transportes públicos, debido a que la bicicleta privada carece de capacidad de rotación con lo que se desaprovechan oportunidades de utilización a la vez que se incrementan las necesidades de plazas de aparcamiento.

En ciudades con SBP en pleno funcionamiento, la combinación de bicicleta con transporte público no es muy frecuente dando una mala intermodalidad entre ellos. En España, de los 74 sistemas de alquiler de bicicletas públicas instalados, solo 29 tienen alguna estación de préstamo de bicicletas en las inmediaciones de las estaciones ferroviarias.

La inclusión del sistema de bicicletas en un bono que integre a todo el conjunto de transporte público puede suponer un importante factor de éxito y favorecer la intermodalidad. Además, la conexión entre distintos medios de transportes públicos debe ser visible y de fácil utilización.

Una vez resumido en qué consisten los sistemas de alquiler de bicicletas públicas, así como sus características, clasificación, beneficios y aspectos económicos, se procederá a detallar la zona de estudio, así como el marco de referencia y el método heurístico utilizado.

3. CASO DE ESTUDIO: CIUDAD DE CARTAGENA.

En este bloque, se detallará el marco de referencia utilizado para la elaboración de este estudio y se analizará el estado actual Cartagena, la zona donde realizaremos nuestro estudio, la población, los principales condicionantes físicos de la ciudad, la infraestructura ciclista de la ciudad, la oferta y demanda de los sistemas de bicicletas públicas. También se identificarán los principales centros de atracción y generación de los desplazamientos urbanos. Para ello se han contrastados datos históricos y estadísticos de ciudades con características similares a las de Cartagena, con las que se ha determinado la cuota modal y los usuarios potenciales del sistema.

Analizaremos nuestro escenario de estudio teniendo en cuenta todas las características que convergen: económicas, sociales, culturales, ambientales, etc. Puesto que no solo es necesario tener en cuenta el tamaño de la ciudad a la hora de implantar un sistema de alquiler de bicicletas públicas, sino también es relevante la sensibilización de la población al cambio. Además, a la hora de implantar un SBP es de vital importancia reconocer, entender y comprender el contexto cultural de la ciudad en la cual se desarrollará.

Al final del bloque, veremos estudios previos de otras soluciones, detallando el enfoque y las directrices del modelo matemático que vamos a utilizar para el cálculo del sistema de bicicletas públicas más eficiente en la zona de estudio. Desglosando el software matemático utilizado, con todos los parámetros y formulaciones tomadas en cuenta para la búsqueda del escenario más adecuado.

Cartagena, es una ciudad y un municipio de España bañado por el mar mediterráneo, situado en la comunidad autónoma de la Región de Murcia, tal y como se muestra en el [mapa 1](#). Según datos del Ayuntamiento de Cartagena, a 1 de enero de 2018, Cartagena cuenta con una población de 214.722 *habitantes*, con una extensión de 558,08 km² y una densidad de 384,75 habitantes/km².



Mapa 1: Situación de Cartagena. Fuente: Google Maps.

3.1. FRANJA DE LONGITUD COMPETITIVA PARA EL CASO DE ESTUDIO.

El caso de estudio ha sido realizado en el Centro de Cartagena (parte del distrito 4), recogiendo las zonas de la barriada de San Gines, barriada de la Virgen de la Caridad, Cartagena y Ensanche-Almarjal. Dicho área de estudio determina el centro urbano y casco antiguo de Cartagena, encontrándose rodeado casi en su totalidad por cinco colinas, como ya veremos más adelante en los principales condicionantes orográficos de la ciudad.



Mapa 2: Reorganización en distritos del territorio de la ciudad de Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena. Elaboración propia.

La franja de longitud competitiva para nuestro caso de estudio recoge parte del distrito de mayor carácter urbano, comprendiendo el núcleo de la ciudad, puesto que aquí se concentra una mayor densidad de la población, encontramos mayores servicios y puntos de interés. Además, las distancias totales de un extremo a otro del núcleo de la ciudad, 3000 metros dirección Este-Oeste y 2500 metros dirección Norte-Sur ([mapa 3](#)), son tolerables e interesantes desde el punto de vista ciclista.



Mapa 3: Área de estudio, Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena.

Podemos afirmar que, para el área de estudio, se cumplen los siguientes factores clave para garantizar el éxito de un programa de SBP:

- Alta población flotante. (Comunidad universitaria).
- Oferta de infraestructuras ciclistas. El centro de Cartagena dispone de tramos de vías ciclistas tipo 'acera-bici' distribuidos en anillos que, aunque se encuentren incompletos e inconexos, se está trabajando para conectarlos en un futuro y así disponer de una red ciclista amplia y bien comunicada.
- Gran oferta de servicios y comercio en el centro de la ciudad.

3.2. POBLACIÓN ACTUAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.

La población de una ciudad determina el tamaño de esta, siendo generalmente directamente proporcional una de la otra. Cuando hablamos de población, tenemos que tener en cuenta los visitantes temporales, ya sea por motivo de trabajo/estudio o turismo.

Tal y como hemos visto anteriormente ([tabla 1](#)), según la población deberemos de usar unos sistemas determinados a la hora de implantar el SBP, puesto que el mismo SBP implantado en ciudades de diferente tamaño poblacional muestra características y resultados distintos.

A continuación, en la [tabla 7](#), se detallan las zonas de la ciudad de Cartagena, pertenecientes al área de actuación que recogemos en nuestro estudio, así como la población de cada una de ellas.

Tabla 7: Población en las distintas entidades de nuestro caso de estudio (Núcleo urbano de Cartagena). Fuente: ‘Habitantes por entidades’ Ayuntamiento de Cartagena.

Zonas de estudio.	Población por sexo.	Total.
Barriada de San Ginés.	2466 hombres	4982 habitantes
	2516 mujeres	
Barriada Virgen de la Caridad.	1545 hombres	2904 habitantes
	1359 mujeres	
Cartagena centro.	21205 hombres	43554 habitantes
	22649 mujeres	
Ensanche-Almarjal	2916 hombres	6112 habitantes
	3196 mujeres	
Población Total.	28132 hombres	<u>57852 habitantes.</u>
	29720 mujeres	

Para realizar un análisis en profundidad de la población en nuestra zona de estudio, deberemos añadir a la población actual de la franja competitiva que recoge el centro de Cartagena, los visitantes temporales que acuden al centro de la ciudad, ya sea por turismo o para realizar sus quehaceres diarios como es el caso de numerosos trabajadores y estudiantes.

Cartagena en la actualidad está experimentando una tendencia al alza en cuanto a la elección como destino turístico, según datos del Ayuntamiento de Cartagena, anualmente llegan a

Cartagena 161.862 turistas de distintas procedencias, promediando unos 450 turistas al día. Además, son muchos los visitantes temporales que se desplazan a la ciudad debido principalmente por motivos educativos (Universidades) o económicos (empresas de construcción y reparación naval, refinamiento de petróleo), además de las zonas de ocio que encontramos en su casco antiguo.

Concluyendo, podemos afirmar que Cartagena centro (Casco antiguo, Ensanche-Almarjal, Barriada de San Ginés y Barriada Virgen de la Caridad) posee una población superior a los 50.000 habitantes y con una alta densidad en su núcleo urbano. Lo que la hace ser considerada como una ciudad de tamaño medio con unas características determinadas para la implantación del sistema de alquiler de bicicletas públicas en ella, como muestra la [tabla 1](#).

Además, una vez conocida la dimensión de la población (50.000 – 100.000 habitantes), gracias al barómetro anual de la bicicleta en España podemos estimar la frecuencia con la que se usa la bicicleta en Cartagena. Dicha utilización es del 2% al 7% de los desplazamientos urbanos (soliéndose estimar el 5%), sustituyendo ventajosamente al vehículo privado para desplazamientos urbanos sobre los 5km.

CONDICIONANTES CULTURALES DE LA POBLACIÓN.

Actualmente, muchos habitantes de Cartagena vinculan a la bicicleta más como un medio de deporte, ocio y juventud, que como un modo de transporte. Un factor clave para lograr el éxito del sistema en la zona de estudio será la predisposición de sus ciudadanos a reconfigurar sus desplazamientos en favor del nuevo sistema de alquiler de bicicletas públicas ofertado.

Para lograr una buena aceptación social del SBP es importante realizar campañas de concienciación social entre los habitantes, ofertando la bicicleta como un medio de transporte eficaz, ecológico, saludable y económico. Además de promover una campaña promocional de captación de usuarios tras la campaña de concienciación social.

3.3. PRINCIPALES CONDICIONANTES FÍSICOS:

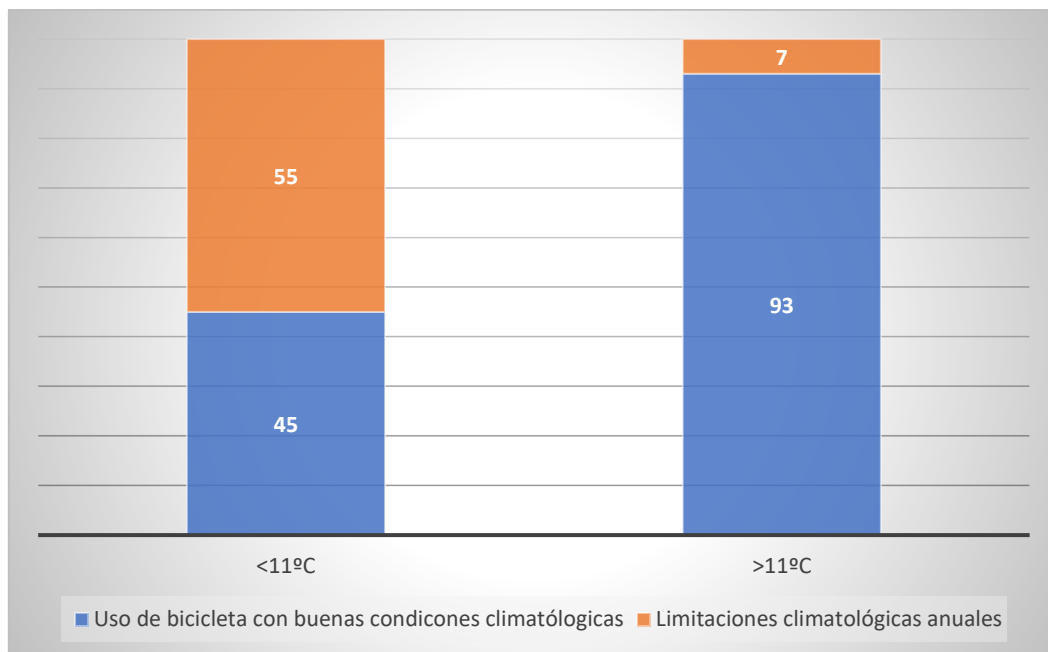
Los condicionantes físicos de una ciudad suponen un aspecto clave a la hora de elegir qué sistema de alquiler de bicicletas públicas se va a instalar. Los condicionantes más significativos en cuanto al uso de la bicicleta son los atmosféricos, climáticos, topográficos y orográficos. No obstante, no suelen ser determinantes para la implantación de un SBP, excepto en casos extremos (precipitaciones abundantes, malas temperaturas, grandes pendientes...).

A continuación, estudiaremos los condicionantes climáticos y topográficos de Cartagena, concluyendo que no suponen ningún impedimento para el uso e implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas.

CLIMÁTICOS Y ATMOSFÉRICOS.

El estado del clima y atmósfera puede condicionar los desplazamientos realizados con la bicicleta. No obstante, solo las fuertes precipitaciones y/o temperaturas tienen un efecto disuasorio significativo.

El clima presente en Cartagena se define como subtropical mediterráneo árido o subárido. Su posición junto al mar mediterráneo suaviza las temperaturas (20°C de media anual) y las precipitaciones no suelen superar los 300 mm/año, siendo una de las zonas más áridas del país. Además, Cartagena es una ciudad con bastantes horas solares diarias, en comparación con otras ciudades europeas, lo que favorece el uso del SBP.



Gráfica 3: Disponibilidad de utilización de la bicicleta durante el año con relación a la media anual de temperatura. Fuente: 'Optimización de Sistemas de Bicicleta Pública en Ciudades Europeas' (Büttner & Mlasowsky, Junio de 2011)

En resumen, el clima y la atmósfera no resulta ser un problema para nuestro caso de estudio, es más, todo lo contrario. Cartagena posee un clima excelente para el uso de la bicicleta prácticamente durante los 365 días del año, tal y como se observa en la [gráfica 3](#).

TOPOGRÁFICOS.

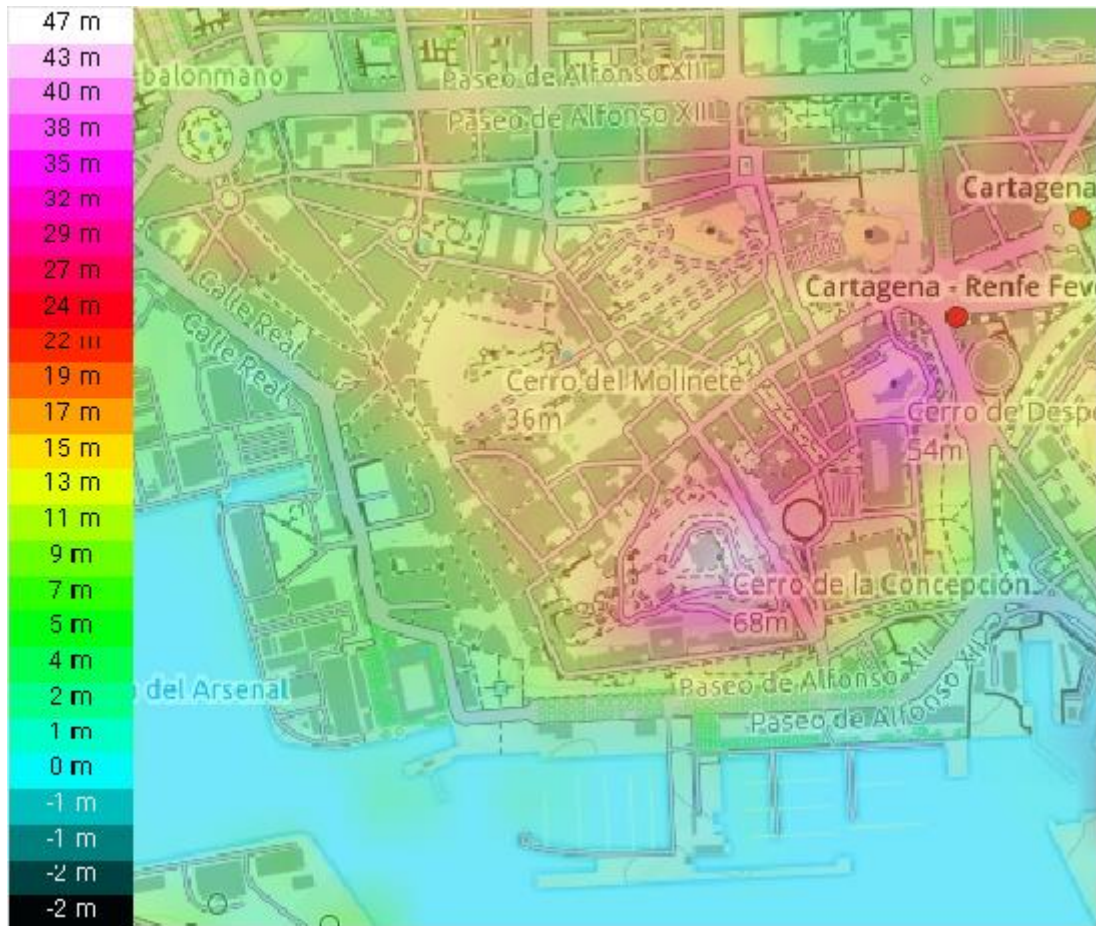
La topografía de la zona donde se pretende implantar un SBP es un factor que tener en cuenta por la desmotivación de los usuarios a subir tramos de gran pendiente. Analizando el área determinada de estudio del distrito 4 de Cartagena, observamos que Cartagena constituye un gran plano inclinado rodeado por cinco colinas: Molinete, Monte Sacro, Monte de la concepción, Monte de San José y Despeñaperros. ([Mapa 4](#)).



Mapa 4: Situación geográfica colinas del núcleo urbano de Cartagena. Fuente: Google Maps. Elaboración propia.

Las pequeñas colinas que rodean Cartagena poseen una diferencia de cota inferior a los 50 metros, tal y como podemos observar en el [Mapa 5](#), por lo que no tiene importantes efectos sobre los SBP. No obstante, las vías ciclistas de la ciudad no deben superar el 8% de pendiente para garantizar la facilidad de uso de la bicicleta.

En ciudades con grandes desniveles la implantación del SBP puede resultar más complicada pero no imposible, ya que existen mecanismos para solventar este problema, como por ejemplo la implantación de bicicletas eléctricas que faciliten las subidas de grandes pendientes. Además, las fuertes pendientes pueden suceder a la acumulación de bicicletas en zonas bajas, que implicaría un mayor gasto en el sistema de redistribución de bicicletas.



Mapa 5: Mapa orográfico Cartagena. Fuente: Topographic-map.com

En resumen, la influencia de la orografía puede ser determinante a la hora de escoger la bicicleta. Cartagena tiene una orografía con bastantes desniveles debido a los numerosos cabezos que posee en su territorio. Pero estos desniveles no son impedimento para el uso de la bicicleta en nuestra zona de estudio, ya que como se ve en los mapas de relieve adjuntos a continuación, en las zonas por donde transcurre las vías del carril bici no hay desniveles mayores de 50 metros, con pendientes menores al 8% en la mayoría de sus tramos.

3.4. INFRAESTRUCTURA CICLISTA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.

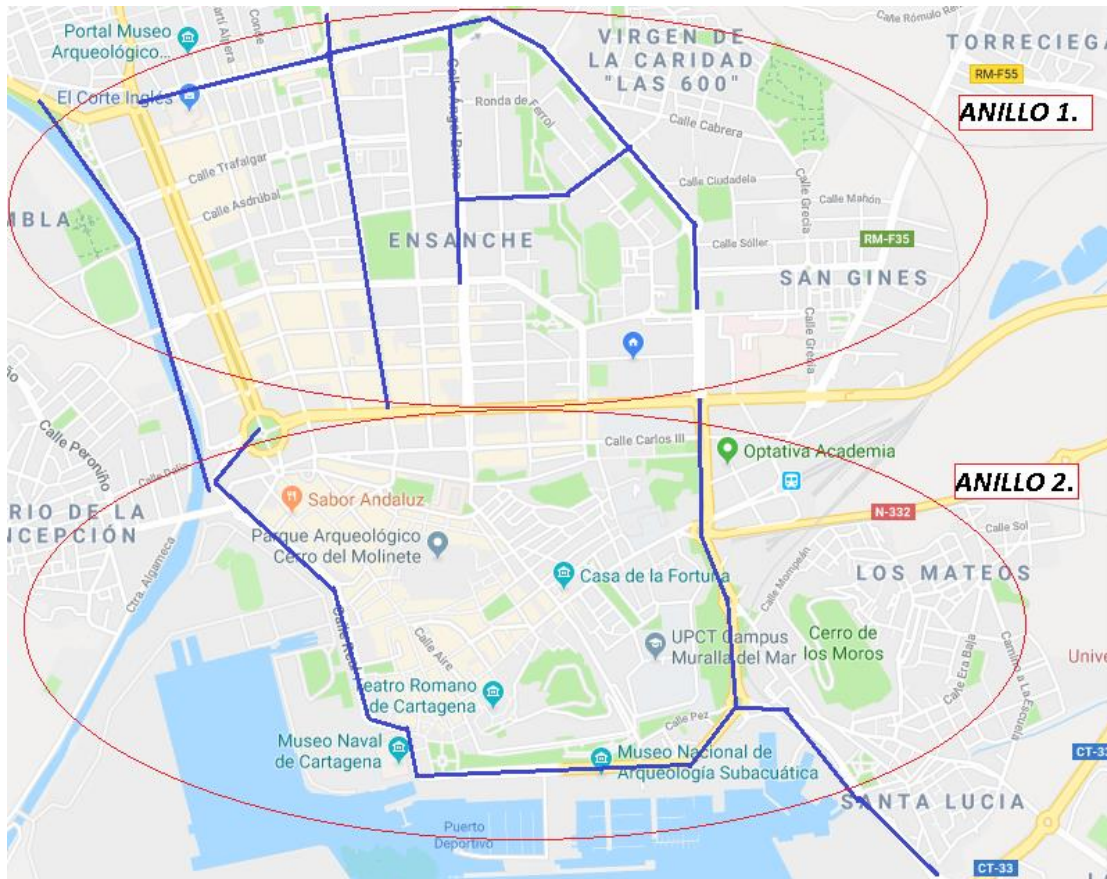
En un pasado Cartagena fue una ciudad diseñada principalmente por y para los automóviles. En los últimos años la tendencia ha cambiado hacia sistemas de movilidad sostenible como el SBP, con la creación de carriles bici, zonas peatonales, inculcando una cultura por la movilidad sostenible y otras medidas.

La construcción de infraestructura ciclistas a la vez que se implanta un SBP puede causar la aceptación por parte del público del sistema y mejorar la seguridad para los usuarios.

Las infraestructuras ciclistas de Cartagena son, casi en su totalidad, vías ciclistas tipo ‘acera bici’, generalmente de sección bidireccional, que distancia el tráfico de transportes más robustos y reduce en gran medida los accidentes entre vehículos y bicicletas.

RED DE VÍAS CICLISTA EN CARTAGENA:

La ciudad de Cartagena cuenta con vías ciclistas repartidas a lo largo del núcleo urbano. Aunque en ciertos puntos de la ciudad carezcan de una buena conexión entre tramos de la red, cierto es que desde cualquier punto que se quiera acceder a la red ciclista es relativamente corta la distancia a recorrer hasta enlazar con alguno.



Mapa 6: Red bici construida en Cartagena, distribuida en anillos (2018). Fuente: Elaboración propia.

Valorando nuestra zona de estudio, encontramos dos anillos incompletos e inconexos. Ambos anillos, una vez construida toda la red ciclista urbana de Cartagena, se unirán en una de las calles principales de la ciudad ‘Paseo Alfonso XIII’ que actualmente se encuentra sin adaptar y sin noticias de una reciente adaptación.

Las vías ciclistas de Cartagena no guardan uniformidad en su mayoría, aunque se trate normalmente de aceras-bici, tienen distintos colores a lo largo de su distribución por la ciudad. Además, algunos tramos cuentan con puntuales deficiencias debidas tanto al mantenimiento como a errores de diseño. En cuanto a los errores de diseño encontramos en el núcleo urbano de Cartagena podemos citar algunos quiebros bruscos del trazado, falta de uniformidad en

toda la red, desconexión entre tramos debido a una red incompleta, ocupación de espacio peatonal que puede dificultar la convivencia con los peatones...

A continuación, se expone la red de vías ciclistas existente en el núcleo de Cartagena, detallando los tramos de futura construcción en cada uno de los diferentes anillos que la forman, lo que solventaría la problemática actual del recorrido incompleto e inconexo.

- Anillo 1: (Mapa 7).

El trazado del anillo 1 comprende la zona del Ensanche-Almarjal y las barriadas de San Ginés y Virgen de la caridad. Se apuesta por una vía ciclista tipo ‘acera bici’ que se encuentra segregada respecto al tráfico motorizado mediante un bordillo. En un futuro, conectará por el sur con el anillo 2, o anillo del casco antiguo, a través del carril bici situado en Plaza de España y Paseo Alfonso XIII.

Está formado por las vías ciclistas situadas en las siguientes calles:

- Calle Jorge Juan.
- Calle Luis Calandre.
- Calle Sebastián Feringan.
- Ronda Ciudad de la Unión.

A falta de la construcción de los tramos en Paseo Alfonso XIII, Plaza de España y Calle Esparta, para terminar la construcción del anillo.



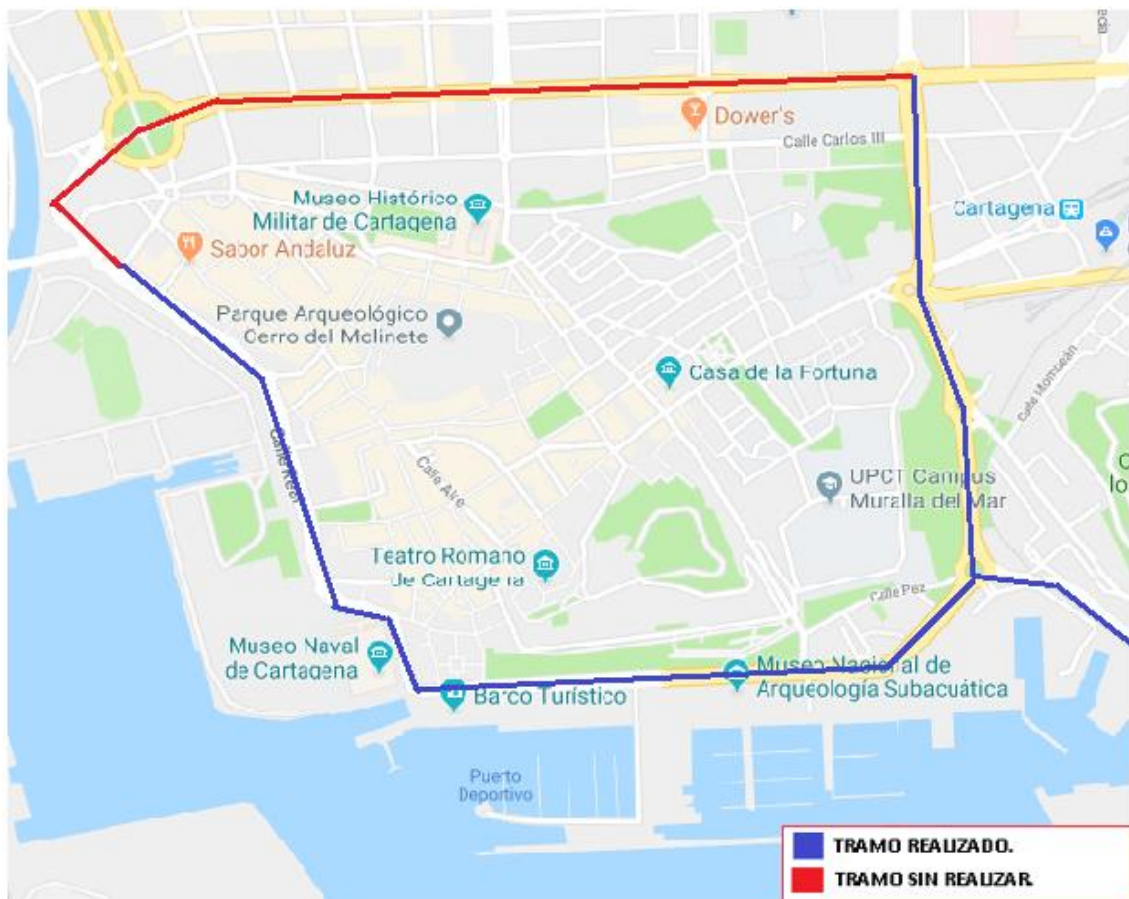
Mapa 7: Red ciclista construida y sin construir del anillo del Ensanche, Cartagena. Fuente: Elaboración Propia.

- Anillo 2:(Mapa 8).

El trazado del anillo 2 comprende el Casco antiguo, desarrollada en su mayoría mediante vías segregadas del tráfico normal de vehículos. Discurre principalmente, por la zona sur del Casco Antiguo de Cartagena, abarcando los tres campus universitarios de la politécnica de Cartagena, el centro universitario de ISEN, la estación de autobús, la estación del tren y la zona del puesto deportivo. Está formado por las vías ciclistas situadas en las siguientes calles:

- Calle Pio XII.
- Calle Real.
- Paseo Alfonso XII.
- Plaza de la isla.
- Cuesta del Batel.
- Plaza Bastarreche.
- Calle Capitanes Ripoll.

A falta de la construcción de los tramos en Paseo Alfonso XIII y Plaza de España, para terminar la construcción del anillo.



Mapa 8: Red ciclista construida y sin construir del anillo del Casco Antiguo, Cartagena. Fuente: Elaboración Propia.

APARCAMIENTOS PARA BICICLETAS EN CARTAGENA:

Actualmente, se encuentran distribuidos por el núcleo urbano de Cartagena 37 puntos para el aparcamiento de bicicletas privadas ([mapa 9](#)), los cuales no promueven el sistema de alquiler de bicicletas públicas puesto que no están capacitados para dar servicio a los SBP. Una solución para promover el uso de las bicicletas públicas sería reacondicionar los puntos de aparcamientos de bicicletas existentes, o parte de ellos, mediante la instalación de dispositivos como anclajes y estaciones que permitan el uso de la bicicleta pública.

Estos aparcamientos de bicicletas se encuentran en los siguientes puntos de la ciudad:

- Dos estacionamientos en la Plaza de los Héroes de Cavite (frente explanada del puerto y junto autoridad portuaria).
- Paseo Alfonso XII (junto a Oficina de Turismo).
- Dos estacionamientos en el Campus Universitario de la Muralla (UPCT).
- Tres estacionamientos en la Plaza de Bastarreche (Junto Oficina de Turismo, Estación de FEVE y Estación de Autobuses).
- Calle Campos (frente Delegación de Hacienda).
- Plaza de San Sebastián (entrada Calle Mayor).
- Plaza Juan XXIII.
- Tres estacionamientos en el Campus Universitario Paseo Alfonso XIII.
- Siete estacionamientos en el pase Alfonso XIII (frente Asamblea Regional, recinto IES Isaac Peral, Centro de Recursos Juveniles, Concejalía de Juventud, Pabellón de Deportes Jiménez de la Espada, lateral IES Jiménez de la Espada y junto a Carrefour).
- Calle Tolosa Latour (frente Teatro Circo).
- Plaza de España.
- Alameda de San Antón (cruce Reina Victoria).
- Calle Jacinto Benavente (Centro cultural Ramón Alonso Luzzy).
- Ingeniero de la Cierva (UNED).
- Avenida Reina Victoria (Juzgados)
- Cuatro estaciones en el Parque de los Juncos. (Entrada por Alfonso X El Sabio, entrada por Wsell de Guimbarda, entrada por Reina Victoria y entrada por Juan Fernández).
- Tres estaciones en Wssel de Guimbarda (Piscina Municipal Cubierta y dos en el Pabellón central de Deportes.)
- Centro Comercial Mandarache.
- Almirante Baldasano (junto Corte Inglés).
- Ronda de Ferrol (Escuela Oficial de Idiomas).



Mapa 9: Localización de puntos de aparcamientos para bicicletas privadas en Cartagena. Fuente: Ayuntamiento de Cartagena.

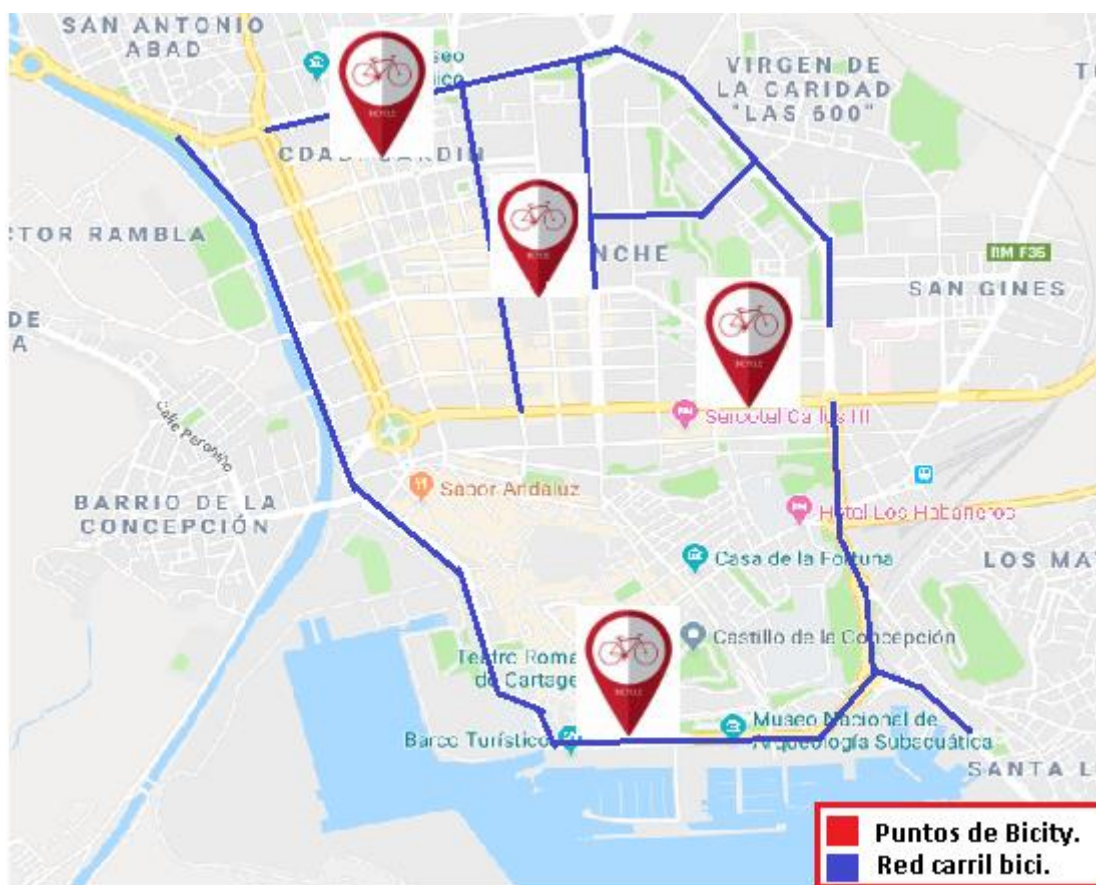
SISTEMA DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS EN CARTAGENA.

La zona del núcleo urbano de Cartagena, tal y como hemos definido antes, para la cual estamos realizando el estudio fue la primera de la Región de Murcia en implantar un servicio de alquiler de bicicletas públicas. Durante el periodo de 2008 a 2010 el Ayuntamiento de

Cartagena desarrolló un Programa Integral de Promoción del Uso de la Bicicleta en el Entorno Urbano y Periurbano, subvencionado por el Ministerio de Fomento a través de una línea de ayudas destinadas a fomentar la movilidad sostenible.

El sistema de alquiler de bicicletas públicas instalado se llamó 'Bicity' y contaba con cuatro estaciones ([mapa 10](#)), desde las cuales se podía recoger y estacionar las bicicletas públicas, y cuarenta bicicletas repartidas equitativamente entre cuatro puntos de préstamo de bicicletas situados en:

- Centro de Recursos Juveniles (Paseo Alfonso XIII).
- Oficina Municipal de Turismo del Puerto.
- Pabellón Central de Deportes (Calle Wssel de Guimbarde).
- Plaza de la Fábrica de la Luz (Calle Almirante Baldasano).



Mapa 10: Ubicación estaciones Bicity Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

Aunque Cartagena es una ciudad que apuesta por la movilidad sostenible y, año tras año, intenta ampliar sus infraestructuras ciclistas, lo cierto es que, a día de hoy no se ha completado el Programa Integral definido. Además, es recomendable para las ciudades que inviertan en infraestructuras ciclistas para lograr un ciclismo más seguro y atractivo, incrementando así el número de futuros usuarios del sistema de alquiler de bicicletas públicas implantado.

Lamentablemente, el sistema de bicicletas públicas implantado por el Ayuntamiento de Cartagena no dio resultado y desde el 25 de octubre de 2013 no se contempla servicio de SBP en Cartagena, tal y como se manifiesta en [‘The Bike-sharing World Map’](#). Hasta ahora no ha sido posible su restablecimiento, quedando sus estaciones en estado de semi-abandono.

El mal resultado del sistema de préstamo de bicicletas públicas implantado en Cartagena guarda relación con lo sucedido en Washington D.C. donde tuvieron que volver a lanzar su SBP debido a que en un principio la ciudad se definió con un sistema piloto con un bajo número de estaciones y bicicletas, así como a las grandes distancias entre las estaciones y las horas limitadas de operación. El programa fue infructuoso, pero años más tarde fue remplazado con un sistema que sí cubría la demanda prevista, teniendo una buena acogida entre los usuarios.

De todos los errores analizados, considero que el gran número de robos y desperfectos del material, seguido de una inadecuada colocación de los puestos de SBP, con un tamaño ofertado que no daba servicio al volumen demandado y la incompleta e inconexa red bici de la ciudad, fueron los partícipes de que el sistema ‘Bicity’ implantando no llegará a funcionar. Además de una cierta falta de cultura de bicicleta por parte de los usuarios.

3.5. OFERTA DE SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS EN CARTAGENA.

Cartagena presenta un enorme potencial ciclista, como hemos observado al estudiar la población, condicionantes físicos e infraestructura anteriormente. Pero, aun así, la oferta de sistemas de alquiler de bicicletas públicas en Cartagena es inexistente desde el cierre del sistema ‘Bicity’ en 2013, hasta la actualidad.

La oferta de bicicletas públicas en el núcleo urbano de Cartagena mejoraría implantando un adecuado sistema de alquiler de bicicletas públicas y desarrollando una serie de medidas para mejorar las características de la ciudad como sobre los siguientes aspectos:

- Sobre las infraestructuras existentes (carriles bici, estacionamientos...).
- Sobre la aceptación social, incentivando el uso de la bicicleta mediante campañas publicitarias que promuevan la imagen de una ciudad con movilidad sostenible.

Para que la oferta del servicio sea adecuada, se deberá llevar a cabo la búsqueda de un sistema de alquiler de bicicletas públicas para Cartagena, adaptándolo al contexto local, incluyendo la densidad de la ciudad, la topografía, el clima, infraestructura, etc. Proponiendo actuaciones que mitiguen las deficiencias existentes y fomenten el uso de este modo, aprovechando la oportunidad y desafío para lograr que parte de esta población deje su coche y apueste por el transporte público, puesto que no encontramos con una ciudad cuya configuración es adecuada para la implantación de este sistema.

Un factor muy importante es que el sistema dé cobertura, mediante una buena estimación de la oferta, a la demanda producida por los usuarios. Puesto que un sistema con poca oferta de

bicicletas públicas está destinado al fracaso, debido al malestar de los usuarios cuando quieran desplazarse y no encuentren bicicletas disponibles en la estación, o quieran terminar su trayecto y no encuentren anclajes libres.

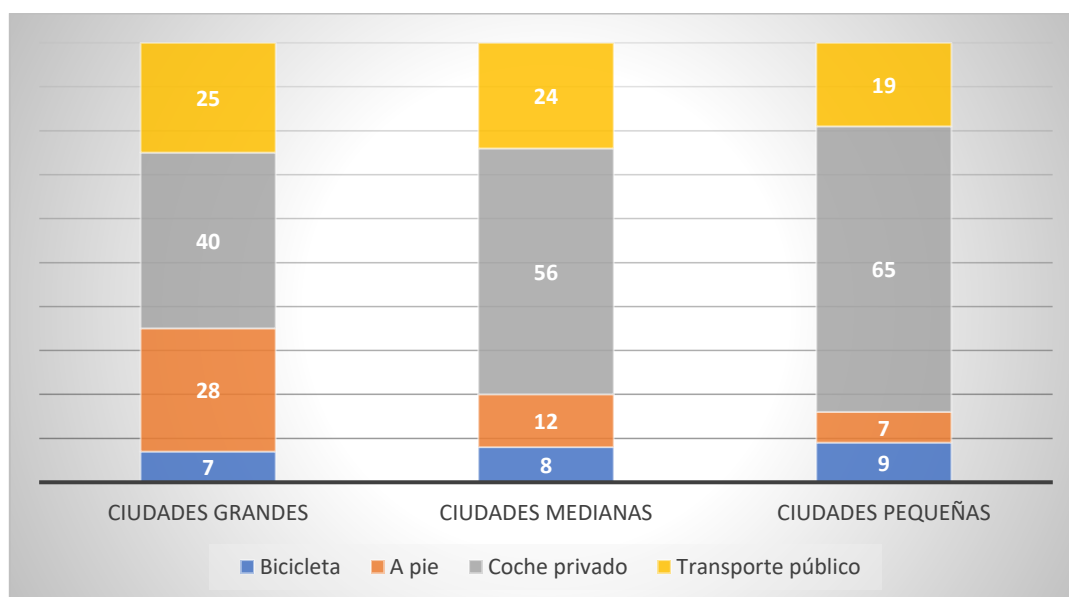
3.6. DEMANDA DE SISTEMAS DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS EN CARTAGENA.

La demanda de un SBP se puede considerar como el número de viajes generados y atraídos por cada zona de influencia de las estaciones de alquiler de bicicletas públicas, siendo las zonas lo suficientemente pequeñas para garantizar, dentro de cada una de ellas, distancias accesibles para ir a pie.

Un buen análisis de la demanda del sistema de préstamo de bicicletas públicas a implantar en Cartagena servirá para identificar el número de usuario potenciales y requiere de los siguientes pasos:

- Definir la propuesta del área de cobertura.
- Definir objetivos claves de rendimiento.
- Crear un perfil y estimación de la demanda.
- Establecer el tamaño del sistema al definir el volumen necesario de estaciones, bicicletas y bicicletas por estación.

Según encuestas realizadas por (Veritas, Julio de 2011), en España, la distribución modal del transporte para una ciudad como Cartagena, considerada mediana, con una población entre 10.000 y 100.000 habitantes, será la representada en la siguiente gráfica:



Gráfica 4: Tanto por ciento promedios del modo de transporte utilizado según el tamaño de la ciudad. Fuente: 'Barómetro anual de la bicicleta' (Veritas, Julio de 2011)

Cabe destacar que el gráfico anterior hace referencia a la distribución modal del transporte medio anual, por tanto, en ciudades con fuertes variaciones de temperatura debidas a los cambios climatológicos se deberá de tener en cuenta el posible descenso, de hasta un 50% en los usuarios de bicicletas y trayectos a pie, que puede provocar. Esto no es un problema para nuestro caso de estudio en Cartagena, puesto que la ciudad cuenta con unas condiciones climatológicas óptimas para el uso de la bicicleta, como hemos descrito anteriormente.

Observando el [grafico 4](#), podemos considerar una demanda potencial para la zona de estudio de Cartagena. Determinando una población estimada de 60.000 habitantes de los cuales y con la utilización de la [tabla 4](#), expuesta anteriormente, podremos definir el número de bicicletas, estaciones, anclajes por estación y bicicletas por estación que se deberán implantar en Cartagena para garantizar un sistema de alquiler de bicicletas públicas satisfactorio.

4. METODOLOGÍA APLICADA:

4.1. MARCO DE REFERENCIA:

El marco de referencia utilizado para la realización de nuestro estudio ha sido el modelo de implantación de SBP propuesto e implantado en Coimbra (Portugal) por Inés Frade y Anabela Ribeiro de la 'University of Coimbra' que combina las decisiones estratégicas en la ubicación de las estaciones de bicicleta y el establecimiento del tamaño del sistema (estación y número de bicicletas), con decisiones operativas (reubicación de bicicletas).

Dicho modelo utilizado (Frade & Ribeiro, 2015), propone un enfoque que mejora significativamente las formulaciones de estudios anteriores al considerar un presupuesto disponible como una limitación y maximizar los beneficios del sistema cubriendo la demanda, representando un modelo innovador en la materia. Todas las obras siguientes constituyen a los antecedentes del modelo de optimización utilizado, aunque al llevar a cabo la implementación real y conjunta de estos sistemas perderán algún punto de estudio:

-Lind y Yang (2011), modelo de optimización que propone un programa no lineal entero que determina la ubicación óptima de las estaciones de acoplamiento, los carriles de bicicleta necesarios y las rutas que se deben tomar de cada origen a cada destino. Se basa en la minimización de costes y supone una penalización por la demanda no cubierta. *No considera* la reubicación de las bicicletas; asume que las bicicletas y los espacios libres están siempre disponibles en las estaciones, simplifica excesivamente el problema.

-Martínez (2012), utiliza un programa lineal mixto realizado a través de la búsqueda o investigación de documentos o fuentes históricas que optimiza la ubicación de estaciones de bicicleta compartidas, asumiendo un tamaño de flota y un cálculo de reubicación de bicicletas para un día de operación regular. *El objetivo principal* es maximizar los ingresos.

-ROMERO (2012), método de optimización de simulación que relaciona las bicicletas públicas con los coches privados. La metodología es esencialmente un modelo de programación matemática de dos niveles que optimiza la ubicación de las estaciones de bicicletas públicas.

-García-Palomares (2012), se propone una metodología basada en SIG para estimar la demanda potencial de viajes y su distribución espacial, la ubicación de las estaciones, la capacidad de la estación y el perfil demandado para estaciones.

-Lu (2013), Raviv y Kolka se analizan tanto el problema de la localización simple como la reubicación, y este equilibrio del problema de los sistemas de compartición de bicicletas, que considera el número de bicicletas en cada estación y las rutas óptimas

de reubicación. Establece un robusto modelo de asignación de flota que genera la asignación diaria óptima de bicicletas a las estaciones y los flujos de redistribución de un sistema de bici compartido implementado, minimizando el coste total. Los autores presentan un modelo de inventario para definir la gestión de las estaciones de bicicleta compartida mediante la introducción de una función *de insatisfacción del usuario* para evaluar la calidad del servicio de reubicación. El enfoque de la metodología es encontrar la ubicación inicial de la estación que minimice la función de insatisfacción.

-Sayarshad (2012), ofrece un modelo de optimización para planificar la reubicación de bicicletas en los sistemas de bicicletas en pequeñas comunidades, asumiendo la maximización del beneficio total para la empresa (función de ingresos y costes).

A continuación, se nombran y detallan los conjuntos, variables de decisión, parámetros y formulaciones utilizadas en el modelo:

- Conjuntos:
 - **J:** conjunto de zonas de demanda, indexadas por i y j .
 - **T:** conjunto de períodos de tiempo, indexados por t .
- Variables de decisión:
 - **X_{ijt} :** proporción de la demanda cubierta de la zona i a la zona j en el paso de tiempo t .
 - **Y_i :** es 1 si la estación de bicicleta en la zona i está abierta y 0 de lo contrario
 - **r_{ijt} :** número de bicicletas recogidas de i a j en el paso t
 - **v_{it} :** número de bicicletas en la zona i al principio del período t (necesario para satisfacer la demanda en esa zona).
 - **z_i :** número de muelles en la zona i .
- Parámetros:
 - **u_{ijt} :** demanda de i a j en tiempo paso t .
 - **ib :** presupuesto inicial.
 - **sb :** presupuesto suplementario para cubrir las pérdidas resultantes del déficit entre el coste de explotación y los ingresos por concepto de gastos.
 - **i :** inversión necesaria para la implementación del sistema.
 - **z_{min} :** capacidad mínima de la estación.
 - **z_{max} :** capacidad máxima de la estación.
 - **Tv :** tamaño total de la flota del sistema.
 - **cb :** precio unitario de una bicicleta.
 - **cs^f :** coste fijo de una estación.
 - **cs^v :** coste variable de una estación.
 - **cr^f :** coste de viaje de reubicación de unidad fija.
 - **cr^v :** coste de viaje de reubicación de unidad variable.
 - **cms :** coste de mantenimiento de la estación de bicicletas, incluyendo depreciación por año.
 - **cmb :** coste de mantenimiento de cada bicicleta, incluyendo depreciación por año

- **fa**: suscripción anual de usuario
- **fm**: suscripción mensual de usuario.
- **fd**: suscripción diaria de usuario.
- **dr**: Tasa de descuento.
- **gr**: Tasa de crecimiento.
- **n**: horizonte del proyecto (años).
- **f**: ingresos de las suscripciones
- **c**: coste del proyecto en el horizonte del proyecto (n)
- **b**: beneficios del proyecto en el horizonte del proyecto (n).
- Formulaciones y restricciones:
 - La *función (1)* maximiza la demanda cubierta por el sistema de la bicicleta.

$$\text{Max } Z = \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} (u_{ijt} \times x_{ijt})$$

- La *función (2)* define el número de bicicletas disponibles en una estación en la zona *i* para el periodo *t*, es decir, define la diferencia entre las bicicletas que salen de la estación *i* y las que llegan a la estación *i*, para un periodo de tiempo *t*.

$$v_{it} = v_{i(t-1)} - \sum_{j \in J} u_{ij(t-1)} x_{ij(t-1)} + \sum_{j \in J} u_{ji(t-1)} x_{ji(t-1)} + \sum_{j \in J} r_{ji(t-1)} - \sum_{j \in J} r_{ij(t-1)} \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

- La *función (3)* actúa como una restricción suponiendo que el número de bicicletas al principio y al final del día es el mismo.

$$v_{i,1} = v_{i,T} \quad \forall i \in J$$

- La *función (4)* establece que la capacidad de cualquier estación es siempre la misma (o menor) que la capacidad máxima establecida de las estaciones.

$$z_i \leq z_{\max} \times y_i \quad \forall i \in J$$

- La *función (5)* establece que la capacidad de cualquier estación es siempre la misma (o mayor) que la capacidad mínima establecida de las estaciones.

$$z_i \geq z_{\min} \times y_i \quad \forall i \in J$$

- La *función (6)* define que el número de bicicletas disponibles en la estación *i* en el paso temporal *t* tiene que ser suficiente para satisfacer la demanda.

$$v_{it} \geq \sum_{j \in J} (u_{ijt} x_{ijt}) \quad \forall i \in J, i \in J, t \in T$$

- Las *funciones (7) y (8)* definen que los espacios libres deben ser siempre igual o superiores al 25% de la capacidad de la estación, así al principio del periodo temporal *t*, el número de bicicletas en la estación *i* debe ser el 75% de la capacidad de esa estación.

$$v_{it} \leq 0.75 \times z_i \quad \forall i \in J, t \in T$$

$$v_{it} \geq 0.25 \times z_i \quad \forall i \in J, t \in T$$

- La *función (9)* establece la restricción de que el número de bicicletas que serán reubicadas desde la estación *i* es menor que el número de bicicletas en la estación.

$$\sum_{j \in J} r_{ijt} \leq v_{it} \quad \forall i \in J, t \in T$$

- La *función (10)* determina la flota total del sistema.

$$Tv = \sum_{i \in J} v_{it} \quad \forall t \in T$$

- La *función (11)* determina la inversión como la suma del coste de las estaciones de bicicletas compartidas (definidas en función del número de muelles) y el coste de las bicicletas (suponiendo que se incluyen los costes de implementación).

$$i = \sum_{i \in J} (cs^f \times y_i + cs^p \times z_i) + cb \times Tv \quad \forall i \in J$$

- La *función (12)* establece la restricción de que la inversión deba ser inferior al presupuesto inicial disponible *ib*.

$$i \leq ib$$

- La *función (13)* define el coste anual del sistema, incluyendo el coste de reubicación, el coste de mantenimiento y el coste de depreciación del vehículo.

$$c = 365 \times \left[cr^f \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} r_{ijt} + cr^p \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} d_{ij} r_{ijt} + cms \sum_{i \in J} y_i + cmb \times Tv \right] \times \left(\frac{1 - \frac{(1+gr)^{n-1}}{(1+dr)^{n-1}}}{dr - gr} \right) \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

- La *función (14)* determina el ingreso de las suscripciones a partir de las realizadas diariamente, mensualmente y anualmente, estimando que diariamente el 50% del usuario tiene suscripciones anuales, 20% mensuales y 30% diarias.

$$f = (fa \times 0.5 + fm \times 12 \times 0.2 + fd \times 365 \times 0.3) \times \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} (u_{ijt} \times x_{ijt}) \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

- La *función (15)* establece que el presupuesto suplementario (forma de organismos públicos u otros) se destina a cubrir cualquier pérdida resultante del déficit entre el coste de operación y los ingresos de la carga diaria.

$$b = (sb + f) \times \left(\frac{1 - \frac{(1+gr)^{n-1}}{(1+dr)^{n-1}}}{dr - gr} \right)$$

- La *función (16)* establece que el valor presente neto para este problema debe ser mayor que 0 para asegurar una buena inversión.

$$-i - \left(\frac{c}{(1+dr)^1} \right) + \left(\frac{b}{(1+dr)^1} \right) \geq 0$$

- La *función (17)* determina la restricción de que la proporción de la demanda de *i* a *j* que se puede cubrir no es mayor que 1.

$$\sum_{j \in J} x_{ijt} \leq 1 \quad \forall i \in J, t \in T$$

- Las *funciones (18) y (19)* indican que la demanda sólo puede ser atendida por estaciones de bicicletas instaladas.

$$x_{ijt} \leq y_i \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

$$x_{ijt} \leq y_j \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

- Las *funciones (20), (21), (22) y (23)* especifican el dominio de las variables de decisión, teniendo especial cuidado cuando las zonas definidas por el estudio

de demanda no son lo suficientemente pequeñas (menores de 500 metros), puesto que en el caso de serlo no se consideraría la *función* (22).

$$r_{ijt} \geq 0 \quad \forall i = j \in J, t \in T$$

$$x_{ijt} \geq 0 \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in J$$

$$v_{it}, z_i, r_{ijt} \in \mathbb{N} \quad \forall i \in J, j \in J, t \in T$$

Como resultado, el modelo define el número de estaciones en cada zona, la capacidad de las estaciones, el número de bicicletas en cada estación y la reubicación en cada paso de tiempo, el tamaño de la flota, los ingresos anuales y los gastos anuales.

4.2. MÉTODO HEURÍSTICO UTILIZADO:

El modelo heurístico que se presenta a continuación aborda lo que creemos ser los problemas clave, ya que define el diseño óptimo de una red de estaciones de bicicletas para maximizar la demanda cubierta teniendo en cuenta las restricciones sobre el coste y el nivel de servicio. Simultáneamente determina la ubicación de las estaciones, el número de bicicletas que deben estar disponibles en cada estación para maximizar la demanda (definiendo las operaciones de reubicación a través de las zonas) y el tamaño de la flota.

El modelo matemático heurístico se ha llevado a cabo, con un estudio detallado y la realización de hojas de cálculos mediante el software Excel y las ecuaciones arrojadas por los estudios realizados en la universidad de Coimbra (Frade & Ribeiro, 2015). Determinando posteriormente, las directrices del sistema de alquiler de bicicletas públicas a implantar en la zona de estudio, las metas de operación del sistema, las medidas correctoras en caso de un mal funcionamiento del sistema y los cálculos de los diferentes escenarios de SBP que se podrían instalar.

Excel, es capaz de resolver las fórmulas del estudio de Coímbra, minimizando de normas restringidas. Las hojas de cálculo realizadas detallan distintos escenarios sujetos a limitaciones de capacidad para asegurar la cobertura de la demanda, restricciones de costes basadas en el valor presente neto para asegurar el presupuesto disponible y restricciones de dominio para asegurar la viabilidad de las variables.

En definitiva, el modelo heurístico (prueba y erros) utilizado para la ciudad de Cartagena estudia:

- La demanda del sistema.
- Capacidad máxima y mínima de las estaciones.
- Precio de las estaciones y las bicicletas.
- Gastos de reubicación y mantenimiento.

- Presupuesto total de inversión y presupuesto suplementario anual, así como el descuento y la tasa de crecimiento para los años horizonte del proyecto.

El objetivo del modelo es maximizar la demanda cubierta y la inversión de retorno. Desde el punto de vista de los ingresos, se considera una posible contribución de la inversión pública al sistema y los ingresos de las suscripciones y, desde el punto de vista de los gastos, se consideran los costes de reubicación y mantenimiento (bicicletas y estaciones).

Como resultados, el modelo nos ayudará a definir el número de estaciones en cada zona, la capacidad de las estaciones, el número de bicicletas en cada zona, el tamaño de la flota, los ingresos anuales y los gastos anuales.

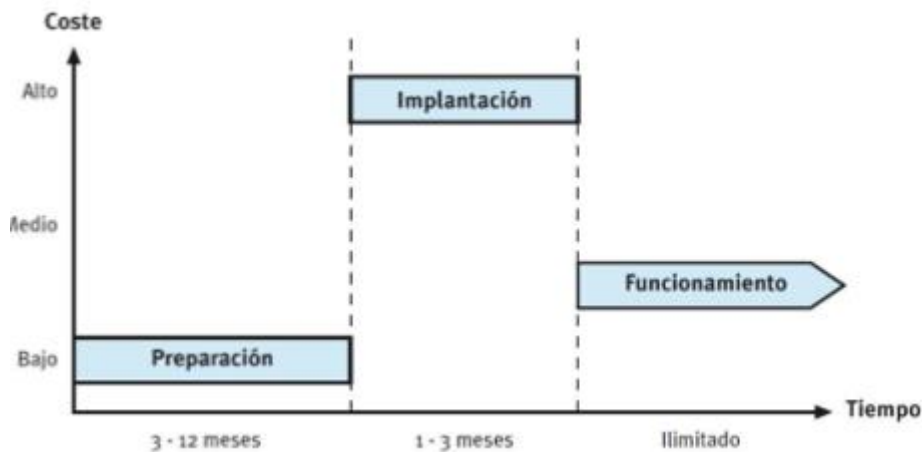
Los objetivos principales del sistema de bicicletas públicas a implantar mediante el método heurístico utilizado son:

- Maximizar la demanda cubierta y la inversión de retorno. Desde el punto de vista de los ingresos, se considera una posible contribución de la inversión pública al sistema y los ingresos de las suscripciones y, desde el punto de vista de los gastos, se consideran los costes de reubicación y mantenimiento (bicicletas y estaciones).
- Minimización del coste total, minimización de los costes de transporte.
- Equilibrar el coste anual del sistema y los ingresos asumiendo un posible presupuesto suplementario del proveedor del sistema para cubrir cualquier pérdida resultante del déficit entre su coste de operación y los ingresos de los cargos de suscripción.
- Implantar un sistema de bicicletas público atractivo para la sociedad, incentivando su uso y aceptación social.

METAS DE OPERACIÓN.

A la hora de estructurar un SBP se debe plantear los objetivos a lograr con dicho sistema y que metas se propone alcanzar. Hay metas temporales y otras permanentes que deben estar presente durante todo el periodo de funcionamiento del sistema, como la minimización del coste total, la minimización de los costes de reubicación de bicicletas y la maximización de la cobertura de la demanda.

En cuanto a las metas temporales, se deben llevar a cabo en un periodo de tiempo determinado, ya sea en la fase de preparación, implantación o funcionamiento del sistema de alquiler de bicicletas públicas. Véase en la [gráfica 5](#).



Gráfica 5: Cronograma promedio de las distintas fases del proyecto de un sistema de alquiler de bicicletas públicas. Fuente: Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicleta pública en España.

Algunas metas de operación más comunes en el inicio de funcionamiento de un sistema de alquiler de bicicletas públicas recientemente implantado, obedecientes a los indicadores de uso que históricamente se han construido en otras experiencias (Frade & Ribeiro, 2015), son:

- Finalizados los primeros tres meses de funcionamiento, la prueba piloto del sistema de alquiler de bicicletas públicas debe tener inscritos al menos tres personas en promedio por bicicleta, y un mínimo de tres usos por bicicleta al cabo de un día.
- Tras los seis primeros meses de funcionamiento, la prueba piloto del sistema de alquiler de bicicletas públicas debe tener inscritos al menos cinco personas en promedio por bicicleta, y un mínimo de seis usos por bicicleta al cabo de un día.

La meta final perseguida tanto por Cartagena, como por todas las ciudades que se deciden a implantar la bicicleta pública, es la de proporcionar un medio de transporte competitivo y ecológico, para disminuir el uso de vehículo privado dentro de las ciudades y con ello la congestión, la contaminación y todos los efectos negativos derivados del uso del coche.

MEDIDAS CORRECTORAS PARA POSIBLES INCIDENCIAS EN EL SISTEMA:

Una vez implantado el sistema de alquiler de bicicletas públicas, pueden surgir ciertas incidencias en el sistema que se deberán solucionar rápida y adecuadamente para garantizar la supervivencia del sistema. A continuación, se detallan algunas de las posibles incidencias junto con las medidas correctoras a seguir:

- ***Las expectativas propuestas del número de usuarios superan la realidad:***
 - Incidencias: Baja oferta de bicicletas para la demanda del usuario, que conlleva la frustración de este y el deterioro de la imagen del sistema.

- Medidas correctoras: Ampliar la flota de bicicletas según demanda y previsiones, informar al usuario sobre la situación, crear listas de espera, limitar el tiempo de uso...
- **Las expectativas propuestas del número de usuarios se quedan por debajo de la realidad:**
 - Incidencias: Mala elaboración de la campaña de comunicación.
 - Medidas correctoras: Lanzar una nueva campaña de comunicación mejor enfocada y con más campo de acción.
- **Vandalismo:**
 - Incidencias: Robos de bicicletas, deterioro de estaciones, anclajes y otros materiales debido a actos vandálicos.
 - Medidas correctoras: Instalar medidas de mayor seguridad en las bicicletas y estaciones, a la par de reforzar la vigilancia en ellas.

5. CASOS DE APLICACIÓN:

Estimamos que el área de estudio de Cartagena tiene una población de 60.000 habitantes, de la cual una gran mayoría es población estudiantil y usuarios potenciales del sistema de alquiler de bicicletas públicas, lo que supone un factor importante que podría reforzar el potencial de uso de un sistema de distribución de bicicletas.

En tercer lugar, una vez detallado en qué consisten los sistemas de préstamo de bicicletas públicas y observado con detalle el estado actual de Cartagena y el marco de referencia a utilizar, presentamos un trabajo de investigación con el propósito de diseñar varios escenarios de sistemas de alquiler de bicicletas públicas en la ciudad de Cartagena, de tal manera que maximice la demanda cubierta y tome el presupuesto disponible como una restricción.

En este bloque obtendremos el modelo determinado para la ubicación óptima de las estaciones de bicicletas, el tamaño de la flota, la capacidad de las estaciones y el número de bicicletas en cada estación, considerando una inversión inicial inferior al presupuesto dado en cada uno de los distintos escenarios estudiados. Pudiendo ser una buena herramienta para ayudar al Ayuntamiento de Cartagena a implementar un sistema de uso compartido de bicicletas, haciendo que la inversión sea lo más efectiva posible, y representa una innovación en esta materia.

Además, el núcleo del trabajo es el cuerpo principal del documento, en él procedemos a explicar los estudios realizados, los casos prácticos de varios escenarios posibles, resultados y aportaciones originales, para posteriormente analizar los puntos fuertes y deficiencias de cada uno de ellos y proceder a la discusión exhaustiva de las diferentes propuestas, definiremos la propuesta más eficiente o adecuada a implantar en Cartagena, combinando decisiones estratégicas.

5.1. DIRECTRICES DEL SISTEMA DE ALQUILER DE BICICLETAS PÚBLICAS A INSTALAR EN EL CASO DE ESTUDIO.

Antes de comenzar con el cálculo de distintos escenarios de estudios, se debe marcar unas directrices teniendo un conocimiento de los elementos esenciales del sistema, con la finalidad de que coloquen a una distancia correcta una estación de otra y construyan tanto un modelo de negocio como uno financiero. Estos elementos incluyen bicicletas, estaciones, software y otras necesidades tecnológicas, así como objetivos para el personal.

Como ya hemos nombrado anteriormente, y representado en las tablas y gráficas del trabajo, un sistema de alquiler de bicicletas públicas debe seguir los siguientes requerimientos o directrices de planeación, para garantizar una buena implementación de este:

- La ubicación de las estaciones no debe obstruir el libre tránsito peatonal o tráfico de vehículos, siendo adyacentes a las paradas de transporte público más transitadas para

favorecer la intermodalidad. Las estaciones deberán encontrarse a no más de 50-100 metros de las paradas de transporte más transitadas.

- Dentro de las posibilidades, las estaciones deben estar localizadas a lo largo de la vía ciclista, adyacentes a los espacios públicos más populares de la zona de estudio de Cartagena, en los puntos donde la accesibilidad para las bicicletas sea segura y buena, pudiendo los usuarios acceder a múltiples direcciones.
- Las estaciones tendrán un promedio de bicicletas determinado según el tamaño de la población. En nuestro caso de estudio, considerando el núcleo urbano de Cartagena como una ciudad mediana, el promedio por estación es de aproximadamente 15 bicicletas por cada 10.000 habitantes. (tabla 4).
- En nuestro caso de estudio, considerando el núcleo urbano de Cartagena como una ciudad mediana, se estima la colocación de aproximadamente 1,5 estaciones por cada 10.000 habitantes. (tabla 4)
- Las estaciones tendrán un promedio de anclajes (rack) determinado según el tamaño de la población. En nuestro caso de estudio, considerando el núcleo urbano de Cartagena como una ciudad mediana, el promedio por estación es de aproximadamente 2 anclajes por cada bicicleta, es decir, 30 anclajes por cada 10.000 habitantes. (tabla 4). Es aconsejable que las estaciones cuenten con anclajes extras o espacio de almacenamiento con la finalidad de poder acomodar las bicicletas en las horas pico.
- En nuestro caso de estudio, considerando el núcleo urbano de Cartagena como una ciudad mediana, se estima la colocación de aproximadamente 20 bicicletas por estación. (tabla 4), con un espacio libre adicional mínimo del 25% de la capacidad de la estación.
- Las estaciones deberán estar distanciadas en un intervalo de 300-500 metros, garantizando así una cobertura y distancia uniforme entre distintas estaciones. Además, 14 estaciones por km² es equivalente a una estación cada 300 metros; 9 estaciones por km² es equivalente a una estación cada 500 metros.
- Las estaciones a instalar en Cartagena deberán disponer de un sistema electrónico que registre la entrega y devolución de la bicicleta, siendo comunicable en tiempo real con el centro de control. Además, deberán disponer de un panel de información al usuario con instrucciones de inscripción, uso del servicio, teléfono y correo de contacto.
- Las estaciones deberán tener un elemento vertical que facilite su visualización e identificación, acompañado de un mapa de las vías ciclistas de la Ciudad y las estaciones disponibles en la zona de operación, así como recorridos recomendados hacia los puntos de mayor interés turístico, estudiantil, comercial, etc.
- La distancia entre estaciones deberá de ser lo más pequeña posible para que la propuesta tenga la mayor precisión. Se debe realizar un análisis de sensibilidad en cada caso para definir esta distancia según la localidad y los datos disponibles, pero se recomienda que ninguna zona supere los 500 m como distancia máxima entre dos puntos independientes de su forma.
- El día se divide en períodos cuyo número debe ser compatible con los datos disponibles en cada caso de estudio. También puede justificarse por la frecuencia de

las actividades de reubicación, ya que ciertos períodos pueden ser muy exigentes en términos de costes y recursos humanos.

- El número mínimo de viajes requeridos por bicicleta debe de ser de al menos 4 por día. Siendo óptimo el intervalo entre 6-8 viajes por bicicleta y día.

5.2. PLANEAMIENTO GENERAL:

El planteamiento general común para todos los escenarios de estudios descritos a continuación se ha llevado a cabo una vez definido en que consiste los sistemas de alquiler de bicicletas públicas, sus características, beneficios, deficiencias, aspectos económicos (costes, financiación y subvenciones), evolución con el tiempo...

El planeamiento general o características que siguen todos los escenarios que estudiaremos a continuación será:

- Se utilizarán sistemas de tercera o cuarta generación, con bicicletas controladas por un sistema electrónico, con registro de usuarios, y cuya utilidad fuera del entorno para el cual han sido diseñadas sea muy limitada, reduciendo así la problemática de robos y vandalismo.
- Se dispondrá de monitores en todas las estaciones para el registro de usuarios, siendo rápido, sencillo e intuitivo.
- Se desarrollará un plan de comunicación y una estrategia de marketing, incluyendo la marca para el sistema. Unos meses antes de la puesta en funcionamiento del sistema se efectuará una campaña de divulgación a la comunidad para informar a los usuarios sobre cómo utilizar el sistema, además de servir para concienciar a los conductores de estos nuevos usuarios.
- El uso principal al que se dirige el servicio será el de realizar trayectos entre diferentes estaciones en cortos periodo de tiempo, con el fin de comunicar mejor el núcleo de la ciudad.
- Los principales usuarios a los que se dirige el servicio serán para los ciudadanos y turistas de edades comprendidas entre los 16 y 65 años.
- Se estudiará la integración del sistema en el paisaje urbano, formando así parte de la identidad de Cartagena.
- Comenzarán a funcionar en primavera o principios de verano, coincidiendo con el buen tiempo y con la época propicia para pasear en bicicleta, lo que provocará una mayor aceptación social.
- Se integrará el sistema de alquiler de bicicletas públicas en el bono de transporte público de la ciudad, para favorecer la intermodalidad.
- Se impondrá una fianza de 50-150€, que será devuelta cuando caduque el servicio contratado o éste se de baja.
- Se dispondrán de tarifas modernas como las instalas en Múnich o Berlín con el servicio “Call a Bike”, que permitirán la suscripción al sistema (mensual o anual) para los

usuarios más comunes y para los usuarios esporádicos una tarifa por uso del sistema (coste por minutos utilizados.)

- La redistribución de las bicicletas se llevará a cabo mediante camiones o furgonetas eléctricas, para seguir apostando por la movilidad sostenible en la ciudad de Cartagena.
- Se realizará un mantenimiento rutinario del sistema, incluyendo limpieza, revisión y mantenimiento tanto de las bicicletas como de los puntos de recogida y entrega.

Considerando que el caso de estudio de Cartagena tiene una población aproximada de 60.000 habitantes y por lo tanto debiendo ser considerada como una ciudad mediana (10.000 – 100.000 habitantes) con una alta densidad y cuyo sistema apropiado será uno automático con estaciones distribuidas por toda la ciudad, podemos estructurar los datos utilizados como planteamiento general en una tabla resumen ([Tabla 8](#)) que facilitará su comprensión.

Tabla 8: Planeamiento general para el área de estudio, núcleo urbano de Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

PLANEAMIENTO GENERAL PARA EL ÁREA DE ESTUDIO DEL NÚCLEO URBANO DE CARTAGENA.		
(Casco antiguo, Barriada de San Ginés, Barriada Virgen de la Caridad, Ensanche-Almarjal)		
Estimación general →	Población.	60.000 habitantes.
	% de población que utilizarán el SBP.	5% de la población. (2-7% de la población)
	Densidad poblacional.	Alta.
	Sistema utilizado.	Automático (3º-4º generación).
	Distribución de estaciones.	Por toda la ciudad.

Tarifas para los usuarios. →	Por suscripción	Uso libre	Mensual	Anual
		30 min.	10€	50€
	Por uso puntual del sistema	Cuota anual	Cada ½ hora	24 horas
		3€	1€	15€
Distribución de dispositivos según población. →	Por cada 10.000 habitantes	<p><u>Aproximadamente:</u></p> <p>15 bicicletas. (12-18 bicicletas)</p> <p>1,6 estaciones. (1,5-2 estaciones)</p> <p>30 anclajes. (2-3 por bicicleta)</p> <p>15 bicicletas por estación + 4 espacios libres. (12+3; 20+5)</p> <p>4-8 usos/bicicleta/día.</p>		
Distanciamiento entre dispositivos. →	Entre estaciones y paradas de transporte público muy transitadas.	Distancia de 50-100 metros		
		Distancia mínima de 300 metros.	14 estaciones por km ² .	
	Entre dos estaciones.	Distancia máxima de 500 metros.		
		9 estaciones por km ² .		

Coste monetario por implantación y mantenimiento según dispositivos. →	Estación de 3ª 4ª generación.	Unidad.	3000€/estación.
		Mantenimiento anual.	500€/estación. (300-700€/estación)
	Bicicleta.	Unidad.	300 €/bicicleta.
		Mantenimiento anual.	50€/bicicleta. (40-60€/bicicleta)
	Anclaje.	Unidad.	500€/anclaje.
		Mantenimiento anual.	90€/anclaje. (60-120€/anclaje)

Los datos utilizados en la tabla 9 que definen el planteamiento general, han sido enunciados a lo largo del trabajo en puntos como en '[Directrices del sistema](#)', o en la [tabla 1](#), [tabla 4](#), [tabla 5](#) y [tabla 6](#).

5.3. ESCENARIOS DE ESTUDIO:

A continuación, estudiaremos varios escenarios posibles para la ciudad de Cartagena, asumiendo unas inversiones iniciales de 14.000€-210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 0€-30.000€. Los intervalos de inversiones impuestos son los que se suelen aplicar a ciudades de las características de Cartagena, como es el caso de la ciudad de Coimbra (Portugal), el cual utilizamos como marco de referencia (Frade & Ribeiro, 2015).

Además, en los escenarios estudiados tendremos muy en cuenta el grado de aceptación con el que la población de Cartagena acogerá el sistema de préstamo de bicicletas públicas propuesto, por ello se harán diferentes estudios con distinta aceptación del sistema (% de la

población que se harán usuarios). Este punto es el más difícil de determinar a la hora de implantar un SBP, puesto que hasta que no esté en funcionamiento no puede saberse realmente la acogida que tendrán los ciudadanos-

Para una mayor comprensión de los escenarios estudiados, en la siguiente tabla se recoge las principales inversiones llevadas en cada uno de ellos:

Tabla 9: Escenarios estudiados para la implantación de un SBP en Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

<i>ESCENARIOS ESTUDIADOS PARA EL NÚCLEO URBANO DE CARTAGENA.</i>			
	Presupuesto inicial.	Presupuesto anual suplementario.	% de la población que se harán usuarios.
Escenario 1.	145.000€	-	2%
Escenario 2.	145.000€	-	5%
Escenario 3.	145.000€	-	7%
Escenario 4.	145.000€	-	2%
Escenario 5.	145.000€	-	5%
Escenario 6.	145.000€	-	7%
Escenario 7.	145.000€	-	2%
Escenario 8.	145.000€	-	5%
Escenario 9.	145.000€	-	7%
Escenario 10.	145.000€	20.000€	2%
Escenario 11.	145.000€	20.000€	5%
Escenario 12.	145.000€	20.000€	7%
Escenario 13.	145.000€	20.000€	2%
Escenario 14.	145.000€	20.000€	5%
Escenario 15.	145.000€	20.000€	7%
Escenario 16.	145.000€	20.000€	2%

Escenario 17.	145.000€	20.000€	5%
Escenario 18.	145.000€	20.000€	7%
Escenario 19.	175.000€	-	2%
Escenario 20.	175.000€	-	5%
Escenario 21.	175.000€	-	7%
Escenario 22.	175.000€	-	2%
Escenario 23.	175.000€	-	5%
Escenario 24.	175.000€	-	7%
Escenario 25.	175.000€	-	2%
Escenario 26.	175.000€	-	5%
Escenario 27.	175.000€	-	7%
Escenario 28.	175.000€	30.000€	2%
Escenario 29.	175.000€	30.000€	5%
Escenario 30.	175.000€	30.000€	7%
Escenario 31.	175.000€	30.000€	2%
Escenario 32.	175.000€	30.000€	5%
Escenario 33.	175.000€	30.000€	7%
Escenario 34.	175.000€	30.000€	2%
Escenario 35.	175.000€	30.000€	5%
Escenario 36.	175.000€	30.000€	7%
Escenario 37.	210.000€	-	2%
Escenario 38.	210.000€	-	5%
Escenario 39.	210.000€	-	7%

Escenario 40.	210.000€	-	2%
Escenario 41.	210.000€	-	5%
Escenario 42.	210.000€	-	7%
Escenario 43.	210.000€	-	2%
Escenario 44.	210.000€	-	5%
Escenario 45.	210.000€	-	7%
Escenario 46.	210.000€	30.000€	2%
Escenario 47.	210.000€	30.000€	5%
Escenario 48.	210.000€	30.000€	7%
Escenario 49.	210.000€	30.000€	2%
Escenario 50.	210.000€	30.000€	5%
Escenario 51.	210.000€	30.000€	7%
Escenario 52.	210.000€	30.000€	2%
Escenario 53.	210.000€	30.000€	5%
Escenario 54.	210.000€	30.000€	7%

Analizando la tabla anterior, debemos saber que el número de dispositivos (bicicletas, estaciones y anclajes) a implantar en el sistema de alquiler de bicicletas públicas y los costes de mantenimiento de estos dispositivos, vendrán relacionados con el grado de usuarios que haya. Por lo tanto, a mayor tanto por ciento de población que se haga usuaria del sistema, mayor será el número de dispositivos a implantar, mayor será su mantenimiento y mayor será el número de usos diarios.

A continuación, se detalla la realización del cálculo de los escenarios, definiendo paso por paso el método heurístico elaborado:

El primer paso para el estudio de los escenarios supuestos consiste en completar los datos de nuestro caso de estudio, determinando el valor del presupuesto inicial (€), el valor del presupuesto suplementario anual (€), población estimada en el área de estudio, usuarios del SBP (% de la población), el número de estaciones, anclajes y bicicletas por cada 10.000

habitantes, el coste de implantación de cada dispositivo, el coste de mantenimiento de los dispositivos instalados y las tarifas que se cobrarán a los usuarios del sistema; tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10: Ejemplo de los datos a introducir en el modelo heurístico elaborado. Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESCENARIO PROPUESTO (EJEMPLO).	
Presupuesto (€)	145.000 €
Presupuesto suplementario anual (€)	0 €
Población	60000
Usuarios (% de la población)	2%
Bicicletas cada 10.000 habitantes	15
Estaciones cada 10.000 habitantes	1,6
Anclajes cada 10.000 habitantes	30
Coste de Implantación	
Precio por bicicleta	300 €
Precio por estación	3.000 €
Precio por anclaje	500 €
Coste de mantenimiento	
Precio mantenimiento anual por bicicleta	40 €
Precio mantenimiento anual por estación	300 €
Precio mantenimiento anual por anclaje	60 €
Ingresos anuales por usuarios.	
Precio tarifa anual	50 €
Precio tarifa mensual	10 €
Precio tarifa diaria	4 €

Los datos utilizados para rellenar el supuesto anterior han sido redactados anteriormente (tabla 8), utilizando el rango de valores estipulado por el estudio utilizado como marco de referencia (Frade & Ribeiro, 2015).

Una vez introducidos los datos de partida, el modelo heurístico elaborado calcula el número de dispositivos a implantar (estaciones, anclajes y bicicletas), así como el coste de implantación, el coste de mantenimiento y los ingresos anuales derivados de las tarifas a los usuarios. Además, los datos arrojados tanto de los costes de implementación como de mantenimiento estarán relacionados con el número de dispositivos calculado que se deberá de instalar puesto que el modelo heurístico también determina los gastos de reubicación de bicicletas, gastos administrativos, gastos de comunicación, gastos de configuración, etc.

Tabla 10.1: Ejemplo cálculos arrojados método heurístico elaborado. Fuente: Elaboración propia.

Nº de dispositivos a implantar	Bicicletas	Estaciones	Anclajes
	90	10	180
Coste total de implantación	172.877 €		
Coste total de mantenimiento anual	30.857 €		
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €		

Una vez que el modelo heurístico ha calculado tanto los costes de mantenimiento e implantación como los ingresos por usuarios y/o presupuesto anual suplementario, los compara de tal forma que nos muestra si el escenario será viable económicamente.

¿Se puede implantar con el presupuesto inicial? **No, el presupuesto no es suficiente**

Presupuesto inicial	145.000 €
Costes totales de implantación del SBP	172.877 €

¿Es un sistema autofinanciable? **Sí, es autofinanciable**

Ingresos anuales totales	33.840 €
Costes anuales totales	30.857 €

Para el ejemplo descrito, tal y como se muestra, no se podrá implantar puesto que el presupuesto inicial no es suficiente como para cubrir los costes totales derivados de la implantación del sistema de alquiler de bicicletas públicas propuesto en los datos iniciales introducidos.

A continuación, se calculan 54 escenarios distintos, estudiando las diferentes combinaciones posibles a la hora de introducir los datos iniciales.

ESCENARIO 1.

En el escenario 1, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 1. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 1 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 1:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 11: Resumen escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 1 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 2.

En el escenario 2, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 2. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial y el proyecto no es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son mayores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 2 están recogidas en [el anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 2:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	No, no es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 12: Resumen escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 2 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema y los gastos de mantenimiento.
- Establecer un presupuesto suplementario anual que ayude a afrontar los gastos de mantenimiento.

ESCENARIO 3.

En el escenario 3, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 3. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 3 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 3:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 13: Resumen escenario 3. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 3, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 4.

En el escenario 4, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 4, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 4. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 4 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 4:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9,6	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 14: Resumen escenario 4. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 4 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 5.

En el escenario 5, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la

población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 5. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, aunque el proyecto sea autofinanciable, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 5 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 5:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 15: Resumen escenario 5. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 5 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 6.

En el escenario 6, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 6. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 6 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 6:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 16: Resumen escenario 6. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 6, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA PROPUESTO EN EL ESCENARIO 6.

La solución óptima dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 7.

En el escenario 7, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 7. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 7 están recogidas en el anexo escenarios Excel, cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 7:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 17: Resumen escenario 7. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 7 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 8.

En el escenario 8, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 8. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 8 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#) cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 8:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	72.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 18: Resumen escenario 8. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 8 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 9.

En el escenario 9, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada

10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 9. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 9 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 9:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 19: Resumen escenario 9. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 9, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 504 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 10.

En el escenario 10, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 10. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 10 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 10:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	53.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 20: Resumen escenario 10. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 10 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 11.

En el escenario 11, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 11. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 11 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 11:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	53.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 21: Resumen escenario 11. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 11 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 12.

En el escenario 12, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 12. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 12 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 12:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	53.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 22: Resumen escenario 12. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 12, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 13.

En el escenario 13, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 13, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 13. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 13 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 13:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	9,6	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	104.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 23: Resumen escenario 13. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 13 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 14.

En el escenario 14, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 14. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, aunque el proyecto sea autofinanciable, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 14 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 14:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	104.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 24: Resumen escenario 14. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 14 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 15.

En el escenario 15, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 15. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 15 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 15:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	104.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 25: Resumen escenario 15. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 15, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 16.

En el escenario 16, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 16. Todos los datos utilizados para la

realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación. Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 16 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 16:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	9,6	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	138.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 26: Resumen escenario 16. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 16 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 17.

En el escenario 17, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 17. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 17 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#) cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 17:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	72.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	138.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 27: Resumen escenario 17. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 17 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 18.

En el escenario 18, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 145.000€ y un presupuesto anual suplementario de 20.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 18. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 18 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 18:		
Presupuesto inicial	145.000 €	
Presupuesto suplementario anual	20.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	138.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 28: Resumen escenario 18. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 18, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (142.997 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (145.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 504 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 19.

En el escenario 19, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 19. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 19 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 19:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 29: Resumen escenario 19. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 19, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 450 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 20.

En el escenario 20, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 20. Todos los datos utilizados para la

realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial y el proyecto no es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son mayores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 20 están recogidas en [el anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 20:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	No, no es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 30: Resumen escenario 20. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 20 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema y los gastos de mantenimiento.
- Establecer un presupuesto suplementario anual que ayude a afrontar los gastos de mantenimiento.

ESCENARIO 21.

En el escenario 21, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos

recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 21. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 21 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 21:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 31: Resumen escenario 21. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 21, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 21 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de

alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 22.

En el escenario 22, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 22, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 22. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 22 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 22:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 32: Resumen escenario 22. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 22, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 540 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 23.

En el escenario 23, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 23. Todos los datos utilizados para la

realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, aunque el proyecto sea autofinanciable, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 23 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 23:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 33: Resumen escenario 23. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 5 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 24.

En el escenario 24, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios

y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 24. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 24 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 24:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 34: Resumen escenario 24. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 24, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 24 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas eficiente, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 25.

En el escenario 25, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 25. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 25 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 25:	
Presupuesto inicial	175.000 €
Presupuesto suplementario anual	0 €
Nº de estaciones	10
Nº de anclajes	180
Nº de bicicletas	90

Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 35: Resumen escenario 25. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 25, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 26.

En el escenario 26, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 26. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 26 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#) cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 26:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	72.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 36: Resumen escenario 26. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 26 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 27.

En el escenario 27, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 27. Todos los datos utilizados para la

realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 27 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 27:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 37: Resumen escenario 27. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 27, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 27 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 28.

En el escenario 28, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los

datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 28. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 28 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 28:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 38: Resumen escenario 28. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 28, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 450 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 29.

En el escenario 29, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 29. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 29 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 29:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 39: Resumen escenario 29. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 5 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 30.

En el escenario 30, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 30. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 30 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 30:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 40: Resumen escenario 30. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 30, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 30 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 31.

En el escenario 31, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la

población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 31, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 31. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 31 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 31:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 41: Resumen escenario 31. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 31, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 540 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 32.

En el escenario 32, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 32. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, aunque el proyecto sea autofinanciable, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 32 están recogidas en el anexo escenarios Excel, cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 32:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	No, el presupuesto no es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 42: Resumen escenario 32. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 5 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 33.

En el escenario 33, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 33. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 33 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 33:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 43: Resumen escenario 33. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 33, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una adecuada eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 33 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 34.

En el escenario 34, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la

población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 34. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 34 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 34:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 44: Resumen escenario 34. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 34, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (172.877 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (175.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas.

Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 35.

En el escenario 35, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 35. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***no es viable***, puesto que el coste de implantación supera el presupuesto inicial, haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 35 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 35:	
Presupuesto inicial	175.000 €
Presupuesto suplementario anual	30.000 €
Nº de estaciones	12
Nº de anclajes	216
Nº de bicicletas	108
Coste implantación	209.160 €
Coste mantenimiento anual	72.857 €
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €

No, el presupuesto no es suficiente

Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 45: Resumen escenario 35. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 35 fuera viable serían:

- Aumento del presupuesto inicial hasta un valor que cubra el total del coste de implantación.
- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación del sistema.

ESCENARIO 36.

En el escenario 36, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 175.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 36. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 36 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 36:		
Presupuesto inicial	175.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 46: Resumen escenario 36. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 36, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (175.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 21 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 504 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 37.

En el escenario 37, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 37. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 37 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 37:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 47: Resumen escenario 37. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 37, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 37 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 450 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 38.

En el escenario 38, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 38. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **no es viable**, puesto que el proyecto no es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son mayores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo imposible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 38 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 38:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	No, no es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 48: Resumen escenario 38. Fuente: Elaboración propia.

Alguna de las medidas correctoras que se podrían tomar para conseguir que el escenario 38 fuera viable serían:

- Reducción del número de dispositivos implantados por cada 10.000 habitantes, al mínimo permitido, disminuyendo con ello el coste de implantación de mantenimiento y aumentando las posibilidades de que el sistema se autofinancie.
- Establecer un presupuesto suplementario anual que ayude a afrontar los gastos de mantenimiento.

ESCENARIO 39.

En el escenario 39, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 39. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 39 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 39:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	33.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 49: Resumen escenario 39. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 39, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 39 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 40.

En el escenario 40, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 40, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000

habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 40. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 40 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 40:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 50: Resumen escenario 40. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 40, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 40 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 540 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 41.

En el escenario 41, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 41. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 41 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 41:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 51: Resumen escenario 41. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 41, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (209.160 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (210.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 648 viajes diarios y localiza 12 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 216 anclajes y una flota de 108 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 42.

En el escenario 42, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 42. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 42 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 42:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	84.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 52: Resumen escenario 42. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 42, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 42 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 43.

En el escenario 43, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 43. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 43 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 43:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 53: Resumen escenario 43. Fuente: elaboración propia.

El escenario 43, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 43 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 44.

En el escenario 44, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 44. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 44 están recogidas en [el anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 44:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	72.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 54: Resumen escenario 44. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 44, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (209.160 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (210.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 12 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 216 anclajes y una flota de 108 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 45.

En el escenario 45, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y no hay presupuesto anual suplementario. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 45. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 45 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 45:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	0 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	118.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 55: Resumen escenario 45. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 45, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 45 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 504 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 46.

En el escenario 46, se proyecta un sistema de 3º generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 46. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 46 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 46:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	30.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	450	

Tabla 56: Resumen escenario 46. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 46, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 46 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 450 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 47.

En el escenario 47, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 47. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 47 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 47:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.286 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 57: Resumen escenario 47. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 47, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (209.160 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (210.000 €), arrojando una mala eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 540 viajes diarios y localiza 12 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 216 anclajes y una flota de 108 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 48.

En el escenario 48, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población baja (2% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos y un número de 5 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 40€/bicicleta, 300€/estación y 60€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 48. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 48 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 48:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	25.393 €	
Ingresos anuales por usuarios	33.840 €	
Total de ingresos anuales	63.840 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	360	

Tabla 58: Resumen escenario 48. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 48, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 48 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución dada por el modelo cubre 360 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 49.

En el escenario 49, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

El escenario 49, se ha realizado datos promedios en todos sus parámetros, tanto en aceptación de la población, como en el diseño del sistema a la hora de calcular el número de dispositivos a implantar, como en los costes de mantenimiento de dichos dispositivos.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000

habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 49. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 49 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 49:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	45.536 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	540	

Tabla 59: Resumen escenario 49. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 49, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 49 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución dada por el modelo cubre 540 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 50.

En el escenario 50, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento bajos medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 50. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 50 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 50:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	55.071 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	648	

Tabla 60: Resumen escenario 50. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 50, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (209.160 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (210.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 648 viajes diarios y localiza 12 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 216 anclajes y una flota de 108 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 51.

En el escenario 51, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación media por parte de la población (5% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de costes de mantenimiento medios y un número de 6 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 50€/bicicleta, 500€/estación y 90€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 51. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 51 están recogidas en [el anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 51:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	37.607 €	
Ingresos anuales por usuarios	84.600 €	
Total de ingresos anuales	114.600 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	432	

Tabla 61: Resumen escenario 51. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 51, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 51 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución dada por el modelo cubre 432 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 52.

En el escenario 52, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se han utilizado los datos promedios de dispositivos que deben implantarse como: 15 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1,6 estaciones cada 10.000 habitantes, 30 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 15 bicicletas, dejando 4 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 52. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 52 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 52:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	10	
Nº de anclajes	180	
Nº de bicicletas	90	
Coste implantación	172.877 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	60.214 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	630	

Tabla 62: Resumen escenario 52. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 52, aunque sea viable al tener un coste de implantación (172.877€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 52 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 10 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 180 anclajes y una flota de 90 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 53.

En el escenario 53, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alta (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el mayor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 18 bicicletas cada 10.000 habitantes, 2 estaciones cada 10.000 habitantes, 36 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 20 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada en el escenario 53. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada **si es viable**, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 53 están recogidas en el [anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 53:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	12	
Nº de anclajes	216	
Nº de bicicletas	108	
Coste implantación	209.160 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	72.857 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	756	

Tabla 63: Resumen escenario 53. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 53, no será necesario realizar medidas correctoras puesto que es viable para su implantación. Además, el coste de implantación (209.160 €) se acerca bastante al presupuesto inicial (210.000 €), arrojando una buena eficiencia de los recursos disponibles.

La solución óptima dada por el modelo cubre 630 viajes diarios y localiza 12 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 216 anclajes y una flota de 108 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

ESCENARIO 54.

En el escenario 54, se proyecta un sistema de 3ª generación en el que se estima que el presupuesto inicial es de 210.000€ y un presupuesto anual suplementario de 30.000€. Con los datos recogidos en el planteamiento general, asumimos unas tarifas de suscripción anual de 50€, mensual de 10€ y diaria de 4€, una aceptación por parte de la población alto (7% de la población serán usuarios), por consiguiente, unos valores de mantenimiento altos y un número estimado de 7 usos por bicicleta al día. Los costes por mantenimiento serán de 60€/bicicleta, 700€/estación y 120€/anclaje.

Para el diseño del sistema se ha utilizado el menor número de dispositivos a implantar permitidos, debiendo implantarse: 12 bicicletas cada 10.000 habitantes, 1.5 estaciones cada 10.000 habitantes, 24 anclajes cada 10.000 habitantes y que la ocupación de las estaciones sea en torno a 12 bicicletas, dejando 3 anclajes libres.

Además, el coste por implantación de cada dispositivo del sistema será el recogido en la [tabla 9](#) y se tendrá en cuenta el distanciamiento de estaciones a la hora del diseño detallado del sistema de alquiler de bicicletas públicas en el escenario 54. Todos los datos utilizados para la realización del modelo han sido nombrados anteriormente en el planteamiento general del sistema.

ESTUDIO DE VIABILIDAD:

Introduciendo las restricciones establecidas en las hojas de cálculo del software Excel utilizado y los datos anteriores, la solución arrojada ***si es viable***, puesto que el coste de implantación no supera el presupuesto inicial y el proyecto es autofinanciable (los gastos por mantenimiento son menores que los ingresos anuales por usuarios), haciendo posible su implementación.

Las operaciones matemáticas realizadas en el escenario 54 están recogidas en [el anexo escenarios Excel](#), cuya tabla resumen será:

Resumen Escenario 54:		
Presupuesto inicial	210.000 €	
Presupuesto suplementario anual	30.000 €	
Nº de estaciones	9	
Nº de anclajes	144	
Nº de bicicletas	72	
Coste implantación	142.997 €	Sí, el presupuesto es suficiente
Coste mantenimiento anual	49.821 €	
Ingresos anuales por usuarios	118.440 €	
Total de ingresos anuales	148.440 €	Sí, es autofinanciable
Nº total de viajes diarios	504	

Tabla 64: Resumen escenario 54. Fuente: Elaboración propia.

El escenario 54, aunque sea viable al tener un coste de implantación (142.997€) menor que el presupuesto inicial dado (210.000€), no arroja una buena eficiencia de los recursos disponibles puesto que el corte por implantación se distancia mucho del presupuesto inicial. Por lo tanto, aunque el escenario 54 sea viable, no será una propuesta de implantación de sistema de alquiler de bicicletas públicas adecuada, puesto que sin pasarse del presupuesto inicial se podría mejorar el escenario dado.

La solución dada por el modelo cubre 504 viajes diarios y localiza 9 estaciones en las zonas más concurridas de la ciudad, con un total de 144 anclajes y una flota de 72 bicicletas. Las estaciones dispondrán en torno a 15 anclajes de bicicletas, dejando 3 libres y los demás ocupados.

5.4. DISCUSIÓN DE ESCENARIOS:

De los 54 escenarios descritos anteriormente, tan solo 35 escenarios son viables económicamente, en cuanto al coste de implantación con respecto al presupuesto inicial dado, y en cuanto al coste de mantenimiento anual con respecto a los ingresos anuales obtenidos. Pero, un escenario por ser viable económicamente no significa que se haya calculado de forma óptima, por ello 18 escenarios de los 35 viables no son recomendables de implantar al no haber aprovechado los recursos dados, pudiendo mejorar el escenario dado sin sobrepasar los presupuestos establecidos.

En resumen, tan solo 17 de los 54 escenarios expuestos anteriormente son viables y hacen un uso adecuado y eficiente de los recursos económicos dados. Los 17 escenarios se diferencian básicamente en 3 aspectos:

- Presupuesto inicial dado:

- Los escenarios 3, 6, 9, 12, 15 y 18 cuentan con un **presupuesto inicial de 145.000€**
- Los escenarios 19, 22, 25, 28, 31 y 34 cuentan con un **presupuesto inicial de 175.000€**.
- Los escenarios 41, 44, 47, 50 y 53 cuentan con un **presupuesto inicial de 210.000€**
- Presupuesto suplementario anual dado
 - Los escenarios 3, 6, 9, 19, 22, 25, 41, 44 **no necesitan un presupuesto anual suplementario**.
 - Los escenarios 12, 15, y 18 cuentan con un **presupuesto anual suplementario de 20.000€**
 - Los escenarios 28, 31, 34, 47, 50, 53 cuentan con un **presupuesto anual suplementario de 30.000€**.
- Grado de aceptación y utilización del sistema por parte de la población (2%, 5% y 7%).
- Número de dispositivos a implantar según el número de habitantes (menor, promedio o mayor)

A continuación, en la [tabla 65](#), se detallan las 3 propuestas de SBP más eficientes a implantar obtenidas a partir de los 17 escenarios adecuados, nombrados anteriormente, que han sido comparados y analizados con el objetivo de determinar las propuestas más rentables para realizar posteriormente un diseño de estas, en el que se detallará la ubicación de las estaciones, el número de muelles en cada zona y el número de bicicletas que conforma la flota.

Los escenarios 3, 6 y 9 (propuesta 1) que tienen un presupuesto inicial de 145.000€ y no cuentan con presupuesto anual suplementario, serán más eficientes que los escenarios 12, 15 y 18, puesto que arrojan los mismos valores de dispositivos a implementar con menores presupuestos, es decir, son más eficientes en cuanto al punto de vista económico.

Lo mismo ocurre con los escenarios 19, 22 y 25 (propuesta 2) que cuentan tan solo con un presupuesto inicial 175.000€ y al compararlos con los escenarios 28, 31 y 34, resultan ser más eficientes puesto que estos últimos escenarios están dotados con un presupuesto suplementario anual de 30.000€ y arrojan los mismos resultados.

Algo similar observamos en los escenarios 41, 44 y 47 (propuesta 3). Estos escenarios mantienen un presupuesto inicial de 210.000€ y dispondrán, o no, de un presupuesto suplementario anual de 30.000€ dependiendo del grado de aceptación social que disponga.

Tabla 65: Recopilación de escenarios óptimos y propuestas a estudiar. Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIOS	Nº DE DISPOSITIVOS A IMPLANTAR	% ACEPTACIÓN SOCIAL	DATOS ARROJADOS – HOJAS DE CÁLCULO				COMPARACIÓN DE ESCENARIOS.
			Nº ESTACIÓN	Nº DE ANCLAJES	Nº DE BICICLETAS	Nº DE VIAJES DIARIOS	
Escenario 3 (145.000€)	Menor permitido.	2%	9	144	72	360	PROPUESTA 1.
Escenario 6 (145.000€)	Menor permitido.	5%	9	144	72	432	
Escenario 9 (145.000€)	Menor permitido.	7%	9	144	72	504	
Escenario 19. (175.000€)	Promedio.	2%	10	180	90	450	PROPUESTA 2.
Escenario 22 (175.000€)	Promedio.	5%	10	180	90	540	
Escenario 25 (175.000€)	Promedio.	7%	10	180	90	630	
Escenario 41 (210.000€).	Mayor permitido.	5%	12	216	108	648	PROPUESTA 3* La propuesta 3 estará definida para dos situaciones distintas (con o sin presupuesto suplementario anual), dependiendo del % de aceptación social.
Escenario 44. (210.000€).	Mayor permitido.	7%	12	216	108	756	
Escenario 47 (210.000€ + 30.000€/año).	Mayor permitido.	2%	12	216	108	540	

PROPUESTA 1.

La propuesta 1 comprende a los escenarios 3, 6 y 9 (presupuesto inicial 145.000€). En ella se estudia la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas en Cartagena, con un presupuesto inicial de 145.000€ y sin necesidad de un presupuesto suplementario anual, puesto que para se trata de un sistema autofinanciable tanto para una alta como baja aceptación social.

Según los datos arrojados por el estudio realizado, el sistema contará con 9 estaciones de tercera generación distribuidas por la ciudad, 144 anclajes distribuidos (no necesariamente de manera equitativa) entre las distintas estaciones y una flota de 72 bicicletas con piezas exclusivas para evitar su robo.

El grado de aceptación, del sistema de alquiler de bicicletas públicas, por parte de la población de Cartagena es la variable más difícil de cuantificar puesto que realmente, hasta que el sistema no esté operativo no se podrá saber con exactitud que tanto por ciento de la población se harán usuarios de este. La propuesta 1 será la misma para un grado de aceptación menor, igual o mayor de los habituales, lo único que variará son los viajes diarios que la flota de bicicletas realizará al día, de esta forma:

- Si la propuesta 1 presenta un grado de aceptación bajo (2% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 360 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 1 presenta un grado de aceptación medio (5% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 432 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 1 presenta un grado de aceptación alto (7% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 504 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.

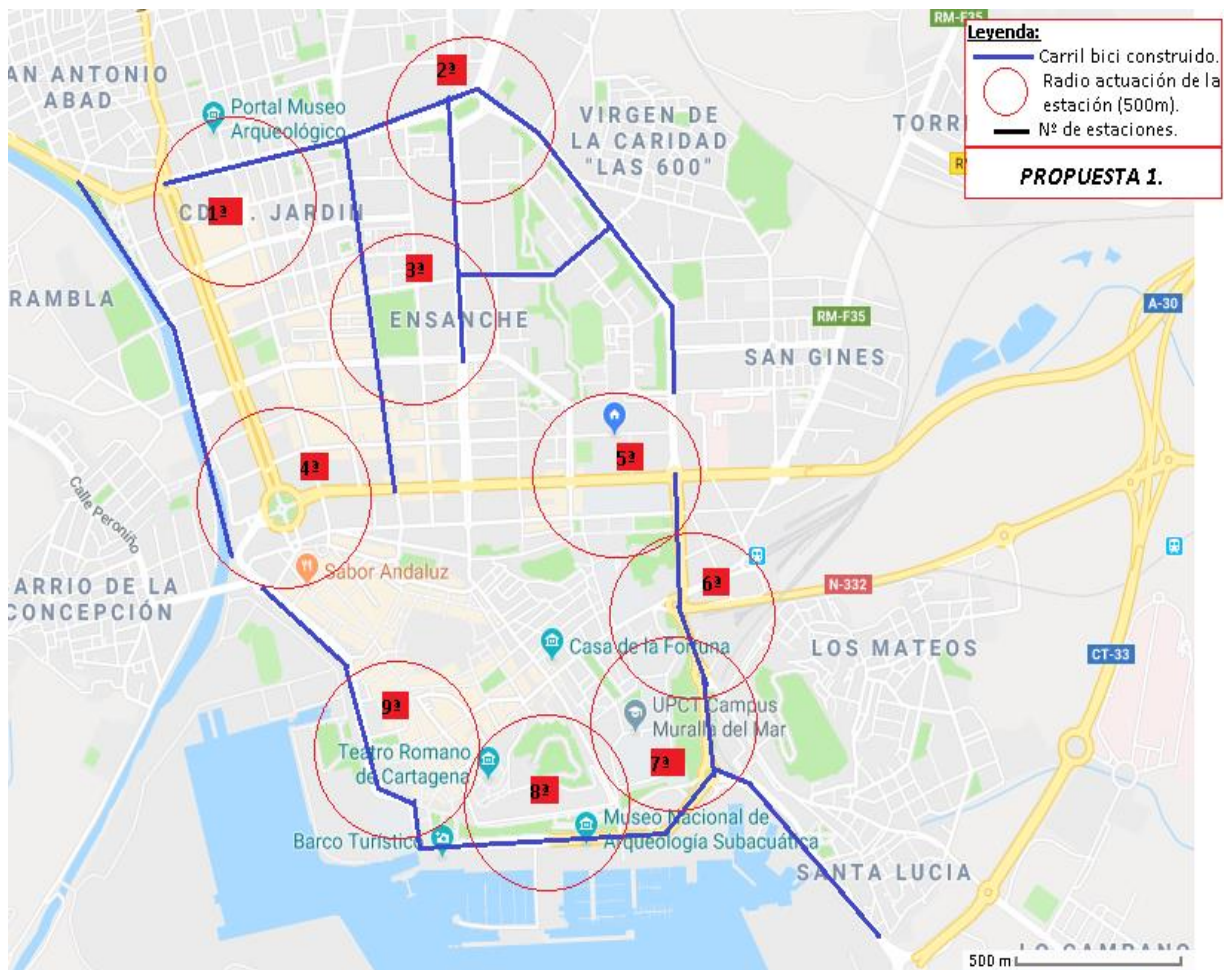
La selección de las zonas donde instalar las estaciones de alquiler de bicicletas públicas se han llevado a cabo mediante la observación de los puestos existentes actualmente en Cartagena para el estacionamiento de bicicletas privadas (Mapa), escogiendo puntos estratégicos situados cerca de las zonas de ocio, universidades, estaciones de transporte públicos, puntos de interés turístico, etc. Además, se ha tenido en cuenta a la hora de ubicar las estaciones las zonas por donde transcurre las infraestructuras ciclistas de la ciudad, así como que no interfieran en el tránsito de peatones u otros medios de transportes.

Para la ubicación de las estaciones se ha tenido en cuenta numerosos factores, aunque esto no significa que no haya otros puntos de la ciudad donde se podrían ubicar más estaciones. Además, con el paso del tiempo pueden surgir nuevos carriles bicis, nuevos trayectos de utilización de bicicletas públicas, nuevos puntos de interés para los usuarios, etc. Todo ello deberá venir precedido de una ampliación del sistema para cubrir las nuevas zonas demandadas, o incluso una reorganización de las estaciones en caso de que alguna zona se haya quedado obsoleta o su demanda sea casi nula, es por ello que en apartados anteriores se

recomendaba la instalación de estaciones modulares que permitiesen una rápida y fácil reubicación.

A la hora de distribuir los anclajes y bicicletas por estación, se han distribuido observando las zonas que se supone que sufrirán una mayor demanda diariamente, como son las zonas universitarias y de estaciones de transporte público, y respetando los intervalos de dispositivos mínimos y máximos a instalar en cada estación recogidos en (Frade & Ribeiro, 2015). Esto podría ser una línea de estudio en el futuro, es decir, la determinación más adecuada del número de anclajes y bicicletas que deberá de haber en cada una de las estaciones, puesto que en nuestro estudio calculamos el número total de dispositivos, no el número de dispositivos exactos por estación.

A continuación, en el [mapa 11](#) se muestra el diseño y la ubicación de las estaciones, el número de muelles en cada zona y el número de bicicletas que habrá en cada estación, cuantificando también los huecos libres que se deben dejar para una mayor cobertura del sistema.



Mapa 11: Ubicación de estaciones de alquiler de bicicletas públicas (PROPUESTA 1). Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones a instalar, con sus respectivos anclajes y bicicletas, en la propuesta 1 serán:

1ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Corte Ingles’, situada junto al Corte Ingles, en la facha orientada hacia la Calle Jorge Juan. Esta estación, por su cercanía,

dará servicio a usuarios con destinos como el propio Corte Ingles, Alameda de San Antón a la altura de la redonda Monumento Escudo de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. No será una de las estaciones más demandadas, aunque su utilización puede verse muy incrementada en periodos de rebajas, navidad, etc. Realizando una estimación, esta estación contará con 10 anclajes y 5 bicicletas, dejando 5 huecos libres.

2ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Mandarache’, situada junto a la Plaza Severo Ochoa, orientada hacia las calles de Ángel Bruma y Ronda Ciudad de la Unión, dará servicio a usuarios con destinos como el Centro Comercial Mandarache, Hospital Centro Médico Virgen de la Caridad, Escuela Oficial de Idiomas de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. Realizando una estimación, esta estación contará con 12 anclajes y 6 bicicletas, dejando 6 huecos libres.

3ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Parque de los Juncos’, situada en el Parque de los Juncos, orientada hacia la calle Juan Fernández, dará servicio a los visitantes del parque Torres, al pabellón de deportes Wssell, a la piscina municipal y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 10 anclajes y 6 bicicletas, dejando 4 huecos libres.

4ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Plaza de España’, situada en la misma Plaza de España dará servicio a los usuarios que realicen trayectos hacia la Avenida de San Antón, Paseo Alfonso XIII, calle Méndez y Pelayo y Calle Carmen, así como los que se dirijan al CIFP Carlos III, comercios de la calle Carmen y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 12 anclajes y 7 bicicletas, dejando 5 anclajes libres.

5ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘UPCT Campus Alfonso XIII’, situada en el paseo Alfonso XIII, junto al Campus de la UPCT y frente a la Asamblea Regional. Dará servicio a los estudiantes del Campus Alfonso XIII, IES Isaac Peral, Colegio Sagrada Familia Maristas, a la Asamblea Regional, residentes de la Residencia Universitaria Alberto Colao, así como los comercios y residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando así 10 huecos libres para la llegada de otras bicicletas.

6ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Estaciones Transporte Público’, situada en la Avenida América con plaza Bastarreche, se trata de un sitio estratégico al encontrarse en medio de las dos estaciones de transporte público de Cartagena (autobús y tren), a una distancia que no supone un sobreesfuerzo para efectuarla a pie por parte de los viajeros que acaban de terminar su trayecto en el transporte público y quieran utilizar una bicicleta pública. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 huecos libres para una menor reubicación de bicicletas.

7ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas 'UPCT Campus Muralla del Mar', situada en la calle Doctor Flemming, junto al parking de Antigones. Dará servicio a los estudiantes del Campus de la Muralla del Mar de la UPCT y a los residentes del barrio universitario. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 huecos libres para una menor reubicación de bicicletas.

8ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Puerto de Cartagena', situada en el paseo Alfonso XII, junto al Museo Nacional de Arqueología subacuática. Dará servicio a numerosos turistas que desembarcan en el puerto de Cartagena, los cuales podrían hacer uso del sistema de alquiler de bicicletas públicas para hacer turismo por la ciudad. Hay que tener especial cuidado y dar un buen servicio de reubicación en periodos de desembarcos de cruceros en la ciudad puesto que incrementarán bastante el uso de esta estación. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 8 bicicletas, dejando 12 huecos libres para una menor reubicación de bicicletas. El número de bicicletas se deberá aumentar cuando se espere un incremento en su utilización por la llegada de turistas en chuceros.

9ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'UPCT Campus CIM', situada en el Paseo Alfonso XII, dará servicio a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Empresa de la UPCT, así como los turistas que se dirijan al Ayuntamiento de Cartagena, Plaza Mayor, Museo Naval de Cartagena, Teatro Romano de Cartagena y todo su casco antiguo. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 huecos libres para una menor reubicación de bicicletas.

PROPUESTA 2.

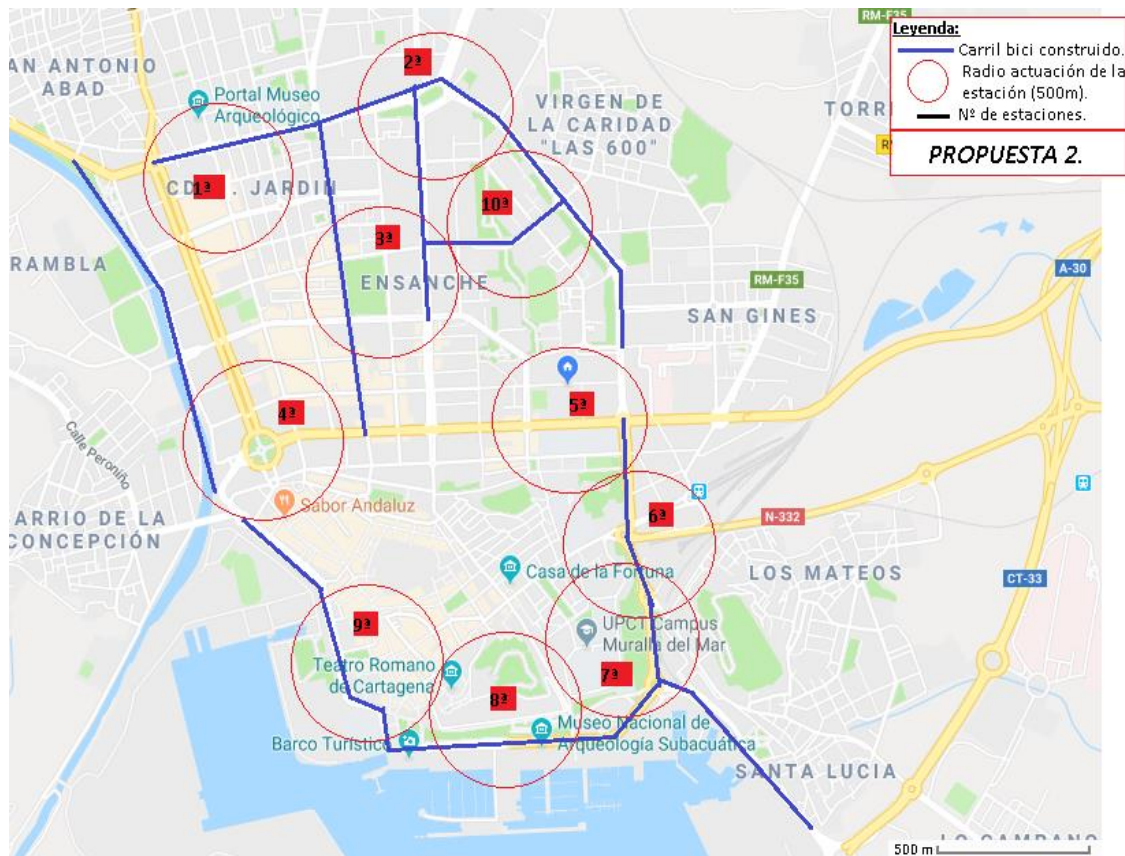
La propuesta 2 comprende a los escenarios 19, 22 y 25. En ella se estudia la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas en Cartagena, con un presupuesto inicial de 175.000€ y sin necesidad de un presupuesto suplementario anual, puesto que para se trata de un sistema autofinanciable tanto para una alta como baja aceptación social.

Según los datos arrojados por el estudio realizado, el sistema contará con 10 estaciones de tercera generación distribuidas por la ciudad, 180 anclajes distribuidos (no necesariamente de manera equitativa) entre las distintas estaciones y una flota de 90 bicicletas con piezas exclusivas para evitar su robo.

El grado de aceptación, del sistema de alquiler de bicicletas públicas, por parte de la población de Cartagena es la variable más difícil de cuantificar puesto que realmente, hasta que el sistema no esté operativo no se podrá saber con exactitud qué tanto por ciento de la población se harán usuarios de este. La propuesta 2 será la misma para un grado de aceptación menor, igual o mayor de los habituales, lo único que variará son los viajes diarios que la flota de bicicletas realizará al día, de esta forma:

- Si la propuesta 2 presenta un grado de aceptación bajo (2% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 450 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 2 presenta un grado de aceptación medio (5% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 540 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 2 presenta un grado de aceptación alto (7% de la población), según el estudio realizado se efectuarán 630 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.

A continuación, en el [mapa 12](#) se muestra el diseño y la ubicación de las estaciones, el número de muelles en cada zona y el número de bicicletas que habrá en cada estación, cuantificando también los huecos libres que se deben dejar para una mayor cobertura del sistema.



Mapa 12: Ubicación de estaciones de alquiler de bicicletas públicas (PROPUESTA 2). Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones a instalar, con sus respectivos anclajes y bicicletas, en la propuesta 2 serán:

1ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Corte Ingles’, situada junto al Corte Ingles, en la facha orientada hacia la Calle Jorge Juan. Esta estación, por su cercanía, dará servicio a usuarios con destinos como el propio Corte Ingles, Alameda de San Antón a la altura de la redonda Monumento Escudo de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. No

será una de las estaciones más demandadas, aunque su utilización puede verse muy incrementada en periodos de rebajas, navidad, etc. Realizando una estimación, esta estación contará con 12 anclajes y 6 bicicletas, dejando 6 huecos libres.

2ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Mandarache’, situada junto a la Plaza Severo Ochoa, orientada hacia las calles de Ángel Bruma y Ronda Ciudad de la Unión, dará servicio a usuarios con destinos como el Centro Comercial Mandarache, Hospital Centro Médico Virgen de la Caridad, Escuela Oficial de Idiomas de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. La estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

3ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Parque de los Juncos’, situada en el Parque de los Juncos, orientada hacia la calle Juan Fernández, dará servicio a los visitantes del parque Torres, al pabellón de deportes Wssell, a la piscina municipal y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

4ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Plaza de España’, situada en la misma Plaza de España dará servicio a los usuarios que realicen trayectos hacia la Avenida de San Antón, Paseo Alfonso XIII, calle Méndez y Pelayo y Calle Carmen, así como los que se dirijan al CIFP Carlos III, comercios de la calle Carmen y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

5ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘UPCT Campus Alfonso XIII’, situada en el paseo Alfonso XIII, junto al Campus de la UPCT y frente a la Asamblea Regional. Dará servicio a los estudiantes del Campus Alfonso XIII, IES Isaac Peral, Colegio Sagrada Familia Maristas, a la Asamblea Regional, residentes de la Residencia Universitaria Alberto Colao, así como los comercios y residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

6ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Estaciones Transporte Público’, situada en la Avenida América con plaza Bastarache, se trata de un sitio estratégico al encontrarse en medio de las dos estaciones de transporte público de Cartagena (autobús y tren), a una distancia que no supone un sobreesfuerzo para efectuarla a pie por parte de los viajeros que acaban de terminar su trayecto en el transporte público y quieran utilizar una bicicleta pública. Realizando una estimación, esta estación contará con 22 anclajes y 12 bicicletas, dejando 10 huecos libres.

7ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘UPCT Campus Muralla del Mar’, situada en la calle Doctor Flemming, junto al parking de Antigones. Dará servicio a los estudiantes del Campus de la Muralla del Mar de la UPCT y a los residentes del barrio universitario. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

8ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Puerto de Cartagena’, situada en el paseo Alfonso XII, junto al Museo Nacional de Arqueología subacuática. Dará servicio a numerosos turistas que desembarcan en el puerto de Cartagena, los cuales podrían hacer uso del sistema de alquiler de bicicletas públicas para hacer turismo por la ciudad. Hay que tener especial cuidado y dar un buen servicio de reubicación en periodos de desembarcos de cruceros en la ciudad puesto que incrementarán bastante el uso de esta estación. Realizando una estimación, esta estación contará con 22 anclajes y 10 bicicletas, dejando 12 huecos libres.

9ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘UPCT Campus CIM’, situada en el Paseo Alfonso XII, dará servicio a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Empresa de la UPCT, así como los turistas que se dirijan al Ayuntamiento de Cartagena, Plaza Mayor, Museo Naval de Cartagena, Teatro Romano de Cartagena y todo su casco antiguo. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

10ª. Estación de alquiler de bicicletas públicas ‘Avenida de Murcia’, situada en la Avenida de Murcia, junto al Servicio de Empleo y Formación de Cartagena, dará servicio a los ciudadanos que se dirijan a las oficinas de servicio de empleo y formación de Cartagena, así como al Centro Comercial Cenit, a la pista municipal de atletismo, así como los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

PROPUESTA 3.

La propuesta 3 comprende a los escenarios 41, 44 y 47. En ella se estudia la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas en Cartagena, con un presupuesto inicial de 210.000€ y un presupuesto suplementario según el escenario, puesto que para se trata de un sistema autofinanciable en los escenarios 41 y 44, pero en el escenario 47 es necesario un presupuesto suplementario anual de 30.000€ debido a la baja aceptación social (2% de la población).

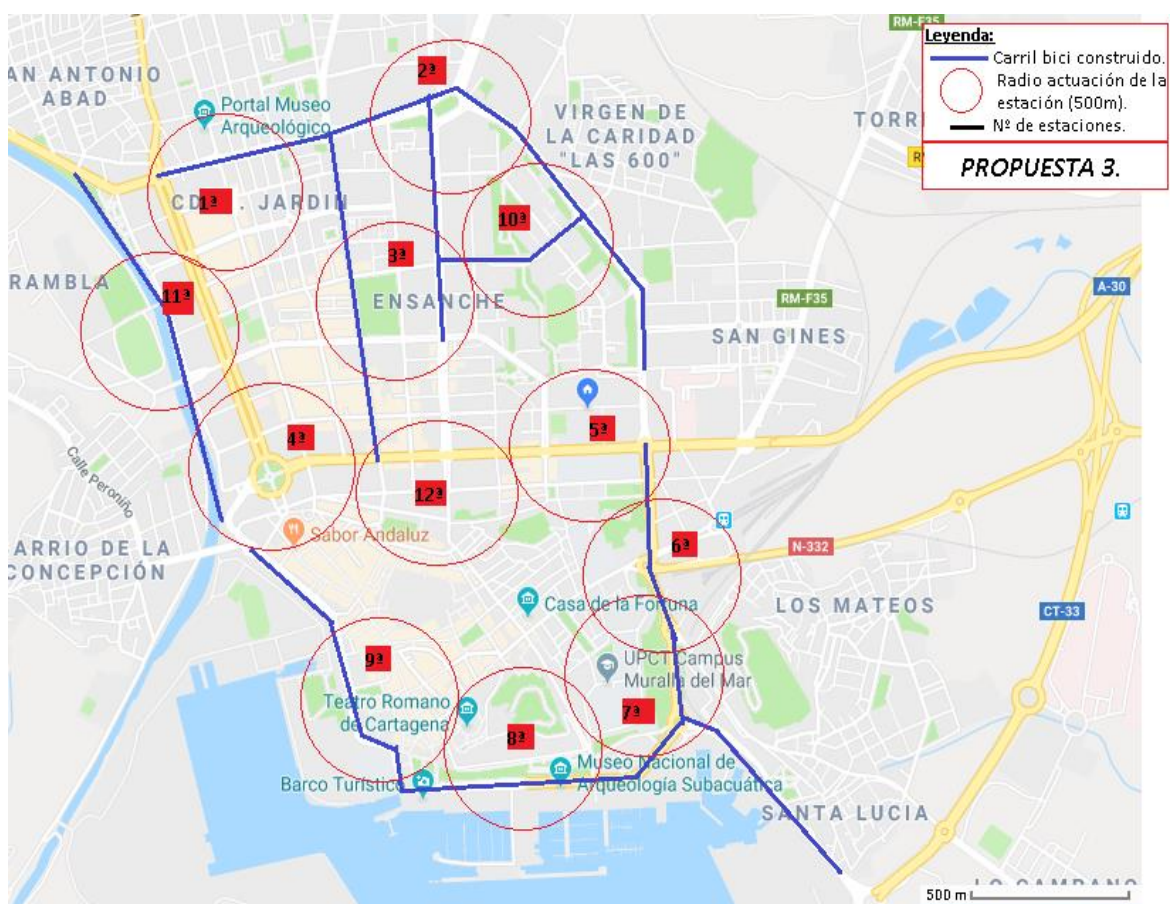
Según los datos arrojados por el estudio realizado, el sistema contará con 12 estaciones de tercera generación distribuidas por la ciudad, 216 anclajes distribuidos (no necesariamente de manera equitativa) entre las distintas estaciones y una flota de 108 bicicletas con piezas exclusivas para evitar su robo.

El grado de aceptación, del sistema de alquiler de bicicletas públicas, por parte de la población de Cartagena es la variable más difícil de cuantificar puesto que realmente, hasta que el sistema no esté operativo no se podrá saber con exactitud qué tanto por ciento de la población se harán usuarios de este. La propuesta 3 no será la misma para un grado de aceptación menor, igual o mayor de los habituales, variando el número de viajes diarios que la

flota de bicicletas realizará al día y la necesidad de un presupuesto suplementario anual, de esta forma:

- Si la propuesta 3 presenta un grado de aceptación bajo (2% de la población), tendrá la necesidad de un presupuesto suplementario anual (30.000€), y según el estudio realizado, se efectuarán 540 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 3 presenta un grado de aceptación medio (5% de la población), no necesitará un presupuesto suplementario anual puesto que el sistema será autofinanciable, y según el estudio realizado se efectuarán 648 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.
- Si la propuesta 3 presenta un grado de aceptación alto (7% de la población), no necesitará un presupuesto suplementario anual puesto que el sistema será autofinanciable, y según el estudio realizado se efectuarán 756 viajes diarios por el núcleo urbano de Cartagena.

A continuación, en el [mapa 13](#) se muestra el diseño y la ubicación de las estaciones, el número de muelles en cada zona y el número de bicicletas que habrá en cada estación, cuantificando también los huecos libres que se deben dejar para una mayor cobertura del sistema.



Mapa 13: Ubicación de estaciones del SBP (PROPUESTA 3). Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones a instalar, con sus respectivos anclajes y bicicletas, en la propuesta 3 serán:

1ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Corte Ingles', situada junto al Corte Ingles, en la facha orientada hacia la Calle Jorge Juan. Esta estación, por su cercanía, dará servicio a usuarios con destinos como el propio Corte Ingles, Alameda de San Antón a la altura de la redonda Monumento Escudo de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. No será una de las estaciones más demandadas, aunque su utilización puede verse muy incrementada en periodos de rebajas, navidad, etc. Realizando una estimación, esta estación contará con 12 anclajes y 6 bicicletas, dejando 6 huecos libres.

2ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Mandarache', situada junto a la Plaza Severo Ochoa, orientada hacia las calles de Ángel Bruma y Ronda Ciudad de la Unión, dará servicio a usuarios con destinos como el Centro Comercial Mandarache, Hospital Centro Médico Virgen de la Caridad, Escuela Oficial de Idiomas de Cartagena, así como a los residentes de la zona. Contará con anclajes y bicicletas, dejando anclajes libres. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

3ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Parque de los Juncos', situada en el Parque de los Juncos, orientada hacia la calle Juan Fernández, dará servicio a los visitantes del parque Torres, al pabellón de deportes Wssell, a la piscina municipal y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

4ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Plaza de España', situada en la misma Plaza de España dará servicio a los usuarios que realicen trayectos hacia la Avenida de San Antón, Paseo Alfonso XIII, calle Méndez y Pelayo y Calle Carmen, así como los que se dirijan al CIFP Carlos III, comercios de la calle Carmen y a los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

5ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'UPCT Campus Alfonso XIII', situada en el paseo Alfonso XIII, junto al Campus de la UPCT y frente a la Asamblea Regional. Dará servicio a los estudiantes del Campus Alfonso XIII, IES Isaac Peral, Colegio Sagrada Familia Maristas, a la Asamblea Regional, residentes de la Residencia Universitaria Alberto Colao, así como los comercios y residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

6ª. Estación de alquiler de bicicleta pública 'Estaciones Transporte Público', situada en la Avenida América con plaza Bastarache, se trata de un sitio estratégico al encontrarse en medio de las dos estaciones de transporte público de Cartagena (autobús y tren), a una distancia que no supone un sobreesfuerzo para efectuarla a pie por parte de los viajeros que acaban de terminar su trayecto en el transporte público y

quieran utilizar una bicicleta pública. Realizando una estimación, esta estación contará con 22 anclajes y 12 bicicletas, dejando 10 huecos libres.

7ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘UPCT Campus Muralla del Mar’, situada en la calle Doctor Flemming, junto al parking de Antigones. Dará servicio a los estudiantes del Campus de la Muralla del Mar de la UPCT y a los residentes del barrio universitario. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

8ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘Puerto de Cartagena’, situada en el paseo Alfonso XII, junto al Museo Nacional de Arqueología subacuática. Dará servicio a numerosos turistas que desembarcan en el puerto de Cartagena, los cuales podrían hacer uso del sistema de alquiler de bicicletas públicas para hacer turismo por la ciudad. Hay que tener especial cuidado y dar un buen servicio de reubicación en periodos de desembarcos de cruceros en la ciudad puesto que incrementarán bastante el uso de esta estación. Realizando una estimación, esta estación contará con 22 anclajes y 10 bicicletas, dejando 12 huecos libres.

9ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘UPCT Campus CIM’, situada en el Paseo Alfonso XII, dará servicio a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Empresa de la UPCT, así como los turistas que se dirijan al Ayuntamiento de Cartagena, Plaza Mayor, Museo Naval de Cartagena, Teatro Romano de Cartagena y todo su casco antiguo. Realizando una estimación, esta estación contará con 20 anclajes y 10 bicicletas, dejando 10 anclajes libres.

10ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘Avenida de Murcia’, situada en la Avenida de Murcia, junto al Servicio de Empleo y Formación de Cartagena, dará servicio a los ciudadanos que se dirijan a las oficinas de servicio de empleo y formación de Cartagena, así como al Centro Comercial Cenit, a la pista municipal de atletismo, así como los residentes de la zona. Realizando una estimación, esta estación contará con 16 anclajes y 8 bicicletas, dejando 8 anclajes libres.

11ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘Cartagonova’, situada en el carril bici de la Calle Doctor Luis Calandre, junto al estadio municipal Cartagonova, dará servicio a los residentes del lugar y a los aficionados los días de partido. Realizando una estimación, esta estación contará con 18 anclajes y 9 bicicletas, dejando 9 huecos libres.

12ª. Estación de alquiler de bicicleta pública ‘Ángel Bruma – Estatua al Poeta Juan Jorquera del Valle’, situada en la Calle Ángel Bruma, junto a la estatua al poeta Juan Jorquera del Valle. Dará un servicio a los residentes de la zona, así como a los visitantes del Museo Histórico Militar de Cartagena y a los comercios de la zona (Plaza Juan XXIII, Parque Muralla de Tierra, etc). Realizando una estimación, esta estación contará con 18 anclajes y 9 bicicletas, dejando 9 huecos libres.

6. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES:

Los sistemas de alquiler de bicicletas públicas se encuentran en pleno proceso de expansión, ofreciendo al mismo tiempo tanto beneficios propios de las bicicletas como del transporte público, lo que les hace muy atractivos en el contexto actual donde las ciudades registran elevadas tasas de congestión derivadas, fundamentalmente, de la fuerte presencia del automóvil.

Tratando de fomentar su utilización y con la finalidad de lograr la integración de un sistema de alquiler de bicicletas públicas en la ciudad de Cartagena, se han estudiado 54 escenarios diferente de SBP a instalar. Una vez observados los 54 escenarios, nos hemos quedado con los más adecuados para nuestro caso de estudio elaborando tres propuestas distintas. Estas se diferencian principalmente en función del presupuesto inicial utilizado.

Aunque a priori la propuesta más adecuada para implantar un SBP en Cartagena es la propuesta 2, puesto que utiliza los datos medios dentro del intervalo de valores recogido en nuestro marco de referencia (Frade & Ribeiro, 2015), las propuestas 1 y 3 también han resultado ser muy adecuadas, por ello se recomienda comenzar a implantar la propuesta 1, al ser la más económica (145.000€) y tras un periodo de funcionamiento se podrá ampliar el sistema de alquiler de bicicletas públicas mediante la propuesta 2 y 3, respectivamente.

Es decir, como **conclusión** recomendamos que, a la hora de implantar el sistema de alquiler de bicicletas públicas en Cartagena, se lleve a cabo en tres fases, comenzando por la propuesta de menor coste económico (*propuesta 1*) y continuando con la implantación de las *propuestas 2* y *propuesta 3*, tras la observación del funcionamiento de la propuesta 1 y siempre y cuando se necesite una ampliación del sistema.

Tras el periodo de observación de funcionamiento de *propuesta 1*, si el sistema funciona adecuadamente, pero se requiere de una ampliación por el gran volumen de demanda, se implementaría la *propuesta 2*, calculada con los valores promedios de dispositivos a implantar en una ciudad como Cartagena. Una vez implantada la propuesta 2 se determinaría otro periodo de observación del SBP y si el funcionamiento es adecuado, pero se requiere de una ampliación por el gran volumen de demanda, se implementaría la *propuesta 3*, la más cara de las tres.

En el caso de que se llegará a implantar la *propuesta 3*, se determinaría otro periodo de observación del funcionamiento del SBP, aunque lo normal es que esta propuesta cubra con creces la demanda de los usuarios puesto que está calculado para los máximos valores de dispositivos a implantar según los intervalos estudiados.

El grado de aceptación, del sistema de alquiler de bicicletas públicas, por parte de la población de Cartagena es la variable más difícil de cuantificar puesto que realmente, hasta que el

sistema no esté operativo no se podrá saber con exactitud qué tanto por ciento de la población se harán usuarios de este. Es muy importante para garantizar el éxito del SBP fomentar la cultura por la bicicleta a la sociedad Cartagenera, para lograr una mayor aceptación social del sistema.

Para concluir, me gustaría mencionar que la ingeniería consiste en aplicar los conocimientos científicos y tecnológicos en la búsqueda de la solución a un problema, de la manera más adecuada y eficiente. Esto mismo es lo que se ha llevado a cabo en este trabajo. Ciertamente es que cuanto más estaciones, anclajes y bicicletas más oferta habrá, pero en lo que consiste el trabajo es en la búsqueda de un modelo que equilibre de la mejor manera posible la oferta que vamos a producir con la implantación de un sistema de alquiler de bicicletas públicas y la demanda que provocaran los usuarios del sistema.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Acero Mora, J. D. (31 de octubre de 2012). *PROPUESTA BASE PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS – SBP*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Acero Mora, J. D. (febrero de 2011). *ESTUDIO DE CASO: EL PROGRAMA DE BICICLETAS BICIRRUN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Anaya, E., & Gonzalez, D. (Octubre de 2009). *ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO DE LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE BICICLETAS PÚBLICAS EN ESPAÑA*. Barcelona: Publicaciones BACC.
- Bea, M. (Marzo de 2009). *Los sistemas de bicicletas públicas urbanas*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Büttner, J., & Mlasowsky, H. (Junio de 2011). *Optimización de Sistemas de Bicicleta Pública en Ciudades Europeas*. Unión Europea: Intelligent Energy Europe.
- Dekoster, J., & Schollaert, U. (Abril 2002). En bici, hacia ciudades sin malos humos. En J. Dekoster, & U. Schollaert, *En bici, hacia ciudades sin malos humos* (págs. nº6, Serie Programa Marco Ambiental). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comisión Europea.
- Diez, T. H. (Mayo 2010). *Implantación de la bicicleta como medio de transporte público en la ciudad de Praga*. Barcelona.
- Estado, B. O. (Noviembre 2001). *Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial*.
- García Montes, J. P., Míguez Gómez, C., & Cediell Galan, Á. (s.f.). *Estudio sobre Hábitos y Actitudes de los no Usuarios Habituales hacia el Transporte Público Urbano Colectivo*. España: IDAE, ATUC.
- Gauthier, A., Hugues, C., Jost, C., Li, S., & Linke, C. (Mayo 2015). *Guía de planeación del sistema de bicicleta pública*. New York: ITDP, Institute for Transportation & Development Policy.
- González, M. A. (2006). Intermodalidad. *Revista de Obras Públicas*.
- Herrero Diez, T. (Mayo 2010). *Implantación de la bicicleta como medio de transporte público en la ciudad de Praga*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- IDAE. (Noviembre 2007). *“Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España”*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Ines, F., & Anabela, R. (2015). *bike-sharing stations: A maximal covering location approach*. Coimbra: University of Coimbra, Department of Civil Engineering.
- Jesús Pedro García Montes y Claudio Míguez Gómez (Dpto. de Planificación y Estudios del IDAE), Á. C. (s.f.). *Estudios IDAE 003: Estudio sobre hábitos y actitudes de los no usuarios habituales hacia el transporte público urbano colectivo. Síntesis del Estudio*. Madrid.
- Majadahonda, A. d. (Julio 2010). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible del municipio de Majadahonda*. Madrid: Ayuntamiento de Majadahonda.

UNIBICI. (Octubre de 2008). *ESTUDIO PREVIO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRÉSTAMO DE BICICLETAS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE MADRID*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Van Wijnen, V. H. (1995). *The exposure of cyclists, car drivers and pedestrians to traffic-related air-pollutants*.

Veritas, F. E. (Julio de 2011). *Barómetro anual de la bicicleta: España*. España: GESOP.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA:

Niches: www.niches-transport.org Durante la fase del proyecto que finalizó en 2008, se generó un documento de “Policy Notes” para bicicletas públicas “Public Bikes” en el apartado de New Seamless Mobility. Se centraba en el aspecto de innovación tecnológica aplicada al transporte que tienen los sistemas más avanzados de bicicletas públicas.

Optimum2: www.optimum2.org "Optimal Planning Through Implementation of Mobility Management". Recoge algunos estudios sobre bicicletas públicas. Se trata de un proyecto de base de datos de buenas prácticas relacionadas con ir a pie y en bicicleta.

OBIS: www.obisproject.com “Optimising Bike Sharing in European Cities”. Proyecto de 3 años de duración que evaluará los sistemas de bicicleta pública existentes en Europa y desarrollará un manual de buenas prácticas

<http://www.metrobike.net/the-bike-sharing-world-map/>

[2] <https://grist.org/cities/bike-sharing-programs-hit-the-streets-in-over-500-cities-worldwide/>

[3] <https://docplayer.es/11987348-Propuesta-base-para-la-implantacion-de-un-sistema-de-bicicletas-publicas-sbp-borrador-para-discusion-edicion-clean-air-institute.html>

[4] http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Guia_Bicicletas_8367007d.pdf

8. ANEXOS.

Anexos escenarios Excel:



Universidad
Politécnica
de Cartagena